

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PROGRAMA INTERUNIDADES DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENERGIA

GERSON RISSETTI

Modelamento da Carga Própria e Demanda Máxima no Setor
Elétrico Brasileiro

SÃO PAULO
2004

GERSON RISSETTI

Modelamento da Carga Própria e Demanda Máxima no Setor
Elétrico Brasileiro

Dissertação apresentada ao Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Energia sob a orientação do professor Doutor Carlos Américo Morato de Andrade.

SÃO PAULO
2004

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

FICHA CATALOGRÁFICA

Rissetti, Gerson

Modelamento da Carga Própria e Demanda Máxima no Setor Elétrico Brasileiro / Gerson Rissetti; orientador Professor Doutor Carlos Américo Morato de Andrade. – São Paulo, 2004.

104p.

Dissertação (Mestrado) – Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia (EP, FEA, IEE, IF) da Universidade de São Paulo, 2004.

1. Modelos Estatísticos para previsão. 2. Carga Própria. 3. Demanda Máxima. 4. Séries Temporais. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

GERSON RISSETTI

Modelamento da Carga Própria e Demanda Máxima no Setor Elétrico Brasileiro

Dissertação apresentada ao Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Energia sob a orientação do professor Doutor Carlos Américo Morato de Andrade.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Professor Doutor _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Professor Doutor _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Professor Doutor _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e a todos que estão sempre presentes em meu coração.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Carlos Américo Morato de Andrade pelo incansável apoio na consecução deste trabalho.

À Professora Doutora Nádia Hanania Ramezá por suas colocações tão relevantes quando da revisão do texto.

Resumo

Em qualquer tipo de atividade ou área, dispomos de uma grande quantidade de dados, cabendo ao pesquisador analisar e entender o conjunto de dados relevante a seu estudo, trabalhando para transformá-los em informação, compará-los ou, ainda, para julgar sua adequação a alguma teoria.

A inferência estatística, parte da Metodologia da Ciência que tem por objetivo a coleta, a redução, a análise e a modelagem de dados é importante neste trabalho pois possibilita previsões e, a partir destas, a tomada de decisões, identificando a perspectiva de aplicação de modelos estatísticos ao buscar a classificação dos dados, observando a possibilidade de se fazer previsões a curto prazo com resultados aceitáveis, considerando o instrumental estatístico correspondente.

O trabalho busca, por meio da análise de dados, outras possíveis relações entre carga e demanda em um processo exploratório de padrões de comportamento que possam caracterizar e auxiliar o desenvolvimento de estudos complementares.

O estudo baseia-se na caracterização da existência de um ciclo semanal, tanto para a carga quanto para a demanda, constituindo em fator importante para a análise e a realização de estimativas, bem como na programação e planejamento, evidenciando o estabelecimento de um modelo que caracterize o comportamento da oferta nacional de energia elétrica e o uso deste para previsões a curto prazo.

O fato de analisar o comportamento da oferta nacional de energia elétrica, bem como o de estudar características de carga e demanda no decorrer do tempo, podem identificar padrões utilizados em modelos de estimativa, levando em consideração tendências, movimentos cíclicos e sazonalidades.

A existência de um modelo simples, obtido globalmente, serve como ponto de partida para trabalhos semelhantes e mais abrangentes, os quais poderão contribuir para um planejamento energético nacional, auxiliando na definição da política de investimento de produção, distribuição e qualidade.

Abstract

Any type of activity or area, we have lots of data, it is accountable to the searcher analysis and understand the combination of data relevant to your study, working for change the information, compare or, yet, to judge your usage to any theory.

The interference statistic, part of methodology of the science that has as target to collect, to reduce, the analysis and the type of data is important for this job because enable provision and, from that, take the decision identifying the perspective of application on statistic models searching a data classification seeing the possibility on make previsions in a short time with acceppt results with a estatistic instrumental material.

The job expect, thru the analysis of data, other possible solution within power and demand in a exploratory process of standards of action, that enable to characterize and auxiliary the development studies complementary.

The study believes on a existence of a weekly cycle within power and demand having a main factor to analysis the planning programation and according developing a model which sees the electric energy and its use to make previsions in a short time.

The existence of a simple model, global model, helps future similiary works and develop studies complementary auxiliaring on definition to national politic of production, distribution an quality.

The matter of analysis the condition of offer nation of electric energy, as well as to study characteristics of power and demand on the way of time, can identify standards utilized on types of estimated of short period, taking the consideration tendencies, movements and sazonalities.

Lista de Gráficos

Gráfico 5-1 Carga Própria Diária e Semanal - SIN	20
Gráfico 5-2 Carga Própria por Dia da Semana e Mês – ano 2002.....	21
Gráfico 5-3 Carga Própria por Dia da Semana e Mês – 3 ^{as} às 5 ^{as} feiras	22
Gráfico 5-4 Carga Própria por Dia da Semana e Mês - ano 2002	23
Gráfico 5-5 Carga Própria por Dia da Semana e Mês - ano 2003	24
Gráfico 5-6 Carga Própria por Dia da Semana e Mês – 3 ^{as} às 5 ^{as} Feiras	25
Gráfico 5-7 Carga Própria por Dia da Semana e Mês - ano 2003	25
Gráfico 5-8 Carga Própria Semanal - SIN e Regiões - ano 2002	26
Gráfico 5-9 Diagrama de Dispersão para Carga Própria SIN.....	29
Gráfico 5-10 Carga Própria SIN - Médias de 3 ^{as} às 5 ^{as} Feiras - Ajustamento Linear	31
Gráfico 5-11 Carga Própria SIN - Médias de 3 ^{as} às 5 ^{as} Feiras - Modelo Exponencial.....	32
Gráfico 5-12 Carga Própria SIN - Médias de 3 ^{as} às 5 ^{as} Feiras - Modelo Polinomial	33
Gráfico 5-13 Carga Própria SIN - Médias de 3 ^{as} às 5 ^{as} Feiras - Ajuste Exponencial $W = 0,5$	35
Gráfico 5-14 Carga Própria SIN - Médias de 3 ^{as} às 5 ^{as} Feiras - Ajuste Exponencial $W = 0,75$	36
Gráfico 5-15 Resíduos – Modelo de Regressão Linear	39
Gráfico 5-16 Resíduos - Modelo Exponencial	39
Gráfico 5-17 Resíduos - Modelo de Regressão Polinomial.....	40
Gráfico 5-18 Resíduos - Ajustamento Exponencial ($W=0,5$).....	40
Gráfico 5-19 Resíduos - Ajustamento Exponencial ($W=0,75$).....	41
Gráfico 5-20 Carga Própria – Estimativas.....	48
Gráfico 5-21 Carga Própria - Estimativas (Percentuais).....	49
Gráfico 5-22 Percentuais de Queda da Carga Própria Semanal.....	53
Gráfico 5-23 Quedas da Carga Própria nos Feriados.....	56
Gráfico 5-24 Oferta Semanal de Energia - SIN	57
Gráfico 6-1 Demanda Máxima Diária - SIN	59
Gráfico 6-2 Demanda Máxima por Dia da Semana e Mês – ano 2002.....	60
Gráfico 6-3 Regressões da Demanda Máxima por Dia e Mês - 3 ^{as} às 5 ^{as} Feiras	61
Gráfico 6-4 Carga Própria e Demanda Máxima - 3 ^{as} às 5 ^{as} Feiras.....	63
Gráfico 6-5 Carga Própria e Demanda Máxima - Sábados e Domingos	64

Lista de Tabelas

Tabela 5-1 Correlação Carga Própria do Dia X Carga Própria Semanal – SIN.....	23
Tabela 5-2 Correlação Carga Própria Semanal SIN e Regiões.....	27
Tabela 5-3 Fatores que influenciam dados de séries temporais.....	30
Tabela 5-4 Estatística de Durbin-Watson	42
Tabela 5-5 Mean Absolute Deviation – MAD.....	44
Tabela 5-6 Análise de Resíduos – Resumo	45
Tabela 5-7 Estimativas para o Modelo de Ajuste Exponencial $W = 0,75 - 18$ à 24/11/2003.....	46
Tabela 5-8 Estimativas para o Modelo de Ajuste Exponencial $W = 0,75 - 25/11$ à 01/12/2003.....	47
Tabela 5-9 Estimativas para o Modelo de Ajuste Exponencial $W = 0,75 - 02$ à 08/12/2003.....	47
Tabela 5-10 Estimativas para o Modelo de Ajuste Exponencial $W = 0,75 - 09$ à 15/12/2003.....	47
Tabela 5-11 Estimativas para o Modelo de Ajuste Exponencial $W = 0,75 - 16$ à 22/12/2003.....	48
Tabela 5-12 Carga Própria Semanal Ajustada	51
Tabela 5-13 Percentuais de Quedas.....	51
Tabela 5-14 Quedas da Carga Própria nos Feriados.....	55
Tabela 5-15 Quedas aos Sábados por feriados às 6 ^{as} Feiras.....	56
Tabela 5-16 Quedas nas semanas de Ano Novo, Carnaval e Natal	58
Tabela 6-1 Correlação Carga Própria X Demanda Máxima SIN ano 2002.....	62
Tabela 6-2 Relação Carga Própria pela Demanda Máxima	62

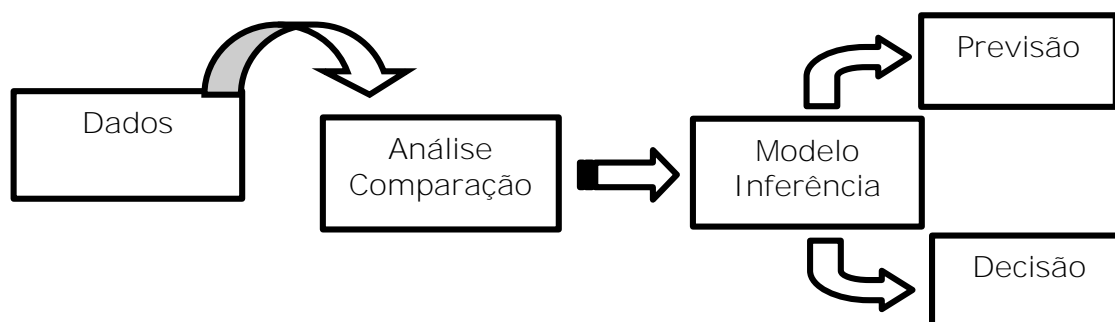
Índice

1.	Introdução	12
2.	Objetivos	16
3.	Justificativas	17
4.	Análise Exploratória dos Dados	18
5.	A análise da Carga Própria	20
5.1.	Periodicidade Semanal da Carga Própria	21
5.2.	Carga Própria Semanal para o SIN e Regiões	26
5.3.	Estudo de Modelos para Séries Temporais	27
5.3.1.	Modelo de Regressão Linear	30
5.3.2.	Modelo de Regressão Exponencial	32
5.3.3.	Modelo de Regressão Polinomial	33
5.3.4.	Ajuste Exponencial	34
5.4.	Análise dos Modelos	36
5.4.1.	Método Gráfico	38
5.4.2.	Estatística de Durbin-Watson	41
5.4.3.	Mean Absolute Deviation – MAD	43
5.4.4.	Análise de Resíduos – Resumo	44
5.5.	Uso do Modelo de Ajustamento Exponencial ($W = 0,75$) para Estimativas	45
5.6.	Cálculo da Queda da Carga Própria nos Finais de Semana	49
5.7.	Cálculo da Queda da Carga Própria nos Feriados	53
5.7.1.	Feriados Locais, Estaduais e Nacionais	54
5.7.2.	Casos Especiais	57
6.	A análise da Demanda Máxima	59
6.1.	Periodicidade Semanal da Demanda Máxima	60
6.2.	Uso do Modelo de Ajustamento Exponencial ($W = 0,75$) para estimativa da Demanda Máxima	64
7.	Considerações Finais	65
8.	Bibliografia	67
9.	Anexos	68

1. Introdução

Longe de uma simples consumação passiva dos espaços, estamos diante de processos que combinam um estudo do comportamento da oferta nacional de energia elétrica e de um modelo para caracterizá-la.

Em qualquer tipo de atividade ou área dispomos de uma grande quantidade de dados. Cabe ao pesquisador analisar e entender um conjunto de dados relevante ao seu particular objeto de estudo, trabalhando para transformá-los em informação, para comparando-os com outros resultados ou, ainda, julgando sua adequação a alguma teoria. De um modo geral, podemos considerar que a essência está na observação e que seu objetivo básico é a inferência.



A inferência estatística é uma parte da metodologia da Ciência que tem por objetivo a coleta, a redução, a análise e modelagem de dados, a partir dos quais, finalmente, esta é aplicada a uma população da qual aqueles foram obtidos. Um aspecto importante desse trabalho é a possibilidade de se fazer previsões e, a partir delas, tomar decisões.

A motivação para a realização do estudo baseia-se neste instrumental importante, que é a modelagem estatística e sua aplicação na área de interesse: a de energia.

No Brasil, apesar de haver um universo consideravelmente grande de possibilidades e aplicações, existe carência significativa de estudos estatísticos nesta área. Internacionalmente, podemos destacar o trabalho desenvolvido pelo EIA – Energy Information Administration do DOE – Department Of Energy americano, o qual compila dados relacionados a todos os

recursos energéticos, envolvendo oferta, estoques, e preços, bem como divulga dados históricos, relatórios analíticos dos recursos energéticos para as diversas regiões e o país como um todo, além de fazer previsões relacionadas a esses dados.

No Brasil, temos o ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico, órgão criado em 1998, com o objetivo de administrar a rede básica de transmissão de energia, operando sob delegação dos agentes (empresas de geração, transmissão e distribuição de energia), com a participação do Ministério de Minas e Energia.

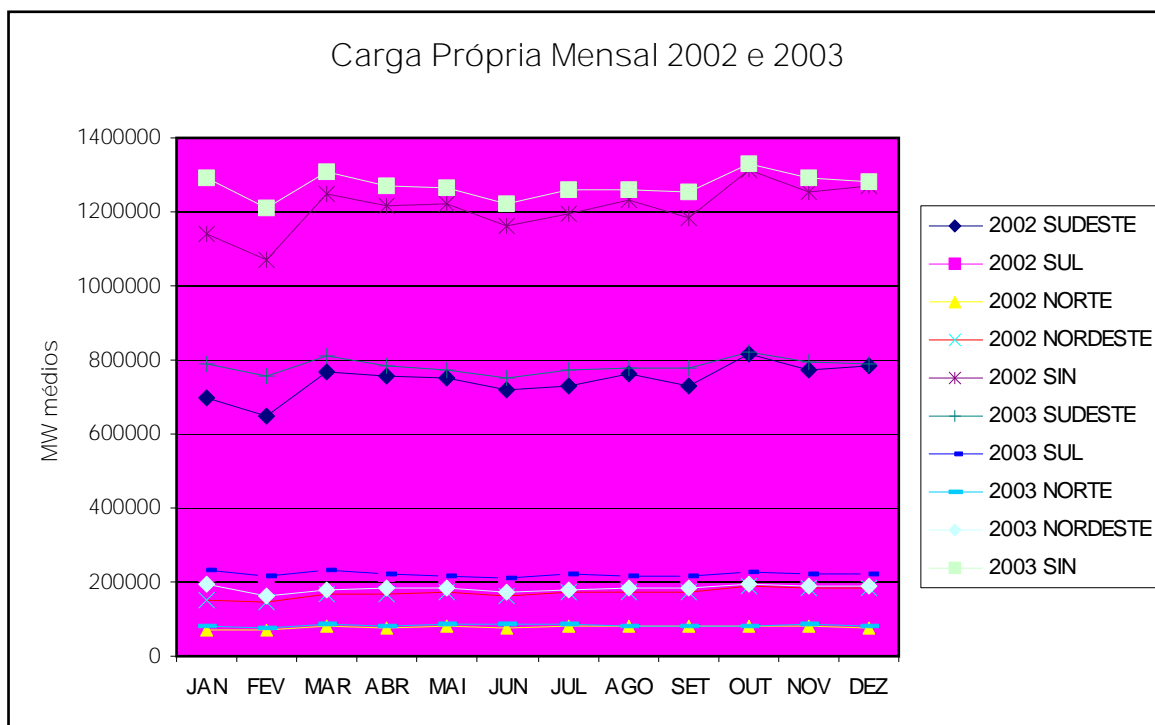
O ONS publica diariamente o relatório “Informativo Preliminar Diário da Operação”, contendo dados da geração, carga e demanda máxima, assim como os da transferência entre regiões, em MW médios, apresentando dados hidrológicos e ocorrências verificadas.

Com base nesse relatório será analisado o comportamento da oferta nacional de energia elétrica, estudando características do consumo nacional no decorrer do tempo. O estudo envolverá os anos de 2002 e 2003, quando serão estudadas a Carga Própria e Demanda Máxima, para o SIN – Sistema Interligado Nacional e regiões (Sudeste/Centro-Oeste, Sul, Norte e Nordeste).

O ponto fundamental e base de todo o estudo está na identificação do comportamento para a Carga Própria e Demanda Máxima que pode ser utilizado como referência para outros trabalhos do mesmo gênero. O comportamento baseia-se na caracterização da existência de um ciclo semanal, o qual tem nas terças, quartas e quintas-feiras valores mais elevados, havendo queda às sextas-feiras, sábados e domingos e um aumento às segundas-feiras, não equiparado ao verificado nas terças, quartas e quintas-feiras, tanto para a carga como para a demanda, constituindo-se em fator importante para análise a verificação de tendências, estimativas, programação e planejamento.

Da análise dos valores semanais, partiu-se para os mensais, verificando-se, também, a existência de um ciclo que não pode ser fortemente caracterizado face à amplitude dos dados

considerados nesse trabalho. Para ilustrar este aspecto, foi feita uma composição dos valores da Carga Própria para cada um dos meses dos anos de 2002 e 2003, por região e para o SIN, os quais foram dispostos no gráfico abaixo.



Nota-se que existe para o SIN e regiões um comportamento semelhante no que se refere a cada um dos meses, comparando-se os dados dos anos de 2002 e 2003, quando se verificam quedas e elevações aproximadamente equivalentes.

O recurso gráfico foi amplamente utilizado para a análise e as constatações confirmadas com base no ferramental estatístico, procurando-se, acima de tudo, praticidade no tratamento e apresentação dos resultados.

Os dados estudados foram caracterizados como *Séries Temporais*, de acordo com Bowerman (1993, p. 4) “A time series is a chronological sequence of observations on a particular variable”, sendo utilizados modelos de ajuste e estimativa considerados adequados ao tratamento destes tipos de dados. A quantidade de modelos existentes e suas variações são bastante grandes, optando-se pela aplicação do Modelo Linear, Exponencial, Polinomial e de

Ajuste Exponencial, uma vez que, o presente trabalho não tem como objetivo principal a escolha de um modelo adequado, mas o estudo de movimentos cíclicos ao longo do tempo.

A inclusão do estudo sobre modelos aplicados para Séries Temporais fez-se necessária em virtude da premissa de que é possível o uso de um padrão estatístico para estimativas de curto prazo. Segundo Bowerman (1993, p. 4) *“In forecasting events that will occur in the future, a forecaster must rely on information concerning events that have occurred in the past. That is, in order to prepare a forecast, the forecaster must analyze past data and must base the forecast on the results of this analysis. Forecasters use past data in the following way. First, the forecaster analyzes data in order to identify a pattern that can be used to describe it. Then this pattern is extrapolated, or extended, into the future in order to prepare a forecast. This basic strategy is employed in most forecasting techniques and rests on the assumption that the pattern that has been identified will continue in the future.[...]”*.

Ao final, procura-se estabelecer um modelo que caracterize o comportamento da oferta nacional de energia elétrica e o uso deste para previsões em curto prazo. A existência de um modelo simples, obtido globalmente, não oferece por si só grandes possibilidades de aplicação, mas serve como ponto de partida para trabalhos semelhantes e mais abrangentes. Tais modelos poderão caminhar como estudo de equilíbrio oferta e demanda, obtidos de forma global, para estudos regionais, analisando e verificando as condições de adequação em níveis geográficos relativamente desagregados, bem como para progredir integrando o processo em caráter regional e nacional. Poderão contribuir para um planejamento mais realista do setor e para todo o planejamento energético nacional, auxiliando na definição de políticas de investimento em produção, distribuição e qualidade.

2. Objetivos

Analisar o comportamento da oferta nacional de energia elétrica e estudar características da carga e demanda no decorrer do tempo, identificando padrões que possam ser utilizados em modelos de estimativa de curto prazo, considerando tendências, movimentos cíclicos e sazonalidades. Considerar a perspectiva de aplicação de modelos estatísticos para esse processo de previsão, buscando a classificação dos dados como um estudo de Séries Temporais, procurando mostrar a possibilidade de se fazer previsões de curto prazo com resultados aceitáveis, embasados no instrumental estatístico correspondente. Considerando tais aspectos, estudar a Carga Própria e a Demanda Máxima, com base nos dados disponibilizados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) em seu relatório Informativo Preliminar Diário da Operação (IPDO), tomando como base os anos de 2002 e 2003. Em termos de abrangência geográfica, serão considerados o Sistema Interligado Nacional (SIN), bem como as regiões Sudeste, Sul, Norte e Nordeste, sendo que a região Centro-Oeste figurará com seus dados englobados aos da região Sudeste.

Constatar, ainda, relativo à carga e demanda, a existência de uma relação entre os dados regionais e o Sistema Interligado, verificando a possibilidade de caracterizar um comportamento global decorrente de aumento ou decréscimo nos valores das medições obtidas em nível regional.

Na análise dos dados, buscar outras possíveis relações entre carga e demanda em um processo exploratório de padrões de comportamento que possam caracterizar e auxiliar o desenvolvimento de outros trabalhos complementares a este.

3. Justificativas

“A falta de planejamento estratégico é uma das mais graves deficiências do atual modelo do setor elétrico brasileiro.” (CARVALHO, 2003)

“O Governo Federal decretou em 2001 o racionamento de energia elétrica. A desmontagem e o desaparecimento do sistema de planejamento, evidentemente, encontram-se entre as principais causas dessa situação extrema.” (SAUER et al., 2003, p. 94)

No Brasil existe carência significativa de estudos estatísticos na área de Energia, os quais mostram-se fundamentais para a consecução de um planejamento operacional, contemplando estimativas de curto prazo e, de um planejamento estratégico, de médio e longo prazo, este, elaborado em articulação com as secretarias estaduais de planejamento e meio ambiente, com a participação de órgãos federais de planejamento e desenvolvimento, bem como com entidades de classe da indústria e do comércio.

O foco principal deste trabalho está na análise das características da carga e demanda no decorrer do tempo, identificando padrões que possam ser utilizados em modelos de estimativa de curto prazo, considerando tendências, movimentos cíclicos e sazonalidades, que, associados a outras técnicas e a modelos de otimização e simulação, poderiam vir a auxiliar no desenvolvimento do planejamento operacional e em um planejamento estratégico de médio e longo prazo.

Grande parte do esforço na obtenção de um modelo que caracterize adequadamente o comportamento de um conjunto de dados de uma série temporal está na identificação de um padrão que se mantém constante ao longo do tempo por um determinado período e que está associado a um conjunto de outras variáveis, tais como a atividade econômica, a tecnologia, fatores climáticos, hábitos de consumo etc..., os quais, uma vez identificados, podem contribuir significativamente para a aplicação de outros modelos estatísticos.

4. Análise Exploratória dos Dados

A pesquisa realizada neste trabalho baseia-se em dados disponibilizados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) em seu relatório Informativo Preliminar Diário da Operação (IPDO), o qual apresenta resultados da operação do Sistema Elétrico, entre eles:

- dados da produção, intercâmbio e carga diários, acumulados no mês e no ano. Os valores mensais de produção e carga são comparados com o mesmo mês do ano anterior;
- balanço de geração, carga e intercâmbio entre as regiões;
- demanda máxima por região e recordes históricos;
- geração horária na ponta e reserva girante;
- situação dos principais reservatórios de acumulação;
- energia armazenada do sistema;
- descrição de eventos e ocorrências significativas do sistema.

Tais dados estão consolidados segundo as regiões brasileiras: Sudeste, Sul, Norte e Nordeste, sendo que os da região Centro-Oeste estão englobados aos da região Sudeste, apresentando, também, valores referentes a todo o território nacional, identificados com a sigla SIN (Sistema Interligado Nacional).

Das informações divulgadas pelo ONS interessam, para efeito deste estudo, os dados diários da Carga Própria e Demanda Máxima para as regiões e o SIN, para o período entre 2002 e 2003.

Fundamentalmente, quando se procede a uma análise de dados, busca-se alguma forma de regularidade ou padrão ou, ainda, um modelo, presente nas observações. Para tanto, foi utilizado o enfoque *Análise Exploratória de Dados (AED)* que busca obter, dos dados, a

maior quantidade possível de informação, indicando modelos plausíveis a serem utilizados numa fase posterior, a *Análise Confirmatória de Dados (ACD)* (ou inferência estatística).

Uma análise descritiva de dados limita-se a calcular, tradicionalmente, algumas medidas de posição e variabilidade, porém, uma corrente mais moderna, liderada por Tukey (MOSTELLER, 1977), utiliza principalmente técnicas gráficas em oposição a resumos numéricos.

Na análise da Carga Própria e Demanda Máxima apresentada posteriormente, utilizaram-se técnicas gráficas aliadas à análise de regressão, metodologia que utiliza a relação entre duas ou mais variáveis quantitativas na qual uma delas pode ser prevista a partir de outra ou outras. (NETER, 1996, p. 3)

5. A análise da Carga Própria

Os dados referentes à Carga Própria foram extraídos dos relatórios do ONS, tabelados, bem como foram plotados gráficos em uma busca exploratória para identificar algum tipo de padrão ou comportamento cíclico para esses valores.

O primeiro fato observado é a relação existente entre os valores diários da Carga Própria verificados nos diversos dias da semana ao longo do ano de 2002. Essa relação pode ser melhor visualizada no gráfico 5-1 a seguir.

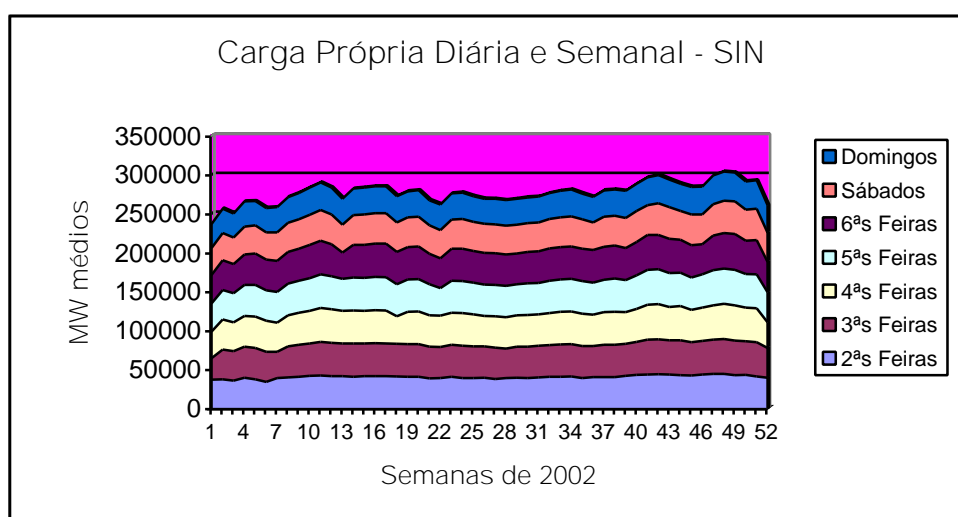


Gráfico 5-1 Carga Própria Diária e Semanal - SIN

O gráfico 5-1 apresenta os valores da Carga Própria diários para o SIN, estratificados para os dias da semana. A somatória dos valores correspondentes às áreas de cada um dos dias equivale à Carga Própria Semanal, observando-se uma relação entre os dias da semana nos quais a queda ou aumento da carga verificados em um dia específico também ocorrem nos demais.

5.1. Periodicidade Semanal da Carga Própria

Uma outra observação feita no processo de análise dos dados revelou a existência da periodicidade semanal, um ciclo de variação que se repete de forma semelhante a cada período de sete dias. Os gráficos 5-2 e 5-3 mostram como a Carga Própria se comporta semana-a-semana, possuindo um valor característico para os sábados, domingos e segundas-feiras. Entre terças e quintas-feiras, a carga se mantém praticamente constante e, normalmente, igual ao seu valor máximo. O comportamento às sextas-feiras é, em geral, igual ao de terças às quintas-feiras, existindo, porém, alterações devido a feriados ou proximidade dos mesmos. Tal particularidade será estudada mais adiante.

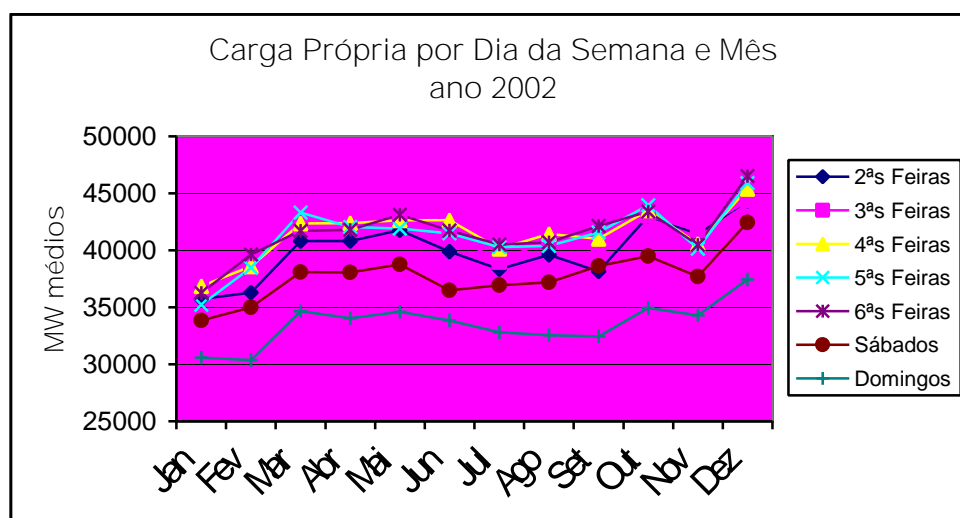


Gráfico 5-2 Carga Própria por Dia da Semana e Mês – ano 2002

Para a composição dos gráficos 5-2 e 5-3, foram feitas as regressões da Carga Própria para os dias da semana dentro de cada mês, obtendo-se o *coeficiente de intercepção*¹ para a reta ajustada, usado para efeito de padronização e possibilidade de comparação mês-a-mês.

¹ O modelo de Regressão Linear Simples no qual a função que relaciona as variáveis é do tipo $Y_i = \alpha + X_i + U_i$, temos α correspondendo ao *coeficiente de intercepção*. (FONSECA, 1995, p. 81)

Também, para evitar possíveis distorções na análise dos dados, feriados e dias que os antecedem ou precedem foram desconsiderados no cálculo dos valores das regressões, já que, como mencionado, serão analisados separadamente.

