

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

LUCAS DUARTE DE VARGAS

**ANÁLISES DA PREVISÃO DE DEMANDA E DO LOTE ECONÔMICO DE
PRODUÇÃO EM UMA EMPRESA DO SETOR ELETRÔNICO**

CAXIAS DO SUL

2017

LUCAS DUARTE DE VARGAS

**ANÁLISES DA PREVISÃO DE DEMANDA E DO LOTE ECONÔMICO DE
PRODUÇÃO EM UMA EMPRESA DO SETOR ELETRÔNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador Prof. Me.Esequiel Berra de Mello

CAXIAS DO SUL

2017

LUCAS DUARTE DE VARGAS

**ANÁLISES DA PREVISÃO DE DEMANDA E DO LOTE ECONÔMICO DE
PRODUÇÃO EM UMA EMPRESA DO SETOR ELETRÔNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em

Banca Examinadora

Prof. Me. Esequiel Berra de Mello Orientador
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dr. Gabriel Vidor
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dr. Leandro Corso
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Thais Suzin
Representante da Inova Sistemas Eletrônicos

Dedico este trabalho aos meus pais
que não mediram esforços para
que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar sempre ao meu lado nos momentos bons e ruins, por ter iluminado e dado forças para nossa família como no falecimento do meu pai durante a graduação.

Um agradecimento especial aos meus pais, Nelci Maciel de Vargas e Maria Duarte de Vargas por todo o apoio, dedicação que tiveram comigo desde que comecei a vida escolar, nunca mediram esforços para que eu pudesse estudar e ter condição adquirir de conhecimento e seguir um caminho correto.

Aqui fica um registro mais do que especial à minha mãe, com certeza um exemplo de mulher forte, guerreira, que fez o possível para não se deixar abater com o falecimento do seu companheiro de 40 anos de caminhada e seguiu firme, me dando suporte, me apoiando para que eu cumprisse esta etapa da graduação em Engenharia, que sempre foi um sonho do meu pai.

Ao meu orientador e professor Esequiel Berra de Mello pela paciência e dedicação que sempre demonstrou comigo desde o início deste trabalho, com os vários e-mails e mensagens trocadas para ajuste de arquivo escrito, mudanças de tabela, encontros presenciais para discutir os resultados, enfim, sem a contribuição dele, este trabalho não seria possível.

Muito obrigado a todos aos meus amigos que estiveram comigo no momento mais difícil desta graduação e de alguma forma contribuíram para esta etapa da minha vida.

RESUMO

Este estudo teve como proposta analisar o modelo atual de programação da Inova e propor um modelo mais assertivo utilizando métodos de previsão de demanda, considerando custos de *setup*, custos de fabricação e também o lote econômico de produção. Primeiramente iniciou-se com uma pesquisa bibliográfica em livros, artigos e dissertações com o intuito de fundamentar o estudo. Na sequência, foram analisados a curva ABC de vendas, onde foram extraídos as submontagens correspondentes à 80% de participação e posteriormente passaram por um novo filtro em relação aos custos. Modelos de previsão de demanda foram analisados e o mais assertivo foi escolhido para sequência do trabalho, após isso, o lote econômico de fabricação foi calculado e um modelo de estudo foi montado para comparação com o modelo atual de programação. Em resumo, o trabalho atingiu os objetivos.

Palavras-chaves: Curva ABC, Previsão de demanda, Lote Econômico de Fabricação.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Lote econômico	27
Figura 2- Perfil de estoques.....	39
Figura 3-Lead time de fabricação	41
Figura 4- Placa de circuito impresso montada	43
Figura 5- Fluxo de processo SMT	43
Figura 6- Pasta de solda após aberta.....	44
Figura 7- Ambiente de conservação da pasta após aberta.....	45
Figura 8- Stencil de aço Inox	45
Figura 9- Printer.....	46
Figura 10- Screen Printer Inspection	47
Figura 11- AIMEX II.....	48
Figura 12- Forno de refusão	48
Figura 13- Sistema GAP	49
Figura 14- Filtros do Relatório de Vendas.....	50
Figura 15- Relatório de Vendas.....	51
Figura 16- Filtros do Relatório de Faturamento	52
Figura 17- Relação de Faturamento por Produto.....	53
Figura 18- Etapas do trabalho.....	53
Figura 19- Trecho da curva ABC de vendas	56
Figura 20- Estrutura de submontagens.....	57
Figura 21- Analise de ressuprimento	57
Figura 22- Tabela dinâmica da Bill OfMaterials.....	58
Figura 23- Lista das submontagens escolhidas para o estudo	59
Figura 24- Ferramenta Solver.....	62
Figura 25- Panorama Geral dos métodos de previsão	69
Figura 26- Algoritmo Programado fevereiro 2017 Submontagem A	73
Figura 27- Resultado do algoritmo	74

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Média Móvel Simples para submontagem A	60
Gráfico 2 - Média Móvel Ponderada para submontagem A.....	63
Gráfico 3 - Amortecimento Exponencial Simples para submontagem A.....	65
Gráfico 4 - Modelo de Holt para submontagem A	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Exemplo de custos de máquina.....	59
Quadro 2 - Erros de previsão da Média Móvel Simples	61
Quadro 3 - Erros de previsão da Média Móvel Ponderada para submontagem A	63
Quadro 4 - Erros de previsão da Média Móvel Ponderada	64
Quadro 5 - Pesos otimizados pelo solver	64
Quadro 6 - Erros de previsão para Amortização Exponencial Simples para Submontagem A.	66
Quadro 7 - Comparativo de erros de previsão Amortização Exponencial Simples	66
Quadro 8 - Alfas Otimizados.....	67
Quadro 9 - Comparativo modelo de Holt para submontagem A.....	68
Quadro 10 - Comparativo de erros de previsão entre modelo de Holt arbitrado e otimizado .	68
Quadro 11 - Cálculo do LEF	70
Quadro 12 - Lote Econômico de Fabricação.....	71
Quadro 13 - Comparação entre modelos.....	72
Quadro 14 - Comparativo Programado vs Demanda.....	75
Quadro 15 - Comparativo Estoque Final e Custo de Setups	75
Quadro 16 - Panorama Geral Programado versus Demanda.....	76
Quadro 17 - Comparativo de Estoque Final.....	77
Quadro 18 - Comparativo de Custos de Setup	78
Quadro 19 - Possíveis peças a mais para faturar	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SMT	<i>Surface Mounting Technology</i> / Tecnologia de montagem superficial
PCP	Planejamento e Controle de Produção
MAE	<i>Mean Absolute Error</i> / Erro Médio Absoluto
MSE	<i>Mean Square Error</i> / Erro Quadrado Médio
MAD	<i>Mean Absolute Deviation</i> / Desvio Absoluto Médio
MAPE	<i>Mean Absolute Percentage Error</i> / Erro Percentual Absoluto
MMS	Média Móvel Simples
MMS-3	Média Móvel Simples de 3 períodos
MMS-6	Média Móvel Simples de 6 períodos
MMP	Média Móvel Ponderada
MMPO	Média Móvel Ponderada Otimizada
AMES	Amortecimento Exponencial Simples
AMESO	Amortecimento Exponencial Simples Otimizado
MHOLT	Modelo de Holt
MHOLTO	Modelo de Holt Otimizado
SR	Sinal de Rastreabilidade
EArA	Erro Aritmético Acumulado
EMA	Erro Médio Absoluto
LEF	Lote Econômico de Fabricação
FIFO	<i>First In, First Out</i> / Primeiro que entra, primeiro que sai
SPI	<i>Screen Printer Inspection</i> / Inspeção de impressão de tela

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	15
1.2	JUSTIFICATIVA	15
1.3	OBJETIVOS.....	17
1.3.1	Objetivo geral.....	17
1.3.2	Objetivos específicos.....	17
1.4	PERFIL DA EMPRESA E AMBIENTE DE ESTÁGIO	18
1.5	ABORDAGEM E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1	PREVISÃO DE DEMANDA.....	20
2.1.1	Média Móvel Simples (MMS)	22
2.1.2	Média Móvel Ponderada (MMP)	22
2.1.3	Amortecimento Exponencial Simples	23
2.1.4	Suavização Exponencial com Tendência – Modelo de Holt.....	23
2.1.5	Erros de previsão	24
2.2	ESTOQUES	26
2.3	CUSTOS DE PREPARAÇÃO	28
2.4	CUSTOS DE MANUTENÇÃO	30
2.5	TAMANHO DE LOTE ECONÔMICO	32
2.6	LEAD TIME	40
3	PROPOSTA DE TRABALHO	42
3.1	INTRODUÇÃO.....	42
3.2	CENÁRIO ATUAL	42
3.2.1	A Inova Sistemas Eletrônicos	42

3.2.2	O processo de <i>SMT</i>	43
3.2.3	A Proposta do Trabalho	49
3.3	ETAPAS DO TRABALHO	53
3.3.1	Análise de demanda e escolha dos produtos	54
3.3.2	Coleta de dados	54
3.3.3	Cálculo do lote econômico de fabricação	55
4	APLICAÇÃO DA PROPOSTA E RESULTADOS	56
4.1	ANÁLISE DA CURVA ABC DE VENDAS	56
4.1.1	Consumo das Submontagens	57
4.1.2	Custos de material e custos de máquinas	58
4.1.3	A Escolha das Submontagens	59
4.2	APLICAÇÃO, OTIMIZAÇÃO DOS MODELOS DE PREVISÃO E CÁLCULO DOS ERROS	59
4.2.1	Média Móvel Simples	60
4.2.2	Média Móvel Ponderada	61
4.2.3	Amortecimento Exponencial Simples	65
4.2.4	Modelo de <i>Holt</i>	67
4.3	SELEÇÃO DO MÉTODO DE PREVISÃO	69
4.4	LOTE ECONÔMICO DE FABRICAÇÃO	70
4.5	COMPARAÇÃO ENTRE MODELO ATUAL E MODELO DE ESTUDO	71
4.6	RESULTADOS E IMPACTO ANUAL	75
4.7	ANÁLISE DOS RESULTADOS	76
5	CONCLUSÃO	80
	REFERÊNCIAS	81

ANEXO A- ORDEM DE PRODUÇÃO.....	84
APÊNDICE A – GRÁFICOS DAS SUBMONTAGENS PARA MÉDIA MÓVEL SIMPLES.....	85
APÊNDICE B – GRÁFICOS DAS SUBMONTAGENS PARA MÉDIA MÓVEL PONDERADA.....	89
APÊNDICE C – GRÁFICOS DAS SUBMONTAGENS PARA AMORTIZAÇÃO EXPONENCIAL SIMPLES	93
APÊNDICE D – GRÁFICOS DAS SUBMONTAGENS PARA MODELO DE HOLT..	97
APÊNDICE E – RESULTADOS FINAIS	101

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como finalidade verificar a assertividade do método de previsão de demanda utilizada pela empresa Inova Sistemas Eletrônicos e propor um modelo mais adequado para linha de produção do setor de *SMT*¹ da empresa.

Segundo Moreira (2012), a previsão de demanda está inserida no mundo da Engenharia de Produção dentro das operações do sistema de produção ou prestação de serviços. O autor explica que a demanda deve ser projetada, porque o planejamento de recursos necessários para a produção, desde mão de obra, passando pela matéria-prima até mesmo ampliação das instalações dependerão desta análise.

Corrêa e Corrêa (2006) reforçam a ideia de Moreira (2012), de que a previsão de demanda está presente dentro da gestão de operações. Os autores explicam que estas previsões ajudam os gestores a terem uma visão mais clara de um ponto futuro, auxiliando assim, nas tomadas de decisão.

A Inova é uma empresa de pequeno para médio porte de base familiar, e não possui uma metodologia de definição de tamanho de lote a ser produzido considerando a previsão de demanda, custos de preparação de máquina e custos de pedidos, o que acabou motivando este trabalho.

O trabalho é composto por 5 capítulos. O capítulo 1 traz uma breve introdução e uma contextualização do cenário, uma demonstração do ambiente no qual o estudo foi feito e os objetivos do mesmo. No capítulo 2, a proposta de trabalho é fundamentada, através de conceitos e técnicas sugeridos em artigos, livros e dissertações. No Capítulo 3, a proposta de trabalho é apresentada, mostrando como é o cenário atual da empresa e como a análise de previsão de demanda pode ajudar a empresa a competir no mercado através do lead time de seus produtos.

O capítulo 4 apresenta a coleta de dados durante os cinco primeiros meses de 2017, os cálculos realizados para escolha do modelo de previsão para estudo, o cálculo do lote econômico e as comparações entre o modelo atual e o modelo de estudo, para que a conclusão possa ser apresentada no capítulo 5.

¹ *Surface Mounting Technology*: Tecnologia de montagem superficial de componentes eletrônicos.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O setor eletroeletrônico é caracterizado por uma velocidade grande de mudanças. Empresas buscam encontrar diferencial para conseguir competir em um mercado tão concorrido como este. Produzir mais do que o necessário, aumentando assim os custos de fabricação e armazenagem, em um cenário como o Brasil se encontra, pode ser um problema para a empresa.

Fiorotto (2015) afirma que a principal decisão que as empresas têm que tomar é encontrar o equilíbrio entre o estoque e o número de setups das máquinas. Lotes pequenos geram custos menores com estoque, mas fazem com que os setups nas máquinas ocorram com maior frequência. Se utilizarem lotes maiores, o custo de estoque terá um acréscimo, porém os setups das máquinas ocorrerão com um intervalo maior de tempo.

A Inova é uma empresa que atende desde clientes menores até os de grande escala, possui uma gama de variações de produtos, sendo assim, desde sua criação o fator em que ela compete com as demais é justamente o lead time dos produtos. Por muitas vezes o preço é mais caro que as demais, mas os clientes acabam comprando com a Inova devido ao prazo de entrega menor.

1.2 JUSTIFICATIVA

Para mostrar a importância da análise de previsão de demanda, não só para o setor industrial, mas também para diversos ramos do mercado, são apresentados dois estudos de caso, de setores totalmente distintos.

Mostard, Teunter e Koster (2011), mostram por meio de um estudo de caso de empresas do ramo de vestuário, a importância e a complexidade da previsão de demanda, destacando que o sucesso destas empresas depende muitas vezes, de uma boa assertividade destas previsões, devido ao fato das coleções mudarem rapidamente. Neste estudo de caso, os autores propõem a comparação entre os métodos utilizados na época da publicação, os quais eram a análise do período de pré-venda e os encontros de especialistas do ramo de vestuário, com o modelo baseado em informações de demanda coletadas em diversas lojas em duas temporadas de verão.

Wang *et al* (2012) apresentam um estudo de caso da China, onde definem a previsão de demanda por energia elétrica como uma importante ferramenta para tomada de decisão. Os autores ainda explicam que no caso da China, os sistemas de eletricidade podem ser

otimizados através do desenvolvimento de um algoritmo de agendamento de demanda por eletricidade. Eles afirmam ainda que, como a demanda por energia elétrica cresceu drasticamente na última década, o setor energético Chinês tem o dever de prestar mais atenção na melhoria da previsão de demanda por eletricidade.

Haja visto a dimensão da previsão de demanda exemplificada com os estudos de caso acima mostrados, se justifica a proposta da aplicação da mesma em um setor competitivo como o eletrônico.

A Inova busca competir com as demais empresas do ramo na questão do *lead time* de entrega dos produtos. Uma linha de produção produzindo além do necessário pode atrapalhar a empresa nessa estratégia. Atualmente, ela não possui uma metodologia de definição de lote de produção baseada em uma previsão de demanda, ou nos custos de preparação de máquina e custos de pedidos. Uma vez que a empresa atende desde pequenos clientes que compram poucas peças por mês até clientes que puxam mais de 200 mil reais mensais, ter essa metodologia bem definida pode trazer um diferencial para empresa na busca por um melhor posicionamento entre as empresas do segmento.

Reuniões são feitas com os gestores do PCP e do comercial, juntamente com a Direção da empresa, onde são definidos o tamanho de lote, analisando as seguintes variáveis: histórico do cliente, demanda histórica do mesmo, quantidade de estoque presente na empresa, produtos já existentes no portfólio, se vale a pena ou não a produção do item, e quanto desse item deve ser produzido. Pode-se dizer que existe uma matemática por trás dessa metodologia, mas o *feeling*² dos gestores e da Direção tem um peso maior na decisão.

Com este tipo de metodologia, sem o embasamento científico, a empresa corre o risco de estar prejudicando o seu resultado financeiro, em relação ao custo de manter produtos parados em estoque, que não vão ter a demanda imaginada, ou acabar utilizando a matéria prima em lotes grandes e sem demanda, podendo não ter o material para produzir na hora que um real pedido aparecer, acarretando na perda de venda e/ou até mesmo do cliente.

A análise da previsão de demanda pode ter impacto direto nesses resultados, auxiliando na tomada de decisão, no melhor aproveitamento dos recursos, na diminuição dos custos com preparação de máquina, custos de colocação de pedidos, e no *lead time* dos produtos, o que contribuirá de forma direta no que a Inova considera como fator diferencial em um mercado concorrido como o do segmento eletrônico: atender o cliente de forma rápida.

²*Feeling*: expressão utilizada para dar o significado de sentimento, de sensibilidade.

Diante do cenário acima apresentado, o trabalho se justifica na tentativa de auxiliar a empresa no melhor aproveitamento dos recursos, em um melhor entendimento da demanda do mercado pelos seus produtos, através de uma metodologia que consiga fazer a ligação entre um método de previsão de demanda mais assertivo respeitando o tamanho mínimo do lote econômico de produção.

1.3 OBJETIVOS

Este item apresenta os objetivos, geral e específicos que serão abordados neste trabalho.

1.3.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo analisar o método de previsão de demanda atual e propor um método mais assertivo para o setor de SMT da empresa Inova Sistemas Eletrônicos.

1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- a) Analisar a curva ABC de vendas, abrir as estruturas, montar uma curva ABC para as submontagens baseada no total de custos versus total produzido e escolher as submontagens alvo do estudo;
- b) Calcular os indicadores de assertividade MAD e MAPE para os diferentes métodos de previsão de demanda;
- c) Analisar e escolher o modelo mais adequado de previsão de demanda;
- d) Calcular o lote econômico de produção
- e) Acompanhar e coletar os dados das submontagens durante os cinco primeiros meses de 2017;
- f) Definir um modelo de programação com base no modelo de previsão escolhido nos itens C e D;
- g) Comparar os resultados obtidos entre o modelo de previsão atual e o modelo proposto respeitando o tamanho de lote econômico de produção;
- h) Avaliar os resultados.

1.4 PERFIL DA EMPRESA E AMBIENTE DE ESTÁGIO

A Inova Sistemas Eletrônicos foi fundada em maio de 1997, após o encerramento da sociedade que o Sr. Rudinei Suzin tinha com o atual dono da Dimelthoz. A Inova começou apenas com 15 funcionários, entre eles, primos, irmãos, sobrinhos e amigos do próprio Suzin. Começaram produzindo controladores de temperatura, dando seguimento ao nicho de mercado explorado na antiga parceria com o dono da Dimelthoz.

Nos primeiros anos de produção, todas as montagens eram manuais, o que tornava o lead time dos produtos muito grande. Com o passar dos anos e o fortalecimento do nome da marca Inova, máquinas foram sendo incorporadas na fábrica.

Atualmente a Inova produz controladores de temperatura e de tempo, de processo, de refrigeração para linha industrial e itinerários e lâmpadas de iluminação para a linha automotiva. E começa a dar os primeiros passos para linha fitness, com controladores para esteiras das academias.

De acordo com o gerente do comercial o *Market share*³ estimado da Inova é de 10% no setor automotivo. Já na linha industrial é mais complicado dimensionar a participação no mercado, pois a Inova atende vários segmentos dentro desse nicho de mercado. Algumas estimativas: 90% de participação em panificação, 80% na parte de lavanderia e 70% em equipamentos para serigrafia. Além disso, a Inova exporta diretamente para: Argentina, México, Colômbia, Chile, Equador e Uruguai.

1.5 ABORDAGEM E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Segundo Creswell (2010), quando as variáveis e a base teórica de um problema de pesquisa forem desconhecidas, temos um projeto qualitativo. O que sugere uma pesquisa exploratória, visando explorar um conceito ou um fenômeno.

Em um projeto quantitativo, Creswell (2010), explica que o problema recebe um tratamento mais elaborado, entendendo quais os fatores ou variáveis influenciam no resultado. O autor continua sua explicação, dizendo que nesse tipo de abordagem, os pesquisadores podem propor a testagem de uma teoria. Segundo Dalfovo, Lana e Silveira (2015), podemos considerar como método quantitativo tudo o que pode ser mensurado através de números,

³*Market share*: fatia de mercado, participação de uma empresa no mercado.

classificado e analisado. Portanto, o presente trabalho tem uma abordagem quantitativa, haja visto que coletará dados e com base nisso, fará simulações computacionais dos resultados.

O trabalho será desenvolvido no setor de SMT (*Surface Mounting Technology*), onde fica o maquinário da empresa. Todas as montagens passam por esse setor, onde são aplicados pasta de solda, depois os componentes são inseridos nas placas através de uma máquina *pick and place*⁴ e são passadas em um forno de refusão. Após isso, passam por máquinas de inspeção de montagem.

⁴*Pick and place*: Máquina utilizada nas empresas de eletrônica para posicionar os componentes nas placas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No decorrer deste capítulo são abordados conceitos retirados de uma pesquisa de livros, artigos e trabalhos acadêmicos. Iniciou-se pela previsão de demanda, abordando algumas técnicas. Após isso, passou-se para o custo de preparação de máquina, os custos de armazenagem e finalmente chegando ao cálculo de lote econômico.

2.1 PREVISÃO DE DEMANDA

Empresas tendem a concentrar esforços em nichos de mercado em que a possibilidade de ganho é considerada maior. Segundo Gaither e Frazier (2002), a ferramenta de previsão de demanda deve ser utilizada como entrada no processo de tomadas de decisão, tais como: definição de itens em estoque, tamanho de estoque de segurança e lotes de compra/fabricação.

Existem dois conceitos de demanda: a demanda dependente e a demanda independente. A demanda dependente ocorre quando a demanda de um produto ou serviço depende de outro produto ou serviço. Por exemplo, em uma empresa que vende triciclos, as rodas frontais e traseiras fazem parte desta demanda dependente. A demanda independente é aquela que não depende de outros produtos para ser obtida, no exemplo acima, o triciclo pertence a esta demanda independente (JACOBS; CHASE, 2009).

Gaither e Frazier (2002) mostram que existem dois tipos de previsão de demanda: a previsão de longo prazo, que estimam condições futuras ao longo de intervalos de tempo normalmente maiores do que um ano e as previsões de curto prazo que estimam condições futuras para intervalos de tempo que variam de alguns dias até várias semanas.

Corrêa e Corrêa (2006) alertam para um erro comum nas empresas. Os autores diferenciam previsão e meta. Previsões são estimativas sobre o comportamento do mercado demandante futuro, e meta é definida como uma parcela desse potencial de compra do mercado que a empresa deseja atender, que pode incentivar a pro atividade dos vendedores.

Os autores acima citados ainda apontam outro erro comum das empresas: perder tempo discutindo se a previsão está certa ou errada. Segundo eles, as previsões estarão sempre erradas, a discussão pertinente é o quanto está errada a previsão e o que fazer para diminuir estes erros.

Nakano e Oji (2012) afirmam que a previsão de demanda ocupa um papel de suma importância nas atividades funcionais das empresas. Os autores ainda explicam que prever

demanda futura de maneira precisa é uma capacidade importante na integração da cadeia de suprimentos interna e externa das empresas.

Jacobs e Chase (2009) afirmam que previsões são indispensáveis para qualquer organização porque são a base para um bom planejamento a longo prazo. Eles explicam que pessoal da gestão utilizam esta técnica para tomadas de decisões, desde rotineiras, como escolha de fornecedores, definição de processos até *layout* de fábrica ou programação de estoque.

Os autores acima citados ainda reforçam a ideia de que previsão correta não existe, e o importante é buscar uma revisão contínua nas previsões, afim de diminuir os erros.

Decisões relacionadas ao inventário são consideradas cruciais para o aumento da eficiência e melhoramento do nível de serviço ao consumidor. As previsões de demanda e controle de estoque contribuem de forma igual para processos de tomada de decisão. A interação entre os dois processos, geralmente, é ignorada. Quando se trata de abordagem de previsão, a comumente utilizada é a minimização de indicadores de erros de previsão, tais como o erro médio absoluto (MAE) ou o erro quadrado médio (MSE) (TRATAR, 2010).

De acordo com Moreira (2012), os modelos de previsão de demanda podem ser classificados de duas maneiras distintas: aquelas previsões que são baseadas em opiniões de especialistas e não levam em consideração dados ou modelos matemáticos são consideradas qualitativas. Já as previsões que são baseadas em dados passados e utilizam métodos matemáticos para chegar nas previsões são consideradas quantitativas.

Para Santos (2011), são cinco passos considerados fundamentais quando se pretende realizar uma previsão de demanda, são eles:

- a) Objetivo do Modelo;
- b) Coleta e análise de dados;
- c) Seleção da técnica utilizada;
- d) Obtenção das previsões de demanda;
- e) Monitoramento do modelo.

O primeiro passo é escolher o objetivo do qual será proposta uma solução. Em seguida, a coleta de dados é realizada e são feitas as análises pertinentes. O próximo passo é aplicar os conceitos matemáticos das técnicas para obtenção das previsões desejadas e por fim, monitorar e atualizar os dados para que possam diminuir os erros das previsões.

De acordo com Corrêa e Corrêa (2006), os métodos quantitativos de previsão têm uma melhor resposta quando utilizados em produtos já estabelecidos no mercado, com tempo suficiente para que se tenha um histórico de consumo dos mesmos.

Visto que será feito um filtro na curva ABC de vendas para utilizar os produtos que mais vendem, o presente trabalho usará a abordagem quantitativa.

De acordo com Tiacci e Saetta (2009), quando se trata de previsão de demanda, a abordagem clássica é calcular indicadores de erros de previsão (assertividade), tais como o desvio médio absoluto (MAD) ou o percentual de erro médio absoluto (MAPE) e considerar a minimização de tais indicadores como a melhor maneira de minimizar os custos associados ao método de previsão.

2.1.1 Média Móvel Simples (MMS)

Davis, Aquilano e Chase (2003) afirmam que demandas que não sofrem mudanças significativas em períodos de tempo curtos e/ou que também não apresentem características sazonais, podem ser previstas utilizando a MMS. Utilizando este modelo pode-se abordar a MMS de três maneiras: usando a MMS de três períodos (MMS-3), seis períodos (MMS-6) ou mais (CORRÊA e CORRÊA, 2006). Conforme mostra a Equação 1:

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} \dots + A_{t-n}}{n} \quad (1)$$

Onde:

- a) F_t = Vendas previstas no período t
- b) A_{t-1} = Vendas realizadas no período t-1
- c) n = Número de períodos considerados na média

2.1.2 Média Móvel Ponderada (MMP)

Para Moreira (2012), o método MMS e o MMP são muito semelhantes porque em ambos, a base é a variável n. O mesmo autor ainda explica que a diferença entre os métodos se dá na colocação pesos nos termos, que a soma deve ser igual a 1, aumentando ou diminuindo sua significância.

Davis, Aquilano e Chase (2003), expressam a utilização da MMP da mesma forma que Moreira (2012) mostra na Equação 2:

$$F_t = \frac{A_{t-1} * W_{t-1} + A_{t-2} * W_{t-2} \dots + A_{t-n} * W_{t-n}}{n} \quad (2)$$

Onde:

- a) F_t = Vendas previstas no período t
- b) W_{t-1} = Peso atribuído ao período t-1
- c) A_{t-1} = Vendas realizadas no período t-1
- d) n = Número de períodos considerados na média

2.1.3 Amortecimento Exponencial Simples

Corrêa e Corrêa (2006) explicam que este método de amortecimento exponencial é utilizado para ajustar a velocidade de reação entre a demanda prevista e a real. Para que isso seja possível é utilizada uma variável chamada de constante de suavização, geralmente calculada como: $\alpha = \frac{2}{n+1}$, onde n é o número de períodos que temos como base de dados. Lembrando que, α pode variar entre 0 e 1 e que alfas menores geralmente são utilizados para demandas mais estáveis e alfa maiores para demandas que necessitem velocidade de reação das previsões. Os autores definem na Equação 3, o método de suavização exponencial:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha \times (A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (3)$$

Onde:

- a) F_t = Valor da demanda suavizada exponencialmente no período t
- b) F_{t-1} = Previsão exponencialmente suavizada no período anterior
- c) A_{t-1} = Demanda real no período anterior
- d) α = Constante de Suavização

2.1.4 Suavização Exponencial com Tendência – Modelo de Holt

Segundo Jacobs e Chase (2009), pode-se considerar este método como uma dupla suavização, porque o acréscimo da Tendência, T, da constante de suavização de tendência β , juntamente α mostrado anteriormente, reduz o impacto do erro da previsão em relação a

demanda real. De acordo com Martins e Laugeni (2005), para tratamento de curto prazo de dados que apresentem tendência, podemos utilizar o modelo de Holt, conforme mostra a Equação 4:

$$\begin{aligned}P_{t+1} &= A_t + T_t & (4) \\A_t &= \alpha \times C_t + (1 - \alpha) * (A_{t-1} + T_{t-1}) \\T_t &= \beta \times (A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta) * T_{t-1}\end{aligned}$$

Onde:

- a) A_t = Novo valor amortecido
- b) T_t = Estimativa de tendência
- c) C_t = Demanda real no período t
- d) P_{t+1} = Previsão para o período futuro
- e) α = Constante de Suavização $0 \leq \alpha \leq 1$
- f) β = Constante de Suavização de tendência $0 \leq \beta \leq 1$

2.1.5 Erros de previsão

Segundo Corrêa e Corrêa (2006), é importante acompanhar alguns erros de previsão: a amplitude, ou o tamanho dos erros e o viés dos erros. Os autores explicam que viés ocorre quando os erros acontecem sistematicamente, quase seguindo uma tendência, para um lado só, ou quando as previsões são frequentemente superdimensionadas ou frequentemente subdimensionadas.

Corrêa e Corrêa (2006) explicam que uma técnica chamada *tracking signal*, ou sinal de rastreabilidade é utilizada para acompanhar se as previsões estão sofrendo este viés nos seus resultados. Para calcular o sinal de rastreabilidade, os autores explicam um passo a passo:

- a) Inicialmente calcula-se o erro aritmético (subtração da ocorrência real do mês da previsão que havia sido feita para o mês);
- b) O próximo passo é calcular o erro aritmético acumulado (EArA), que consiste no somatório do erro aritmético acumulado da previsão do mês anterior com o erro aritmético do mês atual da previsão;

- c) O terceiro passo é calcular o erro absoluto, que consiste no valor em módulo do erro aritmético;
- d) O quarto passo é o erro acumulado absoluto (EAA), que é o somatório dos erros absolutos das previsões até o momento;
- e) O passo seguinte é dividir o EAA pelo número de meses ao qual se refere, obtendo assim, o erro médio absoluto (EMA), mês a mês.

Após concluírem os passos citados acima, os autores acima concluem explicando que o sinal de rastreabilidade é calculado conforme mostra a Equação 5:

$$SR = \frac{EArA}{EMA} \quad (5)$$

Onde:

- a) EArA= Erro aritmético acumulado
- b) EMA= Erro médio absoluto

O sinal de rastreabilidade deve ser acompanhado e o valor desta variável precisa se manter entre -4 e +4. Se, em algum momento o valor de SR ultrapassar um destes dois limites, significa que estatisticamente, o modelo tem grande chance de estar sofrendo influência de fatores que devem ser investigados, os quais estão gerando previsões enviesadas (CORRÊA; CORRÊA, 2006).

Krajewski e Ritzman (2005) abordam os erros de previsão de maneira parecida com Corrêa e Corrêa (2006), porém os autores trazem um indicador de assertividade de previsão que analisa os resultados em termos percentuais. A Equação 6 mostra o erro potencial absoluto médio, (MAPE), ou *mean absolute percent error*:

$$MAPE = \frac{[\sum |E_t|/D_t] * 100}{n} \quad (6)$$

Onde:

- a) $|E_t|$ = Erro absoluto da previsão do período t;
- b) D_t = Demanda no período t;
- c) n = número de meses que foram realizadas previsões

Ainda segundo os autores citados acima, o desvio médio absoluto, (MAD), é um dos indicadores mais utilizados por gerentes pelo fácil entendimento da técnica, haja visto que consiste na média dos erros de previsão ao longo dos períodos de uma série temporal, conforme mostra a Equação 7:

$$MAD = \frac{\sum |S_t - P_t|}{n} \quad (7)$$

Onde:

- c) MAD = Desvio médio absoluto
- d) S_t = Valor previsto no período t
- e) P_t = Valor reais de venda no período t
- f) n = Número de períodos analisados

2.2 ESTOQUES

Estoques servem para regular a diferença entre a taxa de produção e a taxa de demanda dos produtos. Os autores ainda explicam que essa diferença pode ocorrer devido às incertezas na demanda, decisões gerenciais, ou problemas durante o processo (CORRÊA; CORRÊA, 2006).

