

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

GUILHERME DIAS TAVARES  
JONATHAN BRESOLIN

**ESTUDO DE MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA APLICADOS  
A CAVACOS DE MADEIRA PARA UM DIGESTOR DE CELULOSE**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

(Tcc2 - Nº de Inscrição - 58)

CURITIBA

2017

GUILHERME DIAS TAVARES

JONATHAN BRESOLIN

**ESTUDO DE MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA APLICADOS  
A CAVACOS DE MADEIRA PARA UM DIGESTOR DE CELULOSE**

Monografia do Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Tcc2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Dr., Paulo Antonio Reaes

CURITIBA

2017

## TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto de Pesquisa "ESTUDO DE MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA APLICADOS A CAVACOS DE MADEIRA PARA UM DIGESTOR DE CELULOSE", realizado pelo aluno(s) GUILHERME DIAS TAVARES e JONATHAN BRESOLIN, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Tcc2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Dr., Paulo Antonio Reaes  
Departamento Acadêmico de Mecânica, UTFPR  
Orientador

Prof. Me., Osvaldo Verussa Junior  
Departamento Acadêmico de Mecânica, UTFPR  
Avaliador

Prof. Me., Rodrigo Ulisses Garbin da Rocha  
Departamento Acadêmico de Mecânica, UTFPR  
Avaliador

Curitiba, 01 de dezembro de 2017.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos nossos familiares e amigos, que nos deram apoio nas horas difíceis sendo fundamentais para a elaboração desta monografia.

Ao engenheiro Fábio Baldini pela sugestão do tema, da troca de conhecimentos e experiência compartilhada que contribuíram para a construção do presente trabalho.

À empresa fornecedora dos dados que possibilitou o estudo de caso contido nesse trabalho.

Ao nosso professor orientador Dr. Paulo Antonio Reaes que nos auxiliou e nos direcionou para a realização do trabalho.

## RESUMO

TAVARES, Guilherme Dias; BRESOLIN, Jonathan. Estudo de métodos de previsão de demanda aplicados a cavacos de madeira para um digestor de celulose. 2017. 131 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) apresentado à Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

Este projeto foi realizado com dados provenientes de uma fábrica de celulose, onde após uma análise inicial da demanda histórica, foi constatado que o estoque de cavacos de madeira anterior ao digestor poderia estar superdimensionado. O objetivo proposto neste projeto foi o estudo dos modelos capazes de realizarem previsões para a demanda do equipamento conseguinte ao estoque, reduzindo a quantidade de matéria-prima parada. A partir disto, espera-se também melhorar a qualidade dos cavacos, que ficarão armazenados por um tempo menor, além de garantir o suprimento ininterrupto e irreduzível durante períodos de manutenções na linha de produção. Para tanto, analisou-se os dados históricos da demanda do digestor e informações sobre as manutenções nos picadores e na peneira, possibilitando definir o melhor modelo de previsão para o caso. Ao fim, dentre as metodologias estudadas, obteve-se destaque para o método Holt-Winters TA-SM-NA, o qual foi avaliado pela sua eficiência e permitirá uma melhoria para as tomadas de decisão de manutenção da empresa.

**Palavras-chave:** Métodos de Previsão de Demanda. Digestor. Celulose.

## ABSTRACT

TAVARES, Guilherme Dias; BRESOLIN, Jonathan. Demand forecasting study applied to wood chips for a pulp digester. 2017. 131 f. Work of Conclusion Course (Graduation in Mechanical Engineering) - Federal University of Technology - Paraná. Curitiba, 2017

This project was carried out with given data from a pulp mill, where after an initial analysis of historical demand, it was verified that the stock pile of wood chips before the digester could be oversized. The objective of this project was the development of a model capable of forecasting the demand for the equipment, thus reducing the quantity of raw material. From this, it is also expected to maintain the quality of the chips, which will be stored for a shorter time, and in addition to ensuring uninterrupted and irreducible supply during maintenance periods in the production line prior to the bottleneck equipment. For this, the historical demand data of the equipment and the information on maintenance of the previous ones were analyzed, allowing the definition of the best forecasting model for the case. Finally, it was achieved the best forecasting model for the current demand, evaluated by its efficiency, which will allow the company to take better decisions about the maintenance schedule.

**Keywords:** Forecasting Demand. Digester. Cellulose.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estocagem de cavacos ao ar livre	23
Figura 2 – Digestor (à esquerda da imagem)	24
Figura 3 – Fluxograma representativo da metodologia a ser aplicada no projeto	38
Figura 4 – Gráfico Demanda x Período.	43
Figura 5 – Gráfico comparativo entre a Demanda e a Demanda Dessazonalizada	45
Figura 6 – Gráfico da previsão de demanda do modelo ingênuo pelo período	48
Figura 7 – Gráfico da previsão de demanda do modelo Média Móvel (MM-4) pelo período	49
Figura 8 – Comparação entre as previsões do método da Suavização Exponencial com base na série histórica (a) e na série dessazonalizada (b)	50
Figura 9 – Comparação entre as previsões do método Holt Aditivo com base na série histórica (a) e na série dessazonalizada (b)	51
Figura 10 – Comparação entre as previsões do método Holt Multiplicativo com base na série histórica (a) e na série dessazonalizada (b)	52
Figura 11 – Gráfico das previsões do método Holt-Winters TA-SM-NA	53

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Previsão de demanda para o período $t+1$	29
Equação 2 – Estimativa do período $t$ , Modelo Média Móvel	30
Equação 3 – Estimativa do período $t$ , Suavização Exponencial Simples	31
Equação 4 – Estimativa do período $t+1$ , Modelo de Holt	31
Equação 5 – Estimativa do período $t+n$ , Modelo de Holt	31
Equação 6 – Estimativa de nível para o período $t+1$ , Modelo de Holt	31
Equação 7 – Estimativa de tendência para o período $t+1$ , Modelo de Holt	31
Equação 8 – Estimativa do período $t+1$ , Modelo de Holt-Winters	32
Equação 9 – Estimativa do período $t+n$ , Modelo de Holt-Winters	32
Equação 10 – Estimativa de nível para o período $t+1$ , Modelo de Holt-Winters	32
Equação 11 – Estimativa de tendência para o período $t+1$ , Modelo de Holt-Winters	32
Equação 12 – Estimativa de sazonalidade para o período $t+1$ , Modelo de Holt-Winters	32
Equação 13 – Estimativa do período $t+n$ , Modelo de Holt-Winters Tendência Aditiva	33
Equação 14 – Estimativa de nível para o período $t+1$ , Modelo de Holt-Winters Tendência Aditiva	33
Equação 15 – Estimativa de tendência para o período $t+1$ , Modelo de Holt-Winters Tendência Aditiva	33
Equação 16 – Estimativa de sazonalidade para o período $t+1$ , Modelo de Holt-Winters Tendência Aditiva	33
Equação 17 – Estimativa do período $t+n$ , Modelo de Holt Amortecido	33
Equação 18 – Estimativa de nível para o período $t+1$ , Modelo de Holt Amortecido	33
Equação 19 – Estimativa de tendência para o período $t+1$ , Modelo de Holt Amortecido	34
Equação 20 – Estimativa do período $t+n$ , Modelo de Holt Amortecido Tendência Aditiva	34
Equação 21 – Estimativa de nível para o período $t+1$ , Modelo de Holt Amortecido Tendência Aditiva	34
Equação 22 – Estimativa de tendência para o período $t+1$ , Modelo de Holt Amortecido Tendência Aditiva	34



Equação 23 – Erro de previsão para o período t	35
Equação 24 – Desvio Absoluto Médio para o período n	36
Equação 25 – Erro Absoluto Médio Percentual	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Modelo de previsão e sua aplicabilidade	34
Tabela 2 – Resumo da nomenclatura dos métodos	35
Tabela 3 – Dados históricos da demanda de cavaco	42
Tabela 4 – Dados históricos da demanda de cavaco dessazonalizada	44
Tabela 5 – Dados das temperaturas	46
Tabela 6 – Análise de variância utilizando as temperaturas	47
Tabela 7 – Coeficientes de suavização otimizados para o método Holt Aditivo	51
Tabela 8 – Coeficientes de suavização otimizados para o método Holt Multiplicativo	52
Tabela 9 – Coeficientes de suavização otimizados para o método Holt-Winters	53
Tabela 10 – Comparativo entre os métodos calculados	54
Tabela 11 – Comparativo entre os métodos utilizando 90% da série	55

## LISTA DE SÍMBOLOS

$F_t$	Previsão de demanda para o período
$L_t$	Estimativa do nível ao final do período $t$
$T_t$	Estimativa de tendência ao final do período $t$
$S_t$	Estimativa de fator de sazonalidade para o período $t$
$I$	Quantidade de períodos a frente do período $t$
$D_t$	Demanda do último período
$N$	Número de períodos utilizados na análise dos dados
$\alpha$	Constante de suavização de nível
$\beta$	Parametrização para a suavização do fator tendência
$\gamma$	Parametrização para a suavização do fator sazonalidade
$\phi$	Parâmetro de amortecimento
$E_t$	Erro de previsão
$A_t$	Desvio absoluto no período $t$
DAM	Desvio absoluto médio
EAMP	Erro absoluto médio percentual
TS	Razão de viés

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
1.1	CONTEXTO DO TEMA	14
1.2	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	16
1.3	OBJETIVOS	17
1.3.1	Objetivos geral	17
1.3.2	Objetivos específicos	17
1.4	JUSTIFICATIVA	18
1.5	CONTEÚDO OU ETAPAS DO TRABALHO	18
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>20</b>
2.1	OBTENÇÃO DA CELULOSE	20
2.1.1	Pátios de madeiras	21
2.1.2	Linha de fibras	23
2.1.3	Secagem	26
2.1.4	Evaporação	26
2.1.5	Caldeira de recuperação e força	26
2.1.6	Caustificação e forno de cal	26
2.2	MÉTODOS DE PREVISÃO	27
2.2.1	Métodos qualitativos	27
2.2.2	Métodos quantitativos	28
2.2.3	Erros de Previsão de Demanda	35
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>38</b>
3.1	DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA	39
3.2	JUSTIFICATIVA DA METODOLOGIA	41
3.3	PRODUTOS DO PROJETO	41
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTOS E RESULTADOS</b>	<b>42</b>
4.1	OBTENÇÃO DOS DADOS HISTÓRICOS	42
4.2	ANÁLISE DOS DADOS HISTÓRICOS	43
4.3	TESTE DO MODELO DE PREVISÃO COM OS DADOS HISTÓRICOS	48
4.4	OBTENÇÃO DO TEMPO DE MANUTENÇÃO	55
4.5	DEFINIÇÃO DA QUANTIDADE MÍNIMA DE ESTOQUE	56
4.6	CONCLUSÃO DA VIABILIDADE	57
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>58</b>
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	59
	REFERÊNCIAS	60
	APÊNDICE A – CÁLCULOS DO MÉTODO INGÊNUO	62
	APÊNDICE B – CÁLCULOS DO MÉTODO DA MÉDIA MÓVEL	64
	APÊNDICE C – CÁLCULOS DO MODELO DE SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL SIMPLES	66
	APÊNDICE D – CÁLCULOS DO MODELO DE HOLT ADITIVO	75

APÊNDICE E – CÁLCULOS DO MODELO DE HOLT ADITIVO AMORTECIDO	87
APÊNDICE F – CÁLCULOS DO MODELO DE HOLT MULTIPLICATIVO	99
APÊNDICE G – CÁLCULOS DO MODELO DE HOLT MULTIPLICATIVO AMORTECIDO	111
APÊNDICE H – CÁLCULOS DO MODELO DE HOLT-WINTERS	123
APÊNDICE I – SIMULAÇÃO 90-10 DO MODELO DE HOLT-WINTERS	131

# 1 INTRODUÇÃO

A competição no ramo da celulose, não só a nível mundial, mas também no mercado brasileiro, é acirrada. Existem diversas fábricas de celulose no Brasil que transformam a madeira em celulose, sendo as mais processadas de pinus (*softwood*) e eucalipto (*hardwood*), através do processo Kraft<sup>1</sup>. Nestas fábricas, a obtenção da celulose provém de um processo químico, em que, após a picagem da madeira em cavacos, os mesmos são submetidos a um cozimento com a adição de produtos químicos, dentro de um equipamento chamado digestor. Este equipamento possui dimensões extensas: cerca de 12 metros de diâmetro e 80 metros de altura. O digestor possui uma função crítica para o processo e é o gargalo de todo o processo, supõe-se que o estoque de cavacos para alimentá-lo seja superdimensionado. Portanto, a otimização deste estoque através de métodos de previsão de demanda é de suma importância para a diminuição dos custos e o aumento da competitividade da empresa no mercado.

O segmento de celulose chega a movimentar cerca de US\$ 14 bilhões só no Brasil, ficando atrás apenas do Estados Unidos, que chegam a movimentar um pouco mais de US\$ 36 bilhões (DEPEC-BRADESCO, 2016).

## 1.1 CONTEXTO DO TEMA

O processo Kraft de obtenção da celulose é o mais amplamente utilizado mundialmente (KLOCK et al., 2013). Começa com a recepção das toras de madeira por parte da unidade produtora e em seguida estas toras são descascadas e picadas, tornando-se cavacos de madeira. Estes cavacos, por sua vez, são armazenados em pilhas com formato de três quartos de círculo, sendo disposto de tal forma em que o primeiro cavaco que entra na pilha, é o primeiro a sair (sistema FiFo, que vem do inglês first in, first out).

---

<sup>1</sup> Processo Kraft: Processo no qual o polpamento de madeiras é feito através de soda e sulfeto de sódio (ASSUMPCÃO, PINHO, *et al.*, 1988)

A etapa seguinte consiste no cozimento dos cavacos em temperaturas relativamente altas (em torno de 150°C) (FOELKEL, 2009), dentro do digestor. Este cozimento é realizado com a adição do licor branco, composto formado principalmente por sulfato de sódio e vapor de alta pressão. Durante o processo de cozimento do cavaco no digestor, o licor branco liga-se às resinas presentes no cavaco e forma assim uma mistura de licor preto e polpa celulósica (fibras de celulose com resquícios de resina presos à mesma). Ao final deste processo a polpa será lavada para a separação do licor negro, o qual passará por um processo de recuperação química para se tornar licor branco e ser reutilizado no cozimento. A partir disso, a polpa é depurada para a retirada de cavacos não cozidos que serão reenviados ao digestor.

No próximo passo é realizado o branqueamento da polpa de celulose, a qual consiste na aplicação de soda cáustica, oxigênio e outros componentes químicos com o intuito de deslignificar<sup>2</sup> a polpa, retirar os resíduos de resina ainda existentes nas fibras e branquear a mesma, até atingir a alvura desejada. A partir daí inicia-se a secagem, onde são formadas as placas de celulose para o enfardamento, ou, no caso do Pinus, pode ser tanto em fardos quanto em bobinas. Com isto, a celulose está pronta para ser distribuída pela unidade produtora.

Como o processo de cozimento dos cavacos de madeira no digestor é um processo contínuo, de capacidade inferior aos processos anteriores (5.000 toneladas de cavacos por dia, em comparação com 3.500 toneladas por dia do digestor), e relativamente extenso, uma vez que o tempo para a separação de um cavaco em polpa celulósica é de cerca de 2 (duas) horas e meia, o mesmo é considerado o gargalo da produção. Portanto, se faz necessário evitar ao máximo uma parada inesperada, seja por manutenção ou por insuficiência na alimentação de cavacos.

É importante salientar que devido à madeira ser um material com propriedades não uniformes e possuir diversas variações na disposição das fibras ao longo do material, além do cozimento ser um processo turbulento, com refluxos internos, a demanda de cavacos para a alimentação do digestor possui uma alta variação.

---

<sup>2</sup> Deslignificar: Remoção do polímero de lignina estrutural a partir de tecido de planta, de modo que ele possa ser usado para aplicações como a fabricação de papel (SAAD, 2012).

Por causa da necessidade da continuidade e da alta variação inerente ao processo, os estoques de cavacos para o digestor são sempre superdimensionados. Normalmente, os estoques são calculados para suprir a demanda de 3 a 10 dias de consumo médio diário de cavaco, o que representa uma quantidade entre 2.000 e 8.000 toneladas de cavacos de madeira ao dia.

## 1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O superdimensionamento do estoque de cavacos acarreta, principalmente em:

- Problemas financeiros, uma vez que gera custos de armazenamento da matéria-prima, já que esta fica parada, o qual poderia ser revertido em investimentos para a empresa;
- Necessidade de um projeto mais robusto, com uma maior área de armazenamento e equipamentos.
- Riscos de incêndio são amplificados, dado que tanto os cavacos de Pinus como os de Eucalipto são materiais com baixa resistência ao fogo, e quanto maior for o tempo em estoque, maior é a desidratação da madeira, o que diminui ainda mais a sua resistência à combustão.

Para evitar o superdimensionamento do estoque é necessário conhecer a quantidade de matéria-prima que o equipamento posterior na linha de produção demandará, no caso, o digestor. Porém, há uma grande dificuldade na previsão da necessidade de cavacos para este equipamento, por diversos fatores:

- A complexidade do processo do cozimento, visto que dentro do equipamento há fluxos ascendentes e descendentes em regime turbulento, além de possuir realimentação;
- A falta de homogeneidade da matéria-prima, variando o tamanho, a retenção de umidade no cavaco, a disposição e composição da fibra celulósica;
- Condições do ambiente à que a matéria-prima está exposta (temperatura ambiente, umidade relativa do ar, assim por diante).

Para definir a quantidade de cavacos que entra no digestor, ao final do processo do equipamento é realizado um teste na polpa, que indica assim a



necessidade do aumento ou diminuição na quantidade de cavacos. Isto acarreta numa mudança contínua na demanda de cavacos. Como é possível notar, as variáveis envolvidas neste processo e como elas afetam a produção não são triviais e geram gastos desnecessários a empresa.

### 1.3 OBJETIVOS

Esta monografia possui um objetivo geral e alguns objetivos específicos que são descritos a seguir.

#### 1.3.1 Objetivos geral

Aplicar modelos para a previsão da demanda de matéria prima para o digestor em uma fábrica de celulose, de modo que se possa obter uma ferramenta de fácil utilização, manutenção e implementação, dentro de uma margem aceitável que será definida a partir da revisão teórica.

#### 1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Analisar dados da demanda de cavacos desta empresa produtora de celulose.
- Interpretar dos dados obtidos e o estabelecer a relação com as possíveis causas da flutuação da produção de celulose.
- Identificar métodos de previsão de demanda.
- Aplicar métodos de previsão de demanda e experimentá-los, utilizando séries de dados históricos.
- Qualificar a ferramenta.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

Apesar de uma longa busca sobre o assunto, não encontrou-se referências anteriores aplicada a demanda de cavacos de madeira em uma fábrica de celulose, o que torna o trabalho desafiador e único no cenário.

A importância da realização destes estudos deve-se ao fato de que os estoques de cavacos para a produção de celulose giram em torno de 2 a 8 mil toneladas diárias, totalizando um capital retido de quase US\$ 6 milhões diários, e como estes estoques variam de 3 a 10 dias, isto resulta em uma diferença de gastos de, aproximadamente, US\$ 40 milhões (aproximadamente R\$ 140.000.000,00, com o dólar cotado a R\$ 3,50). Cabe ressaltar, novamente, que este valor apenas indica a diferença entre um estoque de 3 e 10 dias. O valor para um estoque de 3 dias é de R\$ 67.716.000,00, enquanto que para um estoque de 10 dias, este valor salta para R\$ 219.450.000,00. Isto pode significar uma grande importância para as empresas, visto que uma unidade produtora de celulose chega a custar R\$ 7 bilhões e com estas diferenças, poder-se-ia construir outra unidade em quatro anos. Porém, este valor calculado engloba apenas o custo do cavaco de madeira, sem ter levado em conta o custo do espaço físico destinado para um estoque maior, a necessidade de maior mão-de-obra, entre outros.

É também um assunto que há muito interesse aos autores, pois significaria um profundo aprendizado na área de engenharia, com o englobamento de diversas áreas, tais como: produção, materiais e fabricação, além de outras matérias específicas das mesmas.

## 1.5 CONTEÚDO OU ETAPAS DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, descritos da seguinte forma:

O *Capítulo 2* apresenta a revisão bibliográfica contendo a descrição do processo de obtenção da celulose, a fundamentação teórica sobre método de previsão de demanda, e, por fim, os erros associados a estes.

No *Capítulo 3* descreve-se a metodologia aplicada no estudo de caso para a obtenção da previsão da demanda de cavacos de madeira para um digestor em uma fábrica de celulose, com as análises utilizadas para a obtenção dos parâmetros e equações capazes de realizar esta análise.

O *Capítulo 4* apresenta os resultados e erros obtidos com a previsão de demanda, demonstrando qual método é mais efetivo para este estudo de caso, discutindo a existência ou não de fatores que influenciam a demanda, as manutenções na fábrica de celulose, e por fim dimensionando o estoque mínimo.

Para encerrar o presente trabalho, o *Capítulo 5* apresenta as conclusões referentes ao desenvolvimento da metodologia, bem como as sugestões para trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo descreveu-se a obtenção da celulose e os métodos de previsão de demanda, assim como os erros associados ao mesmo, para o estudo e a avaliação da demanda de cavacos de madeira para um digestor em uma fábrica de celulose.

### 2.1 OBTENÇÃO DA CELULOSE

Desde a invenção do papel, que de acordo com Klock et al., (2013), a maioria dos historiadores creditam ao ministro Ts'ai Lun (105 D.C.) do então imperador Ho da China, a humanidade segue pesquisando meios de separar as fibras celulósicas da madeira para a produção deste material.

A necessidade da transmissão e preservação do conhecimento sempre manteve o mercado da polpa e do papel em constante desenvolvimento. Porém a invenção do processo de separação da celulose conhecido como processo sulfato ou Kraft, só foi desenvolvido em 1883, pelo químico alemão Karl Dahl (KLOCK et al., 2013). Este é atualmente o processo mais empregado no Brasil, em cerca de 95% fábricas (DEPEC-BRADESCO, 2016), e no mundo (TRAN e VAKKILAINNEN, 2006). Ainda segundo Tran e Vakkilainen (2006), o que faz desse processo ser amplamente utilizado no mundo é a alta resistência à tração provida pelas fibras separadas, a capacidade de utilização de diversas espécies de madeira, e a economia provida pela alta eficiência na recuperação química.

O Brasil é bastante competitivo neste mercado por diversos motivos, entre eles, o departamento de pesquisas e estudos econômicos do DEPEC-Bradesco (2016), define:

- Possui clima e terreno favoráveis ao crescimento das árvores (eucalipto e pinus), com um tempo médio menor do que o mundial;

- O custo de produção é menor do que nos outros países produtores: US\$ 235 por tonelada no Brasil, US\$ 420 nos Estados Unidos e US\$ 498 na China;
- Florestas próximas das fábricas, as quais são adjuntas dos terminais de exportação.

Uma fábrica de celulose Kraft é normalmente dividida em seis plantas distintas: pátio de madeiras, linha de fibras, secagem, evaporação, caldeira de recuperação e força e caustificação e forno. As três primeiras atuam diretamente na matéria-prima e na celulose, enquanto as outras três fazem parte da recuperação química e energética. As plantas do pátio de madeiras e da linha de fibras são as mais importantes para este trabalho, portanto serão melhor explicadas.

### 2.1.1 Pátios de madeiras

O pátio de madeiras é a primeira planta, conseqüentemente é onde entra a matéria-prima, as toras, e abrange o manuseio e a preparação da madeira, até o envio da mesma à polpação química (KLOCK et al., 2013). As etapas envolvidas nesta planta estão representadas a seguir.

#### a) ESTOQUE DE MADEIRAS

Quando as toras são descarregadas na fábrica, elas podem tanto ser utilizadas no mesmo momento, como podem ser mantidas em estoque.

#### b) DESCASCAMENTO

A partir de um processo mecanizado, as toras são cortadas em um comprimento ideal para o descascamento, onde as cascas são removidas por descascadores que podem ser de tambores rotativos, facas, hidráulicos ou químicos. Segundo Klock et al., (2013), os fatores mais importantes no processo de remoção da casca são a forma da madeira (quanto mais tortuosas, maior a dificuldade) e a espécie.

### c) PICAGEM

Depois de descascada, a madeira é picada em cavacos para obter uma penetração completa e mais rápida dos químicos do processo de cozimento. O tamanho ideal dos cavacos é de cerca de 25,4 milímetros de comprimento e 6 milímetros de espessura (GRANDE, 2012).

### d) PENEIRAMENTO

Para selecionar somente os cavacos de tamanhos ideais, estes passam por um processo de classificação, onde os cavacos de dimensões maiores que as ideais passam por uma repicagem, enquanto os cavacos mais finos são encaminhados para a queima na caldeira de força (KLOCK et al., 2013).

### e) ESTOQUE DE CAVACOS

Por fim, os cavacos são estocados até serem enviados ao digestor, na planta da linha de fibras. A principal função deste estoque é garantir alimentação ininterrupta do digestor, independente de eventuais paradas nas etapas anteriores da planta. De acordo com Klock et al., (2013), esta estocagem pode ser realizada de duas formas: ao ar livre, ou em silos.

O armazenamento ao ar livre é o mais comum, uma vez que exige uma menor área de estocagem por volume e é mais barato. O pátio de estocagem deve ser concretado e possuir boas condições de drenagem para manter a homogeneização dos cavacos, além de garantir que o primeiro cavaco a entrar, seja o primeiro a sair, uma vez que os cavacos possuem uma tendência à decomposição. Portanto, quanto antes o cavaco é processado, melhor é a sua qualidade.

A retirada dos cavacos é normalmente feita por uma rosca sem-fim embutida no piso na parte inferior do estoque. Para estoques longitudinais esta rosca fica em um dos lados, enquanto para um estoque circular a mesma fica no centro e é alimentada com a ajuda de um raspador que atua na pilha de cavacos. A rosca leva então os cavacos a um sistema de esteiras transportadoras, as quais normalmente são cobertas. A seguir, é mostrado um exemplo de pilha de cavacos estocados ao ar livre na Figura 1.



**Figura 1 – Estocagem de cavacos ao ar livre**  
**Fonte: Valmet Corporation (2016)**

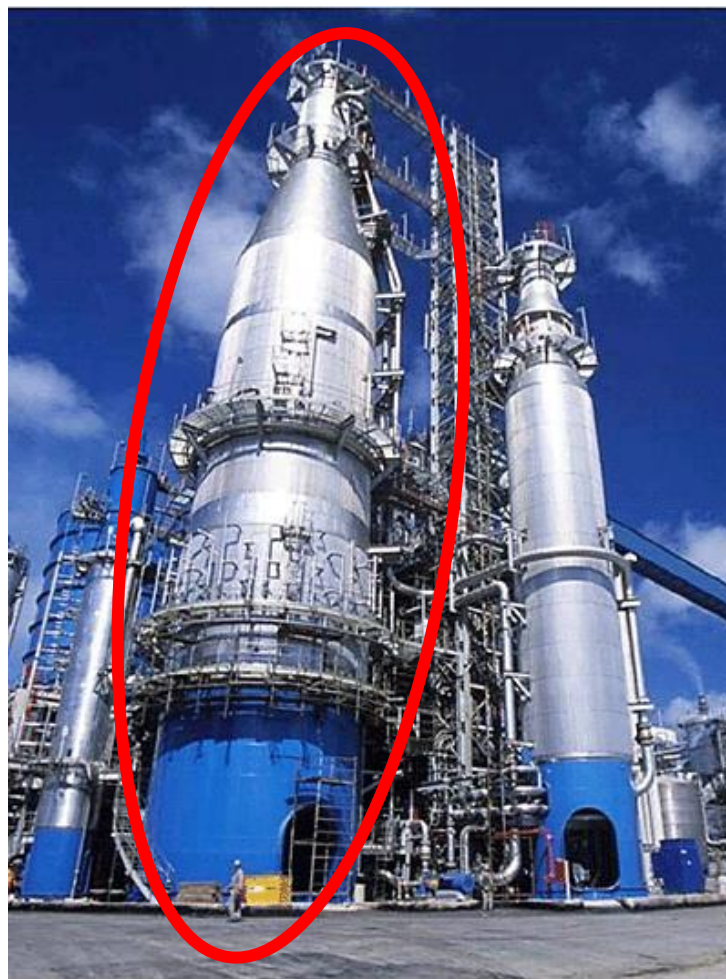
A estocagem em silos é utilizada em países onde há um inverno rígido, tornando o congelamento dos cavacos um problema. Por conta disto, no Brasil este tipo de armazenagem não é aplicado.