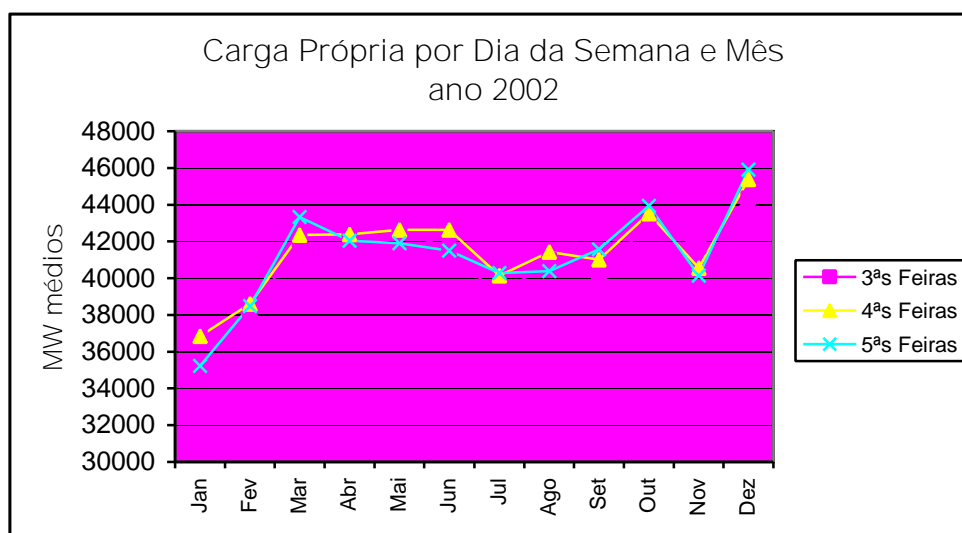


Gráfico 5-3 Carga Própria por Dia da Semana e Mês – 3ªs às 5ªs feiras

Observa-se um comportamento bastante semelhante entre os diversos dias da semana, isto é, quando um dia apresenta carga pequena, os demais também refletem esta queda e, por outro lado, quando há um aumento, este também é verificado nos demais dias. O gráfico 5-3 caracteriza essa tendência, que é mais acentuada para as terças, quartas e quintas-feiras.

Para a verificação da relação existente entre os valores da carga nos diversos dias, foi calculada a correlação entre a carga de um determinado dia e a Carga Própria Semanal, que corresponde à soma dos valores das cargas para uma determinada semana. Esses dados encontram-se consolidados na tabela 5-1 apresentada a seguir.

<i>Correlação Carga Própria do Dia X Carga Própria Semanal - SIN</i>	
segundas-feiras	0,87
terças-feiras	0,89
quartas-feiras	0,87
quintas-feiras	0,95
sextas-feiras	0,85
Sábados	0,91
Domingos	0,90

Tabela 5-1 Correlação Carga Própria do Dia X Carga Própria Semanal – SIN

Identifica-se uma forte correlação positiva entre os valores da carga dos diversos dias e a Carga Semanal, confirmando a existência da relação observada nos gráficos 5-2 e 5-3.

Utilizando-se os mesmos dados que deram origem aos gráficos 5-2 e 5-3, podemos caracterizar ainda melhor a relação entre os dias da semana ao colocar no eixo das abscissas os dias da semana ao invés dos meses, resultando no gráfico seguinte.

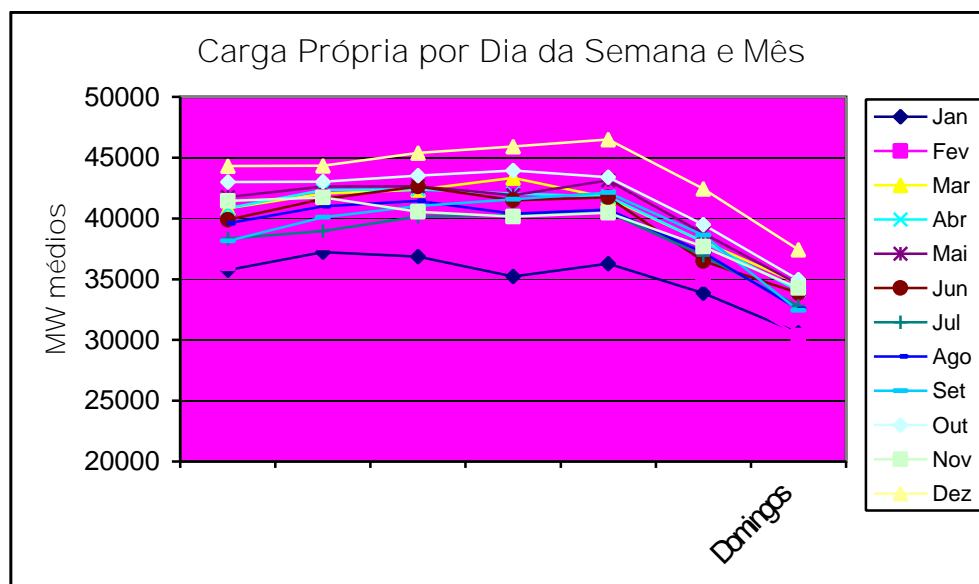


Gráfico 5-4 Carga Própria por Dia da Semana e Mês - ano 2002

Com essa nova distribuição dos valores verificados para a Carga Própria do SIN nos dias da semana, pode-se constatar claramente a existência de um padrão que caracteriza uma estabilidade para os dias da semana, de terças às sextas-feiras, com queda para os sábados e, uma nova queda aos domingos em relação a tais dias. As segundas-feiras apresentam uma recuperação dos valores da carga, observando-se, porém, que estes não se comparam aos valores verificados de terças às sextas-feiras.

O mesmo estudo feito para o ano de 2002 foi agora reproduzido para o ano de 2003 e os resultados apresentados nos gráficos que seguem têm o intuito de confirmar a existência da mesma tendência cíclica observada e acima relatada.

No gráfico 5-5, verifica-se o mesmo comportamento observado em 2002, quando os valores ajustados pela regressão para a Carga Própria do dia da semana dentro de cada mês possuem um comportamento semelhante, guardando entre si uma relação.

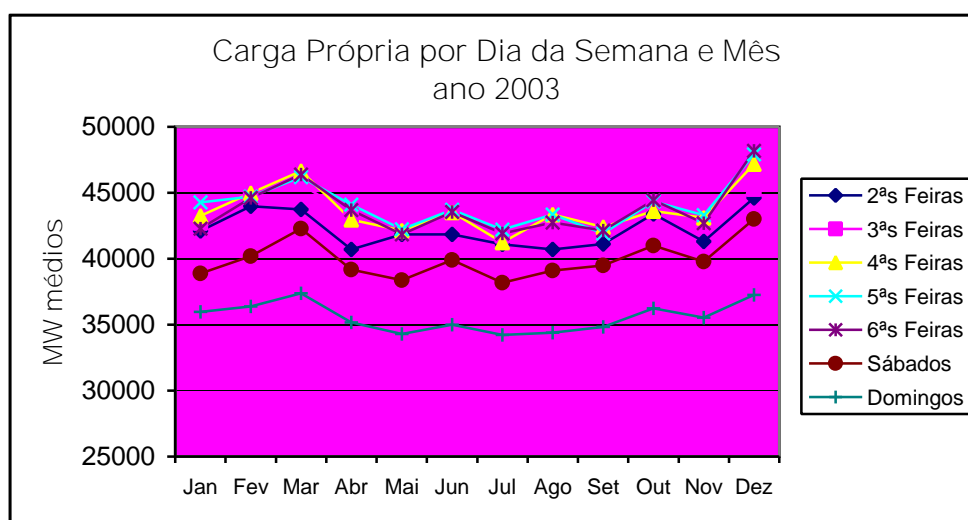


Gráfico 5-5 Carga Própria por Dia da Semana e Mês - ano 2003

O gráfico 5-6 mostra o mesmo comportamento, agora, isolando as terças, quartas e quintas-feiras, visto que são os dias nos quais ocorre uma certa estabilidade nos valores da carga e, também, os que podem ser considerados os maiores verificados durante a semana.

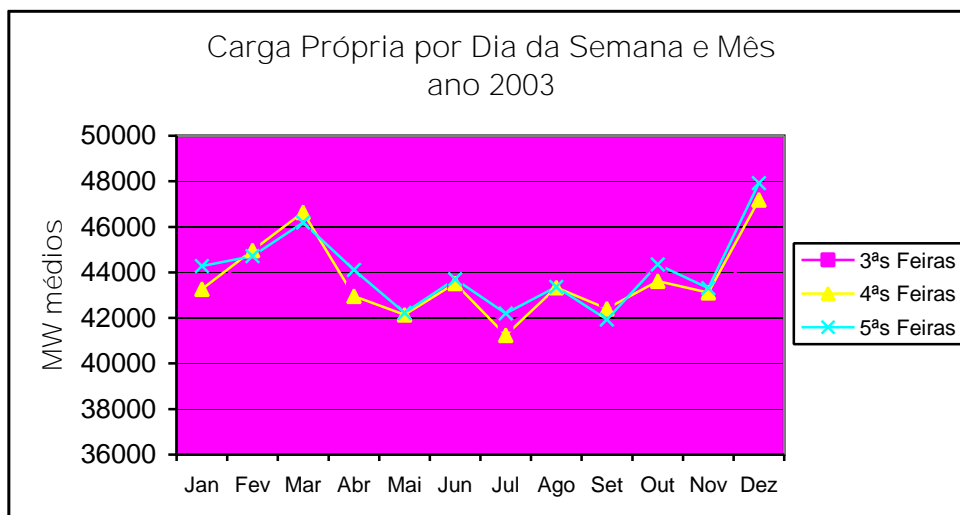


Gráfico 5-6 Carga Própria por Dia da Semana e Mês – 3ªs às 5ªs Feiras

O gráfico 5-7, com os dados de 2003, mostra o mesmo comportamento verificado no gráfico 5-4 (ano 2002), com os valores da carga permanecendo com uma certa estabilidade para os dias de terças às sextas-feiras.

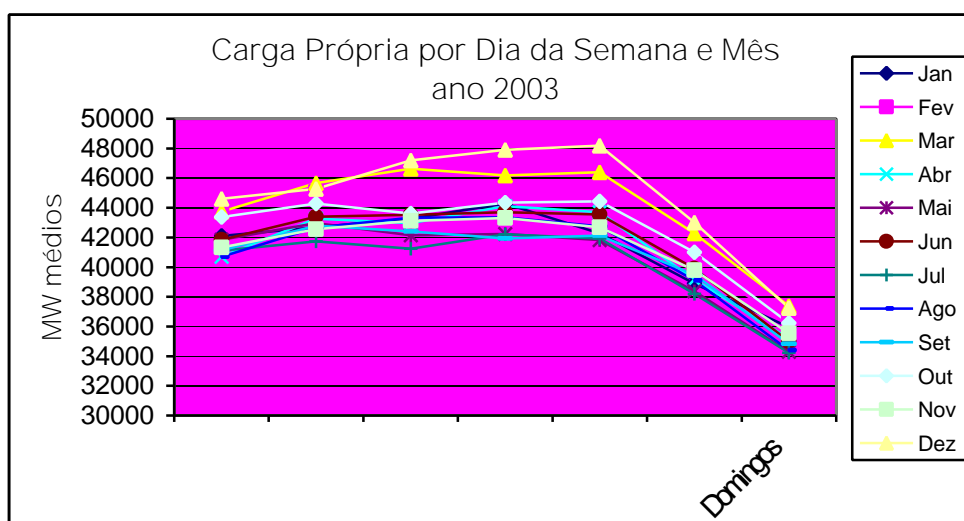


Gráfico 5-7 Carga Própria por Dia da Semana e Mês - ano 2003

Às sextas-feiras pode-se constatar uma pequena queda em alguns meses, se comparados aos valores de terças às quintas-feiras, caracterizando estes últimos como sendo os mais estáveis e representativos dos valores máximos da Carga Própria para uma determinada semana.

As constatações obtidas da análise do comportamento semanal da carga para as regiões e o Sistema Interligado, como um todo, são importantes para a definição do modelo e para os estudos realizados, que serão apresentados no sub item 5.3, Estudo de Modelos para Séries Temporais.

5.2. Carga Própria Semanal para o SIN e Regiões

Uma outra constatação importante na análise dos dados foi obtida pela comparação entre a Carga Própria Semanal das regiões e a Carga Própria Semanal do SIN. Os dados diários da carga foram consolidados por semana e região e estratificados, gerando o gráfico 5-8. Eles consideram todos os dias do ano de 2002, independente da ocorrência ou não de feriados na semana.

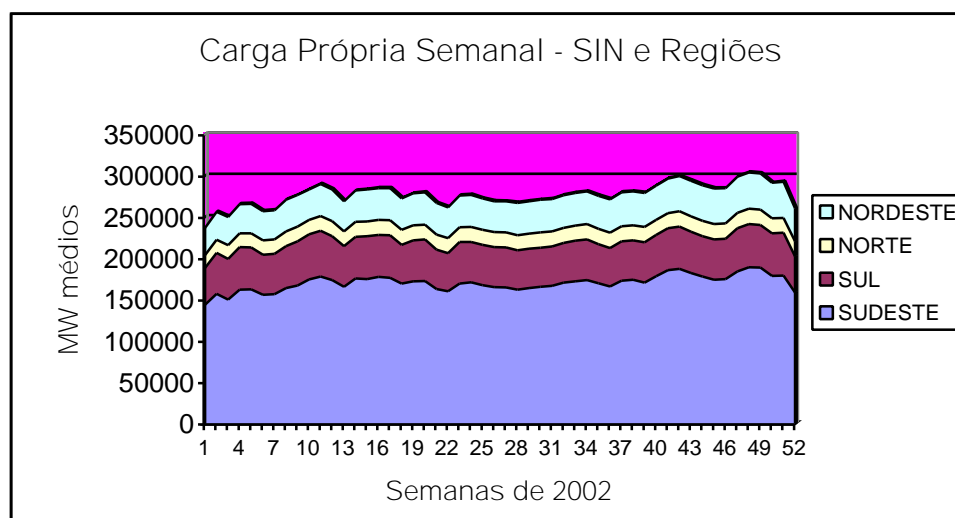


Gráfico 5-8 Carga Própria Semanal - SIN e Regiões - ano 2002

Conforme se observa no gráfico, existe uma relação entre a Carga Semanal das regiões e a Carga Semanal do SIN, apresentando um comportamento proporcional, ou seja, quando a carga decresce ou aumenta para uma determinada região, isto também ocorre nas demais e, também, para todo o Sistema.

A tabela 5-2 apresenta os coeficientes de correlação entre os valores da Carga Própria Semanal das regiões e o SIN.

<i>Correlação Carga Própria Semanal SIN e Regiões</i>	
SUDESTE/CENTRO-OESTE	0,99
SUL	0,60
NORTE	0,71
NORDESTE	0,84

Tabela 5-2 Correlação Carga Própria Semanal SIN e Regiões

Observa-se pelos dados da tabela acima, uma forte correlação positiva para os valores da Carga Semanal das regiões Sudeste/Centro-Oeste e Nordeste e uma média, porém significativa correlação para as regiões Sul e Norte, denotando a possibilidade de uso dessa informação na extrapolação dos dados que serão feitas a seguir.

5.3. *Estudo de Modelos para Séries Temporais*

Tomando-se como base as informações obtidas na análise semanal dos dados da Carga Própria, apresentada no subitem 5.1, Periodicidade Semanal da Carga Própria, foram adotadas as seguintes premissas:

- a carga de uma semana é caracterizada pela média dos valores verificados de terças às quintas-feiras e estes serão utilizados como base na busca de um modelo de ajuste que caracterize adequadamente o comportamento ao longo do tempo;
- quando da ocorrência de feriados nacionais nesses dias, ou dias que antecedem ou precedem os mesmos, seus respectivos valores foram desconsiderados no cálculo da média, eliminando as ocorrências denominadas “Flutuações Irregulares” (BOWERMAN, 1993, p.6) o que, poderia comprometer o modelo e a verificação da tendência;

- a Carga Própria Semanal Máxima será definida como a média dos valores de terças às quintas-feiras multiplicada por sete e tal valor será utilizado para efeito de comparação das quedas verificadas nos finais de semana e feriados.

Baseando-se nas premissas acima, foi elaborada uma tabela com os valores das médias das cargas verificadas para cada uma das semanas do ano de 2002, que será utilizada para análise e ajustamento a um modelo, permitindo a realização de previsões de curto prazo.

A metodologia para estudo e definição do modelo que melhor se ajusta à série de dados em questão obedecerá ao critério resumido no diagrama a seguir.

ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS

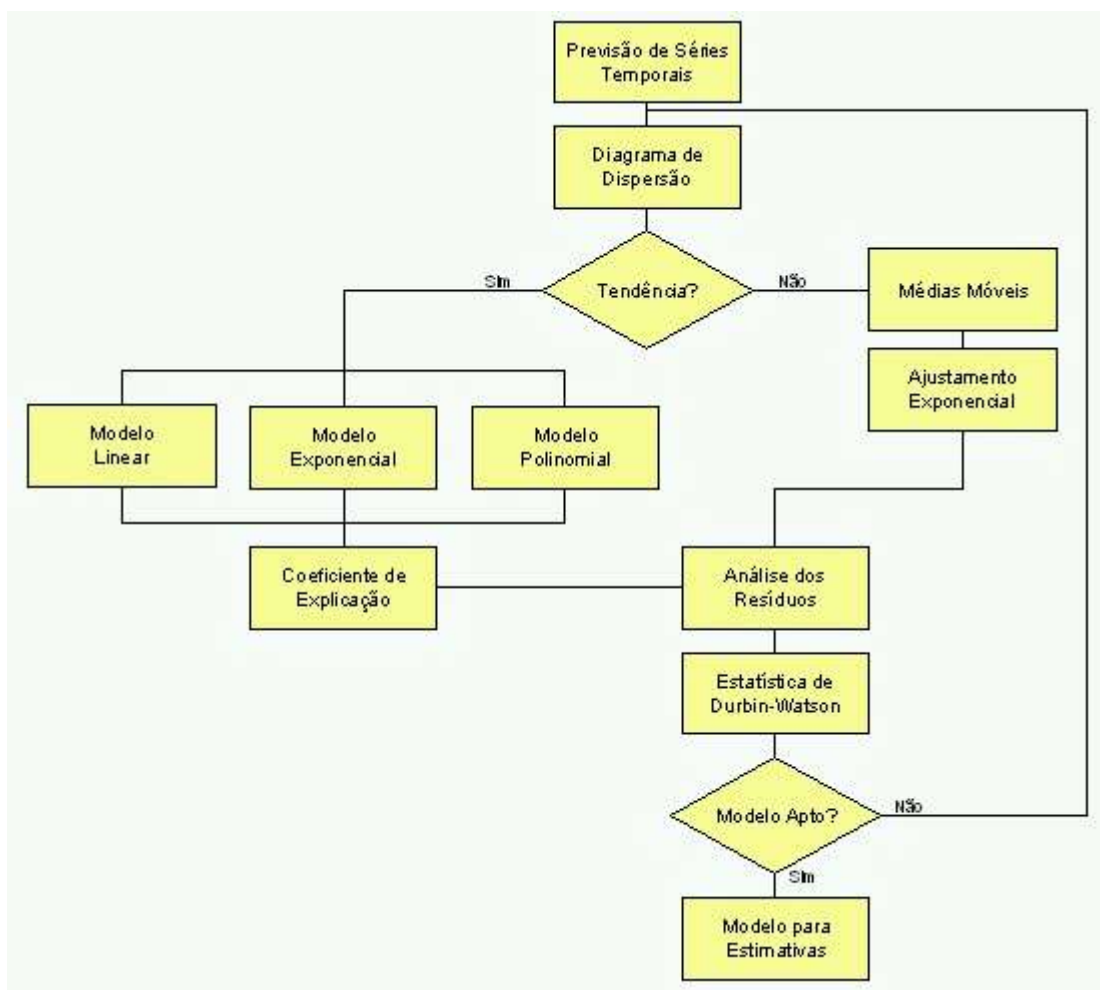


Figura 5-1 Quadro Resumo - Séries Temporais

Uma série temporal é um conjunto de dados numéricos obtidos durante períodos regulares ao longo do tempo. O pressuposto básico da análise de séries temporais é de que os fatores que influenciam padrões da atividade no passado e no presente continuarão a fazê-lo, mais ou menos da mesma maneira, no futuro. Portanto, os principais objetivos desta análise são identificar e isolar fatores de influência para fins de previsão (prognósticos), bem como para planejamento e controle gerencial. (LEVINE, 1998, p. 631).

Diagrama de Dispersão

O Diagrama de Dispersão pode ser utilizado como uma ferramenta de análise preliminar dos dados, por meio do qual procuram-se identificar fatores que os influenciam e que são importantes para o direcionamento a um modelo de melhor adequação.

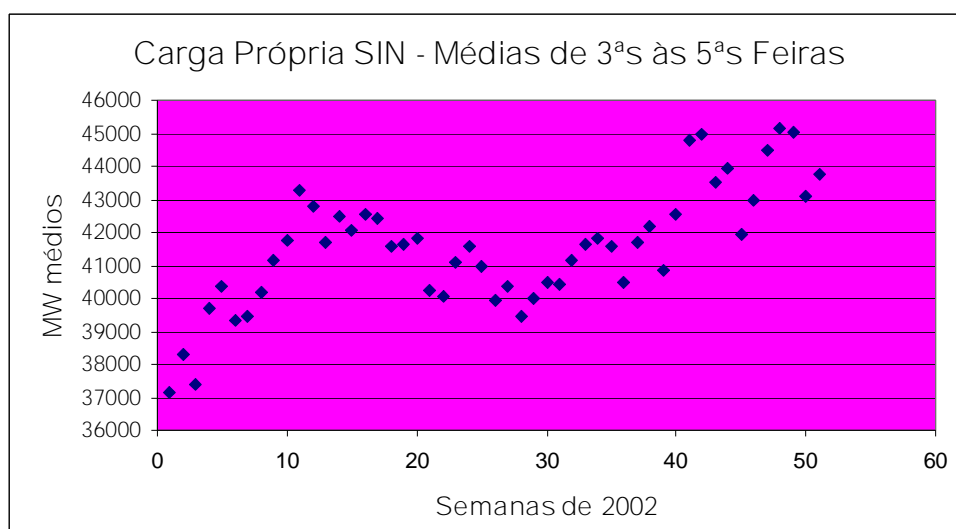


Gráfico 5-9 Diagrama de Dispersão para Carga Própria SIN

Os fatores componentes que influenciam uma série temporal econômica ou de negócios são a Tendência, o Sazonal, o Cíclico e o Irregular e podem ser resumidos na tabela a seguir.

<i>Componente</i>	<i>Classificação</i>	<i>Definição</i>	<i>Razão para a Influência</i>	<i>Duração</i>
Tendência	Sistemático	Geral ou persistente, padrão de movimento de longo prazo, para cima ou para baixo.	Modificações na tecnologia, na população, na renda ou no valor.	Vários anos.
Sazonal	Sistemático	Flutuações periódicas relativamente regulares, que ocorrem dentro de cada período.	Condições climáticas, costumes sociais, costumes religiosos.	Dentro de 12 meses (dados mensais ou trimestrais).
Cíclico	Sistemático	Oscilações ou movimentos repetidos para cima ou para baixo, através de quatro fases: do pico (prosperidade) para a contração (recessão) para o fundo (depressão) para a expansão (recuperação ou crescimento).	Interações de inúmeras combinações de fatores que influenciam a economia.	Geralmente de 2 a 10 anos, com diferentes intensidades para um ciclo completo.
Irregular	Não-sistemático	Flutuações erráticas ou residuais em uma série temporal que existem após se levarem em conta os efeitos sistemáticos – tendência, sazonal e cíclica.	Variações aleatórias nos dados ou devido a eventos não previstos como greves, furacões, enchentes, assassinatos políticos etc.	Curta duração e sem repetição.

Tabela 5-3 Fatores que influenciam dados de séries temporais²

Um exame do diagrama de dispersão (gráfico 5-9) sugere a existência de tendência e sazonalidade nos dados analisados cabendo, portanto, o estudo da possibilidade de aplicação dos modelos Linear, Exponencial e Polinomial.

5.3.1. Modelo de Regressão Linear

O fator componente de uma série temporal mais freqüentemente estudado é a tendência. Em princípio, estudam-se tendências para fins de estimativas e como suporte para projeções de médio e longo prazo. No caso específico, o estudo de tendência objetiva isolar e em seguida eliminar seus efeitos de influência no modelo, como um norteador para previsões de curto prazo, nas condições gerais de um ciclo em estudo. (LEVINE, 1998, p. 631).

² Tabela extraída do livro Statistics for Managers Using Microsoft® Excel, p. 632.

O ajustamento linear dos valores no decorrer do tempo usando o Método dos Mínimos Quadrados permite ajustar uma linha reta, na forma:

$$Y = a + bX$$

O gráfico 5-9 apresenta o diagrama de dispersão dos valores médios da Carga Própria com a respectiva reta ajustada, a equação da reta e o correspondente Coeficiente de Explicação (R^2), para o Ajustamento Linear.

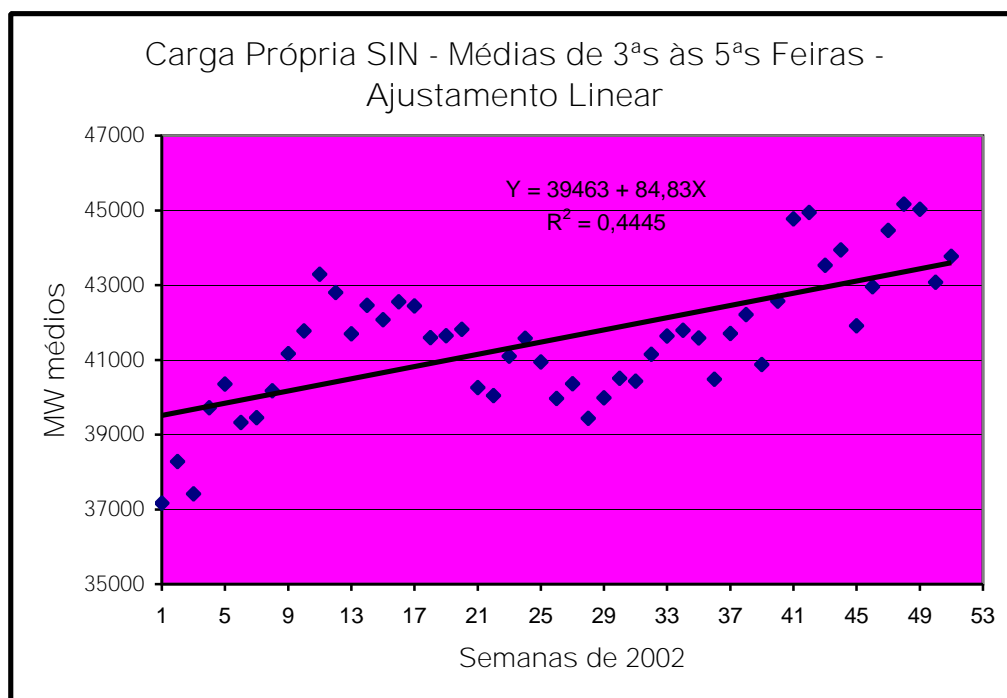


Gráfico 5-10 Carga Própria SIN - Médias de 3ªs às 5ªs Feiras - Ajustamento Linear

Em uma primeira análise do gráfico 5-10 identificamos uma tendência linear caracterizada pela reta ajustada, com um ponto de interseção ao eixo y estimado em 39463 e um coeficiente de regressão de 84,83. O Coeficiente de Explicação $R^2 = 0,45$ denota um baixo percentual de ajuste das variações de Y (Médias da Carga Própria estimadas) em relação a X (semanas), antecipando que o modelo pode não ser adequado para a caracterização do comportamento dos valores no decorrer do tempo.

5.3.2. Modelo de Regressão Exponencial

O Modelo Exponencial é adequado quando uma série parece estar crescendo a uma taxa tal qual a diferença percentual de uma observação para outra seja constante. (LEVINE, 1998, p. 650). Sua equação assume a forma:

$$Y = a \cdot b^t$$

O gráfico 5-10 apresenta o diagrama de dispersão dos valores médios da Carga Própria com a respectiva reta ajustada, a equação da reta e o correspondente Coeficiente de Explicação (R^2), para o Modelo Exponencial.

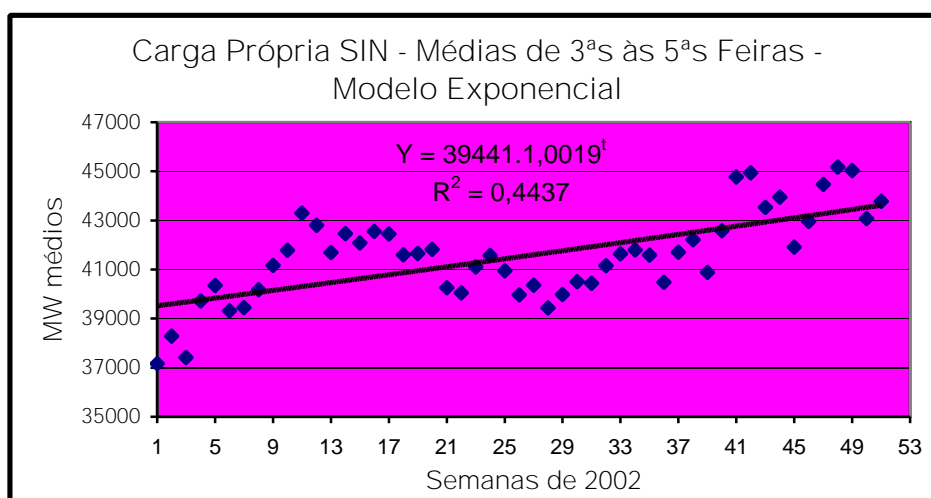


Gráfico 5-11 Carga Própria SIN - Médias de 3ªs às 5ªs Feiras - Modelo Exponencial

Em uma análise preliminar do gráfico 5-11 identificamos uma tendência crescente caracterizada pela reta ajustada, com um ponto de interseção ao eixo y estimado em 39441 e, uma taxa de crescimento composta mensal estimada em 0,20% – $(1,0019 - 1) \times 100$). O Coeficiente de Explicação $R^2 = 0,44$ denota um baixo percentual de ajuste das variações de Y (Médias da Carga Própria) em relação a t (semanas), antecipando que o modelo pode não ser adequado para a caracterização do comportamento dos valores no decorrer do tempo.

5.3.3. Modelo de Regressão Polinomial

O Modelo Polinomial, também conhecido como curvilíneo é um dos modelos que está entre os mais freqüentemente utilizados na prática, pela sua facilidade em lidar com casos especiais dos modelos de regressão linear. (NETER, 1996, p.296)

O Modelo Polinomial pode conter uma, duas ou mais variáveis de predição que podem aparecer em vários graus. No caso em estudo, está sendo utilizada uma variável no 3º grau, em virtude da busca de um melhor ajuste e da redução da complexidade do modelo. O uso de um grau muito alto da variável, embora possível, pode provocar erros na interpretação e na extrapolação dos dados. (NETER, 1996, p.296)

Sua equação assume, então, a forma:

$$Y = a + b_1X + b_2X^2 + b_3X^3$$

O gráfico 5-12 apresenta o diagrama de dispersão dos valores médios da Carga Própria com a respectiva curva ajustada, a equação da curva e o correspondente Coeficiente de Explicação (R^2), para o Modelo Polinomial.