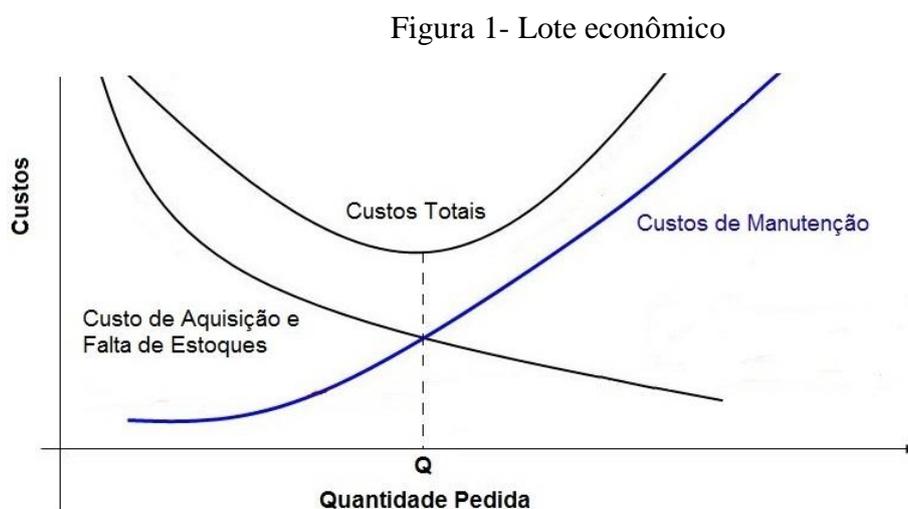
Moreira (2012) define estoque sendo como quaisquer quantidades de bens físicos que estejam sendo conservados de maneira improdutiva, sejam eles produtos prontos aguardando venda ou matéria-prima aguardando processamento. O autor ainda mostra que existem dois pontos de vista a serem analisados quando se trata de estoques: o operacional e o financeiro. Do ponto de vista operacional, os estoques permitem certa economia na produção, além de regularem a diferença entre a taxa de demanda e a taxa de consumo dos produtos. Já no ponto de vista financeiro, Moreira lembra que os estoques são considerados investimentos e contam como parte do capital da empresa, sendo assim, quanto maiores forem os estoques, menores serão as taxas de retorno da empresa.

Chopra e Meindl (2011) também reforçam a ideia acima mostrada de que os estoques existem por causa do descompasso entre oferta e demanda. Os autores explicam que os estoques têm papel importante na estratégia da empresa porque podem aumentar a quantidade de demanda atendida, por ter o produto pronto e disponível quando cliente desejar.

Gonçalves (2010) explica que, embora considere o estoque de materiais indispensável para qualquer processo de fabricação, equacionamento de produção e vendas, este gera um custo. Olhando sob a ótica da produção, utilizando técnicas de produção puxada, a existência de estoques, mesmo que mínimos, se justificam para atender situações inesperadas. Olhando pela perspectiva de vendas, o estoque é importante para não perder possíveis vendas ou clientes. Já olhando pelo lado da armazenagem, manter estoques implicam em custos de armazenamento e movimentação. Estes envolvem custos com espaço, condições de armazenagem, movimentação interna, obsolescência entre outros.

Para solucionar esse conflito de interesses presente dentro das organizações quando se refere a níveis ótimos de estoque, uma das técnicas mais utilizadas é o cálculo do lote econômico, que determina uma quantidade ótima de compra ou de fabricação do item para minimizar os custos (GONÇALVES, 2010).

A Figura 1 ilustra o que o autor citado acima define como quantidade ótima de compra ou fabricação:



Fonte: Corrêia, Ganesi e Caon(2001)

De acordo com Krajewski, Ritzman e Malhotra (2007), os estoques são importantes para todo tipo de organização, mas afetam as operações porque o estoque deve ser contado, mantido e precisa ser gerenciado. Os estoques requerem investimentos, dinheiro investido que fica indisponível para outros possíveis investimentos da empresa, sendo assim, ter muito estoque torna a empresa menos rentável e ter estoque baixo pode afetar a confiança dos clientes.

Gestores enfrentam pressões conflitantes para manter o estoque baixo o suficiente para evitar excessos de custos de manutenção, mas altos o bastante para que o custo de pedidos ou custos de setup sejam minimizados. Uma boa maneira de enfrentar essas pressões é definir o tamanho do lote que minimiza o custo de manutenção de estoque e custos de setup ou de pedidos (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2007).

2.3 CUSTOS DE PREPARAÇÃO

Custo de preparação ou custo de setup pode ser definido como o custo de fazer uma mudança em uma máquina para produzir um item. Estão inclusos nesse custo, o tempo e a mão de obra necessários para realizar tal mudança, a limpeza, ferramentas e equipamentos usados no processo. O custo de setup é independente do tamanho do lote, o que gera uma pressão por produzir lotes maiores e mantê-los em estoque, do que produzir lotes menores e ter novamente esse custo (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2007).

Segundo Al-Salamah (2015), a intenção do modelo de cálculo de lote econômico de produção é encontrar a quantidade ótima a ser produzida, de maneira a maximizar o lucro líquido esperado por unidade, ou seja, a diferença entre o lucro e os custos esperados.

De acordo com Holmbom e Segerstedt (2014), o custo de *setup*⁵ para uma máquina que processa itens variados pode ser calculado através da equação definida na Equação 8:

$$S = \frac{A_i}{T} \quad (8)$$

Onde:

- a) S = Custo de setup
- b) A_i = Valor monetário para cada setup
- c) T = tempo de ciclo do produto (intervalo, em dias, em que o item é produzido ao menos uma vez)

Para Taleizadeh, Wee e Jalili-Naini (2013), os custos de setup podem ser calculados de uma maneira um pouco diferente, considerando o número de ciclos realizados em um ano, conforme mostra a Equação 9:

⁵*Setup*: no ambiente fabril é considerado o tempo de preparação de uma máquina ou pessoa para um processo.

$$S = N * Ai \quad (9)$$

Onde:

- a) S= Custo de setup
- b) N= números de ciclos realizados por ano
- c) Ai= Valor monetário para cada setup

Segundo Chan, Ibrahim e Lochert (2005), os custos de uma organização têm muitas variáveis a serem consideradas, então eles definem os custos com *setup* como um termo de uma equação mais complexa, a Equação 10 mostra o termo relacionado ao custo de *setup*:

$$Cp = S * \left\{ \frac{D}{[1 - \sum_{i=1}^n P(I)(Ri)]} \right\} / Q \quad (10)$$

Onde:

- a) S= Custo de setup
- b) $N P(I)R(i)$ = probabilidade do produto cair na região de rejeição i após o investimento
- c) D= taxa de demanda por ano
- d) Q= Tamanho do lote

Moreira (2012) indica que quando se trata de lote econômico de produção, não existe o custo de pedido, porém deve-se considerar o custo de preparação de máquinas, porque, a cada rodada de produção, as máquinas devem ser ajustadas, o que consome recursos, tempo e por fim, acaba gerando um custo. A Equação 11 mostra a definição desse custo:

$$Cp = Cprep \frac{D}{Qf} \quad (11)$$

Onde:

- a) Cprep= Custo de setup
- b) Qf= quantidade fabricada de uma vez.
- c) D= Demanda anual da mercadoria

2.4 CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Moreira (2012) afirma que o custo de manutenção depende de dois outros grupos de custos, o de capital e o de armazenagem. Ele explica que o custo de capital, trata-se na verdade de um custo de oportunidade, já que a manutenção do item em estoque acaba impedindo que esse investimento seja aplicado à taxa de juros de mercado.

O autor segue explicando que os custos de armazenagem sempre irão existir, mesmo que o investimento em estoque seja nulo, as instalações são mantidas, o que acaba gerando custos fixos.

Por fim, o autor citado acima define os custos de manutenção como mostra a Equação 12:

$$C_m = p * (i + a) \qquad C_{man} = C_m * \left(\frac{Q_f}{2} + Q_{RES}\right) \qquad (12)$$

Onde:

- a) C_m = Custos de manutenção
- b) Q_f = Quantidade fabricada
- c) i = taxa de juros anual média que a empresa poderia obter se aplicasse o seu dinheiro, ao invés de colocá-lo em forma de mercadoria
- d) p = preço unitário do item
- e) Q_{Res} = Quantidade de reserva da mercadoria
- f) a = taxa de armazenagem, taxa em decimais, pela qual se pode multiplicar o investimento médio.

Segundo Chopra e Meindl (2011), o custo de manutenção é estimado como uma porcentagem do custo de um produto e se configura como a soma de alguns componentes:

- a) Custo de capital: componente dominante do custo de manutenção quando o mesmo se torna obsoleto de forma rápida. Avalia o retorno exigido sobre o patrimônio da empresa e o custo de seus débitos.
- b) Custos de deterioração: estima a taxa com que produtos perdem valor por ficar muito tempo armazenado ou por perder qualidade.
- c) Custos de manuseio: este custo deve incluir gastos com recebimento e armazenamento e variam de acordo com a quantidade.

- d) Custos de ocupação: refere-se a custos com espaço em virtude da variação do estoque cíclico.
- e) Custos diversos: esse item contempla custos de menor expressão, tais como: roubo, segurança, danos, impostos e encargos.

Para Chan, Ibrahim e Lochert (2005), o *inventory holding costs*, ou custos de manutenção de estoque, assim como na equação anterior, é um termo de uma equação de custos totais.

A Equação 13 define esse termo referente aos custos de manutenção de estoque:

$$C_m = H * \left[1 - \sum_{i=1}^n P(I)(R_i) \right] * (Q * \varphi) / 2 \quad (13)$$

Onde:

- a) H= Custos de manutenção
- b) Q= Tamanho do lote
- c) $P(I)R(i)$ = probabilidade do produto cair na região de rejeição i após o investimento
- d) φ = taxa de crescimento de estoque

Pan, Jin e Wang (2011), abordam os custos de manutenção de uma maneira mais simples que os autores citados anteriormente, conforme mostra a Equação 14:

$$C_m = B * (p - d) * T / 2 \quad (14)$$

Onde:

- a) T= tempo de ciclo de produção
- b) B= Custos de manutenção
- c) p= taxa de produção
- d) d= quantidade de necessidades diárias

Holmbom e Segerstedt (2014), mostram que os custos de manutenção para uma máquina que processa múltiplos itens podem ser calculados através da equação definida na Equação 15:

$$C_m = H_i \frac{d_i T (k_i - d_i)}{2 k_i} \quad (15)$$

Onde:

- a) d_i = taxa de demanda
- b) H_i = valor monetário por dia e unidade
- c) k_i = taxa de produção do item i , unidades por dia
- d) T = tempo de ciclo do produto (intervalo, em dias, em que o item é produzido ao menos uma vez)

2.5 TAMANHO DE LOTE ECONÔMICO

Para Krajewski, Ritzman e Malhotra (2007), o cálculo do lote econômico de produção se aplica quando a taxa de produção p é maior do que a taxa de demanda d , quando isso acontece, há um incremento no estoque e aumento de custos de armazenamento e de preparação. Os autores também definem o ciclo máximo de inventário I_{max} , da seguinte maneira, conforme a Equação 16:

$$I_{max} = \frac{Q}{p} (p - d) = Q \left(\frac{p - d}{p} \right) \quad (16)$$

Onde:

- a) I_{max} = ciclo máximo de inventário
- b) p = taxa de produção
- c) d = taxa de demanda diária do item
- d) Q = tamanho do lote

Conforme Krajewski, Ritzman e Malhotra (2007), os custos totais e o cálculo de lote econômico de produção podem ser descritos de acordo com a Equação 17:

$$CT = \frac{Q}{2} \left(\frac{p - d}{p} \right) H + \frac{D}{Q} (S) \quad (17)$$

Onde:

- a) CT= custos totais
- b) p = taxa de produção
- c) d = taxa de demanda diária do item
- d) Q = tamanho do lote
- e) D = demanda anual do item
- f) H = Holding costs
- g) S = Setup costs

Com base na equação mostrada acima, Krajewski, Ritzman e Malhotra (2007), definem a equação do lote econômico de fabricação conforme mostra a Equação 18:

$$LEF = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \sqrt{\frac{p}{p-d}} \quad (18)$$

Onde:

- a) LEF=Lote econômico de fabricação
- b) p = taxa de produção
- c) d = taxa de demanda diária do item
- d) D = demanda anual do item
- e) H = Holding costs
- f) S = Setup costs

Chan, Ibrahim e Lochert (2005) utilizam um modelo de cálculo de lote econômico associado ao investimento em qualidade da organização, visando redução de falhas, sucatas ou retrabalhos. Os autores acima citados dizem que o lote econômico pode ser calculado da seguinte maneira, como define a Equação 19:

$$Q(I) = \left\{ \frac{1}{[1 - \sum_{i=1}^n P(I)(Ri)]} \right\} \sqrt{\frac{2DS}{H\phi}} \quad (19)$$

Onde:

- a) Q = Tamanho do lote
- b) I = Investimento em qualidade
- c) D = taxa de demanda por ano
- d) S = Custo de setup
- e) φ = Taxa de crescimento de estoque
- f) $P(I)R(i)$ = probabilidade do produto cair na região de rejeição i após o investimento

Moreira (2012) mostra dois tipos de cálculos de lote econômicos que podem ser feitos, um considerando uma entrega da quantidade produzida de uma só vez e o outro considerando que exista fabricação do item em paralelo ao consumo do mesmo.

Antes de definir a equação do lote econômico, o autor acima citado, define a equação que vai dar origem a quantidade do lote. Na Equação 20 dos Custos Totais, para o modelo de entrega instantânea, ele considera os termos do custo de preparação de máquinas e os custos de manutenção de estoque:

$$CT = C_{prep} \frac{D}{Q_f} + C_m * \left(\frac{Q_f}{2} + Q_{RES} \right) \quad (20)$$

Onde:

- a) C_{prep} = Custo de setup
- b) D = Demanda anual da mercadoria
- c) Q_{RES} = Quantidade de reserva da mercadoria
- d) Q_f = quantidade fabricada de uma vez.
- e) Q_f = Quantidade fabricada
- f) C_m = Custos de manutenção

Derivando essa equação, o autor citado acima chega na equação do lote econômico para entrega instantânea, mostrada abaixo na Equação 21:

$$LEF = \sqrt{\frac{2C_{prep}D}{C_m}} \quad (21)$$

Onde:

- a) LEF=Lote econômico de fabricação
- b) D = demanda anual do item
- c) C_{prep} = custo de preparação de máquinas
- d) C_m = custo de manutenção do item no estoque

Segundo Moreira (2012), o modelo mais condizente com a realidade da fabricação é o modelo que considera a produção do item em paralelo com o seu consumo. Para isso, ocorrem algumas mudanças no cálculo do custo total e do LEF, as duas equações são mostradas abaixo na Equação 22:

$$CT = C_{prep} \frac{D}{Q_f} + C_m * \left(\frac{x-y}{x} \frac{Q_f}{2} + Q_{RES} \right) \quad LEF = \sqrt{\frac{2C_{prep}D}{C_m \left(\frac{x-y}{x} \right)}} \quad (22)$$

Onde:

- a) CT = custos totais
- b) C_m = custo de manutenção do item no estoque
- c) LEF= Lote econômico de fabricação
- d) x = taxa de produção do item
- e) y = taxa de consumo do item
- f) C_{prep} =custo de preparação de máquinas
- g) D = demanda anual do item

De acordo com Martins e Alt (2009), o cálculo do lote econômico de produção só faz sentido quando a velocidade de fabricação, ou cadência de produção é maior do que a demanda do item que está sendo fabricado, o que gera acúmulo de estoque. Os autores abordam de maneira mais complexa a questão dos custos totais, considerando também a velocidade de fabricação da peça, os autores definem os custos totais conforme o Equação 23:

$$CT = \frac{1}{2} (C_c) \left(Q \left(1 - \frac{D}{V} \right) \right) + (C_p) x \frac{D}{Q} + C_i + DP \quad (23)$$

Onde:

- a) CT = custos totais
- b) V =velocidade de fabricação da peça
- c) C_p = custo de preparação de máquinas
- d) C_I = custos independentes
- e) P = custo de fabricação do item
- f) C_c =custo de carregamento de estoque
- g) Q = quantidade que minimiza CT
- h) D = demanda do item

Ainda segundo os autores acima citados, o lote econômico de produção pode ser determinado igualando-se a zero a derivada de CT em relação a Q , o que fornece a Equação 24, definida abaixo:

$$LEF = \sqrt{\frac{2xC_pxD}{(C_A + i x P) \times (1 - \frac{D}{V})}} \quad (24)$$

Onde:

- a) LEF =Lote econômico de fabricação
- b) D = demanda do item
- c) P = custo de fabricação do item
- d) C_p = custo de preparação de máquinas
- e) C_A = custo de armazenagem
- f) i = custos de capital imobilizado
- g) V = velocidade com que a peça é fabricada

Martins e Laugeni (2005), explicam que alguns fatos ocorrem quando se trata de lote econômico de produção:

- a) Na medida em que um lote é fabricado à uma taxa de produção p , ele também é consumido à uma taxa de utilização u , sendo que $u < p$.
- b) O nível de estoque do produto aumenta durante o período de fabricação do item, alcançando assim o nível de estoque máximo E_{max} .
- c) Depois de determinada a quantidade de fabricação do lote, este é consumido até a taxa u terminar, o que dispara um novo ciclo.

Segundo os autores acima citados, a função do lote econômico de fabricação considera os mesmos itens da expressão do custo total de compras com as adaptações necessárias, sendo assim, o custo total é expresso conforme a Equação 25:

$$CT = (C_f) \times D + (C_p) \times \frac{D}{Q_f} + C_f \times J \times E_{\text{médio}} \quad (25)$$

Onde:

- a) CT = custos totais
- b) D = demanda do item
- c) C_p = custo de preparação de máquinas
- d) C_f = custos de fabricação
- e) P = taxa de produção
- f) J = taxa de juros no período
- g) D = taxa de demanda do item
- h) $E_{\text{médio}}$ = estoque médio do período, onde: $E_{\text{médio}} = (1 - u/p)Q_f/2$

Assim como no caso anterior, os autores também igualam a derivada de CT em função de Q e resultam na seguinte expressão para Quantidade de lote econômico mostrada na Equação 26:

$$Q_f = \sqrt{\frac{2 \times C_p \times D}{C_f \times J \times \left(1 - \frac{u}{p}\right)}} \quad (26)$$

Onde:

- a) Q_f = lote econômico de fabricação/ produção
- b) D = demanda do item
- c) C_f = custo de fabricação
- d) p = taxa de produção
- e) J = taxa de juros no período
- f) C_p = custo de preparação de máquinas
- g) u = taxa de utilização

Chopra e Meindl (2011) abordam o lote econômico de produção de uma maneira parecida com Martins e Laugeni (2005), no que diz respeito a definição conceitual. Eles também explicam que o estoque se acumula a uma taxa de $P-D$, onde P representa a taxa de produção e D representa a demanda do item produzido.

Desta forma, a Equação 27 mostra como os autores definem a expressão do lote econômico:

$$Q_f = \sqrt{\frac{2DS}{(1 - \frac{D}{P})mC}} \quad (27)$$

Onde:

- a) Q_f =lote econômico de fabricação/ produção
- b) D = demanda do item
- c) S = custo fixo incorrido por pedido
- d) P = taxa de produção
- e) m = custo de manutenção
- f) C = custo por unidade

Gonçalves (2010) analisa primeiro o comportamento do estoque durante a produção do item para depois definir a fórmula dos custos e do lote econômico de fabricação. O autor define o estoque máximo e o estoque médio para depois disso entrar na questão dos Custos Totais, conforme mostra a Equação 28:

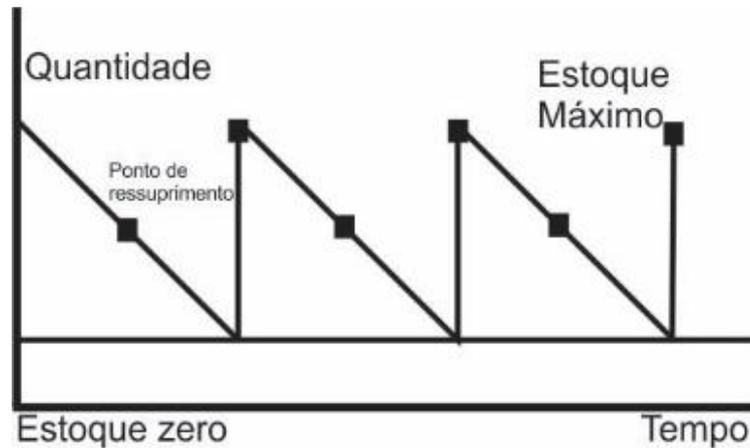
$$E_{\max} = \left(1 - \frac{D}{P}\right) \times Q_f \quad E_{\text{medio}} = \frac{E_{\max}}{2} \quad (28)$$

Onde:

- a) E_{\max} = estoque máximo
- b) D = demanda do item
- c) Q_f = Quantidade a produzir
- d) P = taxa de produção
- e) D = taxa de demanda do item

A Figura 2 ilustra o que Gonçalves (2010) definiu como comportamento do estoque durante um período de tempo:

Figura 2- Perfil de estoques



Fonte: Adaptação de Gonçalves (2010)

Gonçalves (2010) conclui que os Custos Totais podem ser expressos de acordo com a Equação 29:

$$CT = D \times c + \frac{D}{Q_f} \times C_{RF} + \left(1 - \frac{D}{P}\right) \times \frac{Q_f}{2} \times C_p \quad (29)$$

Onde:

- a) D = demanda do item
- b) C_p = custo de posse do item
- c) P = taxa de produção
- d) C_{RF} = custo de ordem de fabricação
- e) Q_f = Quantidade a produzir
- f) D = taxa de demanda do item

A intenção é encontrar a quantidade que minimize os custos encontrados na equação mostrada acima, o que pode ser encontrado derivando a equação de CT em função de Q_f . A expressão resultante é mostrada na Equação 30:

$$Q_f = \sqrt{\frac{2xDx c_{RF}}{(1 - \frac{D}{P})xc_p}} \quad (30)$$

Onde:

- a) Q_f = lote econômico de fabricação/ produção
- b) D = demanda do item
- c) c_{RF} = custo de ordem de fabricação
- d) P = taxa de produção
- e) D = taxa de demanda do item
- f) C_p = custo de posse do item

2.6 LEAD TIME

Segundo Meerkov e Yan (2014), a média de tempo em que um produto ou parte permanece no sistema, seja em processo ou esperando para ser processada é denominada como lead time de produção

Pode-se entender como *lead time*, o intervalo de tempo entre o pedido de fabricação e a entrega do produto para o cliente (NGUYEN; WRIGHT, 2015).

Cobb et al. (2015) define o *lead time* como o tempo gasto entre um pedido feito e o produto entregue.

Arnold (1999) define *lead time* de fabricação como o tempo em que um produto leva para ser produzido numa quantidade normal de lote. O autor divide o *lead time* de fabricação em cinco pontos:

- a) Tempo de fila, é o tempo em que o produto fica esperando no posto de trabalho para que a operação seja iniciada.
- b) Tempo de preparação, tempo necessário para preparar a máquina ou posto de trabalho para a operação.
- c) Tempo de espera, tempo em que o produto fica parado no posto de trabalho antes de seguir para a próxima etapa do processo.
- d) Tempo de transporte, tempo de movimentação entre as etapas do processo.

O *lead time* de produção, segundo Arnold (1999), é definido como a soma do tempo de preparação, liberação dos pedidos mais os *lead times* dos cinco pontos citados acima.

De acordo com Lin (2016), o *lead time* é um problema para a maioria dos modelos de controle de estoque e sistemas de produção. Em situações reais, o *lead time* depende de muitas incertezas, eventos inesperados, que ocorrem dentro das fábricas.

Para Nguyen e Wright (2015), um serviço ágil e com o mínimo de tempo de espera se configura como um fator importante na escolha dos clientes por comprar um bem ou serviço de uma determinada empresa. Sabendo disso, muitas empresas buscam garantir um *lead time* uniforme para todos os clientes visando ganhar vantagem no mercado.

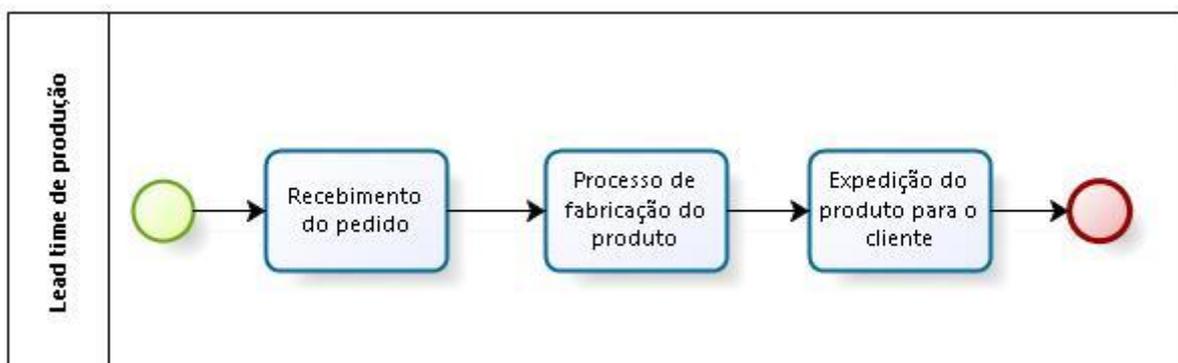
Os autores citados explicam que um *lead time* baixo pode trazer benefícios e malefícios para organização, uma vez que tendo um *lead time* baixo a demanda do cliente pode aumentar, mas o custo, em decorrência dessa alta nos pedidos, também.

Segundo o estudo de caso de Bandaly, Satir e Shanker (2016), a redução de *lead time* nem sempre é necessária e essa é uma decisão que deve ser avaliada internamente pela gestão da empresa.

Lead time é reconhecido como um fator muito importante na gestão de estoque, a redução do mesmo faz com que o estoque de segurança seja menor, o que leva a um custo de manutenção de estoque menor, resultando em lucro. Muitas empresas adotam a reduções como estratégia competitiva e se esforçam o máximo para melhorar a eficiência dos estoques (WU; ZHAI; LIU, 2015).

A Figura 3 exemplifica, de uma maneira bem geral, a definição de *lead time* descritas acima, definindo como o intervalo de tempo entre o recebimento do pedido, passando pelo processo de fabricação do item, ou transformação da matéria prima em produto final, e terminando na entrega do produto ao cliente:

Figura 3-*Lead time* de fabricação



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

3 PROPOSTA DE TRABALHO

O presente capítulo tem por finalidade fazer uma introdução sobre o tema de estudo, mostrando em linhas gerais a empresa, expondo o cenário atual e as dificuldades enfrentadas neste cenário. Em seguida, será feito o detalhamento das etapas do trabalho para que os objetivos, geral e específicos sejam alcançados.

3.1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho realiza um estudo na empresa Inova Sistemas Eletrônicos, com o objetivo de propor um método mais assertivo de previsão de demanda, visando minimizar os custos de setup e manutenção de estoque. O setor em que o estudo será realizado é o *SMT*, conforme foi explicado anteriormente neste trabalho, é o setor de maquinário da empresa. Praticamente 90% dos produtos passam por esse setor antes de seguirem o fluxo produtivo para os demais setores de montagem manual.

3.2 CENÁRIO ATUAL

3.2.1 A Inova Sistemas Eletrônicos

A Inova Sistemas Eletrônicos é uma empresa que atua no ramo eletroeletrônico, estando presente em muitas partes do país e da América Latina, através de representantes e revendedores. Internamente, a gama de produtos é dividida em dois grandes grupos: a linha industrial, que atende panificadoras, mercados, lavanderias e equipamentos para serigrafia. E a linha automotiva, que contempla produtos, basicamente, para montadoras de ônibus, como itinerários e lâmpadas de *led* para iluminação interna. Além desses dois grandes grupos, alguns projetos exclusivos também desenvolvidos para clientes especiais, que atendem a linha *fitness* e a linha de acionadores eletrônicos para climatizadores de cabines de caminhão.

Atualmente, a Inova se encontra na faixa de tributação de lucro presumido, o faturamento está na casa dos R\$ 2 milhões por mês. Deste total, cerca de 85% se refere a linha industrial e o restante dividido entre linha automotiva e os projetos especiais.

O estudo será realizado em um setor chamado *SMT*, já explicado anteriormente, essa tecnologia de montagem consiste na montagem de componentes eletrônicos na superfície de

placas de circuitos impressos. A Figura 4 mostra uma placa de circuito impresso após passar por todos os processos deste setor:

Figura 4- Placa de circuito impresso montada

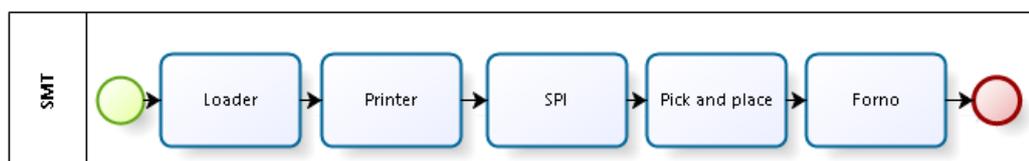


Fonte: Inova (2017)

3.2.2 O processo de SMT

A Figura 5 apresenta de forma simples como é o fluxo do processo da linha de montagem SMT, que começa pelo *loader*, passando pela *screen printer*, posteriormente indo para *SPI*, chegando até a *pick and place* e finalizando no forno de refusão, todo este processo será detalhado no decorrer deste item:

Figura 5- Fluxo de processo SMT



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

O processo de SMT se inicia com um componente muito importante chamado pasta de solda, que nada mais é que uma liga metálica de estanho, chumbo e prata, embalada em forma de uma pasta, que serve para fixar os componentes que serão inseridos pela máquina *pick and place*. Enquanto lacrada, a pasta necessita estar refrigerada entre 0 e 10°C e após

aberta, tem que ficar em temperatura ambiente, entre 22 e 28 °C. A Figura 6 mostra essa pasta antes do processo acima descrito:

Figura 6- Pasta de solda após aberta



Fonte: Inova (2017)

Para que a condição acima pudesse ser alcançada foi feito um investimento em um frigobar e uma célula de Peltier. Esta célula mantém a temperatura interna do frigobar dentro dos limites especificados pelo fabricante da pasta de solda. Cada pasta de solda ao sair do almoxarifado leva consigo uma etiqueta colorida impressa no próprio recebimento da empresa com a função de controle de estoque, para garantir que o *FIFO*⁶ seja seguido, evitando assim, que uma pasta fique fora do prazo de validade ou que uma pasta que entrou recentemente no estoque seja utilizada primeiro do que uma que esteja há mais tempo esperando para ser utilizada.

A Figura 7 mostra o ambiente em que ela é conservada após aberta. Após esse processo de inserção, a placa passa em um forno de refusão, de 10 zonas de aquecimento, no qual acontece um processo químico de mudança de fase, em torno de 183°C, passando para o estado sólido, ficando em um tom brilhante de prata, quando os componentes são soldados na placa, depois disto, apenas com estação de retrabalho *SMT* para conseguir retirar os componentes da placa.

⁶*FIFO: First in, first out*, o primeiro que entra é o primeiro que sai, ferramenta de gestão de estoque para que uma sequência de utilização seja respeitada.