#### 2.1.2 Linha de fibras

A linha de fibras é considerada a linha crítica do processo, uma vez que esta é a formadora da celulose que será utilizada nas fábricas de papel. Ela é dividida em quatro processos por Biazus et al., (2010): cozimento, lavagem, depuração e branqueamento, sendo que os dois primeiros ocorrem ainda dentro do digestor.

##### A. COZIMENTO

O primeiro processo que ocorre na linha de fibras é o cozimento dos cavacos de madeira. Este ocorre no digestor, um equipamento em formato de torre, com cerca de 80 metros de altura e 12 metros de diâmetro, como se pode notar na Figura 2. O cavaco de madeira entra pela parte superior e vai descendo através da gravidade.



**Figura 2 – Digestor (à esquerda da imagem)  
Fonte: Naylor Association Solutions (2016).**

De acordo com Klock et al., (2013), antes de entrar no digestor, os cavacos passam por uma pré-câmara onde recebem vapor para a retirada do ar presente no interior dos cavacos e de outras substâncias não condensáveis. Uma mistura de licor branco de cozimento e cavacos pré-aquecidos são adicionados ao digestor e começam sua passagem por uma zona de temperatura intermediária, entre 115 a 120 °C, a qual permite uma penetração completa do licor nos cavacos.

Enquanto a mistura desce pela ação da gravidade no digestor, esta vai aumentando sua temperatura até atingir a temperatura de cozimento, de cerca de 170 °C, através da circulação de vapor, mantendo-se nesta temperatura por 1 a 1,5 horas, até que toda a lignina (resina que mantém unidas as fibras celulósicas umas nas outras na madeira) seja separada e ligada ao licor (BIAZUS et al., 2010).

Kleppe (1970), cita que as reações químicas do cozimento são complexas, e não existe uma fórmula publicada que descreve exatamente a razão de



deslignificação sobre toda extensão de condições práticas de polpação. O licor branco de cozimento é uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) e sulfeto de sódio (Na<sub>2</sub>S), que ao misturar-se ao vapor libera íons hidroxil (OH) e hidrosulfitos (SH<sup>-</sup>), os quais atuam como fragmentadores da lignina. Segundo Klock, De Andrade e Hernandez (2013), os fragmentos resultantes da lignina acabam dissolvidos na mistura como íons fenolato ou carboxilato.

O licor resultante do processo é extraído para um tanque separado, onde passará por uma expansão, permitindo o reuso do vapor presente no mesmo para o pré-aquecimento dos cavacos (KLOCK et al., 2013).

#### B. LAVAGEM

Ainda dentro do digestor, após a retirada do licor, o restante de licor presente na massa de fibras é separado por um processo de lavagem por difusão, em um sistema contracorrente. Este processo necessita de baixa cinética, para prevenir danos mecânicos às fibras (KLOCK et al., 2013).

#### C. DEPURAÇÃO

Nesta etapa os cavacos que não reagiram ainda presentes na massa celulósica resultante do cozimento são peneirados, e reenviados ao digestor para serem novamente processados. As impurezas solúveis também são separadas e removidas (BIAZUS et al., 2010).

#### D. BRANQUEAMENTO

A massa celulósica resultante dos processos anteriormente descritos possui uma cor marrom, uma vez que aproximadamente 20% da lignina continua presa à celulose após o cozimento. Para retirar toda a lignina residual, a celulose é então tratada com peróxido de hidrogênio, dióxido de cloro, oxigênio e soda cáustica em diversos estágios, até obter-se a alvura (branqueamento) desejada (BIAZUS et al., 2010).

### 2.1.3 Secagem

A secagem serve principalmente para diminuir volume e peso de transporte da celulose, uma vez que ele consiste na desidratação da polpa a uma umidade relativa de 10% (BIAZUS et al., 2010).

### 2.1.4 Evaporação

O licor resultante do processo de cozimento é enviado à planta de evaporação com o nome de licor negro, de acordo com Tran e Vakkilainen (2006). Como o próprio nome já diz, na planta de evaporação o licor é evaporado de uma condição inicial de 17% de conteúdo sólido, para uma condição final em torno de 80% em sólidos secos.

### 2.1.5 Caldeira de recuperação e força

O licor negro com alto teor de sólidos passa então pela caldeira de recuperação cuja função é a recuperação química do licor, a queima dos conteúdos orgânicos e a produção de vapor e energia para a fábrica inteira. O licor resultante da queima na caldeira de recuperação é conhecido como licor verde (TRAN e VAKKILAINNEN, 2006).

Como combustível auxiliar neste processo, a caldeira de força, quando presente, queima os restos orgânicos de vários processos, como as cascas de madeira, pó de madeira, entre outros.

### 2.1.6 Caustificação e forno de cal

A planta de caustificação e forno tem como função a recuperação final do licor para ser reutilizado no digestor (TRAN e VAKKILAINNEN, 2006).

## 2.2 MÉTODOS DE PREVISÃO

Com o cenário industrial mundial cada vez mais acirrado e competitivo, poder prever quais insumos serão utilizados e em qual quantidade dá uma grande vantagem para a fábrica, pois assim evita-se a formação de grandes estoques, reduzindo os custos atrelados e capital retido devido as matérias primas estocadas.

Esta necessidade não é diferente para as produtoras de celulose. Segundo uma publicação da Indústria Brasileira de Árvores (IBA), datado de agosto de 2016, mostra um aumento de 8,6% do consumo aparente de celulose, no período de um ano, ou seja, entre julho de 2015 e julho de 2016. Este aumento representa um valor de 38 mil toneladas de celulose.

Segundo Gaither (2002), as previsões de venda são o ponto de partida para todas as outras previsões na gestão de produção e operações. Esta afirmação permite perceber a importância do planejamento de vendas para que se possa estimar os insumos necessários. Por outro lado, segundo o Dicionário Michaelis Online, previsão em geral significa “o que se faz antecipadamente; o que se realiza com antecedência e que poderá ocorrer futuramente”.

Estas previsões de necessidade são chamadas de Métodos de Previsão de Demanda. Dentro deste cenário, pode se classificar em duas categorias: qualitativo e modelo de séries temporais, isto é, quantitativo.

De acordo Peinado e Graeml (2007), a demanda pode ser dividida em dois tipos: independente e dependente. A demanda independente é a demanda do mercado consumidor e não está no controle da corporação. São estes os produtos acabados. Já a demanda dependente é a demanda de partes e materiais utilizados para produzir os produtos finais. É normalmente uma demanda interna à empresa ou à sua cadeia de suprimento.

### 2.2.1 Métodos qualitativos

Este método tem como base a utilização de julgamento e opinião de alguém para a realização da previsão (CHOPRA e MEINDL, 2004). Podem ser consultados executivos das principais áreas de empresa, especialmente da área comercial (TUBINO, 2007).

A utilização deste método é adequada quando não existe a possibilidade da utilização dos dados da demanda passada, sejam por não existirem ou pelo fato dos dados ficarem obsoletos muito rapidamente (TUBINO, 2007).

Por ser um método que não demanda profundo estudos e se baseia apenas em palpites, é uma forma rápida de traçar uma estimativa. Assim sendo, de acordo com o conhecimento mercadológico torna-se possível utilizar este tipo de previsão para ajudar no planejamento da organização.

Outro ponto importante a salientar é que este método pode ser eficaz em caso de situações inesperadas, pois com uma rápida análise, dependendo do conhecimento do analista, é possível entender a alteração no comportamento da demanda e a partir disto tomar decisões que visam minimizar os problemas que poderiam ser causados por esta descontinuidade.

### 2.2.2 Métodos quantitativos

Este método utiliza o histórico das demandas como suporte para realizar futuras previsões. Segundo Chopra (2004), há uma suposição de que a história de demanda anterior é suficientemente boa para viabilizar uma previsão futura, pois ela deve manter certa proporcionalidade com a variação de demanda anterior. Há também a necessidade de se estudar a presença de tendência e sazonalidade, que seria o efeito de variação periódica da demanda. São modelos mais simples, porém dependendo do caso, pode ser uma válida previsão.

Dentro deste grupo de métodos, pode se ressaltar os modelos estáticos e de previsão adaptável.

#### MODELOS ESTÁTICOS

Nos modelos estáticos, há uma suposição de que as estimativas de nível, sazonalidade e tendência não variam quando uma nova demanda é observada.

É necessário estimar todos estes parâmetros, utilizando como base dados históricos, para que a partir daí sejam considerados os mesmos valores para previsões futuras.

#### MODELOS DE PREVISÃO ADAPTÁVEL

Neste modelo, diferentemente do modelo estático, as estimativas de nível, tendência e sazonalidade são atualizadas a cada variação de demanda. Com isto, tem-se um modelo mais preciso que o anterior. Além deste fato, este método é mais utilizado que o anterior, justamente por poder calcular a diferença de tendência na demanda conforme há o avanço de tempo. Desta forma, é um método onde há suposição de que o erro é atribuído na estimativa incorreta do nível.

A fórmula geral para previsão de demanda para o período  $t+1$ , que está dentro do período  $t$ , é representado pela equação (1):

$$F_{t+l} = (L_t + l \cdot T_t) \cdot S_{t+l} \quad (1)$$

Onde:

- $F_t$  = Previsão de demanda para o período;
- $L_t$  = Estimativa do nível ao final do período  $t$ ;
- $T_t$  = Estimativa de tendência ao final do período  $t$ ;
- $S_t$  = Estimativa de fator de sazonalidade para o período  $t$ ;
- $l$  = Quantidade de períodos a frente do período  $t$ ;

Ainda segundo Chopra e Meindl (2004), existem quatro passos da estrutura de previsão adaptável, que são a inicialização, previsão, estimativa de erro e modificação das estimativas.

- A inicialização consiste em computar as estimativas de nível, tendência e fatores da sazonalidade, todos avaliados com  $t$  sendo zero, a partir dos dados disponíveis.
- A previsão seria dada as estimativas no período  $t$ , a previsão da demanda em si para um período  $t+1$ , onde este período pode ser em horas, dias, meses, bimestres, semestres, entre outras medidas de tempo que permitam monitorar uma variação da demanda. Esta primeira previsão é realizada apenas com os dados (estimativa de nível, tendência e sazonalidade) obtidos no período inicial.
- Para estimar o erro, registra-se a demanda real para este período previsto e faz a diferença com a demanda real. O valor obtido é o Erro de previsão do período ( $E_t$ ).

- As modificações das estimativas, tanto a de nível, como as de tendência e o fator de sazonalidade, são utilizadas para o cálculo da estimativa do próximo período, sendo que em caso da demanda real ter sido menor que a estimada, se deve subtrair o Erro de previsão do período e caso seja maior, deve-se adicionar. Portanto, esta revisão é proporcional à dimensão real do erro.

Dentro desta, há vários modelos adaptáveis de previsão, dentre elas pode-se citar a Média Móvel, Suavização exponencial simples, Suavização exponencial de séries com tendência (modelo de Holt), Suavização exponencial de séries com tendência e com variações de estação (modelo de Winter).

#### a) Média móvel

Com este modelo é estimado o nível no período  $t$  pela média da demanda durante os períodos  $N$  mais recentes. O uso deste método é indicado para quando o valor previsto do próximo período seja aproximadamente igual à média aritmética simples de todos os  $N$  períodos anteriores. Com isto, a equação da estimativa do período tem a seguinte forma representada pela equação (2):

$$F_{t+1} = \frac{D_t + D_{t-1} + D_{t-N+1}}{N} \quad (2)$$

Onde  $D_t$  é a demanda do último período e  $N$  seria o número de períodos utilizados na análise dos dados. O número de períodos  $N$  deve ser escolhido previamente, porém cabe salientar que quanto maior for este período, menor será a variação da demanda em relação à média.

#### b) Suavização Exponencial Simples

Este modelo adequa-se mais quando a demanda a ser analisada não apresenta tendência ou a sazonalidade. É um modelo que se baseia em médias móveis ponderadas, considerando uma constante de suavização de nível, que é representada por  $\alpha$  ( $0 < \alpha < 1$ ). Esta constante de suavização serve para dar diferentes pesos para as demandas anteriores, onde as demandas mais próximas ao período

desejado têm um maior peso do que o primeiro dado da série por exemplo. Fazendo a formulação algébrica deste modo, é obtida a equação (3):

$$F_{t+1} = \alpha \cdot D_t + \alpha \cdot (1 - \alpha) \cdot D_{t-1} + (1 - \alpha)^2 \cdot F_{t-1} \quad (3)$$

A determinação do fator  $\alpha$  é realizada anteriormente, através de pressuposições do quanto que as demandas antigas influenciam na demanda atual. Um valor próximo de zero (e.g. 0,1, 0,2), diminui a influência de ruídos nas séries.

### c) Suavização Exponencial de Séries com Tendência (Modelo de Holt)

Este tipo de método é recomendado quando a demanda não apresenta sazonalidade, porém tem nível e tendência. Com isto, a relação fundamental entre a demanda e o tempo é linear. Neste método, tem que se levar em conta dois parâmetros de suavização ( $\alpha$  e  $\beta$ ). O  $\alpha$  é o mesmo apresentado na seção anterior e serve de parametrização para o nível. Já  $\beta$  é a parametrização para a suavização do fator tendência. Assim como o parâmetro de nível, seu valor deve ser entre 0 e 1, sendo definido inicialmente. A previsão de demanda para este método está representada pelas equações (4) e (5):

$$F_{t+1} = L_t + T_t \quad (4)$$

$$F_{t+n} = L_t + n \cdot T_n \quad (5)$$

As equações (6) e (7) são utilizadas para revisar as estimativas de nível e de tendência, apenas após observar-se a demanda do período  $t$ . A cada nova atualização elas devem ser utilizadas e levadas em conta na média ponderada entre o valor observado e a antiga estimativa.

$$L_{t+1} = \alpha \cdot D_{t+1} + (1 - \alpha) \cdot (L_t + T_t) \quad (6)$$

$$T_{t+1} = \beta \cdot (L_{t+1} - L_t) + (1 - \beta) \cdot T_t \quad (7)$$

d) Suavização Exponencial de Séries com Tendência e com Variações de Estação (Modelo de Holt-Winters)

Modelo adequado para quando a demanda contém nível, tendência e sazonalidade. Este modelo nada mais é que uma adaptação do modelo de Holt para que seja possível levar em conta a sazonalidade. Devido a este fato, um novo parâmetro, chamado de  $\gamma$ , é adicionado, a fim de suavizar o valor da sazonalidade. Com isto, as equações da previsão de demanda para o próximo período (8) e previsão de demanda para o n períodos adiante (9), são:

$$F_{t+1} = (L_t + T_t) \cdot S_{t+1} \quad (8)$$

$$F_{t+n} = (L_t + n \cdot T_n) \cdot S_{t+n} \quad (9)$$

Após a determinação da demanda, se deve utilizar as equações da estimativa de nível (10), de tendência (11) e de sazonalidade (12), para que sejam revisadas as estimativas de nível para o cálculo da próxima demanda.

$$L_{t+1} = \alpha \cdot \frac{D_{t+1}}{S_{t+1}} + (1 - \alpha) \cdot (L_t + T_t) \quad (10)$$

$$T_{t+1} = \beta \cdot (L_{t+1} - L_t) + (1 - \beta) \cdot T_t \quad (11)$$

$$S_{t+p+1} = \gamma \cdot \left( \frac{D_{t+1}}{L_{t+1}} \right) + (1 - \gamma) \cdot S_{t+1} \quad (12)$$

Porém existem duas variações nesse método que diferem na natureza do componente sazonal. O multiplicativo, abordado através das equações 8 a 12, e o aditivo. Este último é preferido quando as variações sazonais são aproximadamente constantes através da série (HYNDMAN e ATHANASOPOULOS, 2013).

De acordo com Hyndman e Athanasopoulos (2013) no método aditivo o componente sazonal é expresso em termos absolutos na escala da série observada, e na equação de nível, a série é ajustada sazonalmente, subtraindo o componente



sazonal. Dentro de cada período, o componente sazonal tenderá a aproximadamente zero. A equação (13) ilustra como fica a função da previsão para este método:

$$F_{t+n} = L_t + n \cdot T_n + S_{t+n} \quad (13)$$

As equações da estimativa de nível, tendência e sazonalidade estão elencadas a seguir pelas equações (14), (15) e (16):

$$L_{t+1} = \alpha \cdot (D_{t+1} - S_{t+1}) + (1 - \alpha) \cdot (L_t + T_t) \quad (14)$$

$$T_{t+1} = \beta \cdot (L_{t+1} - L_t) + (1 - \beta) \cdot T_t \quad (15)$$

$$S_{t+1} = \gamma \cdot (D_{t+1} - L_{t+1}) + (1 - \gamma) \cdot S_{t+1} \quad (16)$$

e) Métodos com tendência amortecida

É uma extensão do método linear de Holt e segundo Hyndman e Athanasopoulos (2013) a inclusão de um parâmetro de amortecimento serve para prever uma tendência com linha plana por um tempo futuro. Ainda sob a luz de Hyndman e Athanasopoulos (2013), este método é um dos mais bem-sucedidos e populares para a utilização quando é necessária uma previsão por longos períodos.

Para tanto, é adicionado um parâmetro de amortecimento,  $\phi$ , que também varia entre 0 e 1 e que serve justamente para amortecer a tendência para que ela se aproxime de um valor constante ao longo dos períodos. A equação (17) demonstra a inclusão do amortecimento na equação (4):

$$F_{t+n} = L_t + (\phi + \phi^2 + \dots + \phi^n) \cdot T_n \quad (17)$$

Com isto, a determinação das equações de nível e tendência tornam-se as equações (18) e (19):

$$L_{t+1} = \alpha \cdot D_{t+1} + (1 - \alpha) \cdot (L_t + \phi \cdot T_t) \quad (18)$$

$$T_{t+1} = \beta \cdot (L_{t+1} - L_t) + (1 - \beta) \cdot \phi \cdot T_t \quad (19)$$

Em 2003, Taylor propôs melhorias na performance da previsão, ao transformar as equações (18) e (19) de tendência aditiva, para multiplicativa. Novamente, como no modelo Holt-Winters, a tendência deixou de ser adicionada e passou a ser multiplicada pelo nível. As equações (20), (21) e (22) demonstram a estimativa de previsão, nível e tendência para o modelo multiplicativo:

$$F_{t+n} = L_t + T_n^{\phi + \phi^2 + \dots + \phi^n} \quad (20)$$

$$L_{t+1} = \alpha \cdot D_{t+1} + (1 - \alpha) \cdot (L_t + T_t^\phi) \quad (21)$$

$$T_{t+1} = \beta \cdot (L_{t+1} - L_t) + (1 - \beta) \cdot T_t^\phi \quad (22)$$

De acordo com Hyndman e Athanasopoulos (2013), este método produz previsões menos conservadoras do que o método aditivo, quando comparado ao método linear de Holt.

## RESUMO DOS MÉTODOS

A Tabela 1 mostra de maneira resumida os métodos apresentados nas seções anteriores e sua aplicabilidade por suas características:

**Tabela 1 – Modelo de previsão e sua aplicabilidade**

<b>Modelo de previsão</b>	<b>Aplicabilidade</b>
<b>Média móvel</b>	Demanda não apresenta tendência nem sazonalidade
<b>Suavização exponencial Simples</b>	Demanda não apresenta tendência nem sazonalidade
<b>Modelo de Holt</b>	Demanda apresenta tendência, mas não sazonalidade
<b>Modelo de Holt-Winters</b>	Demanda apresenta tendência e sazonalidade

**Fonte: Chopra e Meindl (2004)**

Complementarmente aos métodos enunciados por Chopra e Meindl (2004), temos os métodos dissertados por Hyndman e Athanasopoulos (2013), em que há a possibilidade de adição de amortecimento e troca da tendência aditiva por

multiplicativa. A Tabela 2 apresenta possibilidades de combinações dentre tipos de tendência e sazonalidade:

**Tabela 2 – Resumo da nomenclatura dos métodos**

Tendência	Componente Sazonal		
	N	A	M
<b>Componente</b>	(Nenhum)	<b>(Aditivo)</b>	(Multiplicativo)
<b>N (Nenhum)</b>	(N,N)	(N,A)	(N,M)
<b>A (Aditivo)</b>	(A,N)	(A,A)	(A,M)
<b>A<sub>d</sub> (Aditivo amortecido)</b>	(A <sub>d</sub> ,N)	(A <sub>d</sub> ,A)	(A <sub>d</sub> ,M)
<b>M (Multiplicativo)</b>	(M,N)	(M,A)	(M,M)
<b>M<sub>d</sub> (Multiplicativo amortecido)</b>	(M <sub>d</sub> ,N)	(M <sub>d</sub> ,A)	(M <sub>d</sub> ,M)

Fonte: Hyndman e Athanasopoulos (2013)

Ainda de acordo com Hyndman e Athanasopoulos (2013), esta classificação foi proposta inicialmente por Pegels em 1969, estendida por Gardner em 1985 e, por fim, complementada com os estudos de Taylor, em 2003, para inclusão dos métodos com tendência aditiva e multiplicativa.

### 2.2.3 Erros de Previsão de Demanda

A análise dos erros da previsão de demanda é de suma importância, pois a mesma serve para uma reflexão se os valores obtidos no cálculo estão ou não em uma margem aceitável, de modo que não interfira de maneira negativa na previsão, isto é, seja demasiadamente conservadora, prevendo um valor muito maior do que o necessário, ou ademais seja pouco conservador, chegando a prever valores menores que os reais.

Sobre este assunto, Chopra aborda da seguinte forma: “Um bom modelo de previsão deve captar o componente sistemático da demanda, mas não o componente aleatório. O componente aleatório se manifesta na forma de um erro de previsão” (CHOPRA, 2004, p. 86).

O erro de previsão para o período  $t$ ,  $E_t$ , é dado pela diferença entre a demanda prevista e a demanda real, pode ser visto na equação (23):

$$E_t = F_t - D_t \quad (23)$$

O mesmo deverá englobar o *lead time*<sup>3</sup> do processo, ou seja, prever com a antecedência de tempo igual ao *lead time* a demanda para o período, de forma que se possa planejar adequadamente. (CHOPRA e MEINDL, 2004).

O desvio absoluto no período ( $A_t$ ) é o valor absoluto do erro de previsão. Este desvio é utilizado no cálculo do desvio absoluto médio (DAM) que nada mais é que a média de  $A_t$  durante todos os períodos analisados. A equação (24) demonstra o DAM:

$$DAM_n = \frac{1}{n} \cdot \sum_{t=1}^n A_t \quad (24)$$

Este valor de DAM também pode ser utilizado para a obtenção do desvio-padrão do componente aleatório, caso desejado.

O valor do erro absoluto médio percentual, chamado de EAMP, é calculado a partir do erro absoluto médio, porém transformado em porcentagem da demanda, facilitando assim a análise. A equação (25) enuncia a forma do EAMP:

$$EAMP_n = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{E_t}{D_t} \right|}{n} \cdot 100\% \quad (25)$$

De acordo com Chopra (2004, p. 88) “Para determinar se o modelo de previsão consistentemente superestima ou subestima a demanda, podemos utilizar a soma dos erros de previsão para avaliar o viés da previsão”. Com isto, é possível chegar à razão de viés (TS) que serve para avaliar se está sub ( $TS < -6$ ) ou superestimada ( $TS > 6$ ). Caso o valor de TS seja menor que -6 e maior que 6, é necessária a escolha de outro método, a fim de que haja uma correta análise do sistema.

---

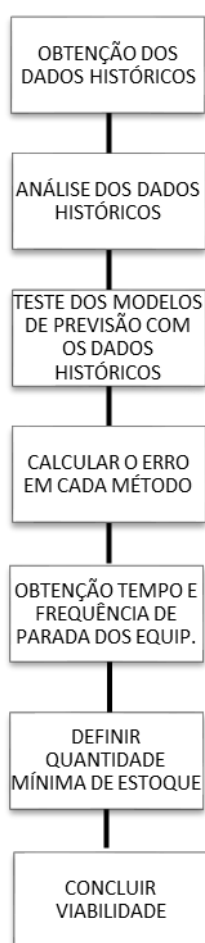
<sup>3</sup> Lead time: uma medida do tempo gasto pelo sistema produtivo para transformar matérias-primas em produtos acabados (TUBINO, 2007).

No presente capítulo foi feita uma revisão teórica dos principais temas que se relacionam com o trabalho. A começar pelo processo de fabricação de celulose, onde foram descritos os passos para a obtenção da mesma. Na sequência foram abordados os métodos de previsão de demanda. Por fim, fez-se uma revisão da análise dos erros contidos nos métodos aplicados.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo tem por objetivo descrever a metodologia utilizada para a aplicação dos modelos para previsão de demanda no estudo de caso.

Para explicar a metodologia neste projeto, é apresentado a seguir um fluxograma Figura 3 com as atividades que foram executadas.



**Figura 3 – Fluxograma representativo da metodologia a ser aplicada no projeto  
Autoria própria<sup>4</sup>**

Ainda neste capítulo, cada uma destas atividades será definida e explanada, justificando então a escolha desta metodologia. Por fim, os resultados esperados do projeto serão definidos.

---

<sup>4</sup> As ilustrações e tabelas sem indicação de fonte foram produzidas pelos próprios autores

### 3.1 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

A realização deste projeto se iniciou com duas frentes de trabalho em paralelo: obtenção dos dados históricos, análise e testes da demanda do digestor; e, obtenção dos tempos e frequência de parada dos equipamentos para manutenção, que influenciam na produção do cavaco para a formação do estoque.

Para tanto, os dados do modelo e a própria construção do modelo se deu através do *software* Excel®, devido a facilidade de acesso a este programa, alto grau de conhecimento dos autores e extenso número de equações, fórmulas e *solver*.

Nos parágrafos a seguir, estão as descrições das atividades que foram abordadas no trabalho.

#### OBTENÇÃO DOS DADOS HISTÓRICOS

Um dos trabalhos iniciais foi a obtenção dos dados históricos da demanda do digestor, junto à empresa. Os mesmos têm como unidade toneladas secas ao ar por dia (ADt/d), comumente utilizada pela indústria.

#### ANÁLISE DOS DADOS HISTÓRICOS

A análise dos dados históricos teve como objetivo o estudo da curva de demanda. Para tanto, fez-se necessário entender as variações da demanda, bem como seus possíveis motivos. Em posse destes dados, foi factível trata-los através do processo de dessazonalização, foi realizado por meio de uma média ponderada envolvendo a demanda do período e as duas demandas anteriores e posteriores ao mesmo, garantindo que a demanda do período e a imediatamente precedente e subsequente deste tivessem o dobro do peso (CHOPRA e MEINDL, 2004). Com isto, retirou-se as flutuações da série histórica, o que permitiu determinar o nível e a tendência do período de forma mais acurada.

#### TESTE DOS MODELOS DE PREVISÃO COM OS DADOS HISTÓRICOS

Para a determinação de qual método seria mais efetivo nesta série temporal, os dados históricos foram utilizados a fim de verificar qual seria o erro atribuído. Os testes envolveram os modelos de previsão temporais: média móvel, suavização

exponencial simples, modelo de Holt com tendência aditiva e multiplicativa, com ou sem amortecimento, e modelo de Holt-Winters com tendência aditiva e sazonalidade multiplicativa. O resultado deste teste foi a previsão para dois períodos (dias) subsequentes e o desvio padrão das previsões. Para comparação destes testes, foi calculada a previsão ingênua, que é quando se assume que a previsão da demanda do período será igual a demanda do período anterior.

A fim de verificar se o método foi eficaz, realizou-se uma simulação dentro da própria série histórica, utilizando 90% dos dados para prever os próximos 10%.

Foram abordados o erro, o erro absoluto, o desvio absoluto médio, o erro percentual e o erro absoluto médio percentual, bem como a razão de viés em cada um dos métodos e períodos.

A definição do melhor método se deu a partir do menor erro absoluto médio percentual da previsão do período seguinte, garantindo uma razão de viés aceitável, segundo explicado no capítulo 2.

## OBTENÇÃO DOS TEMPOS E FREQUÊNCIA DA MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

A obtenção destes dados se deu junto à empresa, e levou em conta as principais manutenções que são realizadas nos picadores e na peneira, o tempo médio de parada, bem como a frequência destas.

## DEFINIÇÃO DA QUANTIDADE MÍNIMA DE ESTOQUE

Foi estabelecido uma quantidade mínima de matéria-prima em estoque para garantir que o mesmo seja suficientemente grande para não necessitar abaixar a produção durante uma manutenção, considerando um período de baixa demanda e previsão com baixa taxa de crescimento, levando em conta também o erro associado.

## CONCLUSÃO DA VIABILIDADE

Concluiu-se a efetividade e a eficiência das previsões a partir dos erros encontrados e foi determinado se a utilização do modelo em questão trará benefícios para a empresa.