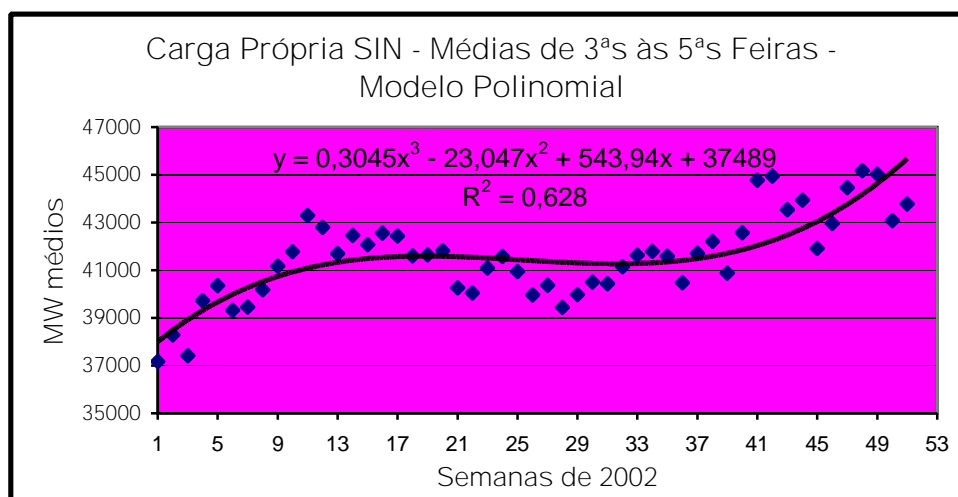


Gráfico 5-12 Carga Própria SIN - Médias de 3ªs às 5ªs Feiras - Modelo Polinomial

Ao analisar graficamente o ajuste da curva, representado acima, identificamos uma tendência curvilínea com um ponto de interseção ao eixo y estimado em 37489, um crescimento até a

18ª semana, uma certa estabilidade até a 37ª semana e um novo crescimento no final. O Coeficiente de Explicação $R^2 = 0,63$, indica que o poder explicativo da função é de 63% dos valores estimados, denotando uma melhora em relação aos coeficientes obtidos anteriormente pelos Modelos Linear e Exponencial de 0,45 e 0,44 respectivamente.

Os modelos serão submetidos a uma verificação mais acurada com relação a sua eficácia e aplicabilidade, cujos resultados estão demonstrados no item 5.4, Análise dos Modelos.

5.3.4. Ajuste Exponencial

O Ajuste Exponencial é uma técnica que permite o ajustamento de uma série temporal que utiliza uma média móvel exponencialmente ponderada, onde cada previsão ou cálculo de ajuste depende de todos os valores previamente observados.

Essa técnica baseia-se, também, em um Coeficiente de Ajuste (W), normalmente designado subjetivamente e assumindo valores na faixa de: $0 < W < 1$.

Assim, para ajustar uma série em qualquer período de tempo i , temos a expressão:

$$E_i = WY_i + (1 - W)E_{i-1} \quad (5.1)$$

5.3.4.1. Ajuste Exponencial com $W = 0,5$

O gráfico 5-13 a seguir mostra o diagrama de dispersão dos valores médios da Carga Própria com os valores ajustados segundo a técnica de Ajuste Exponencial, com coeficiente $W = 0,5$, identificados como *Previsão*.

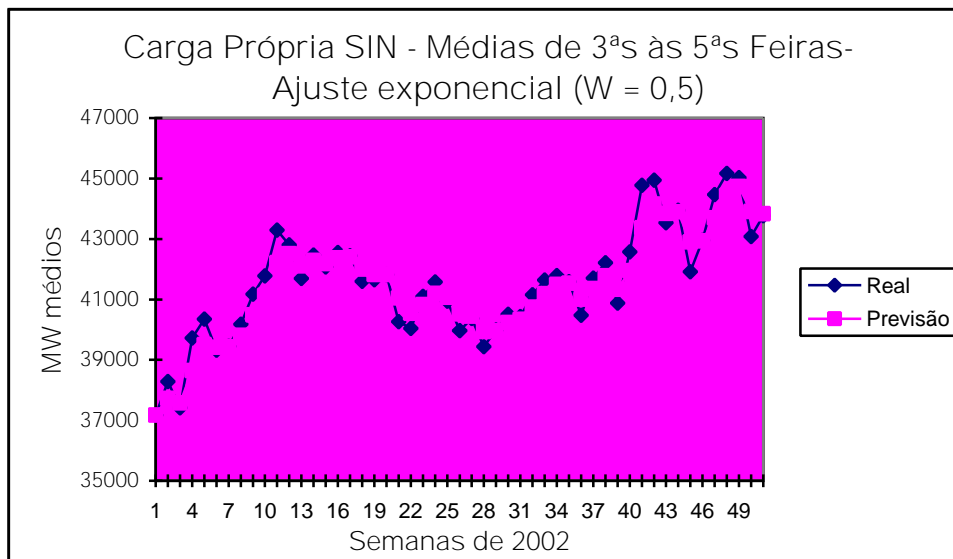


Gráfico 5-13 Carga Própria SIN - Médias de 3ªs às 5ªs Feiras - Ajuste Exponencial $W = 0,5$

A análise a ser feita nesse caso deve considerar a habilidade do ajuste alcançado numa comparação entre os valores reais e os obtidos (Previsão) com o ajuste, tendo como objetivo esperado a aplicação da técnica. Um ajuste com W se aproximando de 0 (zero) objetiva a eliminação de variações cíclicas e irregulares indesejáveis, por outro lado, um valor alto, próximo de 1 (um) é mais apropriado para direcionamentos futuros de curto prazo. (LEVINE, 1998, p. 638) Como o objetivo do presente trabalho é investigar um modelo que possua um bom ajuste e ainda seja o mais adequado para previsões de curto prazo, será estudada, também, a hipótese do aumento do coeficiente de W para 0,75. Obviamente, não interessa aumentar demasiadamente este para valores muito próximos de um, pois perde-se o componente cíclico, conforme mencionado. A definição da melhor alternativa dependerá de uma análise mais acurada cujos resultados estão no item 5.4, Análise dos Modelos.

5.3.4.2. Ajuste Exponencial com $W = 0,75$

Aplicou-se um outro fator de ajuste buscando diminuir a atenuação das variações cíclicas e um melhor ajuste aos dados verificados, como alternativa ao ajuste do item anterior, cujo resultado encontra-se no gráfico 5-14.

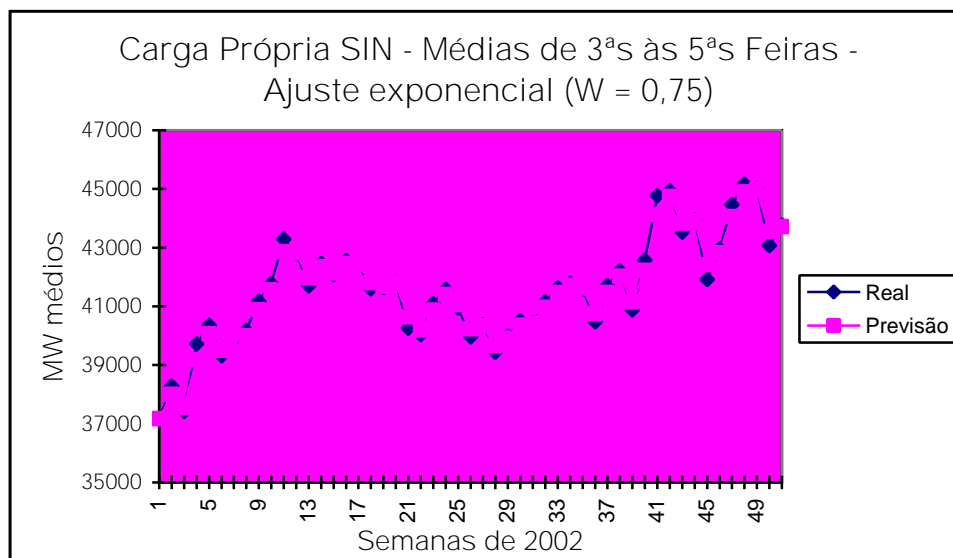


Gráfico 5-14 Carga Própria SIN - Médias de 3ªs às 5ªs Feiras - Ajuste Exponencial $W = 0,75$

Em uma análise comparativa com o gráfico 5-13, observa-se que o efeito desejado foi obtido, reduzindo-se as discrepâncias entre os valores da Carga Própria verificada (Real) e os valores ajustados (Previsão), reduzindo-se o efeito de suavização cíclica. Como mencionado para o caso do ajuste anterior este, também, deverá ser submetido a um diagnóstico mais acurado, apresentado a seguir.

5.4. *Análise dos Modelos*

A aplicação apropriada de um determinado procedimento estatístico depende do bom cumprimento de um conjunto de pressupostos, os quais são análogos tanto para análises de regressão e correlação como para análises de variância, encontrando-se sob o título geral de modelos lineares. (NETER, 1996) Embora existam algumas diferenças nos pressupostos elaborados pelo modelo de regressão e pela correlação, esse tópico se encontra fora do âmbito deste trabalho.

Os quatro principais pressupostos para modelos lineares são:

Normalidade

O pressuposto da normalidade requer que os valores de Y sejam normalmente distribuídos para cada valor de X, ou seja, estejam dentro de uma faixa aceita dentro de uma distribuição normal.

Homocedasticidade

Este pressuposto requer que as variações em torno da linha de regressão sejam constantes para todos os valores de X, significando que Y varia na mesma proporção, quando X for um valor baixo e quando X for um valor elevado.

Independência de Erros

O terceiro pressuposto, a independência de erros, requer que o erro (a diferença residual entre valores observados e previstos de Y) deva ser independente para cada valor de X. Este pressuposto geralmente se refere a dados coletados ao longo de um período de tempo, quando os resíduos para um determinado período são frequentemente correlacionados com o período de tempo anterior. (NETER, 1996, cap. 12)

Linearidade

Tal pressuposto estabelece que a relação entre as variáveis deve ser linear e o coeficiente de correlação, portanto, não ser igual a zero.

Para verificar se um modelo é adequado é preciso investigar se as suposições feitas para o seu desenvolvimento estão satisfeitas. Para tanto, pode-se estudar o comportamento do modelo usando o conjunto de dados observados, notadamente as discrepâncias entre os valores observados e os valores ajustados pelo modelo, o que normalmente é chamado *Análise de Resíduos*.

Por Resíduos entendem-se diferenças entre os dados observados e os dados ajustados. Portanto, para o i -ésimo dado de uma série temporal de n observações o resíduo é definido como:

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad , \text{onde:}$$

e_i – resíduo para uma observação i ;

Y_i – valor observado i ;

\hat{Y}_i – valor ajustado para i .

Existem várias técnicas formais para conduzir esta análise, porém, neste trabalho serão consideradas as que procuram identificar a violação do pressuposto da *independência de erros*, que requer que o erro (a diferença residual entre valores observados e previstos de Y) deva ser independente para cada valor de X . (NETER, 1996, cap. 12)

As técnicas empregadas serão: Método Gráfico, Estatística de Durbin-Watson e Mean Absolute Deviation (MAD), apresentados a seguir.

5.4.1. Método Gráfico

Uma representação gráfica bastante útil é obtida plotando-se os pares X_i e e_i , ou seja os resíduos para uma observação i . Por meio desse gráfico pode-se efetuar uma análise da distribuição da nuvem de pontos e identificar possíveis inadequações do modelo adotado.

A situação ideal é a de que os pontos estejam distribuídos aleatoriamente em torno do eixo 0 (zero), sem nenhuma observação muito discrepante. Uma possível inadequação ocorre quando os pontos apresentam um determinado padrão de distribuição, ascendente, descendente ou cíclico, ou ainda, que um ou mais pontos apresentem uma discrepância mais acentuada em relação aos demais, sendo que o motivo deve ser investigado. (LEVINE, 1998, cap. 11) (NETER, 1996, cap. 3)

A seguir, serão apresentados os gráficos para os resíduos correspondentes aos modelos ou ajustes discutidos no subitem 5.3.

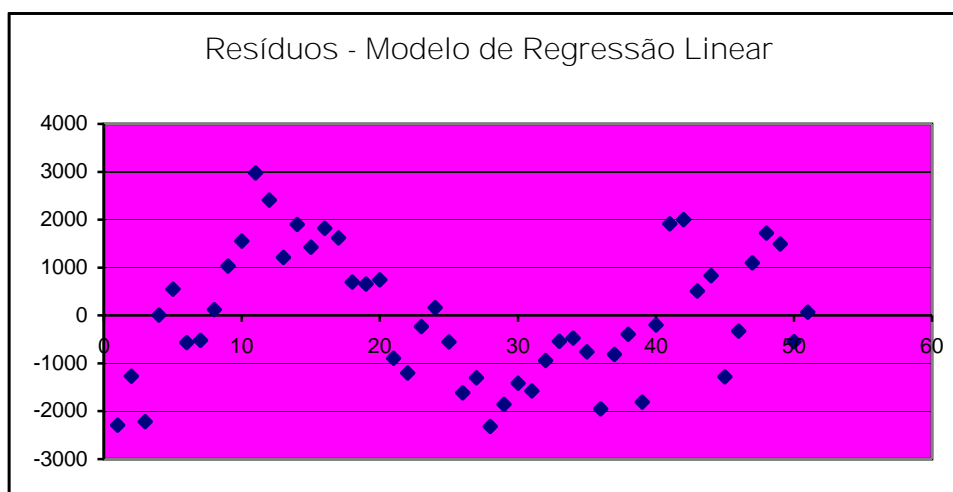


Gráfico 5-15 Resíduos – Modelo de Regressão Linear

No gráfico 5-15 relativo aos resíduos gerados pelo Modelo de Regressão Linear, sub item 5.3.1, pode-se observar um padrão cíclico para a distribuição dos resíduos, indicando a existência de correlação entre os mesmos, a qual é uma indicação de possível inadequação do modelo que precisa ser mais bem analisada.

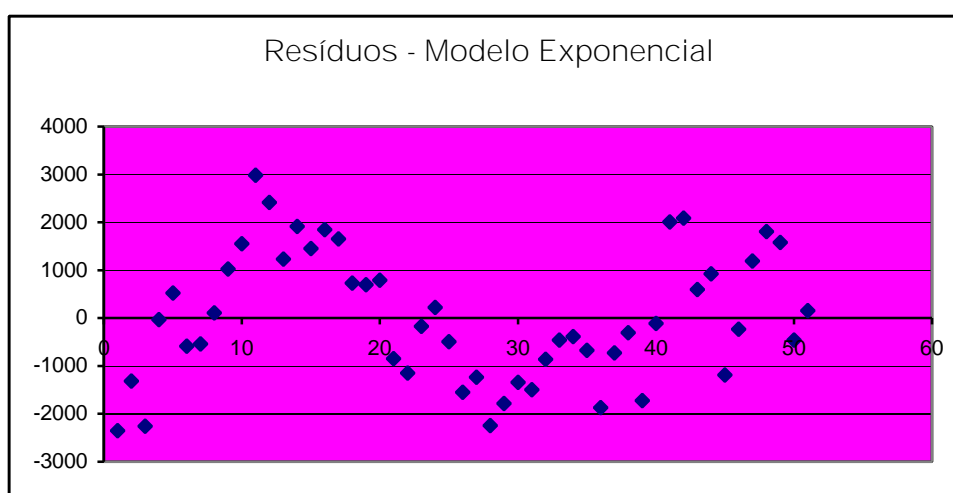


Gráfico 5-16 Resíduos - Modelo Exponencial

Para o gráfico dos resíduos do Modelo Exponencial verifica-se a mesma tendência cíclica do Modelo de Regressão Linear, com valores semelhantes e, conclui-se, também, que para esse modelo existe uma possível inadequação a ser mais bem estudada.

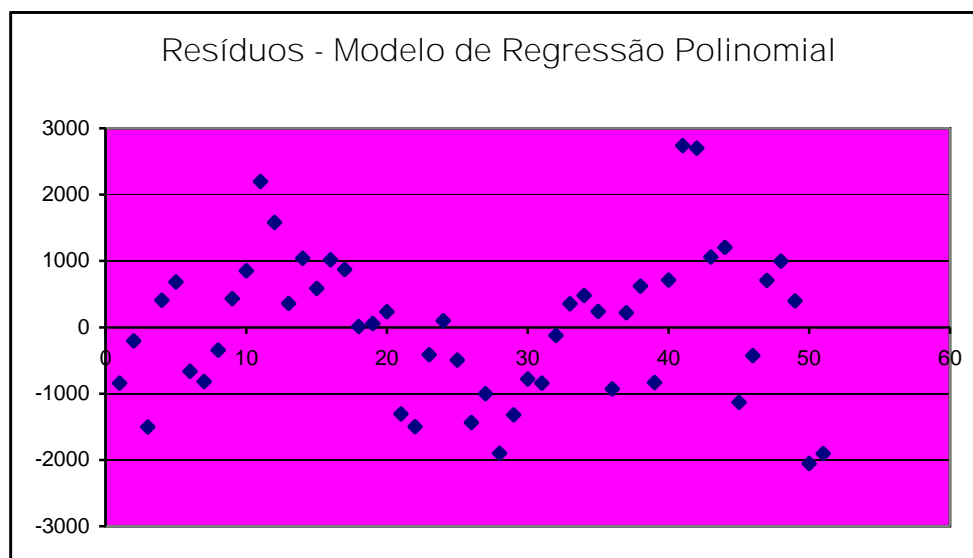


Gráfico 5-17 Resíduos - Modelo de Regressão Polinomial

Para o Modelo de Regressão Polinomial verifica-se, igualmente, a possibilidade de uma inadequação, denotada pela distribuição cíclica dos resíduos, que podem estar correlacionados.

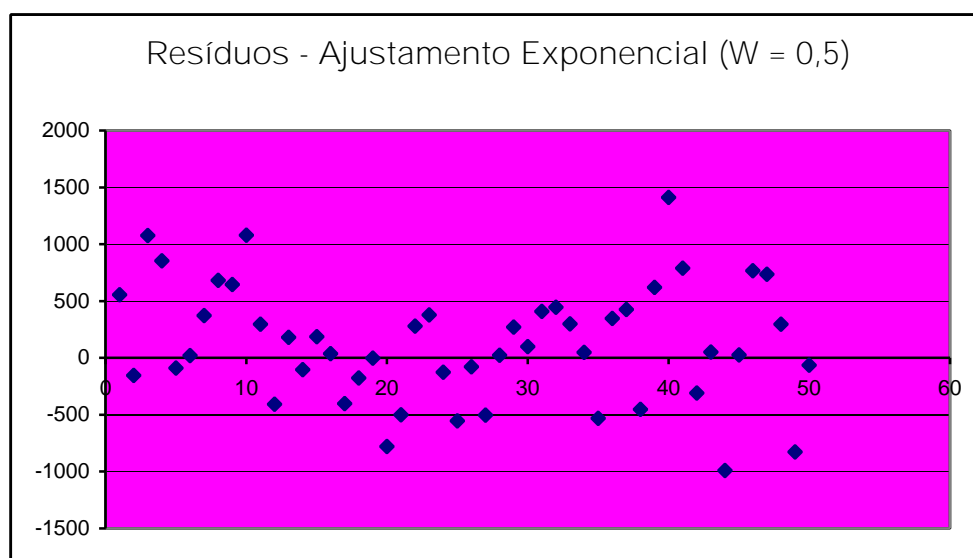


Gráfico 5-18 Resíduos - Ajustamento Exponencial ($W=0,5$)

Já, para o Ajustamento Exponencial com coeficiente de ajuste $W = 0,5$, identifica-se uma atenuação na distribuição cíclica dos resíduos, verificada com maior definição nos gráficos dos modelos anteriormente apresentados. Embora não tão acentuada ainda existe a indicação de uma inadequação, também, para esse modelo.

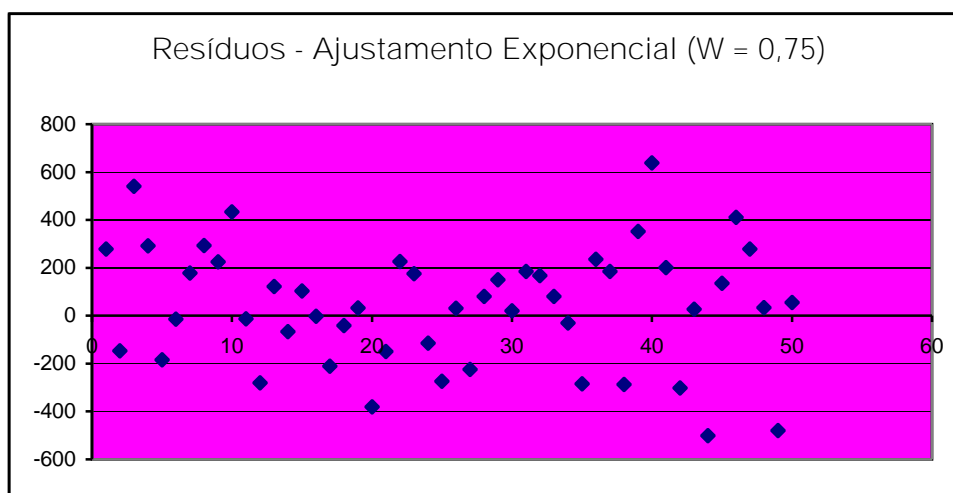


Gráfico 5-19 Resíduos - Ajustamento Exponencial ($W=0,75$)

Dos modelos anteriormente analisados, considerando os gráficos de resíduos plotados, observa-se que para o Ajustamento Exponencial com $W = 0,75$ é o que apresenta maior aleatoriedade na distribuição dos pontos, indicando que o modelo pode não conter inadequações para este tipo de análise.

5.4.2. Estatística de Durbin-Watson

Além dos gráficos dos resíduos para identificar a autocorrelação, esta também pode ser detectada e mensurada pela utilização da Estatística de Durbin-Watson (NETER, 1996, cap. 12) pois ela mede a correlação entre cada resíduo e o resíduo para o período de tempo imediatamente antecedente àquele de interesse.

A Estatística de Durbin-Watson (D) é definida da seguinte forma:

$$D = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2}$$

O numerador representa a diferença ao quadrado entre dois resíduos sucessivos, somados desde a segunda até a n-ésima observação. O denominador representa a soma dos quadrados dos resíduos. Quando resíduos sucessivos são positivamente autocorrelacionados, o valor de D irá se aproximar de 0 (zero). Se, por outro lado, os resíduos não forem relacionados, o valor de D estará próximo de 2. Se existir uma autocorrelação negativa, o que raramente ocorre, D será maior que 2 e poderia até se aproximar do seu valor máximo de 4. (LEVINE, 1998, p. 550)

Os valores calculados para cada um dos modelos e ajustamentos para as médias da Carga Própria do SIN estudados encontram-se na tabela 5-4 a seguir.

<i>Modelo ou Ajustamento</i>	<i>Estatística de Durbin-Watson (D)</i>
Modelo de Regressão Linear	0,57
Modelo Exponencial	0,58
Modelo de Regressão Polinomial	0,81
Ajustamento Exponencial (W=0,5)	1,33
Ajustamento Exponencial (W=0,75)	1,76

Tabela 5-4 Estatística de Durbin-Watson

Os valores obtidos para a Estatística de Durbin-Watson devem ser comparados com a Tabela de Valores Críticos (NETER, 1996, apêndice B) para um determinado nível de significância α , um tamanho de amostra n e do número de variáveis independentes p .

Considerando uma significância $\alpha = 0,05$ e um número de variáveis independentes $p = 1$, obtemos os seguintes valores críticos: $d_L = 1,50$ e $d_U = 1,59$, que representam os limites inferior e superior respectivamente. Se o valor para a Estatística de Durbin-Watson (D) estiver abaixo do limite inferior, conclui-se que há evidências de autocorrelação nos dados; se o valor estiver acima do limite superior conclui-se que não há evidências de autocorrelação. Por outro lado, se o valor D estiver entre os limites inferior e superior a indicação é de que não é possível chegar a uma conclusão quanto à autocorrelação. (NETER, 1996, cap. 12)

Analisando os valores encontrados para a Estatística de Durbin-Watson constantes da tabela 5-3, conclui-se que o Ajustamento Exponencial com coeficiente de ajuste $W=0,75$ é o que não apresenta evidências de autocorrelação dos resíduos.

5.4.3. Mean Absolute Deviation – MAD

Uma outra possibilidade para avaliar se um modelo ajusta-se adequadamente aos dados é por meio da mensuração da magnitude do erro residual. Uma medida comumente usada para essa finalidade é o Mean Absolute Deviation – MAD, calculado segundo a expressão: (LEVINE, 1998, p. 667)

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|}{n}$$

Para um determinado modelo o MAD é a medida relativa à média das discrepâncias absolutas, entre os valores verdadeiros e os ajustados em uma dada série temporal. Se um modelo se ajustasse perfeitamente aos dados de uma determinada série temporal, o MAD seria igual a

zero, enquanto que se um modelo se ajustasse precariamente a essa série o MAD seria muito grande. (LEVINE, 1998, p. 667)

Portanto, o MAD serve como medida para comparar os méritos de dois ou mais modelos de previsão, sendo que, aquele com menor MAD poderia ser selecionado, com base em ajustamentos passados de uma dada série temporal. (LEVINE, 1998, p. 667)

A tabela 5-4 resume para cada um dos modelos ou ajustamentos estudados os resultados para as medidas do MAD.

<i>Modelo ou Ajustamento</i>	<i>MAD</i>
Modelo de Regressão Linear	1145
Modelo Exponencial	1135
Modelo de Regressão Polinomial	895
Ajustamento Exponencial (W=0,5)	415
Ajustamento Exponencial (W=0,75)	203

Tabela 5-5 Mean Absolute Deviation – MAD

Conclui-se, pela medida do Desvio Absoluto Médio que o Ajustamento Exponencial com coeficiente de ajuste $W=0,75$ é o que apresenta o menor valor, sendo, entre os estudados, o que apresenta melhor adequação e mérito para previsões. (LEVINE, 1998, p. 667)

5.4.4. Análise de Resíduos – Resumo

A tabela 5-5 resume as principais características da análise de resíduos para os modelos estudados, apresentando as conclusões para o Método Gráfico, a Estatística de Durbin-Watson e o Mean Absolute Deviation – MAD.

<i>Modelo ou Ajustamento</i>	<i>Gráfico</i>	<i>Durbin-Watson</i>	<i>MAD</i>
Modelo de Regressão Linear	Possível inadequação	0,57	1145
Modelo Exponencial	Possível inadequação	0,58	1135
Modelo de Regressão Polinomial	Possível inadequação	0,81	895
Ajustamento Exponencial (W=0,5)	Possível adequação	1,33	415
Ajustamento Exponencial (W=0,75)	Possível adequação	1,76	203
Valores críticos para a Estatística de Durbin-Watson: $d_L = 1,50$ e $d_U = 1,59$			

Tabela 5-6 Análise de Resíduos – Resumo

Dos modelos estudados, deve-se optar pelo Ajustamento Exponencial com coeficiente de ajuste $W=0,75$, por não apresentar possíveis inadequações na análise gráfica dos resíduos, os quais distribuíram-se de forma aleatória. Na estatística de Durbin-Watson, o modelo também obteve um valor para D superior ao limite crítico superior, denotando a possibilidade de inexistência de autocorrelação e, finalmente, dentre os modelos estudados é o que apresentou o menor Desvio Absoluto Médio.

5.5. *Uso do Modelo de Ajustamento Exponencial (W = 0,75) para Estimativas*

Para usar a média móvel exponencialmente ponderada para fins de estimativas, em vez de utilizá-la para ajuste, toma-se o valor ajustado no período de tempo atual (período t) como

estimativa projetada do valor observado da série temporal no período seguinte de tempo: $i + 1$, isto é:

$$Y_{i+1} = E_i \quad (5.2)$$

Para efeito de avaliação do modelo, escolheu-se aleatoriamente um período de tempo de 52 semanas, sendo considerado o período a partir de 19/11/2002, com o objetivo de estabelecer uma estimativa para a semana de 18/11 à 22/12/2003. Para tanto, utilizaram-se as médias da Carga Própria por região para os dias de terça à quinta-feira e o Ajustamento Exponencial com coeficiente de ajuste $W = 0,75$.

Os valores estimados correspondem aos resultados decorrentes da aplicação do modelo para as 52 semanas que iniciaram-se em 19/11/2002, aplicando-se o ajuste conforme a equação (5.1), extrapolando para a semana seguinte (53ª semana) usando a equação (5.2) e, assim, sucessivamente para as semanas subsequentes. Os resultados encontram-se nas tabelas 5-7 à 5-11.

<i>18 à 24/11/2003</i>		<i>Estimado</i>	<i>Real</i>	<i>%</i>
Média	SUDESTE/CENTRO OESTE	28215	28153	0,22%
Ajustada	SUL	8036	7769	3,32%
de 3ª à	NORTE	2912	2952	1,40%
5ª Feira	NORDESTE	6470	6637	2,57%
	SIN	45633	45511	0,27%

Tabela 5-7 Estimativas para o Modelo de Ajuste Exponencial $W = 0,75$ – 18 à 24/11/2003

<i>25/11 à 01/12</i>		<i>Estimado</i>	<i>Real</i>	<i>%</i>
Média	SUDESTE/CENTRO OESTE	28168	28764	2,11%
	SUL	7836	8177	4,35%
Ajustada	NORTE	2942	2955	0,44%
	NORDESTE	6595	6714	1,80%
de 3ª à	SIN	45542	46610	2,35%
5ª Feira				

Tabela 5-8 Estimativas para o Modelo de Ajuste Exponencial $W = 0,75$ – 25/11 à 01/12/2003

<i>02/12 à 08/12</i>		<i>Estimado</i>	<i>Real</i>	<i>%</i>
Média	SUDESTE/CENTRO OESTE	28615	28521	0,33%
	SUL	8092	8455	4,48%
Ajustada	NORTE	2952	2938	0,48%
	NORDESTE	6685	6759	1,11%
de 3ª à	SIN	46343	46673	0,71%
5ª Feira				

Tabela 5-9 Estimativas para o Modelo de Ajuste Exponencial $W = 0,75$ – 02 à 08/12/2003

<i>09/12 à 15/12</i>		<i>Estimado</i>	<i>Real</i>	<i>%</i>
Média	SUDESTE/CENTRO OESTE	28545	28115	1,50%
	SUL	8364	7963	4,79%
Ajustada	NORTE	2941	2931	0,36%
	NORDESTE	6740	6775	0,51%
de 3ª à	SIN	46590	45784	1,73%
5ª Feira				

Tabela 5-10 Estimativas para o Modelo de Ajuste Exponencial $W = 0,75$ – 09 à 15/12/2003

16/12 à 22/12		Estimado	Real	%
Média	SUDESTE/CENTRO OESTE	28223	28807	2,07%
Ajustada	SUL	8063	7829	2,90%
de 3ª à	NORTE	2933	2892	1,40%
5ª Feira	NORDESTE	6766	6522	3,61%
	SIN	45985	46050	0,14%

Tabela 5-11 Estimativas para o Modelo de Ajuste Exponencial $W = 0,75$ – 16 à 22/12/2003

Cabe salientar que os valores estimados e reais das tabelas acima representam as médias de terça-feira à quinta-feira e foram considerados no modelo como representativos da semana, assim, para a obtenção dos valores correspondentes a cada dia da semana, deve ser considerado o exposto nos sub itens 5.6 e 5.7.

Os gráficos 5-20 e 5-21 apresentam os mesmos resultados das tabelas acima de uma forma que permite uma melhor visualização, inclusive de maneira comparativa.