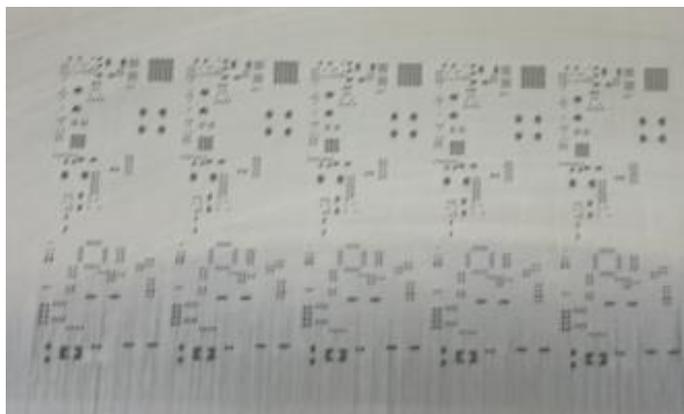
Figura 7- Ambiente de conservação da pasta após aberta



Fonte: Inova (2017)

Outro ponto importante do processo, é o processo de impressão de pasta de solda, neste processo, uma máquina chamada *printer*, realiza a impressão da pasta de solda sobre um molde denominado *stencil*, que é uma chapa de aço inox com espessura determinada pelas normas de montagens eletrônicas, que permite que a pasta de solda seja depositada apenas em locais da placa onde ela se faz necessária, denominada *pads*. O processo de impressão é um bem parecido com a serigrafia de camisetas. A Figura 8 mostra um *stencil* fora da máquina.

Figura 8- Stencil de aço Inox



Fonte: Inova (2017)

A *printer* realiza esse processo de impressão de forma controlada, o programador pode controlar pressão dos rodos sobre o *stencil*, a velocidade de passagem de rodo, a distância e a velocidade de separação entre placa e *stencil*, entre outros parâmetros. A *printer* tem um sensor que identifica a quantidade de pasta de solda presente no *stencil* e para a máquina quando o nível baixa de um determinado ponto. O sucesso e a qualidade desse processo dependem de vários fatores: temperatura da sala das máquinas, umidade do ar, o ciclo de limpeza automática do *stencil*, se a placa tem componentes mais complexos ou apenas resistores e capacitores e principalmente, o estado de conservação da pasta de solda.

Especialistas no processo *SMT* e fabricantes de máquinas comentam que cerca de 70% dos problemas relacionados a montagens eletrônicas acontecem neste processo de impressão de pasta de solda. Se algumas das premissas para que uma boa impressão não for respeitada, como o armazenamento correto enquanto lacrada, respeitar a temperatura e o tempo de estabilização da pasta, um ciclo adequado de limpeza de *stencil*, a troca da mesma quando estiver com aspecto opaco ou grudando nos *squeegee*s, posteriormente podem aparecer problemas como falta de solda, solda fria, curtos de solda, *tombstoning*⁷, *dog ears*⁸, componentes deslocados, ente outros possíveis problemas.

A Figura 9 mostra a *printer*, com os *squeegee*s⁹ e o *stencil* adequados para o modelo de placa antes do processo de impressão.

Figura 9- *Printer*



Fonte: Inova (2017)

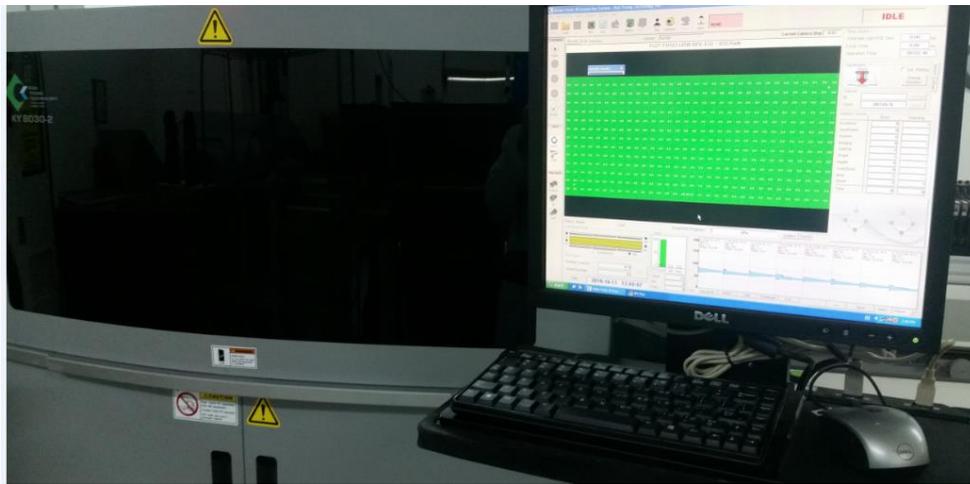
⁷*Tombstoning*: quando o componente fica “de pé”, fazendo alusão à uma lápide.

⁸*Dogears*: quando a pasta fica pontiaguda, remetendo à uma orelha de cachorro.

⁹*Squeegee*s: são os rodos de aço inoxidável utilizados para impressão de pasta de solda em placas de circuitos impressos.

A terceira máquina presente na linha de *SMT* faz uma inspeção 3D da impressão de pasta de solda. A máquina se chama *SPI*¹⁰, *screen printer inspection*, a qual tira fotos da placa já impressa com pasta de solda e faz a comparação com os arquivos utilizados para confecção do *stencil*. Com base nessa comparação, é possível gerar alarmes de problemas de impressão, tais como: falta de pasta, excesso de pasta, *dog ear*¹¹, deslocamento, entre outros. A Figura 10 mostra a *SPI*:

Figura 10- *Screen Printer Inspection*



Fonte: Inova (2017)

Passando pela inspeção mostrada acima, a placa já impressa com pasta de solda, vai para a montagem propriamente dita passando pela máquina *pick and place*, cuja função é pegar os componentes dos rolos automaticamente, inspecionar o *shape*¹² dos componentes, comparando com o arquivo do servidor e caso esteja dentro da tolerância, posicioná-los na placa nas coordenadas definidas pelo layout da placa e pelos arquivos gerados na Engenharia. A Figura 11 apresenta a Aimex II, a máquina que faz o processo citado acima, ela possui capacidade de inserir até 75 mil componentes por hora, esse desempenho depende muito do layout, complexidade da placa e da quantidade de *nozzles*¹³ que a empresa possui.

¹⁰*SPI*: screen printer inspection: máquina de inspeção 3D do processo de impressão de pasta de solda.

¹¹*Dog ear*: é um problema de impressão no qual a pasta fica em formato de orelha de cachorro.

¹²*Shape*: desenho do corpo do componente.

¹³*Nozzles*: São os bicos que pegam os componentes dos rolos de alimentação e colocam na placa.

Figura 11- AIMEX II



Fonte: Inova (2017)

Por fim, o último processo da linha é a passagem da placa com os componentes já posicionados, pelo forno de refusão. Neste forno, são 10 zonas de aquecimento na parte de cima e mais 10 zonas de aquecimento na parte de baixo. A necessidade de tantas zonas de aquecimento se deve ao fato da placa precisa aquecer uniformemente e a pasta de solda reagir ao aquecimento, liberando os fluxos nela presentes para limpeza dos terminais da placa e conduzir a reação química de mudança de fase à temperatura de 183°C. A Figura 12 mostra o forno de refusão que fica posicionado logo após a saída da Aimex II:

Figura 12- Forno de refusão

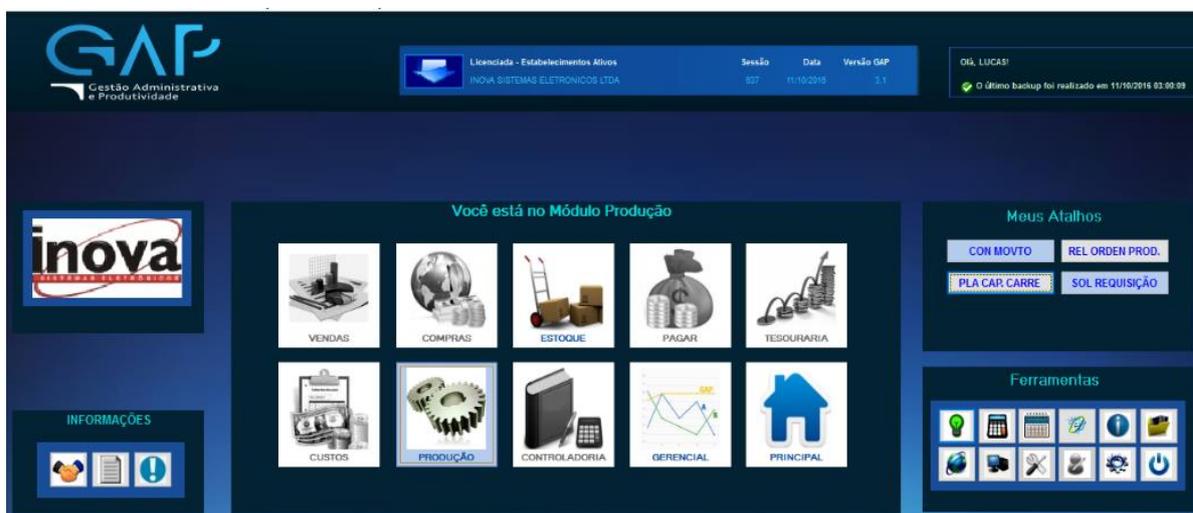


Fonte: Inova (2017)

3.2.3 A Proposta do Trabalho

Para que a proposta de trabalho pudesse ser realizada, foi necessária uma integração entre informações fornecidas pelas áreas de PCP, Controladoria, Engenharia e Comercial, haja visto que uma coleta de dados precisa foi de extrema importância. De uma ótica geral, o PCP é o responsável por transformar pedidos feitos ao setor Comercial em ordens de produção para fábrica, podemos defini-lo como o elo entre Vendas e o parque fabril. Os custos e despesas são de responsabilidade da controladoria da empresa e as informações técnicas sobre o produto foram conseguidas com o setor de Engenharia. A empresa utiliza basicamente um *software*¹⁴ de gestão, o GAP e para auxiliar o controle e criação de planilhas, utiliza-se o *LibreOfficeCalc*, uma alternativa ao *Microsoft Excel*. Na Figura 13, é mostrada a tela inicial do *software de gestão* da empresa, onde são feitos desde controle de estoque, colocação de pedidos, emissão de ordens de produção, cadastro de itens, inspeção de recebimento até questões mais voltadas a direção da empresa, como análise de faturamento, por exemplo:

Figura 13- Sistema GAP



Fonte: Inova (2017)

A principal proposta deste trabalho foi encontrar a quantidade a ser produzida que minimizasse os custos de setup e de manutenção de estoque. No cenário atual, o PCP não possui esta informação, a programação de tamanho dos lotes é feita com base na análise de

¹⁴*Software*: Conjunto de componentes lógicos de um sistema de processamento de dados, programa ou rotina.

dois relatórios gerados pelo GAP, o Relação de faturamento por produto e o Relatório de Vendas.

A Direção em conjunto com PCP definiu que a Inova trabalha com estoque de 1 mês para produtos com giro alto, portanto esse é o critério principal para a definição de tamanho de lote. Abaixo são mostrados os relatórios que os analistas utilizam para definir o que produzir e quanto produzir, de um modo geral, a Inova produz o que sai como item faltante no Relatório de Vendas mais um mês de estoque, salvo itens de giro baixo (menos de 10 peças/mês), que são modificados pelo pessoal de alteração de produtos prontos e produtos que estão dentro de uma programação mensal de clientes especiais.

A Figura 14 mostra as opções que o analista tem na hora de gerar esse Relatório de Vendas, por definição interna se utiliza a data do início do ano no campo data/critério e no segundo campo se utiliza 20 dias à frente da data atual, devido a possíveis ordens de produção que estejam em aberto. Também são utilizados filtros de pedidos em aberto e itens faltantes, para que o relatório indique apenas o que deve ser produzido.

Figura 14- Filtros do Relatório de Vendas

Relação de Pedidos de Venda

Intervalos

Data/Critério Emissão Entrada

De: 01/01/2016 Até: 10/11/2016

Pedido: [] Até: ZZZZZZZZZZ

Cliente: [] Até: ZZZZZZ

Agente: [] Até: ZZZZZZ

Entrega: 01/01/2016 Até: 10/11/2016

OP do Produto: [] Até: ZZZZZZZZZZ

Depósito: 2 Localização: 2

Segmento: [] Desconsiderar: []

Seleção cfe Situação do Pedido

Todos Em Aberto Atendidos Cancelados Matriz Filial Todos

Imprimir etiqueta do detalhamento do produto

Impressão gráfica

Listar submontagens Listar apenas faltantes

Apenas Protótipo (Desmarcado não lista Protótipo)

Estabelecimentos Ativos

01

Fonte: Inova (2017)

Atualmente, este relatório é gerado duas vezes por dia, a primeira vez às 11hs, onde a análise explicada acima é realizada para gerar a prévia do PCP do dia seguinte, a qual é liberada para o almoxarifado até às 14hs. O segundo relatório é gerado às 16:30hs, onde a análise se repete, definindo o PCP do dia seguinte até as 17:30hs. As ordens de produção que forem geradas nesse segundo relatório são liberadas para o almoxarifado e o mesmo tem até o meio dia do dia seguinte para entregar para produção. O Anexo A mostra uma ordem de produção da Inova.

O Relatório de Vendas mostra para o analista de PCP, a quantidade de itens faltantes levando em consideração o que tem de produtos em estoque (saldo), o que foi vendido pelo setor de Comercial (reserva) e as ordens de produção em aberto (estas podem estar em produção ou apenas terem sido geradas e não liberadas ainda). O déficit desse somatório é mostrado na coluna resultado.

A Figura 15 mostra o Relatório de Vendas para melhor visualização do que foi explicado acima.

Figura 15- Relatório de Vendas

INOVA SISTEMAS ELETRONICOS LTDA INOVA		PEDIDOS DE VENDA POR TOTAL DE PRODUTO CONTROLE PCP (Em aberto)			Data: 13/10/16	Folha 1
Produto	Descricao	Uni	Saldo	Reserva	Producao	Resultado
00232	CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA INV-17 1713-03/J (2585)	UN		10,0		-10,0
02345	CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA INV-19 19101/J	UN		40,0	30,0	-10,0
02522	SENSOR DE TEMPERATURA NTC 10	UN	26,0	29,0		-3,0
02813	CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA INV-96 9626	UN	6,0	8,0		-2,0
02823	ACIONADOR ELETRONICO INV-204 20402 (12641)	UN	7,0	54,0	30,0	-17,0
02874	CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA INV-125 12512	PC		3,0		-3,0
02875	CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA INV-125 12511	PC		8,0		-8,0
02899	CONTADOR DIGITAL INV-94 9405	UN		3,0		-3,0
03251	ACIONADOR ELETRONICO INV-RT 4/12 (7521)	UN	4,0	6,0		-2,0
03382	CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA INV-200 20011-05/J	UN		20,0	17,0	-3,0
03384	CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA INV-200 20002-08/J	UN		100,0		-100,0
03794	SONALARME 21N30W PRONTO	PC		50,0		-50,0
03800	ARO 75X75 INOVA PRONTO	PC		20,0		-20,0
03885	CAIXA 75X75 INOVA V0 PRONTA	PC		7,0		-7,0
03956	PRESILHA 75X75 INOVA PRONTO	PC		2,0		-2,0
04278	CONTADOR DIGITAL INV-49 49102/12V	UN		4,0		-4,0
101508	PAINEL PRONTO INV-32V47 (6918)	PC	32,0	50,0		-18,0
101824	PAINEL PRONTO INV-30V1 (1469)	PC	1,0	7,0		-6,0
104406	PAINEL PRONTO INV-59V1 (3015)	PC	17,0	50,0		-33,0
104493	PAINEL PRONTO 123V2 (7789)	PC		20,0		-20,0
TOTAL GERAL ->				93,00	491,00	77,00

Fonte: Inova (2017)

Com esse Relatório de Vendas em mãos, os analistas consultam a Relação de Faturamento por Produto, documento que mostra, de acordo com o período desejado (a Inova trabalha com período de um ano por definição interna), a quantidade de produtos da empresa consumidos pelo mercado, separados por famílias, códigos e com a média semanal, mensal e total faturado. A Figura 16 mostra os filtros que o analista de PCP tem para gerar esse relatório.

Figura 16- Filtros do Relatório de Faturamento

The screenshot shows a software window titled "Relatório Faturamento de Produto" with a close button (X) in the top right corner. The window contains several filter sections:

- Intervalo:** Includes a "De" date field with "01/10/2015" and an "Até" date field with "30/09/2016". There is also a "Cliente" text input field.
- Grupo/Família:** Features radio buttons for "Todos" and "Selecionar". The "Selecionar" option is active. Below it are "Grupo" and "Família" fields with "De" and "Até" sub-fields. "Grupo" has "01" in both sub-fields, and "Família" has "001" in "De" and "099" in "Até".
- Produtos (Separar por virgula):** A large empty text input field.
- Seleção:** Includes radio buttons for "Automotivo", "Industrial", and "Todos". "Todos" is selected. There is also a checkbox for "Agrupa por modelo caso for 01.048".
- Quantidade a Desconsiderar:** Has "Maior que" and "Menor que" fields. "Maior que" contains "0" and "Menor que" contains "99999999".
- Ordenar por:** Includes radio buttons for "Código", "Nome", and "Mais Vendido". "Código" is selected.

At the bottom of the window, there are five icons: a printer, a globe, a document, a folder, and a mail icon.

Fonte: Inova (2017)

Como explicado anteriormente, a Inova trabalha com estoque mensal, portanto, o tamanho do lote a ser produzido é definido pelos itens faltantes que foram gerados no Relatório de Vendas, no campo Saldo mais a Média mensal que aparece no Relatório de Faturamento por Produto, como mostra a Figura 17.

Figura 17- Relação de Faturamento por Produto

inova		RELAÇÃO DE FATURAMENTO POR PRODUTO												Data: 13/10/16			
		Cliente: TODOS												Folha: 15			
Código	Descrição	Out2015	Nov2015	Dez2015	Jan2016	Fev2016	Mar2016	Abr2016	Mai2016	Jun2016	Jul2016	Ago2016	Set2016	Média Sem.	Mês	Total Qtde	Total Reas
03236	IHV-20501-07U/RS	6	0	0	0	0	6	0	0	0	0	8	0	0,41	1,66	20	3.513,28
03260	IHV-20201/MRR	62	38	38	50	29	8	3	55	19	31	46	56	9,06	36,25	435	61.307,06
03261	IHV-20201U/RS	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0,04	0,16	2	215,20
03262	IHV-20201U/SS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	0	0,70	2,83	34	4.406,99
03266	IHV-20201M/SS	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0,16	2	261,16
03269	IHV-20201J 10°30VCC/VCA	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,08	1	135,85
03270	IHV-20201M 10°30VCC/VCA	8	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0,25	1,00	12	1.810,24
03286	IHV-20301M	11	3	8	0	5	5	1	12	12	3	8	12	1,66	6,66	80	15.048,13

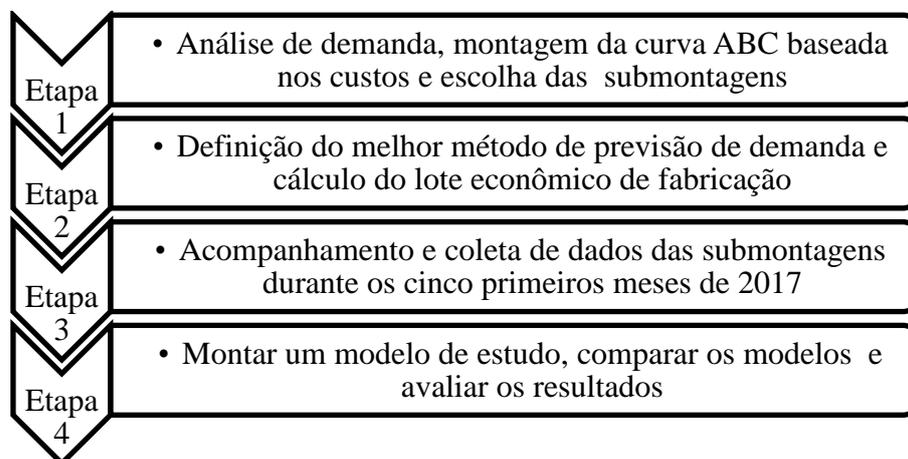
Fonte: Inova (2017)

Desta maneira, os analistas de PCP enfrentam algumas dificuldades tais como, a falta de material para ordens de produção muito grandes. Quando o produto tem um giro alto, na casa das 1.000 peças/mês, os analistas costumam fazer ordens grandes de produção para que as placas atendam a toda a família de produtos, e como não se tem a informação correta de quanto produzir, às vezes é preciso fracionar esta quantidade da ordem e colocar em vários dias seguidos, gerando vários setups de máquina, aumentando assim os custos. Outro problema encontrado é quando o Comercial vende uma quantidade pequena de um item, ou um item de giro muito baixo, e não se tem a certeza de que o valor gerado para a empresa vai ao menos cobrir os gastos com a fabricação deste item.

3.3 ETAPAS DO TRABALHO

Com a finalidade de alcançar os objetivos propostos, o geral e os específicos, foram definidas quatro etapas mostradas na Figura 18:

Figura 18- Etapas do trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

3.3.1 Análise de demanda e escolha dos produtos

Esta primeira etapa do trabalho consistiu em utilizar os relatórios de curva ABC gerados pelo sistema de gestão da Inova, para auxiliar na determinação de quais as submontagens que foram alvo deste estudo.

Estas informações foram cedidas pelos setores de PCP e Comercial da empresa, os quais são responsáveis por essa parte de administrar a demanda do mercado por produtos da Inova. O próximo passo foi escolher dentre as técnicas de previsão de demanda referenciadas no Capítulo 2 e aplicar às submontagens escolhidas, simulando um cenário de demanda, com base nos últimos 12 meses.

3.3.2 Coleta de dados

A segunda etapa deste trabalho consistiu na coleta de dados das submontagens escolhidas para serem alvo do estudo, a fim de dar continuidade no trabalho. Conforme mostrado no Capítulo 2, para que o cálculo de lote econômico seja possível, alguns dados são necessários, tais como:

- a) Demanda do produto, que estará disponível após o item 3.3.1.
- b) *Cycle time*, tempo de produção do item.
- c) Custos de fabricação.
- d) Custos de preparação de máquina.
- e) Taxa de juros para simular investimento.
- f) Taxa de produção/ utilização.

Estes dados referentes ao *cycle time*, foram coletados com os setores de produção, toda parte de programação das máquinas fica na própria produção. O método de previsão de demanda foi obtido no item 4.4 do Capítulo 4. Os custos de fabricação, de preparação de máquinas, a taxa de utilização e produção foram obtidos conforme apresentado no item 4.4 do Capítulo 4. O setor de controladoria cedeu as informações sobre custo/minuto do setor de *SMT*.

3.3.3 Cálculo do lote econômico de fabricação

Nesta etapa do trabalho, um dos modelos referenciados no Capítulo 2 foi escolhido para aplicação na Inova. Como foi mostrado no capítulo acima citado, existem diferentes modelos de cálculo de lote econômico de fabricação, que consideram diferentes tipos de custos. Com base nos dados coletados no item 3.3.2, foi escolhido o modelo que melhor se enquadra na realidade da Inova.

4 APLICAÇÃO DA PROPOSTA E RESULTADOS

Este capítulo apresenta a aplicação das etapas propostas no capítulo 3 e os resultados obtidos.

4.1 ANÁLISE DA CURVA ABC DE VENDAS

A finalidade deste trabalho é propor a análise de modelos de previsão de demanda e do lote econômico de produção, em um setor de uma empresa de eletrônicos, para desta forma, propor um modelo mais assertivo de programação para o setor de *SMT*. Para que isso seja possível, o primeiro passo foi analisar a curva ABC de vendas no período de 01/01/2016 até 31/12/2016 e separar os itens vendáveis que representam 80% do faturamento durante este período. A Figura 19 mostra um trecho da curva ABC de vendas que foi gerada pelo setor de Comercial:

Figura 19- Trecho da curva ABC de vendas

INOVA SISTEMAS ELETRONICOS LTDA		CURVA ABC DE VENDAS - PRODUTO	Data: 24/01/17	Folha 1
INOVA		Período: 01/01/16 a 31/12/16		
Produto	Descricao		Valor Total	Perc.
03097	CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA INV-200 20011/J		1.235.490,19	5,00
03070	PAINEL ELETRONICO DE MENSAGENS IT 13X128-13C B12 DB/1 SMD -		873.226,38	3,53
03534	CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA INV-200 20010-10/J (33599		853.184,30	3,45
02902	PAINEL ELETRONICO DE MENSAGENS IT 13X96-13C B12DB/1 SMD - PA		713.640,75	2,88
02025	CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA INV-124 12401(27467)		637.374,76	2,57
03764	ACIONADOR ELETRONICO INV-126 126302 (107.0238)R3UNI C/LUM PR		618.421,55	2,50
03366	ACIONADOR ELETRONICO INV-136 13602-FCM 2HP (3498) ()		618.390,00	2,50
02526	PAINEL ELETRONICO DE MENSAGENS IT 13X128-13 AM12 EB SMD (022		526.298,06	2,12
02733	CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA INV-200 20003/J (20003)		423.143,35	1,71
03492	ACIONADOR ELETRONICO INV-140 14003 (4265)		416.734,50	1,68
8548	ASSISTENCIA TECNICA		408.085,95	1,65
03259	PAINEL ELETRONICO DE MENSAGENS IT 13X128-13 B12 EB SMD		403.721,16	1,63
02410	CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA INV-54 54101		402.391,78	1,62
02943	CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA INV-200 20301/J		369.190,23	1,49
03714	ACIONADOR ELETRONICO INV-155 15501 FH 6.0 (700.0394) ()		363.310,00	1,47
00432	CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA INV-17 1713/J		353.358,81	1,43
02735	CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA INV-200 20004/J (206170)		342.926,04	1,38
02791	CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA INV-200 20002/J		323.904,85	1,31
02553	CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA INV-58 5823-01/SS/J (5823		318.725,00	1,28
03919	PAINEL ELETRONICO DE MENSAGENS IT 13X144-13C B12 DB/1 SMD PA		312.246,77	1,26

Fonte: Inova (2017)

O próximo passo para a sequência do presente trabalho, foi abrir todas as estruturas referentes a estes itens selecionados, através do sistema de gestão da empresa e verificar o consumo das respectivas submontagens de cada um dos itens vendáveis do relatório.

4.1.1 Consumo das Submontagens

A empresa trabalha com submontagens no setor de *SMT*, nas máquinas as placas são montadas e deixadas em um estoque para que, quando entrar um pedido, o setor de montagem manual utilize estas placas de submontagens para fabricar o produto vendável diminuindo assim o *lead time*.

A Figura 20 mostra duas estruturas dos produtos e a quantidade de submontagens que compõem o produto vendável.

Figura 20- Estrutura de submontagens

Código do Item	Sub montagem	Descrição do Item	Unid
03097		CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA INV-200 20011/J	
	D	PLACA PRONTA INV-20004/J M4 PL3 INFERIOR	1
	A	PLACA PRONTA PCI INV-20011/J M4 PL1	1
	E	PLACA PRONTA PCI INV-20011/J M4 PL2	1
03070		PAINEL ELETRONICO DE MENSAGENS IT 13X128-13C B12 DB/1 SMD -	
	X	PLACA DE LED PRONTA INV-71M13-1 B12	1
	Y	PLACA DE LED PRONTA INV-71M13-4 B12	1
	Z	PLACA DE LED PRONTA INV-71M12-2 B12	1
	N	PLACA PRONTA MASTER INV-74M10 R.3	1
	M	PLACA PRONTA FONTE INV-73M10	1
	O	PLACA PRONTA FONTE INV-73M10 PL2	3
	P	PLACA PRONTA INV-113M10-1 R.5	1

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

A etapa seguinte consiste em utilizar o relatório de ressuprimento do sistema para visualizar o consumo mensal de cada uma das submontagens e colocar as informações na planilha do *Microsoft Excel*. A Figura 21 mostra o consumo mensal de uma das submontagens estudadas:

Figura 21- Analise de ressuprimento

Código do Item	Submontagem	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
03097	D	594	443	796	552	715	750	653	958	703	643	701	434
	A	594	443	796	552	715	750	653	958	703	643	701	434
	E	594	443	796	552	715	750	653	958	703	643	701	434

Fonte: Inova (2017)

O próximo passo do trabalho foi utilizar o recurso tabela dinâmica para uma melhor visualização do consumo total mensal de cada uma das submontagens referentes aos 80% da curva ABC de vendas, conforme mostra a Figura 22:

Figura 22- Tabela dinâmica da *Bill Of Materials*.

Submontagem	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
A	3023	1868	3167	2782	3313	3706	3317	3292	3598	3953	3911	2507	38437
B	0	1818	1170	1850	1292	1000	1072	1235	1750	1500	1139	971	14797
C	455	1050	1195	600	500	644	526	764	1670	274	180	453	8311
D	2399	971	2034	1821	1848	2607	2118	1880	1925	2171	2246	1435	23455
E	3254	2064	3553	3017	3564	4040	3568	3620	3796	4143	4294	2632	41545
F	48	520	1282	600	400	400	396	504	1600	0	0	550	6300
G	730	993	1114	1036	1487	1172	1316	1499	1605	1780	1841	1040	15613
H	280	271	175	375	362	536	371	754	366	898	470	411	5269
I	0	628	242	650	294	450	347	483	500	394	448	318	4754
J	0	0	14	728	195	490	658	468	302	390	524	96	3865
K	0	100	0	138	807	100	344	429	1070	100	320	365	3773
L	0	370	243	400	293	300	278	394	300	449	350	286	3663
M	158	335	227	510	358	395	1100	689	348	351	532	336	5339

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

4.1.2 Custos de material e custos de máquinas

Com os dados da tabela dinâmica da *Bill Of Materials*¹⁵, foram verificados os custos de material para cada uma das submontagens listadas, no sistema de gestão da empresa. Os custos de máquina foram definidos em conjunto com a Controladoria da empresa. Foram utilizados o custo minuto do setor de *SMT*, que é R\$ 1,70, o custo de matéria-prima, o custo de *setup* e o *cycle time* das submontagens. Com estes dados, foram multiplicados a quantidade de montagens anuais pelo somatório dos custos, para cada uma das submontagens. Para que, na sequência, pudesse ser feito mais um filtro, uma classificação dos itens de submontagem em relação ao percentual de participação nos custos totais.

O Quadro 1 mostra esta etapa explicada acima, separando em custo de material, o que é gasto com matéria prima, custo de máquina, quanto custa uma passagem pela máquina de montagem, o custo de um *setup* da mesma, a soma dos custos, o total produzido multiplicado pelo custo total e o percentual de contribuição da submontagem nos custos totais:

¹⁵*Bill of Materials*: Lista de materiais.

Quadro 1- Exemplo de custos de máquina

Sub montagem	Custo material	Custo de máquina	Setup	Soma de custos	Total x Custo	%
A	R\$ 8,28	R\$ 0,37	R\$ 34,00	R\$ 42,65	R\$ 1.639.491,80	11,81%
B	R\$ 17,39	R\$ 0,87	R\$ 47,60	R\$ 65,86	R\$ 974.486,03	7,02%
C	R\$ 38,49	R\$ 0,73	R\$ 49,30	R\$ 88,52	R\$ 735.698,03	5,30%
D	R\$ 10,96	R\$ 0,20	R\$ 17,00	R\$ 28,16	R\$ 660.586,62	4,76%

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

4.1.3 A Escolha das Submontagens

Com o percentual de contribuição de cada submontagem nos custos totais, obtido no Quadro 1 mostrado anteriormente, foram selecionadas as submontagens que, juntas representam mais do que 50% dos custos totais. Na Figura 23, estão listadas as submontagens que foram escolhidas como alvo do estudo:

Figura 23- Lista das submontagens escolhidas para o estudo

Submontagem	Total x Custo	%
A	R\$ 1.639.491,80	11,81%
B	R\$ 974.486,03	7,02%
C	R\$ 735.698,03	5,30%
D	R\$ 660.586,62	4,76%
E	R\$ 634.018,25	4,57%
F	R\$ 456.586,20	3,29%
G	R\$ 424.689,21	3,06%
H	R\$ 338.475,29	2,44%
I	R\$ 286.827,84	2,07%
J	R\$ 281.186,48	2,03%
K	R\$ 237.027,41	1,71%
L	R\$ 232.534,57	1,68%
M	R\$ 231.461,67	1,67%

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

4.2 APLICAÇÃO, OTIMIZAÇÃO DOS MODELOS DE PREVISÃO E CÁLCULO DOS ERROS

Para esta etapa do trabalho foi utilizado o *software Microsoft Excel* para aplicação dos métodos da média móvel simples, média móvel ponderada, amortização exponencial simples e modelo de *Holt*. A análise da demanda foi feita de janeiro até dezembro de 2016, a

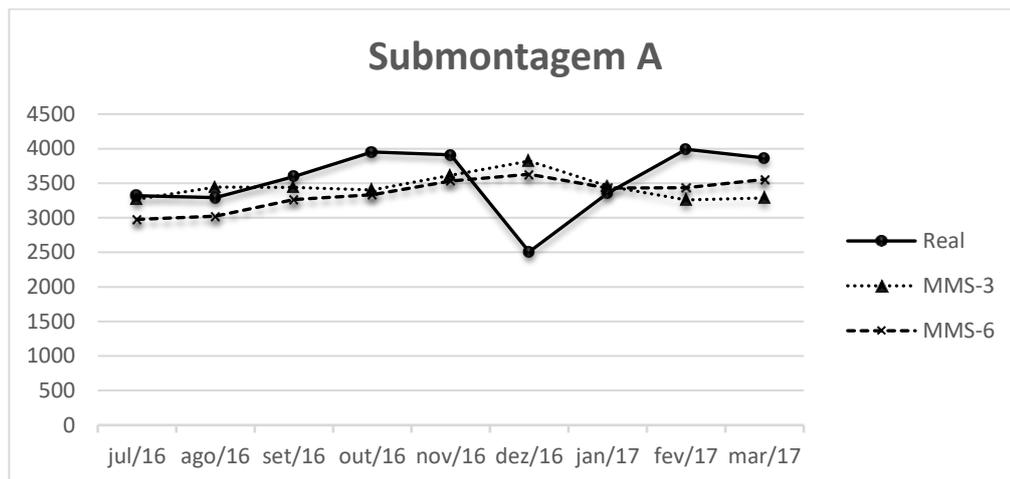
validação dos modelos foi feita de julho de 2016 até dezembro de 2016 e posteriormente o modelo escolhido como mais assertivo foi aplicado de janeiro até maio de 2017. No presente item, serão mostrados as aplicações e os resultados de cada método, bem como a escolha do método mais assertivo para a empresa com base nos indicadores de erros de previsão.