### 3.2 JUSTIFICATIVA DA METODOLOGIA

Uma vez que as variáveis inerentes ao processo que ocorre no digestor são de uma natureza que não permite uma definição exata, e por tanto de difícil previsão, a escolha dos dados históricos como base para a previsão da demanda ofereceu uma solução viável, além de que este método é comumente utilizado quando a demanda histórica possui grande influência na previsão futura (CHOPRA e MEINDL, 2004).

Com os tempos e frequência de parada dos equipamentos anteriores ao estoque, o erro próprio do modelo de suavização já definido e com a demanda média no período analisado, torna possível a definição de uma quantidade mínima de cavacos em estoque, para que a alimentação do digestor não seja interrompida.

A partir da aplicação dos modelos no Excel, foi possível o teste da previsão e a avaliação da sua eficiência e efetividade, concluindo assim a viabilidade do mesmo.

### 3.3 PRODUTOS DO PROJETO

Ao final deste projeto, era pretendido obter conhecimento nos métodos de previsão de demanda, definindo o método com maior acurácia para demanda de cavacos de madeira em um digestor. Além disto, ter em mãos uma ferramenta de previsão de demanda testada e avaliada. Esta avaliação, deveria conter a eficiência da previsão, a viabilidade do uso desta ferramenta, além dos benefícios gerados pela mesma.

## 4 DESENVOLVIMENTOS E RESULTADOS

O presente capítulo tem como objetivo a demonstração dos dados obtidos e suas análises, dos resultados conquistados através da análise dos dados da série histórica e a correlação entre estes e uma melhoria no estoque de cavacos.

### 4.1 OBTENÇÃO DOS DADOS HISTÓRICOS

Os dados foram obtidos diretamente com a empresa produtora de celulose. A Tabela 3 demonstra os valores, bem como a data e o período.

**Tabela 3 – Dados históricos da demanda de cavaco**

(continua)

<b>Data</b>	<b>Período</b>	<b>Demanda (ADt/d)</b>	<b>Data</b>	<b>Período</b>	<b>Demanda (ADt/d)</b>
15/03/2017	1	1.951	10/04/2017	27	2.736
16/03/2017	2	1.856	11/04/2017	28	2.882
17/03/2017	3	2.049	12/04/2017	29	2.606
18/03/2017	4	2.634	13/04/2017	30	3.313
19/03/2017	5	2.245	14/04/2017	31	3.106
20/03/2017	6	2.189	15/04/2017	32	3.029
21/03/2017	7	1.441	16/04/2017	33	3.002
22/03/2017	8	1.709	17/04/2017	34	3.094
23/03/2017	9	2.606	18/04/2017	35	2.681
24/03/2017	10	1.806	19/04/2017	36	2.758
25/03/2017	11	2.008	20/04/2017	37	1.983
26/03/2017	12	2.680	21/04/2017	38	1.995
27/03/2017	13	2.520	22/04/2017	39	2.352
28/03/2017	14	2.776	23/04/2017	40	2.571
29/03/2017	15	2.926	24/04/2017	41	2.445
30/03/2017	16	2.540	25/04/2017	42	1.843
31/03/2017	17	2.065	26/04/2017	43	2.260
01/04/2017	18	1.760	27/04/2017	44	2.467
02/04/2017	19	2.231	28/04/2017	45	3.103
03/04/2017	20	2.599	29/04/2017	46	3.060
04/04/2017	21	2.706	30/04/2017	47	2.553
05/04/2017	22	3.218	01/05/2017	48	2.740
06/04/2017	23	3.116	02/05/2017	49	3.031
07/04/2017	24	1.819	03/05/2017	50	2.444

Tabela 3 – Dados históricos da demanda de cavaco

			(continuação)		
Data	Período	Demanda (ADt/d)	Data	Período	Demanda (ADt/d)
08/04/2017	25	2.255	04/05/2017	51	3.155
09/04/2017	26	3.041			

Fonte: Autoria própria

Os dados obtidos se referem ao período de 15 de março de 2017 a 04 de maio de 2017. A Figura 4 demonstra a plotagem do gráfico com distribuição da demanda pelo período.

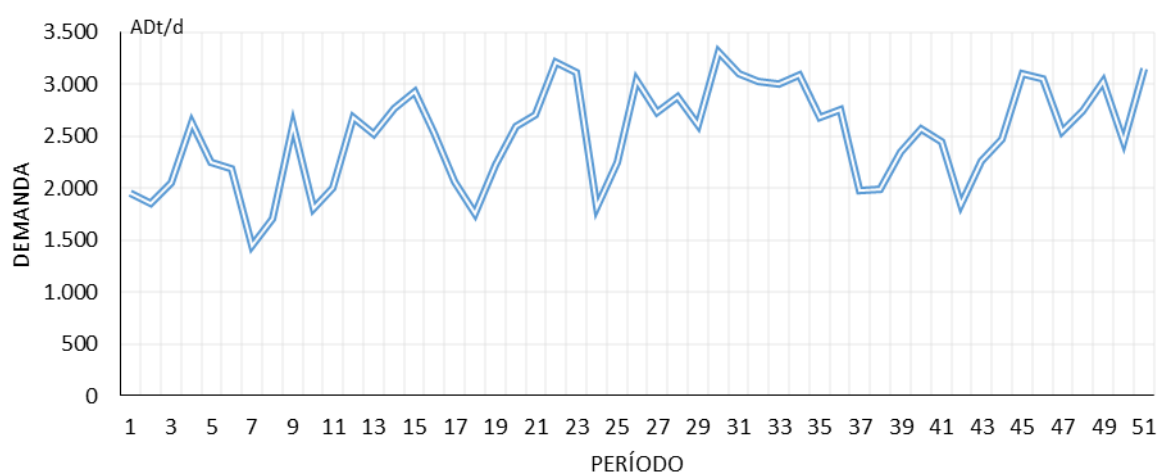


Figura 4 – Gráfico Demanda x Período.

A demanda média apresentada neste período foi de 2.509 ADt/d, a mínima 1.441 ADt/d e a máxima 3.313 ADt/d. O desvio padrão foi de 472 ADt/d considerando uma distribuição normal.

## 4.2 ANÁLISE DOS DADOS HISTÓRICOS

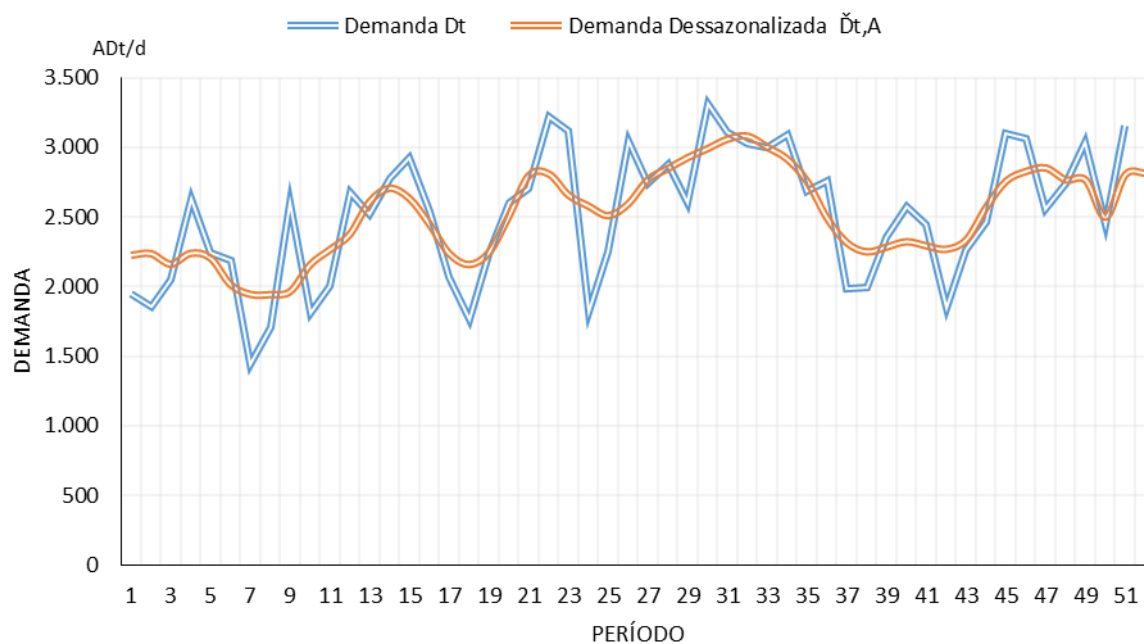
É possível perceber que há variações, de um dia para outro, na ordem de dezenas, centenas e milhares, mostrando que existe um componente aleatório envolvido no processo. Alguns dos vales mais expressivos (como os do período 18 e 24), são explicados pela empresa como paradas temporárias durante o dia para manutenção corretiva de equipamentos na linha de produção.

Para analisar melhor o comportamento dos dados históricos, estes foram dessazonalizados a fim de retirar a flutuação da demanda e amenizar o componente aleatório. Com isto, a Tabela 4 demonstra a demanda já dessazonalizada, conforme o período. O processo de dessazonalização, conforme Chopra e Meindl (2004), é descrito na metodologia.

**Tabela 4 – Dados históricos da demanda de cavaco dessazonalizada**

<b>Período</b>	<b>Demanda Dessazonalizada</b>	<b>Período</b>	<b>Demanda Dessazonalizada</b>
1	2.224	27	2.772
2	2.235	28	2.850
3	2.159	29	2.930
4	2.238	30	2.995
5	2.203	31	3.063
6	2.012	32	3.085
7	1.941	33	3.005
8	1.938	34	2.918
9	1.961	35	2.756
10	2.154	36	2.492
11	2.264	37	2.313
12	2.375	38	2.249
13	2.611	39	2.283
14	2.708	40	2.322
15	2.633	41	2.291
16	2.450	42	2.267
17	2.236	43	2.336
18	2.156	44	2.570
19	2.244	45	2.759
20	2.506	46	2.830
21	2.799	47	2.855
22	2.812	48	2.769
23	2.658	49	2.767
24	2.580	50	2.500
25	2.510	51	2.807
26	2.595		

A partir destes dados foi possível plotar um gráfico para comparar a demanda e a demanda dessazonalizada. A Figura 5 ilustra o resultado.



**Figura 5 – Gráfico comparativo entre a Demanda e a Demanda Dessazonalizada**

Através da Figura 5, é possível observar que há uma melhor representatividade da tendência e nível quando se utiliza a demanda dessazonalizada.

Como estudo, foi levantado hipóteses com a finalidade de descobrir o motivo para as variações da demanda de cavacos de madeira. Para tanto, consultou-se especialistas da área e os prováveis motivos estão elencados a seguir: temperatura ambiente; umidade; qualidade do cavaco; localização do reflorestamento; dimensões do cavaco; qualidade dos químicos; tempo de retenção do cavaco; condições de armazenamento.

Contudo, o único dado fornecido, além da demanda, foi da temperatura. Cabe salientar ainda que por conta do sistema *FiFo*, madeiras provenientes de um mesmo lugar de reflorestamento são processadas em sequência, portanto o fornecimento diário de cavacos está relacionado a poucos carregamentos e de origens semelhantes. Esta continuidade demonstra que os dados históricos podem fornecer uma boa estimativa para a influência da qualidade da madeira na obtenção. A empresa conta com um dispositivo de controle do estoque, chamado de *pre-steaming chip bin*, ou silo de pré-vaporização de cavacos, que tem como objetivo deixar os cavacos a uma temperatura e umidade determinada. Por este motivo, é esperado que não haja uma influência da flutuação da temperatura com a série

temporal. Além disto, esta etapa diminui a influência do tempo de retenção do cavaco.

Para esta análise, foram coletados os dados da temperatura mínima e máxima para os dias citados, na localização da fábrica. A Tabela 5 demonstra as temperaturas citadas, além do cálculo da temperatura média do dia e a amplitude de temperatura.

**Tabela 5 – Dados das temperaturas**

(continua)

<b>Data</b>	<b>Temp. Máxima °C</b>	<b>Temp. Mínima °C</b>	<b>Temp. média °C</b>	<b>Amplitude °C</b>
15/mar	27	17	22	10
16/mar	29	16	22,5	13
17/mar	29	17	23	12
18/mar	29	18	23,5	11
19/mar	30	19	24,5	11
20/mar	30	19	24,5	11
21/mar	27	19	23	8
22/mar	22	19	20,5	3
23/mar	24	19	21,5	5
24/mar	23	18	20,5	5
25/mar	23	19	21	4
26/mar	23	18	20,5	5
27/mar	25	14	19,5	11
28/mar	25	12	18,5	13
29/mar	27	14	20,5	13
30/mar	28	17	22,5	11
31/mar	28	18	23	10
01/abr	28	16	22	12
02/abr	28	18	23	10
03/abr	31	18	24,5	13
04/abr	31	18	24,5	13
05/abr	30	19	24,5	11
06/abr	28	18	23	10
07/abr	30	17	23,5	13
08/abr	30	19	24,5	11
09/abr	30	19	24,5	11
10/abr	30	20	25	10
11/abr	24	20	22	4
12/abr	25	20	22,5	5
13/abr	28	19	23,5	9
14/abr	26	19	22,5	7
15/abr	29	18	23,5	11
16/abr	29	18	23,5	11

Tabela 5 – Dados das temperaturas

(continuação)

Data	Temp. Máxima °C	Temp. Mínima °C	Temp. média °C	Amplitude °C
17/abr	30	18	24	12
18/abr	30	17	23,5	13
19/abr	29	17	23	12
20/abr	30	17	23,5	13
21/abr	29	17	23	12
22/abr	29	18	23,5	11
23/abr	29	20	24,5	9
24/abr	30	18	24	12
25/abr	29	17	23	12
26/abr	20	15	17,5	5
27/abr	16	6	11	10
28/abr	17	2	9,5	15
29/abr	19	7	13	12
30/abr	19	7	13	12
01/mai	20	4	12	16
02/mai	23	2	12,5	21
03/mai	22	7	14,5	15
04/mai	24	11	17,5	13

Com os dados em mãos, foi realizado uma análise de variância, a fim de verificar se os ruídos têm efeitos estatisticamente significativos na variação da demanda. A análise da correlação fez-se através da função ANOVA, presente no Excel. A Tabela 6 demonstra os resultados obtidos com o ANOVA.

Tabela 6 – Análise de variância utilizando as temperaturas

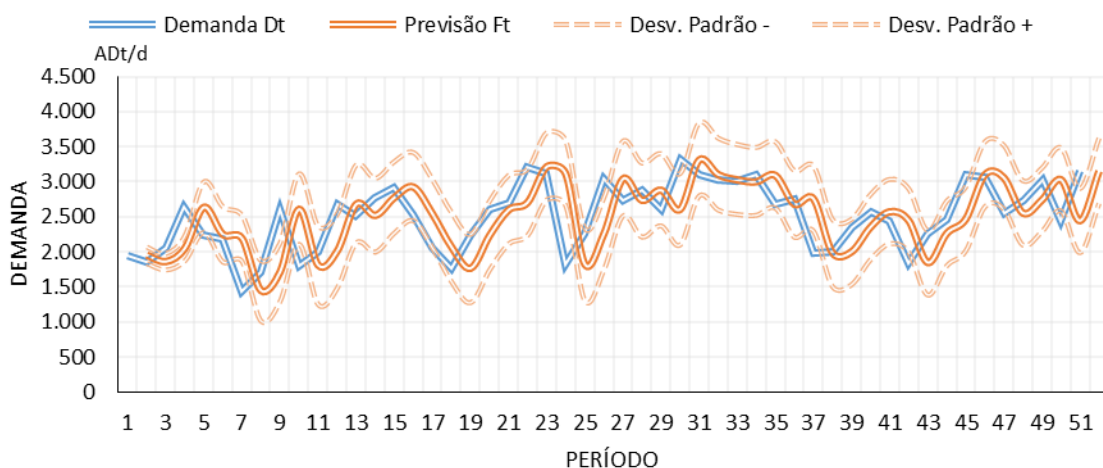
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	2,53E+08	4	63291781	3196,076	2,8E-213	2,407751
Dentro dos grupos	4950741	250	19802,96			
Total	2,58E+08	254				

Como o valor de F crítico foi menor do que o F a temperatura não teve influência na série histórica, de acordo com as expectativas iniciais.

### 4.3 TESTE DO MODELO DE PREVISÃO COM OS DADOS HISTÓRICOS

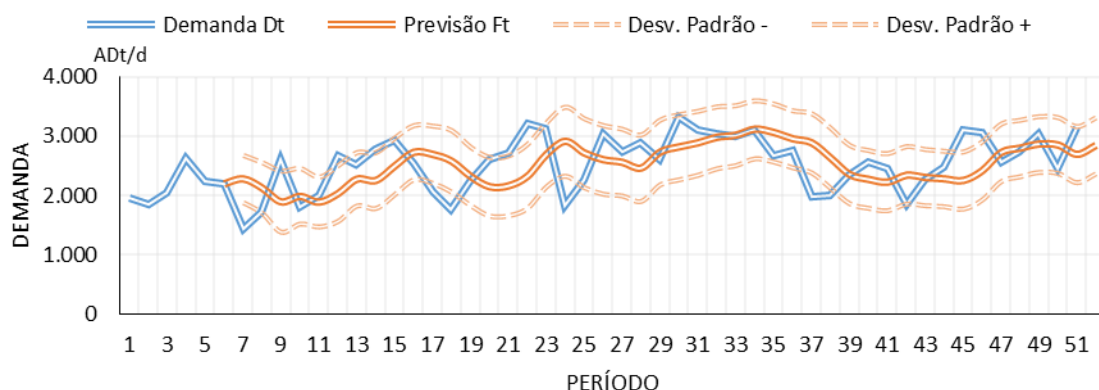
Para determinar qual dos métodos explanados no capítulo 2 teria uma maior relevância neste estudo de caso, foi desenvolvida uma planilha no Excel constando os cálculos referentes a cada método e então comparou-se os resultados dos mesmos. Para analisar qual método seria mais eficiente, levou-se em conta o Erro Absoluto Médio Percentual (EAMP), sendo que um menor valor deste parâmetro seria o desejado. Para a obtenção dos parâmetros alfa, beta e gama utilizou-se um método de otimização não linear através do Gradiente Reduzido Generalizado (GRG - Não Linear), por meio da ferramenta *Solver* do Excel. Com isto, os parâmetros alfa, beta e gama, quando necessários, foram determinados para um menor erro de saída. A tabela com os valores obtidos através do cálculo de cada método encontra-se presente nos Apêndice A ao Apêndice H, juntamente com os valores dos erros associados.

Os primeiros métodos testados foram o modelo ingênuo e a média móvel, para fins de comparação. O resultado das previsões obtidas com estes métodos e a comparação com a demanda ocorrida estão presentes nas Figuras 6 e 7.



**Figura 6 – Gráfico da previsão de demanda do modelo ingênuo pelo período**



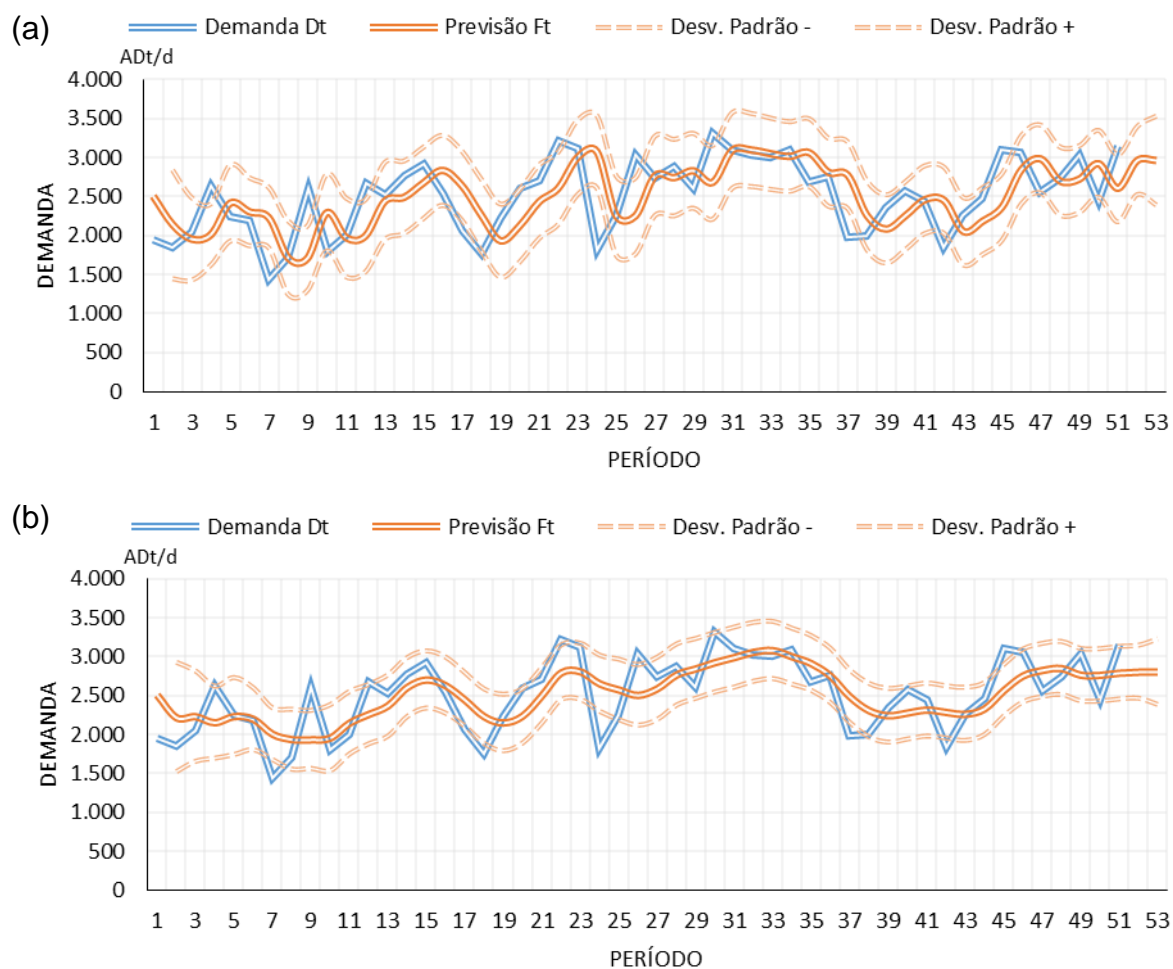


**Figura 7 – Gráfico da previsão de demanda do modelo Média Móvel (MM-4) pelo período**

Como a previsão ingênua se baseia somente na última demanda apresentada e a média móvel na média das últimas “n” demandas (no caso, 4 períodos anteriores foi o que obteve melhor resposta), não se esperava muita efetividade, uma vez que a demanda apresenta um certo grau de aleatoriedade, não dependendo somente de uma média das previsões.

Os métodos exponenciais eram os que esperava-se possuir melhor assertividade, uma vez que estes são baseados no princípio de uma média ponderada, onde os pesos decaem exponencialmente quanto mais longe a observação (HYNDMAN e ATHANASOPOULOS, 2013). Todos os métodos exponenciais foram testados em cima dos dados da série histórica fornecida, mas também da série após a dessazonalização, com fins de comparação.

O método exponencial mais simples testado foi a Suavização Exponencial, com base somente na tendência, possuindo um coeficiente alfa de suavização. Os gráficos presentes na Figura 8 mostram as curvas de previsões feitas com base na série histórica e na série dessazonalizada.

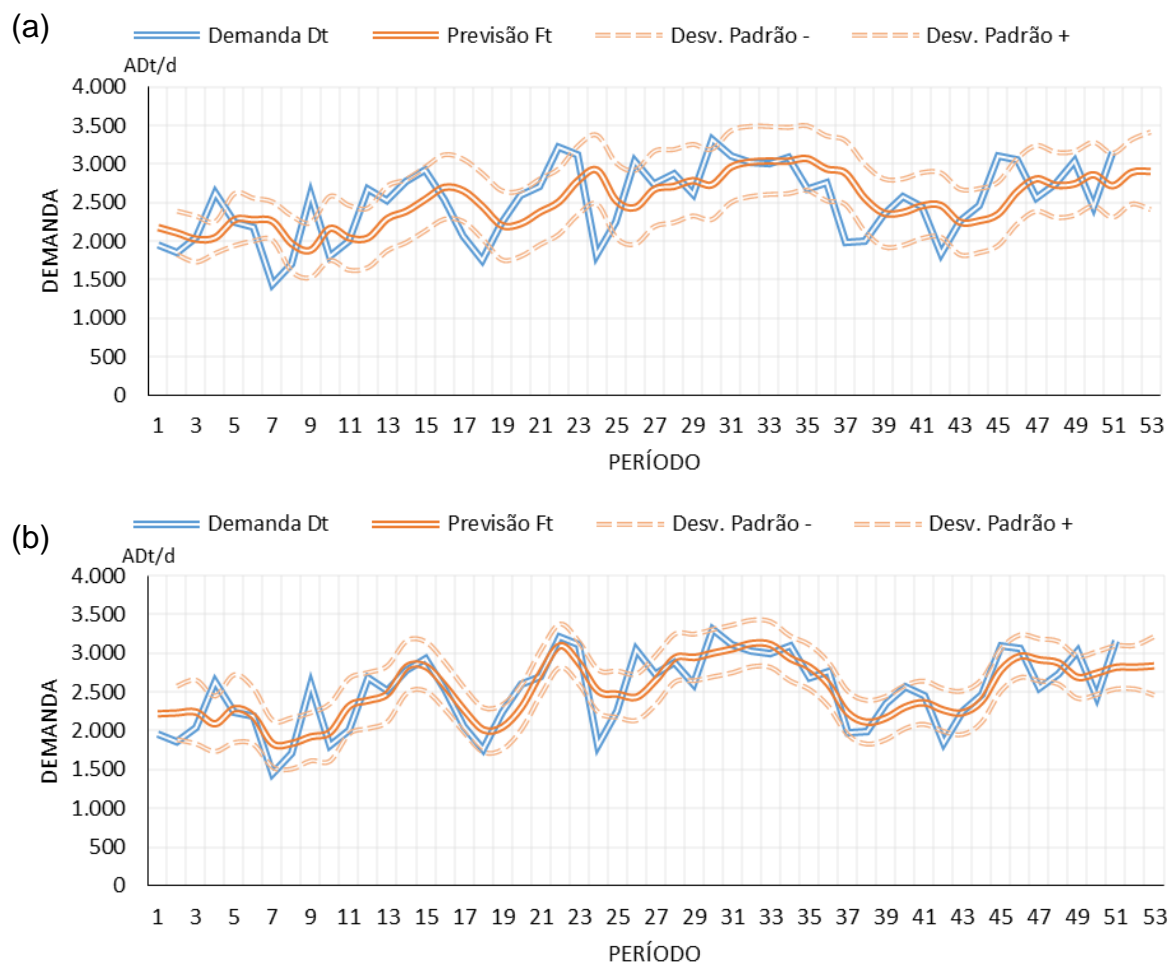


**Figura 8 – Comparação entre as previsões do método da Suavização Exponencial com base na série histórica (a) e na série dessazonalizada (b)**

A partir dos gráficos apresentados percebe-se que as previsões com base na série dessazonalizada possuem um menor desvio padrão, demonstrando assim uma variância menor que as previsões realizadas tendo como base a série histórica. O coeficiente de suavização (alfa) otimizado para a previsão a partir da série histórica foi de 0,654, enquanto que para a previsão a partir da série dessazonalizada foi de 1,0, o que representa a previsão ingênua dessazonalizada.

O segundo método utilizado para prever a demanda foi o método de Holt, o qual se baseia no nível e na tendência da série. A relação entre estes fatores implicará em métodos diferentes: quando o nível e a tendência são somados para a formação da previsão, nomeia-se o método de Holt Aditivo; quando estes são multiplicados, chama-se Holt Multiplicativo.

A Figura 9 demonstra os dois gráficos gerados através do método Holt Aditivo.