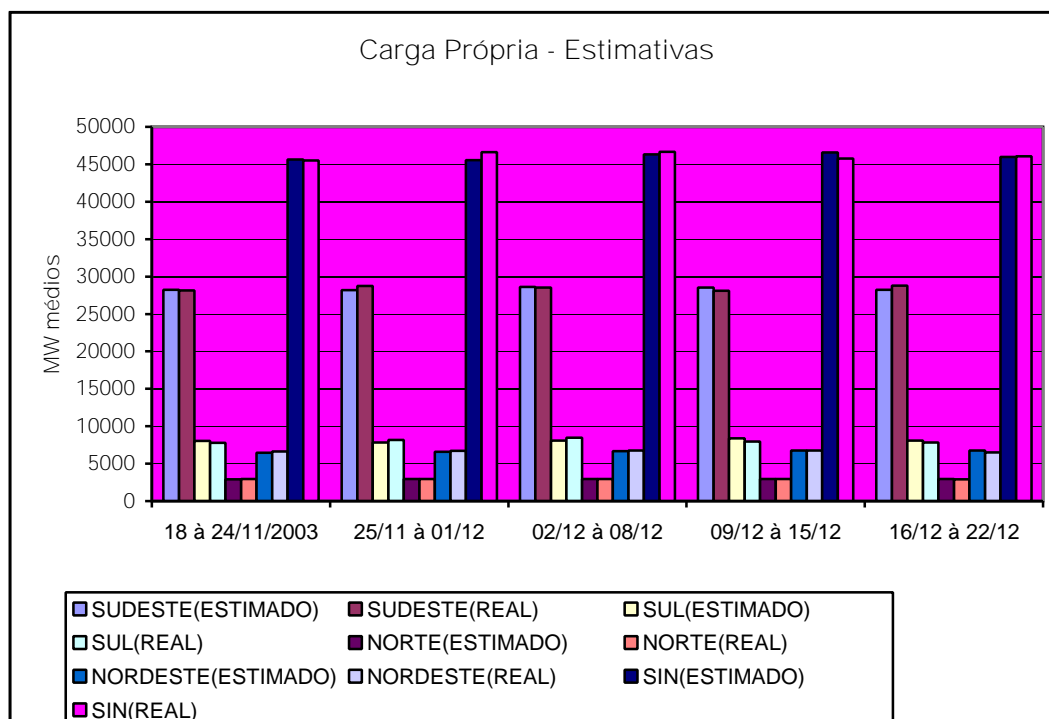


Gráfico 5-20 Carga Própria – Estimativas

O gráfico 5-20 mostra os valores estimados e reais para as diversas regiões e as semanas para as quais foi feita a extrapolação com base no modelo e o gráfico 5-21 os respectivos percentuais.

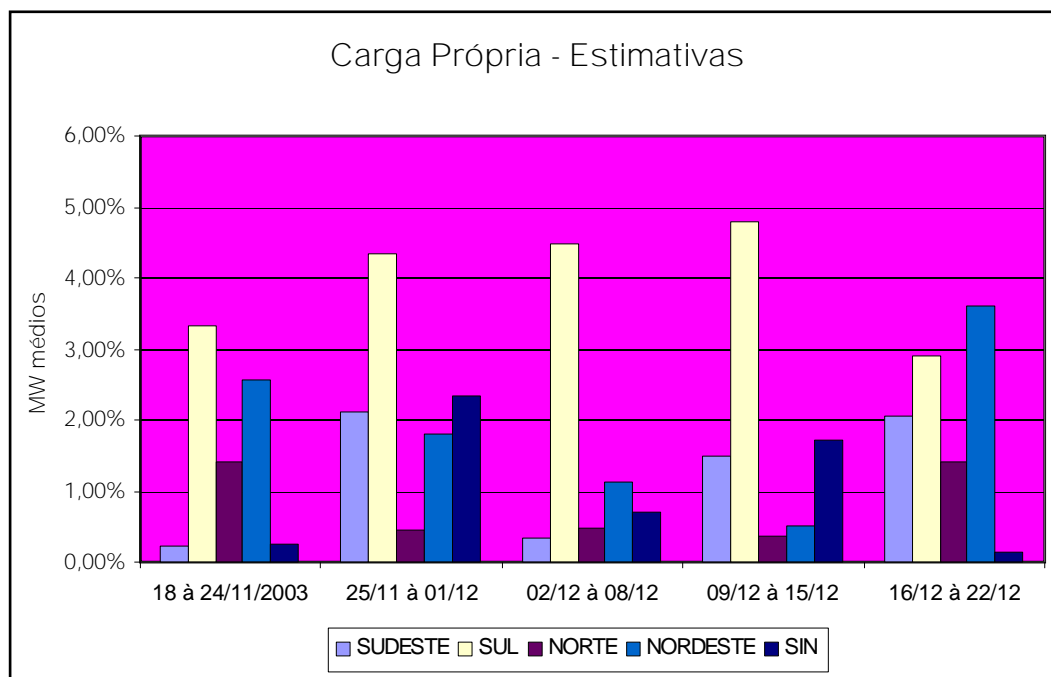


Gráfico 5-21 Carga Própria - Estimativas (Percentuais)

5.6. Cálculo da Queda da Carga Própria nos Finais de Semana

Das análises feitas no sub item 5.1, Periodicidade Semanal da Carga Própria, observa-se que a Carga Própria para todas as regiões e o Sistema Interligado Nacional apresenta um comportamento cíclico durante a semana, atingindo um patamar máximo entre as terças e quintas-feiras, com uma leve queda às sextas-feiras, uma queda mais acentuada aos sábados e domingos e um acréscimo às segundas-feiras, que não se compara aos valores máximos verificados de terças às quintas-feiras. Assim, definir-se-á nesse trabalho a Carga Própria Semanal Máxima como sendo a média de terça à quinta-feira vezes os sete dias da semana.

A média dos valores da carga para os dias de terças às quintas-feiras é a referência adotada nesse trabalho não só para efeito de análise do comportamento, mas, também, para definição e escolha de um modelo para estimativas, conforme estudo desenvolvido no subitem 5.3, Estudo de Modelos para Séries Temporais. Pela sua representatividade, a média da Carga Própria está sendo empregada aqui, novamente, para estudo das quedas da carga nos finais de semana para o ano de 2002.

Tomando-se a Carga Própria Semanal Máxima como padrão, procura-se calcular os valores médios das quedas para os sábados, domingos e segundas-feiras, que subtraídas daquela resultam na Carga Própria da Semana.

As quedas de consumo para os sábados, domingos e segundas-feiras foram calculadas em valores percentuais médios em relação à Carga Própria Semanal Máxima, por meio da expressão:

$$Pq = \frac{CAAm - CAAd}{CPSM}, \text{ onde}$$

Pq – Percentual de queda da carga;

CAAm – Carga Ajustada Anual média para as terças às quintas-feiras;

CAAd – Carga Ajustada Anual para o dia da semana;

CPSM – Carga Própria Semanal Máxima.

As médias foram calculadas com os valores ajustados da Carga Própria de cada um dos dias da semana utilizando o critério de Ajustamento Exponencial com fator de ajuste $W = 0,75$, conforme modelo escolhido no estudo realizado no subitem 5.4, Análise dos Modelos. Nos valores ajustados foram desconsiderados os dias de feriados nacionais e os que os antecedem e precedem, conforme critérios adotados em 5.3, Estudo de Modelos para Séries Temporais.

A tabela 5-12 apresenta os valores médios da Carga Própria Semanal Ajustada para o ano de 2002, que serão utilizados nos cálculos das quedas para os finais de semana.

<i>Região</i>	<i>Média Máxima</i>	
SUDESTE/CENTRO-OESTE	25560	178921
SUL	7598	53184
NORTE	2615	18305
NORDESTE	5777	40442
SIN	41550	290849

Tabela 5-12 Carga Própria Semanal Ajustada

A tabela 5-13 mostra os valores percentuais das quedas para os sábados, domingos e segundas-feiras por região para o ano de 2002, calculados conforme critérios anteriormente expostos.

<i>Região</i>	<i>Finais de Semana</i>			
	Sábados	Domingos	2 ^{as} Feiras	Total Semanal
SUDESTE/CENTRO-OESTE	0,0117	0,0261	0,0036	0,0414
SUL	0,0174	0,0382	0,0049	0,0605
NORTE	0,0044	0,0095	0,0008	0,0139
NORDESTE	0,0061	0,0178	0,0031	0,0271
SIN	0,0115	0,0261	0,0036	0,0412

Tabela 5-13 Percentuais de Quedas

Uso dos Percentuais de Quedas para Estimativas

Uma vez obtidos os valores estimados da média da Carga Própria para uma determinada semana, de acordo com o exposto no sub item 5.5, Uso do Modelo de Ajustamento Exponencial para Estimativas, podem-se calcular os respectivos valores da carga para os sábados, domingos e segundas-feiras, aplicando-se os percentuais da tabela 5-13. Para tanto, basta multiplicar o valor estimado, que corresponde à Carga Própria média para as terças às

quintas-feiras por sete e aplicar o percentual de queda correspondente ao dia desejado. Esse processo pode ser resumido na expressão a seguir:

$$C_{dia} = CPme - CPme \times 7 \times Pq, \text{ onde}$$

C_{dia} – Carga do dia;

$CPme$ – Carga Própria média estimada;

Pq – Percentual de queda.

A tabela 9-1 Previsões usando o modelo de Ajuste Exponencial sobre os valores médios de terça à quinta-feira, mostra este cálculo aplicado nas estimativas realizadas para o período de 18/11 a 22/12 (sub item 5.5 Uso do Modelo de Ajustamento Exponencial ($W = 0,75$) para Estimativas), na qual podem ser verificados os percentuais de erro em valores absolutos quando compara-se o previsto pelo modelo e o verificado, os quais apresentam uma variação de cerca de $-6,9\%$ a $5,7\%$, ficando a média em $1,9\%$.

Ao analisar os valores absolutos da queda nos finais de semana, observa-se que variam pouco quando comparadas com as cargas semanais máximas. O SIN apresenta uma variação negativa de $0,36\%$ às segundas-feiras, quando comparada com a Carga Própria Máxima Semanal; os sábados provocam uma queda de $1,15\%$ e os domingos $2,61\%$, totalizando uma variação negativa máxima de $4,12\%$ para todo o final de semana. É importante observar como variam as quedas totais nos finais de semana para as diversas regiões, plotadas no gráfico 5-22 Percentuais de Queda da Carga Própria Semanal.

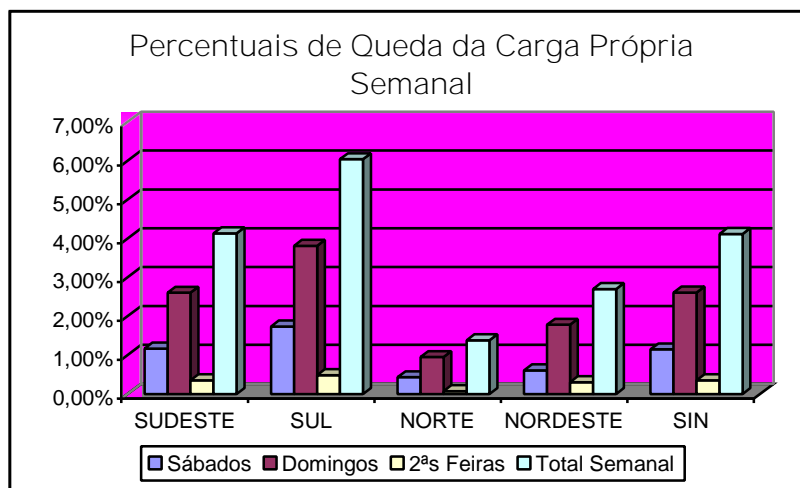


Gráfico 5-22 Percentuais de Queda da Carga Própria Semanal

A região Sul é a mais sensível às variações semanais, seguida da região Sudeste/Centro-Oeste e a região Norte a de menor sensibilidade.

É importante enfatizar que os dados apresentados na tabela 5-13 são constantes no tempo, apresentando variação inferior a 1% durante todo o período estudado. Existe uma relação significativa entre a Carga Própria Semanal e a Carga Própria nos finais de semana, conforme analisado no subitem 5.1. Periodicidade Semanal da Carga Própria e apresentados na tabela 5-1 Correlação Carga Própria do Dia X Carga Própria Semanal – SIN. Este fator permite que se modele a Carga Própria do Sistema Interligado em função da Carga Própria Semanal Máxima, subtraída de uma fração fixa devido à queda nos finais de semana. Pode-se, desta forma, obter a futura demanda das diversas regiões do SIN, a partir do valor da Carga Própria Semanal Máxima e sua taxa de variação.

5.7. Cálculo da Queda da Carga Própria nos Feriados

Similarmente ao processo utilizado no subitem anterior, podem-se calcular as quedas da Carga Própria decorrentes de feriados. Dependendo do dia da semana, o feriado local, estadual ou nacional, produz uma redução da demanda que pode ser medida no dia correspondente ou nos subsequentes, em função das chamadas “pontes” de interrupção do

trabalho que acontecem com freqüência no país. Com este trabalho detectou-se redução na Carga Própria no dia do feriado e nos dias subseqüentes, quando se tratam de feriados ocorrendo às quintas e sextas-feiras. Já, feriados às segundas e terças-feiras provocaram reduções semelhantes nos dias que os antecedem. Algumas semanas têm comportamento atípico, apresentando grande redução da carga, como a semana do Natal, Ano Novo e Carnaval e, por este motivo, estes casos especiais serão estudados separadamente.

5.7.1. Feriados Locais, Estaduais e Nacionais

No cálculo das quedas da Carga Própria decorrentes de feriados e dias próximos aos mesmos será utilizado processo semelhante ao adotado para as quedas nos finais de semana, porém, ao invés de considerar a Carga Ajustada Anual média, será empregada a Carga Ajustada Semanal média, obtida da média das cargas de terça à quinta-feira na semana de ocorrência do feriado. A comparação das quedas continuará sendo feita em relação à Carga Própria Semanal Máxima e a expressão utilizada ficará então:

$$Pq = \frac{CASm - Cd}{CPSM}, \text{ onde}$$

Pq – Percentual de queda da carga;

$CASm$ – Carga Ajustada Semanal média para as terças às quintas-feiras;

$CPSM$ – Carga Própria Semanal Máxima.

As médias foram calculadas com os valores ajustados da Carga Própria de cada um dos dias da semana utilizando o critério de Ajustamento Exponencial com fator de ajuste $W = 0,75$, conforme modelo escolhido no estudo realizado no sub item 5.4, Análise dos Modelos. Nos valores ajustados foram desconsiderados os dias de feriados nacionais e os que os antecedem

e precedem, conforme critérios adotados em 5.3, Estudo de Modelos para Séries Temporais. Os valores da Carga Própria Semanal Máxima considerados são os que foram mostrados na tabela 5-12.

A tabela 5-14 apresenta os valores de quedas da Carga Própria para feriados nacionais ocorridos no ano de 2002 desconsiderando os que fazem parte dos casos especiais, ou seja, feriados das semanas de Carnaval, Natal e Ano Novo. Os valores estão em MW médios e são absolutos (Carga Ajustada Semanal média de terças às quintas-feiras menos a Carga Própria do dia), sendo que para os casos onde houve mais de um feriado em um mesmo dia da semana durante o ano, os valores correspondem às médias das quedas.

<i>Região</i>	<i>3^{as} Feiras</i>	<i>4^{as} Feiras</i>	<i>5^{as} Feiras</i>	<i>6^{as} Feiras</i>	<i>Sábados</i>
SUDESTE/CENTRO-OESTE	3679	3842	3024	3891	3435
SUL	1236	1766	1344	1576	1551
NORTE	170	134	143	128	102
NORDESTE	753	755	421	713	292
SIN	5831	6502	4929	6298	5386

Tabela 5-14 Quedas da Carga Própria nos Feriados

Em termos percentuais, as quedas da Carga Própria nos feriados ficaram entre 0,5% e 3,5%, observando-se uma certa estabilidade nas quedas em termos de valores absolutos para uma determinada região. Não houve nenhuma queda significativa em dias que antecederam ou precederam os feriados a ser relatada, exceção às verificadas nas semanas de Carnaval, Natal e Ano Novo e aos sábados. Para os dias que precederam feriados ocorridos às sextas-feiras não houve alteração significativa nas quedas, que ficaram entre 0,4% e 2,8% e valores bastante próximos aos dos feriados para cada uma das regiões, conforme tabelas 5-14 e 5-15.

<i>Região</i>	<i>30/mar</i>	<i>28/dez</i>	<i>%</i>
SUDESTE/CENTRO-OESTE	4029	4199	2,30%
SUL	1633	1288	2,75%
NORTE	87	58	0,40%
NORDESTE	515	779	1,60%
SIN	6247	6317	2,16%

Tabela 5-15 Quedas aos Sábados por feriados às 6^{as} Feiras

O gráfico 5-23 demonstra os percentuais das quedas calculadas para os feriados do ano de 2002, por região, onde pode-se observar a regularidade anteriormente citada e, ainda, que os feriados provocam quedas mais significativas em relação à Carga Semanal na região Sul, seguida pela região Sudeste. A região Norte é a que apresenta a menor queda por ocasião dos feriados, a exemplo do que acontece nos finais de semana, o que poderia ser explicado pelas características de consumo de cada uma das regiões, fato que foge ao escopo desse trabalho.

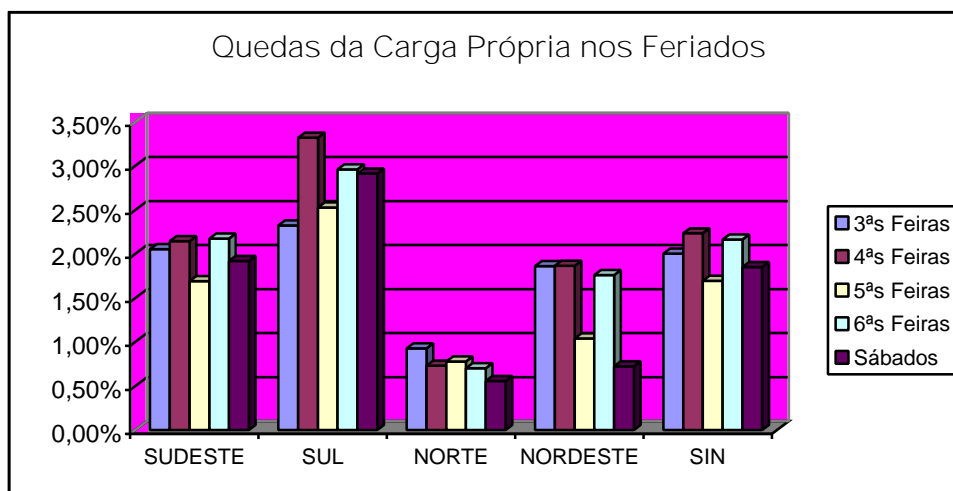


Gráfico 5-23 Quedas da Carga Própria nos Feriados

As informações sobre a queda da carga nos feriados podem ser utilizadas conjuntamente com as relativas às quedas nos finais de semana para estimativas da demanda das diversas regiões.

5.7.2. Casos Especiais

Conforme citado acima, as semanas do Carnaval, Natal e Ano Novo têm comportamento diferenciado das demais e o gráfico 5-24 mostra, em TWh, a energia ofertada semanalmente no período em estudo: a semana que se inicia em 1º de janeiro corresponde à semana do Ano Novo, as semanas de 05 e 12/02 aos dias de Carnaval e a semana de 24/12 a do Natal e o cálculo das reduções de oferta nestas semanas pode ser feito diretamente da diferença entre o valor real e o valor da Carga Ajustada Semanal média.

Outras quedas significativas na oferta de energia verificadas no gráfico estão associadas a feriados, como por exemplo a ocorrida na semana de 26/03, relativa ao feriado de 29/03, Dia da Paixão de Cristo.

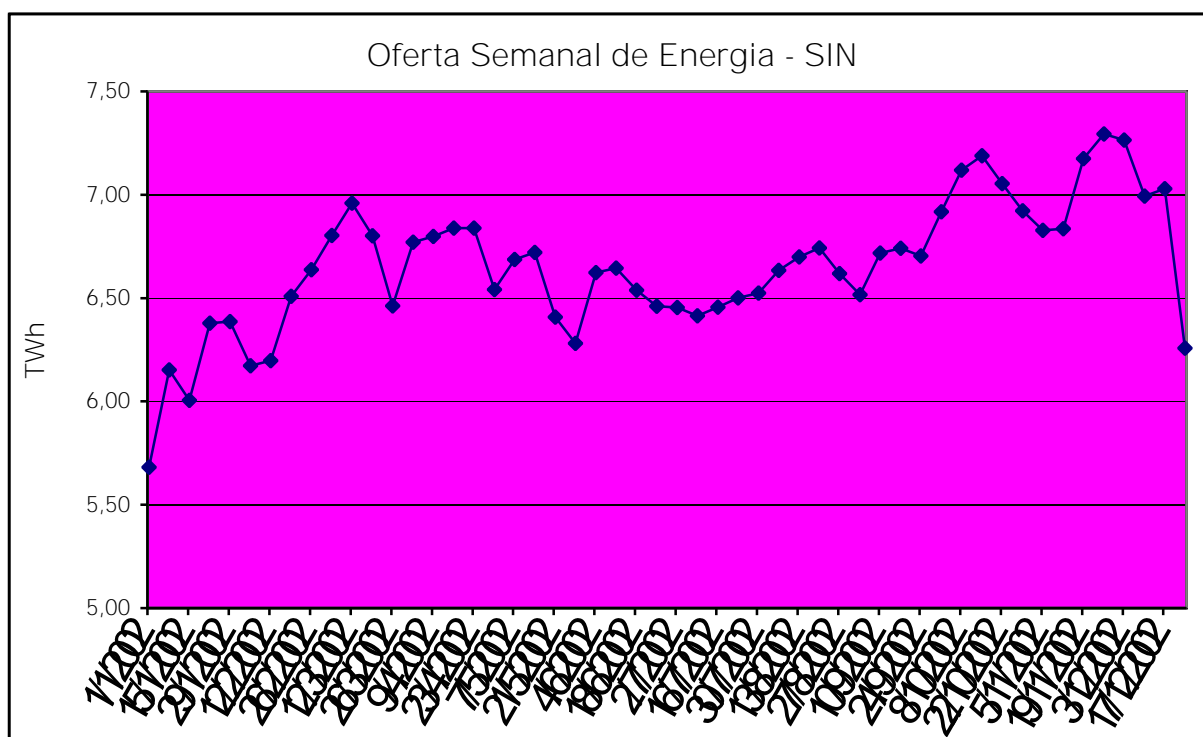


Gráfico 5-24 Oferta Semanal de Energia - SIN

Os valores de redução obtidos são os apresentados na tabela 5-16 e referem-se à energia economizada pela redução da demanda nas semanas em pauta. As reduções são significativas,

em função do efeito combinado dos feriados, vésperas e dias posteriores aos mesmos e o próprio final de semana.

<i>Semana</i>	<i>Redução</i>		
	Em MWh	Em TWh	%
Ano Novo	32629	0,78	11,22%
Carnaval	66289	1,59	11,40%
Natal	30141	0,72	10,36%

Tabela 5-16 Quedas nas semanas de Ano Novo, Carnaval e Natal

Da mesma forma que as quedas nos finais de semana e nos feriados, as quedas ocorridas nas semanas de Ano Novo, Carnaval e Natal devem ser consideradas no modelo para efeito de estimativas, utilizando os percentuais de queda em relação à Carga Ajustada Semanal média, última coluna da tabela 5-16.

6. A análise da Demanda Máxima

Os dados da Demanda Máxima foram extraídos dos relatórios do ONS e tabelados de forma semelhante ao processo de análise feita para a Carga Própria. Apesar de independentes, Carga Própria e Demanda Máxima mantêm em todas as regiões e no SIN uma relação aproximada, variando pouco no transcorrer do tempo, durante os dias da semana e feriados, o que será demonstrado a seguir.

Existe uma relação entre os valores diários da Demanda Máxima verificados nos diversos dias da semana a longo do ano de 2002 a exemplo do que ocorre com a Carga Própria, analisada anteriormente. O gráfico 6-1 procura demonstrar esse aspecto.

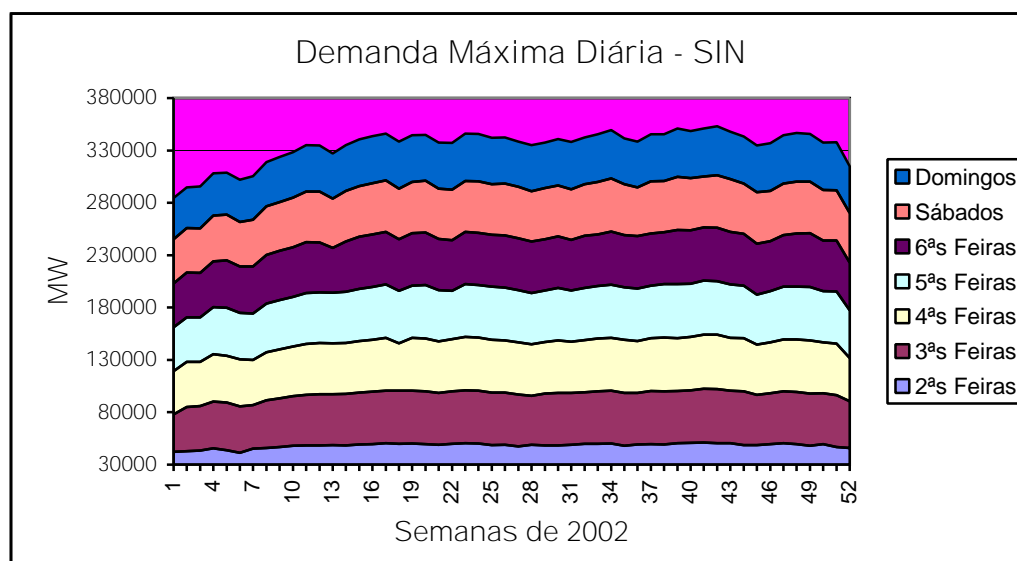


Gráfico 6-1 Demanda Máxima Diária - SIN

O gráfico 6-1 apresenta os valores da Demanda Máxima diários para o SIN, para os diversos dias da semana. Nele, os dias da semana foram plotados de forma estratificada para uma melhor visualização, em função da grande coincidência de pontos, observando-se uma relação entre os dias da semana, onde as quedas ou aumentos da demanda verificados em um dia

específico, também, ocorrem nos demais dias, exceção feita aos dias de feriados quando acontecem pequenas variações.

6.1. Periodicidade Semanal da Demanda Máxima

Uma periodicidade semanal da Demanda Máxima pode ser observada, como um ciclo que se repete semana-a-semana ao longo de todo o ano de 2002 de forma semelhante ao comportamento da Carga Própria. Ou seja, a demanda apresenta um valor praticamente constante entre terças e sextas-feiras, com uma queda aos sábados e outra queda mais acentuada aos domingos. Às segundas-feiras ocorre um aumento em relação aos domingos cujo valor não chega a alcançar o patamar máximo observado de terça a quinta-feira.

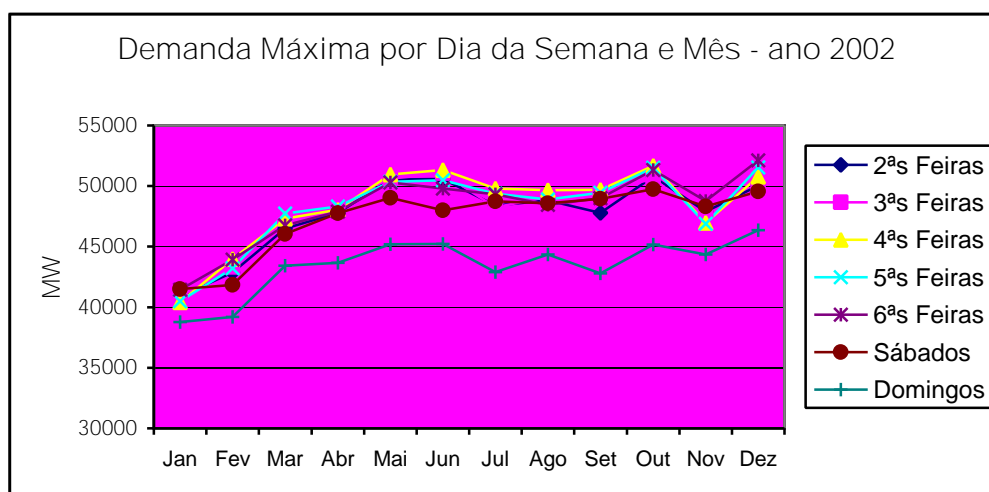


Gráfico 6-2 Demanda Máxima por Dia da Semana e Mês – ano 2002

Na composição dos valores para a elaboração dos gráficos 6-2 e 6-3, foram feitas regressões da Demanda Máxima para os dias da semana dentro de cada mês, obtendo-se o *coeficiente de intercepção*³ para a reta ajustada, usado para efeito de padronização e possibilidade de comparação mês-a-mês. Também, para evitar possíveis distorções na análise dos dados, os

³ O modelo de Regressão Linear Simples no qual a função que relaciona as variáveis é do tipo $Y_i = \alpha + X_i + U_i$, temos α correspondendo ao *coeficiente de intercepção*. (FONSECA, 1995, p. 81)

dias de feriados e os dias que os antecedem ou precedem foram desconsiderados no cálculo dos valores das regressões, já que, como mencionado, serão analisados separadamente.

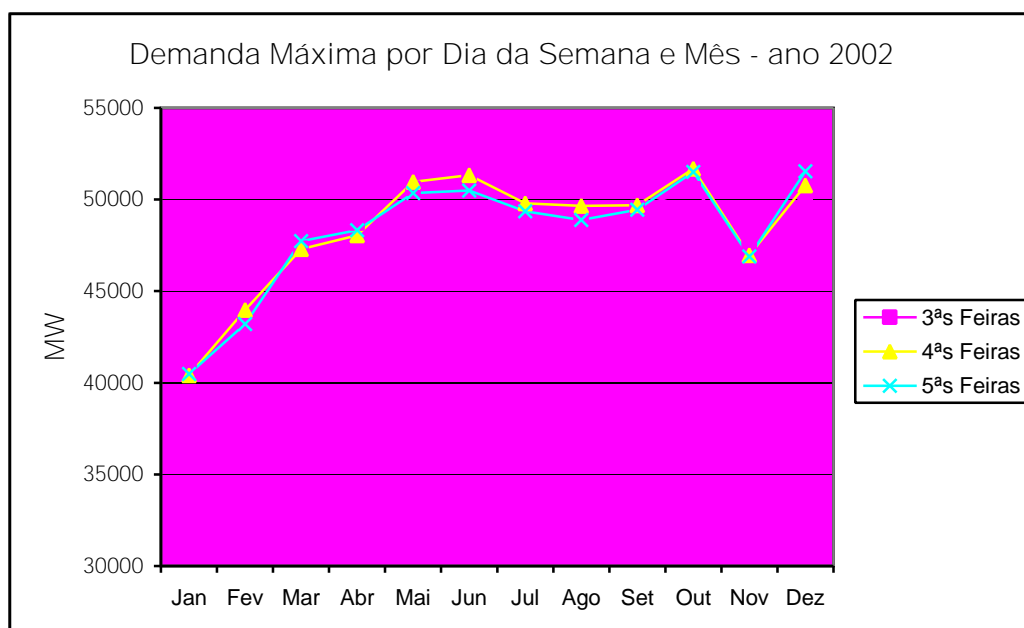


Gráfico 6-3 Regressões da Demanda Máxima por Dia e Mês - 3ªs às 5ªs Feiras

Pelos gráficos observa-se um comportamento bastante semelhante entre os diversos dias da semana, caracterizando o comportamento observado para a Carga Própria, ou seja, quando um dia da semana apresenta uma carga pequena, os demais dias também refletem essa queda, por outro lado, quando há um aumento, este também é verificado nos demais dias.