4.2.1 Média Móvel Simples

A aplicação da média móvel simples (MMS) foi realizada de acordo com a Equação 1 do referencial teórico. Para este método foram utilizados períodos de 3 e 6 meses.

O Gráfico 1 apresenta os resultados da aplicação da média móvel simples para a submontagem de código A, com base na equação apresentada no Capítulo 2 deste trabalho.

Gráfico 1 - Média Móvel Simples para submontagem A



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

É possível identificar por meio do Gráfico 1 que a média móvel simples, com o passar do tempo, busca linearidade. Desta forma, as respostas aos picos de demanda são afetadas, como pode ser constatado observando o mês de dezembro de 2016, onde ocorreu uma queda brusca na demanda pela submontagem A.

Os gráficos das demais submontagens para média móvel simples podem ser encontrados no Apêndice A.

Os erros das médias móveis simples, das submontagens, calculados para períodos de três e de seis meses, utilizando as Equações 6 e 7 do referencial teórico, são apresentados no Quadro 2:

Quadro 2 - Erros de previsão da Média Móvel Simples

Sub montagens	MMS-3	MMS-6	MAD
A	13,53%	13,55%	437
B	25,02%	14,08%	178
C	90,58%	77,33%	304
D	16,65%	15,74%	328
E	13,15%	14,13%	470
F	49,02%	48,50%	309
G	25,75%	30,00%	333
H	54,31%	46,33%	180
I	39,85%	34,31%	79
J	63,71%	64,90%	224
K	127,66%	148,19%	239
L	26,16%	14,61%	56
M	47,21%	49,25%	329

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Conforme resultados apresentados pelo Quadro 2, utilizando a média móvel simples de 3 ou 6 meses, o comportamento da previsão é muito parecido, como pode-se notar observando a submontagem A, D, F e M. Em contrapartida, algumas submontagens apresentam respostas mais satisfatórias utilizando o método com 6 meses, como é o caso da submontagem B, C, H e L.

4.2.2 Média Móvel Ponderada

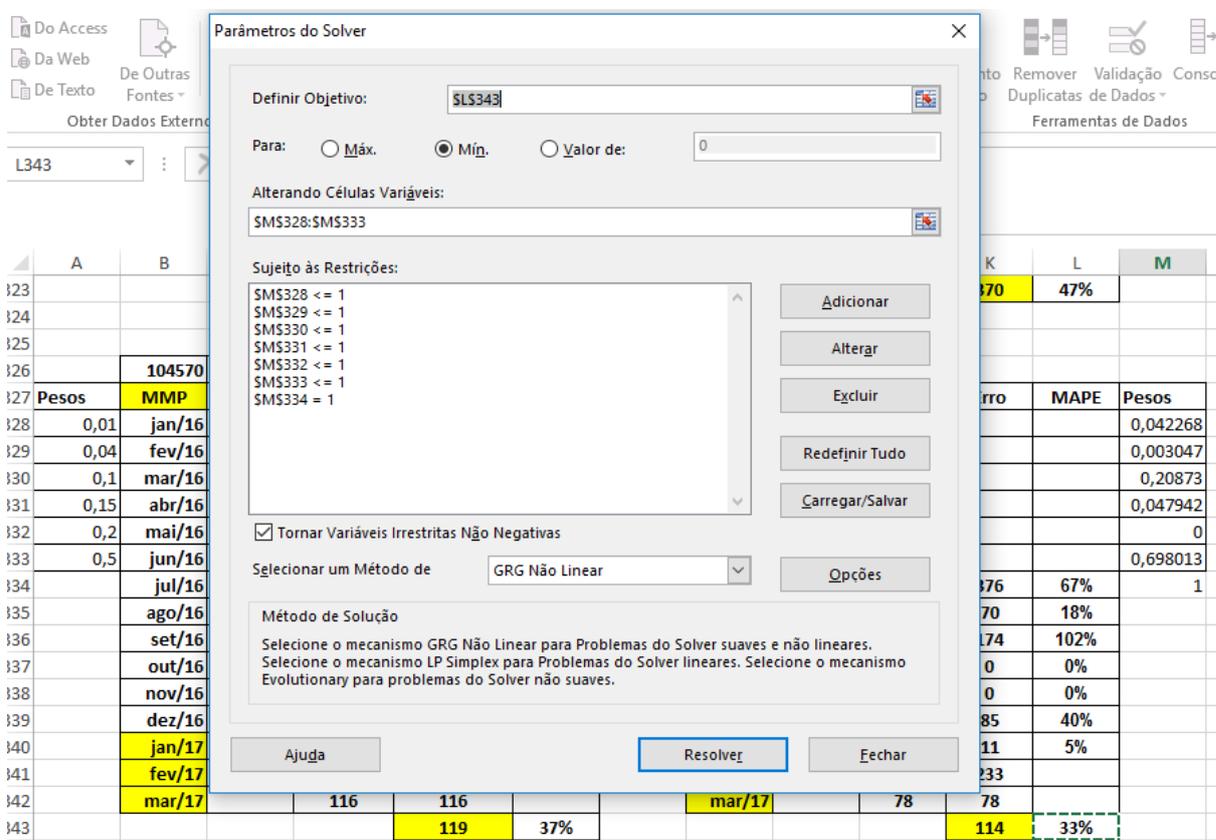
Para a média móvel ponderada (MMP) foram utilizados como base a média móvel de 6 períodos, com pesos de ponderação. A escolha deste modelo é devido a tentativa de mostrar a influência do último semestre na futura previsão.

Para aplicação do método utilizou-se a Equação 2 do referencial teórico. Este método necessita que sejam definidos pesos de ponderação para cada mês, os mesmos podem ser definidos através de tentativas ou definidos pela empresa.

De modo a minimizar os erros de previsão, utilizou-se a ferramenta *Solver* do *Microsoft Excel*, por meio desta ferramenta é possível obter valores ótimos para os pesos de ponderação, encontrando o menor valor de erro possível, atendendo algumas restrições.

A Figura 24 apresenta a ferramenta *solver*¹⁶, onde é possível definir as restrições, a célula objetivo, e se deseja maximizar ou minimizar o valor da célula objetivo, com esta otimização, o trabalho visa a minimização do erro quadrático das previsões. É possível notar que para o modelo da MMPO, foi utilizado a célula do MAPE como célula objetivo, com o intuito de minimizá-la, as células variáveis foram definidas como as que continham os pesos ponderados do método e como restrições, foram definidos que as células tinham que conter valores menores ou iguais a um e que o somatório das mesmas tinha que ser igual a um.

Figura 24- Ferramenta *Solver*



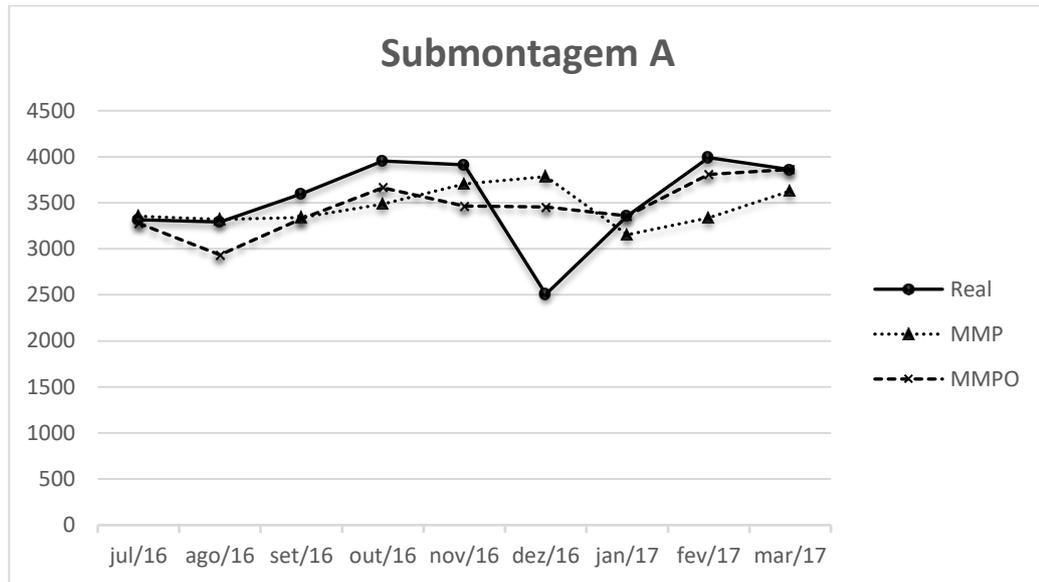
Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

O Gráfico 2 apresenta a aplicação do método da média móvel ponderada e da média móvel ponderada otimizada (MMPO) para a submontagem A.

Os gráficos das demais submontagens para média móvel ponderada podem ser vistos no Apêndice B, com as comparações entre o modelo arbitrado e o modelo otimizado, assim como é exemplificado para submontagem A.

¹⁶*Solver*: é uma ferramenta do *Microsoft Excel* que encontra valores ótimos para variáveis que sofrem influência de restrições, valores estes, que podem ser maximizados, minimizados ou algum valor específico.

Gráfico 2 - Média Móvel Ponderada para submontagem A



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Para a montagem do modelo de média móvel ponderada (MMP) foram arbitrados valores dos pesos, do P1 até o P6, estes são mostrados no Quadro 3. É possível notar a resposta um pouco mais lenta à mudança na curva de previsão de demanda com os pesos arbitrados, como pode ser visto nos meses de agosto, dezembro de 2016 e especialmente no mês de fevereiro de 2017. Com a otimização dos pesos ponderados utilizando a ferramenta *solver*, a curva se aproxima da curva realizada, respondendo de melhor forma as oscilações de demanda, como é visto nos meses de outubro de 2016, janeiro, fevereiro e março de 2017.

O Quadro 3 apresenta os valores dos pesos ponderados, do MAPE e do MAD da média móvel ponderada antes e depois da otimização dos pesos, para a submontagem A.

Quadro 3 - Erros de previsão da Média Móvel Ponderada para submontagem A

Item	Métodos	P1	P2	P3	P4	P5	P6	MAPE	MAD
A	MMP	0,010	0,040	0,100	0,150	0,200	0,500	11,75%	374
	MMPO	0,000	0,000	0,714	0,048	0,000	0,238	8,96%	281

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Analisando o Quadro 3, é possível notar melhoras significativas tanto no MAD quando no MAPE da submontagem A, após os pesos do modelo passarem pela otimização do *solver*. O Quadro 4 apresenta um comparativo dos erros de previsão da Média Móvel Ponderada com pesos arbitrados e com pesos passando pela otimização do *Solver*:

Quadro 4 - Erros de previsão da Média Móvel Ponderada

Métodos	MMP	MMPO	MAD
A	11,75%	8,96%	281
B	13,35%	9,77%	125
C	85,84%	74,93%	326
D	15,68%	11,84%	246
E	13,03%	9,80%	335
F	54,78%	33,16%	287
G	27,56%	25,38%	309
H	74,47%	50,05%	178
I	35,45%	33,87%	72
J	76,25%	73,41%	210
K	142,08%	111,11%	238
L	19,52%	10,92%	45
M	57,04%	38,06%	267

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Conforme apresentado pelo Quadro 4, é possível observar que em todas as submontagens há uma melhora significativa na utilização do método da média móvel ponderada com pesos otimizados pelo *solver*, em destaque as submontagem C, F, H e M. O Quadro 5 apresenta os pesos ponderados otimizados pelo *Solver*.

Quadro 5 - Pesos otimizados pelo *solver*

Item	Métodos	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ARBITRADOS	MMP	0,010	0,040	0,100	0,150	0,200	0,500
A	MMPO	0,000	0,000	0,714	0,048	0,000	0,238
B		0,261	0,386	0,102	0,000	0,000	0,250
C		0,008	0,262	0,150	0,482	0,000	0,098
D		0,077	0,126	0,366	0,072	0,000	0,358
E		0,000	0,003	0,932	0,013	0,000	0,052
F		0,072	0,118	0,007	0,294	0,228	0,281
G		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
H		0,467	0,000	0,294	0,000	0,007	0,233
I		0,032	0,321	0,082	0,000	0,407	0,158
J		0,000	0,000	0,000	0,344	0,184	0,473
K		0,130	0,000	0,198	0,455	0,217	0,000
L		0,292	0,166	0,000	0,541	0,000	0,000
M		0,645	0,009	0,247	0,000	0,099	0,000

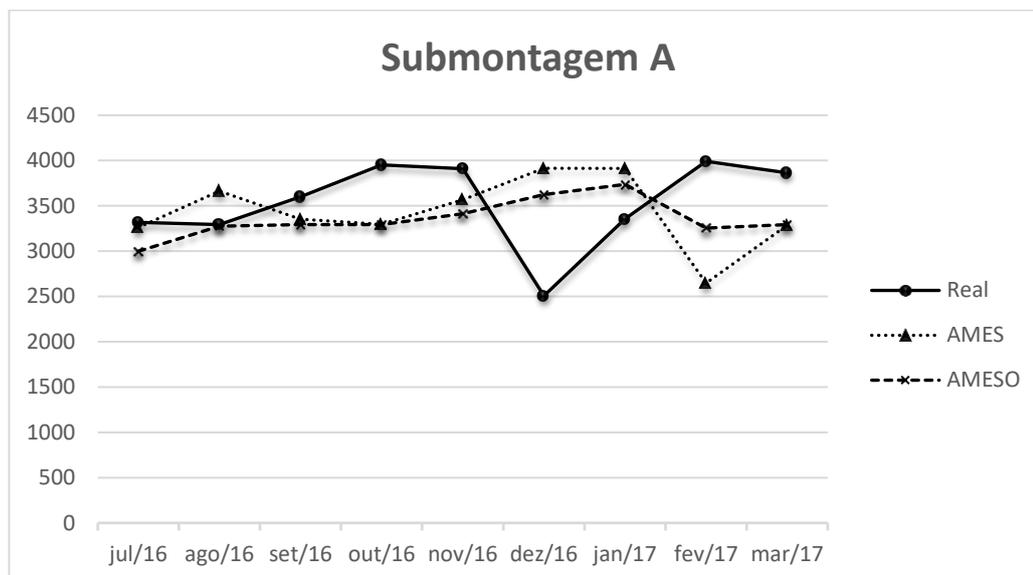
Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

4.2.3 Amortecimento Exponencial Simples

Conforme mostrado no Capítulo 2, o método de amortecimento Exponencial Simples utiliza uma constante de amortecimento, *alfa*, que serve para ajustar a previsão às oscilações de demanda, uma vez que o método utiliza a previsão do período anterior em conjunto com esta constante de amortecimento para realizar a previsão do próximo período. Seguindo a mesma linha de raciocínio do método da média móvel ponderada, também foi utilizado o *Solver* para minimizar os valores de erros de previsão.

O Gráfico 3 apresenta a aplicação do método do Amortecimento Exponencial Simples (AMES) e da otimização do mesmo (AMESO).

Gráfico 3 - Amortecimento Exponencial Simples para submontagem A



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

É possível observar no Gráfico 3 a suavização das curvas de previsão em relação a curva real, buscando linearidade com o passar do tempo. Com esta suavização, as respostas às oscilações de demanda são prejudicadas, vide o mês de dezembro de 2016, o mesmo apresenta uma queda na demanda pela submontagem A e a previsão não consegue acompanhar este declínio. E o mesmo ocorre com o pico de demanda, pode-se observar este fato olhando para o mês de fevereiro de 2017, o mesmo apresenta um consumo maior do que vinha tendo nos últimos meses e na previsão é tardia na resposta à oscilação.

O Quadro 6 apresenta os erros de previsão do método de Amortização Exponencial Simples para submontagem A.

Quadro 6 - Erros de previsão para Amortização Exponencial Simples para Submontagem A.

Item	Métodos	Alfa	MAPE	MAD
A	AMES	0,900	15,45%	443
	AMESO	0,392	12,48%	393

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

É possível ver no Quadro 7, um comparativo entre os erros do modelo de Amortização Exponencial Simples com *alfa* arbitrado e otimizado pelo *solver*.

Quadro 7 - Comparativo de erros de previsão Amortização Exponencial Simples

Submontagens	AMES	AMESO
A	15,45%	12,48%
B	21,79%	18,09%
C	76,65%	40,85%
D	18,54%	14,24%
E	16,53%	13,47%
F	59,06%	42,53%
G	24,68%	23,42%
H	64,73%	50,45%
I	57,72%	39,24%
J	77,25%	72,04%
K	184,43%	70,12%
L	25,17%	18,95%
M	60,72%	37,90%

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Assim como no método anteriormente apresentado, para a Amortização Exponencial Simples também foi arbitrado *alfa*, neste caso, 0,900 para todas as submontagens e posteriormente este *alfa* foi otimizado com ajuda do *solver* para obter um valor ótimo. Este *alfa* arbitrado teve o valor tão próximo de 1 para observar a ação da otimização do *solver*, se realmente a constante cai para valores próximos de 0,300 que constam como valores altos na literatura.

O Quadro 8 apresenta os *alfas* otimizados pelo *solver* e que foram aplicados nos cálculos do método. Os demais gráficos das submontagens, com as comparações feitas com a submontagem A, podem ser vistos no Apêndice C.

Quadro 8 - Alfas Otimizados

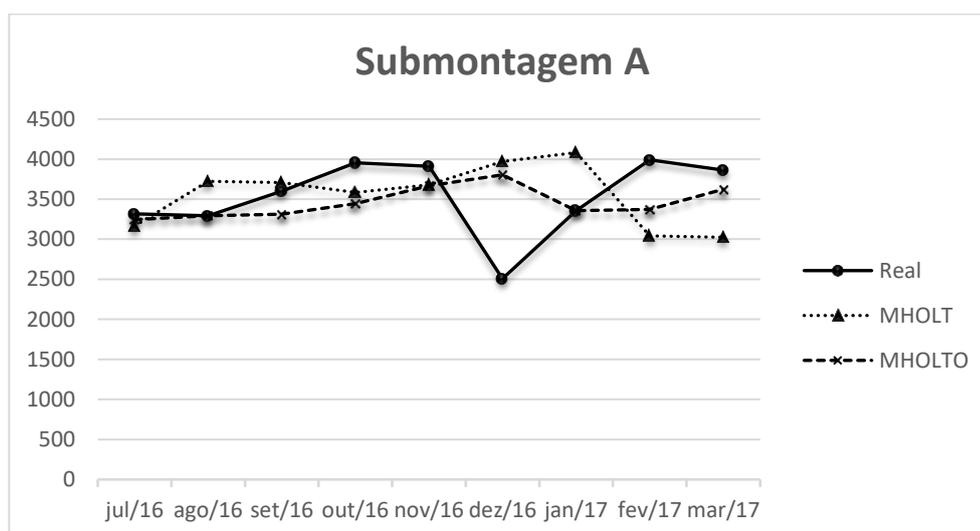
Sub montagens	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Alfa	0,392	0,644	0,002	0,256	0,395	0,189	1	0	0,385	0,05	0,036	0,500	0,091

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

4.2.4 Modelo de Holt

De acordo com o que foi mostrado no Capítulo 2, o modelo de *Holt* busca suavizar a influência da tendência na previsão. O acréscimo desta constante de suavização visa reduzir o impacto nos erros de previsão. O Gráfico 4 apresenta o resultado do modelo de *Holt* com as constantes arbitradas (MHOLT) e otimizadas pelo *Solver* (MHOLTO).

Gráfico 4 - Modelo de *Holt* para submontagem A



Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Conforme mencionado acima, o modelo busca suavizar a influência da tendência na previsão de demanda. Analisando a curva do consumo real é possível notar que a submontagem A não apresenta tendência e analisando as curvas do modelo de *holt* é possível notar que o modelo otimizado apresenta uma resposta melhor as oscilações de demanda, como pode ser visto nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2017.

A comparação dos erros de previsão entre os modelos arbitrado e otimizado são apresentados pelo Quadro 9, onde são mostrados o *Alfa* e o *Beta* utilizados nos modelos, além do valor do MAD e do MAPE para a submontagem A.

Quadro 9 - Comparativo modelo de *Holt* para submontagem A

Item	Métodos	Alfa	Beta	MAPE	MAD
A	MHOLT	0,500	0,500	16,01%	556
	MHOLTO	0,357	0,075	12,17%	451

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Para a aplicação do modelo de *Holt* foram arbitrados *alfa* e *beta* com valores de 0,5. Após isso, o *solver* realizou a otimização das constantes. O Quadro 10 apresenta os erros de previsão com as duas variações dos métodos, com suas respectivas constantes:

Quadro 10 - Comparativo de erros de previsão entre modelo de *Holt* arbitrado e otimizado

Item	Métodos	Alfa	Beta	MAPE	MAD
B	MHOLT	0,500	0,500	29,92%	463
	MHOLTO	0,644	0,000	18,09%	351
C	MHOLT	0,900	0,500	94,00%	433
	MHOLTO	0,000	0,000	40,57%	294
D	MHOLT	0,500	0,500	21,28%	509
	MHOLTO	0,018	1,000	18,79%	473
E	MHOLT	0,500	0,500	16,46%	616
	MHOLTO	0,323	0,221	12,44%	484
F	MHOLT	0,500	0,500	73,28%	515
	MHOLTO	0,580	0,059	57,30%	427
G	MHOLT	0,500	0,500	25,46%	285
	MHOLTO	0,110	0,000	32,72%	408
H	MHOLT	0,500	0,900	59,51%	230
	MHOLTO	0,844	0,000	53,14%	205
I	MHOLT	0,800	0,500	66,57%	213
	MHOLTO	0,750	0,000	51,93%	174
J	MHOLT	0,500	0,500	84,81%	243
	MHOLTO	0,368	1,000	80,66%	248
K	MHOLT	0,500	0,500	162,10%	275
	MHOLTO	0,267	1,000	149,26%	280
L	MHOLT	0,500	0,500	27,15%	110
	MHOLTO	0,310	0,000	22,81%	101
M	MHOLT	0,900	0,500	83,45%	414
	MHOLTO	0,091	0,000	37,90%	260

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Os gráficos da submontagens de B até M, onde são feitas as comparações entre os modelos de *holt* e *holt* otimizado, da mesma maneira que fora mostrado na submontagem A, são apresentados no Apêndice D.

4.3 SELEÇÃO DO MÉTODO DE PREVISÃO

Após todos os modelos aplicados e monitorados durante os três primeiros meses de 2017 e com todos os erros de previsão tabulados, o método que melhor se encaixa no cenário da Inova foi escolhido com base nestes indicadores de assertividade. A Figura 25 apresenta um panorama geral de todos os métodos e seus respectivos erros.

Figura 25- Panorama Geral dos métodos de previsão

Itens	MMS-3	MMS-6	MMP	MMPO	AMES	AMESO	MHOLT	MHOLTO
A	13,53%	13,55%	11,75%	8,96%	15,45%	12,48%	16,01%	12,17%
B	25,02%	14,08%	13,35%	9,77%	21,79%	18,09%	29,92%	18,09%
C	90,58%	77,33%	85,84%	74,93%	76,65%	40,85%	94,00%	40,57%
D	16,65%	15,74%	15,68%	11,84%	18,54%	14,24%	21,28%	18,79%
E	13,15%	14,13%	13,03%	9,80%	16,53%	13,47%	16,46%	12,44%
F	49,02%	48,50%	54,78%	33,16%	59,06%	42,53%	73,28%	57,30%
G	25,75%	30,00%	27,56%	25,38%	24,68%	23,42%	25,46%	32,72%
H	54,31%	46,33%	74,47%	50,05%	64,73%	50,45%	59,51%	53,14%
I	39,85%	34,31%	35,45%	33,87%	57,72%	39,24%	66,57%	51,93%
J	63,71%	64,90%	76,25%	73,41%	77,25%	72,04%	84,81%	80,66%
K	127,66%	148,19%	142,08%	111,11%	184,43%	70,12%	162,10%	149,26%
L	26,16%	14,61%	19,52%	10,92%	25,17%	18,95%	27,15%	22,81%
M	47,21%	49,25%	57,04%	38,06%	60,72%	37,90%	83,45%	37,90%

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Os menores percentuais de erros de cada método foram destacados e é possível perceber que o método de Média Móvel Ponderada Otimizada pelo *Solver* apresenta os melhores resultados na grande maioria dos itens estudados, e nos casos que não são os melhores, a MMPO fica bem próxima do melhor resultado obtido como acontece com a submontagens G e M, exceto com a submontagem C, que apresentou um percentual de erro de 74,93% com a MMPO e que apresentaria um resultado mais satisfatório se fosse utilizado modelo de *Holt* otimizado, com um declínio no percentual de erro de aproximadamente 34%. Já com a submontagem K, o melhor resultado seria alcançado com utilização da Amortização Exponencial Simples Otimizado, obtendo uma diminuição de percentual de erros de 111,11% com a MMPO para 70,12% com a AMESO, mas considerando um panorama geral, justifica-se a sua escolha da MMPO para o seguimento do trabalho.

4.4 LOTE ECONÔMICO DE FABRICAÇÃO

Para o cálculo do lote econômico de fabricação foram analisados os modelos apresentados no Capítulo 2, avaliando quais informações seriam possíveis de encontrar na realidade da Inova e foi concluído que a Equação 26 do referencial teórico era a mais adequada. Para que fosse possível a aplicação desta equação, a variável (D) foi entendida como somatório da demanda anual de 2016, o custo de *setup* da máquina de inserção foi adotado como o custo de preparação de máquina (Cprep). Após isso, foi calculado o custo de fabricação (Cf), sendo o somatório do custo de material mais o custo de fabricação da submontagem, também foi adotado valor da taxa Selic acumulado do ano de 2016 para os juros (J) do período. A taxa de utilização (u) foi adotada como a quantidade consumida da submontagem em questão durante o ano de 2016 e para a taxa de produção (p), foi necessário fazer uma estimativa de capacidade produtiva anual do item.

Esta estimativa foi realizada tomando como cenário que a empresa montasse durante todo o ano o mesmo item. Para isso, foram divididos o tempo disponível em um dia de trabalho, 600 minutos, pelo tempo de montagem de uma placa individual, chegando em um número de peças por dia, logo em seguida, este número de peças foi multiplicado por 22 dias trabalhados, obtendo assim, um número de peças produzidas por mês. A próxima etapa desta estimativa foi multiplicar o número de peças produzidas por mês pelos 12 meses, chegando ao número estimado de peças produzidas durante um ano. Com a estimativa pronta, todas as variáveis da equação foram preenchidas e o passo seguinte foi aplicar e realizar o cálculo do lote econômico de fabricação. O Quadro 11 mostra como a Equação 26 foi implementada e calculada utilizando o *software Microsoft Excel*:

Quadro 11 - Cálculo do LEF

Submontagem A		
38437	Unidades em 2016 (D), (u)	
0,2	Min/peça	
600	Mins/dia disponíveis	
3.000	Peças/dia	
66.000	Peças/mês	
792.000	Peças/ano (p)	
Cprep	Cf	J
R\$ 34,00	R\$ 8,65	14,18%
LEF		
1496	Unidades	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Após concluídas as etapas mencionadas acima, chegou-se ao valor do Lote Econômico de Produção (LEF) apresentado no fim do Quadro 11.

O Quadro 12 mostra os valores de LEF, mencionados acima, para todas as submontagens alvo do estudo:

Quadro 12 - Lote Econômico de Fabricação

Submontagens	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
LEF	1.496	756	388	716	873	343	610	327	463	339	380	394	390

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Os valores apresentados pelo Quadro 12 são as quantidades mínimas de cada uma destas submontagens que a empresa deveria produzir para cobrir, ao menos, os custos com matéria prima, os custos com *setup* de linha de produção e de montagem de uma placa na máquina de inserção de componentes.

4.5 COMPARAÇÃO ENTRE MODELO ATUAL E MODELO DE ESTUDO

O presente item do Capítulo 4 apresenta o modelo atual de programação de PCP, que utiliza como método de previsão a Média Móvel Simples da demanda dos últimos 12 meses e uma política de estoque de segurança flutuante, variando conforme a Média Móvel Simples de consumo dos últimos 12 meses. Este modelo foi comparado com o modelo de estudo proposto pela Média Móvel Ponderada Otimizado, modelo que obteve o melhor resultado conforme mostrado no item 4.3 do presente capítulo, além disso, sugere-se a mudança da política de estoque de segurança, fixando o valor do mesmo, além de considerar a questão do Lote Econômico de Fabricação.

O Quadro 13 apresenta esta comparação para a submontagem A, analisando o comportamento da mesma durante os cinco primeiros meses de 2017. O modelo atual funciona da seguinte maneira: no campo do quadro escrito, Programado (MS-12m), apresenta o resultado da média simples dos últimos 12 meses, o Estoque Intermediário, é a diferença da soma do Programado mais o Estoque de Segurança do mês anterior, menos a Demanda do Mercado. O Estoque de Segurança (MS-12m) é dado como a Média Móvel Simples dos últimos 12 meses, ou seja, 1 mês de estoque.

Neste modelo, se o Estoque Intermediário é menor do que o Estoque de Segurança (MS-12m), é feita a Reprogramação com esta diferença entre estoques.

No modelo de estudo, o Programado (MMPO), passa por uma série de testes antes que o seu valor seja definido. O primeiro condicional que é feito: se o Estoque Final for 50% maior do que o Estoque Médio Anual, que está com o valor fixado, não é programado nada no mês, e a demanda é atendida pelo Estoque Final

Caso esta condição não seja atendida, o segundo comparativo feito é com o Lote Econômico de Fabricação. O valor da diferença entre o Estoque Médio Anual e o Estoque Final é acrescido ao valor da previsão proposto pela MMPO, após isso, o valor deste somatório é comparado com o LEF, se o MMPO for maior ou igual ao valor de LEF, este valor de MMPO deve ser programado para fábrica, caso contrário, o valor do LEF é que será programado.

Quadro 13 - Comparação entre modelos

Submontagem A			jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17
Demanda do Mercado			3.356	3.991	3.862	3.680	4.402
Modelo Atual	Estoque Seg (dez/2016)	Programado (MS -12m)	3.203	3.231	3.408	3.466	3.541
		Estoque Intermediário	3.050	2.443	2.777	3.193	2.604
	3.203	Reprogramado	153	788	631	272	936
		Estoque SEG (MS-12m)	3.203	3.231	3.408	3.466	3.541
Modelo Estudo	Lote Econômico de Fabricação	Programado (MMPO)	3.356	3.809	4.044	2.870	4.274
	1.496	Estoque Intermediário	3.203	3.021	3.203	2.393	2.265
	Estoque Médio Anual	Reprogramar	0	0	0	0	0
	3.203	Estoque Final	3.203	3.021	3.203	2.393	2.265

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Para ilustrar de uma forma mais clara como foram feitos os testes para saber qual valor seria programado para a fábrica no modelo de estudo, foi utilizada a ajuda do *software* de criação de algoritmos VISUALG. A Figura 26 exemplifica o que foi explicado acima para melhor entendimento, com ajuda do *software* VISUALG, foi criado um algoritmo com a programação da submontagem A do mês de fevereiro de 2017.