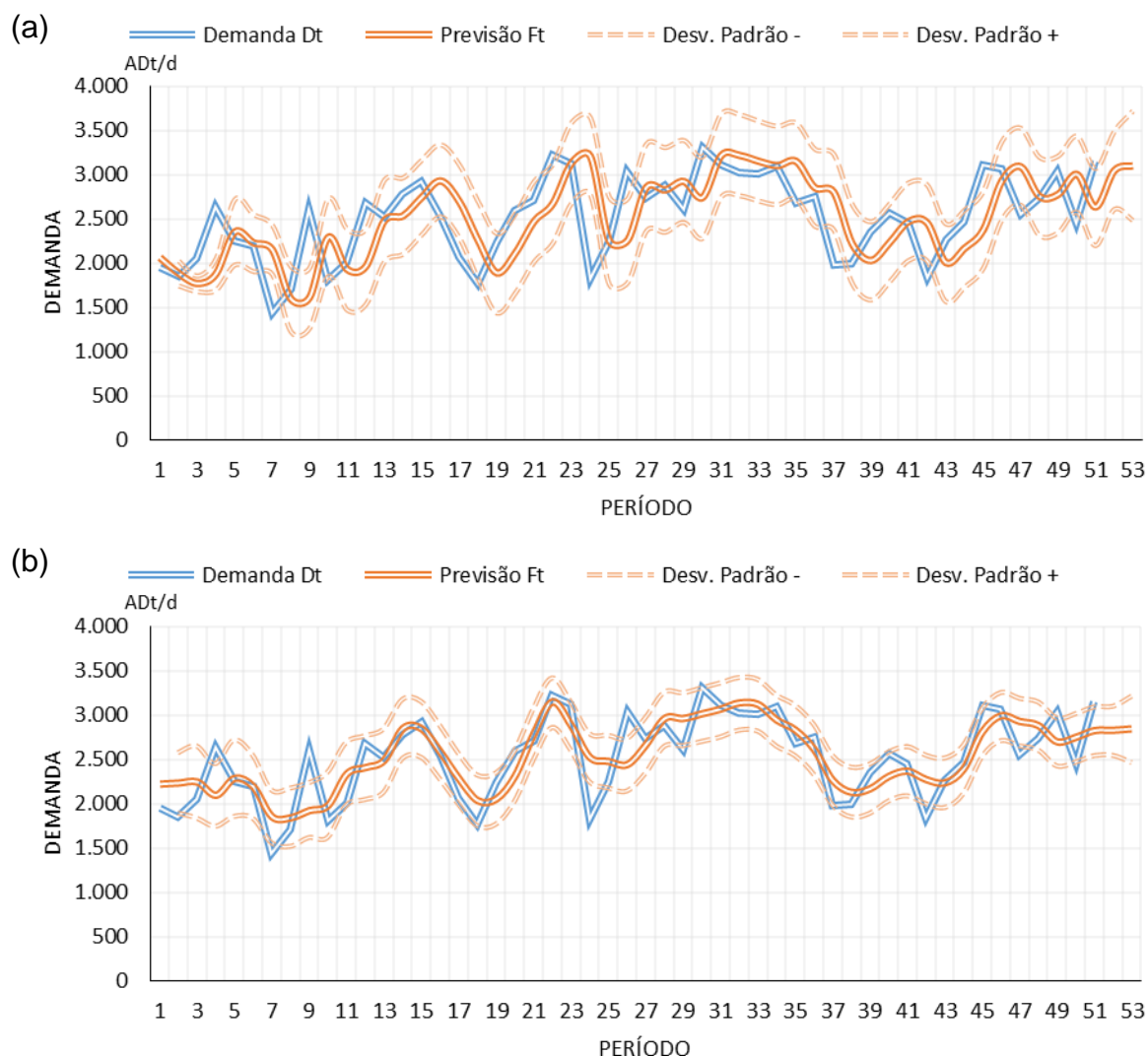
**Figura 9 – Comparação entre as previsões do método Holt Aditivo com base na série histórica (a) e na série dessazonalizada (b)**

Para este método, os coeficientes otimizados de suavização do nível (alfa) e da tendência (beta) foram os demonstrados na Tabela 7.

**Tabela 7 – Coeficientes de suavização otimizados para o método Holt Aditivo**

Coeficiente de Suavização	Série Histórica	Série Dessazonalizada
Alpha	0,371	0,929
Beta	0,001	0,998

As previsões realizadas através do método Holt Multiplicativo estão demonstradas graficamente na Figura 10.



**Figura 10 – Comparação entre as previsões do método Holt Multiplicativo com base na série histórica (a) e na série dessazonalizada (b)**

Os coeficientes alfa e beta para este método são demonstrados na Tabela 8.

**Tabela 8 – Coeficientes de suavização otimizados para o método Holt Multiplicativo**

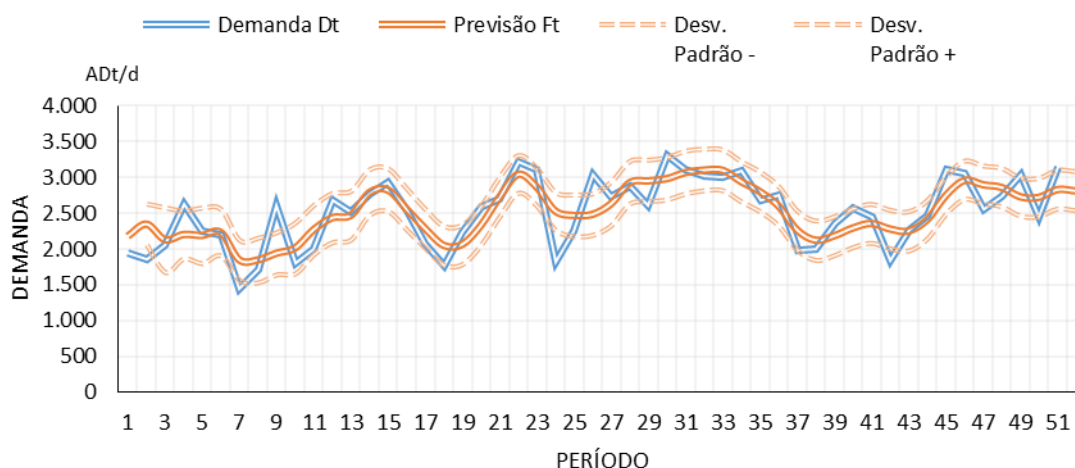
Coeficiente de Suavização	Série Histórica	Série Dessazonalizada
Alpha	0,687	0,921
Beta	0,089	0,998

Outra variação testada do método de Holt foi o amortecimento da tendência, fator que implica em melhores resultados para longos horizontes de previsão (HYNDMAN e ATHANASOPOULOS, 2013). Os resultados não implicaram em mudanças significativas.

O último método de previsão de demanda utilizado foi o método de Holt-Winters, cujos fatores de influência são o nível, a tendência e a sazonalidade. Quanto à sazonalidade, não foi possível determinar a periodicidade da mesma através da análise dos dados históricos e de sua decomposição, sendo assim foram testadas variações de periodicidade, de 2 períodos à 7 períodos, afim de descobrir a periodicidade ideal para a série em questão.

Assim como no método de Holt, a relação entre os três fatores de previsão determina o tipo do método empregado. Neste caso foi utilizado o método Holt-Winters com tendência aditiva (TA), sazonalidade multiplicativa (SM) e sem amortecimento da tendência (NA: Não-Amortecido).

O resultado das previsões feitas com este método é demonstrado na Figura 11.



**Figura 11 – Gráfico das previsões do método Holt-Winters TA-SM-NA**

Na Tabela 9 são apresentados os coeficientes otimizados para o método Holt-Winters.

**Tabela 9 – Coeficientes de suavização otimizados para o método Holt-Winters**

Coeficiente de Suavização	Série Dessazonalizada
Alpha	0,998
Beta	0,998
Gama	0,214
Periodicidade	2 dias

A Tabela 10 é um comparativo entre os métodos calculados e seus respectivos índices de erro, que contém o Desvio Absoluto Médio (DAM), Erro Absoluto Médio Percentual (EAMP) e a variação da razão de viés (Variação do TS).

**Tabela 10 – Comparativo entre os métodos calculados**

Base de Dados	Modelo de Previsão	DAM	Desv. Padrão	EAMP (%)	Variação do TS
	<i>Método Ingênuo</i>	374,4	468,0	16,0	-3,29 a 1,48
100% Série Histórica	Média Móvel	380,5	475,6	16,2	-5,22 a 3,29
	Suavização Exponencial Simples	347,0	433,7	14,9	-2,47 a 3,70
	Modelo de Holt Aditivo	335,8	419,7	14,5	-3,57 a 3,89
	Modelo de Holt Aditivo Amortecido	338,9	423,6	14,5	-4,14 a 2,50
	Modelo de Holt Multiplicativo	351,6	439,5	15,0	-5,99 a 2,00
	Modelo de Holt Multiplicativo Amortecido	336,3	420,3	14,3	-5,99 a 2,00
100% Série Dessazonalizada	Suavização Exponencial Simples	271,8	339,8	11,7	-0,88 a 4,81
	Modelo de Holt Aditivo	222,0	277,5	9,5	0,33 a 4,19
	Modelo de Holt Aditivo Amortecido	222,0	277,6	9,5	0,32 a 4,18
	Modelo de Holt Multiplicativo	223,1	278,9	9,6	0,81 a 5,09
	Modelo de Holt Multiplicativo Amortecido	223,2	279,0	9,6	0,81 a 5,08
	Modelo de Holt-Winters TA-SM-NA	216,2	270,2	9,3	0,15 a 4,18

Conclui-se que o modelo de Holt-Winters tendência aditiva, sazonalidade multiplicativa e não amortecida apresenta menores valores de EAMP para a análise desta série histórica. Portanto, este é o modelo utilizado no cálculo da previsão de demanda. A partir desta tabela também foi possível traçar um comparativo entre a série normal e a dessazonalizada, onde houve redução do EAMP de cerca de 33%.

A fim de verificar a eficácia do modelo, realizou-se uma simulação utilizando 90% dos dados da série para prever os próximos 10%, conforme descrito no capítulo 3. A simulação encontra-se no Apêndice H. A Tabela 11 exibe os resultados obtidos para os métodos.

Tabela 11 – Comparativo entre os métodos utilizando 90% da série

Base de Dados	Modelo de Previsão	DAM	Desv. Padrão	EAMP (%)
90% Série Histórica 10% Simulação	Suavização Exponencial Simples	344,0	430,0	12,1
	Modelo de Holt Aditivo	336,1	420,1	10,8
	Modelo de Holt Aditivo Amortecido	336,2	420,2	12,0
	Modelo de Holt Multiplicativo	349,0	436,3	12,3
	Modelo de Holt Multiplicativo Amortecido	334,7	418,4	11,9
90% Série Dessazonalizada 10% Simulação	Suavização Exponencial Simples	269,3	336,6	8,6
	Modelo de Holt Aditivo	216,9	271,1	8,4
	Modelo de Holt Aditivo Amortecido	216,8	271,0	8,4
	Modelo de Holt Multiplicativo	217,8	272,3	8,1
	Modelo de Holt Multiplicativo Amortecido	217,9	272,4	8,1
	Modelo de Holt-Winters TA-SM-NA	211,9	264,9	7,6

A simulação 90-10 deixou claro que este método (Holt-Winters TA-SM-NA) pode adequar uma previsão com erros menores do que o atualmente proporcionado, dependendo do momento em que se encontra a série.

#### 4.4 OBTENÇÃO DO TEMPO DE MANUTENÇÃO

A obtenção dos tempos e frequência de manutenção se deram por uma pesquisa analítica com um especialista da área. Estas paradas estão listadas a seguir:

- 1) Inspeção preventiva no disco do picador com partículas magnéticas com luz ultravioleta:

A cada 6 meses, deve-se realizar a inspeção. O mesmo tem duração de 2 a 4 dias, sendo que neste período não há adição de cavacos no estoque. Além deste evento periódico, sempre quando houver a passagem de pedras, metais ou outros objetos estranhos, o picador deve ser

inspecionado visualmente e se houver marcas nas partes do disco do picador, as peças deverão ser desmontadas do disco e fazer a inspeção com partículas magnéticas com luz ultravioleta para verificar se houve surgimento de micro trinca e também verificar o empeno do disco. Tal fato leva a um tempo aproximado de manutenção: de 3,5 a 4 dias.

2) Troca das peças de desgaste do disco do picador;

A cada 6 meses realiza-se uma parada com duração de 2 a 4 dias. Novamente, não há adição de matéria-prima ao estoque.

3) Inspeção dos cabos de sustentação da peneira;

Periodicidade: 6 meses;

Duração: 2 dias.

4) Troca dos cabos de sustentação da peneira;

Periodicidade: 24 meses;

Duração: 2 dias.

5) Inspeção visual da estrutura e acionamento da peneira;

Periodicidade: 12 meses;

Duração: 2 dias.

Com a obtenção destes dados, foi possível verificar que a situação mais crítica tem uma duração prevista de 4 dias. Devido a isto, a fábrica diminui sua produção em época de manutenção, para que não haja consumo de todo estoque e o digestor fique ocioso. A partir da série temporal, é possível prever os dias em que a demanda será mais baixa, sendo assim uma época adequada para a realização das manutenções, não sendo necessário reduzir a capacidade produtiva da planta.

#### 4.5 DEFINIÇÃO DA QUANTIDADE MÍNIMA DE ESTOQUE

Para determinar o estoque mínimo, foi necessário determinar qual seria o valor da demanda para um período onde a mesma estaria abaixo da média. Para tanto, assumiu-se o valor igual ao desvio padrão subtraído da demanda média da série. Portanto este valor equivale à 2.037 ADt/d.



Como elencado na seção sobre manutenção, a duração da mesma pode chegar a 4 dias. Contudo, optou-se por definir a quantidade mínima de estoque para um período de manutenção de dois dias, já que as manutenções mais assíduas ocorrem neste intervalo de tempo.

O erro associado levará em conta o desvio padrão das previsões para 2 dias a frente. O desvio padrão considerado para apenas um dia, está na Tabela 10, cujo valor é de 270,2 ADt/d. Já o desvio padrão para a previsão do segundo dia, utilizando o método do Holt-Winters TA-SM-NA, demonstrado no Apêndice H, foi de 386,6 ADt/d. Deste modo, o erro associado será a soma dos desvios de ambos os dias, ou seja, 656,8 ADt/d.

Com isto temos que multiplicar o valor da demanda diária pelo número de dias, que neste caso foi admitido como 2, e somar ao erro associado. O valor resultante é de 4.730,8 ADt/d. Utilizando um estoque mínimo com este valor é possível garantir que não haja necessidade de decréscimo da produção em função do período de manutenção.

#### 4.6 CONCLUSÃO DA VIABILIDADE

Conforme mencionado no capítulo 3, para a conclusão da viabilidade utilizou-se a efetividade e a eficiência. Para a ponderação da eficiência, empregou-se o valor de EAMP para o método selecionado, o qual apresentou um erro de 9%. Já a efetividade pôde ser avaliada através da análise da diminuição do EAMP do método ingênuo para o método escolhido. Enquanto o EAMP do primeiro ficou em 16%, no segundo caso tornou-se 9,3%, tendo uma diminuição de aproximadamente 42%. Além destas análises, verificou-se a eficácia do método, através da simulação, que resultou em um erro médio percentual de apenas 7,6%.

A aplicação do modelo proporciona uma forma de reflexão para a fábrica decidir se o momento será propício, ou não, para a realização de uma manutenção preventiva/preditiva. Por conta deste fato, os autores concluem que este projeto possui relevância para o planejamento estratégico da empresa, tornando-o viável.

## 5 CONCLUSÕES

O desenvolvimento do modelo possibilitou a obtenção de uma previsão de demanda para os cavacos de madeira utilizados na produção de celulose através do processo Kraft. O estudo visou auxiliar tomadas de decisões acerca de manutenções e paradas periódicas na fábrica, uma vez que a previsão fornece valores de erros relativamente baixos (menor que 10%) e dentro do intervalo de confiança. Condicionar o uso do método Holt-Winters TA-SM-NA para as decisões de paradas torna-se uma alternativa válida para evitar que seja necessário reduzir a produção nos dias de manutenção dos equipamentos da linha.

Levando em conta que o preço médio da tonelada de celulose, no ano do presente trabalho, flutua em torno de U\$ 750,00, aproximadamente R\$ 2.500,00 (cotação do dólar à R\$ 3,33), uma redução forçada de 40% na produção, como a apresentada no sétimo período da série, representará queda no faturamento de cerca de R\$ 2,50 milhões diários. Obviamente que, apesar de existir esta queda na produção durante o período de manutenção, a fábrica tende a recuperar aumentando a produção acima do nível normal da mesma, o que induz o aumento no desgaste dos equipamentos e possíveis horas extras de funcionários. Com a definição do melhor período para efetuar as manutenções preventivas e preditivas, espera-se evitar tal prejuízo.

O estoque mínimo foi modelado para os períodos de parada dos equipamentos anteriores ao digestor (descascador/picador/peneira). Este valor foi determinado com base no valor médio da série histórica, levando em conta os desvios padrão de um e de dois dias, para consideração de um período de baixa demanda.

Apesar de procurado uma relação da temperatura com a flutuação da demanda, não foi possível estabelecer esta ligação, tendo em vista que a fábrica fornecedora dos dados conta com um silo de pré-vaporização, o qual já remove parte das interferências climáticas.

Todas as análises realizadas nesta monografia foram realizadas no *software* Excel®, o qual possui ampla utilização no mercado, variadas funções para análises

estatísticas, fácil utilização e manutenção e um grande grau de adaptabilidade para vários segmentos e séries diferentes.

Ainda foi possível, através da análise, verificar que o método que obteve um melhor desempenho foi o Método Holt-Winters Tendência Aditiva (TA), Sazonalidade Multiplicativa (SM) e não amortecida (NA) pelo fato de que o mesmo apresentou o menor erro absoluto médio percentual (9,3%), erro este reduzido em cerca de 42% em relação à previsão ingênua.

Para finalizar, este projeto possibilitou um aprendizado significativo aos autores devido a sua relevância acadêmica sobre aplicação de diversos métodos de previsão de demanda.

## 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros, aconselha-se a utilização da análise de variância para uma avaliação da correlação de outras variáveis inerentes ao processo, como as que podem influir na digestão de cavacos, que foram abordadas durante a análise dos dados históricos. Também seria possível analisar dados de uma outra fábrica de celulose, em especial uma que não contenha o silo de pré-vaporização de cavacos, a fim de avaliar a influência climática no processo.

Neste estudo, foram abordados alguns dos vários métodos disponíveis para uma análise de previsão de demanda. Uma sugestão proposta seria a utilização de outros métodos de previsão, tais como ARIMA e suas derivações e RNA – redes neurais artificiais, que são considerados como métodos mais avançados.

Como o presente trabalho foi realizado através do *software* Excel®, uma sugestão para futuros trabalhos seria o desenvolvimento de uma interface em *Visual Basic*, de modo a transformar o aspecto para mais intuitivo e facilitar o ingresso de dados.

## REFERÊNCIAS

ASSUMPÇÃO, R. M. V.; PINHO, M. R. R.; CAHEN R.; PHILIPP, P. **Polpação química**. In: SENAI; IPT. Tecnologia de fabricação de pasta celulósica. 2. ed. São Paulo: Escola SENAI Theobaldo de Nigris, 1988. v. 1, cap. 6.

BLAZUS, André; HORA, André Barros da; LEITE, Bruno Gomes Pereira. Panorama de mercado: celulose. **BNDES Setorial**, n. 32, set. 2010, p. 311-370, 2010.

BRADERCO. **Papel e Celulose Agosto 2016**. Disponível em: <[https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset\\_papel\\_e\\_celulose.pdf](https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_papel_e_celulose.pdf)>. Acesso em: 18 de setembro de 2016.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gestão da Cadeia de Suprimentos - Estratégia, Planejamento e Operações**. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

**Dicionário Michaelis Online**, 2016. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/>>. Acesso em: 16 Outubro 2016.

FOELKEL, C. E. B. O processo de impregnação dos cavacos de madeira de eucalipto pelo licor Kraft de cozimento. **Eucalyptus online book & Newsletter**, ABTCP, 2009. Disponível em: <<http://www.eucalyptus.com.br/>>. Acesso em 20 de outubro de 2017.

GAITHER, Norman. **Administração da produção e operações**. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2002. x, 598 p.

GRANDE, João Paulo. **Dimensões de cavacos industriais de eucalipto e relações com polpação, resistência e morfologia de fibras na polpa**. 2012. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”.

HYNDMAN, Rob J; ATHANASOPOULOS, George. **Forecasting: principles and practice**. Texts Online, Open – Access Textbooks. 2016. Disponível em: <<https://www.otexts.org/fpp/>>. Acesso em: 15 out. 2017.

IBÁ. **Cenários IBÁ Agosto 2016**. Disponível em: <[http://iba.org/images/shared/Cenarios/Cenarios\\_Agosto.pdf](http://iba.org/images/shared/Cenarios/Cenarios_Agosto.pdf)>. Acesso em: 18 de setembro de 2016.

KLEPPE, Peder J. **Kraft pulping**. Tappi, v. 53, n. 1, p. 35-47, 1970.

KLOCK, U.; DE ANDRADE, A. S.; HERNANDEZ, J. A. **Polpa e Papel**. 3ª. ed. Curitiba: UFPR, 2013.

MORETTIN, Pedro A.; Toloi C. M. C. **Análise de Séries Temporais** – São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção. (Operações Industriais e de Serviços)**. [S.l.]: UnicenP, 2007.

SAAD, F. Processo de deslignificação. **Manutenção & Suprimentos**, 2012. Disponível em: <[www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/6577-processo-de-deslignificacao](http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/6577-processo-de-deslignificacao)>. Acesso em: 20 Outubro 2017.

TRAN, H.; VAKKILAINNEN, E. K. **The Kraft Chemical Recovery Process**. Toronto: University of Toronto, 2006.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2007.

## APÊNDICE A – CÁLCULOS DO MÉTODO INGÊNUO

Método Ingênuo									
Período $t$	Demanda $D_t$	Nível $L_t$	Previsão $F_t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
1	1.951	1.951	-	-	-	-	-	-	-
2	1.856	1.856	1.951	95	95	95,0	5,1	5,1	1,00
3	2.049	2.049	1.856	-193	193	143,8	9,4	7,3	-0,68
4	2.634	2.634	2.049	-586	586	291,0	22,2	12,2	-2,35
5	2.245	2.245	2.634	389	389	315,5	17,3	13,5	-0,93
6	2.189	2.189	2.245	56	56	263,6	2,6	11,3	-0,90
7	1.441	1.441	2189	748	748	344,3	51,9	18,1	1,48
8	1.709	1.709	1441	-268	268	333,4	15,7	17,7	0,73
9	2.606	2.606	1.709	-897	897	403,9	34,4	19,8	-1,62
10	1.806	1.806	2.606	800	800	447,9	44,3	22,5	0,32
11	2.008	2.008	1.806	-202	202	423,3	10,1	21,3	-0,13
12	2.680	2.680	2.008	-672	672	445,9	25,1	21,6	-1,63
13	2.520	2.520	2.680	161	161	422,1	6,4	20,4	-1,35
14	2.776	2.776	2.520	-256	256	409,3	9,2	19,5	-2,01
15	2.926	2.926	2.776	-151	151	390,9	5,1	18,5	-2,49
16	2.540	2.540	2.926	386	386	390,5	15,2	18,3	-1,51
17	2.065	2.065	2.540	475	475	395,8	23,0	18,6	-0,29
18	1.760	1.760	2.065	306	306	390,5	17,4	18,5	0,49
19	2.231	2.231	1.760	-472	472	395,0	21,1	18,6	-0,71
20	2.599	2.599	2.231	-368	368	393,6	14,2	18,4	-1,65
21	2.706	2.706	2.599	-107	107	379,3	4,0	17,7	-1,99
22	3.218	3.218	2.706	-512	512	385,6	15,9	17,6	-3,29
23	3.116	3.116	3.218	102	102	372,7	3,3	16,9	-3,13
24	1.819	1.819	3.116	1.298	1.298	412,9	71,4	19,3	0,32
25	2.255	2.255	1.819	-437	437	413,9	19,4	19,3	-0,73
26	3.041	3.041	2.255	-786	786	428,7	25,8	19,6	-2,54
27	2.736	2.736	3.041	305	305	424,0	11,1	19,2	-1,85
28	2.882	2.882	2.736	-146	146	413,6	5,0	18,7	-2,25
29	2.606	2.606	2.882	276	276	408,7	10,6	18,4	-1,60
30	3.313	3.313	2.606	-707	707	419,0	21,3	18,5	-3,25
31	3.106	3.106	3.313	207	207	411,9	6,7	18,1	-2,80
32	3.029	3.029	3.106	77	77	401,1	2,5	17,6	-2,69
33	3.002	3.002	3.029	27	27	389,4	0,9	17,1	-2,70
34	3.094	3.094	3.002	-92	92	380,4	3,0	16,7	-3,00
35	2.681	2.681	3.094	413	413	381,4	15,4	16,6	-1,91
36	2.758	2.758	2.681	-77	77	372,7	2,8	16,2	-2,17

Período $t$	Demanda $D_t$	Nível $L_t$	Previsão $F_t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
37	1.983	1.983	2.758	775	775	383,9	39,1	16,9	-0,08
38	1.995	1.995	1.983	-12	12	373,8	0,6	16,4	-0,12
39	2.352	2.352	1.995	-357	357	373,4	15,2	16,4	-1,07
40	2.571	2.571	2.352	-220	220	369,4	8,5	16,2	-1,68
41	2.445	2.445	2.571	126	126	363,3	5,2	15,9	-1,36
42	1.843	1.843	2.445	602	602	369,1	32,7	16,3	0,29
43	2.260	2.260	1.843	-417	417	370,3	18,5	16,4	-0,83
44	2.467	2.467	2.260	-207	207	366,5	8,4	16,2	-1,41
45	3.103	3.103	2.467	-636	636	372,6	20,5	16,3	-3,09
46	3.060	3.060	3.103	43	43	365,3	1,4	16,0	-3,04
47	2.553	2.553	3.060	507	507	368,3	19,9	16,1	-1,63
48	2.740	2.740	2.553	-187	187	364,5	6,8	15,9	-2,16
49	3.031	3.031	2.740	-291	291	363,0	9,6	15,7	-2,98
50	2.444	2.444	3.031	587	587	367,5	24,0	15,9	-1,34
51	3.155	3.155	2.444	-711	711	374,4	22,5	16,0	-3,22
<b>52</b>			<b>3.155</b>						

<b>Períodos</b>	1
-----------------	---

Desv. Padrão (68%)	468,0
Desv. Padrão (95%)	917,3

TS mín	-3,29
TS máx	1,48

## APÊNDICE B – CÁLCULOS DO MÉTODO DA MÉDIA MÓVEL

Média Móvel Simples									
Período $t$	Demanda $D_t$	Nível $L_t$	Previsão $F_t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
1	1.951								
2	1.856								
3	2.049								
4	2.634	2.122							
5	2.245	2.196	2.122	-123	123	122,6	5,5	5,5	-1,00
6	2.189	2.279	2.196	7	7	64,8	0,3	2,9	-1,79
7	1.441	2.127	2.279	838	838	322,5	58,2	21,3	2,24
8	1.709	1.896	2.127	418	418	346,5	24,5	22,1	3,29
9	2.606	1.986	1.896	-710	710	419,2	27,2	23,1	1,03
10	1.806	1.891	1.986	180	180	379,4	10,0	20,9	1,61
11	2.008	2.032	1.891	-118	118	341,9	5,9	18,8	1,44
12	2.680	2.275	2.032	-648	648	380,2	24,2	19,5	-0,41
13	2.520	2.253	2.275	-245	245	365,1	9,7	18,4	-1,09
14	2.776	2.496	2.253	-522	522	380,8	18,8	18,4	-2,42
15	2.926	2.725	2.496	-430	430	385,3	14,7	18,1	-3,51
16	2.540	2.690	2.725	185	185	368,6	7,3	17,2	-3,16
17	2.065	2.577	2.690	625	625	388,4	30,3	18,2	-1,39
18	1.760	2.323	2.577	817	817	419,0	46,4	20,2	0,66
19	2.231	2.149	2.323	92	92	397,2	4,1	19,1	0,93
20	2.599	2.164	2.149	-450	450	400,5	17,3	19,0	-0,21
21	2.706	2.324	2.164	-542	542	408,8	20,0	19,1	-1,53
22	3.218	2.689	2.324	-894	894	435,8	27,8	19,6	-3,48
23	3.116	2.910	2.689	-428	428	435,3	13,7	19,3	-4,47
24	1.819	2.715	2.910	1.091	1.091	468,1	60,0	21,3	-1,83
25	2.255	2.602	2.715	460	460	467,7	20,4	21,3	-0,85
26	3.041	2.558	2.602	-439	439	466,4	14,4	20,9	-1,79
27	2.736	2.463	2.558	-179	179	453,9	6,5	20,3	-2,23
28	2.882	2.728	2.463	-419	419	452,4	14,5	20,1	-3,16
29	2.606	2.816	2.728	122	122	439,2	4,7	19,5	-2,98
30	3.313	2.884	2.816	-497	497	441,5	15,0	19,3	-4,09
31	3.106	2.977	2.884	-222	222	433,3	7,1	18,8	-4,68
32	3.029	3.014	2.977	-52	52	419,7	1,7	18,2	-4,96
33	3.002	3.113	3.014	12	12	405,6	0,4	17,6	-5,10
34	3.094	3.058	3.113	19	19	392,7	0,6	17,0	-5,22
35	2.681	2.952	3.058	377	377	392,2	14,1	16,9	-4,27
36	2.758	2.884	2.952	194	194	386,0	7,0	16,6	-3,83