Para confirmar a existência de relação entre a Carga Própria e a Demanda Máxima foi calculada a correlação entre os valores, tanto para os todos os dias das semanas do ano de 2002, como para os valores das regressões calculadas mês-a-mês, tendo como resultado os dados constantes da tabela 6-1.

<i>Correlação Carga Própria X Demanda Máxima SIN ano 2002</i>		
	Do Dia	Do Mês
2ªs Feiras	0,73	0,79
3ªs Feiras	0,83	0,78

<i>Correlação Carga Própria X Demanda Máxima SIN ano 2002</i>		
	Do Dia	Do Mês
4 ^{as} Feiras	0,77	0,83
5 ^{as} Feiras	0,73	0,86
6 ^{as} Feiras	0,74	0,87
Sábados	0,73	0,78
Domingos	0,80	0,89

Tabela 6-1 Correlação Carga Própria X Demanda Máxima SIN ano 2002

A tabela 6-1 exibe os coeficientes de correlação entre a Carga Própria e a Demanda Máxima, considerando todos os dias do ano de 2002, coluna referenciada como “Do Dia” e os coeficientes para as regressões dentro de cada mês, com a identificação “Do Mês”. Nota-se para todos os dias da semana uma forte correlação positiva, indicando a existência de uma relação.

A tabela 6-2 mostra como varia a relação Carga Própria pela Demanda Máxima nas diversas regiões, para os diferentes dias da semana.

<i>Região</i>	<i>Sábados</i>		<i>Domingos</i>		<i>Dias Úteis</i>	
	MENOR	MAIOR	MENOR	MAIOR	MENOR	MAIOR
SUDESTE	0,74	0,86	0,71	0,82	0,76	0,90
SUL	0,69	0,82	0,64	0,76	0,73	0,90
NORTE	0,83	0,91	0,85	0,91	0,82	0,94
NORDESTE	0,77	0,83	0,76	0,82	0,81	0,92
SIN	0,75	0,85	0,73	0,81	0,77	0,91

Tabela 6-2 Relação Carga Própria pela Demanda Máxima

Como sempre, os domingos apresentam valores menores, uma vez que a Carga Própria nesses dias cai muito, bem mais que a Demanda Máxima. Os sábados apresentam uma situação

intermediária e os dias úteis um patamar mais alto, semelhante ao que se dá com a Carga Própria.

Os gráficos a seguir foram elaborados a partir das regressões da Carga Própria e Demanda Máxima para os dias da semana dentro de cada mês, sendo desconsiderados feriados e dias que os antecedem e os precedem. As regressões foram utilizadas para efeito de padronização e resumo dos dados, propiciando a comparação entre os mesmos.

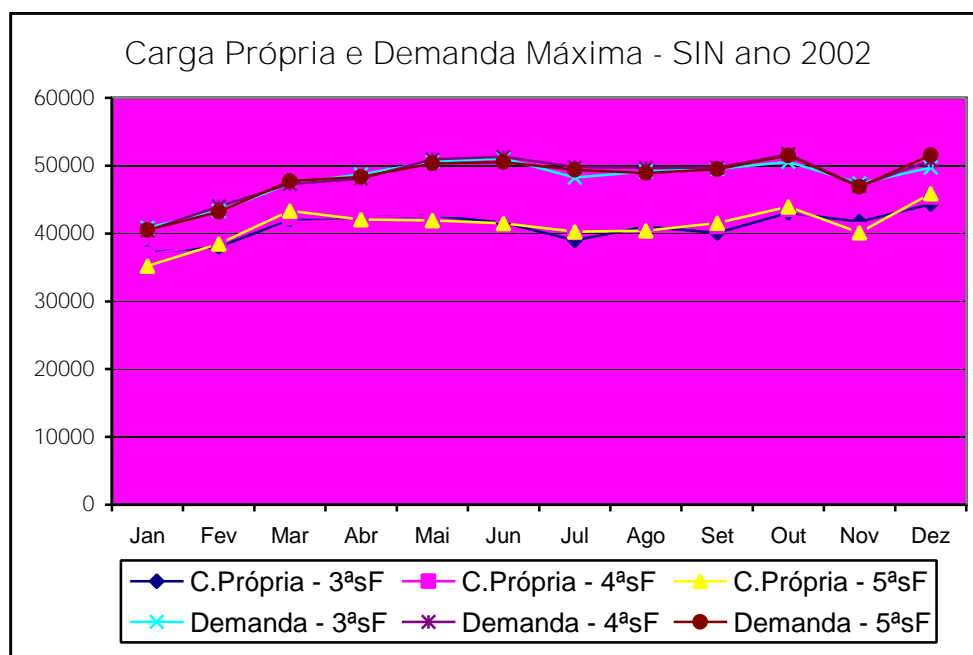


Gráfico 6-4 Carga Própria e Demanda Máxima - 3ªs às 5ªs Feiras

O gráfico 6-4 demonstra a existência da relação entre Carga Própria e Demanda Máxima, ao longo dos meses do ano de 2002, podendo a Demanda Máxima ser obtida a partir da Carga Própria estimada, com base no modelo discutido em 5.3, Estudo de Modelos para Séries Temporais, no qual ficou definida a utilização do Ajuste Exponencial com $W = 0,75$.

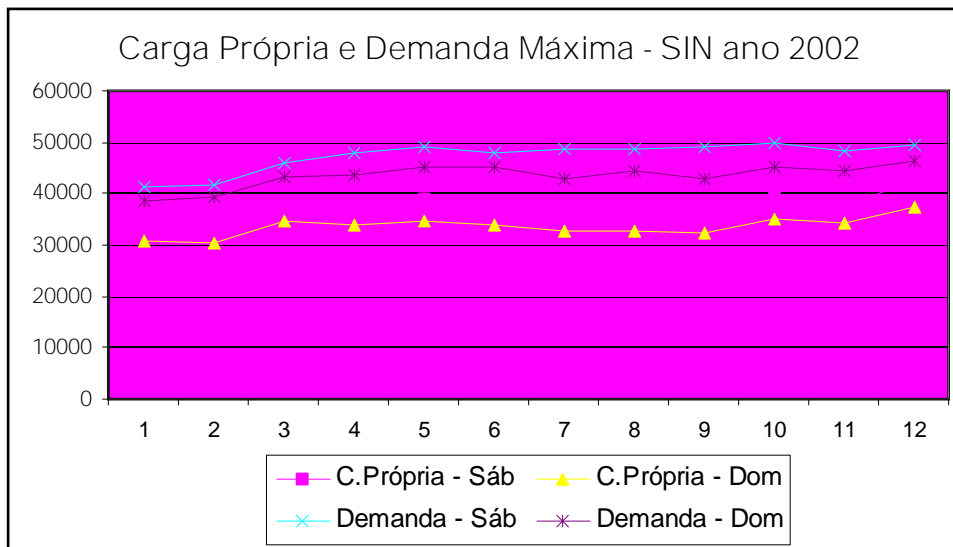


Gráfico 6-5 Carga Própria e Demanda Máxima - Sábados e Domingos

O gráfico 6-5 mostra a existência da relação, também, para os sábados e domingos, apesar da queda mais acentuada da Carga Própria nos finais de semana. Enquanto a Carga Própria cai nos sábados em 8,07% e nos domingos em 18,29% em relação à carga média de terças às quintas-feiras. A Demanda Máxima cai aos sábados em apenas 1,80% e aos domingos em 9,86%, também em relação à demanda média de terças às quintas-feiras.

6.2. *Uso do Modelo de Ajustamento Exponencial ($W = 0,75$) para estimativa da Demanda Máxima*

O modelo de Ajustamento Exponencial considerado em 5.4, Análise dos Modelos e utilizado em 5.5, Uso do Modelo de Ajustamento Exponencial ($W = 0,75$) para Estimativas, pode ser empregado diretamente para as estimativas de curto prazo para a Demanda Máxima, considerando a média para os dias de terça à quinta-feira, as quedas nos finais de semana e feriados.

7. Considerações Finais

Na análise dos dados sobre Carga Própria e Demanda Máxima considerados no presente trabalho, foi possível verificar a correlação existente entre os valores obtidos para os dias da semana e a média semanal, medidos pelo coeficiente de correlação que ficou em torno de 0,9. Tomando-se como base essa correlação, encontraram-se valores das quedas correspondentes para cada um dos dias da semana, os quais foram aplicados após a adoção do modelo de Ajuste Exponencial, com coeficiente de ajuste $W = 0,75$. Como resultado, obteve-se valores estimados com resíduos que variaram em torno de $-6,9\%$ a $5,7\%$, com a média de $1,9\%$. É importante enfatizar que os percentuais de queda nos finais de semana, calculados comparativamente aos valores médios de terça a quinta-feira são constantes no tempo, apresentando variação de $\pm 3,0$ pontos durante todo o período estudado e que existe uma relação significativa entre estas quedas e os valores semanais, permitindo que se modele tanto a Carga Própria quando a Demanda a partir dessas informações. Pode-se, desta forma, obter a futura demanda das diversas regiões do SIN a partir do valor da carga e demanda máximas e sua taxa de variação.

A queda dos valores da Carga Própria e Demanda Máxima nos finais de semana, embora constantes, diferem de região para região do Sistema Interligado Nacional. Para a Carga Própria, verifica-se um percentual de queda aos sábados de 8% para o sistema Sudeste/Centro-Oeste, 12% para o Sul, 3% para o Norte, 4% para o Nordeste e 8% para o SIN. A diferença entre esses percentuais é significativa e pode estar associada, entre outras características, à participação de diferentes classes na composição do consumo de cada um dos subsistemas/regiões.

Um estudo, considerando a aplicabilidade do modelo proposto, encontra-se em anexo e demonstra que o uso deste para previsões nos finais de semana e segundas-feiras, com base

nos valores médios para os dias de terça à quinta-feira, mostrou-se mais adequado que a utilização direta do Modelo de Ajuste Exponencial, pois este leva em consideração apenas o próprio dia.

Embora tenha sido calculada a queda da carga por ocasião dos feriados, seus valores não podem ser considerados para efeito de estimativa, visto que a quantidade da amostra é pouco significativa, sendo necessário ampliar o período de análise.

Pode-se considerar, portanto, a possibilidade de adoção do Modelo Clássico de Séries Temporais para o tratamento estatístico dos dados sobre Carga Própria e Demanda Máxima, tanto para as regiões quanto para todo o Sistema Interligado Nacional, adotando-se o modelo estudado ou outro equivalente, cuja definição foge ao escopo deste estudo, conforme exposto nos objetivos.

O modelo para tratamento de Séries Temporais é um dos mais simples e práticos, principalmente quando os dados considerados na análise envolvem um grande conjunto de variáveis cujo controle foge ao domínio do pesquisador, como é o caso da carga e demanda de energia elétrica, no qual podemos ter diversos fatores de influência cujos dados nem sempre encontram-se disponíveis, muitas vezes originando-se de fontes distintas ou não confiáveis. Tal modelo constitui ferramenta importante no processo de planejamento operacional da oferta de energia elétrica, permitindo aos agentes envolvidos uma previsão a curto prazo, possibilitando o dimensionamento adequado da carga e da demanda num período semanal subsequente a um determinado conjunto de semanas, bem como auxiliando no planejamento operacional, de modo que a carga não exceda em demasia a demanda ou, que se possa programar com maior segurança a manutenção dos sistemas.

Sendo assim, o modelo não pode ser considerado isoladamente, podendo integrar-se aos instrumentos atualmente utilizados, propiciando melhores resultados em termos de previsão para estudos do gênero ou para o próprio planejamento operacional.

8. Bibliografia

BOWERMAN, B. L.; O'CONNELL, R. T. *Forecasting and Time Series: an applied approach*. California: Duxbury Thomson Learning, 1993.

BUSSAB, W. de O.; MORETTIN, P. A. *Estatística Básica*. São Paulo: Editora Saraiva, 2002.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. *Supply Chain Management: strategy, planning, and operation*. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2004.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A.; TOLEDO, G. L. *Estatística Aplicada*. São Paulo: Editora Atlas, 1995.

KNAUB, J.R., Jr. *Some Applications of Model Sampling to Electric Power Data*. Proceedings of the Section on Survey Research Methods, American Statistical Association, 1991.

KNAUB, J.R., Jr. *More Model Sampling and Analyses Applied to Electric Power Data*. Proceedings of the Section on Survey Research Methods, American Statistical Association, 1992.

LEVINE, D. M.; BERENSON, M. L.; STEPHAN D. *Statistics for Managers Using Microsoft® Excel*. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 1998.

MOSTELER, F.; TUKEY, J. W. *Data Analysis and Regression: a second course in statistics*. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, 1977.

NETER, J.; et al. *Applied Linear Statistical Models*. Massachusetts: Mc Graw-Hill, 1996.

SAUER, I. L.; et al. *A reconstrução do Setor Elétrico Brasileiro*. São Paulo: Paz e Terra, 2003.

_____. ONS (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO). Informativo Preliminar Diário da Operação. Disponível no site <http://www.ons.com.br>. Acesso em 2003.

9. Anexos

9. Anexos

Previsões usando o Modelo de Ajuste Exponencial sobre os valores médios de 3ª à 5ª Feira																					
	Terça 18/11			Quarta 19/11			Quinta 20/11			Sexta 21/11			Sábado 22/11			Domingo 23/11			Segunda 24/11		
	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%
SUDESTE	28215	28433	0,77%	28215	28676	1,61%	28215	27349	3,16%	28215	27294	3,37%	25896	25147	2,98%	23058	22668	1,72%	27513	27476	0,14%
SUL	8036	7830	2,63%	8036	7706	4,28%	8036	7772	3,40%	8036	7831	2,62%	7057	7180	1,71%	5889	6231	5,49%	7761	8044	3,51%
NORTE	2912	2981	2,33%	2912	2926	0,49%	2912	2950	1,30%	2912	2965	1,80%	2823	2882	2,06%	2717	2782	2,32%	2896	2968	2,43%
NORDESTE	6470	6622	2,29%	6470	6640	2,55%	6470	6649	2,69%	6470	6640	2,55%	6193	6139	0,87%	5662	5586	1,36%	6331	6438	1,66%
SIN	45633	45866	0,51%	45633	45948	0,69%	45633	44720	2,04%	45633	44730	2,02%	41950	41348	1,46%	37289	37267	0,06%	44498	44926	0,95%

	Terça 25/11			Quarta 26/11			Quinta 27/11			Sexta 28/11			Sábado 29/11			Domingo 30/11			Segunda 01/12		
	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%
SUDESTE	28168	28491	1,13%	28168	28856	2,38%	28168	28944	2,68%	28168	28940	2,67%	25853	26106	0,97%	23020	22987	0,14%	27468	27118	1,29%
SUL	7836	8146	3,81%	7836	8198	4,42%	7836	8187	4,29%	7836	8129	3,60%	6882	7162	3,91%	5742	6088	5,68%	7568	7977	5,13%
NORTE	2942	2949	0,23%	2942	2960	0,60%	2942	2956	0,47%	2942	2957	0,50%	2852	2881	1,00%	2746	2786	1,44%	2926	2976	1,67%
NORDESTE	6595	6655	0,90%	6595	6752	2,32%	6595	6736	2,09%	6595	6719	1,84%	6312	6358	0,72%	5771	5794	0,39%	6454	6506	0,81%
SIN	45542	46241	1,51%	45542	46766	2,62%	45542	46823	2,74%	45542	46745	2,57%	41866	42507	1,51%	37214	37655	1,17%	44409	44577	0,38%

	Terça 02/12			Quarta 03/12			Quinta 04/12			Sexta 05/12			Sábado 06/12			Domingo 07/12			Segunda 08/12		
	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%
SUDESTE	28615	28087	1,88%	28615	28735	0,42%	28615	28742	0,44%	28615	28873	0,89%	26263	26204	0,23%	23385	22835	2,41%	27903	26450	5,50%
SUL	8092	8399	3,66%	8092	8580	5,69%	8092	8385	3,50%	8092	8295	2,45%	7106	7178	1,00%	5929	6149	3,57%	7815	8030	2,68%
NORTE	2952	2972	0,68%	2952	2935	0,57%	2952	2906	1,58%	2952	2930	0,74%	2862	2847	0,51%	2755	2720	1,29%	2936	2903	1,13%
NORDESTE	6685	6743	0,87%	6685	6740	0,82%	6685	6794	1,61%	6685	6812	1,87%	6398	6443	0,70%	5849	5815	0,59%	6541	6247	4,70%
SIN	46343	46201	0,31%	46343	46990	1,38%	46343	46827	1,03%	46343	46910	1,21%	42603	42672	0,16%	37869	37519	0,93%	45191	43630	3,58%

	Terça 09/12			Quarta 10/12			Quinta 11/12			Sexta 12/12			Sábado 13/12			Domingo 14/12			Segunda 15/12		
	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%
SUDESTE	28545	27792	2,71%	28545	27946	2,14%	28545	28608	0,22%	28545	28982	1,51%	26199	26088	0,43%	23328	23737	1,72%	27835	28539	2,47%
SUL	8364	7838	6,71%	8364	7872	6,25%	8364	8179	2,26%	8364	7824	6,90%	7345	7073	3,85%	6129	6123	0,10%	8078	7885	2,45%
NORTE	2941	2930	0,38%	2941	2930	0,38%	2941	2932	0,31%	2941	2937	0,14%	2851	2784	2,42%	2745	2702	1,60%	2925	2866	2,07%
NORDESTE	6740	6714	0,39%	6740	6831	1,33%	6740	6779	0,57%	6740	6784	0,64%	6451	6311	2,22%	5898	5899	0,01%	6595	6566	0,45%
SIN	46590	45274	2,91%	46590	45579	2,22%	46590	46498	0,20%	46590	46527	0,14%	42830	42256	1,36%	38071	38461	1,01%	45432	45856	0,92%

	Terça 16/12			Quarta 17/12			Quinta 18/12			Sexta 19/12			Sábado 20/12			Domingo 21/12			Segunda 22/12		
	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%	Previsto Modelo	Verificado	%
SUDESTE	28223	29726	5,06%	28223	28848	2,17%	28223	27846	1,35%	28223	27485	2,68%	25903	25884	0,08%	23064	23942	3,67%	27521	26843	2,53%
SUL	8063	7976	1,09%	8063	7712	4,55%	8063	7800	3,37%	8063	7888	2,22%	7081	7082	0,01%	5909	5955	0,78%	7788	7360	5,81%
NORTE	2933	2886	1,64%	2933	2889	1,53%	2933	2902	1,08%	2933	2906	0,94%	2844	2818	0,91%	2738	2723	0,54%	2917	2895	0,78%
NORDESTE	6766	6551	3,28%	6766	6530	3,62%	6766	6484	4,35%	6766	6532	3,58%	6476	6188	4,65%	5921	5773	2,56%	6621	6471	2,31%
SIN	45985	47139	2,45%	45985	45979	0,01%	45985	45032	2,12%	45985	44811	2,62%	42274	41972	0,72%	37577	38393	2,13%	44842	43569	2,92%

Tabela 9-1 Previsões usando o Modelo de Ajuste Exponencial sobre os valores médios de 3ª a 5ª Feira

Estudo Comparativo – Previsões para o final de semana e segundas-feiras

O Modelo de Ajuste Exponencial (coeficiente de ajuste $W = 0,75$) pode ser utilizado nas previsões (Carga Própria e Demanda Máxima) para o final de semana e segundas-feiras tomando-se como base a média de terça à quinta-feira, conforme discutido no sub item 5.6 Cálculo da Queda da Carga Própria nos Finais de Semana, bem como pode ser aplicado diretamente sobre os valores verificados nesses dias. Este estudo tem o objetivo de comparar os resultados obtidos por essas duas formas de cálculo, buscando a confirmação da aplicabilidade do modelo proposto.

Como forma de avaliação dos modelos foram usados a Estatística de Durbin-Watson, o MAD – Mean Absolute Deviation e o MSE – Mean Squared Error, cujas características básicas são:

Estatística de Durbin-Watson: teste de autocorrelação positiva ou negativa de primeira ordem, para um coeficiente de significância $\alpha = 0,05$, considerando-se as hipóteses:

H_0 : os termos não são autocorrelacionados;

H_1 : os termos são autocorrelacionados.

Para autocorrelação positiva:

- 1) $D < DL_{\alpha}$, rejeitar hipótese H_0 .
- 2) $D > DU_{\alpha}$, não rejeitar hipótese H_0 .
- 3) $DL_{\alpha} \leq D \leq DU_{\alpha}$, o teste é inconclusivo.

Para autocorrelação negativa:

- 1) $4 - D < DL_{\alpha}$, rejeitar hipótese H_0 .
- 2) $4 - D > DU_{\alpha}$, não rejeitar hipótese H_0 .
- 3) $DL_{\alpha} \leq 4 - D \leq DU_{\alpha}$, o teste é inconclusivo.

Valores críticos $DL = 1,50$ e $DU = 1,59$

Os valores obtidos para a Estatística de Durbin-Watson devem ser comparados com a Tabela de Valores Críticos (NETER, 1996, apêndice B) para um determinado nível de significância α , um tamanho de amostra n e do número de variáveis independentes p .

Considerando uma significância $\alpha = 0,05$ e um número de variáveis independentes $p = 1$, obtemos os seguintes valores críticos: $d_L = 1,50$ e $d_U = 1,59$, que representam os limites inferior e superior respectivamente.

MAD – Mean Absolute Deviation: medida da magnitude dos erros das estimativas que penaliza a técnica que apresenta grande amplitude nos erros menores (vide sub item 5.4.3)

MSE - Mean Squared Error: medida da magnitude dos erros das estimativas que penaliza muito mais a técnica que

apresenta grandes erros, obtida pela expressão:

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (e_t)^2}{n}$$

CARGA PRÓPRIA

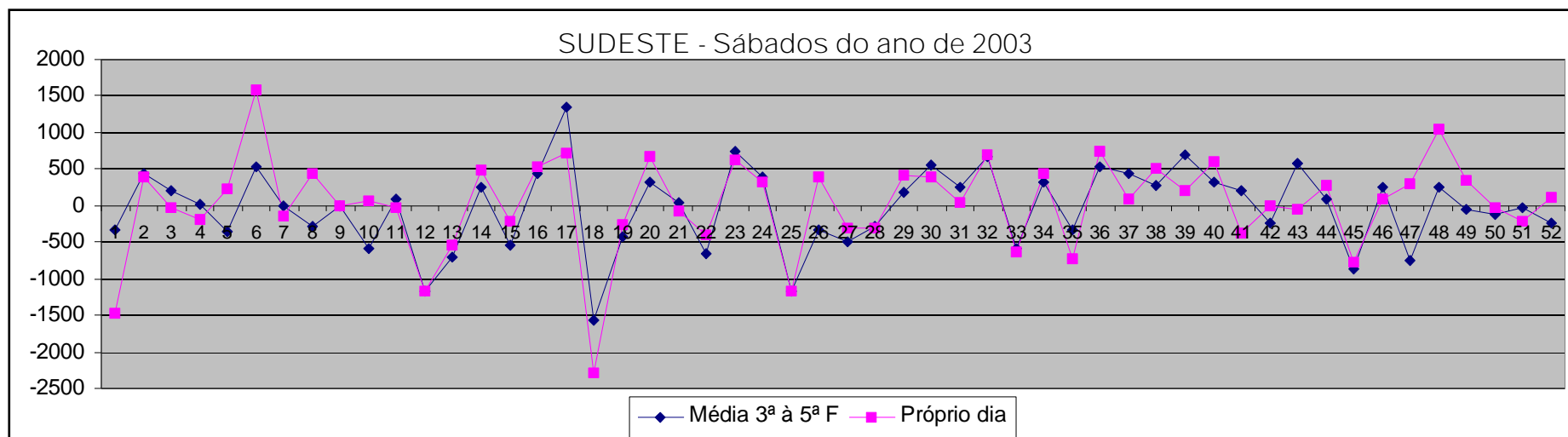
A tabela a seguir apresenta um resumo dos resultados obtidos na avaliação dos erros resultantes da aplicação do modelo de Ajuste Exponencial com coeficiente de ajuste $W = 0,75$ para cada uma das regiões nos finais de semana e segundas-feiras, considerando-se as previsões feitas a partir da média de terça à quinta-feira e pelo próprio dia. Nos cálculos, observou-se as cinquenta e duas semanas que antecedem o período desejado para estimativa, compreendendo, desta forma, previsões para todo o ano de 2003. O efeito dos feriados e dias que os antecedem ou precedem foram desconsiderados pela aplicação de valores obtidos por extrapolação.

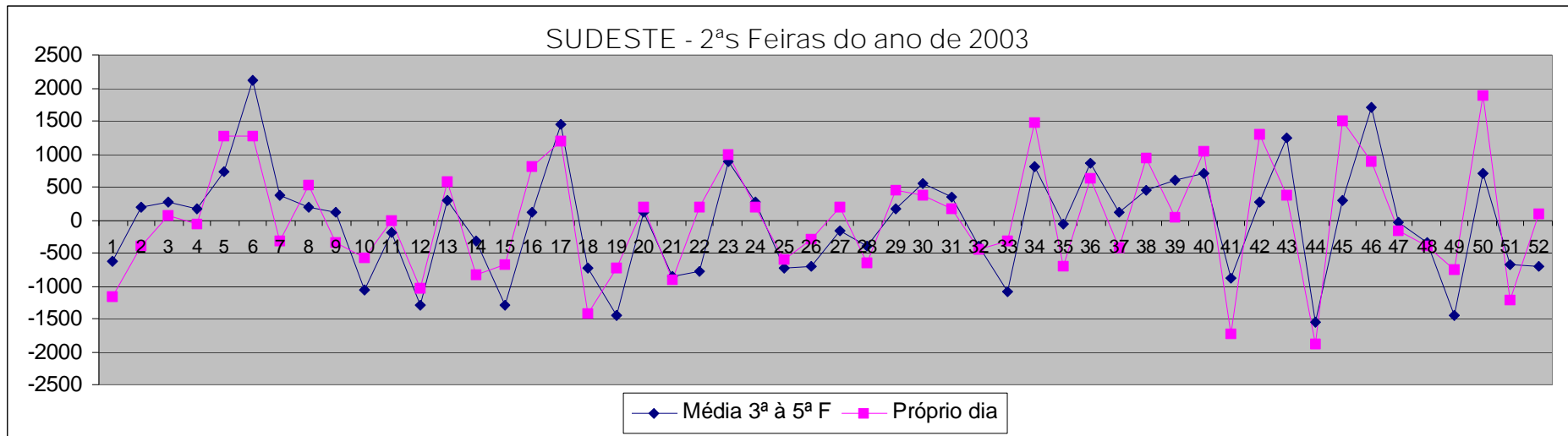
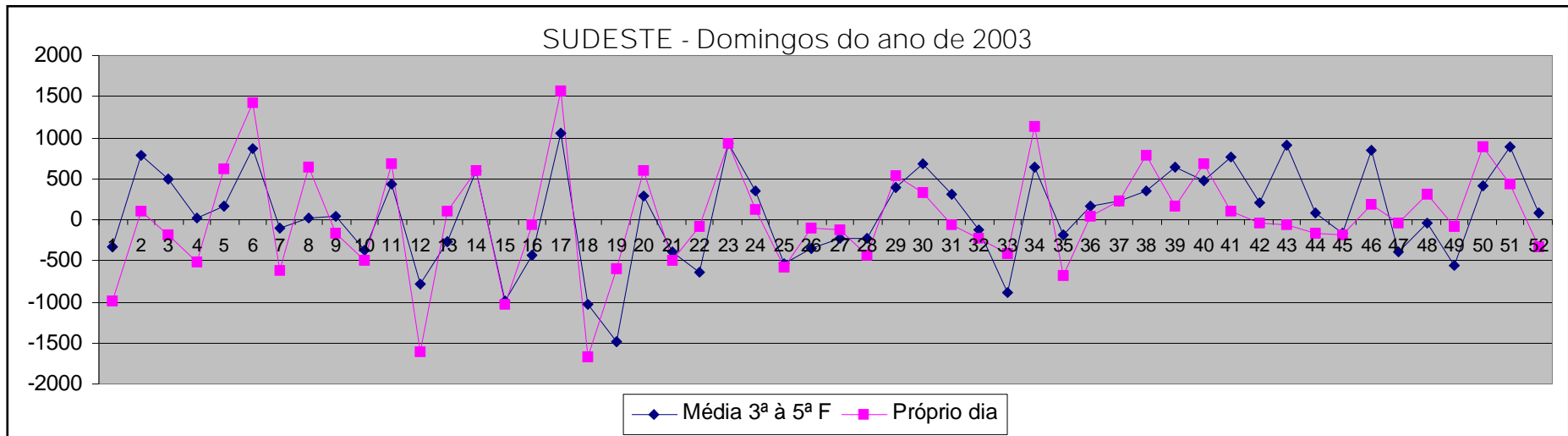
Pode-se observar que os melhores valores para o MAD e o MSE verificam-se para o modelo que utiliza a média de terça à quinta-feira para as previsões, bem como, resultam para a Estatística de Durbin-Watson (D) em indicações de ausência de autocorrelação na maioria dos casos, sendo em alguns poucos inconclusivo, o que não o inviabiliza.