Figura 26- Algoritmo Programado fevereiro 2017 Submontagem A

```
Algoritmo "Programado FEVEREIRO submontagem A"
Var
EF, LEF, EMED, MMPO, SOMA:real
Inicio
EF<- 3203
EMED<-3203
LEF<-1496
MMPO<-3809
Se EF>=1.5*EMED entao
  MMPO<-0
Senao
  SOMA<- EMED-EF
  MMPO<-MMPO+SOMA
  Se MMPO>LEF entao
    MMPO<-MMPO
  Senao
    MMPO<-LEF
  fimse
fimse
finalgoritmo
```

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

É possível perceber observando a variável soma, que se o Estoque Médio Anual for maior do que o Estoque Final, um valor positivo será somado ao sugerido pela previsão de demanda MMPO, já caso o Estoque Final seja maior do que o Estoque Médio Anual, um valor negativo será acrescido ao valor da MMPO, fazendo com que o valor programado para fábrica seja menor do que o valor original da previsão de demanda, procurando sempre um equilíbrio entre os estoques. A Figura 27 apresenta o resultado da interação do algoritmo mostrado na Figura 26, obtendo o resultado correto para o mês de fevereiro conforme pode ser comprovado consultando o Quadro 13, que mostra que após uma interação completa do algoritmo chegou-se ao valor de 3.809 peças da submontagem A que devem ser programadas no mês acima citado, a Figura 27 também apresenta o valor do estoque médio anual, do estoque final e também do lote econômico de fabricação.

Figura 27- Resultado do algoritmo

GLOBAL	EF	R	3203,00
GLOBAL	LEF	R	1496,00
GLOBAL	EMED	R	3203,00
GLOBAL	MMPO	R	3809,00
GLOBAL	SOMA	R	0,00000

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

O Estoque Intermediário foi definido como a diferença entre o somatório Estoque Final do mês anterior com o valor de MMPO encontrado na série de testes acima mencionado, menos a Demanda do Mercado. No modelo de estudo, a reprogramação também passa por um processo de testes antes da definição de valor.

Se o Estoque Intermediário for maior ou igual ao Estoque Médio Anual, não existem reprogramações, caso o Estoque Intermediário seja menor do que o Estoque Médio Anual, a diferença entre os estoques é comparada com o LEF. Se esta diferença for maior ou igual ao LEF, esta diferença deve ser reprogramada para a fábrica, caso contrário, não existem reprogramações. O Estoque Final do mês analisado é o somatório das reprogramações com o Estoque Intermediário.

O processo foi repetido durante os meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio de 2017 afim de ter um panorama geral do comportamento da submontagem durante praticamente meio ano, podendo observar as oscilações de demanda e de estoque. A ideia proposta pelo modelo de estudo basicamente se refere ao controle e aproveitamento de estoque, fazendo a regulagem do mesmo conforme a demanda do mercado.

Observa-se em outras submontagens como a I, em que o Estoque Final atende à demanda do mercado, não sendo necessário a produção do item na fábrica, o que acarretaria apenas em um aumento do estoque. Outro ponto que pode ser observado no modelo de estudo é a utilização do Lote Econômico de Fabricação em meses que o proposto pela MMPO é menor do que o valor do LEF, e quando isto ocorre, caso seja produzido apenas o valor proposto pela previsão, a empresa está tendo prejuízo, conforme mostra o referencial teórico do LEF apresentado no Capítulo 2 do presente trabalho. Sendo assim, o valor programado deve ser o do LEF indicado para respectiva submontagem, como se pode notar observando no Apêndice E, as submontagens C, no mês de março, a submontagem F, nos meses de janeiro, fevereiro e abril e também na G, no mês de fevereiro. Os quadros das demais submontagens com o mesmo processo explicado acima estão no Apêndice E.

4.6 RESULTADOS E IMPACTO ANUAL

Após a aplicação do item 4.5 do presente capítulo, foi possível obter o impacto anual do modelo atual em comparação com o modelo de estudo e mensurar esta diferença financeiramente. Foram feitas algumas comparações para se obter os resultados financeiros, o Quadro 14 mostra um comparativo entre programado versus demanda do modelo atual e o modelo de estudo.

Quadro 14 - Comparativo Programado vs Demanda

Submontagem A	MODELO ATUAL		MODELO ESTUDO	
	ERRO ABSOLUTO	% ERRO	ERRO ABSOLUTO	% ERRO
PROGRAMADO VS DEMANDA	337	1,75%	0	0,00%

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

O Quadro 14 apresenta o erro absoluto, ou seja, a diferença absoluta entre o que foi programado e reprogramado para a fábrica em relação a demanda do mercado. E também mostra a diferença percentual deste mesmo cálculo. Pode-se notar que o modelo de estudo obteve um excelente resultado, não tendo diferença no acumulado entre programado e o demandado no período entre janeiro e maio de 2017.

O Quadro 15 expõe um comparativo entre a média de estoque final para os dois modelos e também com relação ao custo de setups durante estes cinco meses que foram acompanhados. É possível notar a redução percentual e o ganho financeiro com o modelo de estudo tanto observando a questão da média de estoque, obtendo uma redução de 16,40%, quanto nos setups, obtendo uma redução ou economia de R\$408,00 durante estes cinco meses em que a submontagem passou pelo estudo.

Quadro 15 - Comparativo Estoque Final e Custo de Setups

Submontagem A	ATUAL	PROPOSTO	DIFERENÇA	IMPACTO ANUAL
ESTOQUE FINAL (MÉDIA)	3.370	2.817	16,40%	R\$ 5.459,35
CUSTO COM SETUP (5 MESES)	R\$ 340,00	R\$ 170,00	50%	R\$ 408,00

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

4.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para análise dos resultados deste trabalho, foram feitas comparações em três frentes: percentual absoluto de erro entre programado e demanda, média de estoque final e custos com *setups* de máquina, ambos para o modelo utilizado atualmente pela empresa versus o modelo proposto por este estudo.

A primeira frente analisada é a comparação entre o modelo atual programado versus o que o modelo de estudo sugere programar em relação à demanda do mercado, o Quadro 16 apresenta um panorama geral do que foi mostrado no Quadro 14 no item 4.6 do Capítulo 4 para todas as submontagens.

Quadro 16 - Panorama Geral Programado versus Demanda

SUBMONTAGEM	PROGRAMADO VS DEMANDA			
	MODELO ATUAL		MODELO ESTUDO	
	ERRO ABSOLUTO	% ERRO	ERRO ABSOLUTO	% ERRO
A	337	1,75%	0	0,00%
B	466	7,70%	0	0,00%
C	506	16,79%	0	0,00%
D	781	6,51%	0	0,00%
E	379	1,85%	0	0,00%
F	325	13,73%	0	0,00%
G	670	10,50%	0	0,00%
H	322	13,47%	0	0,00%
I	527	36,98%	0	0,00%
J	487	22,24%	0	0,00%
K	492	33,24%	0	0,00%
L	135	7,03%	0	0,00%
M	441	12,63%	324	9,28%

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Analisando sob a ótica apresentada pelo Quadro 16, é possível concluir que o modelo de estudo tem um excelente resultado, chegando a zerar as discrepâncias entre a demanda do mercado e os valores programados, exceto na submontagem M, no acumulado entre os meses de Janeiro a Maio de 2017.

O segundo aspecto analisado foi em relação à média do estoque final durante o período em estudo. Para que isto pudesse ser feito, o Quadro 17 mostra a quantidade média de estoque final do modelo atual e do modelo de estudo, a diferença percentual entre eles, além do impacto financeiro anual da diferença entre os dois modelos para todas as submontagens.

Quadro 17 - Comparativo de Estoque Final

SUBMONTAGEM	ESTOQUE FINAL (MÉDIA)			
	ATUAL	PROPOSTO	DIFERENÇA	IMPACTO ANUAL
A	3.370	2.817	16,40%	R\$ 5.459,35
B	1.366	1.306	4,37%	R\$ 1.243,62
C	775	720	7,08%	R\$ 2.459,45
D	2.185	1.905	12,78%	R\$ 3.559,40
E	3.654	3.338	8,67%	R\$ 2.444,50
F	585	460	21,49%	R\$ 4.548,21
G	1.457	1.342	7,84%	R\$ 1.330,53
H	513	488	4,87%	R\$ 717,17
I	501	537	-7,18%	-R\$ 592,66
J	455	434	4,71%	R\$ 574,56
K	424	272	35,69%	R\$ 2.920,73
L	354	282	20,22%	R\$ 1.298,06
M	596	367	38,32%	R\$ 3.765,68
	16.234	14.269	12,10%	R\$ 29.728,60

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

É possível perceber ao analisar o Quadro 17, que em quase todas as submontagens, exceto na submontagem I, houve reduções percentuais na quantidade média final dos estoques, totalizando uma redução média de aproximadamente 12% ao mês. Ao analisar o impacto financeiro anual com esta redução do estoque médio mensal, tomando a submontagem A como exemplo, nota-se uma redução de R\$ 5.459,35 anual, repetindo a mesma análise para as demais submontagens chega-se à uma economia média anual de aproximadamente R\$ 29.728,60. Comparando a redução anual com o valor de estoque médio que a Inova teve destes modelos de submontagens em 2017, o qual representa um inventário em torno dos R\$ 219.193,64, foi obtida uma redução de 13,56% aplicando o modelo de estudo.

O terceiro ponto de comparação foram os custos com *setup*, o Quadro 18 mostra o que foi gasto com o modelo atual e o que seria gasto com o modelo de estudo, indicando a

diferença entre os dois modelos juntamente com o impacto financeiro anual, seguindo a mesma linha de raciocínio utilizada na segunda frente mostrada acima.

Quadro 18 - Comparativo de Custos de *Setup*

SUBMONTAGEM	CUSTO COM SETUP			
	ATUAL	PROPOSTO	DIFERENÇA	IMPACTO ANUAL
A	R\$ 340,00	R\$ 170,00	R\$ 170,00	R\$ 408,00
B	R\$ 285,60	R\$ 238,00	R\$ 47,60	R\$ 114,24
C	R\$ 295,80	R\$ 295,80	R\$ 0,00	R\$ 0,00
D	R\$ 153,00	R\$ 102,00	R\$ 51,00	R\$ 122,40
E	R\$ 85,00	R\$ 51,00	R\$ 34,00	R\$ 81,60
F	R\$ 285,60	R\$ 204,00	R\$ 81,60	R\$ 195,84
G	R\$ 136,00	R\$ 102,00	R\$ 34,00	R\$ 81,60
H	R\$ 351,90	R\$ 195,50	R\$ 156,40	R\$ 375,36
I	R\$ 275,40	R\$ 137,70	R\$ 137,70	R\$ 330,48
J	R\$ 345,10	R\$ 197,20	R\$ 147,90	R\$ 354,96
K	R\$ 367,20	R\$ 137,70	R\$ 229,50	R\$ 550,80
L	R\$ 428,40	R\$ 190,40	R\$ 238,00	R\$ 571,20
M	R\$ 231,20	R\$ 144,50	R\$ 86,70	R\$ 208,08
	Somatório			R\$ 3.394,56

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Conforme pode se observar no Quadro 18, analisando sob a ótica de custos de *setup*, em praticamente todas as submontagens se obteve redução nos custos, exceto na submontagem B, que se manteve inalterada independente de qual modelo fosse utilizado. Considerando um panorama geral, houve uma redução média de aproximadamente 40%, o que financeiramente se traduz em uma redução de R\$3.394,56 por ano.

Além do impacto financeiro da redução nos *setups* é importante destacar a redução na quantidade de *setups*, seguindo o modelo atual, durante o período de estudo, foram feitos 103 *setups* de linha para atender as programações e reprogramações do modelo, já com o modelo de estudo, este número é reduzido em aproximadamente 39%, caindo para 63 *setups* de linha, isto se deve ao fato da diminuição no número de programações e reprogramações do modelo de estudo. Analisando ainda a questão de *setups* de linha de produção, sabe-se que todo *setup* é uma parada de máquina, ou seja, uma perda para a organização, sendo assim, toda vez que a empresa está com a linha parada, está deixando de produzir uma peça que poderia estar sendo faturada.

O Quadro 19 apresenta um panorama de quantas peças de cada submontagem a empresa poderia estar produzindo para faturar com a diferença de tempos de *setup*, em minutos, entre o modelo atual e o modelo de estudo.

Quadro 19 - Possíveis peças a mais para faturar

SUBMONTAGEM	NÚMERO DE SETUP ATUAL	NÚMERO DE SETUP PROPOSTO	DIFERENÇA DE TEMPO DE SETUP	PEÇAS A MAIS PARA FATURAR
A	10	5	100	455
B	6	5	28	55
C	6	6	0	0
D	9	6	30	250
E	10	6	20	154
F	7	5	48	67
G	8	6	20	154
H	9	5	92	1314
I	6	3	81	675
J	7	4	87	544
K	8	3	135	2250
L	9	4	140	2333
M	8	5	51	176
	103	63	832	8426

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

5 CONCLUSÃO

Após estas análises, é possível dizer que os objetivos gerais e específicos foram alcançados e os conceitos estudados para aplicação deste trabalho, possibilitaram apresentar uma alternativa ao modo de programação atual da empresa, definindo uma metodologia mais assertiva para programação de PCP que leve em consideração custos com *setup* de máquina, lotes econômicos de fabricação e previsão de demanda, possibilitando menos reprogramações dentro do mês corrente, como mostrado durante o trabalho, a reprogramação é considerada uma perda, que gera custos para organização, além de diminuição de ritmo na fábrica, que afeta diretamente a produtividade, fazendo com que a empresa se torne menos competitiva, o que muitas vezes é difícil de mensurar e acaba passando despercebido.

Por fim, como o setor de *SMT* é considerado de extrema importância para empresa, se faz necessário rever a forma atual de programação, a qual, conforme mostrada no item 1.2 do capítulo 1, é realizada através de reuniões entre Direção, PCP e Comercial onde as diretrizes produtivas são tomadas com base em informações dos clientes e no *feeling* da equipe. Portanto o desenvolvimento de uma metodologia, baseada em conceitos da Engenharia de Produção traz uma nova alternativa à programação atualmente utilizada pela empresa, além de identificar um possível ganho financeiro com sua implementação. Outro ponto importante a salientar é que o modelo de estudo pode ser comparado com ao ciclo PDCA, uma vez que propicia oportunidade de melhoria contínua do PCP.

As submontagens que foram escolhidas para o estudo equivalem a 51% dos custos totais com fabricação de submontagens em 2016. Como sugestões para futuros trabalhos, a ampliação do trabalho para os 49% restantes que ficaram de fora deste estudo, afim de definir uma metodologia de programação para todas as submontagens da empresa, a análise e escolha de método de previsão por família de produto analisando os dados da previsão semanalmente, afim de melhorar a assertividade dos modelos.

REFERÊNCIAS

- AL-SALAMAH, Muhammad. Economic production quantity in batch manufacturing with imperfect quality, imperfect inspection, and destructive and non-destructive acceptance sampling in a two-tier market. **Computers & Industrial Engineering**, [s.l.], v. 93, p.275-285, mar. 2016. Elsevier BV
- ARNOLD, J.r. Tony. **Administração de materiais**. São Paulo: Atlas, 1999. 521 p.
- BANDALY, Dia; SATIR, Ahmet; SHANKER, Latha. Impact of lead time variability in supply chain risk management. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 180, p.88-100, out. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.07.014>.
- CHAN, Weng M.; IBRAHIM, Raafat N.; LOCHERT, Paul B.. Economic production quantity and process quality: a multivariate approach. **Int J Qual & Reliability Mgmt**, [s.l.], v. 22, n. 6, p.591-606, ago. 2005. Emerald
- CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. **Gestão da Cadeia de Suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operações**. 4. ed. São Paulo: Pearson, 2011. 520 p.
- COBB, Barry R. et al. Accurate lead time demand modeling and optimal inventory policies in continuous review systems. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 163, p.124-136, maio 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.02.017>
- CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006. 690 p
- CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A.. **Administração de Produção e Operações: Manufatura e serviços: Uma abordagem estratégica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012. 679 p.
- CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G. N.; CAON, Mauro. **Planejamento, programação e controle da produção: MRP II/ERP**. 4.ed., rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 2001. 452 p.
- CRESWELL, W., John. **Projeto de Pesquisa: Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto**, 3rd edição.2010. Disponível em:
<<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536323589/>>.
Acesso em: 25 ago. 2016
- DALFOVO, Michael Samir; LANA, Rogério Adilson; SILVEIRA, Amélia. Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada, Blumenau**, v. 2, n. 4, p. 01- 13, Sem II. 2008. Disponível em:
<http://www.unisc.br/portal/upload/com_arquivo/metodos_quantitativos_e_qualitativ:um_resgate_teorico.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2016.
- DAVIS, Mark M.; AQUILANO, Nicholas J; CHASE, Richard B. **Fundamentos da administração da produção**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. xii, 598 p. + CD-ROM.

- FIOROTTO, Diego Jacinto. **Modelos Matemáticos e Métodos de Solução para Problemas de Dimensionamento de Lotes**. 2015. 111 f. Tese (Doutorado) - Curso de Matemática, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São José do Rio Preto, 2015.
- GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. **Administração da produção e operações**. 8.ed. São Paulo: Thomson, 2002. x, 598 p.
- GONÇALVES, Paulo Sérgio. **Administração de materiais**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 387 p
- HOLMBOM, Martin; SEGERSTEDT, Anders. Economic Order Quantities in production: From Harris to Economic Lot Scheduling Problems. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 155, p.82-90, set. 2014. Elsevier BV
- JACOBS, F.robert; CHASE, Richard B.. **Administração da Produção e Operações: O Essencial**. Porto Alegre: Bookman, 2009. 424 p.
- KRAJEWSKI, Lee; RITZMAN, Larry P.. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Pearson, 2005. 436 p.
- KRAJEWSKI, Lee; RITZMAN, Larry; MALHOTRA, Manoj. **Operations Management: Processes and Value Chains**. 8. ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2007. 728 p.
- LIN, Hsien-jen. Investing in lead-time variability reduction in a collaborative vendor–buyer supply chain model with stochastic lead time. **Computers & Operations Research**, [s.l.], v. 72, p.43-49, ago. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2016.02.002>
- MARTINS, Petrônio Garcia; ALT, Paulo Renato Campos. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2009. 440 p.
- MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005. 555 p. 2q2q
- MEERKOV, Semyon M.; YAN, Chao-bo. Production Lead Time in Serial Lines: Evaluation, Analysis, and Control. **Ieee Transactions On Automation Science And Engineering**, [s.l.], v. 13, n. 2, p.663-675, abr. 2016. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Cengage Learning, 2012, 624 p.
- MOSTARD, Julien; TEUNTER, Ruud; KOSTER, René de. Forecasting demand for single-period products: A case study in the apparel industry. **European Journal Of Operational Research**, [s.l.], v. 211, n. 1, p.139-147, maio 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2010.11.001>.
- NAKANO, Mikihisu; OJI, Nobunori. The transition from a judgmental to an integrative method in demand forecasting. **International Journal Of Operations & Production Management**, [s.l.], v. 32, n. 4, p.386-397, 16 mar. 2012. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/01443571211223068>

NGUYEN, Thanh-ha; WRIGHT, Mike. Capacity and lead-time management when demand for service is seasonal and lead-time sensitive. **European Journal Of Operational Research**, [s.l.], v. 247, n. 2, p.588-595, dez. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2015.06.005>.

PAN, Er-shun; JIN, Yao; WANG, Ying. Integration of economic production quantity in optimization design of control chart based on loss function and random process shift. **Journal Of Manufacturing Technology Management**, [s.l.], v. 22, n. 7, p.929-946, 11 set. 2011. Emerald

SARAIVA JÚNIOR, A. F. **Decisão de mix de produtos sob a ótica do custeio baseado em atividades e tempo**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SANTOS, C. C. Previsão de demanda de água na região metropolitana de São Paulo com redes neurais artificiais e condições socioambientais e meteorológicas. São Paulo, 2011. 138 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

TALEIZADEH, Ata Allah; WEE, Hui-ming; JALALI-NAINI, Seyed Gholamreza. Economic production quantity model with repair failure and limited capacity. **Applied Mathematical Modelling**, [s.l.], v. 37, n. 5, p.2765-2774, mar. 2013. Elsevier BV.

TIACCI, Lorenzo; SAETTA, Stefano. An approach to evaluate the impact of interaction between demand forecasting method and stock control policy on the inventory system performances. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 118, n. 1, p.63-71, mar. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.08.010>.

TRATAR, Liljana Ferbar. Joint optimization of demand forecasting and stock control parameters. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 127, n. 1, p.173-179, set. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.05.009>.

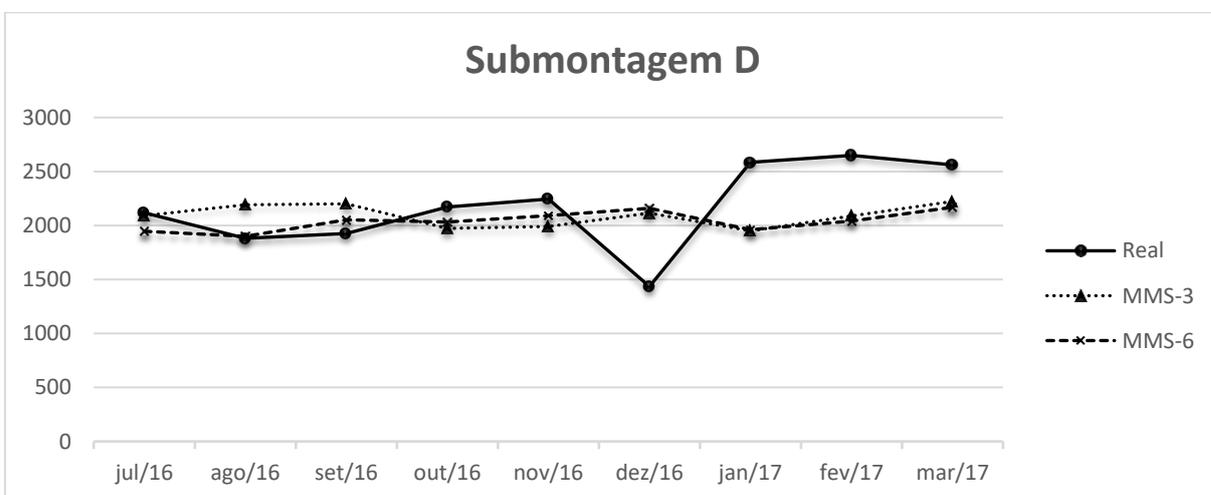
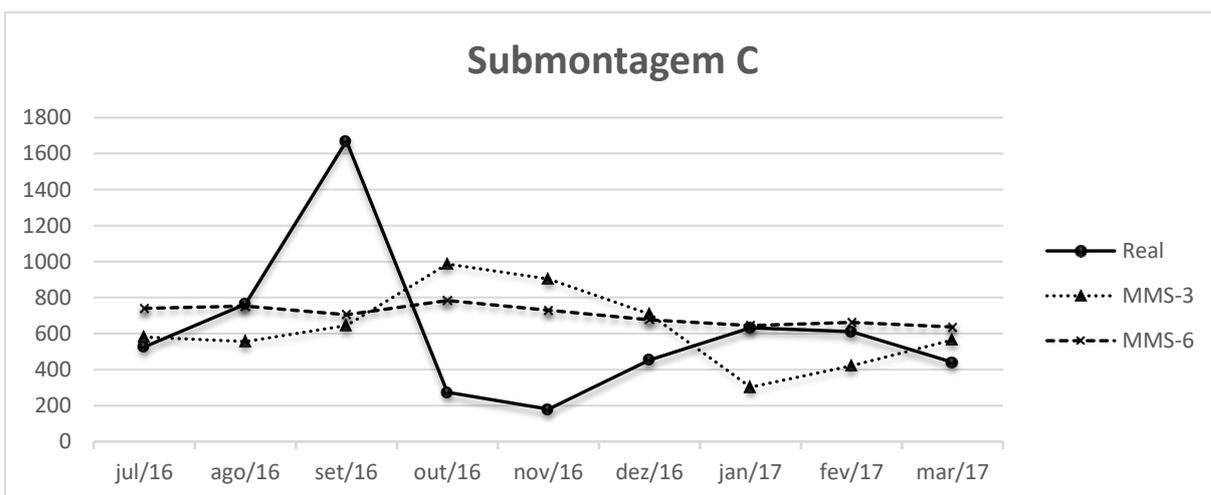
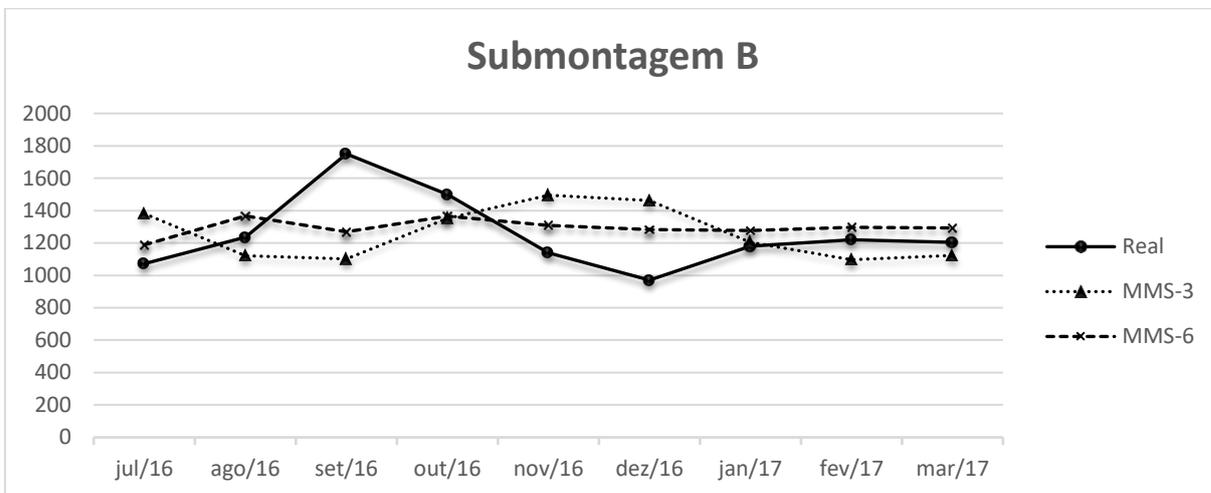
WANG, Yuanyuan et al. Application of residual modification approach in seasonal ARIMA for electricity demand forecasting: A case study of China. **Energy Policy**, [s.l.], v. 48, p.284-294, set. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.05.026>.

WU, Zhengping; ZHAI, Xin; LIU, Zhongyi. The inventory billboard effect on the lead-time decision. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 170, p.45-53, dez. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.09.00>

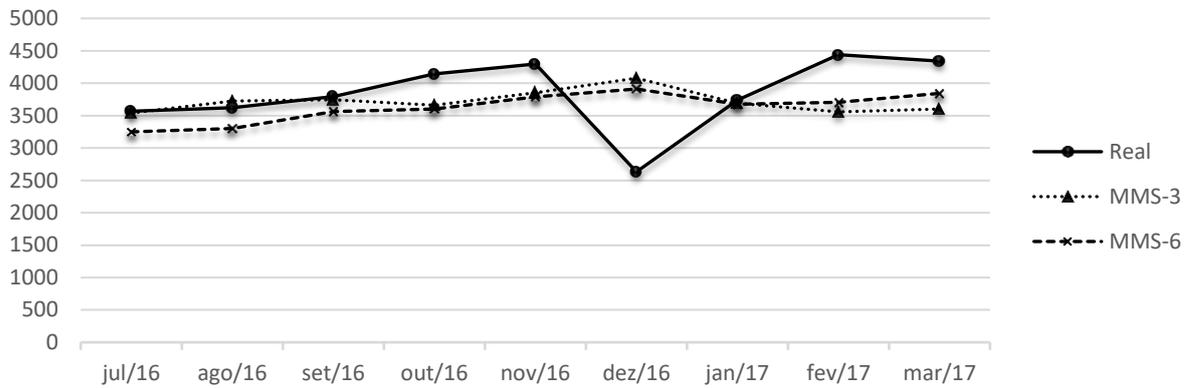
ANEXO A- ORDEM DE PRODUÇÃO

 Matriz	Ordem de Produção - Operações 					LIBERAÇÃO COORDENADOR ASS.: _____ DT.: _____		
	Número.: 125718 Geração: 29/09/2016 Entrega.: 29/09/2016					ENCERRAMENTO ASS.: _____ DT.: _____		
Produto.....: 104726 - PLACA PRONTA INV-20003/J M4 PL3 INFERIOR R.2 N° de Série....: 106401 a 106900						Qtde : 500		
Observações.:								
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	T	UN	QUANT	INICIO	FIM	DATA	CRACHÁ
PLACA PRONTA INV-20003/J M4 PL3 INFERIOR R.2								
0016	Preforma de Componentes		CMIN				///	
0045	Confirmação de OP		CMIN				///	
0047	Separação de mat. SMT Linha 2A		CMIN				///	
8932	PCI INV-200M4 PL3 Rev. 2	M	PC	500,0000	1A3			
7403	RESISTOR SMD CH 0603 1K 1% 1/10W	M	PC	500,0000				
7010	RESISTOR SMD CH 0603 2K2 5% 1/10W	M	PC	1500,0000				
7016	RESISTOR SMD CH 0603 10K 5% 1/10W	M	PC	1500,0000				
6997	CAPACITOR SMD CE 0603 10nF 50V 20% X7R	M	PC	500,0000				
6913	CAPACITOR SMD CE 0603 100nF 50V 10% X7R	M	PC	1000,0000				
6119	CAP. ELET. 47uF/16V SMD 20%	M	PC	500,0000				
6114	CAP. ELET. 330/16V BESR SMD 20%	M	PC	500,0000				
2942	DIODO 1N4148 SOD-123 SMD	M	PC	1500,0000				
5988	DIODO ZENER 1N4741 SMA SMD	M	PC	500,0000				
5987	DIODO 1N4937 RS1M SMD	M	PC	500,0000				
5989	DIODO TVS SMBJ200A SMD	M	PC	500,0000				
5984	DIODO SS18 1A 80V SCHOTTKY SMD	M	PC	1000,0000				
7766	CI NCP1075STBT3G SOT-223 SMD	M	PC	500,0000				
8717	CI OPTOACOPLADOR SMD DIP-4 1CH 817 70V	M	PC	500,0000				
1844	TRANSISTOR 817/25 SMD	M	PC	1500,0000	B4			
5892	PONTE RETIFICADORA MB6S SMD	M	PC	500,0000	B2			
1135	Preparação do Material TOP		CMIN				///	
1137	Printer TOP		CMIN				///	
1141	SPY Inspeção de Pasta de Solda TOP		CMIN		9B3 9B5		///	
1142	Pick and Place TOP Inserção de		CMIN				///	
0057	Refusão TOP		CMIN				///	
1143	AOI Inspeção de Montagem e Solda SMD		CMIN				///	
0302	Revisão SMD TOP		CMIN				///	
1076	Separação de materiais L.3A		CMIN				///	
0035	Separação Materiais Operação 1		CMIN				///	
7767	TRANSFORMADOR BC285PV0012		YEE13V-10P2	M	PC	500,0000	9/A2	
4273	CAP. ELET. 4,7/400 20% FITADO		PRF-03	M	PC	1000,0000	5B1 5B3	
0379	Separação Materiais Operação 2		CMIN				///	
5014	VARISTOR 07D431K FITADO		PRF-05 (TERMINAIS DEVEM	M	PC	500,0000	6A1 6A3	
6022	TERMISTOR NTC 10R		GABARITO 6.8	M	PC	500,0000	6A2 6A3	
0107	Separação Materiais Operação 3		CMIN				///	
5963	CAP. SUPRESSOR 100nF 275V X2 20%		PRF-05	M	PC	500,0000	5B5 5A1	
2874	RELE 12VDC NA 5A 250VAC	M	PC	1500,0000	8A4			
0184	Preparação de Material		CMIN				///	
0198	Inserção PTH		CMIN				///	
0223	Solda onda		CMIN				///	
0224	Revisão PTH		CMIN				///	
6546	ET VOID 12X05MM 7 COLUNAS	M	PC	500,0000				
0017	Finalização da OP Estoque/Expedição		CMIN				///	