Período $t$	Demanda $D_t$	Nível $L_t$	Previsão $F_t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
38	1.995	2.354	2.629	634	634	408,4	31,8	17,9	0,13
39	2.352	2.272	2.354	3	3	396,9	0,1	17,4	0,14
40	2.571	2.225	2.272	-299	299	394,1	11,6	17,3	-0,61
41	2.445	2.341	2.225	-220	220	389,4	9,0	17,0	-1,19
42	1.843	2.303	2.341	498	498	392,3	27,0	17,3	0,09
43	2.260	2.280	2.303	43	43	383,3	1,9	16,9	0,21
44	2.467	2.254	2.280	-187	187	378,4	7,6	16,7	-0,29
45	3.103	2.418	2.254	-849	849	389,9	27,4	16,9	-2,46
46	3.060	2.722	2.418	-642	642	395,9	21,0	17,0	-4,04
47	2.553	2.796	2.722	169	169	390,6	6,6	16,8	-3,66
48	2.740	2.864	2.796	56	56	383,0	2,0	16,4	-3,59
49	3.031	2.846	2.864	-167	167	378,2	5,5	16,2	-4,08
50	2.444	2.692	2.846	402	402	378,7	16,4	16,2	-3,01
51	3.155	2.843	2.692	-463	463	380,5	14,7	16,2	-4,21
<b>52</b>			<b>2.843</b>						

<b>Períodos</b>	4
-----------------	---

Desv. Padrão (68%)	475,6
Desv. Padrão (95%)	932,3

TS mín	-5,22
TS máx	3,29

## APÊNDICE C – CÁLCULOS DO MODELO DE SUAVIZAÇÃO EXPONENCIAL SIMPLES

100% Série Histórica																
					Erro da previsão $F_t$						Erro da previsão $F_{t+1}$					
Período $t$	Demanda $D_t$	Nível $L_t$	Previsão $F_t$	Previsão $F_{t+1}$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
0		2.509														
1	1.951	2.144	2.509	2.509	558	558	557,8	28,6	28,6	1,00						
2	1.856	1.956	2.144	2.144	288	288	423,0	15,5	22,1	2,00	653	653	652,8	35,2	35,2	1,00
3	2.049	2.016	1.956	1.956	-93	93	312,9	4,5	16,2	2,41	96	96	374,3	4,7	19,9	2,00
4	2.634	2.420	2.016	2.016	-618	618	389,1	23,4	18,0	0,35	-678	678	475,6	25,7	21,9	0,15
5	2.245	2.306	2.420	2.420	175	175	346,3	7,8	16,0	0,90	-229	229	413,8	10,2	18,9	-0,38
6	2.189	2.229	2.306	2.306	117	117	308,0	5,3	14,2	1,39	231	231	377,3	10,6	17,3	0,19
7	1.441	1.714	2.229	2.229	788	788	376,6	54,7	20,0	3,23	865	865	458,5	60,0	24,4	2,04
8	1.709	1.711	1.714	1.714	5	5	330,2	0,3	17,5	3,70	520	520	467,3	30,5	25,3	3,12
9	2.606	2.296	1.711	1.711	-895	895	393,0	34,4	19,4	0,83	-892	892	520,4	34,2	26,4	1,09
10	1.806	1.976	2.296	2.296	490	490	402,7	27,1	20,2	2,03	-95	95	473,2	5,3	24,0	0,99
11	2.008	1.997	1.976	1.976	-32	32	369,0	1,6	18,5	2,12	288	288	454,7	14,3	23,1	1,67
12	2.680	2.443	1.997	1.997	-683	683	395,2	25,5	19,1	0,25	-704	704	477,3	26,3	23,4	0,11
13	2.520	2.493	2.443	2.443	-76	76	370,6	3,0	17,8	0,06	-523	523	481,1	20,7	23,1	-0,97
14	2.776	2.678	2.493	2.493	-282	282	364,3	10,2	17,3	-0,71	-332	332	469,7	12,0	22,3	-1,70
15	2.926	2.840	2.678	2.678	-248	248	356,6	8,5	16,7	-1,42	-433	433	467,0	14,8	21,7	-2,64
16	2.540	2.644	2.840	2.840	300	300	353,1	11,8	16,4	-0,59	138	138	445,1	5,4	20,7	-2,46
17	2.065	2.266	2.644	2.644	579	579	366,3	28,0	17,1	1,02	775	775	465,7	37,5	21,7	-0,69
18	1.760	1.935	2.266	2.266	506	506	374,1	28,8	17,7	2,35	884	884	490,3	50,3	23,4	1,15
19	2.231	2.128	1.935	1.935	-296	296	370,0	13,3	17,5	1,57	35	35	465,0	1,5	22,2	1,29
20	2.599	2.436	2.128	2.128	-471	471	375,0	18,1	17,5	0,30	-664	664	475,5	25,6	22,4	-0,14

100% Série Histórica																
					Erro da previsão $F_t$						Erro da previsão $F_{t+1}$					
Período $t$	Demanda $D_t$	Nível $L_t$	Previsão $F_t$	Previsão $F_{t+1}$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
21	2.706	2.612	2.436	2.436	-270	270	370,0	10,0	17,2	-0,43	-578	578	480,6	21,3	22,3	-1,34
22	3.218	3.008	2.612	2.612	-606	606	380,7	18,8	17,2	-2,01	-782	782	495,0	24,3	22,4	-2,88
23	3.116	3.079	3.008	3.008	-108	108	368,9	3,5	16,6	-2,36	-504	504	495,3	16,2	22,1	-3,89
24	1.819	2.255	3.079	3.079	1.260	1.260	406,0	69,3	18,8	0,96	1.190	1.190	525,5	65,4	24,0	-1,41
25	2.255	2.255	2.255	2.255	0	0	389,8	0,0	18,1	1,00	824	824	538,0	36,5	24,5	0,16
26	3.041	2.768	2.255	2.255	-785	785	405,0	25,8	18,4	-0,98	-785	785	547,9	25,8	24,6	-1,28
27	2.736	2.747	2.768	2.768	32	32	391,2	1,2	17,7	-0,93	-481	481	545,3	17,6	24,3	-2,17
28	2.882	2.835	2.747	2.747	-134	134	382,0	4,7	17,3	-1,31	-113	113	529,3	3,9	23,5	-2,45
29	2.606	2.685	2.835	2.835	229	229	376,7	8,8	17,0	-0,72	141	141	515,4	5,4	22,9	-2,24
30	3.313	3.096	2.685	2.685	-628	628	385,1	18,9	17,0	-2,33	-478	478	514,1	14,4	22,6	-3,17
31	3.106	3.102	3.096	3.096	-10	10	373,0	0,3	16,5	-2,43	-421	421	511,0	13,5	22,3	-4,02
32	3.029	3.054	3.102	3.102	73	73	363,7	2,4	16,1	-2,30	67	67	496,7	2,2	21,7	-4,00
33	3.002	3.020	3.054	3.054	52	52	354,2	1,7	15,6	-2,21	100	100	484,3	3,3	21,1	-3,89
34	3.094	3.068	3.020	3.020	-74	74	346,0	2,4	15,2	-2,47	-40	40	470,8	1,3	20,5	-4,09
35	2.681	2.815	3.068	3.068	387	387	347,2	14,5	15,2	-1,35	339	339	466,9	12,7	20,3	-3,40
36	2.758	2.778	2.815	2.815	57	57	339,1	2,1	14,9	-1,21	310	310	462,5	11,3	20,0	-2,76
37	1.983	2.258	2.778	2.778	795	795	351,4	40,1	15,5	1,09	832	832	472,7	42,0	20,6	-0,94
38	1.995	2.086	2.258	2.258	263	263	349,1	13,2	15,5	1,85	783	783	481,1	39,2	21,1	0,71
39	2.352	2.260	2.086	2.086	-265	265	347,0	11,3	15,4	1,10	-93	93	470,9	4,0	20,7	0,52
40	2.571	2.463	2.260	2.260	-311	311	346,1	12,1	15,3	0,20	-485	485	471,3	18,9	20,6	-0,51
41	2.445	2.451	2.463	2.463	18	18	338,1	0,7	14,9	0,26	-185	185	464,1	7,6	20,3	-0,91
42	1.843	2.054	2.451	2.451	608	608	344,5	33,0	15,4	2,02	620	620	467,9	33,6	20,6	0,42
43	2.260	2.189	2.054	2.054	-206	206	341,3	9,1	15,2	1,44	191	191	461,3	8,5	20,3	0,84
44	2.467	2.371	2.189	2.189	-278	278	339,9	11,3	15,1	0,62	-413	413	460,2	16,8	20,2	-0,06
45	3.103	2.849	2.371	2.371	-732	732	348,6	23,6	15,3	-1,49	-914	914	470,5	29,5	20,5	-2,00

100% Série Histórica																
					Erro da previsão $F_t$						Erro da previsão $F_{t+1}$					
Período $t$	Demanda $D_t$	Nível $L_t$	Previsão $F_t$	Previsão $F_{t+1}$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
46	3.060	2.987	2.849	2.849	-211	211	345,6	6,9	15,1	-2,12	-689	689	475,4	22,5	20,5	-3,43
47	2.553	2.703	2.987	2.987	434	434	347,5	17,0	15,2	-0,86	296	296	471,5	11,6	20,3	-2,83
48	2.740	2.727	2.703	2.703	-37	37	341,0	1,3	14,9	-0,98	247	247	466,7	9,0	20,1	-2,33
49	3.031	2.926	2.727	2.727	-304	304	340,2	10,0	14,8	-1,88	-328	328	463,8	10,8	19,9	-3,05
50	2.444	2.611	2.926	2.926	482	482	343,1	19,7	14,9	-0,46	283	283	460,1	11,6	19,7	-2,46
51	3.155	2.967	2.611	2.611	-544	544	347,0	17,2	14,9	-2,02	-229	229	455,5	7,3	19,5	-2,99
<b>52</b>			<b>2.967</b>	<b>2.967</b>												

<b>Alpha</b>	0,654
--------------	-------

Desv. Padrão (68%)	433,7
Desv. Padrão (95%)	867,5

TS mín	-2,47	Desv. Padrão (68%)	569,4
TS máx	3,70	Desv. Padrão (95%)	1.138,8

100% Série Dessazonalizada					
Período $t$	Demanda $D_t$	Demanda Dessazonalizada $\check{D}_{t,A}$	Nível $L_t$	Previsão $F_t$	Previsão $F_{t+1}$
0		2.212	2.515		
1	1.951	2.224	2.224	2.515	2.515
2	1.856	2.235	2.235	2.224	2.224
3	2.049	2.159	2.159	2.235	2.235
4	2.634	2.238	2.238	2.159	2.159
5	2.245	2.203	2.203	2.238	2.238
6	2.189	2.012	2.012	2.203	2.203
7	1.441	1.941	1.941	2.012	2.012
8	1.709	1.938	1.938	1.941	1.941
9	2.606	1.961	1.961	1.938	1.938
10	1.806	2.154	2.154	1.961	1.961
11	2.008	2.264	2.264	2.154	2.154
12	2.680	2.375	2.375	2.264	2.264
13	2.520	2.611	2.611	2.375	2.375
14	2.776	2.708	2.708	2.611	2.611
15	2.926	2.633	2.633	2.708	2.708
16	2.540	2.450	2.450	2.633	2.633
17	2.065	2.236	2.236	2.450	2.450
18	1.760	2.156	2.156	2.236	2.236
19	2.231	2.244	2.244	2.156	2.156
20	2.599	2.506	2.506	2.244	2.244
21	2.706	2.799	2.799	2.506	2.506
22	3.218	2.812	2.812	2.799	2.799
23	3.116	2.658	2.658	2.812	2.812
24	1.819	2.580	2.580	2.658	2.658
25	2.255	2.510	2.510	2.580	2.580
26	3.041	2.595	2.595	2.510	2.510
27	2.736	2.772	2.772	2.595	2.595
28	2.882	2.850	2.850	2.772	2.772
29	2.606	2.930	2.930	2.850	2.850
30	3.313	2.995	2.995	2.930	2.930
31	3.106	3.063	3.063	2.995	2.995
32	3.029	3.085	3.085	3.063	3.063
33	3.002	3.005	3.005	3.085	3.085
34	3.094	2.918	2.918	3.005	3.005
35	2.681	2.756	2.756	2.918	2.918
36	2.758	2.492	2.492	2.756	2.756
37	1.983	2.313	2.313	2.492	2.492
38	1.995	2.249	2.249	2.313	2.313

100% Série Dessazonalizada					
Período $t$	Demanda $D_t$	Demanda Dessazonalizada $\hat{D}_{t,A}$	Nível $L_t$	Previsão $F_t$	Previsão $F_{t+1}$
39	2.352	2.283	2.283	2.249	2.249
40	2.571	2.322	2.322	2.283	2.283
41	2.445	2.291	2.291	2.322	2.322
42	1.843	2.267	2.267	2.291	2.291
43	2.260	2.336	2.336	2.267	2.267
44	2.467	2.570	2.570	2.336	2.336
45	3.103	2.759	2.759	2.570	2.570
46	3.060	2.830	2.830	2.759	2.759
47	2.553	2.855	2.855	2.830	2.830
48	2.740	2.769	2.769	2.855	2.855
49	3.031	2.767	2.767	2.769	2.769
50	2.444	2.795	2.795	2.767	2.767
51	3.155	2.807	2.807	2.795	2.795
<b>52</b>				<b>2.807</b>	<b>2.807</b>

<b>Alpha</b>	1,000
--------------	-------

100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_t$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
0						
1	564	564	564,3	28,9	28,9	1,00
2	368	368	466,0	19,8	24,4	2,00
3	187	187	373,0	9,1	19,3	3,00
4	-475	475	398,4	18,0	19,0	1,62
5	-8	8	320,3	0,3	15,2	1,99
6	14	14	269,2	0,6	12,8	2,42
7	571	571	312,3	39,6	16,6	3,91
8	232	232	302,3	13,6	16,3	4,81
9	-668	668	342,9	25,6	17,3	2,29
10	155	155	324,1	8,6	16,4	2,90
11	146	146	307,9	7,3	15,6	3,53
12	-416	416	316,9	15,5	15,6	2,12
13	-145	145	303,7	5,8	14,8	1,73
14	-165	165	293,8	5,9	14,2	1,23
15	-218	218	288,7	7,5	13,7	0,49
16	93	93	276,5	3,7	13,1	0,85
17	385	385	282,9	18,6	13,4	2,20
18	476	476	293,6	27,1	14,2	3,74
19	-75	75	282,1	3,4	13,6	3,62
20	-355	355	285,8	13,7	13,6	2,33
21	-200	200	281,7	7,4	13,3	1,66
22	-419	419	287,9	13,0	13,3	0,17
23	-304	304	288,6	9,8	13,2	-0,88
24	840	840	311,6	46,2	14,5	1,88
25	325	325	312,1	14,4	14,5	2,91
26	-531	531	320,5	17,4	14,6	1,18
27	-141	141	313,8	5,1	14,3	0,76
28	-109	109	306,5	3,8	13,9	0,42
29	244	244	304,4	9,4	13,8	1,22
30	-383	383	307,0	11,5	13,7	-0,03
31	-111	111	300,7	3,6	13,4	-0,40
32	34	34	292,3	1,1	13,0	-0,30
33	83	83	286,0	2,8	12,7	-0,01
34	-89	89	280,2	2,9	12,4	-0,33
35	237	237	279,0	8,8	12,3	0,51
36	-2	2	271,2	0,1	11,9	0,52

100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_t$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
37	509	509	277,7	25,6	12,3	2,34
38	318	318	278,7	15,9	12,4	3,47
39	-103	103	274,2	4,4	12,2	3,16
40	-288	288	274,6	11,2	12,2	2,10
41	-123	123	270,9	5,0	12,0	1,68
42	448	448	275,1	24,3	12,3	3,28
43	7	7	268,9	0,3	12,0	3,38
44	-131	131	265,7	5,3	11,9	2,93
45	-532	532	271,7	17,2	12,0	0,90
46	-301	301	272,3	9,8	11,9	-0,20
47	277	277	272,4	10,8	11,9	0,81
48	115	115	269,1	4,2	11,8	1,25
49	-262	262	269,0	8,6	11,7	0,28
50	323	323	270,0	13,2	11,7	1,47
51	-360	360	271,8	11,4	11,7	0,14
<b>52</b>						

Desv. Padrão (68%)	339,8
Desv. Padrão (95%)	679,5

TS mín	-0,88
TS máx	4,81



100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_{t+1}$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
0						
1						
2	659	659	659,3	35,5	35,5	1,00
3	175	175	417,3	8,6	22,0	2,00
4	-399	399	411,0	15,1	19,7	1,06
5	-86	86	329,8	3,8	15,8	1,06
6	49	49	273,5	2,2	13,1	1,46
7	762	762	354,9	52,9	19,7	3,27
8	303	303	347,5	17,7	19,4	4,21
9	-665	665	387,1	25,5	20,2	2,06
10	132	132	358,8	7,3	18,7	2,59
11	-47	47	327,6	2,3	17,1	2,70
12	-526	526	345,7	19,6	17,3	1,04
13	-255	255	338,2	10,1	16,7	0,30
14	-401	401	343,0	14,4	16,6	-0,87
15	-316	316	341,0	10,8	16,1	-1,80
16	168	168	329,5	6,6	15,5	-1,35
17	568	568	344,4	27,5	16,3	0,36
18	690	690	364,7	39,2	17,6	2,23
19	5	5	344,7	0,2	16,6	2,37
20	-443	443	349,9	17,0	16,7	1,07
21	-462	462	355,5	17,1	16,7	-0,25
22	-712	712	372,5	22,1	16,9	-2,15
23	-317	317	370,0	10,2	16,6	-3,02
24	994	994	397,1	54,6	18,3	-0,31
25	403	403	397,3	17,9	18,3	0,71
26	-461	461	399,9	15,2	18,1	-0,45
27	-226	226	393,2	8,3	17,8	-1,03
28	-286	286	389,2	9,9	17,5	-1,78
29	166	166	381,3	6,4	17,1	-1,38
30	-463	463	384,1	14,0	17,0	-2,58
31	-176	176	377,1	5,7	16,6	-3,09
32	-34	34	366,1	1,1	16,1	-3,28
33	61	61	356,5	2,0	15,7	-3,19
34	-9	9	346,0	0,3	15,2	-3,31
35	324	324	345,3	12,1	15,1	-2,38
36	160	160	340,0	5,8	14,8	-1,95

100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_{t+1}$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
37	773	773	352,1	39,0	15,5	0,31
38	497	497	356,0	24,9	15,8	1,70
39	-38	38	347,6	1,6	15,4	1,63
40	-323	323	347,0	12,5	15,3	0,71
41	-162	162	342,3	6,6	15,1	0,24
42	479	479	345,7	26,0	15,4	1,63
43	31	31	338,2	1,4	15,0	1,75
44	-200	200	335,0	8,1	14,9	1,17
45	-767	767	344,8	24,7	15,1	-1,08
46	-490	490	348,0	16,0	15,1	-2,48
47	206	206	344,9	8,1	15,0	-1,91
48	90	90	339,5	3,3	14,7	-1,67
49	-176	176	336,1	5,8	14,5	-2,21
50	325	325	335,9	13,3	14,5	-1,25
51	-388	388	336,9	12,3	14,5	-2,39
<b>52</b>						

Desv. Padrão (68%)	421,1
--------------------	-------

Desv. Padrão (95%)	842,2
--------------------	-------

## APÊNDICE D – CÁLCULOS DO MODELO DE HOLT ADITIVO

100% Série Histórica					
Período $t$	Demanda $D_t$	Nível $L_t$	Tendência $T_t$	Previsão $F_t$	Previsão $F_{t+1}$
0		2.166	13		
1	1.951	2.094	13	2.179	2.192
2	1.856	2.014	13	2.107	2.121
3	2.049	2.035	13	2.027	2.040
4	2.634	2.265	13	2.048	2.061
5	2.245	2.266	13	2.279	2.292
6	2.189	2.246	13	2.279	2.293
7	1.441	1.956	13	2.259	2.272
8	1.709	1.873	13	1.969	1.982
9	2.606	2.152	13	1.885	1.898
10	1.806	2.032	13	2.165	2.179
11	2.008	2.031	13	2.045	2.058
12	2.680	2.280	13	2.044	2.057
13	2.520	2.377	13	2.293	2.306
14	2.776	2.533	13	2.390	2.403
15	2.926	2.687	14	2.546	2.560
16	2.540	2.641	13	2.701	2.714
17	2.065	2.436	13	2.655	2.668
18	1.760	2.194	13	2.449	2.463
19	2.231	2.216	13	2.207	2.220
20	2.599	2.366	13	2.229	2.242
21	2.706	2.500	13	2.379	2.392
22	3.218	2.775	14	2.513	2.527
23	3.116	2.910	14	2.788	2.802
24	1.819	2.514	13	2.923	2.937
25	2.255	2.426	13	2.527	2.540
26	3.041	2.662	13	2.439	2.453
27	2.736	2.698	13	2.675	2.689
28	2.882	2.774	13	2.711	2.725
29	2.606	2.720	13	2.788	2.801
30	3.313	2.948	14	2.734	2.747
31	3.106	3.015	14	2.962	2.976
32	3.029	3.029	14	3.029	3.043
33	3.002	3.028	14	3.043	3.056
34	3.094	3.061	14	3.041	3.055
35	2.681	2.929	14	3.074	3.088
36	2.758	2.874	13	2.942	2.956

100% Série Histórica					
Período $t$	Demanda $D_t$	Nível $L_t$	Tendência $T_t$	Previsão $F_t$	Previsão $F_{t+1}$
37	1.983	2.552	13	2.887	2.901
38	1.995	2.354	13	2.565	2.578
39	2.352	2.361	13	2.367	2.380
40	2.571	2.447	13	2.374	2.387
41	2.445	2.454	13	2.460	2.473
42	1.843	2.236	13	2.467	2.480
43	2.260	2.253	13	2.249	2.261
44	2.467	2.340	13	2.266	2.278
45	3.103	2.631	13	2.353	2.366
46	3.060	2.798	13	2.644	2.657
47	2.553	2.716	13	2.811	2.824
48	2.740	2.733	13	2.729	2.742
49	3.031	2.852	13	2.746	2.759
50	2.444	2.709	13	2.865	2.878
51	3.155	2.882	13	2.722	2.735
<b>52</b>				<b>2.896</b>	<b>2.909</b>

<b>Alpha</b>	0,371
<b>Beta</b>	0,001

100% Série Histórica						
Erro da previsão $F_t$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
0						
1	228	228	227,8	11,7	11,7	1,00
2	251	251	239,6	13,6	12,6	2,00
3	-21	21	166,8	1,0	8,8	2,75
4	-586	586	271,6	22,2	12,1	-0,47
5	34	34	223,9	1,5	10,0	-0,42
6	90	90	201,7	4,1	9,0	-0,02
7	818	818	289,7	56,8	15,8	2,81
8	260	260	286,0	15,2	15,8	3,76
9	-721	721	334,3	27,7	17,1	1,06
10	359	359	336,8	19,9	17,4	2,12
11	37	37	309,6	1,9	16,0	2,42
12	-636	636	336,7	23,7	16,6	0,34
13	-226	226	328,3	9,0	16,0	-0,34
14	-385	385	332,3	13,9	15,9	-1,50
15	-380	380	335,5	13,0	15,7	-2,61
16	161	161	324,6	6,3	15,1	-2,21
17	590	590	340,1	28,5	15,9	-0,37
18	690	690	359,6	39,2	17,2	1,57
19	-24	24	341,9	1,1	16,3	1,58
20	-370	370	343,3	14,2	16,2	0,49
21	-327	327	342,6	12,1	16,0	-0,46
22	-705	705	359,0	21,9	16,3	-2,40
23	-328	328	357,7	10,5	16,0	-3,33
24	1.105	1.105	388,8	60,7	17,9	-0,22
25	272	272	384,1	12,1	17,7	0,48
26	-601	601	392,5	19,8	17,8	-1,06
27	-61	61	380,2	2,2	17,2	-1,25
28	-170	170	372,7	5,9	16,8	-1,73
29	182	182	366,1	7,0	16,4	-1,27
30	-579	579	373,2	17,5	16,5	-2,80
31	-144	144	365,8	4,6	16,1	-3,25
32	0	0	354,4	0,0	15,6	-3,35
33	41	41	344,9	1,4	15,2	-3,33
34	-53	53	336,3	1,7	14,8	-3,57
35	393	393	337,9	14,7	14,8	-2,39
36	184	184	333,6	6,7	14,5	-1,86

100% Série Histórica						
Erro da previsão $F_t$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	$DAM_t$	Erro Percentual	$EAMP_t$	$TS_t$
37	904	904	349,1	45,6	15,4	0,81
38	570	570	354,9	28,6	15,7	2,40
39	15	15	346,2	0,7	15,3	2,51
40	-197	197	342,4	7,7	15,1	1,96
41	15	15	334,5	0,6	14,8	2,05
42	624	624	341,4	33,9	15,2	3,84
43	-11	11	333,7	0,5	14,9	3,89
44	-201	201	330,7	8,2	14,7	3,32
45	-749	749	340,0	24,2	15,0	1,03
46	-416	416	341,6	13,6	14,9	-0,20
47	258	258	339,9	10,1	14,8	0,56
48	-11	11	333,0	0,4	14,5	0,54
49	-285	285	332,0	9,4	14,4	-0,32
50	421	421	333,8	17,2	14,5	0,94
51	-433	433	335,8	13,7	14,5	-0,35
<b>52</b>						

Desv. Padrão (68%)	419,7
Desv. Padrão (95%)	839,4

TS mín	-3,57
TS máx	3,89

100% Série Histórica						
Erro da previsão $F_{t+1}$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
0						
1						
2	-336	336	336,0	18,1	18,1	-1,00
3	-72	72	204,0	3,5	10,8	-2,00
4	594	594	333,9	22,5	14,7	0,56
5	184	184	296,4	8,2	13,1	1,25
6	-103	103	257,6	4,7	11,4	1,03
7	-852	852	356,6	59,1	19,4	-1,64
8	-563	563	386,2	33,0	21,3	-2,97
9	624	624	415,9	24,0	21,6	-1,26
10	-92	92	379,9	5,1	19,8	-1,62
11	-171	171	359,0	8,5	18,7	-2,19
12	622	622	382,9	23,2	19,1	-0,43
13	462	462	389,5	18,3	19,0	0,76
14	469	469	395,6	16,9	18,9	1,94
15	523	523	404,7	17,9	18,8	3,19
16	-20	20	379,0	0,8	17,6	3,35
17	-649	649	395,9	31,4	18,4	1,57
18	-908	908	426,1	51,6	20,4	-0,68
19	-232	232	415,3	10,4	19,8	-1,25
20	379	379	413,4	14,6	19,6	-0,34
21	464	464	415,9	17,2	19,4	0,78
22	826	826	435,4	25,7	19,7	2,64
23	589	589	442,4	18,9	19,7	3,93
24	-983	983	465,9	54,1	21,2	1,62
25	-682	682	474,9	30,2	21,6	0,16
26	500	500	475,9	16,4	21,4	1,21
27	283	283	468,5	10,4	20,9	1,83
28	193	193	458,3	6,7	20,4	2,29
29	-119	119	446,2	4,6	19,9	2,09
30	512	512	448,4	15,4	19,7	3,22
31	359	359	445,5	11,6	19,4	4,05
32	53	53	432,8	1,8	18,9	4,29
33	-41	41	420,6	1,4	18,3	4,32
34	38	38	409,0	1,2	17,8	4,53
35	-374	374	407,9	13,9	17,7	3,63
36	-330	330	405,7	12,0	17,5	2,83