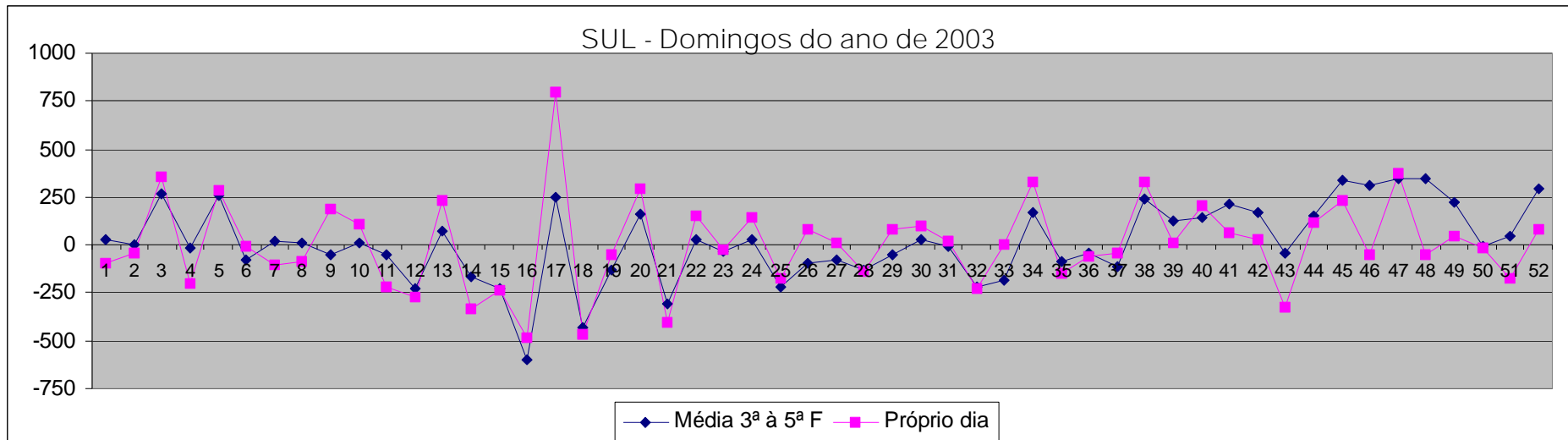
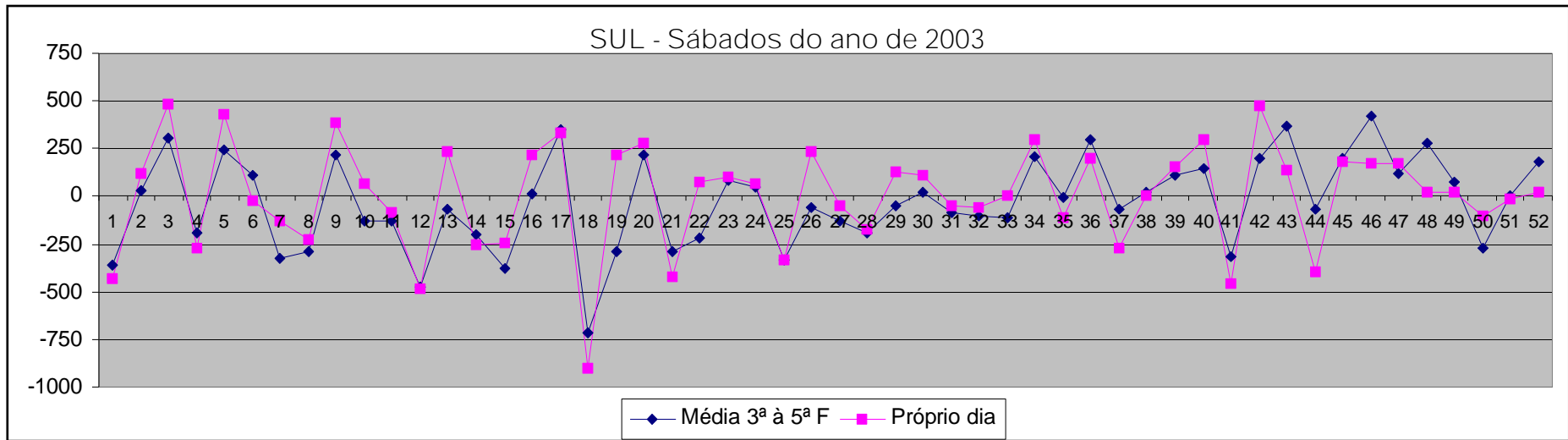
REGIÃO/DIA DA SEMANA		MAD	MSE	D	4 - D	
SUDESTE	Sábado (Média de 3ª à 5ª F)	435	300649	2,19	1,81	
	Sábado (Próprio dia)	464	410609	2,19	1,81	
	Domingo (Média de 3ª à 5ª F)	471	328962	1,98	2,02	
	Domingo (Próprio dia)	485	417483	2,47	1,53	Inconclusivo
	2ª Feira (Média de 3ª à 5ª F)	653	660293	1,94	2,06	
	2ª Feira (Próprio dia)	707	747729	2,56	1,44	Negativa
SUL	Sábado (Média de 3ª à 5ª F)	195	57874	1,88	2,12	
	Sábado (Próprio dia)	214	75261	2,69	1,31	Negativa
	Domingo (Média de 3ª à 5ª F)	151	39200	1,54	2,46	Inconclusivo
	Domingo (Próprio dia)	174	53967	2,79	1,21	Negativa
	2ª Feira (Média de 3ª à 5ª F)	196	59183	1,60	2,40	
	2ª Feira (Próprio dia)	205	69994	2,63	1,37	Negativa
NORTE	Sábado (Média de 3ª à 5ª F)	23	948	1,65	2,35	
	Sábado (Próprio dia)	38	3478	1,56	2,44	Inconclusivo
	Domingo (Média de 3ª à 5ª F)	37	3356	1,71	2,29	
	Domingo (Próprio dia)	52	4636	1,78	2,22	
	2ª Feira (Média de 3ª à 5ª F)	34	1698	1,52	2,48	Inconclusivo
	2ª Feira (Próprio dia)	46	3547	1,52	2,48	Inconclusivo
NORDESTE	Sábado (Média de 3ª à 5ª F)	91	12209	1,53	2,47	Inconclusivo
	Sábado (Próprio dia)	101	14421	1,95	2,05	
	Domingo (Média de 3ª à 5ª F)	73	8163	1,54	2,46	Inconclusivo
	Domingo (Próprio dia)	91	12777	2,08	1,92	
	2ª Feira (Média de 3ª à 5ª F)	110	18069	1,52	2,48	Inconclusivo
	2ª Feira (Próprio dia)	123	23318	2,21	1,79	
SIN	Sábado (Média de 3ª à 5ª F)	531	441980	2,18	1,82	
	Sábado (Próprio dia)	636	716678	2,23	1,77	
	Domingo (Média de 3ª à 5ª F)	542	431198	1,94	2,06	
	Domingo (Próprio dia)	577	634228	2,52	1,48	Negativa
	2ª Feira (Média de 3ª à 5ª F)	777	944392	1,87	2,13	
	2ª Feira (Próprio dia)	828	1064299	2,56	1,44	Negativa

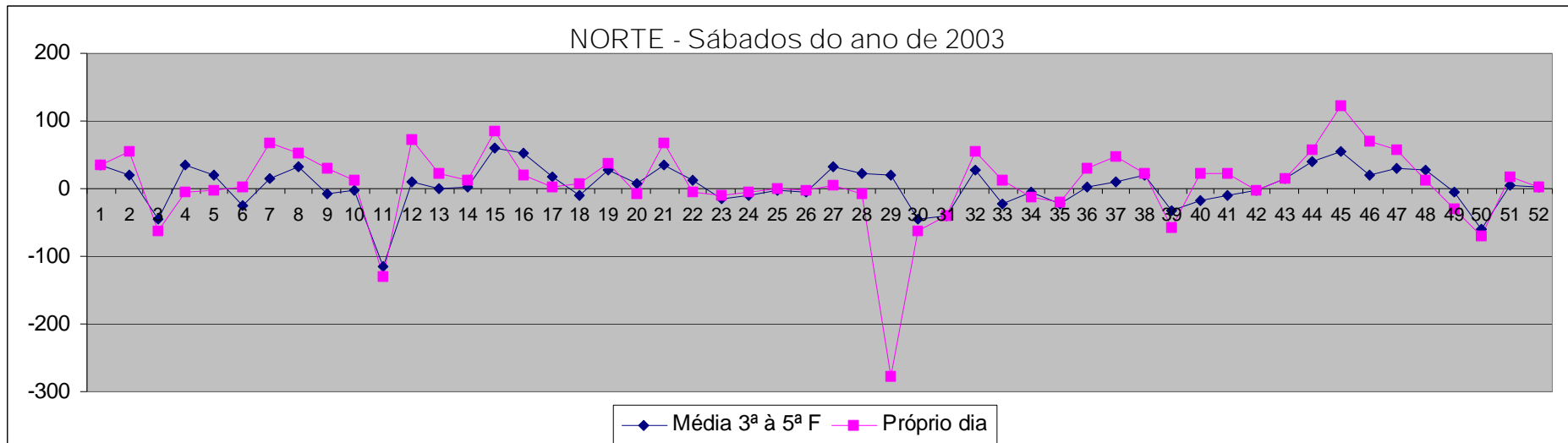
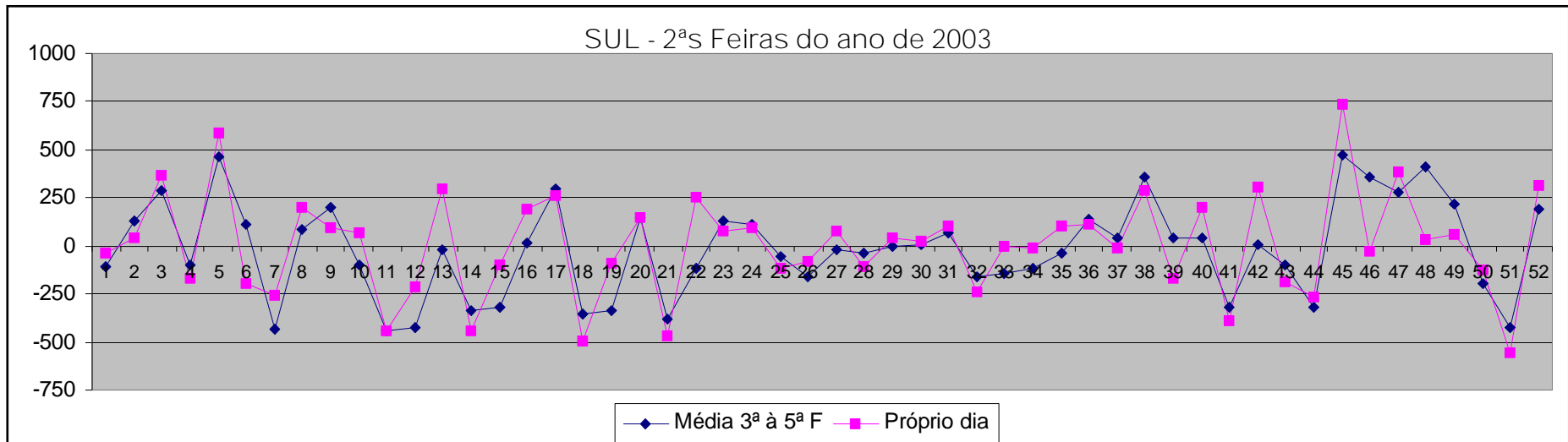
Gráficos dos Valores dos Erros

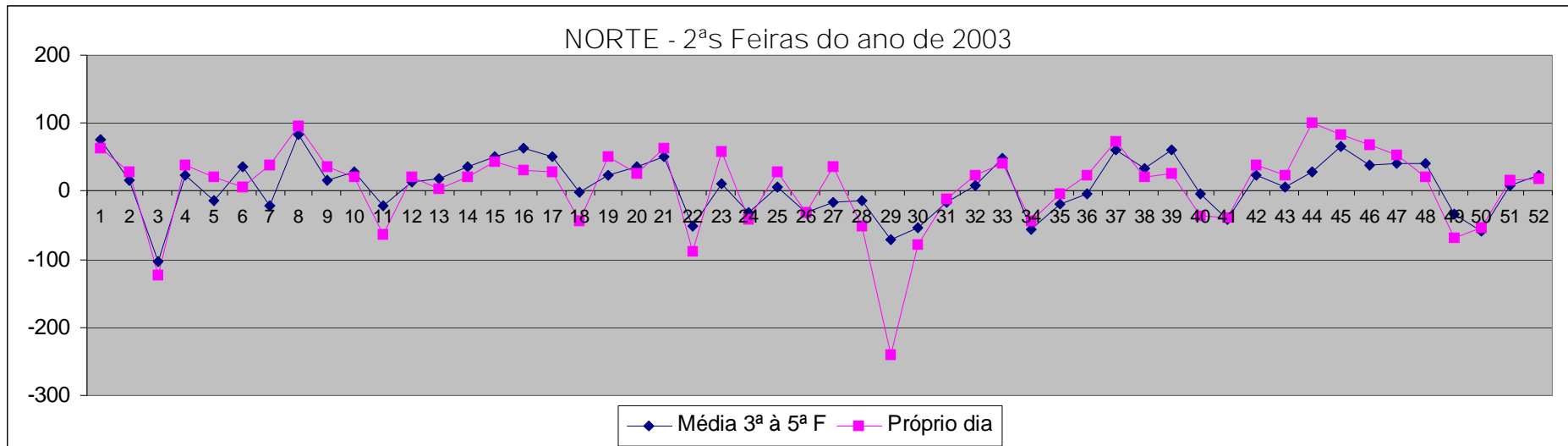
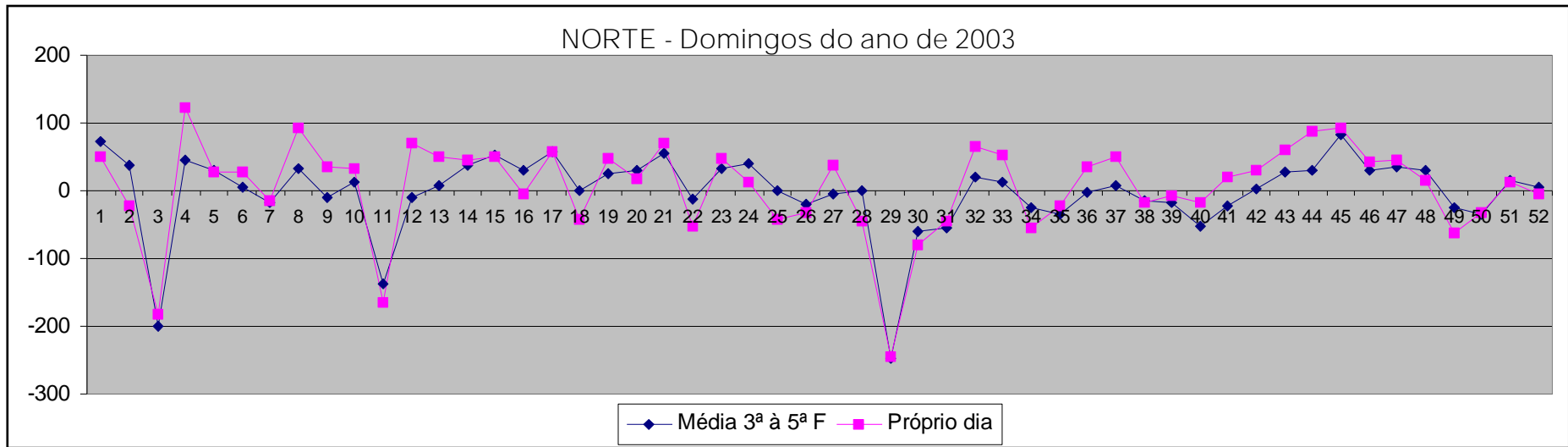
Os gráficos a seguir apresentam os erros resultantes da aplicação do modelo de Ajuste Exponencial com coeficiente de ajuste $W = 0,75$ para cada uma das regiões nos finais de semana e segundas-feiras, considerando-se as previsões feitas a partir da média de terça à quinta-feira e pelo próprio dia. Observa-se que a magnitude dos erros para o modelo aplicado a partir da média de terça à quinta-feira é inferior.

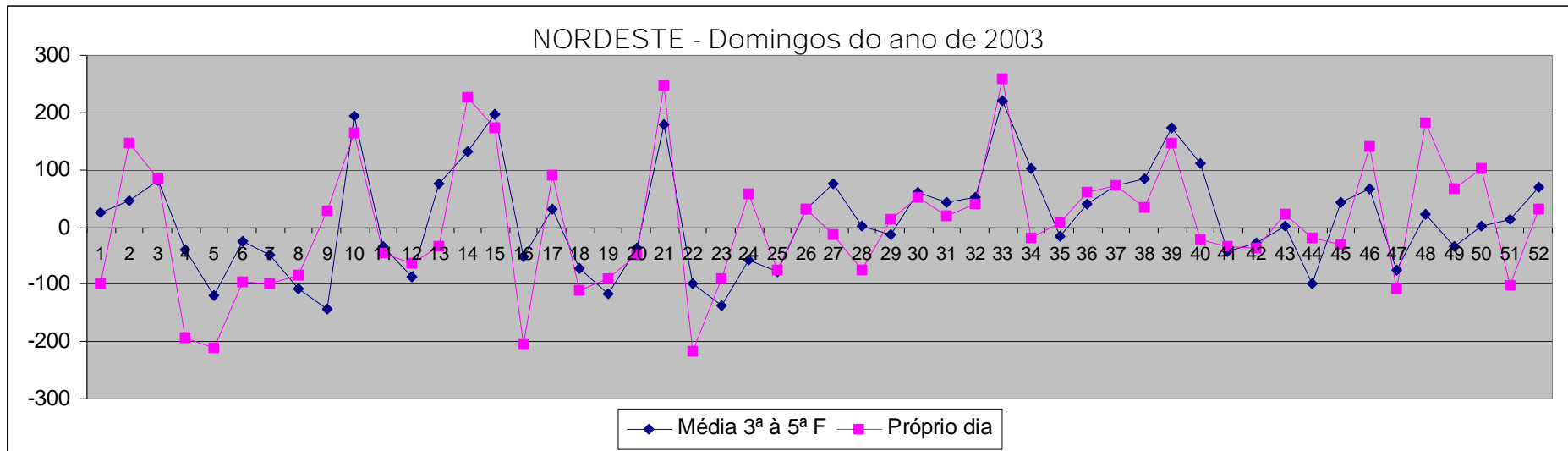
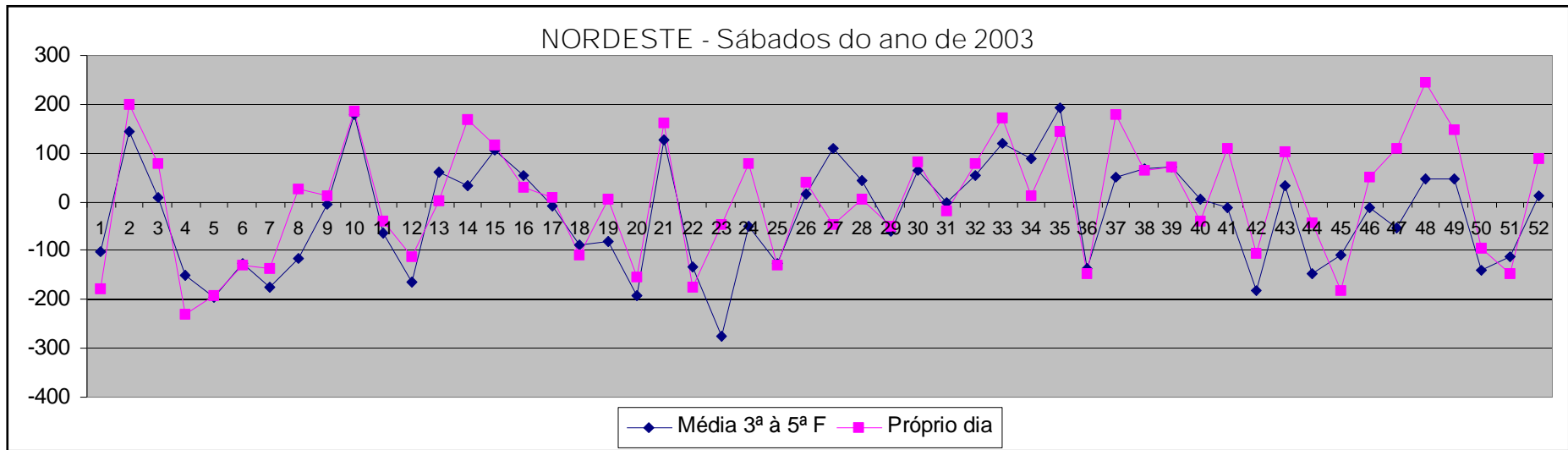


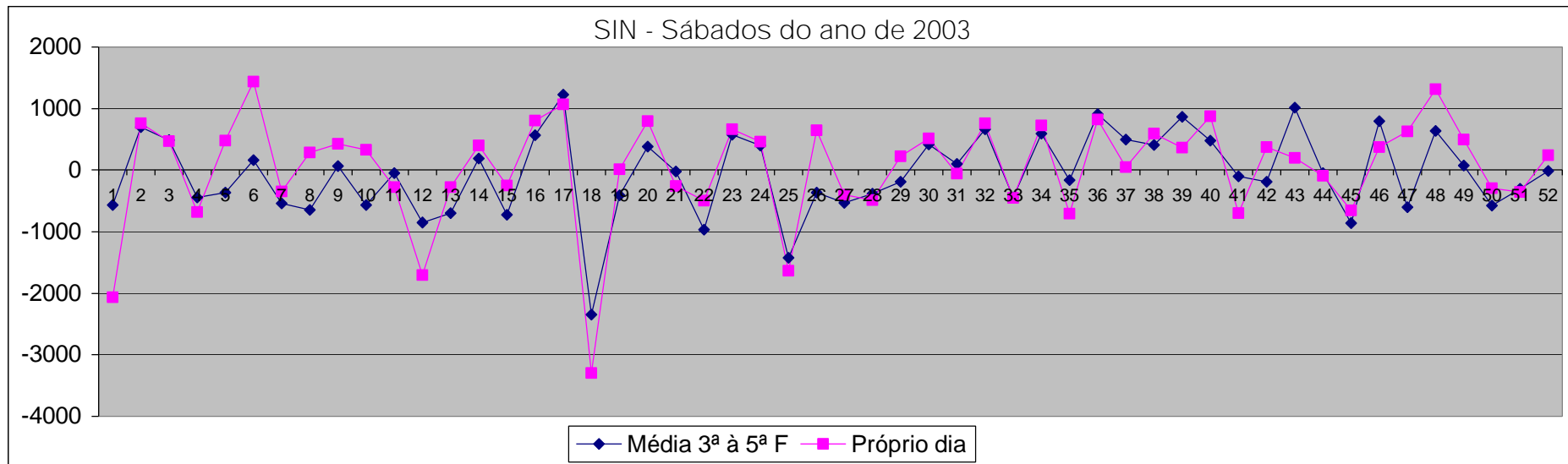
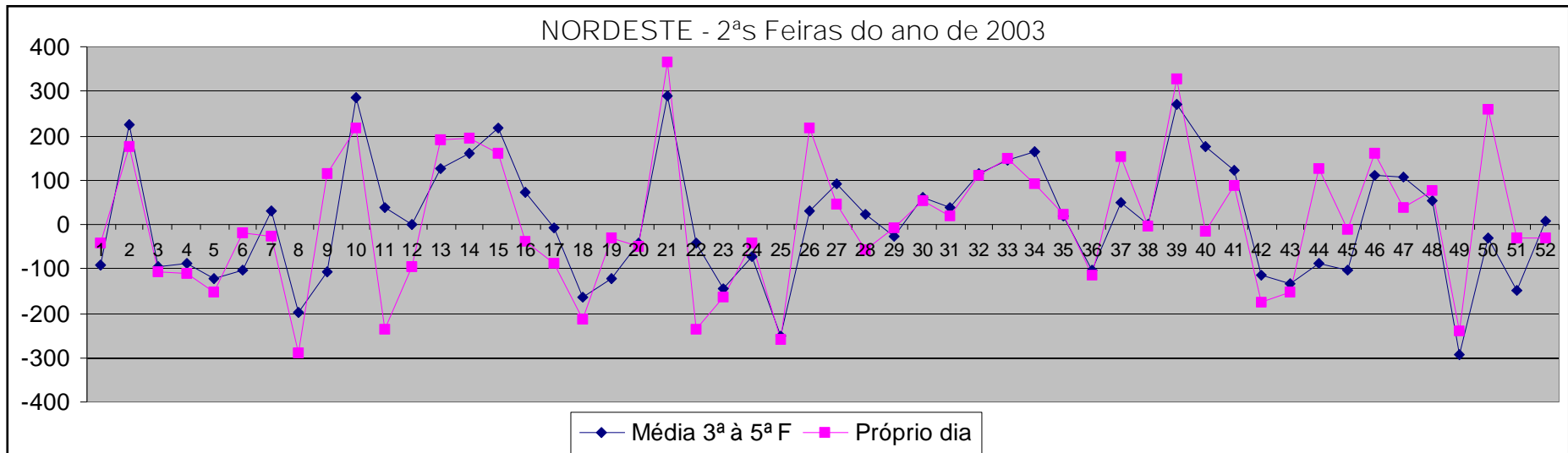


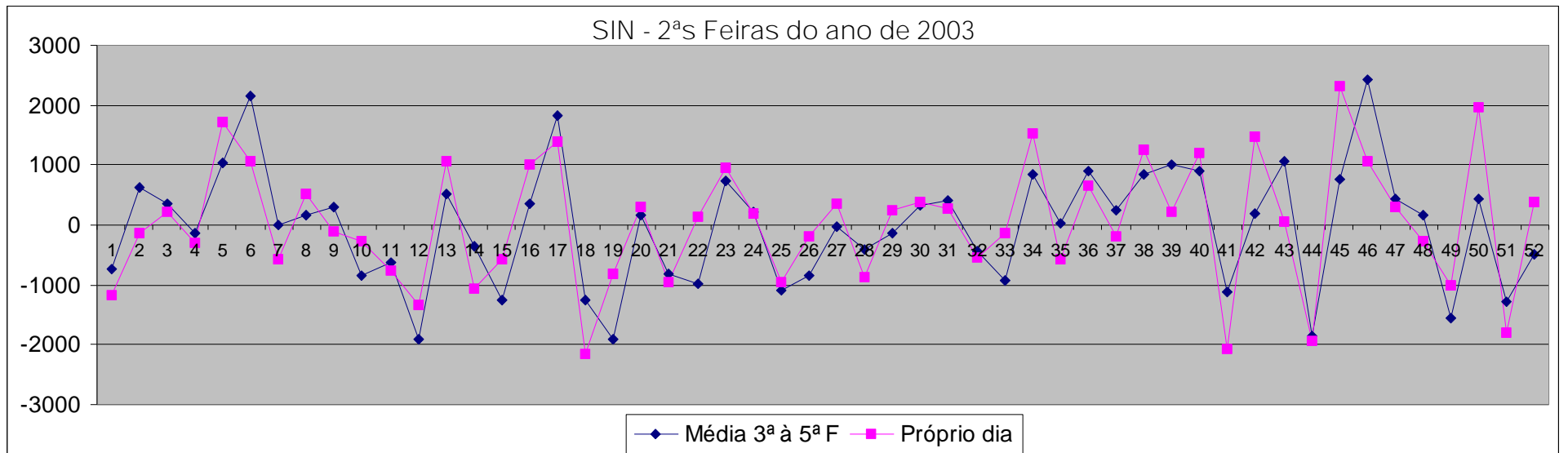
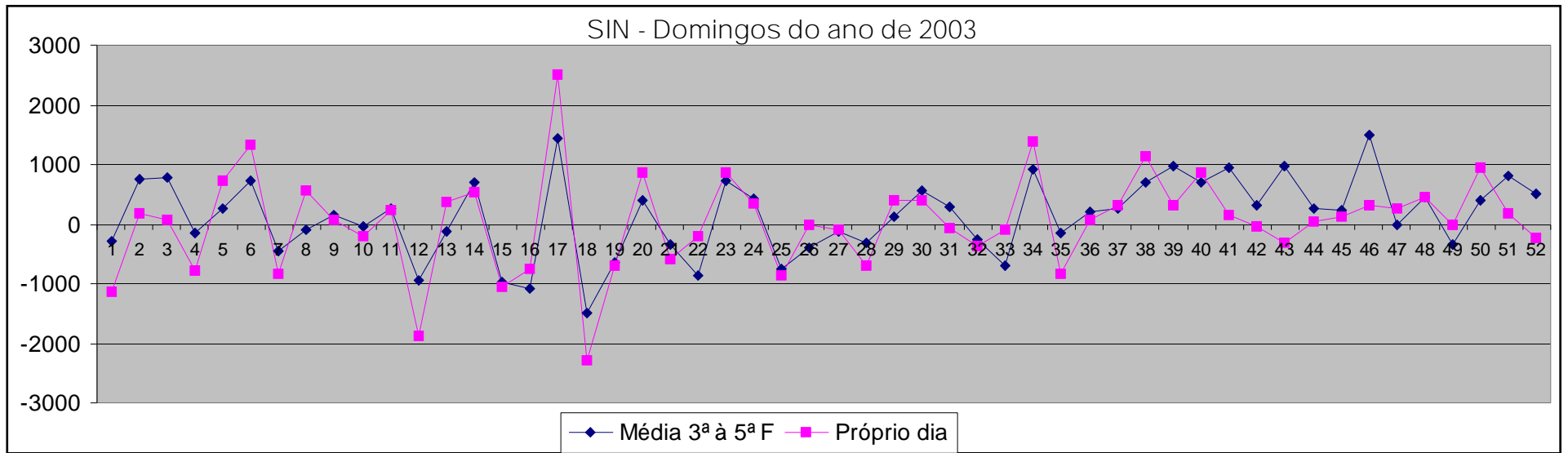






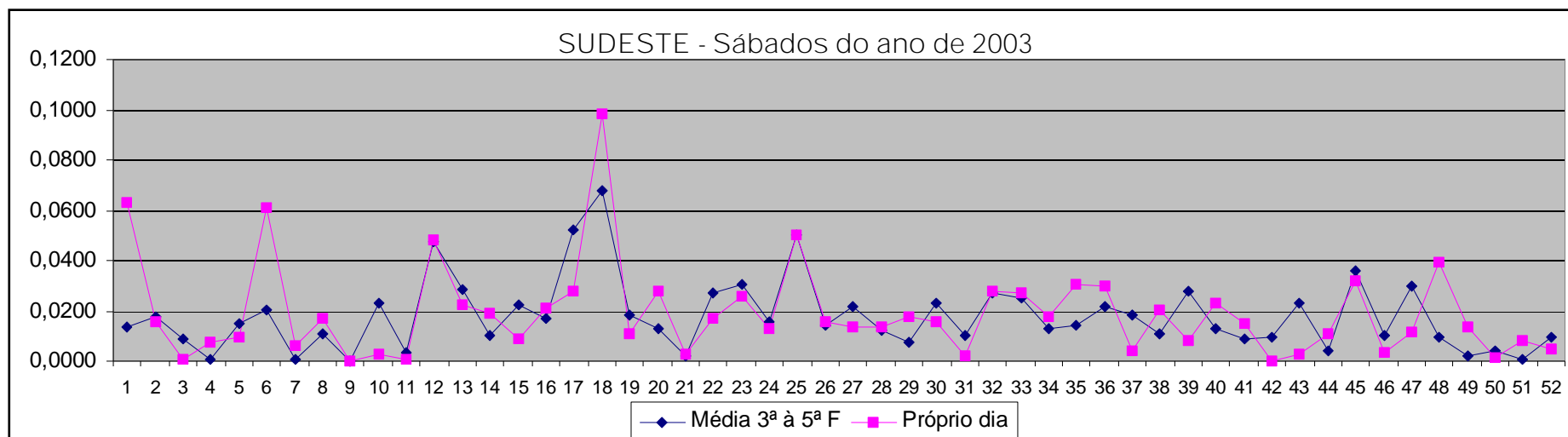




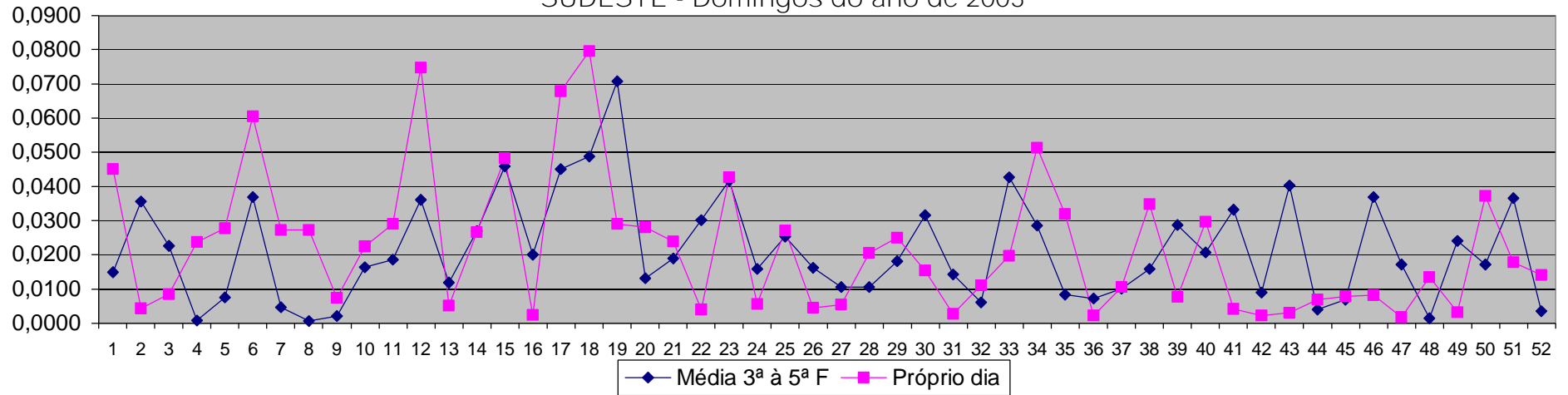


Gráficos dos Percentuais dos Erros

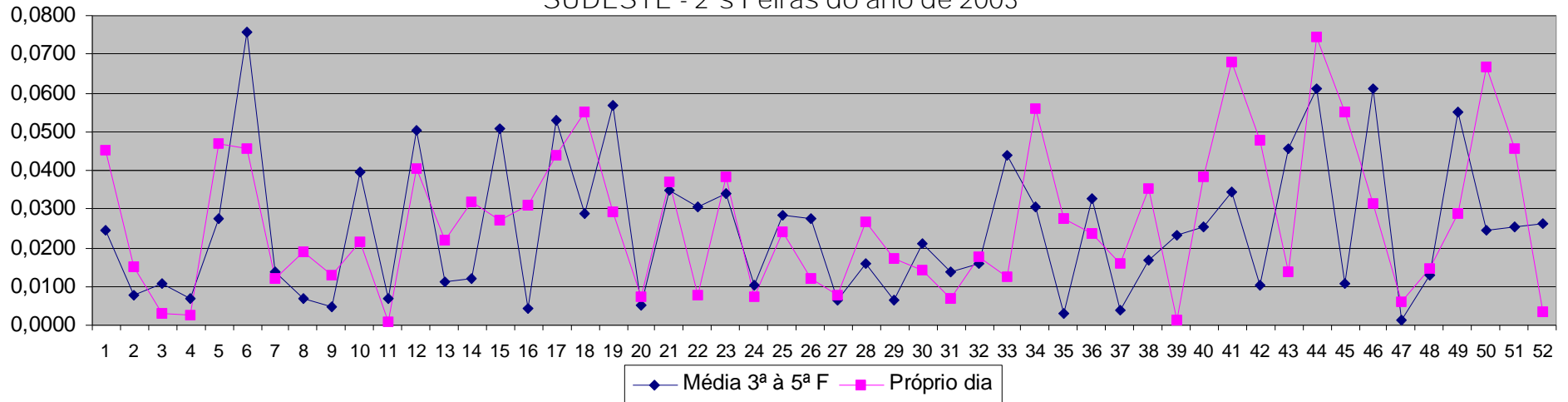
Os gráficos a seguir apresentam os erros em valores percentuais resultantes da aplicação do modelo de Ajuste Exponencial com coeficiente de ajuste $W = 0,75$ para cada uma das regiões nos finais de semana e segundas-feiras, considerando-se as previsões feitas a partir da média de terça à quinta-feira e pelo próprio dia. Observa-se que a magnitude dos erros para o modelo aplicado a partir da média de terça à quinta-feira é inferior.