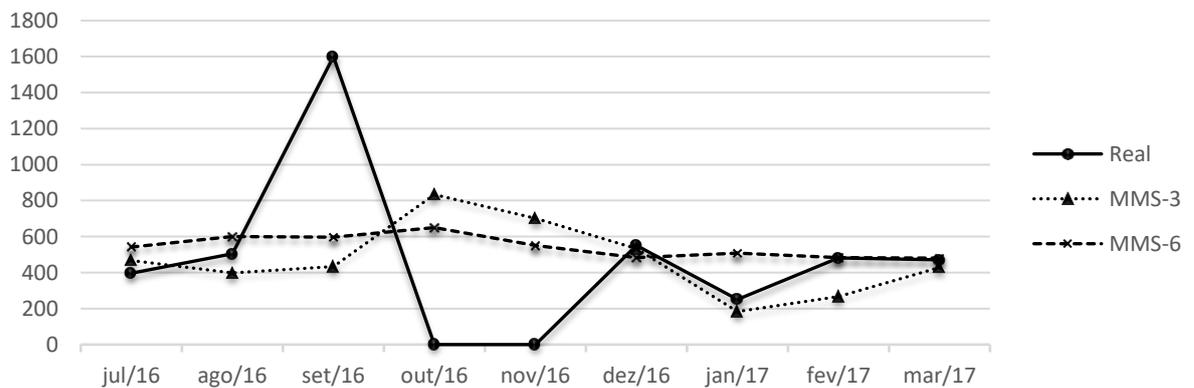
APÊNDICE A – GRÁFICOS DAS SUBMONTAGENS PARA MÉDIA MÓVEL SIMPLES



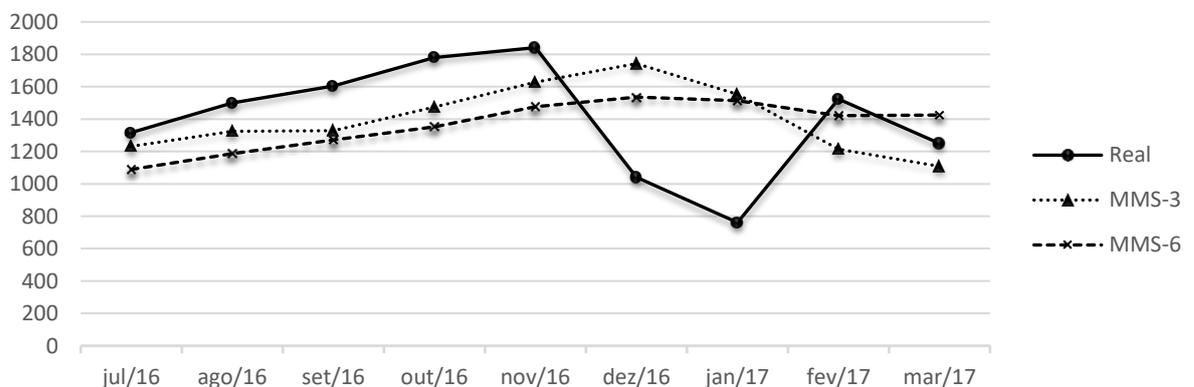
Submontagem E

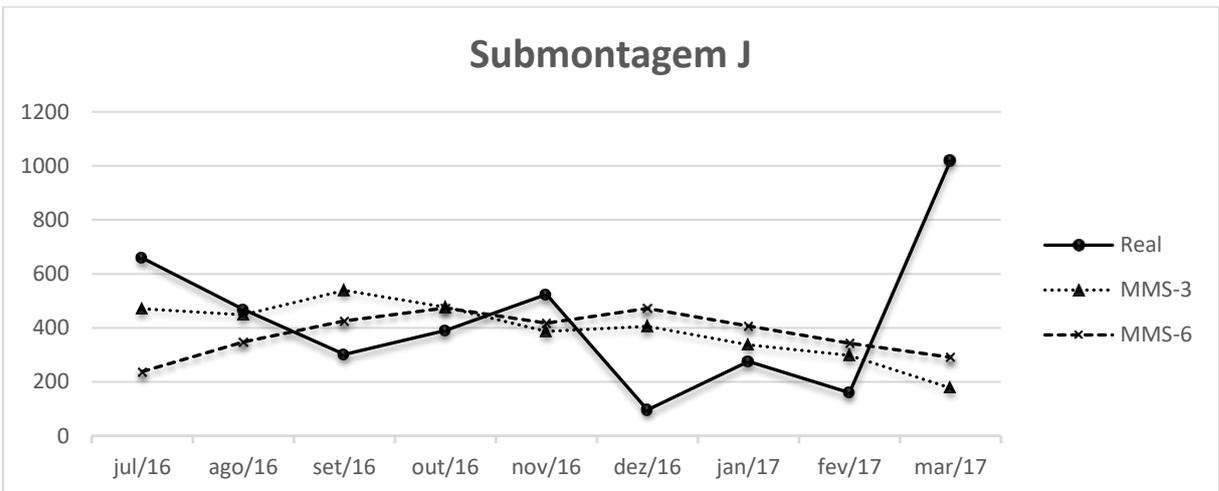
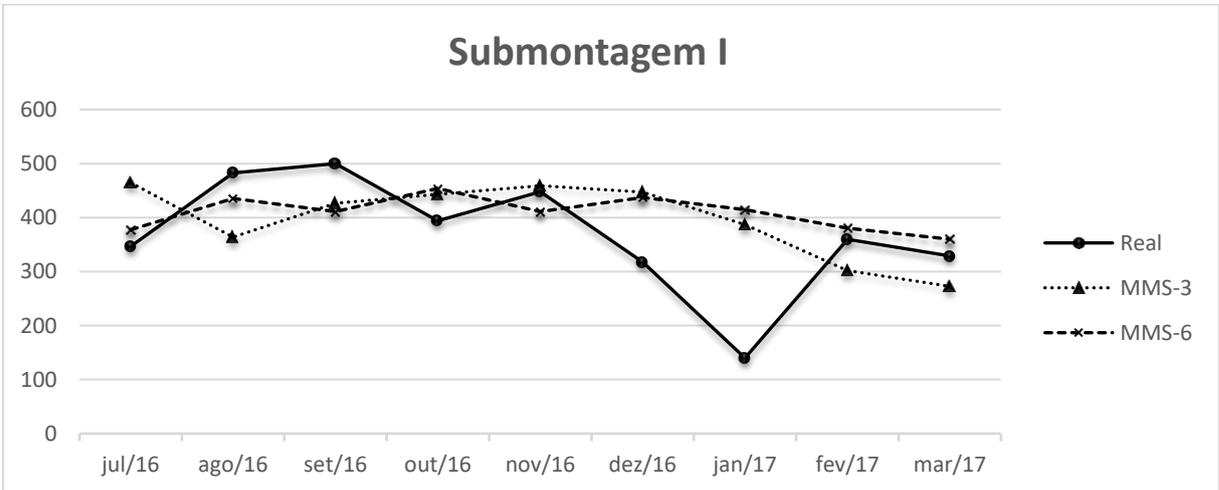
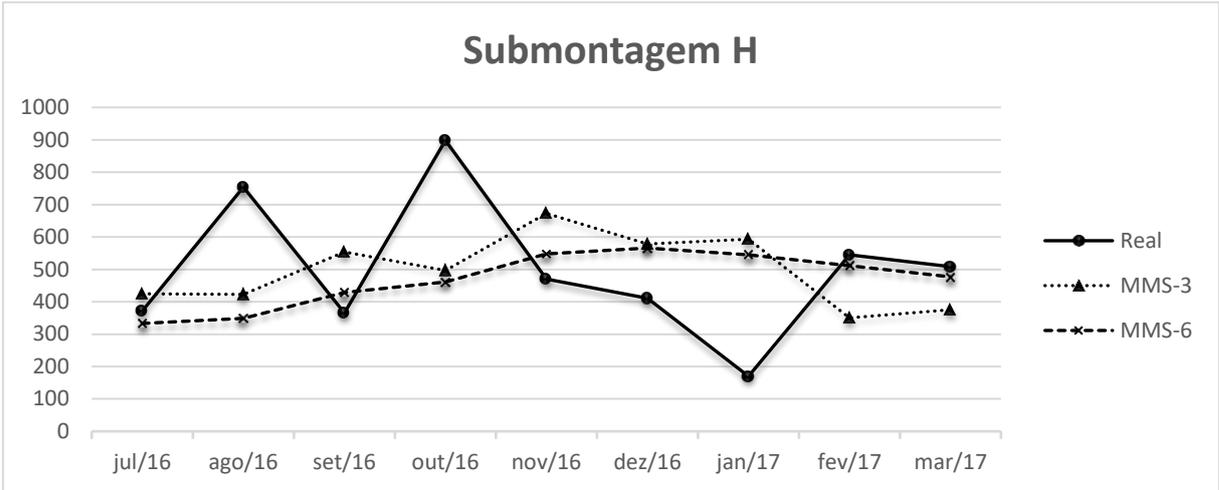


Submontagem F

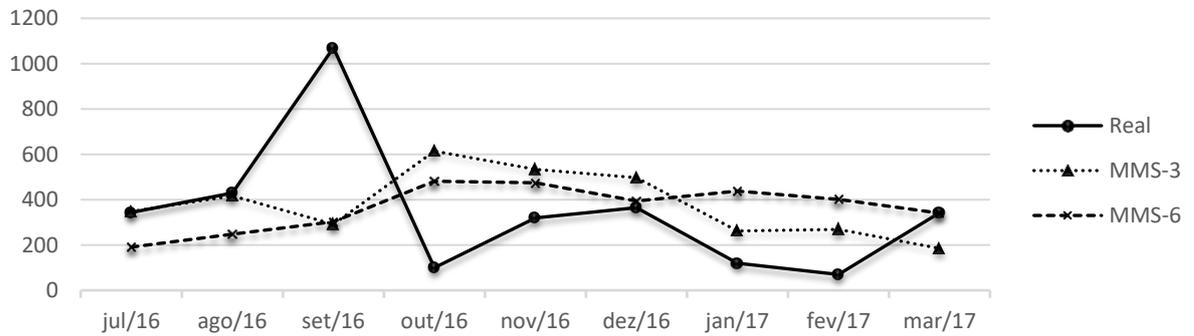


Submontagem G

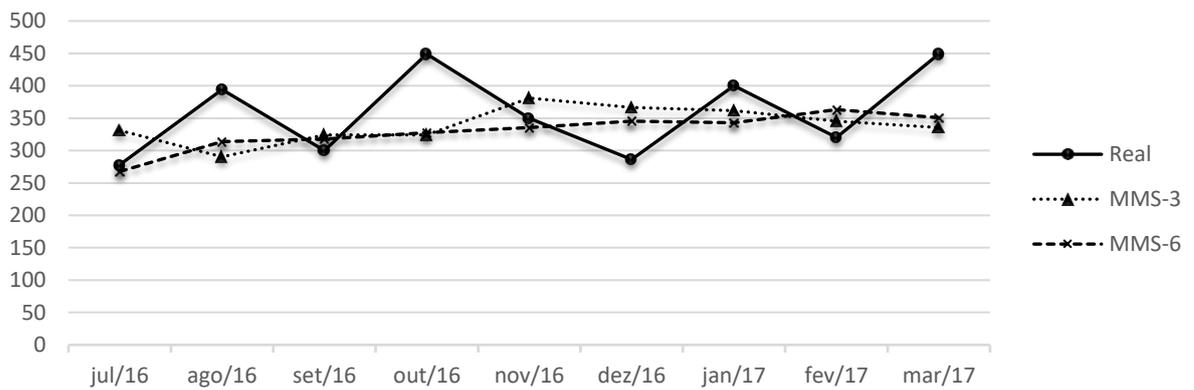




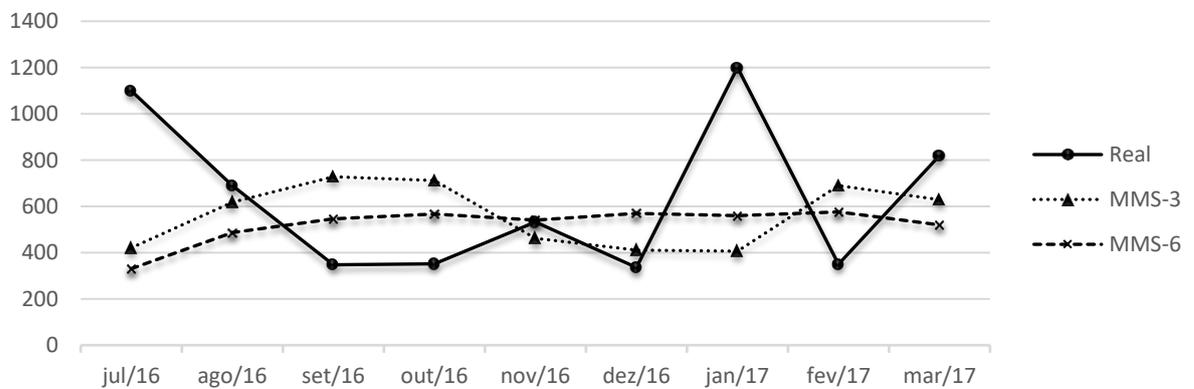
Submontagem K



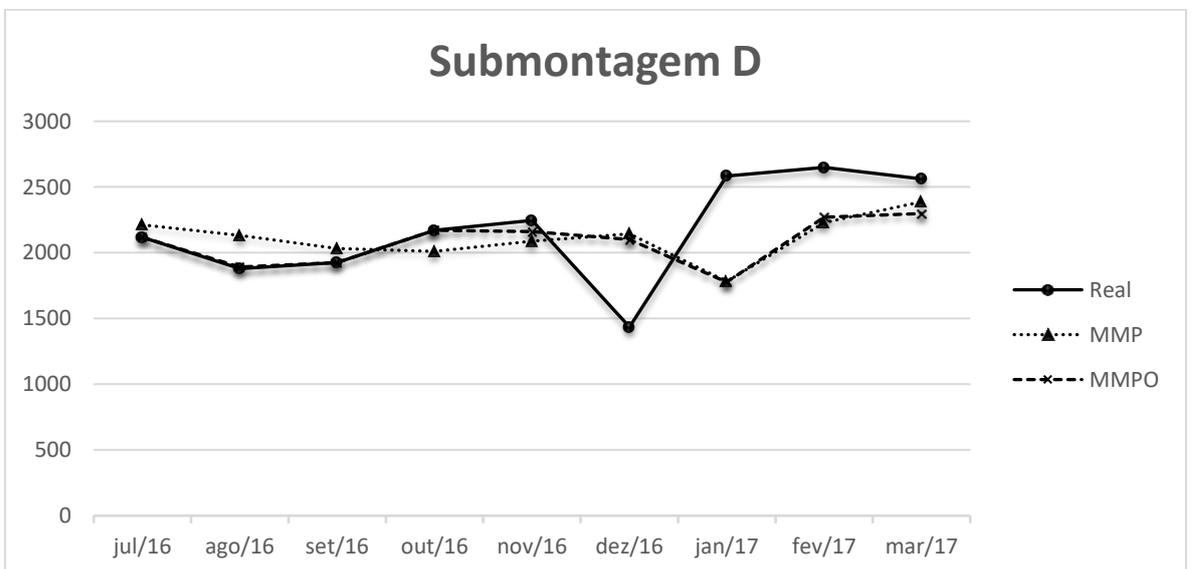
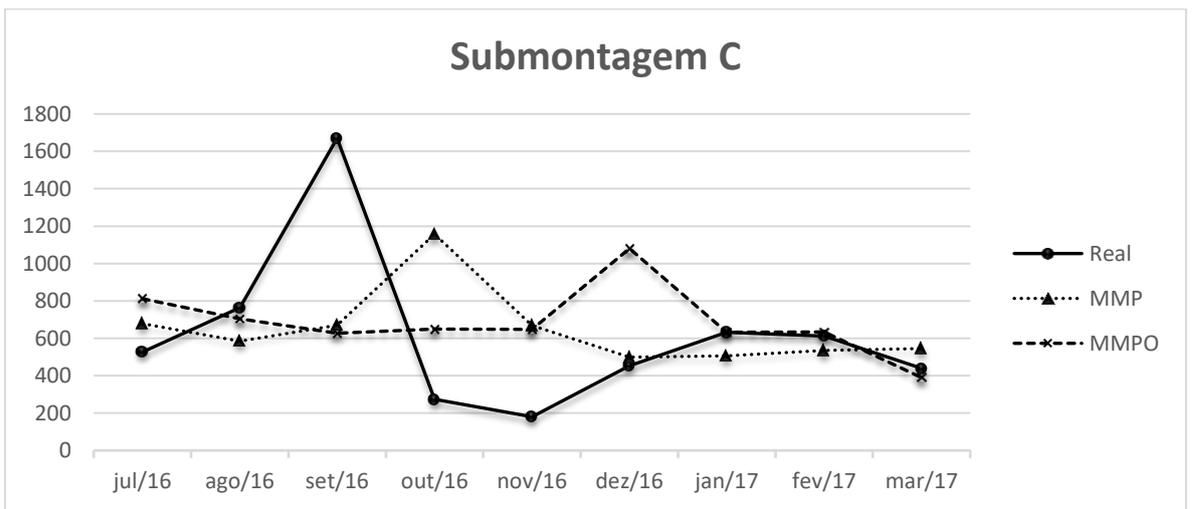
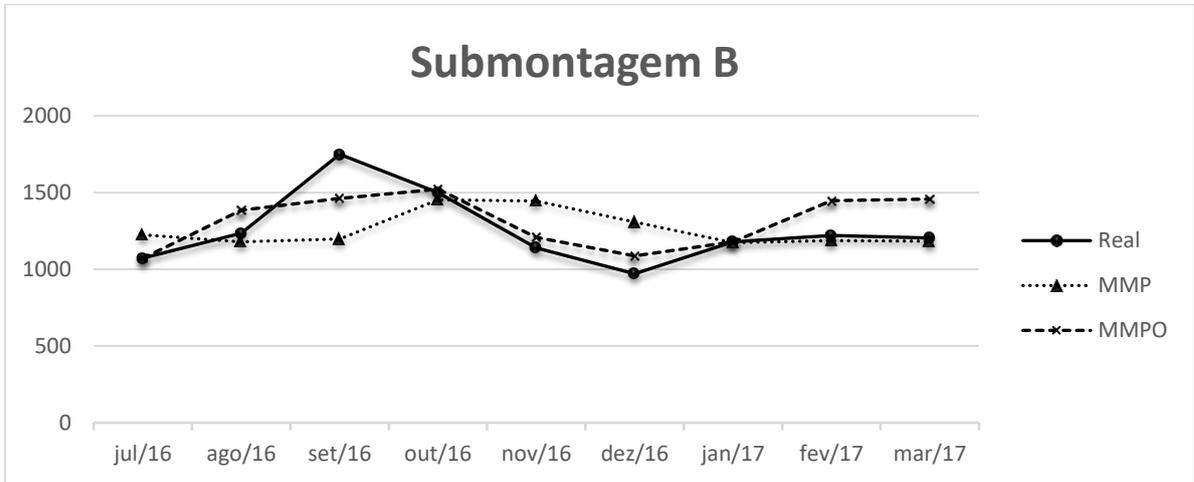
Submontagem L



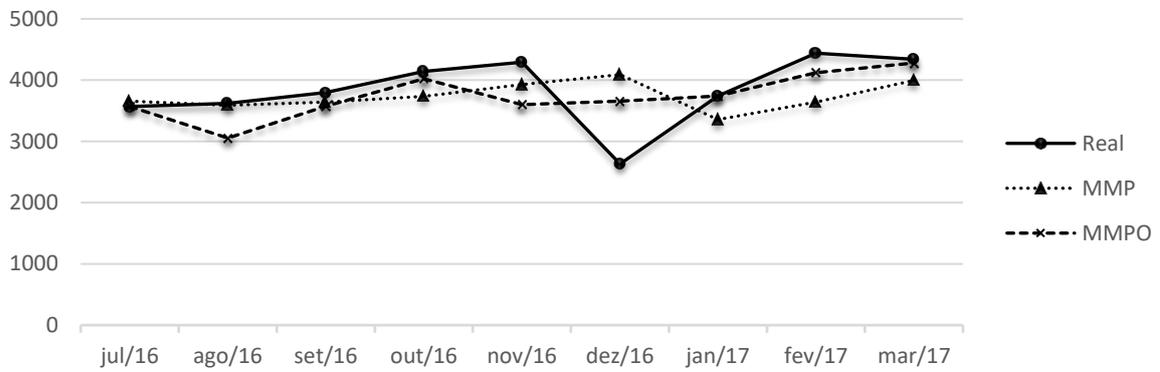
Sumontagem M



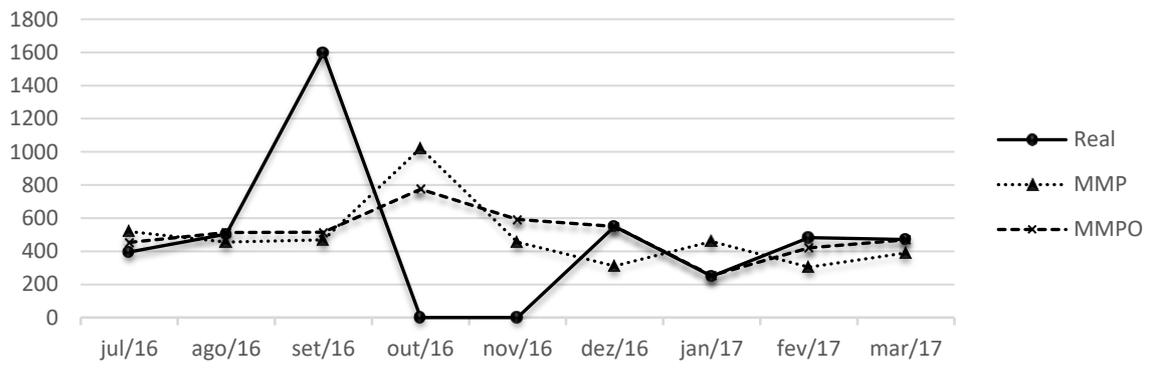
**APÊNDICE B – GRÁFICOS DAS SUBMONTAGENS PARA MÉDIA MÓVEL
PONDERADA**



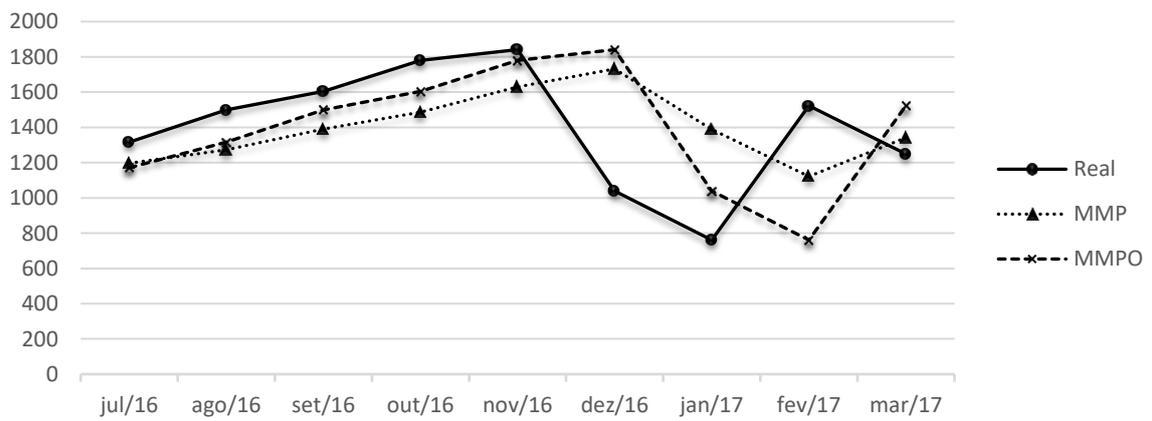
Submontagem E

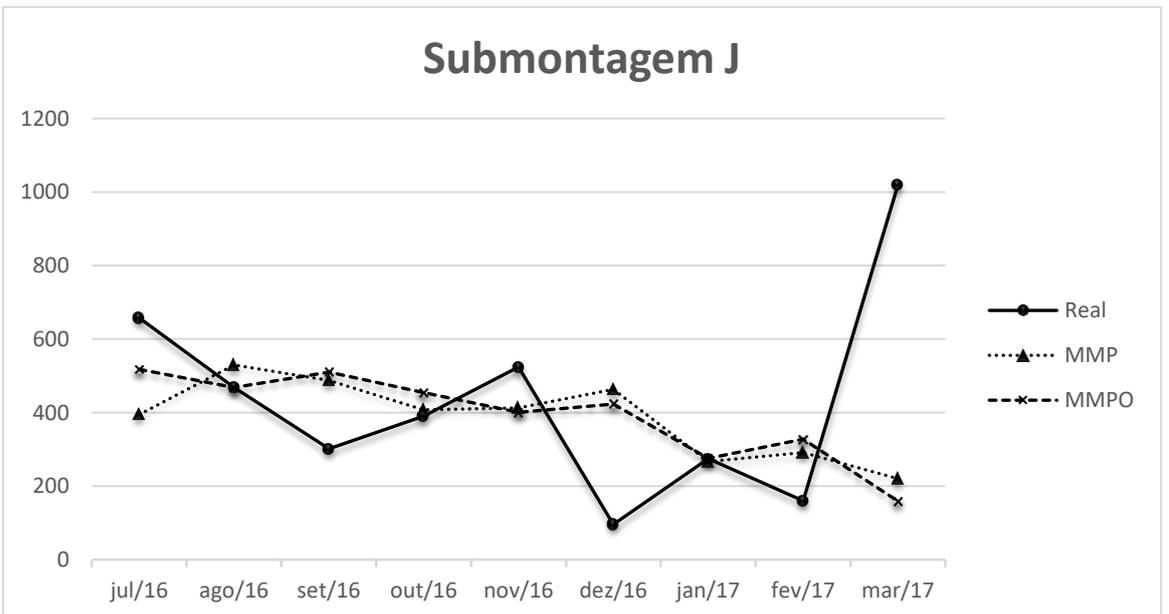
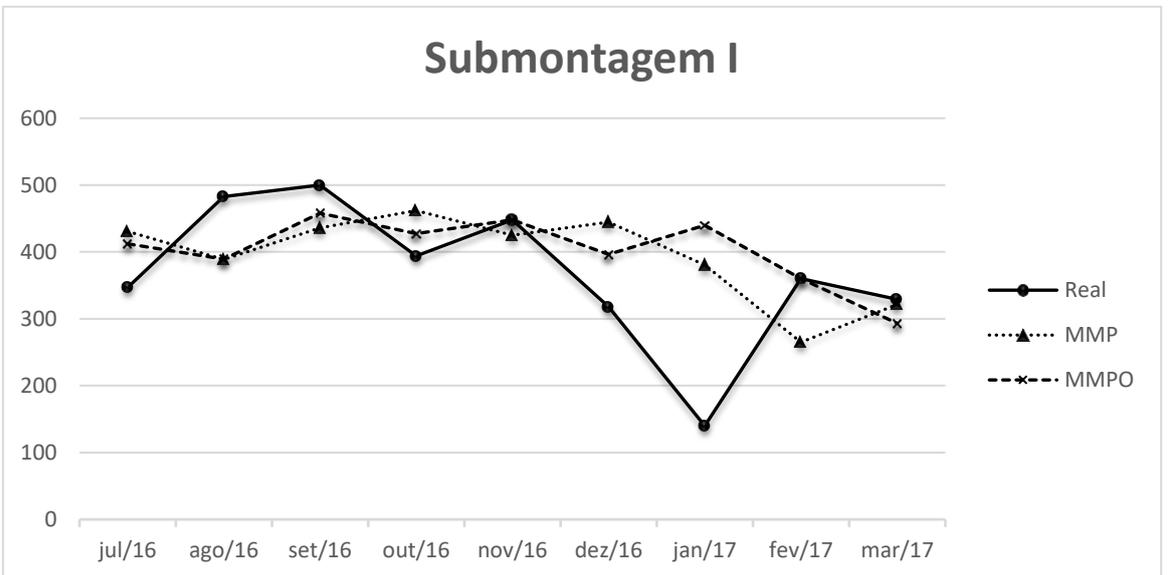
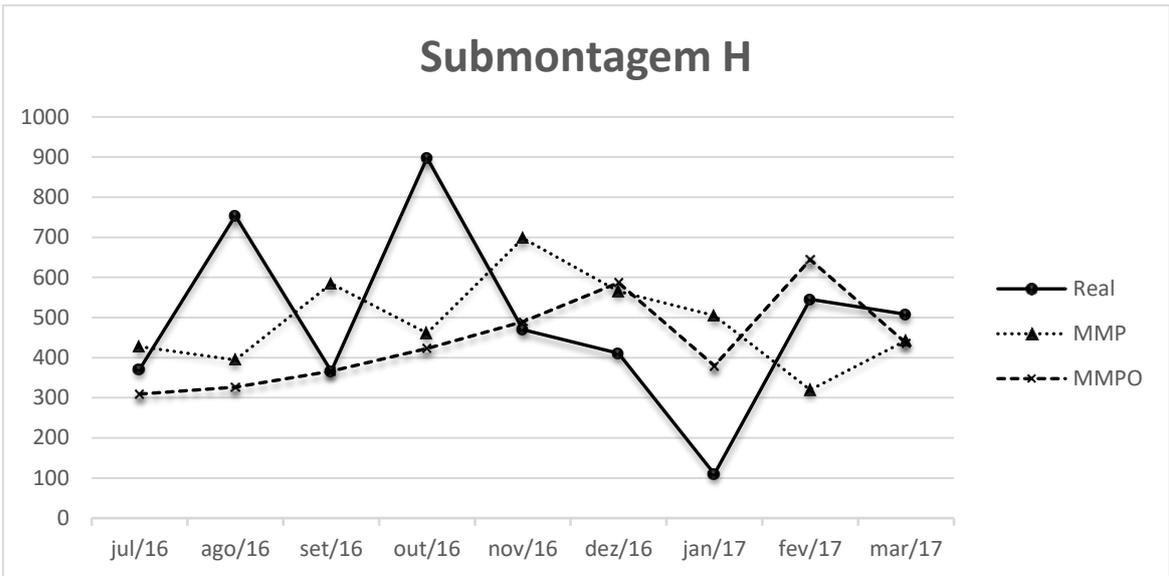