100% Série Histórica						
Erro da previsão $F_{t+1}$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
37	-973	973	421,4	49,0	18,4	0,42
38	-906	906	434,5	45,4	19,1	-1,68
39	-227	227	429,1	9,7	18,9	-2,23
40	191	191	423,0	7,4	18,6	-1,81
41	58	58	413,9	2,4	18,2	-1,71
42	-630	630	419,1	34,2	18,6	-3,19
43	-220	220	414,4	9,7	18,4	-3,76
44	206	206	409,5	8,3	18,1	-3,30
45	824	824	419,0	26,6	18,3	-1,26
46	694	694	425,1	22,7	18,4	0,39
47	-104	104	418,1	4,1	18,1	0,15
48	-84	84	411,0	3,1	17,8	-0,05
49	289	289	408,5	9,5	17,6	0,65
50	-315	315	406,5	12,9	17,5	-0,12
51	277	277	404,0	8,8	17,3	0,57
<b>52</b>						

Desv. Padrão (68%) 504,9

Desv. Padrão (95%) 1.009,9



100% Série Dessazonalizada						
Período $t$	Demanda $D_t$	Demanda Dessazonalizada $\check{D}_{tA}$	Nível $L_t$	Tendência $T_t$	Previsão $F_t$	Previsão $F_{t+1}$
0		2.212	2.212	12		
1	1.951	2.224	2.224	12	2.224	2.235
2	1.856	2.235	2.235	12	2.235	2.247
3	2.049	2.159	2.165	-70	2.247	2.259
4	2.634	2.238	2.227	62	2.095	2.026
5	2.245	2.203	2.209	-18	2.289	2.351
6	2.189	2.012	2.024	-185	2.191	2.173
7	1.441	1.941	1.934	-91	1.840	1.655
8	1.709	1.938	1.932	-2	1.843	1.753
9	2.606	1.961	1.959	27	1.929	1.927
10	1.806	2.154	2.142	182	1.986	2.014
11	2.008	2.264	2.268	127	2.324	2.507
12	2.680	2.375	2.376	108	2.395	2.522
13	2.520	2.611	2.602	225	2.484	2.591
14	2.776	2.708	2.716	115	2.827	3.052
15	2.926	2.633	2.647	-68	2.831	2.946
16	2.540	2.450	2.459	-188	2.579	2.511
17	2.065	2.236	2.238	-221	2.270	2.082
18	1.760	2.156	2.146	-92	2.018	1.797
19	2.231	2.244	2.230	84	2.054	1.962
20	2.599	2.506	2.493	262	2.314	2.397
21	2.706	2.799	2.796	303	2.754	3.016
22	3.218	2.812	2.833	37	3.099	3.403
23	3.116	2.658	2.673	-159	2.870	2.907
24	1.819	2.580	2.575	-98	2.514	2.355
25	2.255	2.510	2.508	-67	2.477	2.378
26	3.041	2.595	2.584	76	2.440	2.373
27	2.736	2.772	2.764	180	2.661	2.737
28	2.882	2.850	2.857	93	2.944	3.124
29	2.606	2.930	2.932	75	2.949	3.042
30	3.313	2.995	2.996	64	3.007	3.082
31	3.106	3.063	3.063	67	3.060	3.124
32	3.029	3.085	3.088	26	3.130	3.197
33	3.002	3.005	3.012	-76	3.114	3.139
34	3.094	2.918	2.919	-93	2.937	2.861
35	2.681	2.756	2.761	-158	2.826	2.732
36	2.758	2.492	2.500	-262	2.604	2.446
37	1.983	2.313	2.308	-192	2.238	1.977

100% Série Dessazonalizada						
Período $t$	Demanda $D_t$	Demanda Dessazonalizada $\check{D}_{t,A}$	Nível $L_t$	Tendência $T_t$	Previsão $F_t$	Previsão $F_{t+1}$
38	1.995	2.249	2.239	-69	2.116	1.924
39	2.352	2.283	2.275	36	2.170	2.101
40	2.571	2.322	2.321	46	2.310	2.346
41	2.445	2.291	2.297	-24	2.367	2.413
42	1.843	2.267	2.267	-29	2.272	2.248
43	2.260	2.336	2.329	62	2.238	2.208
44	2.467	2.570	2.558	228	2.391	2.452
45	3.103	2.759	2.761	203	2.786	3.014
46	3.060	2.830	2.839	79	2.964	3.168
47	2.553	2.855	2.859	20	2.918	2.997
48	2.740	2.769	2.777	-82	2.880	2.900
49	3.031	2.767	2.762	-15	2.694	2.612
50	2.444	2.795	2.792	30	2.747	2.732
51	3.155	2.807	2.808	16	2.821	2.851
<b>52</b>					<b>2.824</b>	<b>2.840</b>

<b>Alpha</b>	0,929
<b>Beta</b>	0,998

100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_t$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	$DAM_t$	Erro Percentual	$EAMP_t$	$TS_t$
0						
1	273	273	272,7	14,0	14,0	1,00
2	379	379	326,1	20,4	17,2	2,00
3	199	199	283,6	9,7	14,7	3,00
4	-539	539	347,3	20,4	16,1	0,90
5	44	44	286,7	2,0	13,3	1,24
6	2	2	239,3	0,1	11,1	1,50
7	399	399	262,1	27,7	13,5	2,89
8	134	134	246,1	7,9	12,8	3,62
9	-677	677	294,0	26,0	14,2	0,73
10	180	180	282,6	10,0	13,8	1,40
11	316	316	285,7	15,7	14,0	2,49
12	-285	285	285,6	10,6	13,7	1,49
13	-36	36	266,4	1,4	12,8	1,47
14	51	51	251,0	1,8	12,0	1,76
15	-95	95	240,6	3,2	11,4	1,44
16	39	39	228,0	1,5	10,8	1,69
17	205	205	226,7	9,9	10,7	2,61
18	258	258	228,4	14,7	11,0	3,72
19	-177	177	225,7	7,9	10,8	2,98
20	-285	285	228,7	11,0	10,8	1,70
21	48	48	220,1	1,8	10,4	1,98
22	-119	119	215,5	3,7	10,1	1,48
23	-246	246	216,8	7,9	10,0	0,33
24	696	696	236,8	38,3	11,2	3,24
25	222	222	236,2	9,8	11,1	4,19
26	-600	600	250,2	19,7	11,4	1,55
27	-75	75	243,7	2,7	11,1	1,29
28	62	62	237,2	2,2	10,8	1,59
29	343	343	240,9	13,2	10,9	2,99
30	-306	306	243,1	9,2	10,8	1,70
31	-46	46	236,7	1,5	10,5	1,55
32	101	101	232,5	3,3	10,3	2,01
33	112	112	228,8	3,7	10,1	2,53
34	-157	157	226,7	5,1	9,9	1,86
35	145	145	224,4	5,4	9,8	2,53
36	-154	154	222,4	5,6	9,7	1,86

100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_t$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	$DAM_t$	Erro Percentual	$EAMP_t$	$TS_t$
37	255	255	223,3	12,9	9,8	2,99
38	121	121	220,6	6,1	9,7	3,58
39	-181	181	219,6	7,7	9,6	2,77
40	-261	261	220,6	10,1	9,6	1,57
41	-78	78	217,1	3,2	9,5	1,24
42	429	429	222,2	23,3	9,8	3,14
43	-22	22	217,5	1,0	9,6	3,11
44	-76	76	214,3	3,1	9,5	2,80
45	-317	317	216,6	10,2	9,5	1,30
46	-96	96	214,0	3,1	9,3	0,87
47	365	365	217,2	14,3	9,5	2,54
48	140	140	215,6	5,1	9,4	3,21
49	-337	337	218,0	11,1	9,4	1,63
50	303	303	219,7	12,4	9,5	3,00
51	-334	334	222,0	10,6	9,5	1,46
<b>52</b>						

Desv. Padrão (68%) 277,5

Desv. Padrão (95%) 555,0

TS mín 0,33

TS máx 4,19

100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_{t+1}$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	$DAM_t$	Erro Percentual	$EAMP_t$	$TS_t$
0						
1						
2	379	379	379,4	20,4	20,4	1,00
3	199	199	289,0	9,7	15,1	2,00
4	-375	375	317,7	14,2	14,8	0,64
5	-219	219	293,2	9,8	13,5	-0,06
6	162	162	266,9	7,4	12,3	0,54
7	732	732	344,5	50,8	18,7	2,55
8	-54	54	303,0	3,1	16,5	2,72
9	-853	853	371,8	32,7	18,5	-0,08
10	121	121	343,9	6,7	17,2	0,27
11	6	6	310,1	0,3	15,5	0,31
12	-173	173	297,6	6,5	14,7	-0,26
13	3	3	273,1	0,1	13,5	-0,27
14	-184	184	266,2	6,6	13,0	-0,97
15	126	126	256,2	4,3	12,3	-0,52
16	406	406	266,2	16,0	12,6	1,03
17	446	446	277,4	21,6	13,1	2,59
18	322	322	280,1	18,3	13,5	3,72
19	-434	434	288,6	19,4	13,8	2,11
20	-637	637	306,9	24,5	14,3	-0,09
21	-309	309	307,0	11,4	14,2	-1,10
22	-202	202	302,0	6,3	13,8	-1,78
23	287	287	301,3	9,2	13,6	-0,84
24	1.088	1.088	335,5	59,8	15,6	2,49
25	100	100	325,7	4,5	15,2	2,88
26	-662	662	339,2	21,8	15,4	0,81
27	-363	363	340,1	13,3	15,3	-0,26
28	-144	144	332,8	5,0	15,0	-0,70
29	518	518	339,4	19,9	15,1	0,84
30	-271	271	337,1	8,2	14,9	0,04
31	-24	24	326,7	0,8	14,4	-0,03
32	95	95	319,2	3,1	14,1	0,27
33	195	195	315,3	6,5	13,8	0,89
34	45	45	307,1	1,5	13,4	1,06
35	180	180	303,4	6,7	13,2	1,66
36	-26	26	295,4	0,9	12,9	1,62

100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_{t+1}$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	$DAM_t$	Erro Percentual	$EAMP_t$	$TS_t$
37	463	463	300,1	23,4	13,2	3,14
38	-18	18	292,5	0,9	12,9	3,16
39	-428	428	296,0	18,2	13,0	1,68
40	-470	470	300,5	18,3	13,1	0,09
41	-99	99	295,5	4,0	12,9	-0,25
42	570	570	302,2	30,9	13,3	1,64
43	-12	12	295,2	0,5	13,0	1,64
44	-259	259	294,4	10,5	13,0	0,77
45	-650	650	302,5	21,0	13,2	-1,40
46	-46	46	296,8	1,5	12,9	-1,58
47	615	615	303,7	24,1	13,1	0,48
48	257	257	302,7	9,4	13,1	1,33
49	-131	131	299,1	4,3	12,9	0,90
50	168	168	296,4	6,9	12,8	1,48
51	-423	423	299,0	13,4	12,8	0,05
<b>52</b>						

Desv. Padrão (68%)	373,7
--------------------	-------

Desv. Padrão (95%)	747,4
--------------------	-------

## APÊNDICE E – CÁLCULOS DO MODELO DE HOLT ADITIVO AMORTECIDO

100% Série Histórica					
Período $t$	Demanda $D_t$	Nível $L_t$	Tendência $T_t$	Previsão $F_t$	Previsão $F_{t+1}$
0		2.166	13		
1	1.951	2.025	-47	2.166	2.166
2	1.856	1.915	-37	2.025	2.025
3	2.049	2.002	29	1.915	1.915
4	2.634	2.415	139	2.002	2.002
5	2.245	2.304	-37	2.415	2.415
6	2.189	2.229	-25	2.304	2.304
7	1.441	1.714	-173	2.229	2.229
8	1.709	1.711	-1	1.714	1.714
9	2.606	2.296	197	1.711	1.711
10	1.806	1.976	-107	2.296	2.296
11	2.008	1.997	7	1.976	1.976
12	2.680	2.443	150	1.997	1.997
13	2.520	2.493	17	2.443	2.443
14	2.776	2.678	62	2.493	2.493
15	2.926	2.840	55	2.678	2.678
16	2.540	2.644	-66	2.840	2.840
17	2.065	2.266	-127	2.644	2.644
18	1.760	1.935	-111	2.266	2.266
19	2.231	2.128	65	1.935	1.935
20	2.599	2.436	103	2.128	2.128
21	2.706	2.612	59	2.436	2.436
22	3.218	3.008	133	2.612	2.612
23	3.116	3.079	24	3.008	3.008
24	1.819	2.255	-277	3.079	3.079
25	2.255	2.255	0	2.255	2.255
26	3.041	2.768	173	2.255	2.255
27	2.736	2.747	-7	2.768	2.768
28	2.882	2.835	29	2.747	2.747
29	2.606	2.685	-50	2.835	2.835
30	3.313	3.095	138	2.685	2.685
31	3.106	3.102	2	3.096	3.096
32	3.029	3.054	-16	3.102	3.102
33	3.002	3.020	-12	3.054	3.054
34	3.094	3.068	16	3.020	3.020
35	2.681	2.815	-85	3.068	3.068

100% Série Histórica					
Período $t$	Demanda $D_t$	Nível $L_t$	Tendência $T_t$	Previsão $F_t$	Previsão $F_{t+1}$
36	2.758	2.778	-13	2.815	2.815
37	1.983	2.258	-175	2.778	2.778
38	1.995	2.086	-58	2.258	2.258
39	2.352	2.260	58	2.086	2.086
40	2.571	2.463	68	2.260	2.260
41	2.445	2.451	-4	2.463	2.463
42	1.843	2.054	-134	2.451	2.451
43	2.260	2.188	45	2.054	2.054
44	2.467	2.370	61	2.189	2.189
45	3.103	2.849	161	2.371	2.371
46	3.060	2.987	47	2.849	2.849
47	2.553	2.703	-95	2.987	2.987
48	2.740	2.727	8	2.703	2.703
49	3.031	2.926	67	2.727	2.727
50	2.444	2.611	-106	2.926	2.926
51	3.155	2.966	119	2.611	2.611
<b>52</b>				<b>2.967</b>	<b>2.967</b>

<b>Alpha</b>	0,653
<b>Beta</b>	0,336
<b>Fi</b>	0,001



100% Série Histórica						
Erro da previsão $F_t$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
0						
1	215	215	214,6	11,0	11,0	1,00
2	169	169	191,9	9,1	10,1	2,00
3	-134	134	172,6	6,5	8,9	1,45
4	-632	632	287,4	24,0	12,7	-1,33
5	170	170	263,9	7,6	11,6	-0,80
6	115	115	239,1	5,3	10,6	-0,40
7	788	788	317,5	54,7	16,9	2,18
8	5	5	278,4	0,3	14,8	2,50
9	-895	895	347,0	34,4	17,0	-0,57
10	490	490	361,3	27,1	18,0	0,80
11	-32	32	331,4	1,6	16,5	0,78
12	-683	683	360,7	25,5	17,3	-1,18
13	-76	76	338,8	3,0	16,2	-1,48
14	-282	282	334,8	10,2	15,7	-2,34
15	-248	248	329,0	8,5	15,2	-3,14
16	300	300	327,2	11,8	15,0	-2,24
17	579	579	342,0	28,0	15,8	-0,45
18	506	506	351,1	28,8	16,5	1,01
19	-296	296	348,2	13,3	16,3	0,16
20	-471	471	354,3	18,1	16,4	-1,17
21	-270	270	350,3	10,0	16,1	-1,95
22	-606	606	361,9	18,8	16,2	-3,56
23	-108	108	350,9	3,5	15,7	-3,98
24	1.260	1.260	388,8	69,3	17,9	-0,35
25	0	0	373,2	0,0	17,2	-0,37
26	-786	786	389,1	25,8	17,5	-2,37
27	32	32	375,9	1,2	16,9	-2,37
28	-134	134	367,2	4,7	16,5	-2,79
29	229	229	362,5	8,8	16,2	-2,19
30	-628	628	371,3	18,9	16,3	-3,83
31	-10	10	359,7	0,3	15,8	-3,99
32	73	73	350,7	2,4	15,4	-3,88
33	52	52	341,7	1,7	15,0	-3,83
34	-74	74	333,8	2,4	14,6	-4,14
35	387	387	335,3	14,5	14,6	-2,96
36	57	57	327,6	2,1	14,3	-2,86

100% Série Histórica						
Erro da previsão $F_t$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	$DAM_t$	Erro Percentual	$EAMP_t$	$TS_t$
37	795	795	340,2	40,1	14,9	-0,42
38	263	263	338,2	13,2	14,9	0,36
39	-265	265	336,3	11,3	14,8	-0,43
40	-311	311	335,7	12,1	14,7	-1,36
41	18	18	328,0	0,7	14,4	-1,33
42	608	608	334,6	33,0	14,8	0,51
43	-206	206	331,7	9,1	14,7	-0,11
44	-278	278	330,4	11,3	14,6	-0,95
45	-732	732	339,4	23,6	14,8	-3,08
46	-211	211	336,6	6,9	14,7	-3,73
47	434	434	338,6	17,0	14,7	-2,43
48	-37	37	332,4	1,3	14,4	-2,59
49	-304	304	331,8	10,0	14,3	-3,51
50	482	482	334,8	19,7	14,4	-2,04
51	-544	544	338,9	17,2	14,5	-3,62
<b>52</b>						

Desv. Padrão (68%)	423,6
Desv. Padrão (95%)	847,2

TS mín	-4,14
TS máx	2,50

100% Série Histórica						
Erro da previsão $F_{t+1}$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	$DAM_t$	Erro Percentual	$EAMP_t$	$TS_t$
0						
1						
2	310	310	309,6	16,7	16,7	1,00
3	-23	23	166,4	1,1	8,9	1,72
4	-719	719	350,7	27,3	15,0	-1,23
5	-243	243	323,7	10,8	14,0	-2,09
6	226	226	304,2	10,3	13,3	-1,48
7	863	863	397,3	59,9	21,0	1,04
8	520	520	414,8	30,4	22,4	2,25
9	-892	892	474,5	34,2	23,9	0,09
10	-95	95	432,4	5,3	21,8	-0,13
11	288	288	417,9	14,3	21,0	0,56
12	-704	704	444,0	26,3	21,5	-1,06
13	-523	523	450,5	20,7	21,5	-2,21
14	-332	332	441,4	12,0	20,7	-3,00
15	-433	433	440,8	14,8	20,3	-3,99
16	138	138	420,6	5,4	19,3	-3,85
17	775	775	442,7	37,5	20,4	-1,91
18	884	884	468,7	50,3	22,2	0,08
19	35	35	444,6	1,5	21,1	0,16
20	-664	664	456,2	25,6	21,3	-1,30
21	-578	578	462,2	21,3	21,3	-2,53
22	-782	782	477,5	24,3	21,4	-4,09
23	-504	504	478,6	16,2	21,2	-5,13
24	1.190	1.190	509,6	65,4	23,1	-2,48
25	824	824	522,6	36,5	23,7	-0,84
26	-786	786	533,2	25,8	23,8	-2,30
27	-481	481	531,2	17,6	23,5	-3,21
28	-113	113	515,7	3,9	22,8	-3,53
29	141	141	502,3	5,4	22,2	-3,34
30	-478	478	501,5	14,4	21,9	-4,30
31	-421	421	498,8	13,5	21,6	-5,17
32	67	67	484,8	2,2	21,0	-5,18
33	100	100	472,8	3,3	20,5	-5,10
34	-40	40	459,7	1,3	19,9	-5,33
35	339	339	456,1	12,7	19,7	-4,63
36	310	310	452,0	11,3	19,4	-3,98

100% Série Histórica						
Erro da previsão $F_{t+1}$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	$DAM_t$	Erro Percentual	$EAMP_t$	$TS_t$
37	832	832	462,5	42,0	20,0	-2,09
38	783	783	471,2	39,2	20,6	-0,39
39	-93	93	461,2	4,0	20,1	-0,61
40	-485	485	461,9	18,9	20,1	-1,65
41	-185	185	454,9	7,6	19,8	-2,09
42	620	620	459,0	33,6	20,1	-0,72
43	191	191	452,6	8,5	19,8	-0,30
44	-413	413	451,7	16,8	19,8	-1,22
45	-914	914	462,2	29,5	20,0	-3,17
46	-689	689	467,2	22,5	20,0	-4,61
47	296	296	463,5	11,6	19,9	-4,01
48	247	247	458,9	9,0	19,6	-3,51
49	-328	328	456,2	10,8	19,5	-4,25
50	283	283	452,6	11,6	19,3	-3,66
51	-229	229	448,2	7,3	19,0	-4,21
<b>52</b>						

Desv. Padrão (68%)	560,2
Desv. Padrão (95%)	1.120,4

100% Série Dessazonalizada						
Período $t$	Demanda $D_t$	Demanda Dessazonalizada $\check{D}_{t,A}$	Nível $L_t$	Tendência $T_t$	Previsão $F_t$	Previsão $F_{t+1}$
0		2.212	2.212	12		
1	1.951	2.224	2.224	12	2.224	2.235
2	1.856	2.235	2.235	12	2.235	2.247
3	2.049	2.159	2.165	-70	2.247	2.259
4	2.634	2.238	2.227	62	2.096	2.026
5	2.245	2.203	2.209	-18	2.289	2.351
6	2.189	2.012	2.024	-185	2.191	2.173
7	1.441	1.941	1.934	-91	1.840	1.656
8	1.709	1.938	1.932	-2	1.844	1.754
9	2.606	1.961	1.959	27	1.929	1.927
10	1.806	2.154	2.142	182	1.986	2.014
11	2.008	2.264	2.268	127	2.324	2.506
12	2.680	2.375	2.376	108	2.395	2.521
13	2.520	2.611	2.602	225	2.483	2.591
14	2.776	2.708	2.716	115	2.826	3.051
15	2.926	2.633	2.647	-68	2.831	2.945
16	2.540	2.450	2.459	-188	2.579	2.511
17	2.065	2.236	2.238	-220	2.271	2.083
18	1.760	2.156	2.147	-92	2.018	1.799
19	2.231	2.244	2.230	84	2.055	1.963
20	2.599	2.506	2.493	262	2.314	2.397
21	2.706	2.799	2.796	303	2.754	3.015
22	3.218	2.812	2.832	37	3.099	3.401
23	3.116	2.658	2.673	-159	2.869	2.906
24	1.819	2.580	2.575	-98	2.515	2.356
25	2.255	2.510	2.508	-67	2.477	2.379
26	3.041	2.595	2.584	76	2.440	2.373
27	2.736	2.772	2.764	180	2.661	2.737
28	2.882	2.850	2.857	93	2.944	3.122
29	2.606	2.930	2.932	75	2.949	3.041
30	3.313	2.995	2.996	64	3.007	3.081
31	3.106	3.063	3.063	67	3.060	3.124
32	3.029	3.085	3.088	26	3.130	3.196
33	3.002	3.005	3.012	-76	3.114	3.139
34	3.094	2.918	2.919	-93	2.937	2.861
35	2.681	2.756	2.761	-158	2.826	2.733
36	2.758	2.492	2.500	-262	2.604	2.447
37	1.983	2.313	2.308	-192	2.239	1.978

100% Série Dessazonalizada						
Período $t$	Demanda $D_t$	Demanda Dessazonalizada $\check{D}_{t,A}$	Nível $L_t$	Tendência $T_t$	Previsão $F_t$	Previsão $F_{t+1}$
38	1.995	2.249	2.239	-69	2.116	1.925
39	2.352	2.283	2.275	36	2.170	2.102
40	2.571	2.322	2.321	46	2.310	2.346
41	2.445	2.291	2.297	-24	2.367	2.412
42	1.843	2.267	2.267	-29	2.272	2.248
43	2.260	2.336	2.329	62	2.238	2.209
44	2.467	2.570	2.558	228	2.391	2.452
45	3.103	2.759	2.761	203	2.785	3.013
46	3.060	2.830	2.839	79	2.964	3.166
47	2.553	2.855	2.859	20	2.918	2.996
48	2.740	2.769	2.777	-82	2.880	2.900
49	3.031	2.767	2.762	-15	2.695	2.613
50	2.444	2.795	2.792	30	2.747	2.733
51	3.155	2.807	2.808	16	2.821	2.851
<b>52</b>					<b>2.824</b>	<b>2.840</b>

<b>Alpha</b>	0,929
<b>Beta</b>	0,998
<b>Fi</b>	0,998

100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_t$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
0						
1	273	273	272,7	14,0	14,0	1,00
2	379	379	326,0	20,4	17,2	2,00
3	199	199	283,5	9,7	14,7	3,00
4	-538	538	347,3	20,4	16,1	0,90
5	44	44	286,7	2,0	13,3	1,24
6	2	2	239,3	0,1	11,1	1,50
7	399	399	262,1	27,7	13,5	2,89
8	135	135	246,2	7,9	12,8	3,63
9	-677	677	294,0	26,0	14,2	0,73
10	180	180	282,6	10,0	13,8	1,40
11	316	316	285,7	15,7	14,0	2,49
12	-285	285	285,6	10,6	13,7	1,49
13	-36	36	266,4	1,4	12,8	1,47
14	51	51	251,0	1,8	12,0	1,76
15	-95	95	240,6	3,3	11,4	1,44
16	39	39	228,0	1,5	10,8	1,69
17	206	206	226,7	10,0	10,7	2,61
18	259	259	228,5	14,7	11,0	3,72
19	-176	176	225,8	7,9	10,8	2,98
20	-285	285	228,7	11,0	10,8	1,70
21	48	48	220,1	1,8	10,4	1,98
22	-119	119	215,6	3,7	10,1	1,47
23	-247	247	216,9	7,9	10,0	0,32
24	696	696	236,9	38,3	11,2	3,23
25	222	222	236,3	9,8	11,1	4,18
26	-600	600	250,3	19,7	11,4	1,55
27	-75	75	243,8	2,8	11,1	1,28
28	62	62	237,3	2,2	10,8	1,58
29	343	343	240,9	13,2	10,9	2,98
30	-306	306	243,1	9,2	10,8	1,69
31	-46	46	236,8	1,5	10,5	1,54
32	101	101	232,5	3,3	10,3	2,00
33	112	112	228,9	3,7	10,1	2,53
34	-157	157	226,8	5,1	10,0	1,86
35	145	145	224,4	5,4	9,8	2,52
36	-154	154	222,5	5,6	9,7	1,85

100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_t$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	$DAM_t$	Erro Percentual	$EAMP_t$	$TS_t$
37	256	256	223,3	12,9	9,8	2,99
38	121	121	220,7	6,1	9,7	3,57
39	-181	181	219,6	7,7	9,6	2,76
40	-261	261	220,7	10,1	9,7	1,57
41	-78	78	217,2	3,2	9,5	1,24
42	429	429	222,3	23,3	9,8	3,14
43	-22	22	217,6	1,0	9,6	3,10
44	-76	76	214,4	3,1	9,5	2,79
45	-317	317	216,7	10,2	9,5	1,30
46	-96	96	214,1	3,1	9,3	0,87
47	365	365	217,3	14,3	9,5	2,53
48	140	140	215,6	5,1	9,4	3,20
49	-336	336	218,1	11,1	9,4	1,62
50	303	303	219,8	12,4	9,5	2,99
51	-334	334	222,0	10,6	9,5	1,46
<b>52</b>						

Desv. Padrão (68%)	277,6
Desv. Padrão (95%)	555,1

TS mín	0,32
TS máx	4,18



100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_{t+1}$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	$DAM_t$	Erro Percentual	$EAMP_t$	$TS_t$
0						
1						
2	379	379	379,3	20,4	20,4	1,00
3	198	198	288,9	9,7	15,1	2,00
4	-375	375	317,7	14,3	14,8	0,64
5	-219	219	293,1	9,8	13,5	-0,06
6	162	162	266,8	7,4	12,3	0,54
7	732	732	344,4	50,8	18,7	2,55
8	-53	53	302,7	3,1	16,5	2,72
9	-852	852	371,5	32,7	18,5	-0,07
10	121	121	343,6	6,7	17,2	0,27
11	6	6	309,8	0,3	15,5	0,32
12	-174	174	297,5	6,5	14,7	-0,25
13	2	2	272,8	0,1	13,5	-0,27
14	-185	185	266,1	6,7	12,9	-0,97
15	125	125	256,0	4,3	12,3	-0,53
16	405	405	265,9	15,9	12,6	1,02
17	446	446	277,2	21,6	13,1	2,59
18	324	324	279,9	18,4	13,4	3,72
19	-432	432	288,4	19,4	13,8	2,11
20	-636	636	306,7	24,5	14,3	-0,09
21	-309	309	306,8	11,4	14,2	-1,10
22	-203	203	301,9	6,3	13,8	-1,79
23	285	285	301,1	9,1	13,6	-0,85
24	1.088	1.088	335,3	59,8	15,6	2,48
25	101	101	325,5	4,5	15,1	2,87
26	-661	661	339,0	21,7	15,4	0,80
27	-363	363	339,9	13,3	15,3	-0,27
28	-145	145	332,6	5,0	14,9	-0,71
29	516	516	339,2	19,8	15,1	0,83
30	-272	272	336,9	8,2	14,9	0,03
31	-25	25	326,5	0,8	14,4	-0,05
32	95	95	319,0	3,1	14,1	0,25
33	194	194	315,1	6,5	13,8	0,87
34	45	45	306,9	1,5	13,4	1,04
35	180	180	303,2	6,7	13,2	1,65
36	-25	25	295,3	0,9	12,9	1,61