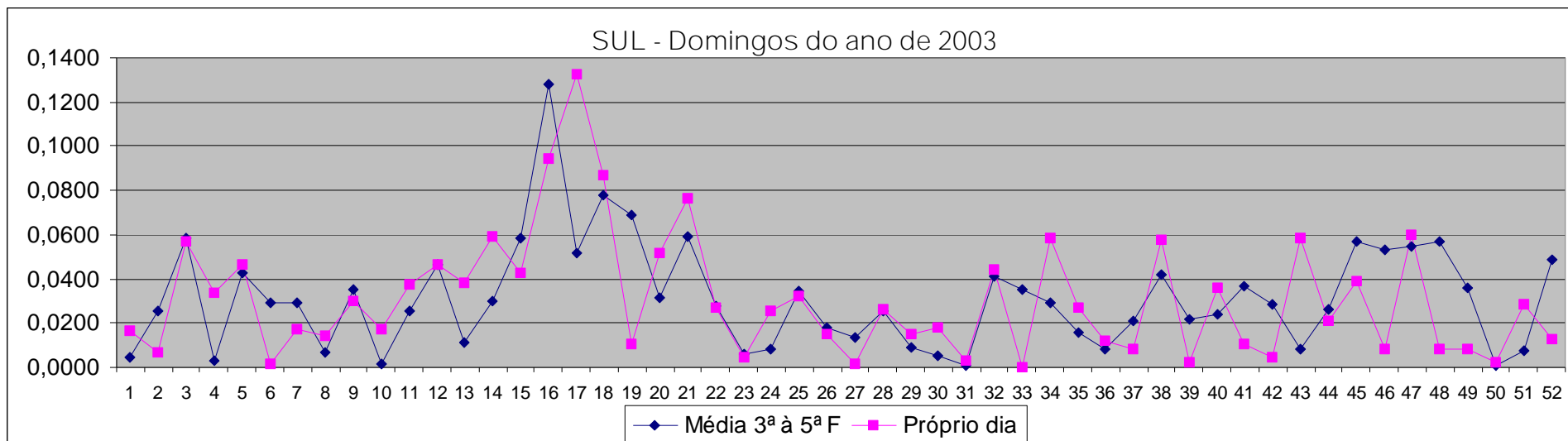
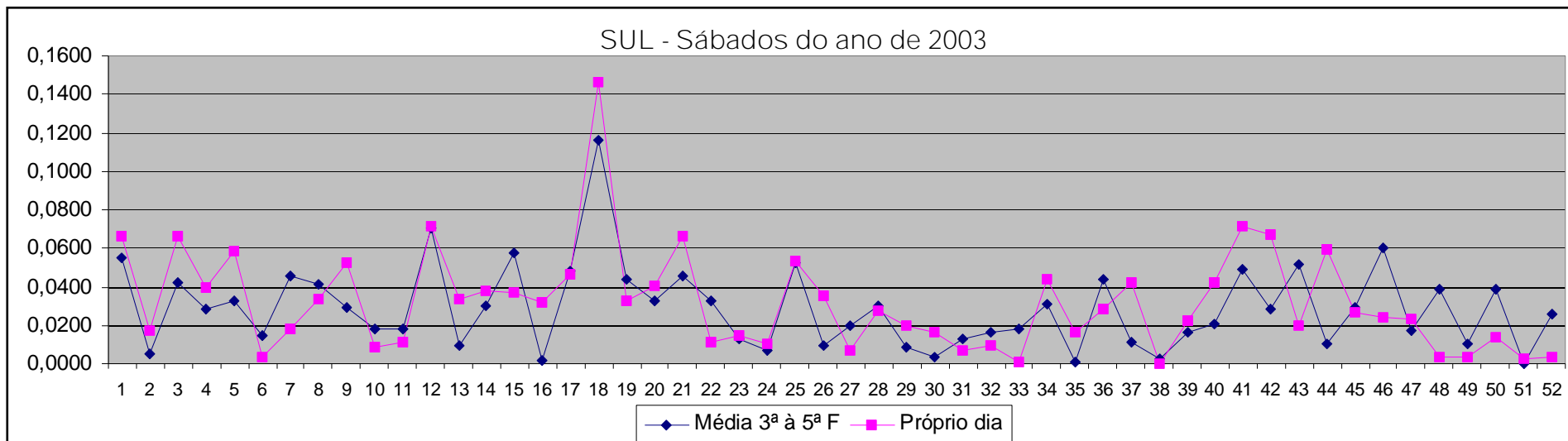


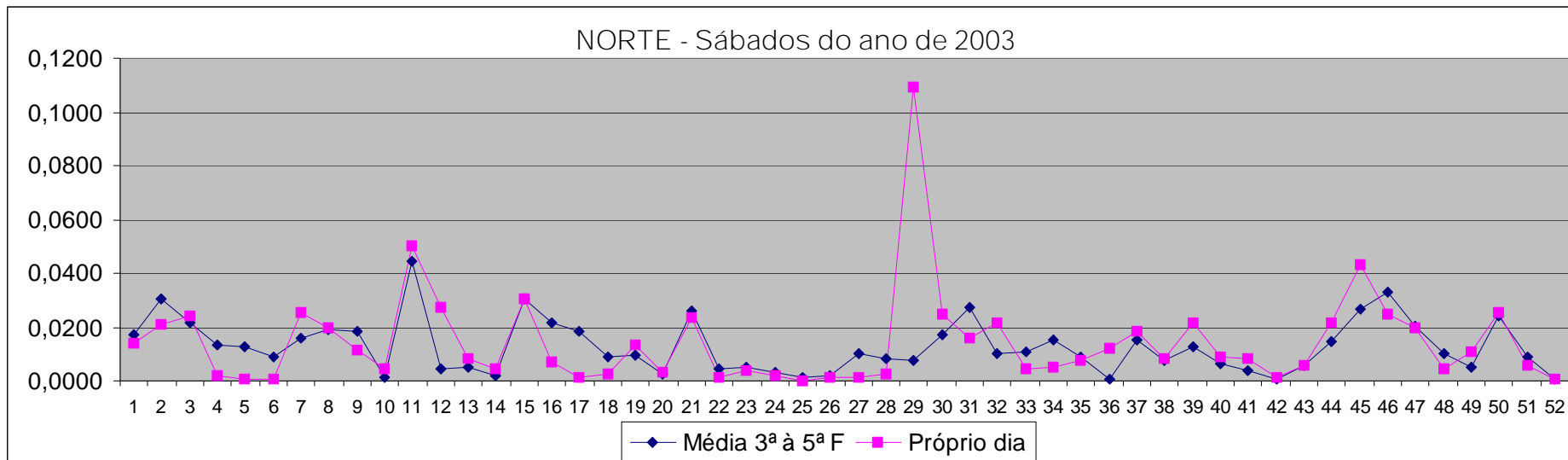
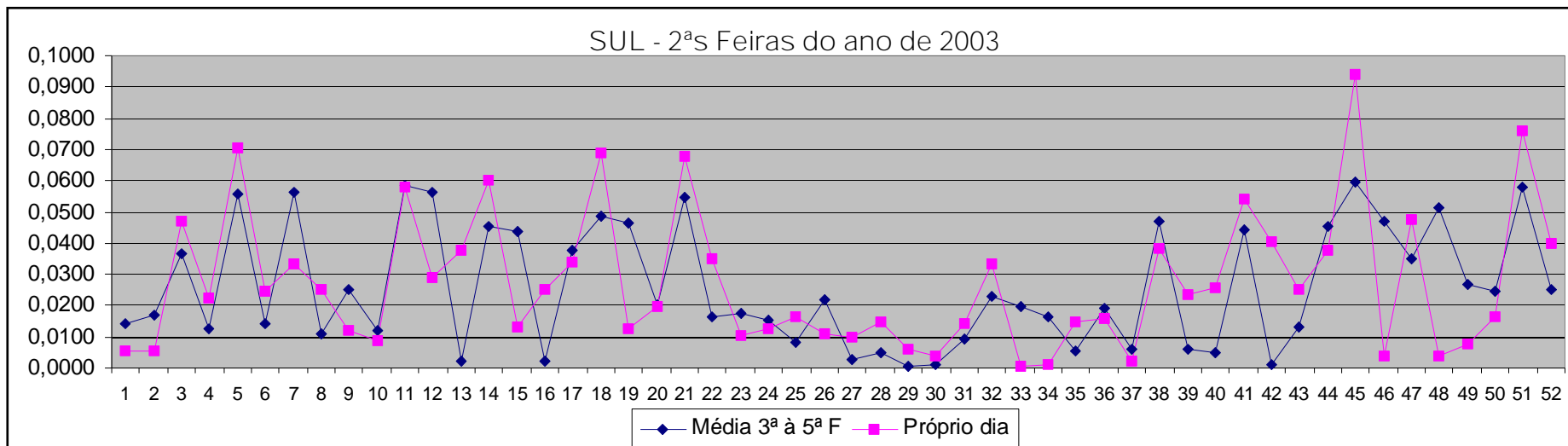
SUDESTE - Domingos do ano de 2003

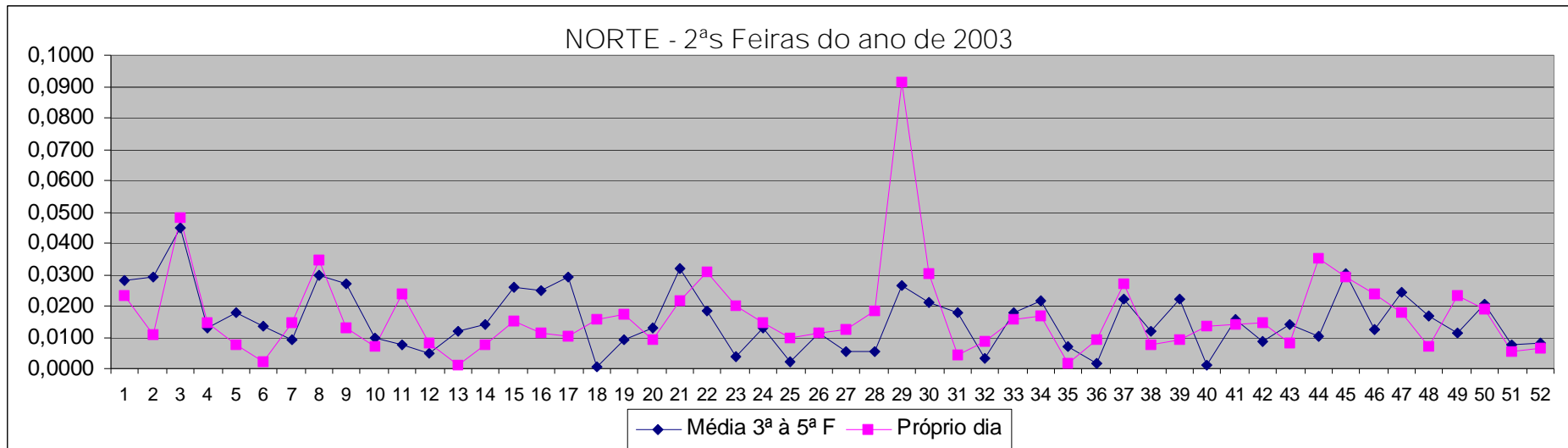
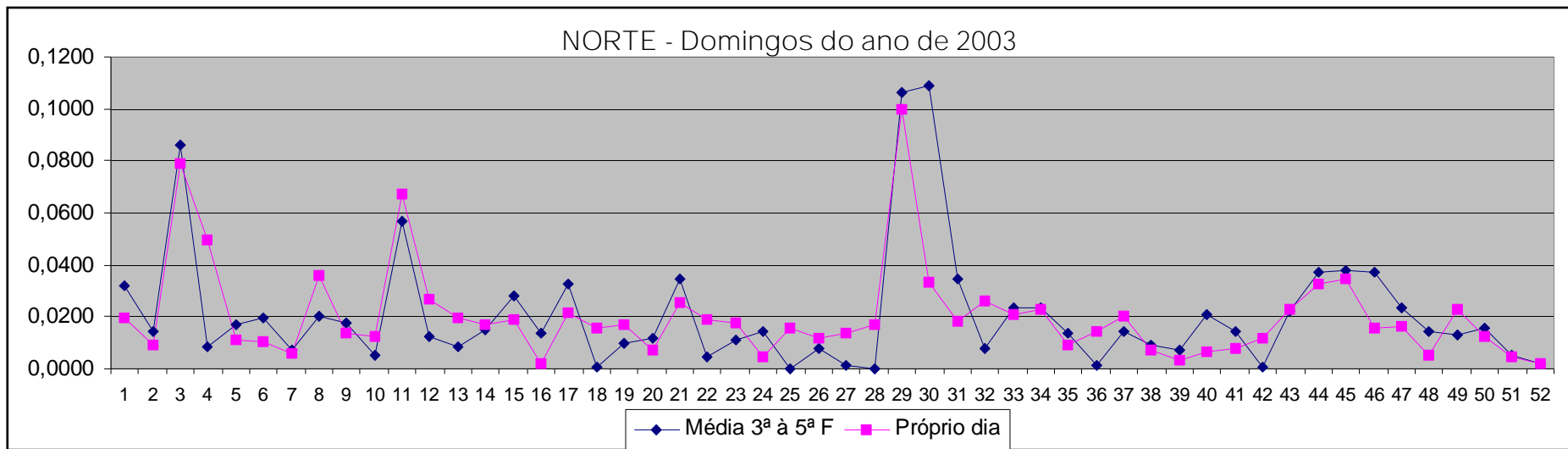


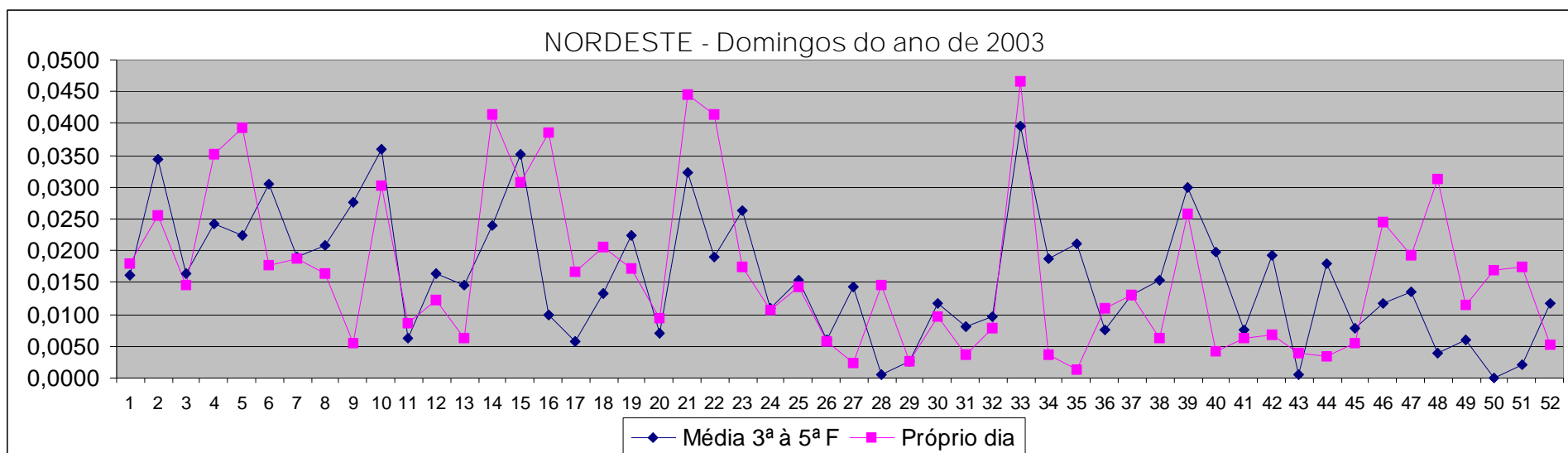
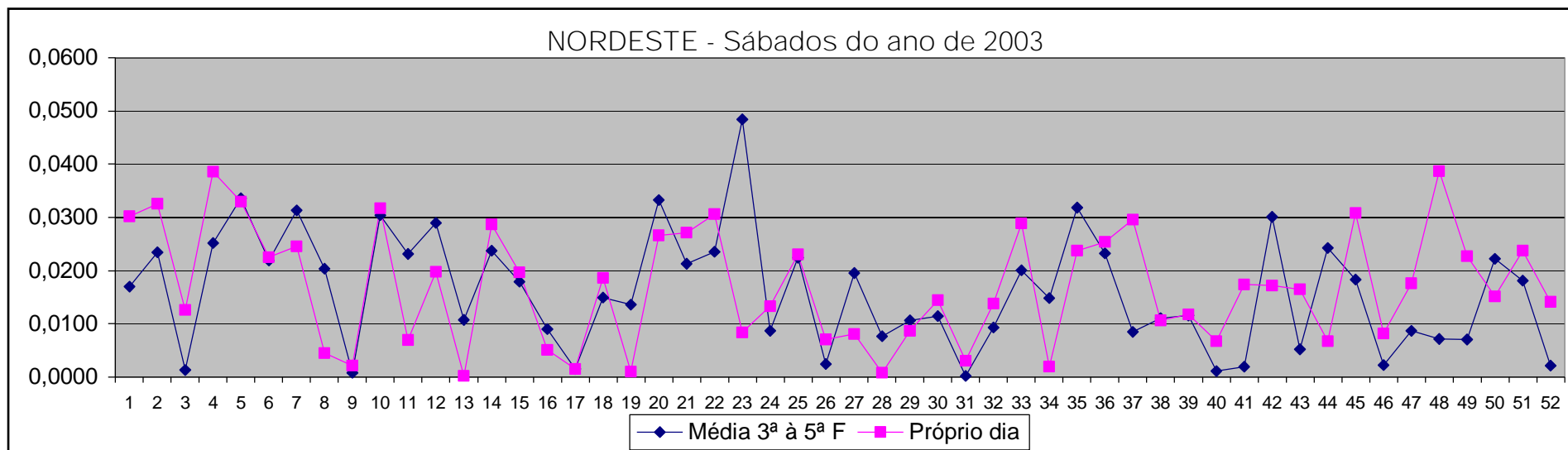
SUDESTE - 2ªs Feiras do ano de 2003

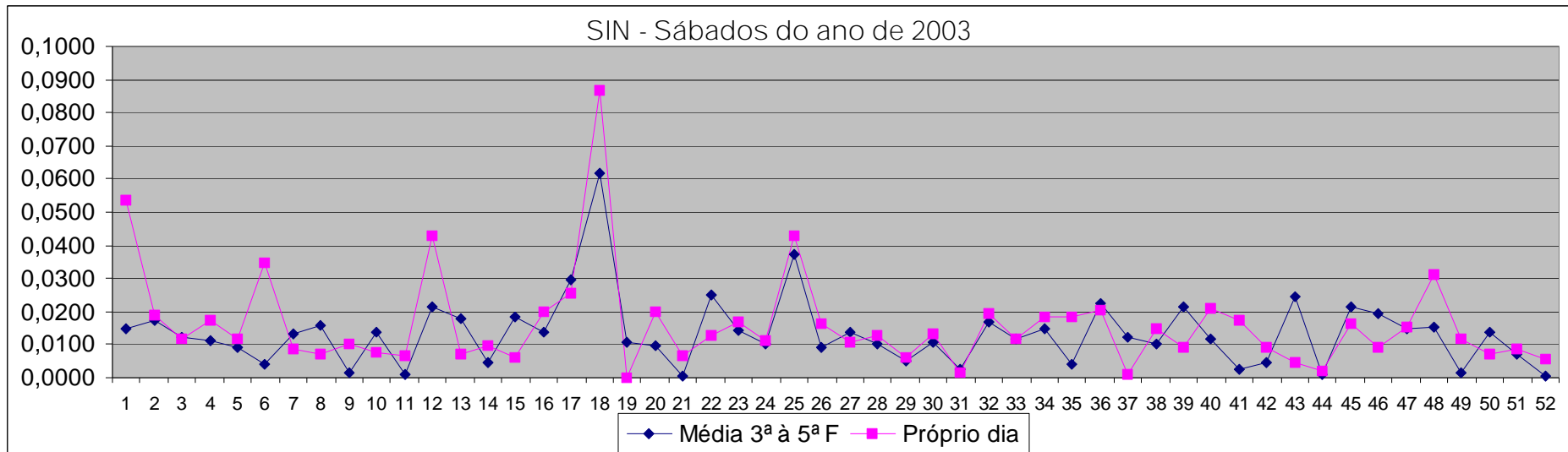
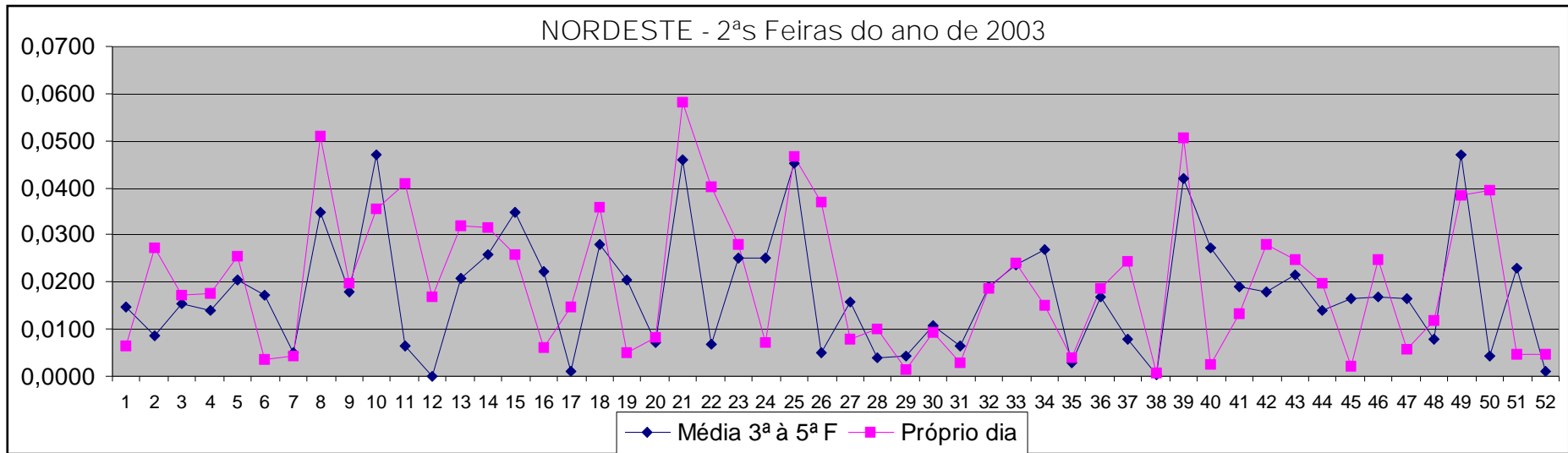


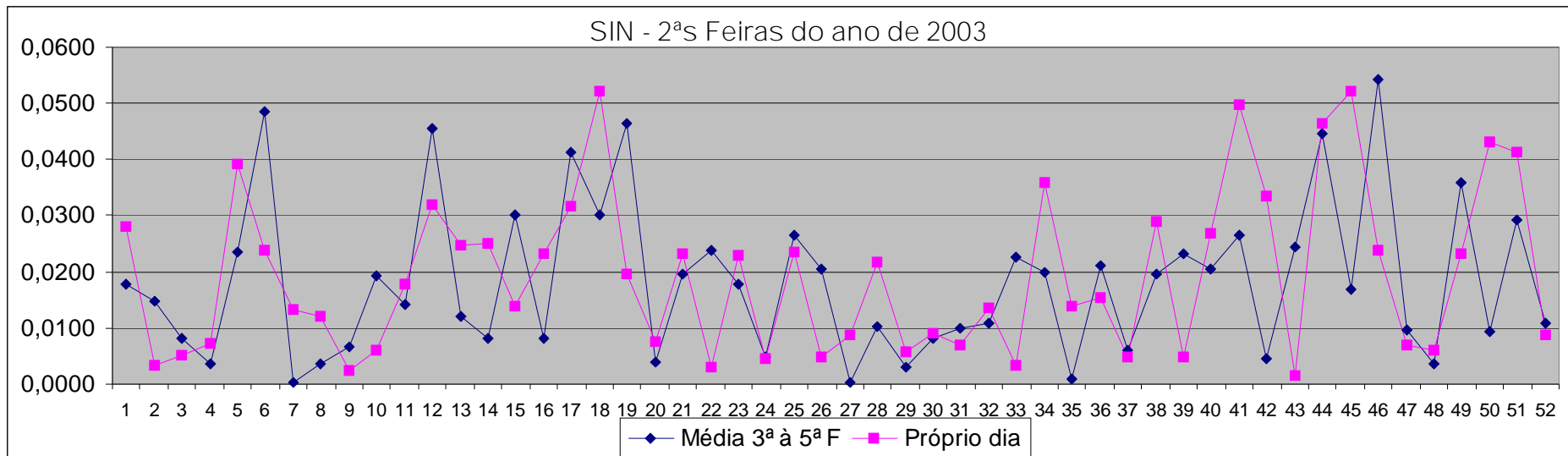
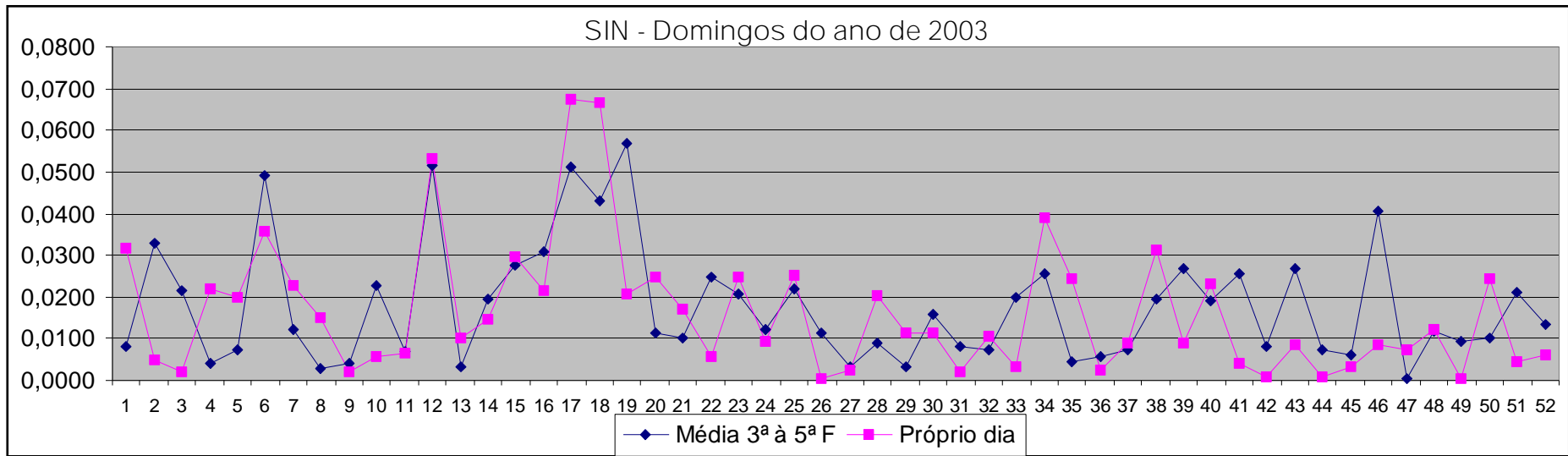












DEMANDA MÁXIMA

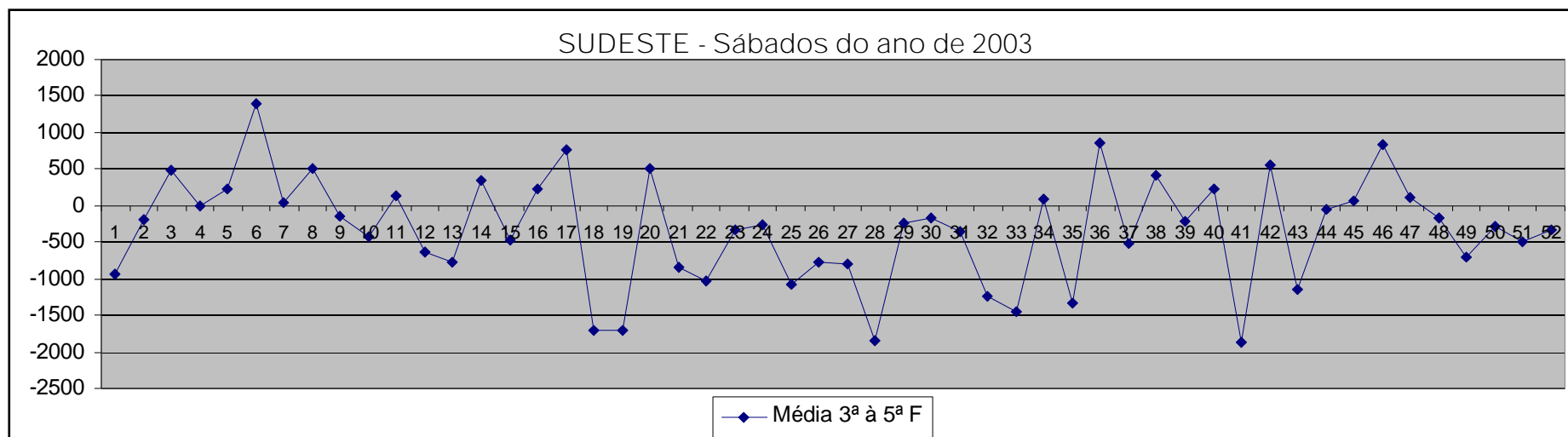
A tabela a seguir apresenta um resumo dos resultados obtidos na avaliação dos erros resultantes da aplicação do modelo de Ajuste Exponencial com coeficiente de ajuste $W = 0,75$ para cada uma das regiões nos finais de semana e segundas-feiras, considerando-se as previsões feitas a partir da média de terça à quinta-feira. Nos cálculos, observou-se as cinquenta e duas semanas que antecedem o período desejado para estimativa, compreendendo, desta forma, previsões para todo o ano de 2003. O efeito dos feriados e dias que os antecedem ou precedem foram desconsiderados pela aplicação de valores obtidos por extrapolação.