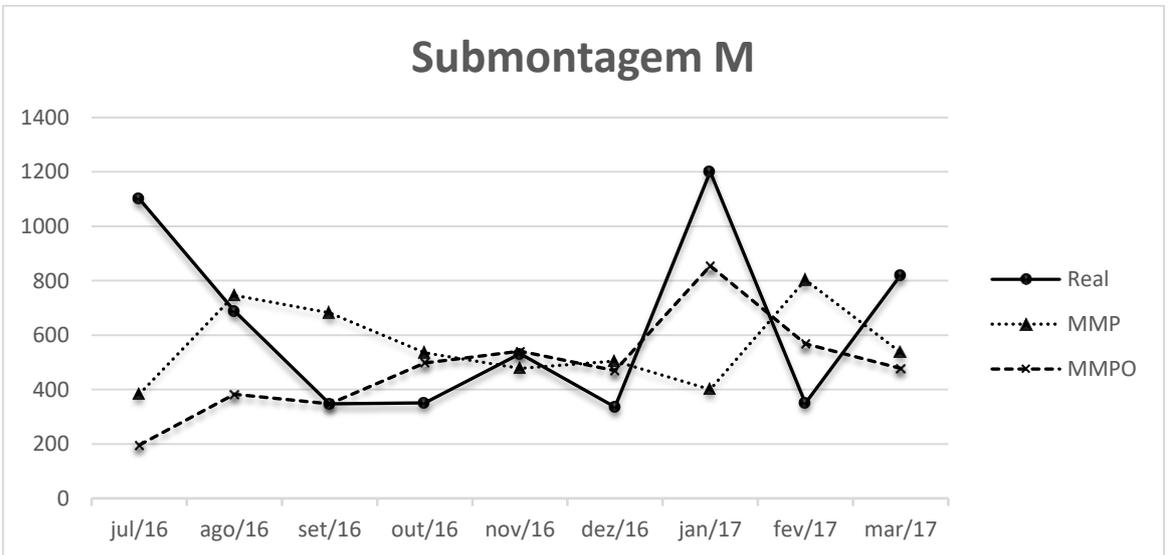
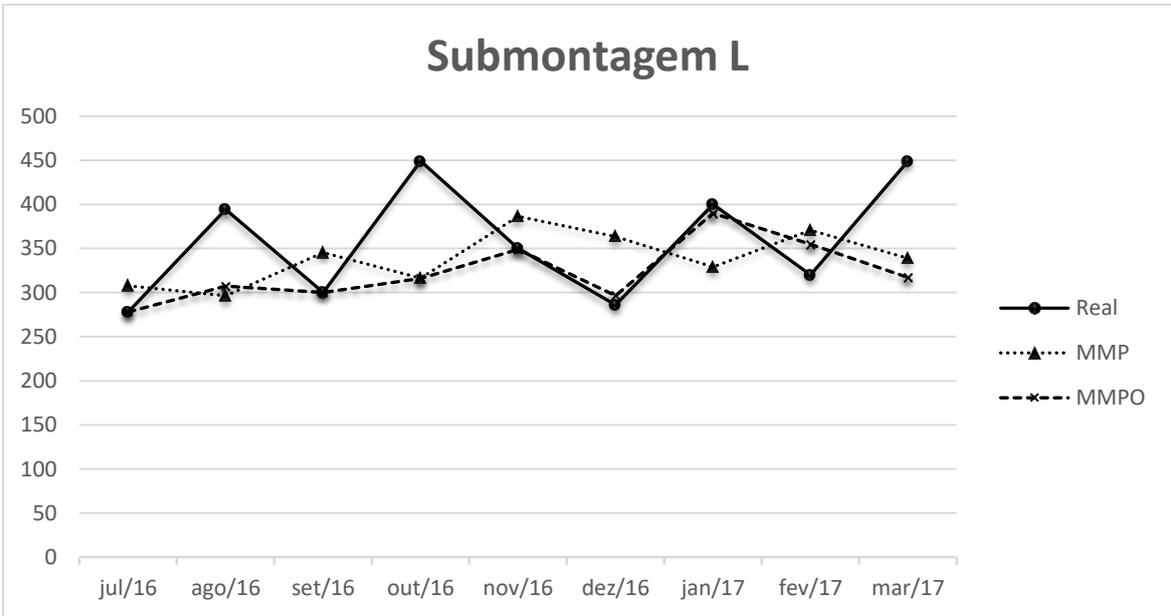
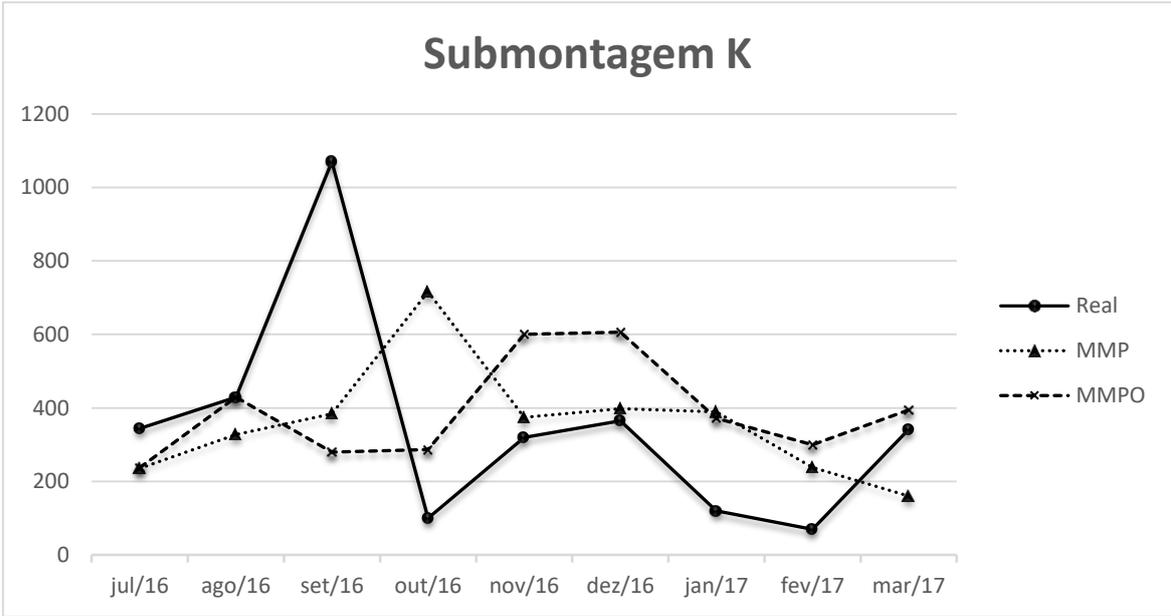
Submontagem F



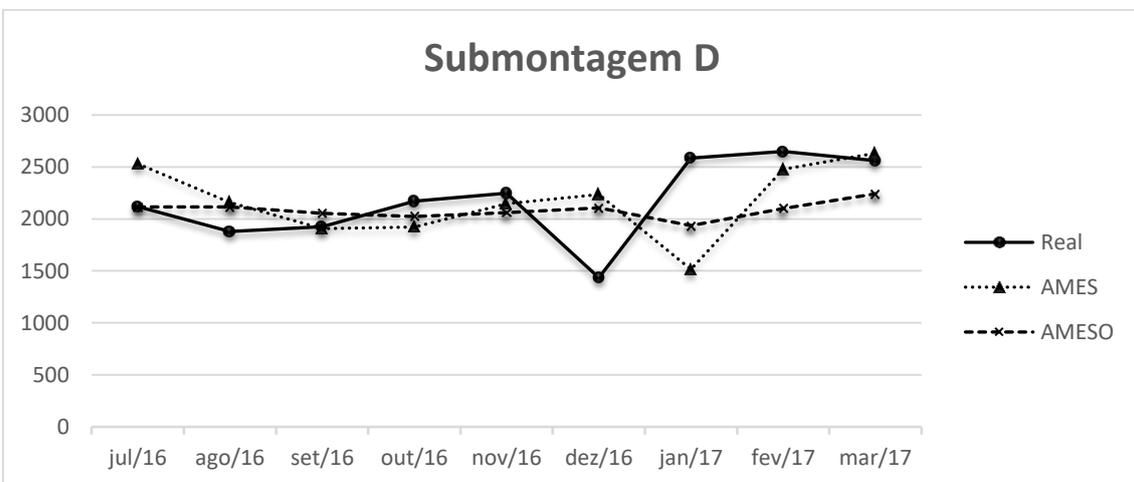
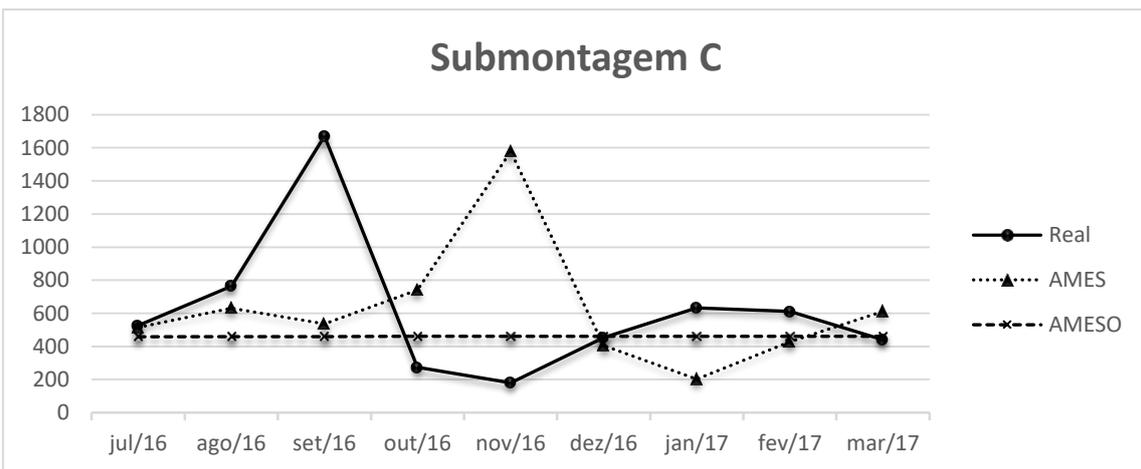
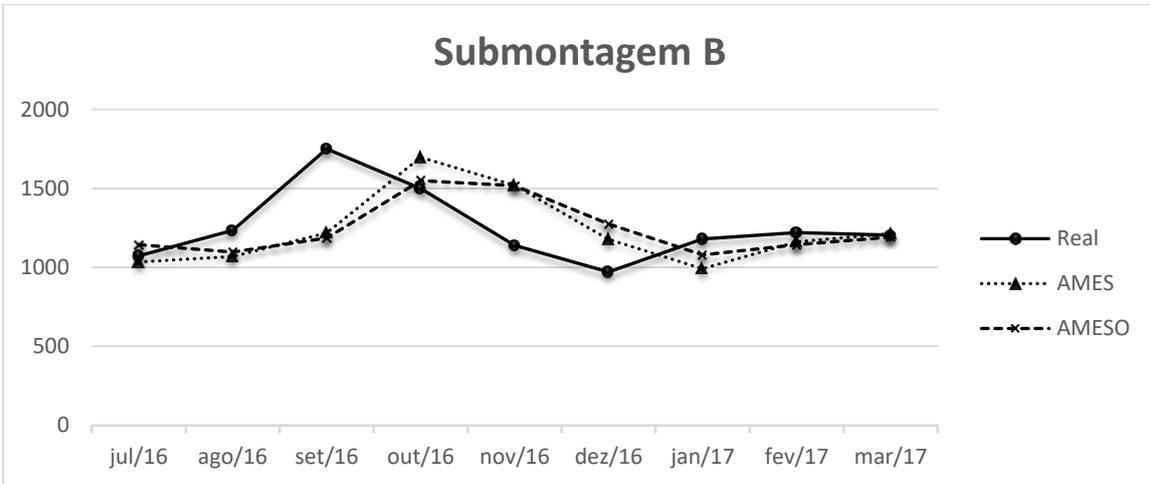
Submontagem G

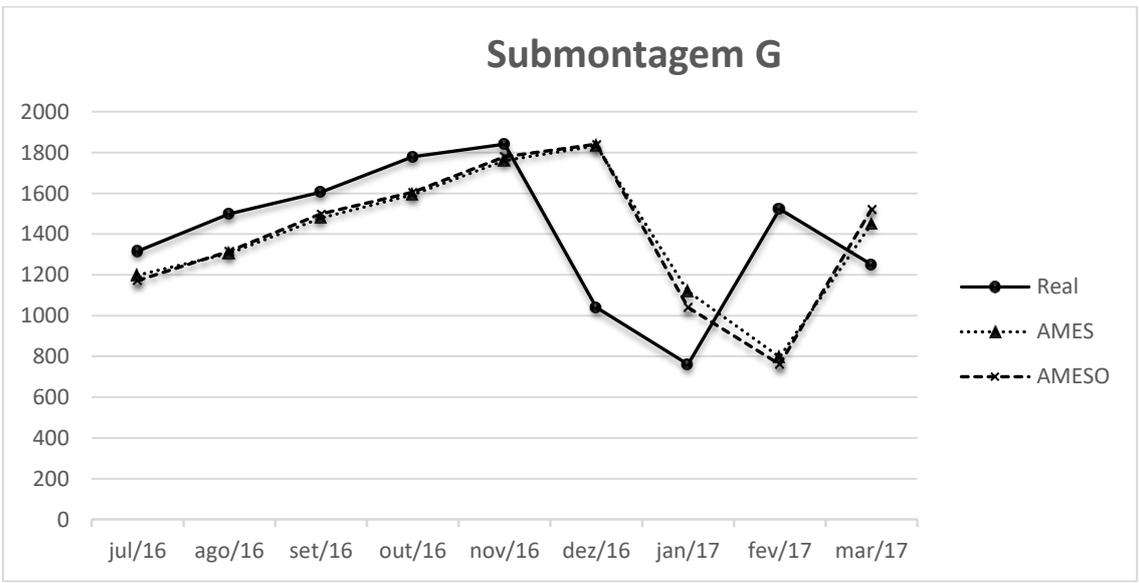
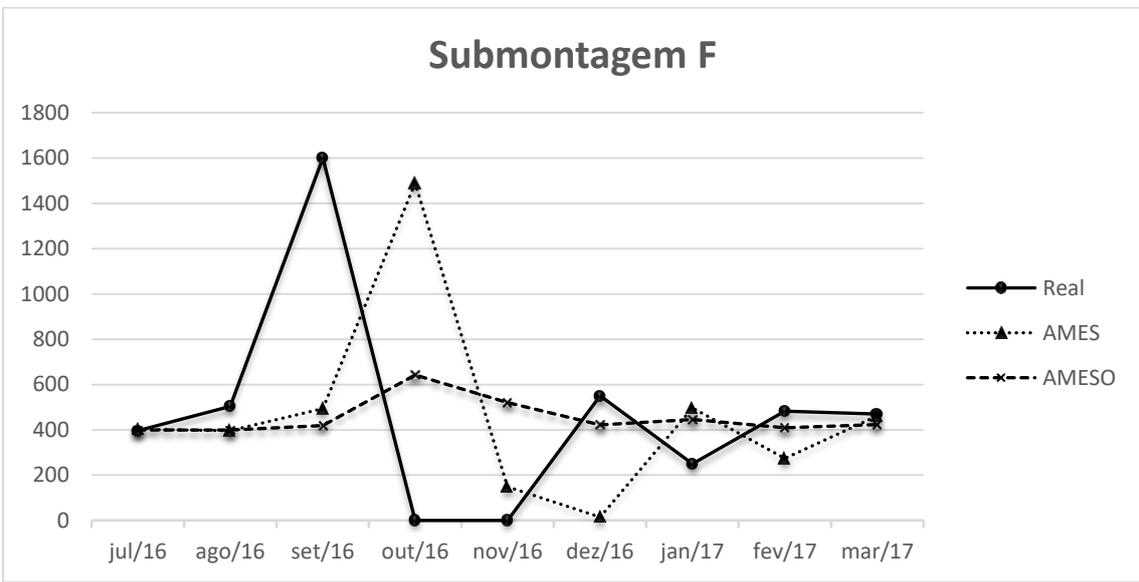
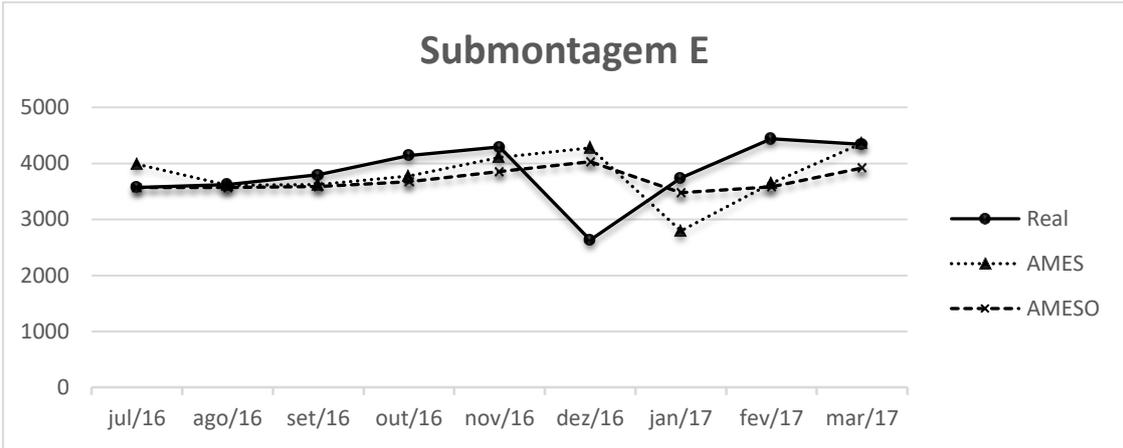


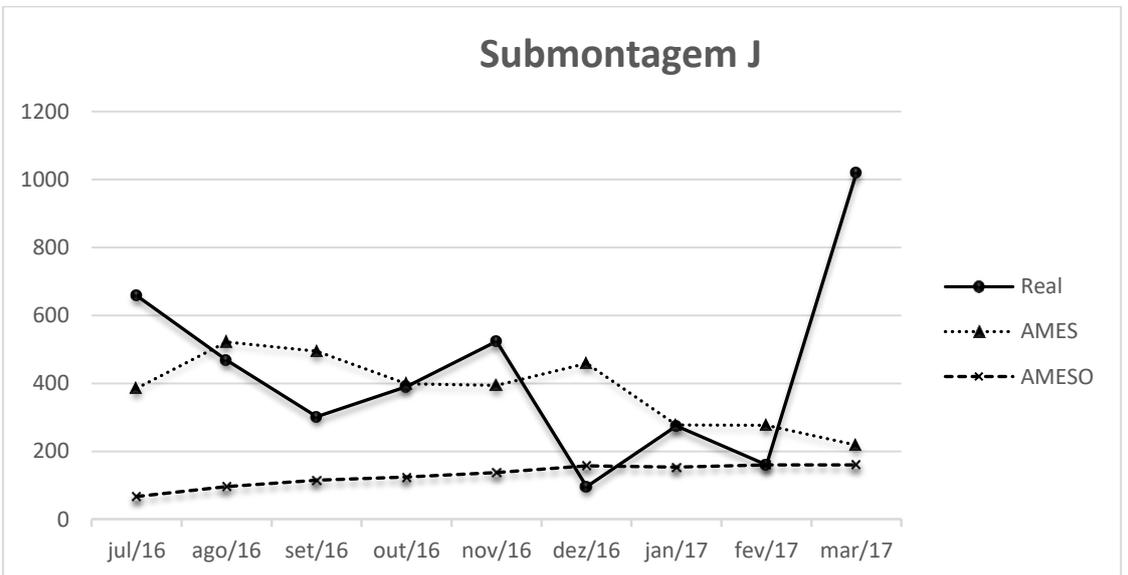
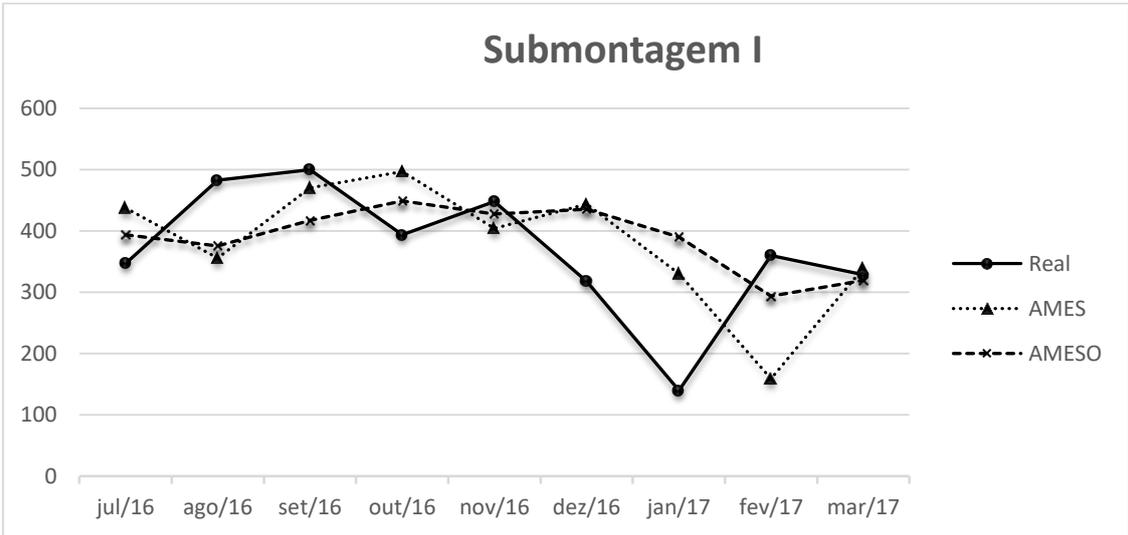
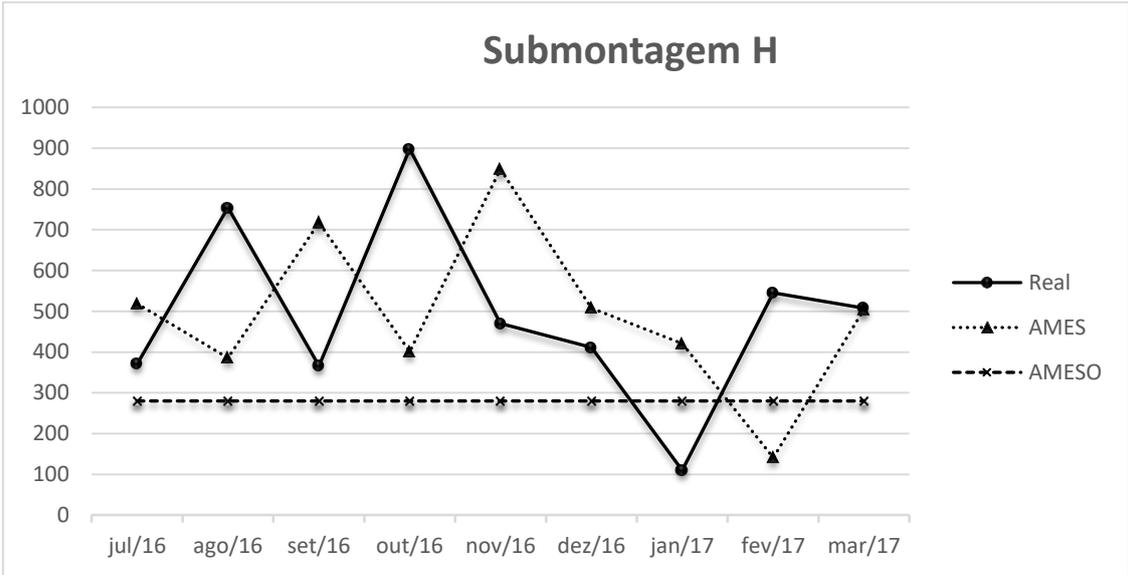


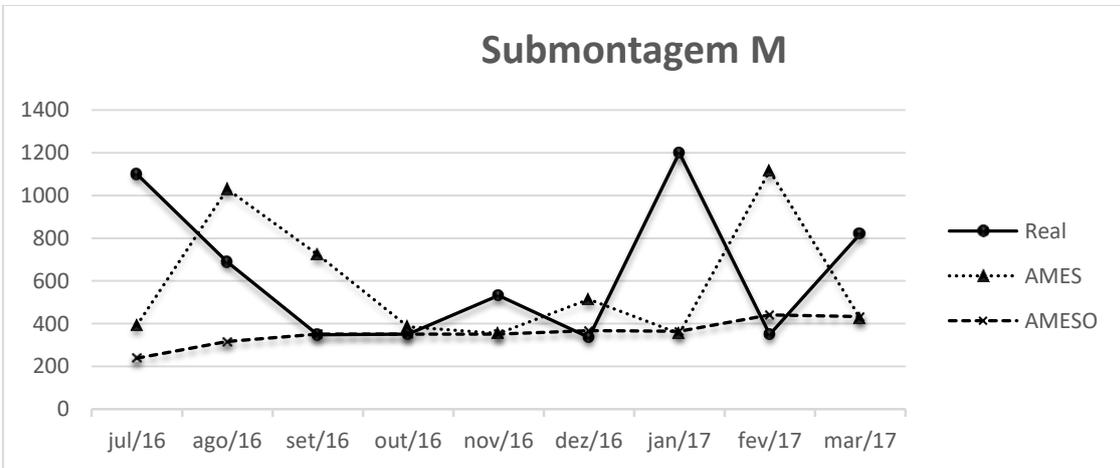
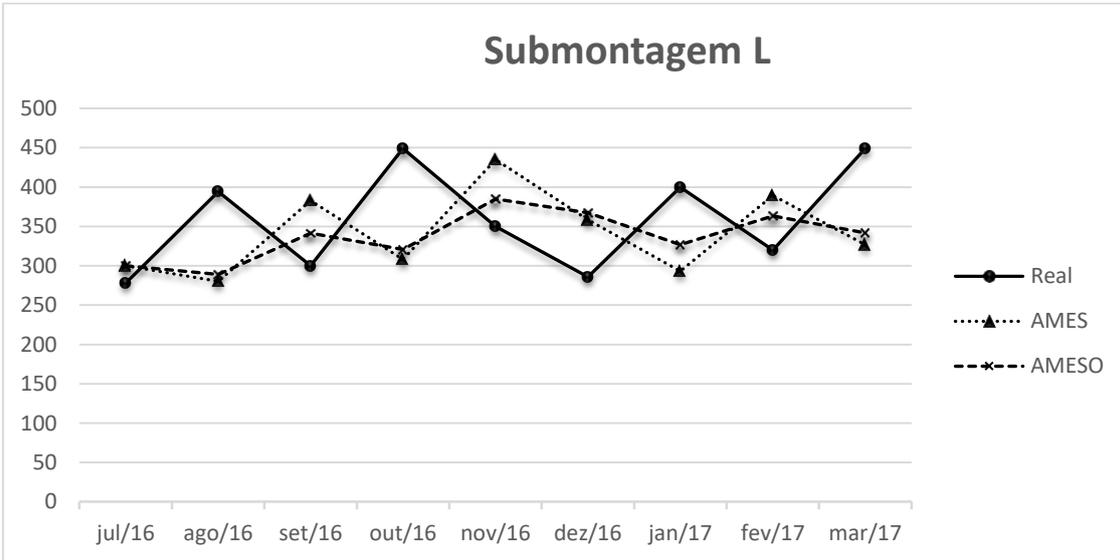
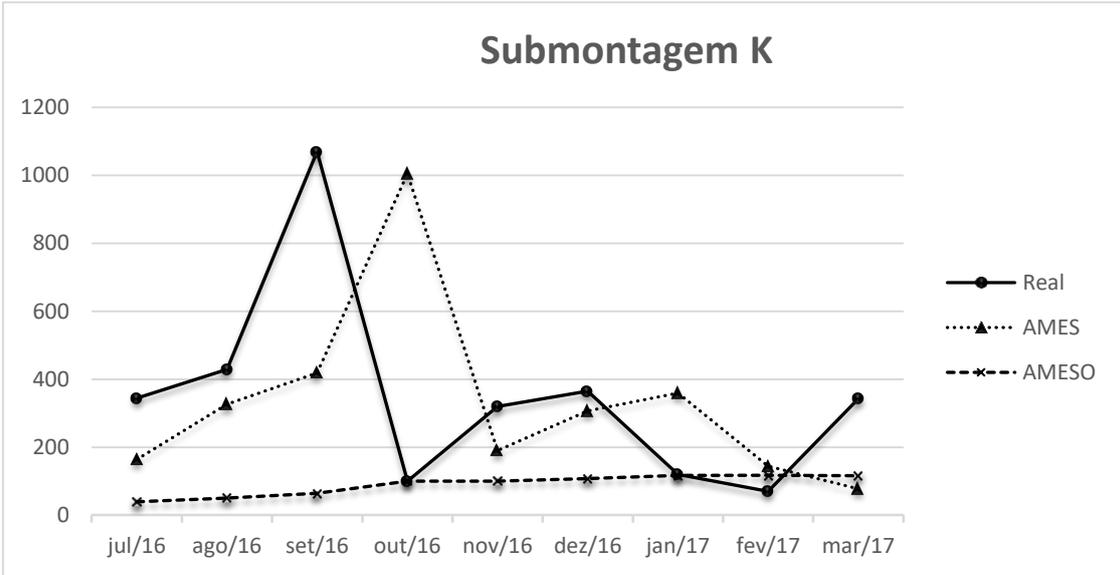


**APÊNDICE C – GRÁFICOS DAS SUBMONTAGENS PARA AMORTIZAÇÃO
EXPONENCIAL SIMPLES**

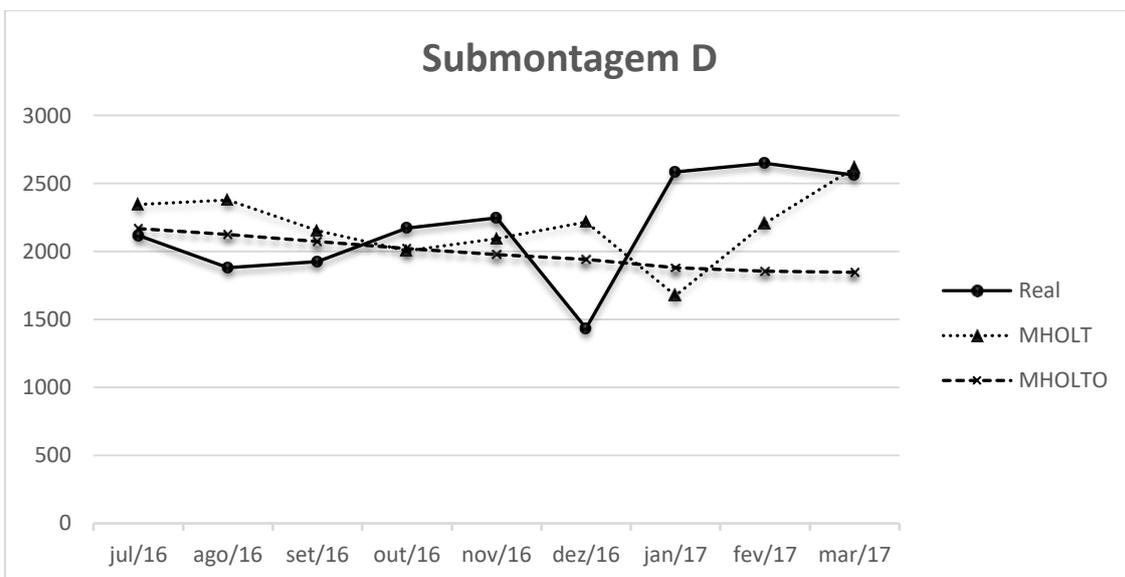
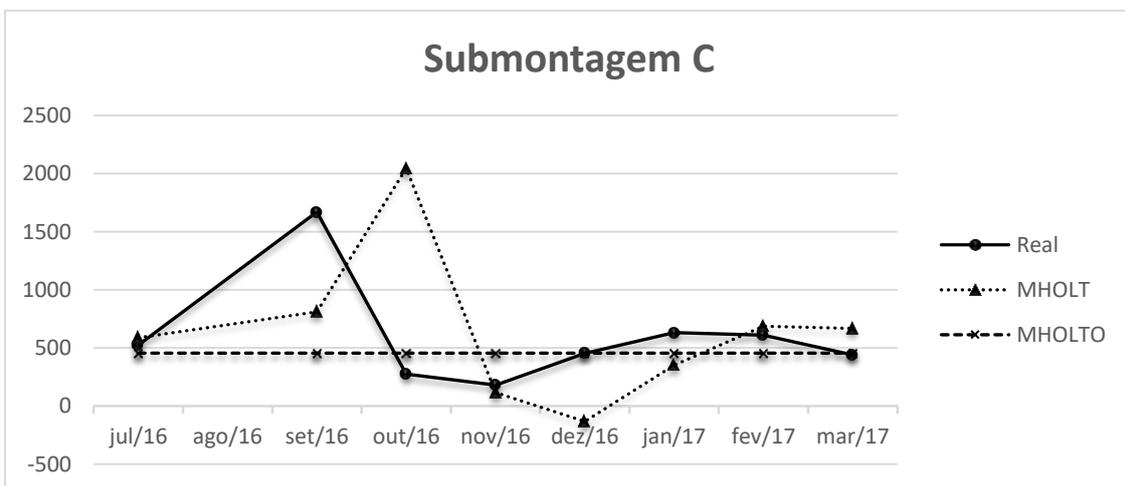
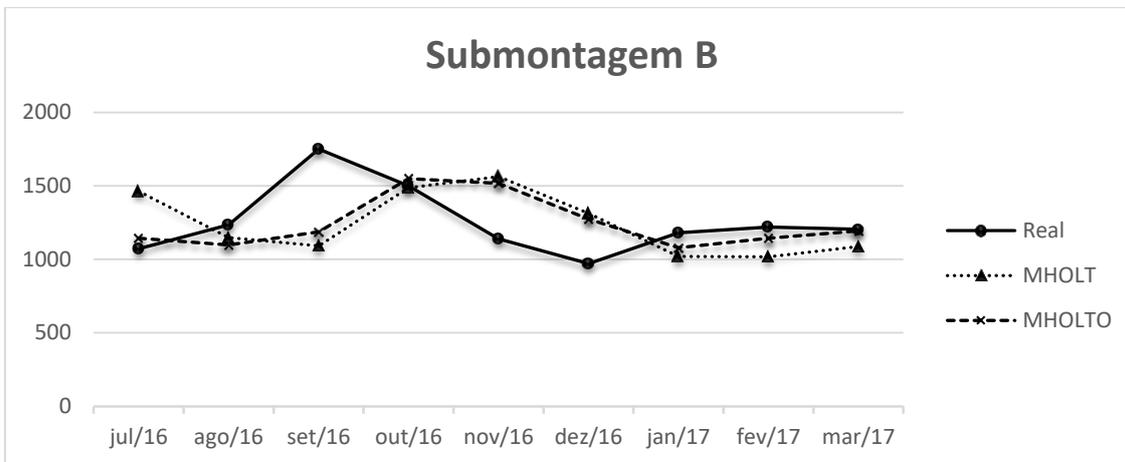