100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_{t+1}$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	$DAM_t$	Erro Percentual	$EAMP_t$	$TS_t$
37	464	464	299,9	23,4	13,2	3,13
38	-17	17	292,3	0,8	12,8	3,15
39	-426	426	295,8	18,1	13,0	1,67
40	-469	469	300,3	18,2	13,1	0,09
41	-99	99	295,2	4,1	12,9	-0,25
42	569	569	301,9	30,9	13,3	1,64
43	-12	12	295,0	0,5	13,0	1,64
44	-258	258	294,2	10,5	13,0	0,77
45	-650	650	302,3	21,0	13,2	-1,40
46	-47	47	296,6	1,5	12,9	-1,59
47	613	613	303,5	24,0	13,1	0,47
48	256	256	302,5	9,3	13,1	1,31
49	-131	131	298,9	4,3	12,9	0,89
50	169	169	296,2	6,9	12,8	1,47
51	-422	422	298,8	13,4	12,8	0,04
<b>52</b>						

Desv. Padrão (68%)	373,5
Desv. Padrão (95%)	746,9

## APÊNDICE F – CÁLCULOS DO MODELO DE HOLT MULTIPLICATIVO

100% Série Histórica					
Período $t$	Demanda $D_t$	Nível $L_t$	Tendência $T_t$	Previsão $F_t$	Previsão $F_{t+1}$
0		2.166	0,951		
1	1.951	1.985	0,948	2.060	1.960
2	1.856	1.864	0,947	1.882	1.785
3	2.049	1.960	0,957	1.766	1.673
4	2.634	2.396	0,980	1.875	1.794
5	2.245	2.278	0,978	2.349	2.303
6	2.189	2.201	0,977	2.227	2.177
7	1.441	1.663	0,957	2.150	2.100
8	1.709	1.672	0,961	1.591	1.523
9	2.606	2.293	0,998	1.607	1.545
10	1.806	1.957	0,985	2.289	2.284
11	2.008	1.983	0,988	1.928	1.899
12	2.680	2.454	1,010	1.958	1.934
13	2.520	2.507	1,011	2.478	2.503
14	2.776	2.700	1,017	2.534	2.561
15	2.926	2.869	1,021	2.745	2.791
16	2.540	2.662	1,013	2.929	2.991
17	2.065	2.262	0,998	2.695	2.729
18	1.760	1.916	0,985	2.258	2.254
19	2.231	2.123	0,996	1.886	1.857
20	2.599	2.447	1,010	2.114	2.104
21	2.706	2.632	1,016	2.471	2.494
22	3.218	3.047	1,028	2.673	2.715
23	3.116	3.121	1,028	3.133	3.222
24	1.819	2.254	1,001	3.208	3.298
25	2.255	2.255	1,001	2.255	2.256
26	3.041	2.795	1,022	2.256	2.258
27	2.736	2.774	1,019	2.856	2.919
28	2.882	2.864	1,020	2.827	2.881
29	2.606	2.705	1,014	2.923	2.983
30	3.313	3.134	1,027	2.742	2.780
31	3.106	3.141	1,024	3.218	3.303
32	3.029	3.088	1,021	3.218	3.296
33	3.002	3.049	1,018	3.152	3.217
34	3.094	3.097	1,018	3.103	3.158
35	2.681	2.828	1,008	3.151	3.207
36	2.758	2.787	1,006	2.852	2.875
37	1.983	2.240	0,988	2.805	2.822
38	1.995	2.064	0,982	2.214	2.188
39	2.352	2.250	0,992	2.027	1.991
40	2.571	2.465	1,001	2.231	2.213
41	2.445	2.452	1,001	2.467	2.470
42	1.843	2.034	0,985	2.453	2.455
43	2.260	2.180	0,993	2.004	1.975

100% Série Histórica					
Período $t$	Demanda $D_t$	Nível $L_t$	Tendência $T_t$	Previsão $F_t$	Previsão $F_{t+1}$
44	2.467	2.372	1,001	2.165	2.149
45	3.103	2.875	1,020	2.376	2.379
46	3.060	3.020	1,023	2.933	2.993
47	2.553	2.721	1,012	3.090	3.161
48	2.740	2.744	1,012	2.754	2.787
49	3.031	2.951	1,017	2.777	2.809
50	2.444	2.619	1,006	3.003	3.055
51	3.155	2.992	1,018	2.634	2.650
<b>52</b>				<b>3.046</b>	<b>3.101</b>

<b>Alpha</b>	0,687
<b>Beta</b>	0,089

100% Série Histórica						
Erro da previsão $F_t$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
0						
1	109	109	109,1	5,6	5,6	1,00
2	26	26	67,7	1,4	3,5	2,00
3	-282	282	139,3	13,8	6,9	-1,05
4	-759	759	294,1	28,8	12,4	-3,08
5	104	104	256,2	4,7	10,9	-3,13
6	38	38	219,8	1,7	9,3	-3,47
7	709	709	289,7	49,2	15,0	-0,19
8	-118	118	268,2	6,9	14,0	-0,64
9	-999	999	349,3	38,3	16,7	-3,35
10	483	483	362,6	26,7	17,7	-1,90
11	-80	80	337,0	4,0	16,5	-2,28
12	-722	722	369,0	26,9	17,3	-4,04
13	-41	41	343,8	1,6	16,1	-4,45
14	-242	242	336,5	8,7	15,6	-5,27
15	-181	181	326,1	6,2	15,0	-5,99
16	389	389	330,1	15,3	15,0	-4,74
17	630	630	347,8	30,5	15,9	-2,68
18	499	499	356,1	28,3	16,6	-1,22
19	-345	345	355,6	15,5	16,5	-2,19
20	-485	485	362,0	18,7	16,6	-3,50
21	-235	235	356,0	8,7	16,3	-4,22
22	-545	545	364,6	16,9	16,3	-5,61
23	17	17	349,5	0,6	15,6	-5,80
24	1.390	1.390	392,9	76,4	18,1	-1,63
25	0	0	377,1	0,0	17,4	-1,69
26	-784	784	392,8	25,8	17,7	-3,62
27	120	120	382,7	4,4	17,2	-3,40
28	-55	55	371,0	1,9	16,7	-3,66
29	317	317	369,1	12,2	16,5	-2,82
30	-571	571	375,8	17,2	16,6	-4,29
31	112	112	367,3	3,6	16,1	-4,08
32	189	189	361,7	6,2	15,8	-3,62
33	150	150	355,3	5,0	15,5	-3,27
34	9	9	345,1	0,3	15,1	-3,34
35	470	470	348,7	17,5	15,1	-1,95
36	94	94	341,6	3,4	14,8	-1,72
37	822	822	354,6	41,4	15,5	0,66
38	219	219	351,0	11,0	15,4	1,29
39	-325	325	350,4	13,8	15,4	0,37
40	-340	340	350,1	13,2	15,3	-0,60
41	22	22	342,1	0,9	15,0	-0,55
42	610	610	348,5	33,1	15,4	1,21

100% Série Histórica						
Erro da previsão $F_t$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	$DAM_t$	Erro Percentual	$EAMP_t$	$TS_t$
43	-256	256	346,3	11,3	15,3	0,48
44	-302	302	345,3	12,3	15,2	-0,40
45	-727	727	353,8	23,4	15,4	-2,44
46	-127	127	348,9	4,1	15,2	-2,84
47	537	537	352,9	21,0	15,3	-1,29
48	14	14	345,8	0,5	15,0	-1,27
49	-254	254	343,9	8,4	14,8	-2,02
50	559	559	348,2	22,9	15,0	-0,39
51	-521	521	351,6	16,5	15,0	-1,87
<b>52</b>						

Desv. Padrão (68%)	439,5
Desv. Padrão (95%)	879,0

TS mín	-5,99
TS máx	2,00

100% Série Histórica						
Erro da previsão $F_{t+1}$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
0						
1						
2	104	104	103,8	5,6	5,6	1,00
3	-264	264	183,7	12,9	9,2	-0,87
4	-961	961	442,7	36,5	18,3	-2,53
5	-451	451	444,8	20,1	18,8	-3,53
6	114	114	378,7	5,2	16,1	-3,85
7	736	736	438,3	51,1	21,9	-1,64
8	391	391	431,5	22,9	22,0	-0,76
9	-1.083	1.083	513,0	41,6	24,5	-2,75
10	-261	261	484,9	14,4	23,4	-3,45
11	276	276	464,0	13,7	22,4	-3,01
12	-781	781	492,9	29,1	23,0	-4,42
13	-586	586	500,6	23,2	23,0	-5,52
14	-273	273	483,1	9,8	22,0	-6,29
15	-365	365	474,6	12,5	21,3	-7,17
16	251	251	459,7	9,9	20,6	-6,85
17	926	926	488,8	44,8	22,1	-4,55
18	970	970	517,1	55,1	24,0	-2,43
19	23	23	489,7	1,0	22,7	-2,52
20	-742	742	503,0	28,6	23,1	-3,93
21	-602	602	507,9	22,2	23,0	-5,07
22	-724	724	518,2	22,5	23,0	-6,37
23	-401	401	512,9	12,9	22,5	-7,22
24	1.403	1.403	551,6	77,2	24,9	-4,17
25	1.043	1.043	572,0	46,2	25,8	-2,19
26	-784	784	580,5	25,8	25,8	-3,51
27	-478	478	576,6	17,5	25,5	-4,37
28	37	37	556,6	1,3	24,6	-4,46
29	275	275	546,6	10,6	24,1	-4,03
30	-330	330	539,1	10,0	23,6	-4,70
31	-326	326	532,0	10,5	23,2	-5,38
32	274	274	523,7	9,1	22,7	-4,94
33	294	294	516,5	9,8	22,3	-4,44
34	123	123	504,6	4,0	21,7	-4,30
35	477	477	503,8	17,8	21,6	-3,36
36	449	449	502,2	16,3	21,5	-2,48
37	892	892	513,1	45,0	22,1	-0,69
38	827	827	521,6	41,5	22,6	0,91
39	-164	164	512,2	7,0	22,2	0,61
40	-580	580	513,9	22,6	22,2	-0,52
41	-232	232	506,9	9,5	21,9	-0,99
42	627	627	509,8	34,0	22,2	0,25

100% Série Histórica						
Erro da previsão $F_{t+1}$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
43	195	195	502,3	8,6	21,9	0,64
44	-492	492	502,0	20,0	21,9	-0,34
45	-953	953	512,3	30,7	22,1	-2,20
46	-681	681	516,0	22,2	22,1	-3,50
47	440	440	514,4	17,2	22,0	-2,66
48	421	421	512,4	15,4	21,8	-1,84
49	-244	244	506,8	8,0	21,5	-2,35
50	365	365	503,9	14,9	21,4	-1,63
51	-100	100	495,8	3,2	21,0	-1,86
<b>52</b>						

Desv. Padrão (68%) 619,8

Desv. Padrão (95%) 1.239,6



100% Série Dessazonalizada						
Período	Demanda	Demanda Dessazonalizada	Nível	Tendência	Previsão	Previsão
$t$	$D_t$	$\check{D}_{t,A}$	$L_t$	$T_t$	$F_t$	$F_{t+1}$
0		2.212	2.212	1,005		
1	1.951	2.224	2.224	1,005	2.224	2.235
2	1.856	2.235	2.235	1,005	2.235	2.247
3	2.049	2.159	2.166	0,969	2.247	2.259
4	2.634	2.238	2.227	1,028	2.099	2.034
5	2.245	2.203	2.210	0,993	2.288	2.352
6	2.189	2.012	2.026	0,917	2.194	2.177
7	1.441	1.941	1.935	0,955	1.858	1.703
8	1.709	1.938	1.931	0,998	1.847	1.763
9	2.606	1.961	1.959	1,014	1.928	1.924
10	1.806	2.154	2.140	1,093	1.987	2.015
11	2.008	2.264	2.270	1,061	2.339	2.555
12	2.680	2.375	2.377	1,047	2.408	2.554
13	2.520	2.611	2.601	1,094	2.489	2.607
14	2.776	2.708	2.719	1,045	2.845	3.113
15	2.926	2.633	2.650	0,975	2.842	2.971
16	2.540	2.450	2.460	0,928	2.583	2.519
17	2.065	2.236	2.240	0,910	2.284	2.121
18	1.760	2.156	2.147	0,959	2.039	1.856
19	2.231	2.244	2.229	1,038	2.058	1.973
20	2.599	2.506	2.491	1,117	2.314	2.402
21	2.706	2.799	2.798	1,123	2.783	3.110
22	3.218	2.812	2.838	1,015	3.143	3.530
23	3.116	2.658	2.676	0,943	2.880	2.922
24	1.819	2.580	2.575	0,962	2.523	2.379
25	2.255	2.510	2.507	0,974	2.478	2.385
26	3.041	2.595	2.583	1,030	2.441	2.377
27	2.736	2.772	2.763	1,070	2.661	2.741
28	2.882	2.850	2.858	1,035	2.956	3.162
29	2.606	2.930	2.932	1,026	2.957	3.059
30	3.313	2.995	2.996	1,022	3.009	3.086
31	3.106	3.063	3.063	1,022	3.061	3.128
32	3.029	3.085	3.089	1,008	3.131	3.201
33	3.002	3.005	3.013	0,976	3.115	3.141
34	3.094	2.918	2.919	0,969	2.940	2.868
35	2.681	2.756	2.762	0,946	2.828	2.740
36	2.758	2.492	2.501	0,906	2.613	2.473
37	1.983	2.313	2.309	0,923	2.265	2.052
38	1.995	2.249	2.239	0,970	2.132	1.968
39	2.352	2.283	2.274	1,015	2.171	2.105
40	2.571	2.322	2.321	1,020	2.309	2.345
41	2.445	2.291	2.297	0,990	2.368	2.417
42	1.843	2.267	2.267	0,987	2.274	2.252
43	2.260	2.336	2.328	1,027	2.238	2.209

100% Série Dessazonalizada						
Período $t$	Demanda $D_t$	Demanda Dessazonalizada $\hat{D}_{t,A}$	Nível $L_t$	Tendência $T_t$	Previsão $F_t$	Previsão $F_{t+1}$
44	2.467	2.570	2.556	1,098	2.390	2.454
45	3.103	2.759	2.763	1,081	2.806	3.080
46	3.060	2.830	2.842	1,029	2.986	3.228
47	2.553	2.855	2.860	1,006	2.924	3.009
48	2.740	2.769	2.778	0,971	2.879	2.898
49	3.031	2.767	2.762	0,994	2.698	2.620
50	2.444	2.795	2.791	1,011	2.746	2.730
51	3.155	2.807	2.808	1,006	2.821	2.851
<b>52</b>					<b>2.825</b>	<b>2.842</b>

<b>Alpha</b>	0,921
<b>Beta</b>	0,998

100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_t$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
0						
1	273	273	272,7	14,0	14,0	1,00
2	379	379	326,1	20,4	17,2	2,00
3	199	199	283,6	9,7	14,7	3,00
4	-535	535	346,4	20,3	16,1	0,91
5	43	43	285,8	1,9	13,3	1,26
6	5	5	238,9	0,2	11,1	1,52
7	417	417	264,3	28,9	13,6	2,95
8	138	138	248,5	8,1	12,9	3,70
9	-678	678	296,3	26,0	14,4	0,81
10	181	181	284,7	10,0	14,0	1,48
11	331	331	288,9	16,5	14,2	2,60
12	-272	272	287,5	10,2	13,9	1,67
13	-30	30	267,7	1,2	12,9	1,68
14	70	70	253,6	2,5	12,1	2,05
15	-84	84	242,3	2,9	11,5	1,80
16	43	43	229,8	1,7	10,9	2,08
17	219	219	229,2	10,6	10,9	3,04
18	279	279	232,0	15,9	11,2	4,21
19	-173	173	228,9	7,8	11,0	3,51
20	-285	285	231,7	11,0	11,0	2,24
21	77	77	224,4	2,9	10,6	2,66
22	-75	75	217,6	2,3	10,2	2,39
23	-236	236	218,4	7,6	10,1	1,30
24	704	704	238,6	38,7	11,3	4,15
25	223	223	238,0	9,9	11,2	5,09
26	-599	599	251,9	19,7	11,6	2,44
27	-75	75	245,4	2,7	11,2	2,19
28	74	74	239,3	2,6	10,9	2,56
29	351	351	243,1	13,5	11,0	3,96
30	-304	304	245,2	9,2	11,0	2,69
31	-45	45	238,7	1,4	10,7	2,57
32	102	102	234,4	3,4	10,4	3,06
33	113	113	230,7	3,8	10,2	3,59
34	-154	154	228,5	5,0	10,1	2,96
35	147	147	226,2	5,5	9,9	3,64
36	-145	145	223,9	5,2	9,8	3,03
37	282	282	225,5	14,2	9,9	4,26
38	137	137	223,2	6,9	9,8	4,92
39	-180	180	222,1	7,7	9,8	4,13
40	-262	262	223,0	10,2	9,8	2,94
41	-77	77	219,5	3,1	9,6	2,64
42	431	431	224,5	23,4	10,0	4,50

100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_t$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	$DAM_t$	Erro Percentual	$EAMP_t$	$TS_t$
43	-22	22	219,8	1,0	9,8	4,49
44	-77	77	216,6	3,1	9,6	4,21
45	-297	297	218,3	9,6	9,6	2,81
46	-74	74	215,2	2,4	9,4	2,51
47	371	371	218,5	14,5	9,6	4,17
48	139	139	216,9	5,1	9,5	4,84
49	-333	333	219,2	11,0	9,5	3,27
50	302	302	220,9	12,3	9,6	4,61
51	-334	334	223,1	10,6	9,6	3,07
<b>52</b>						

Desv. Padrão (68%)	278,9
Desv. Padrão (95%)	557,8

TS mín	0,81
TS máx	5,09

100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_{t+1}$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
0						
1						
2	379	379	379,3	20,4	20,4	1,00
3	199	199	289,0	9,7	15,1	2,00
4	-375	375	317,7	14,2	14,8	0,64
5	-211	211	291,0	9,4	13,4	-0,03
6	163	163	265,4	7,4	12,2	0,58
7	736	736	343,9	51,1	18,7	2,59
8	-6	6	295,5	0,3	16,1	3,00
9	-843	843	363,9	32,3	18,1	0,12
10	118	118	336,6	6,5	16,8	0,48
11	7	7	303,6	0,3	15,2	0,55
12	-125	125	287,4	4,7	14,2	0,15
13	34	34	266,3	1,4	13,2	0,29
14	-169	169	258,8	6,1	12,6	-0,35
15	187	187	253,6	6,4	12,2	0,38
16	431	431	265,5	17,0	12,5	1,99
17	454	454	277,2	22,0	13,1	3,54
18	361	361	282,2	20,5	13,5	4,76
19	-375	375	287,3	16,8	13,7	3,37
20	-626	626	305,2	24,1	14,2	1,12
21	-304	304	305,1	11,2	14,1	0,12
22	-108	108	295,7	3,4	13,6	-0,24
23	414	414	301,1	13,3	13,6	1,14
24	1.104	1.104	336,0	60,7	15,6	4,30
25	124	124	327,2	5,5	15,2	4,80
26	-656	656	340,3	21,6	15,5	2,69
27	-359	359	341,0	13,1	15,4	1,63
28	-141	141	333,6	4,9	15,0	1,24
29	556	556	341,5	21,3	15,2	2,84
30	-254	254	338,5	7,7	14,9	2,12
31	-20	20	327,9	0,6	14,5	2,13
32	99	99	320,5	3,3	14,1	2,48
33	199	199	316,7	6,6	13,9	3,14
34	47	47	308,5	1,5	13,5	3,38
35	187	187	305,0	7,0	13,3	4,03
36	-18	18	296,8	0,6	12,9	4,08
37	490	490	302,1	24,7	13,3	5,63
38	57	57	295,5	2,8	13,0	5,95
39	-383	383	297,8	16,3	13,1	4,62
40	-466	466	302,1	18,1	13,2	3,01
41	-100	100	297,1	4,1	13,0	2,72
42	574	574	303,8	31,1	13,4	4,55

100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_{t+1}$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	$DAM_t$	Erro Percentual	$EAMP_t$	$TS_t$
43	-8	8	296,8	0,4	13,1	4,63
44	-258	258	295,9	10,5	13,0	3,77
45	-648	648	303,9	20,9	13,2	1,54
46	20	20	297,6	0,7	12,9	1,64
47	675	675	305,8	26,4	13,2	3,80
48	269	269	305,0	9,8	13,2	4,69
49	-133	133	301,4	4,4	13,0	4,30
50	176	176	298,8	7,2	12,9	4,93
51	-425	425	301,4	13,5	12,9	3,48
<b>52</b>						

Desv. Padrão (68%)	376,7
Desv. Padrão (95%)	753,4

## APÊNDICE G – CÁLCULOS DO MODELO DE HOLT MULTIPLICATIVO AMORTECIDO

100% Série Histórica					
Período $t$	Demanda $D_t$	Nível $L_t$	Tendência $T_t$	Previsão $F_t$	Previsão $F_{t+1}$
0		2.166	0,951		
1	1.951	2.000	0,962	2.084	2.022
2	1.856	1.887	0,971	1.941	1.897
3	2.049	1.973	0,977	1.844	1.812
4	2.634	2.377	0,983	1.938	1.912
5	2.245	2.282	0,986	2.345	2.320
6	2.189	2.214	0,989	2.258	2.239
7	1.441	1.720	0,992	2.196	2.183
8	1.709	1.709	0,994	1.709	1.700
9	2.606	2.271	0,995	1.700	1.694
10	1.806	1.975	0,996	2.263	2.257
11	2.008	1.994	0,997	1.969	1.965
12	2.680	2.425	0,998	1.989	1.986
13	2.520	2.483	0,998	2.421	2.418
14	2.776	2.666	0,999	2.480	2.478
15	2.926	2.829	0,999	2.664	2.662
16	2.540	2.646	0,999	2.827	2.826
17	2.065	2.279	0,999	2.645	2.644
18	1.760	1.951	0,999	2.278	2.277
19	2.231	2.127	1,000	1.950	1.949
20	2.599	2.424	1,000	2.127	2.126
21	2.706	2.602	1,000	2.424	2.424
22	3.218	2.990	1,000	2.602	2.602
23	3.116	3.070	1,000	2.990	2.991
24	1.819	2.281	1,000	3.070	3.070
25	2.255	2.264	1,000	2.281	2.280
26	3.041	2.754	1,000	2.264	2.264
27	2.736	2.743	1,000	2.754	2.754
28	2.882	2.830	1,000	2.743	2.743
29	2.606	2.689	1,000	2.830	2.831
30	3.313	3.082	1,000	2.689	2.689
31	3.106	3.097	1,000	3.083	3.083
32	3.029	3.054	1,000	3.098	3.098
33	3.002	3.021	1,000	3.055	3.055
34	3.094	3.067	1,000	3.022	3.022
35	2.681	2.824	1,000	3.067	3.067
36	2.758	2.782	1,000	2.824	2.824
37	1.983	2.278	1,000	2.782	2.782
38	1.995	2.100	1,000	2.278	2.278
39	2.352	2.258	1,000	2.099	2.099
40	2.571	2.455	1,000	2.258	2.258

100% Série Histórica					
Período $t$	Demanda $D_t$	Nível $L_t$	Tendência $T_t$	Previsão $F_t$	Previsão $F_{t+1}$
41	2.445	2.449	1,000	2.455	2.455
42	1.843	2.067	1,000	2.449	2.449
43	2.260	2.189	1,000	2.067	2.066
44	2.467	2.364	1,000	2.188	2.188
45	3.103	2.830	1,000	2.364	2.364
46	3.060	2.975	1,000	2.830	2.830
47	2.553	2.709	1,000	2.976	2.976
48	2.740	2.729	1,000	2.709	2.709
49	3.031	2.919	1,000	2.729	2.729
50	2.444	2.620	1,000	2.920	2.920
51	3.155	2.957	1,000	2.620	2.620
<b>52</b>				<b>2.957</b>	<b>2.958</b>

<b>Alpha</b>	0,630
<b>Beta</b>	0,001
<b>Fi</b>	0,774



100% Série Histórica						
Erro da previsão $F_t$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
0						
1	133	133	132,5	6,8	6,8	1,00
2	85	85	108,8	4,6	5,7	2,00
3	-204	204	140,6	10,0	7,1	0,09
4	-696	696	279,4	26,4	11,9	-2,44
5	100	100	243,5	4,4	10,4	-2,39
6	69	69	214,4	3,1	9,2	-2,40
7	755	755	291,7	52,4	15,4	0,83
8	0	0	255,2	0,0	13,5	0,95
9	-906	906	327,5	34,7	15,8	-2,03
10	457	457	340,4	25,3	16,8	-0,61
11	-39	39	313,0	1,9	15,4	-0,79
12	-691	691	344,5	25,8	16,3	-2,72
13	-99	99	325,6	3,9	15,3	-3,18
14	-295	295	323,4	10,6	15,0	-4,11
15	-262	262	319,3	9,0	14,6	-4,99
16	287	287	317,3	11,3	14,4	-4,11
17	580	580	332,8	28,1	15,2	-2,18
18	519	519	343,1	29,5	16,0	-0,60
19	-281	281	339,8	12,6	15,8	-1,44
20	-472	472	346,4	18,2	15,9	-2,77
21	-282	282	343,4	10,4	15,7	-3,62
22	-616	616	355,8	19,2	15,8	-5,22
23	-126	126	345,8	4,0	15,3	-5,74
24	1.251	1.251	383,5	68,8	17,5	-1,91
25	26	26	369,2	1,1	16,9	-1,92
26	-776	776	384,8	25,5	17,2	-3,85
27	18	18	371,3	0,7	16,6	-3,95
28	-139	139	363,0	4,8	16,2	-4,42
29	224	224	358,2	8,6	15,9	-3,85
30	-624	624	367,0	18,8	16,0	-5,46
31	-23	23	355,9	0,7	15,5	-5,69
32	69	69	347,0	2,3	15,1	-5,64
33	53	53	338,1	1,8	14,7	-5,64
34	-72	72	330,2	2,3	14,3	-5,99
35	386	386	331,8	14,4	14,3	-4,80
36	66	66	324,4	2,4	14,0	-4,70
37	799	799	337,3	40,3	14,7	-2,16
38	283	283	335,9	14,2	14,7	-1,32
39	-252	252	333,7	10,7	14,6	-2,09
40	-313	313	333,2	12,2	14,5	-3,03
41	10	10	325,3	0,4	14,2	-3,07
42	606	606	332,0	32,9	14,6	-1,18

100% Série Histórica						
Erro da previsão $F_t$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	$DAM_t$	Erro Percentual	$EAMP_t$	$TS_t$
43	-193	193	328,8	8,6	14,5	-1,78
44	-279	279	327,6	11,3	14,4	-2,64
45	-738	738	336,8	23,8	14,6	-4,76
46	-230	230	334,4	7,5	14,5	-5,48
47	423	423	336,3	16,6	14,5	-4,19
48	-31	31	329,9	1,1	14,3	-4,37
49	-302	302	329,4	10,0	14,2	-5,29
50	476	476	332,3	19,5	14,3	-3,82
51	-535	535	336,3	17,0	14,3	-5,36
<b>52</b>						