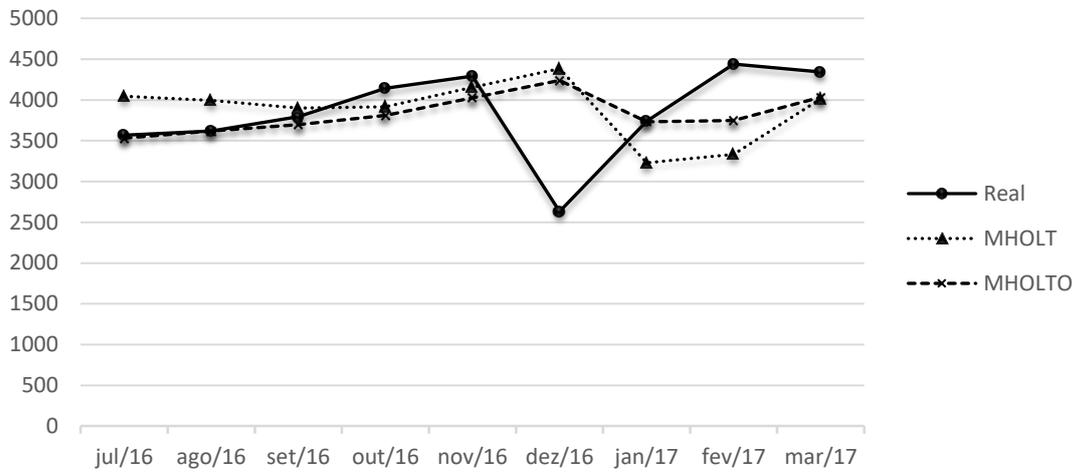




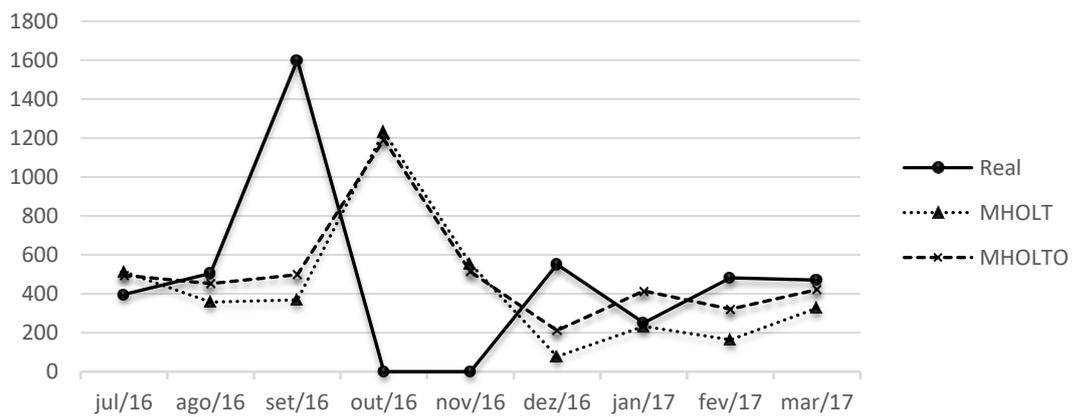
APÊNDICE D – GRÁFICOS DAS SUBMONTAGENS PARA MODELO DE HOLT



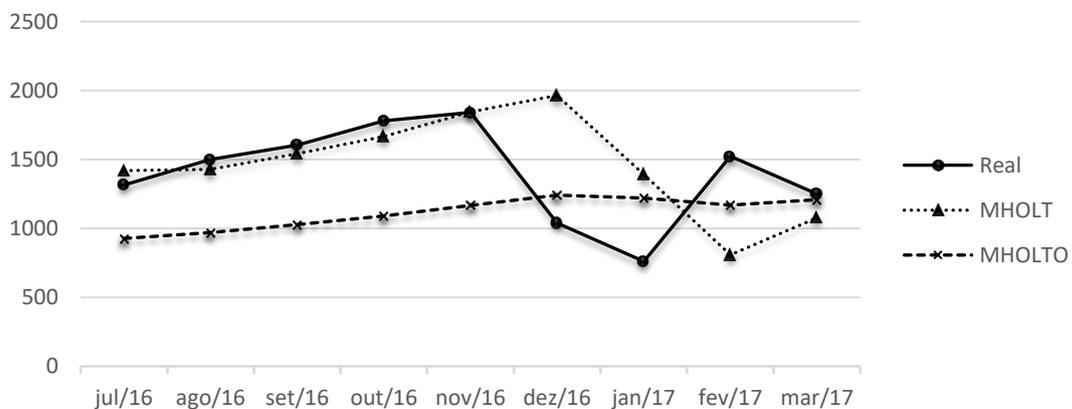
Submontagem E

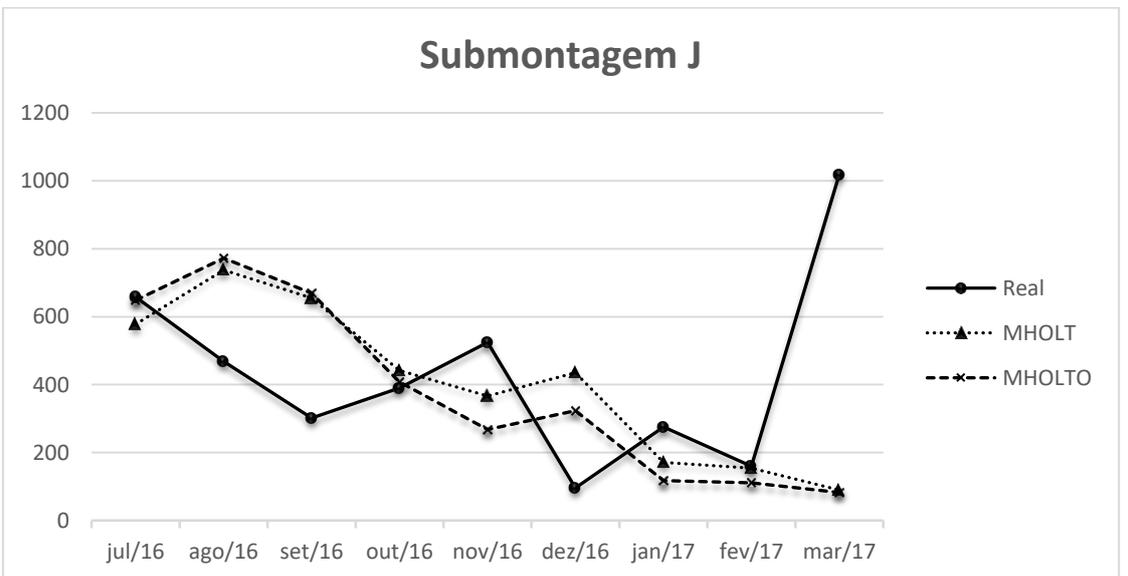
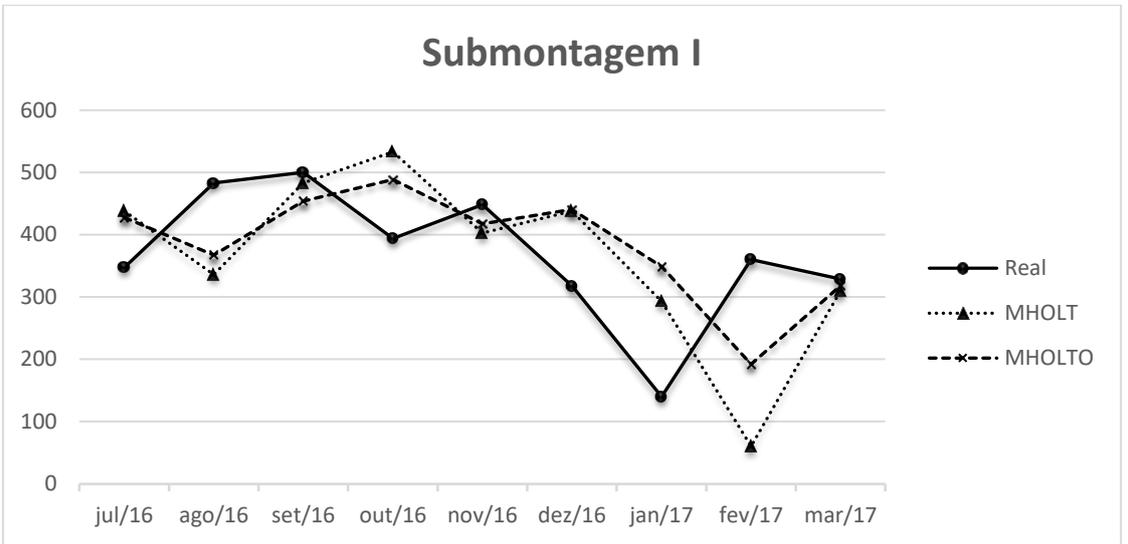
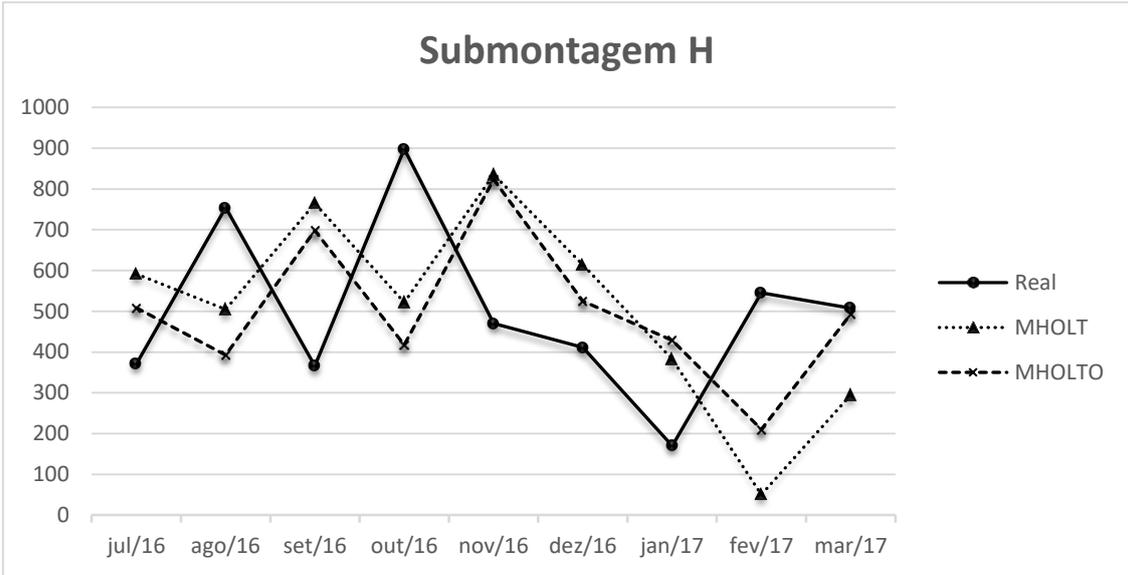


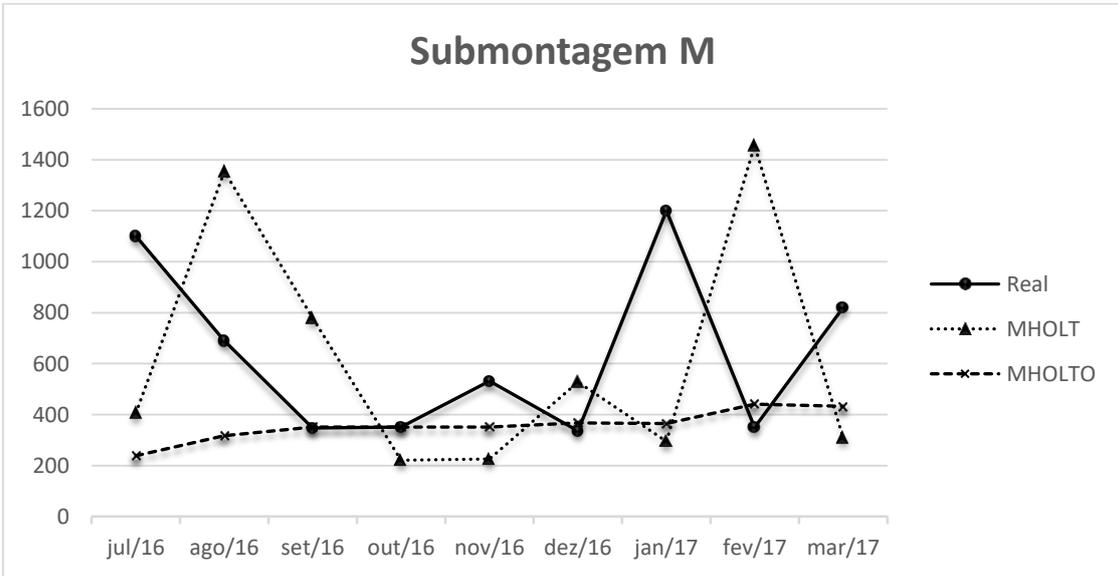
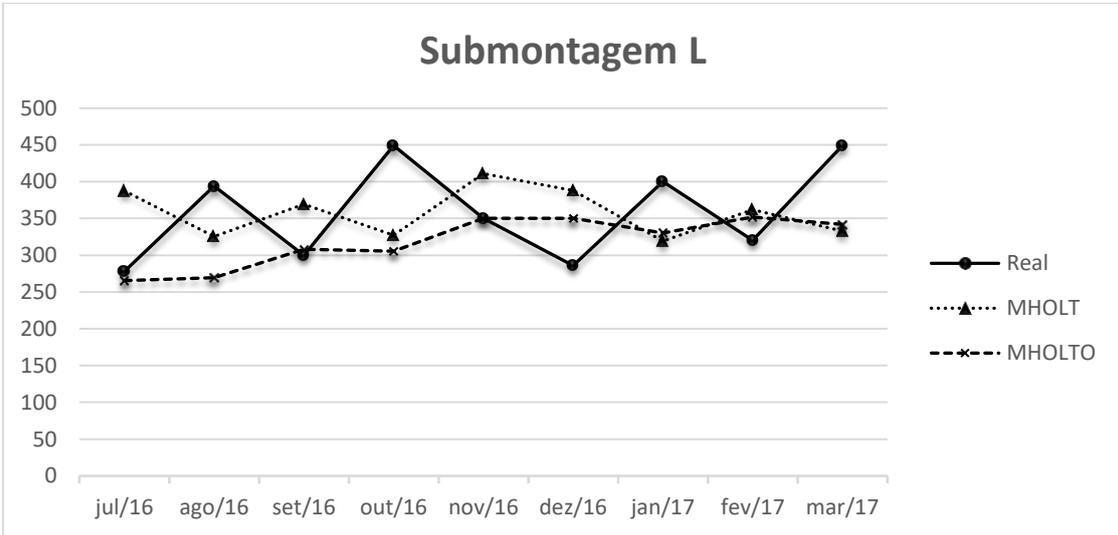
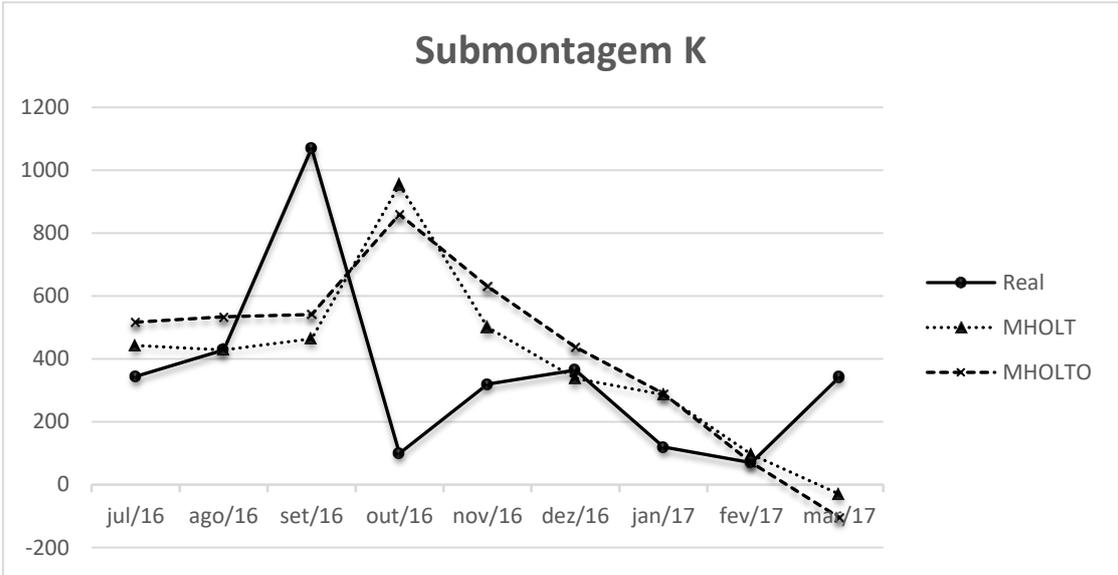
Submontagem F



Submontagem G







APÊNDICE E – RESULTADOS FINAIS

Submontagem B			jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17
Demanda do Mercado			1.180	1.220	1.204	989	1.453
Modelo Atual	Estoque Seg (dez/2016)	Programado (MS -12m)	1.233	1.331	1.282	1.284	1.213
		Estoque Intermediário	1.286	1.345	1.409	1.577	1.044
	1.233	Reprogramado	0	0	0	0	169
		Estoque Seg (MS-12m)	1.233	1.331	1.282	1.284	1.213
Modelo Estudo	Lote Econômico de Fabricação	Programado (MMPO)	1.179	1.448	1.231	978	852
	756	Estoque Intermediário	1.232	1.460	1.487	1.476	875
	Estoque Médio Anual	Reprogramar	0	0	0	0	0
	1.233	Estoque Final	1.232	1.460	1.487	1.476	875

Submontagem B	MODELO ATUAL		MODELO ESTUDO	
	ERRO ABSOLUTO	% ERRO	ERRO ABSOLUTO	% ERRO
PROGRAMADO VS DEMANDA	466	7,70%	0	0,00%

Submontagem B	ATUAL	PROPOSTO	DIFERENÇA	IMPACTO ANUAL
ESTOQUE FINAL (MÉDIA)	1.366	1.306	4,37%	R\$ 1.243,62
CUSTO COM SETUP (5 MESES)	R\$ 285,60	R\$ 238,00	R\$ 47,60	R\$ 114,24

Submontagem C			jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17
Demanda do Mercado			632	611	440	879	450
Modelo Atual	Estoque Seg (dez/2016)	Programado (MS -12m)	693	707	671	608	631
		Estoque Intermediário	753	789	938	400	789
	693	Reprogramado	0	0	0	208	0
		Estoque SEG (MS-12m)	693	707	671	608	631
Modelo Estudo	Lote Econômico de Fabricação	Programado (MMPO)	632	634	388	494	596
	388	Estoque Intermediário	693	715	664	279	838
	Estoque Médio Anual	Reprogramar	0	0	0	414	0
	693	Estoque Final	693	715	664	693	838

Submontagem C	MODELO ATUAL		MODELO ESTUDO	
	ERRO ABSOLUTO	% ERRO	ERRO ABSOLUTO	% ERRO
PROGRAMADO VS DEMANDA	506	16,79%	0	0,00%

Submontagem C	ATUAL	PROPOSTO	DIFERENÇA	IMPACTO ANUAL
ESTOQUE FINAL (MÉDIA)	775	720	7,08%	R\$ 2.459,45
CUSTO COM SETUP (5 MESES)	R\$ 295,80	R\$ 295,80	R\$ 0,00	R\$ 0,00

Submontagem D			jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17
Demanda do Mercado			2.246	1.435	2.584	2.406	3.325
Modelo Atual	Estoque Seg (dez/2016)	Programado (MS -12m)	1.955	1.970	2.110	2.154	2.216
		Estoque Intermediário	1.663	2.490	1.496	1.858	1.044
	1.955	Reprogramado	291	0	614	296	1.171
		Estoque Seg (MS-12m)	1.955	1.970	2.110	2.154	2.216
Modelo Estudo	Lote Econômico de Fabricação	Programado (MMPO)	1.776	2.740	1.462	2.366	2.735
	716	Estoque Intermediário	1.485	2.790	1.668	1.629	1.039
	Estoque Médio Anual	Reprogramar	0	0	0	0	915
	1.955	Estoque Final	1.485	2.790	1.668	1.629	1.955

Submontagem D	MODELO ATUAL		MODELO ESTUDO	
	ERRO ABSOLUTO	% ERRO	ERRO ABSOLUTO	% ERRO
PROGRAMADO VS DEMANDA	781	6,51%	0	0,00%

Submontagem D	ATUAL	PROPOSTO	DIFERENÇA	IMPACTO ANUAL
ESTOQUE FINAL (MÉDIA)	2.185	1.905	12,78%	R\$ 3.559,40
CUSTO COM SETUP (5 MESES)	R\$ 153,00	R\$ 102,00	R\$ 51,00	R\$ 122,40

Submontagem E			jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17
Demanda do Mercado			3.739	4.440	4.342	3.912	4.018
Modelo Atual	Estoque Seg (dez/2016)	Programado (MS -12m)	3.462	3.503	3.701	3.766	3.841
		Estoque Intermediário	3.185	2.525	2.861	3.555	3.589
	3.462	Reprogramado	277	978	840	212	252
		Estoque Seg (MS-12m)	3.462	3.503	3.701	3.766	3.841
Modelo Estudo	Lote Econômico de Fabricação	Programado (MMPO)	3.739	4.123	4.597	2.803	3.776
	873	Estoque Intermediário	3.462	3.145	3.400	2.291	3.220
	Estoque Médio Anual	Reprogramar	0	0	0	1.171	0
	3.462	Estoque Final	3.462	3.145	3.400	3.462	3.220

Submontagem E	MODELO ATUAL		MODELO ESTUDO	
	ERRO ABSOLUTO	% ERRO	ERRO ABSOLUTO	% ERRO
PROGRAMADO VS DEMANDA	379	1,85%	0	0,00%

Submontagem E	ATUAL	PROPOSTO	DIFERENÇA	IMPACTO ANUAL
ESTOQUE FINAL (MÉDIA)	3.654	3.338	8,67%	R\$ 2.444,50
CUSTO COM SETUP (5 MESES)	R\$ 85,00	R\$ 51,00	R\$ 34,00	R\$ 81,60

Submontagem F			jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17
Demanda do Mercado			250	482	470	565	600
Modelo Atual	Estoque Seg (dez/2016)	Programado (MS -12m)	525	542	539	471	460
		Estoque Intermediário	800	585	611	445	331
	525	Reprogramado	0	0	0	26	129
		Estoque Seg (MS-12m)	525	542	539	471	460
Modelo Estudo	Lote Econômico de Fabricação	Programado (MMPO)	343	343	515	343	670
	343	Estoque Intermediário	618	480	524	303	373
	Estoque Médio Anual	Reprogramar	0	0	0	0	0
	525	Estoque Final	618	480	524	303	373

Submontagem F	MODELO ATUAL		MODELO ESTUDO	
	ERRO ABSOLUTO	% ERRO	ERRO ABSOLUTO	% ERRO
PROGRAMADO VS DEMANDA	325	13,73%	0	0,00%

Submontagem F	ATUAL	PROPOSTO	DIFERENÇA	IMPACTO ANUAL
ESTOQUE FINAL (MÉDIA)	585	460	21,49%	R\$ 4.548,21
CUSTO COM SETUP (5 MESES)	R\$ 285,60	R\$ 204,00	R\$ 81,60	R\$ 195,84

Submontagem G			jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17
Demanda do Mercado			761	1.523	1.250	1.384	1.463
Modelo Atual	Estoque Seg (dez/2016)	Programado (MS -12m)	1.301	1.304	1.348	1.359	1.377
		Estoque Intermediário	1.841	1.082	1.402	1.323	1.273
	1.301	Reprogramado	0	222	0	36	104
		Estoque Seg (MS-12m)	1.301	1.304	1.348	1.359	1.377
Modelo Estudo	Lote Econômico de Fabricação	Programado (MMPO)	1.040	610	1.523	977	1.385
	610	Estoque Intermediário	1.580	667	1.574	1.167	1.089
	Estoque Médio Anual	Reprogramar	0	634	0	0	0
	1.301	Estoque Final	1.580	1.301	1.574	1.167	1.089

Submontagem G	MODELO ATUAL		MODELO ESTUDO	
	ERRO ABSOLUTO	% ERRO	ERRO ABSOLUTO	% ERRO
PROGRAMADO VS DEMANDA	670	10,50%	0	0,00%

Submontagem G	ATUAL	PROPOSTO	DIFERENÇA	IMPACTO ANUAL
ESTOQUE FINAL (MÉDIA)	1.457	1.342	7,84%	R\$ 1.330,53
CUSTO COM SETUP (5 MESES)	R\$ 136,00	R\$ 102,00	R\$ 34,00	R\$ 81,60

Submontagem H			jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17
Demanda do Mercado			170	545	508	480	685
Modelo Atual	Estoque Seg (dez/2016)	Programado (MS -12m)	439	430	453	481	492
		Estoque Intermediário	708	324	375	453	287
	439	Reprogramado	0	106	78	27	205
		Estoque Seg (MS-12m)	439	430	453	481	492
Modelo Estudo	Lote Econômico de Fabricação	Programado (MMPO)	379	435	337	733	327
	327	Estoque Intermediário	649	538	368	621	263
	Estoque Médio Anual	Reprogramar	0	0	0	0	0
	439	Estoque Final	649	538	368	621	263

Submontagem H	MODELO ATUAL		MODELO ESTUDO	
	ERRO ABSOLUTO	% ERRO	ERRO ABSOLUTO	% ERRO
PROGRAMADO VS DEMANDA	322	13,47%	0	0,00%

Submontagem H	ATUAL	PROPOSTO	DIFERENÇA	IMPACTO ANUAL
ESTOQUE FINAL (MÉDIA)	513	488	4,87%	R\$ 717,17
CUSTO COM SETUP (5 MESES)	R\$ 351,90	R\$ 195,50	R\$ 156,40	R\$ 375,36

Submontagem I			jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17
Demanda do Mercado			140	360	329	200	395
Modelo Atual	Estoque Seg (dez/2016)	Programado (MS -12m)	396	408	386	393	366
		Estoque Intermediário	652	444	464	578	364
	396	Reprogramado	0	0	0	0	2
		Estoque Seg (MS-12m)	396	408	386	393	366
Modelo Estudo	Lote Econômico de Fabricação	Programado (MMPO)	463	0	463	463	0
	463	Estoque Intermediário	719	359	492	755	360
	Estoque Médio Anual	Reprogramar	0	0	0	0	0
	396	Estoque Final	719	359	492	755	360

Submontagem I	MODELO ATUAL		MODELO ESTUDO	
	ERRO ABSOLUTO	% ERRO	ERRO ABSOLUTO	% ERRO
PROGRAMADO VS DEMANDA	527	36,98%	0	0,00%

Submontagem I	ATUAL	PROPOSTO	DIFERENÇA	IMPACTO ANUAL
ESTOQUE FINAL (MÉDIA)	501	537	-7,18%	-R\$ 592,66
CUSTO COM SETUP (5 MESES)	R\$ 275,40	R\$ 137,70	R\$ 137,70	R\$ 330,48

Submontagem J			jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17
Demanda do Mercado			275	160	1.019	225	510
Modelo Atual	Estoque Seg (dez/2016)	Programado (MS -12m)	322	345	358	442	466
		Estoque Intermediário	369	507	-316	575	399
	322	Reprogramado	0	0	674	0	68
		Estoque Seg (MS-12m)	322	345	358	442	466
Modelo Estudo	Lote Econômico de Fabricação	Programado (MMPO)	339	339	0	606	0
	339	Estoque Intermediário	386	565	-454	703	193
	Estoque Médio Anual	Reprogramar	0	0	776	0	0
	322	Estoque Final	386	565	322	703	193

Submontagem J	MODELO ATUAL		MODELO ESTUDO	
	ERRO ABSOLUTO	% ERRO	ERRO ABSOLUTO	% ERRO
PROGRAMADO VS DEMANDA	487	22,24%	0	0,00%

Submontagem J	ATUAL	PROPOSTO	DIFERENÇA	IMPACTO ANUAL
ESTOQUE FINAL (MÉDIA)	455	434	4,71%	R\$ 574,56
CUSTO COM SETUP (5 MESES)	R\$ 345,10	R\$ 197,20	R\$ 147,90	R\$ 354,96

Submontagem K			jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17
Demanda do Mercado			120	70	342	398	550
Modelo Atual	Estoque Seg (dez/2016)	Programado (MS -12m)	314	324	322	350	368
		Estoque Intermediário	509	569	304	274	168
	314	Reprogramado	0	0	18	76	200
		Estoque Seg (MS-12m)	314	324	322	350	368
Modelo Estudo	Lote Econômico de Fabricação	Programado (MMPO)	380	0	0	380	380
	380	Estoque Intermediário	575	505	163	145	-25
	Estoque Médio Anual	Reprogramar	0	0	0	0	0
	314	Estoque Final	575	505	163	145	-25

Submontagem K	MODELO ATUAL		MODELO ESTUDO	
	ERRO ABSOLUTO	% ERRO	ERRO ABSOLUTO	% ERRO
PROGRAMADO VS DEMANDA	492	33,24%	0	0,00%

Submontagem K	ATUAL	PROPOSTO	DIFERENÇA	IMPACTO ANUAL
ESTOQUE FINAL (MÉDIA)	424	272	35,69%	R\$ 2.920,73
CUSTO COM SETUP (5 MESES)	R\$ 367,20	R\$ 137,70	R\$ 229,50	R\$ 550,80

Submontagem L			jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17
Demanda do Mercado			400	320	449	250	500
Modelo Atual	Estoque Seg (dez/2016)	Programado (MS -12m)	305	339	334	352	356
		Estoque Intermediário	211	324	224	436	207
	305	Reprogramado	95	15	110	0	148
		Estoque Seg (MS-12m)	305	339	334	352	356
Modelo Estudo	Lote Econômico de Fabricação	Programado (MMPO)	394	394	394	394	0
	394	Estoque Intermediário	299	373	318	461	-39
	Estoque Médio Anual	Reprogramar	0	0	0	0	0
	305	Estoque Final	299	373	318	461	-39

Submontagem L	MODELO ATUAL		MODELO ESTUDO	
	ERRO ABSOLUTO	% ERRO	ERRO ABSOLUTO	% ERRO
PROGRAMADO VS DEMANDA	135	7,03%	0	0,00%

Submontagem L	ATUAL	PROPOSTO	DIFERENÇA	IMPACTO ANUAL
ESTOQUE FINAL (MÉDIA)	354	282	20,22%	R\$ 1.298,06
CUSTO COM SETUP (5 MESES)	R\$ 428,40	R\$ 190,40	R\$ 238,00	R\$ 571,20

Submontagem M			jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17
Demanda do Mercado			1200	350	820	720	400
Modelo Atual	Estoque Seg (dez/2016)	Programado (MS -12m)	445	532	533	582	608
		Estoque	-310	627	245	395	791
	445	Reprogramado	755	0	288	187	0
		Estoque Seg (MS-12m)	445	532	533	582	608
Modelo Estudo	Lote Econômico de Fabricação	Programado (MMPO)	854	913	390	561	1095
	390	Estoque Intermediário	99	663	232	74	769
	Estoque Médio Anual	Reprogramar	0	0	0	0	0
	445	Estoque Final	99	663	232	74	769

Submontagem M	MODELO ATUAL		MODELO ESTUDO	
	ERRO ABSOLUTO	% ERRO	ERRO ABSOLUTO	% ERRO
PROGRAMADO VS DEMANDA	441	12,63%	324	9,28%

Submontagem M	ATUAL	PROPOSTO	DIFERENÇA	IMPACTO ANUAL
ESTOQUE FINAL (MÉDIA)	596	367	38,32%	R\$ 3.765,68
CUSTO COM SETUP (5 MESES)	R\$ 231,20	R\$ 144,50	R\$ 86,70	R\$ 208,08