Desv. Padrão (68%)	420,3
Desv. Padrão (95%)	840,7

TS mín	-5,99
TS máx	2,00

100% Série Histórica						
Erro da previsão $F_{t+1}$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
0						
1						
2	166	166	166,2	9,0	9,0	1,00
3	-152	152	159,0	7,4	8,2	0,09
4	-822	822	380,2	31,2	15,9	-2,13
5	-333	333	368,5	14,9	15,6	-3,10
6	131	131	321,0	6,0	13,7	-3,15
7	798	798	400,6	55,4	20,6	-0,53
8	474	474	411,0	27,7	21,6	0,64
9	-906	906	472,8	34,7	23,3	-1,36
10	-112	112	432,8	6,2	21,4	-1,75
11	249	249	414,4	12,4	20,5	-1,23
12	-715	715	441,7	26,7	21,1	-2,77
13	-534	534	449,4	21,2	21,1	-3,91
14	-358	358	442,3	12,9	20,4	-4,78
15	-448	448	442,7	15,3	20,1	-5,79
16	122	122	421,4	4,8	19,1	-5,79
17	761	761	442,6	36,9	20,2	-3,79
18	884	884	468,6	50,3	21,9	-1,70
19	46	46	445,1	2,1	20,8	-1,68
20	-650	650	455,9	25,0	21,1	-3,07
21	-580	580	462,1	21,4	21,1	-4,28
22	-794	794	477,9	24,7	21,2	-5,80
23	-514	514	479,6	16,5	21,0	-6,85
24	1.172	1.172	509,7	64,5	22,9	-4,15
25	815	815	522,4	36,1	23,5	-2,49
26	-760	760	531,9	25,0	23,5	-3,87
27	-472	472	529,6	17,3	23,3	-4,78
28	-127	127	514,7	4,4	22,6	-5,17
29	137	137	501,2	5,3	22,0	-5,03
30	-482	482	500,6	14,6	21,7	-6,00
31	-417	417	497,8	13,4	21,4	-6,87
32	54	54	483,5	1,8	20,8	-6,97
33	96	96	471,4	3,2	20,3	-6,94
34	-39	39	458,3	1,3	19,7	-7,22
35	341	341	454,8	12,7	19,5	-6,53
36	309	309	450,6	11,2	19,2	-5,90
37	841	841	461,5	42,4	19,9	-3,94
38	787	787	470,3	39,5	20,4	-2,20
39	-74	74	459,9	3,1	20,0	-2,41
40	-472	472	460,2	18,4	19,9	-3,43
41	-187	187	453,3	7,7	19,6	-3,90
42	612	612	457,2	33,2	19,9	-2,52

100% Série Histórica						
Erro da previsão $F_{t+1}$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	$DAM_t$	Erro Percentual	$EAMP_t$	$TS_t$
43	189	189	450,8	8,4	19,7	-2,14
44	-401	401	449,7	16,2	19,6	-3,04
45	-914	914	460,2	29,5	19,8	-4,95
46	-696	696	465,5	22,7	19,9	-6,39
47	277	277	461,4	10,9	19,7	-5,85
48	236	236	456,6	8,6	19,4	-5,39
49	-322	322	453,8	10,6	19,3	-6,13
50	285	285	450,3	11,7	19,1	-5,55
51	-235	235	446,0	7,5	18,9	-6,13
<b>52</b>						

Desv. Padrão (68%)	557,5
Desv. Padrão (95%)	1.115,0

100% Série Dessazonalizada						
Período	Demanda	Demanda Dessazonalizada	Nível	Tendência	Previsão	Previsão
$t$	$D_t$	$\check{D}_{tA}$	$L_t$	$T_t$	$F_t$	$F_{t+1}$
0		2.212	2.212	1,005		
1	1.951	2.224	2.224	1,005	2.224	2.235
2	1.856	2.235	2.235	1,005	2.235	2.247
3	2.049	2.159	2.166	0,969	2.247	2.259
4	2.634	2.238	2.227	1,028	2.099	2.034
5	2.245	2.203	2.210	0,993	2.288	2.352
6	2.189	2.012	2.026	0,917	2.194	2.177
7	1.441	1.941	1.935	0,955	1.858	1.704
8	1.709	1.938	1.931	0,998	1.847	1.764
9	2.606	1.961	1.959	1,014	1.928	1.924
10	1.806	2.154	2.140	1,093	1.987	2.015
11	2.008	2.264	2.270	1,061	2.338	2.554
12	2.680	2.375	2.377	1,047	2.407	2.553
13	2.520	2.611	2.601	1,094	2.489	2.606
14	2.776	2.708	2.719	1,045	2.845	3.111
15	2.926	2.633	2.650	0,975	2.842	2.970
16	2.540	2.450	2.460	0,929	2.583	2.519
17	2.065	2.236	2.240	0,910	2.285	2.122
18	1.760	2.156	2.147	0,959	2.039	1.857
19	2.231	2.244	2.229	1,038	2.058	1.973
20	2.599	2.506	2.491	1,117	2.314	2.402
21	2.706	2.799	2.798	1,123	2.783	3.108
22	3.218	2.812	2.838	1,015	3.142	3.527
23	3.116	2.658	2.676	0,943	2.880	2.922
24	1.819	2.580	2.575	0,962	2.523	2.380
25	2.255	2.510	2.508	0,974	2.479	2.386
26	3.041	2.595	2.583	1,030	2.442	2.378
27	2.736	2.772	2.763	1,070	2.661	2.741
28	2.882	2.850	2.858	1,034	2.955	3.160
29	2.606	2.930	2.932	1,026	2.957	3.058
30	3.313	2.995	2.996	1,022	3.008	3.086
31	3.106	3.063	3.063	1,022	3.061	3.127
32	3.029	3.085	3.089	1,008	3.131	3.200
33	3.002	3.005	3.013	0,976	3.115	3.141
34	3.094	2.918	2.919	0,969	2.940	2.869
35	2.681	2.756	2.762	0,946	2.829	2.741
36	2.758	2.492	2.501	0,906	2.614	2.473
37	1.983	2.313	2.309	0,923	2.266	2.053
38	1.995	2.249	2.239	0,970	2.132	1.969
39	2.352	2.283	2.274	1,015	2.171	2.106
40	2.571	2.322	2.321	1,020	2.309	2.345
41	2.445	2.291	2.297	0,990	2.368	2.416
42	1.843	2.267	2.267	0,987	2.274	2.252
43	2.260	2.336	2.328	1,027	2.238	2.209

100% Série Dessazonalizada						
Período	Demanda	Demanda Dessazonalizada	Nível	Tendência	Previsão	Previsão
$t$	$D_t$	$\hat{D}_{t,A}$	$L_t$	$T_t$	$F_t$	$F_{t+1}$
44	2.467	2.570	2.556	1,098	2.390	2.454
45	3.103	2.759	2.763	1,081	2.805	3.078
46	3.060	2.830	2.842	1,029	2.986	3.226
47	2.553	2.855	2.860	1,006	2.924	3.008
48	2.740	2.769	2.778	0,971	2.879	2.898
49	3.031	2.767	2.762	0,994	2.698	2.620
50	2.444	2.795	2.791	1,011	2.746	2.730
51	3.155	2.807	2.808	1,006	2.821	2.851
<b>52</b>					<b>2.825</b>	<b>2.842</b>

<b>Alpha</b>	0,921
<b>Beta</b>	0,998
<b>Fi</b>	0,998

100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_t$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
0						
1	273	273	272,6	14,0	14,0	1,00
2	379	379	326,0	20,4	17,2	2,00
3	199	199	283,6	9,7	14,7	3,00
4	-535	535	346,4	20,3	16,1	0,91
5	43	43	285,8	1,9	13,3	1,26
6	5	5	238,9	0,2	11,1	1,52
7	417	417	264,3	28,9	13,6	2,95
8	138	138	248,6	8,1	12,9	3,70
9	-678	678	296,3	26,0	14,4	0,81
10	181	181	284,8	10,0	14,0	1,48
11	330	330	288,9	16,4	14,2	2,60
12	-273	273	287,5	10,2	13,9	1,67
13	-30	30	267,8	1,2	12,9	1,68
14	69	69	253,6	2,5	12,1	2,04
15	-84	84	242,3	2,9	11,5	1,79
16	43	43	229,9	1,7	10,9	2,08
17	220	220	229,3	10,6	10,9	3,04
18	280	280	232,1	15,9	11,2	4,21
19	-173	173	229,0	7,7	11,0	3,51
20	-285	285	231,8	11,0	11,0	2,24
21	77	77	224,4	2,8	10,6	2,65
22	-76	76	217,7	2,4	10,2	2,38
23	-236	236	218,5	7,6	10,1	1,29
24	705	705	238,7	38,8	11,3	4,14
25	224	224	238,1	9,9	11,2	5,08
26	-599	599	252,0	19,7	11,6	2,43
27	-75	75	245,5	2,7	11,2	2,19
28	74	74	239,3	2,6	10,9	2,55
29	351	351	243,2	13,5	11,0	3,95
30	-305	305	245,2	9,2	11,0	2,68
31	-45	45	238,8	1,4	10,7	2,56
32	102	102	234,5	3,4	10,4	3,04
33	113	113	230,8	3,8	10,2	3,58
34	-154	154	228,5	5,0	10,1	2,94
35	148	148	226,2	5,5	9,9	3,63
36	-144	144	223,9	5,2	9,8	3,02
37	283	283	225,5	14,3	9,9	4,25
38	137	137	223,2	6,9	9,9	4,91
39	-180	180	222,1	7,7	9,8	4,12
40	-262	262	223,1	10,2	9,8	2,93
41	-77	77	219,5	3,1	9,6	2,63
42	431	431	224,6	23,4	10,0	4,49

100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_t$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	$DAM_t$	Erro Percentual	$EAMP_t$	$TS_t$
43	-22	22	219,9	1,0	9,8	4,49
44	-77	77	216,6	3,1	9,6	4,20
45	-297	297	218,4	9,6	9,6	2,80
46	-74	74	215,3	2,4	9,5	2,50
47	371	371	218,6	14,5	9,6	4,16
48	139	139	216,9	5,1	9,5	4,83
49	-333	333	219,3	11,0	9,5	3,26
50	302	302	221,0	12,3	9,6	4,60
51	-334	334	223,2	10,6	9,6	3,06
<b>52</b>						

Desv. Padrão (68%)	279,0
Desv. Padrão (95%)	557,9

TS mín	0,81
TS máx	5,08



100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_{t+1}$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
0						
1						
2	379	379	379,3	20,4	20,4	1,00
3	199	199	289,0	9,7	15,1	2,00
4	-375	375	317,7	14,2	14,8	0,64
5	-211	211	290,9	9,4	13,4	-0,03
6	163	163	265,3	7,4	12,2	0,58
7	736	736	343,8	51,1	18,7	2,59
8	-5	5	295,4	0,3	16,1	3,00
9	-842	842	363,7	32,3	18,1	0,12
10	118	118	336,4	6,5	16,8	0,48
11	7	7	303,4	0,3	15,2	0,56
12	-126	126	287,3	4,7	14,2	0,15
13	33	33	266,1	1,3	13,1	0,29
14	-169	169	258,7	6,1	12,6	-0,36
15	185	185	253,4	6,3	12,2	0,37
16	430	430	265,2	16,9	12,5	1,97
17	454	454	277,0	22,0	13,1	3,52
18	362	362	282,0	20,6	13,5	4,75
19	-374	374	287,1	16,8	13,7	3,36
20	-626	626	304,9	24,1	14,2	1,11
21	-304	304	304,9	11,3	14,1	0,11
22	-110	110	295,6	3,4	13,6	-0,26
23	411	411	300,9	13,2	13,6	1,12
24	1.103	1.103	335,8	60,7	15,6	4,29
25	125	125	327,0	5,5	15,2	4,78
26	-655	655	340,1	21,5	15,4	2,67
27	-358	358	340,8	13,1	15,4	1,62
28	-141	141	333,4	4,9	15,0	1,23
29	554	554	341,3	21,3	15,2	2,82
30	-255	255	338,3	7,7	14,9	2,10
31	-20	20	327,7	0,6	14,5	2,10
32	98	98	320,3	3,2	14,1	2,46
33	198	198	316,5	6,6	13,9	3,11
34	47	47	308,3	1,5	13,5	3,35
35	188	188	304,8	7,0	13,3	4,01
36	-17	17	296,6	0,6	12,9	4,06
37	490	490	301,9	24,7	13,3	5,61
38	58	58	295,3	2,9	13,0	5,93
39	-382	382	297,6	16,3	13,1	4,60
40	-465	465	301,9	18,1	13,2	2,99
41	-100	100	296,9	4,1	13,0	2,71
42	573	573	303,6	31,1	13,4	4,53

100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_{t+1}$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	$DAM_t$	Erro Percentual	$EAMP_t$	$TS_t$
43	-8	8	296,6	0,4	13,1	4,61
44	-258	258	295,7	10,5	13,0	3,76
45	-648	648	303,7	20,9	13,2	1,52
46	18	18	297,4	0,6	12,9	1,62
47	673	673	305,5	26,4	13,2	3,77
48	268	268	304,7	9,8	13,2	4,66
49	-133	133	301,2	4,4	13,0	4,28
50	176	176	298,6	7,2	12,9	4,90
51	-425	425	301,2	13,5	12,9	3,45
<b>52</b>						

Desv. Padrão (68%)	376,4
Desv. Padrão (95%)	752,9

## APÊNDICE H – CÁLCULOS DO MODELO DE HOLT-WINTERS

100% Série Dessazonalizada						
Demanda					Previsão	
Período $t$	Demanda $D_t$	Demanda Dessazonalizada $\check{D}_{t,A}$	Nível $L_t$	Tendência $T_t$	Previsão $F_t$	Previsão $F_{t+1}$
0		2.212	2.212	12		
1	1.951	2.224	2.271	59	2.177	2.189
2	1.856	2.235	2.218	-53	2.348	2.407
3	2.049	2.159	2.196	-22	2.129	2.077
4	2.634	2.238	2.210	14	2.202	2.179
5	2.245	2.203	2.237	27	2.190	2.203
6	2.189	2.012	2.041	-196	2.233	2.260
7	1.441	1.941	1.943	-99	1.844	1.648
8	1.709	1.938	1.939	-4	1.844	1.745
9	2.606	1.961	1.957	18	1.939	1.934
10	1.806	2.154	2.113	156	2.013	2.032
11	2.008	2.264	2.261	148	2.272	2.427
12	2.680	2.375	2.346	86	2.438	2.588
13	2.520	2.611	2.567	220	2.473	2.560
14	2.776	2.708	2.699	132	2.797	3.018
15	2.926	2.633	2.638	-60	2.826	2.958
16	2.540	2.450	2.470	-168	2.557	2.498
17	2.065	2.236	2.253	-217	2.284	2.117
18	1.760	2.156	2.142	-110	2.049	1.830
19	2.231	2.244	2.207	64	2.065	1.953
20	2.599	2.506	2.440	232	2.333	2.399
21	2.706	2.799	2.736	296	2.734	2.971
22	3.218	2.812	2.796	61	3.049	3.347
23	3.116	2.658	2.650	-146	2.867	2.928
24	1.819	2.580	2.551	-99	2.532	2.384
25	2.255	2.510	2.491	-60	2.471	2.372
26	3.041	2.595	2.536	45	2.487	2.425
27	2.736	2.772	2.713	176	2.638	2.684
28	2.882	2.850	2.807	95	2.933	3.112
29	2.606	2.930	2.875	68	2.958	3.054
30	3.313	2.995	2.948	73	2.990	3.059
31	3.106	3.063	3.009	60	3.076	3.151
32	3.029	3.085	3.044	35	3.111	3.172
33	3.002	3.005	2.978	-66	3.107	3.142
34	3.094	2.918	2.886	-92	2.945	2.878
35	2.681	2.756	2.745	-141	2.805	2.713
36	2.758	2.492	2.493	-251	2.603	2.462
37	1.983	2.313	2.290	-204	2.265	2.011
38	1.995	2.249	2.212	-78	2.120	1.913
39	2.352	2.283	2.232	19	2.183	2.104
40	2.571	2.322	2.277	45	2.295	2.314
41	2.445	2.291	2.257	-20	2.358	2.404

100% Série Dessazonalizada						
Demanda					Previsão	
Período $t$	Demanda $D_t$	Demanda Dessazonalizada $\check{D}_{t,A}$	Nível $L_t$	Tendência $T_t$	Previsão $F_t$	Previsão $F_{t+1}$
42	1.843	2.267	2.227	-31	2.278	2.258
43	2.260	2.336	2.278	51	2.252	2.220
44	2.467	2.570	2.480	202	2.414	2.466
45	3.103	2.759	2.688	209	2.752	2.958
46	3.060	2.830	2.765	77	2.966	3.179
47	2.553	2.855	2.795	30	2.903	2.981
48	2.740	2.769	2.730	-64	2.865	2.895
49	3.031	2.767	2.699	-31	2.733	2.667
50	2.444	2.795	2.736	37	2.726	2.694
51	3.155	2.807	2.745	9	2.835	2.873
<b>52</b>		2.819			<b>2.815</b>	<b>2.824</b>

<b>Alpha</b>	0,998
<b>Beta</b>	0,998
<b>Gama</b>	0,214
<b>r</b>	2

100% Série Dessazonalizada						
Fator de Sazonalidade						
Fator de Sazonalidade $S_t$	Fator de Sazonalidade $S_t$ para 2 períodos	Fator de Sazonalidade $S_t$ para 3 períodos	Fator de Sazonalidade $S_t$ para 4 períodos	Fator de Sazonalidade $S_t$ para 5 períodos	Fator de Sazonalidade $S_t$ para 6 períodos	Fator de Sazonalidade $S_t$ para 7 períodos
0,877	0,979	1,145	0,972	1,038	0,935	0,982
0,830	1,008	1,153	0,997	0,930	0,961	1,052
0,949	0,983	1,211	0,986	0,964	1,069	0,920
1,177	1,012	1,120	1,019	1,027	1,057	0,982
1,019	0,985	1,118	0,976	1,009	0,978	1,045
1,088	0,986	1,142	0,974	1,006	0,925	1,028
0,742	0,999	1,106	1,000	0,956	0,980	0,997
0,882	1,000	1,104	1,026	0,983	1,065	1,052
1,329	1,002	1,114	0,984	1,024	1,048	0,940
0,839	1,019	1,102	0,999	1,026	1,002	1,005
0,887	1,001	1,081	1,000	1,004	0,940	1,035
1,129	1,012	1,087	1,017	0,963	0,982	1,019
0,965	1,017	1,096	1,004	1,002	1,067	1,013
1,025	1,003	1,058	0,993	1,013	1,032	1,035
1,111	0,998	1,053	0,985	1,006	0,987	0,938
1,037	0,992	1,065	1,003	0,993	0,943	0,993
0,924	0,993	1,039	0,997	0,965	0,979	1,021
0,816	1,006	1,055	1,007	1,014	1,065	1,027
0,994	1,016	1,073	1,010	1,032	1,047	1,033
1,037	1,027	1,053	1,024	1,027	1,012	1,049
0,967	1,023	1,053	1,008	1,005	0,965	0,962
1,144	1,006	1,042	0,990	0,957	0,968	0,979
1,172	1,003	1,027	0,993	0,996	1,036	1,002
0,705	1,011	1,048	1,026	1,032	1,043	1,028
0,898	1,008	1,038	1,011	1,026	1,014	1,031
1,172	1,023	1,035	1,007	1,018	0,987	1,053

**100% Série Dessazonalizada**

**Fator de Sazonalidade**

<b>Fator de Sazonalidade <math>S_t</math></b>	<b>Fator de Sazonalidade <math>S_t</math> para 2 períodos</b>	<b>Fator de Sazonalidade <math>S_t</math> para 3 períodos</b>	<b>Fator de Sazonalidade <math>S_t</math> para 4 períodos</b>	<b>Fator de Sazonalidade <math>S_t</math> para 5 períodos</b>	<b>Fator de Sazonalidade <math>S_t</math> para 6 períodos</b>	<b>Fator de Sazonalidade <math>S_t</math> para 7 períodos</b>
0,987	1,022	1,054	1,011	0,982	0,991	0,986
1,011	1,015	1,027	1,017	0,994	1,026	0,981
0,889	1,019	1,030	1,011	1,027	1,036	1,004
1,106	1,016	1,046	1,009	1,024	1,015	1,026
1,014	1,018	1,024	1,011	1,017	0,993	1,027
0,982	1,014	1,025	1,015	0,987	0,994	1,043
0,999	1,009	1,031	1,003	0,990	1,015	0,984
1,060	1,011	1,019	1,007	1,022	1,029	0,985
0,973	1,004	1,016	1,006	1,016	1,009	1,000
1,107	0,999	1,015	1,002	1,004	0,985	1,011
0,857	1,010	1,022	1,009	0,996	1,002	1,028
0,887	1,016	1,030	1,023	1,009	1,028	1,050
1,030	1,023	1,027	1,020	1,032	1,038	1,002
1,107	1,019	1,024	1,009	1,019	1,014	0,995
1,067	1,015	1,020	1,004	1,000	0,985	0,997
0,813	1,018	1,024	1,020	1,000	1,004	1,011
0,967	1,025	1,033	1,029	1,021	1,036	1,036
0,960	1,036	1,038	1,029	1,047	1,052	1,062
1,125	1,026	1,025	1,010	1,021	1,017	1,008
1,081	1,024	1,021	1,011	0,995	0,983	0,991
0,894	1,022	1,031	1,024	1,001	1,005	0,999
0,990	1,014	1,015	1,019	1,012	1,024	1,005
1,095	1,025	1,024	1,016	1,045	1,049	1,036
0,874	1,021	1,035	1,019	1,027	1,024	1,059
1,124	1,022	1,015	1,021	0,999	0,990	1,009
	1,022	1,024	1,020	1,006	1,009	0,998

100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_t$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	EAMP <sub>t</sub>	TS <sub>t</sub>
0						
1	226	226	226,5	11,6	11,6	1,00
2	492	492	359,2	26,5	19,1	2,00
3	80	80	266,2	3,9	14,0	3,00
4	-432	432	307,8	16,4	14,6	1,19
5	-55	55	257,3	2,5	12,2	1,21
6	44	44	221,7	2,0	10,5	1,60
7	403	403	247,5	27,9	13,0	3,06
8	135	135	233,4	7,9	12,3	3,82
9	-667	667	281,6	25,6	13,8	0,80
10	207	207	274,2	11,5	13,6	1,57
11	264	264	273,2	13,1	13,5	2,54
12	-242	242	270,6	9,0	13,2	1,67
13	-46	46	253,3	1,8	12,3	1,61
14	21	21	236,7	0,8	11,5	1,81
15	-100	100	227,6	3,4	10,9	1,44
16	17	17	214,5	0,7	10,3	1,61
17	219	219	214,8	10,6	10,3	2,63
18	289	289	218,9	16,4	10,6	3,90
19	-166	166	216,1	7,4	10,5	3,18
20	-266	266	218,6	10,2	10,5	1,93
21	28	28	209,5	1,0	10,0	2,15
22	-169	169	207,6	5,2	9,8	1,35
23	-249	249	209,4	8,0	9,7	0,15
24	713	713	230,4	39,2	11,0	3,23
25	216	216	229,9	9,6	10,9	4,18
26	-553	553	242,3	18,2	11,2	1,68
27	-98	98	237,0	3,6	10,9	1,31
28	52	52	230,4	1,8	10,6	1,57
29	352	352	234,6	13,5	10,7	3,04
30	-323	323	237,5	9,8	10,6	1,64
31	-30	30	230,8	1,0	10,3	1,56
32	82	82	226,1	2,7	10,1	1,95
33	105	105	222,5	3,5	9,9	2,46
34	-149	149	220,3	4,8	9,7	1,80
35	124	124	217,6	4,6	9,6	2,40
36	-155	155	215,9	5,6	9,5	1,69
37	282	282	217,6	14,2	9,6	2,97
38	125	125	215,2	6,3	9,5	3,59
39	-168	168	214,0	7,1	9,5	2,82
40	-276	276	215,5	10,7	9,5	1,52
41	-87	87	212,4	3,6	9,4	1,13
42	435	435	217,7	23,6	9,7	3,10
43	-8	8	212,9	0,4	9,5	3,14
44	-53	53	209,2	2,2	9,3	2,93

100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_t$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	$DAM_t$	Erro Percentual	$EAMP_t$	$TS_t$
45	-351	351	212,4	11,3	9,4	1,24
46	-94	94	209,8	3,1	9,2	0,80
47	350	350	212,8	13,7	9,3	2,44
48	125	125	211,0	4,6	9,2	3,05
49	-298	298	212,7	9,8	9,2	1,62
50	282	282	214,1	11,5	9,3	2,93
51	-320	320	216,2	10,1	9,3	1,42
<b>52</b>						

Desv. Padrão (68%)	270,2
Desv. Padrão (95%)	540,5

TS mín	0,15
TS máx	4,18



100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_{t+1}$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	$DAM_t$	Erro Percentual	$EAMP_t$	$TS_t$
0						
1						
2	333	333	332,9	17,9	17,9	1,00
3	359	359	345,8	17,5	17,7	2,00
4	-557	557	416,1	21,1	18,9	0,32
5	-66	66	328,5	2,9	14,9	0,21
6	14	14	265,6	0,6	12,0	0,31
7	819	819	357,7	56,8	19,5	2,52
8	-61	61	315,4	3,6	17,2	2,67
9	-861	861	383,6	33,0	19,2	-0,05
10	128	128	355,2	7,1	17,9	0,30
11	24	24	322,1	1,2	16,2	0,41
12	-253	253	315,7	9,4	15,6	-0,38
13	69	69	295,2	2,7	14,5	-0,18
14	-215	215	289,0	7,8	14,0	-0,93
15	92	92	274,9	3,1	13,2	-0,64
16	418	418	284,5	16,5	13,4	0,85
17	433	433	293,7	21,0	13,9	2,30
18	358	358	297,5	20,3	14,3	3,47
19	-401	401	303,2	18,0	14,5	2,08
20	-646	646	321,3	24,9	15,0	-0,04
21	-307	307	320,5	11,3	14,8	-1,00
22	-247	247	317,0	7,7	14,5	-1,79
23	231	231	313,1	7,4	14,2	-1,08
24	1.110	1.110	347,7	61,0	16,2	2,22
25	129	129	338,6	5,7	15,8	2,66
26	-669	669	351,9	22,0	16,0	0,66
27	-311	311	350,3	11,4	15,8	-0,22
28	-198	198	344,6	6,9	15,5	-0,80
29	506	506	350,4	19,4	15,7	0,66
30	-259	259	347,3	7,8	15,4	-0,08
31	-47	47	337,2	1,5	14,9	-0,22
32	122	122	330,3	4,0	14,6	0,14
33	170	170	325,3	5,7	14,3	0,66
34	48	48	316,9	1,6	13,9	0,83
35	197	197	313,4	7,4	13,7	1,47
36	-45	45	305,7	1,6	13,4	1,36
37	479	479	310,5	24,1	13,7	2,88
38	16	16	302,5	0,8	13,3	3,01
39	-438	438	306,1	18,6	13,5	1,54
40	-467	467	310,2	18,2	13,6	0,02
41	-131	131	305,8	5,3	13,4	-0,41
42	561	561	312,0	30,4	13,8	1,40

100% Série Dessazonalizada						
Erro da previsão $F_{t+1}$						
Período $t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	$DAM_t$	Erro Percentual	$EAMP_t$	$TS_t$
43	-2	2	304,6	0,1	13,5	1,42
44	-247	247	303,3	10,0	13,4	0,62
45	-636	636	310,8	20,5	13,5	-1,45
46	-102	102	306,2	3,3	13,3	-1,80
47	626	626	313,1	24,5	13,6	0,24
48	241	241	311,6	8,8	13,5	1,02
49	-136	136	307,9	4,5	13,3	0,59
50	223	223	306,2	9,1	13,2	1,32
51	-461	461	309,3	14,6	13,2	-0,19
<b>52</b>						

Desv. Padrão (68%)	386,6
Desv. Padrão (95%)	773,2

TS mín	-1,80
TS máx	3,47

## APÊNDICE I – SIMULAÇÃO 90-10 DO MODELO DE HOLT-WINTERS

Período $t$	Demanda $D_t$	Demanda Dessazonalizada $\check{D}_{t,A}$	Nível $L_t$	Tendência $T_t$	Fator de Sazonalidade $\check{S}_t$	Fator de Sazonalidade $S_t$ para 2 períodos	Previsão $F_t$	Erro $E_t$	Erro Absoluto $A_t$	DAM <sub>t</sub>	Erro Percentual	Alfa	Beta	Gama	Período- cidade $r$
46	3.060	2.744	2.673	-52	1,115	1,027	<b>2.909</b>	-151	151	206,9	4,9	0,998	0,998	0,179	2
47	2.553	2.741	2.688	8	0,932	1,020	<b>2.749</b>	196	196	212,2	7,7	0,998	0,998	0,200	2
48	2.740	2.756	2.717	23	0,994	1,014	<b>2.724</b>	-16	16	206,9	0,6	0,998	0,998	0,177	2
49	3.031	2.776	2.725	30	1,092	1,019	<b>2.723</b>	-308	308	210,3	10,2	0,998	0,998	0,211	2
50	2.444	2.797	2.744	28	0,874	1,019	<b>2.749</b>	305	305	214,4	12,5	0,998	0,998	0,213	2
51	3.155	2.808	2.740	1	1,123	1,025	<b>2.839</b>	-316	316	216,3	10,0	0,998	0,998	0,223	2
										<b>211,2</b>	<b>7,6</b>				