O MAD – Mean Absolute Deviation dá uma idéia da magnitude dos erros observados que encontram-se em torno de 6% para mais ou para menos em todos os dias e regiões estudadas, bem como, resultam para a Estatística de Durbin-Watson (D) em indicações de ausência de autocorrelação na maioria dos casos, sendo em alguns poucos inconclusivo, o que não inviabiliza o modelo.

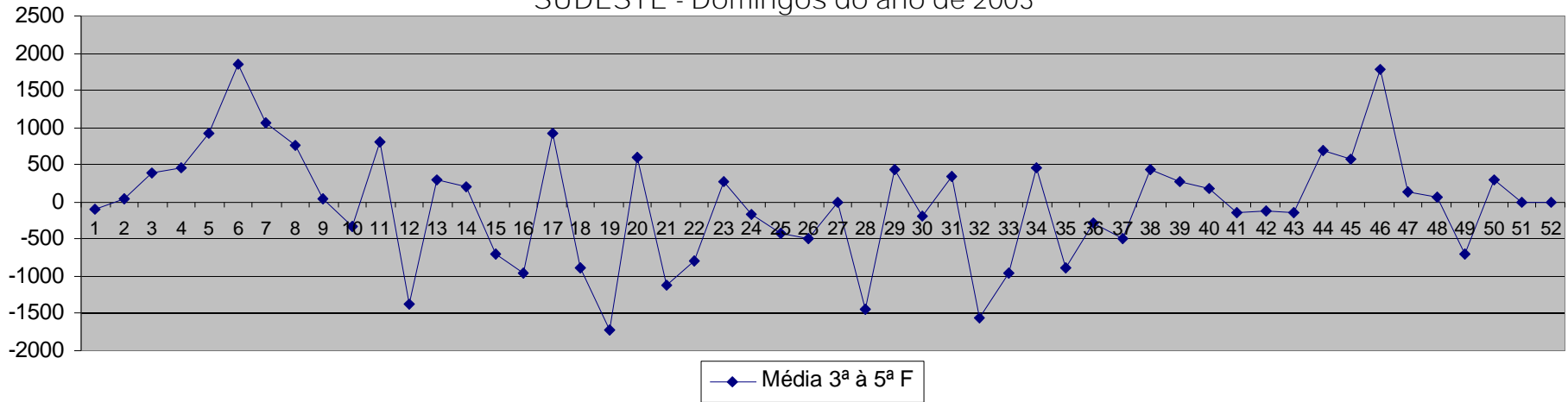
REGIÃO/DIA	MAD	MSE	D	4 - D		
SUDESTE	Sábado	622	637644	1,69	2,31	
	Domingo	583	577458	1,73	2,27	
	2ª Feira	512	352301	1,56	2,44	Inconclusivo
SUL	Sábado	316	146240	1,63	2,37	
	Domingo	315	143331	1,56	2,44	Inconclusivo
	2ª Feira	243	89927	1,82	2,18	
NORTE	Sábado	52	4421	1,81	2,19	
	Domingo	50	4249	1,53	2,47	Inconclusivo
	2ª Feira	52	5102	1,50	2,50	Inconclusivo
NORDESTE	Sábado	176	48731	1,60	2,40	
	Domingo	153	40820	1,59	2,41	Inconclusivo
	2ª Feira	141	31568	1,81	2,19	
SIN	Sábado	967	1387377	1,69	2,31	
	Domingo	810	997067	1,79	2,21	
	2ª Feira	721	826090	1,69	2,31	

Gráficos dos Valores dos Erros

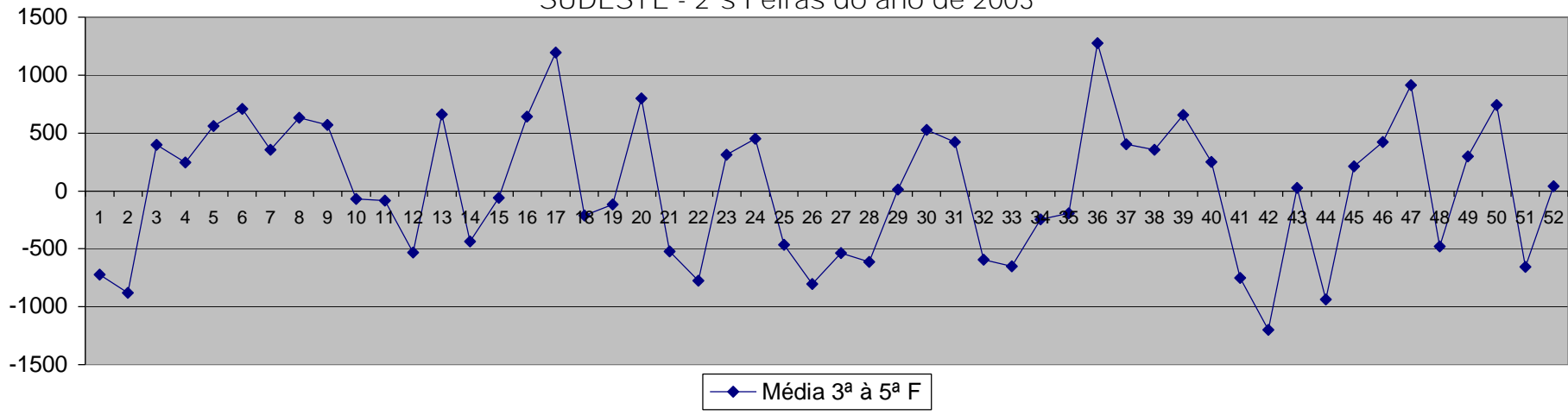
Os gráficos a seguir apresentam os erros resultantes da aplicação do modelo de Ajuste Exponencial com coeficiente de ajuste $W = 0,75$ para cada uma das regiões nos finais de semana e segundas-feiras, considerando-se as previsões feitas a partir da média de terça à quinta-feira.

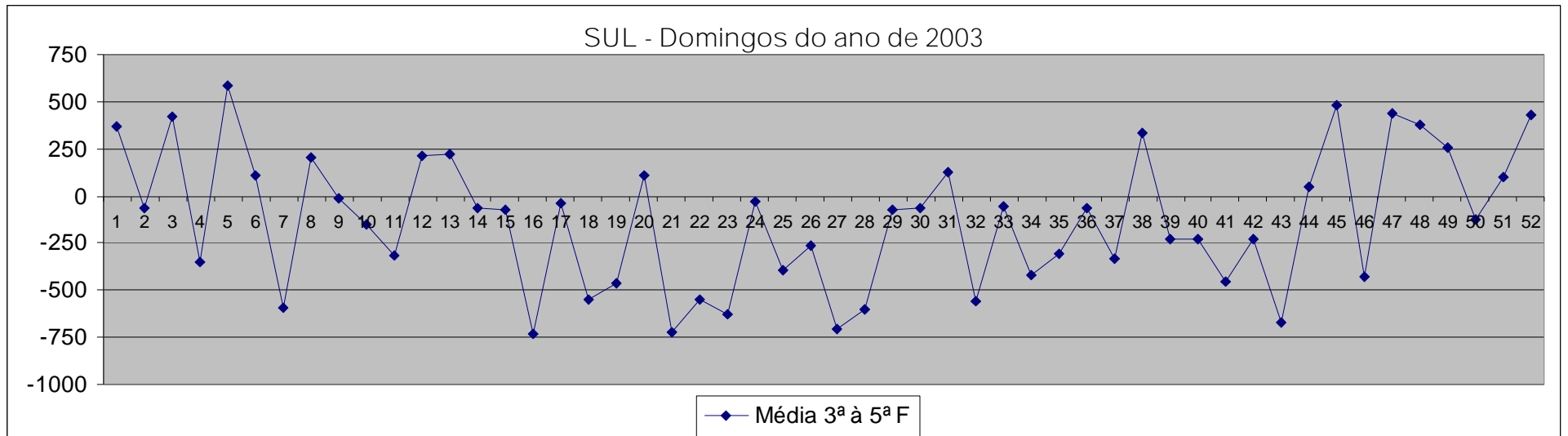
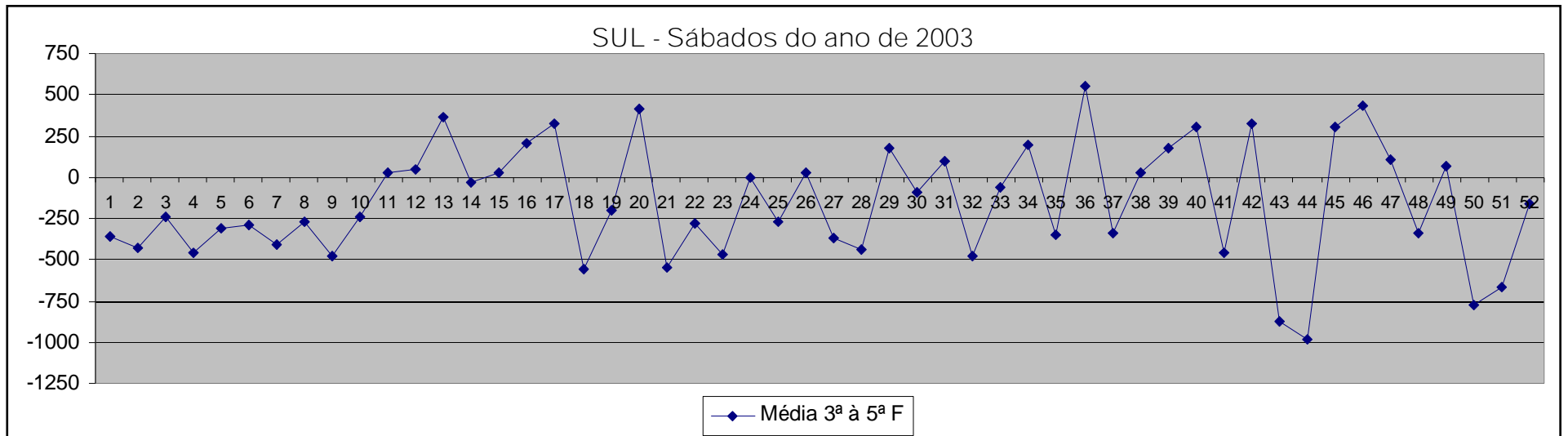


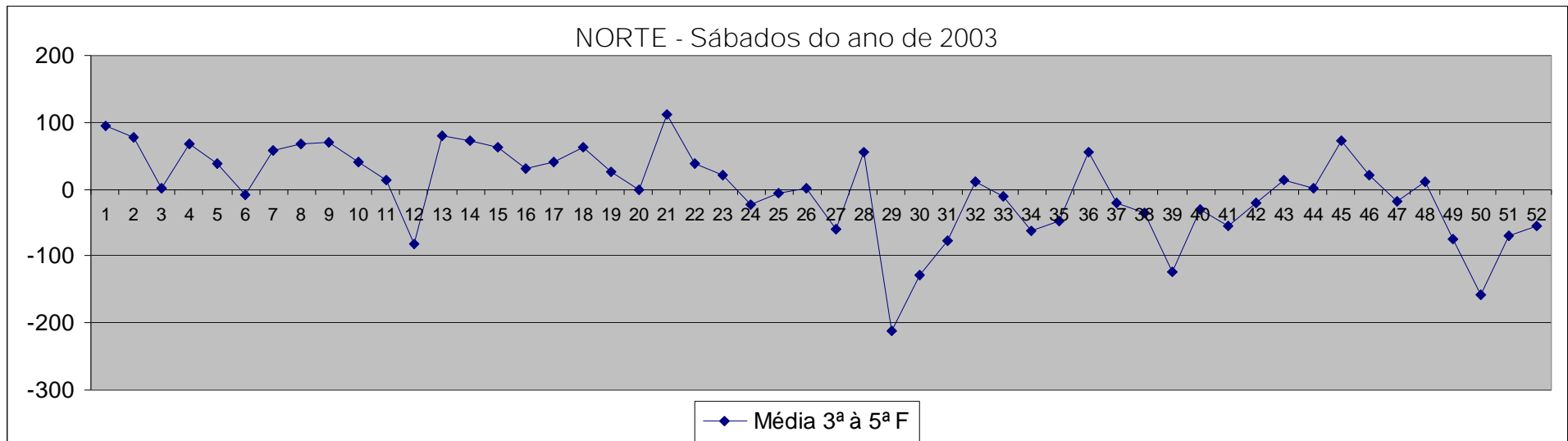
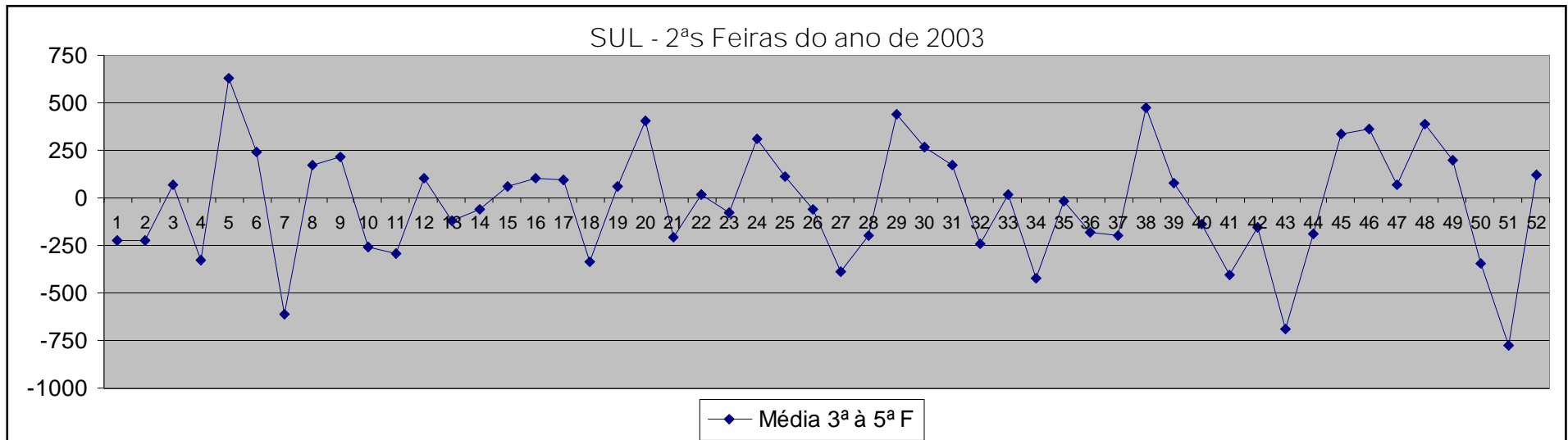
SUDESTE - Domingos do ano de 2003

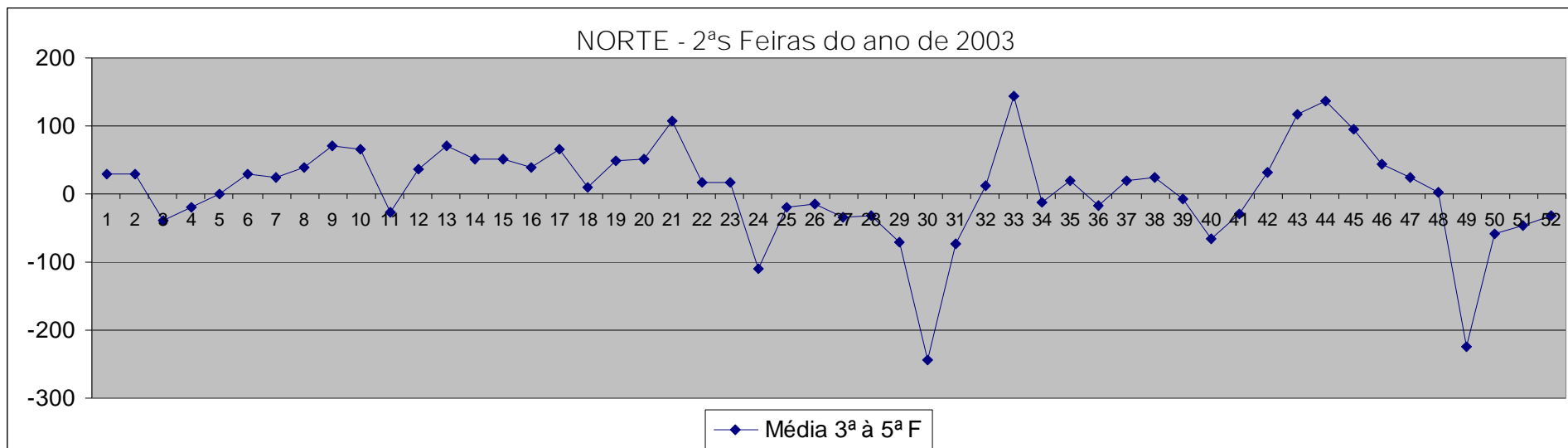
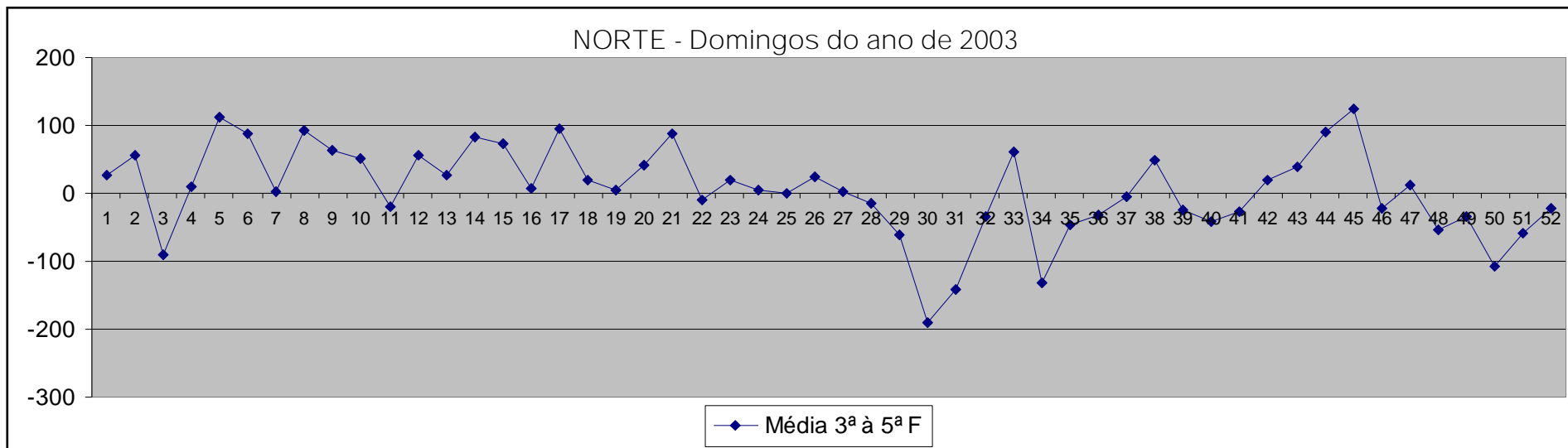


SUDESTE - 2ªs Feiras do ano de 2003

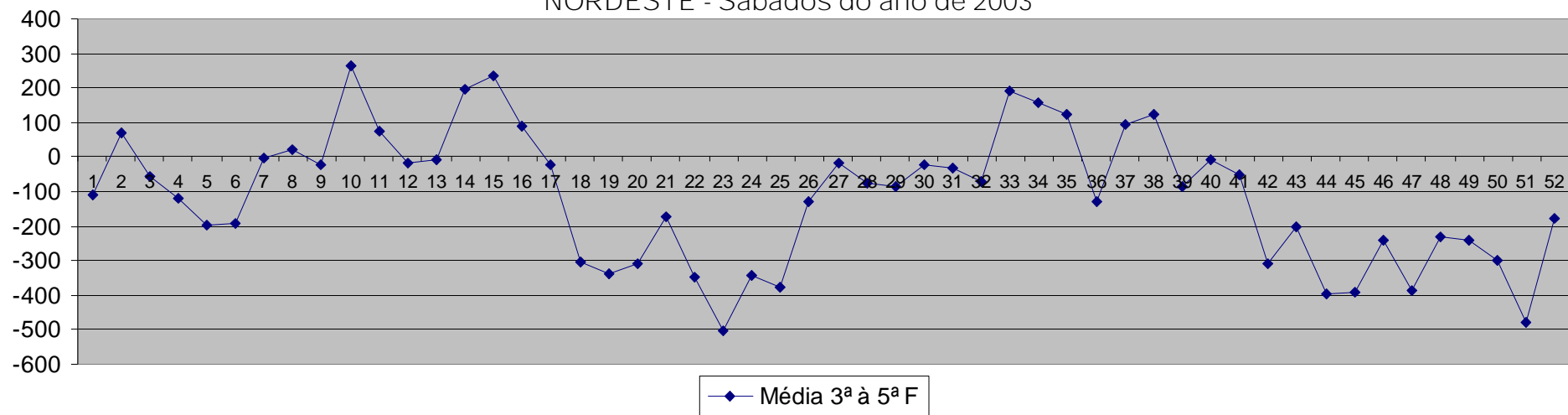




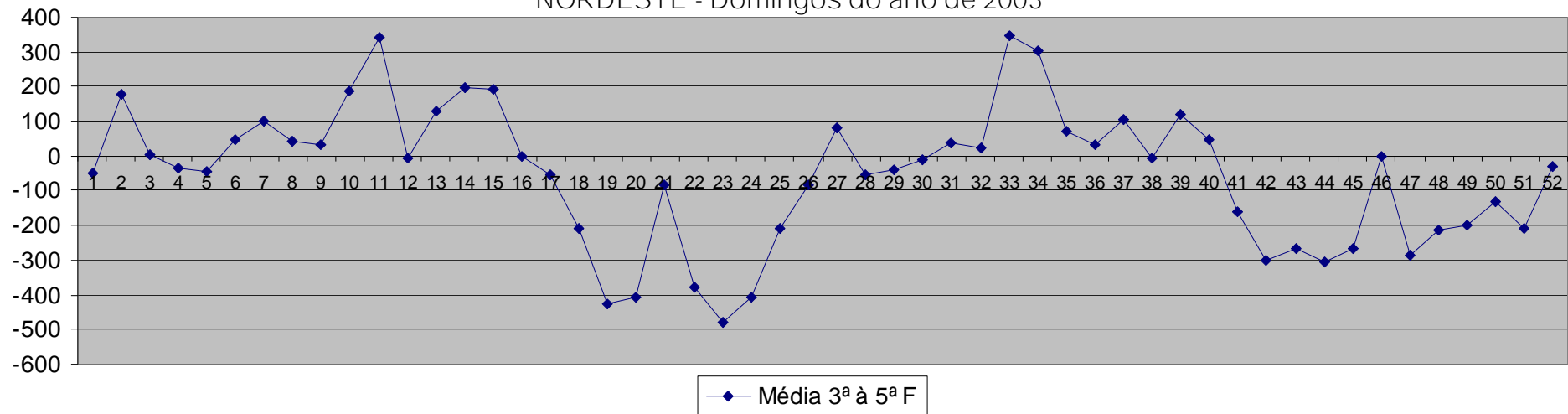




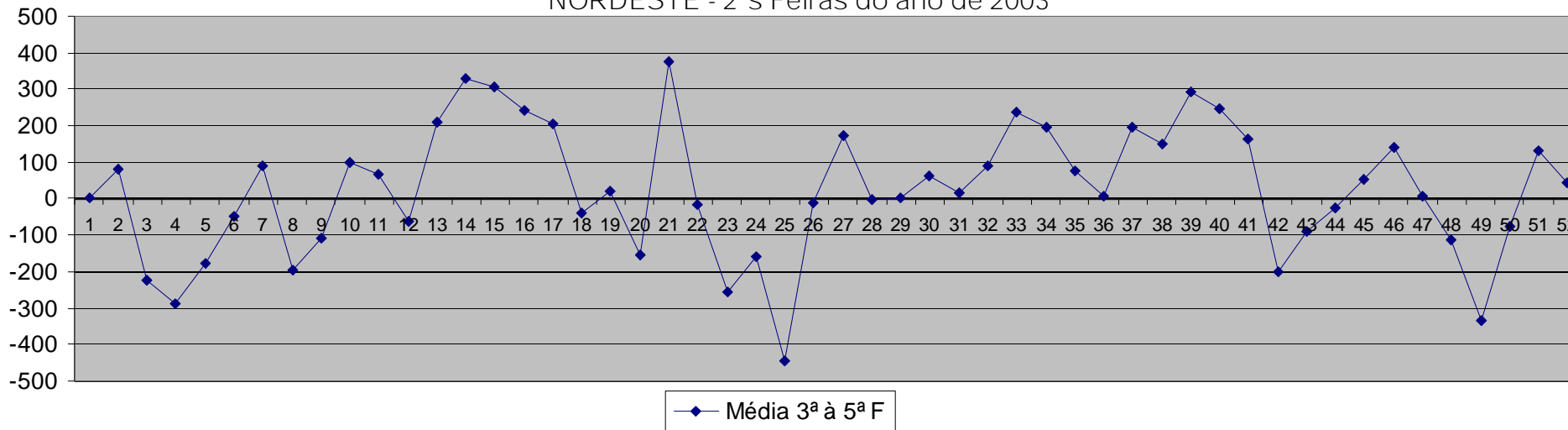
NORDESTE - Sábados do ano de 2003



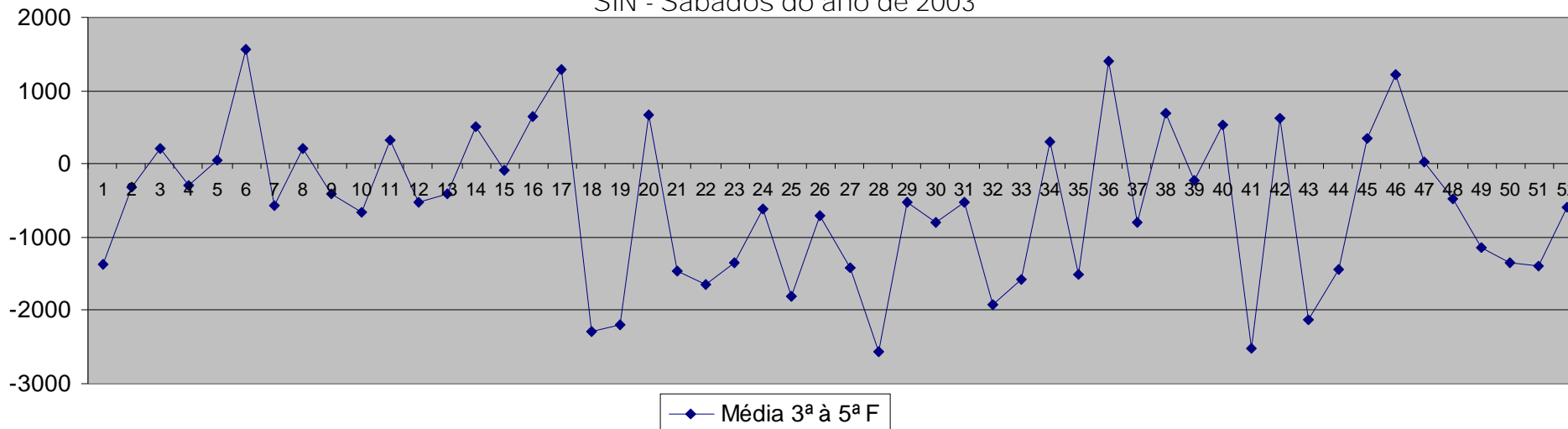
NORDESTE - Domingos do ano de 2003

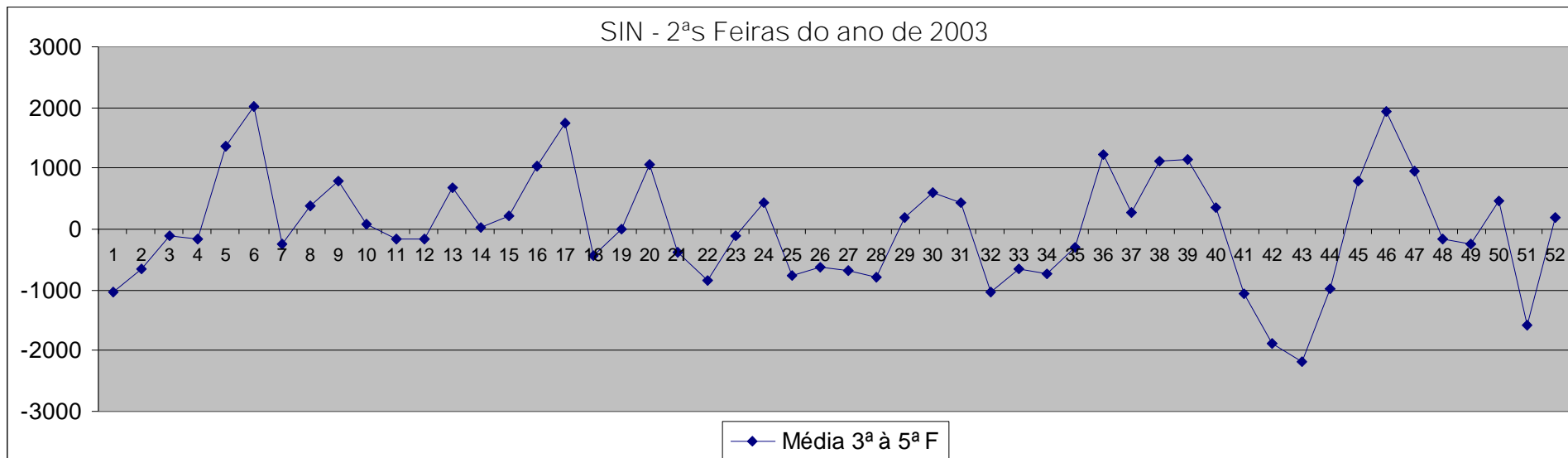
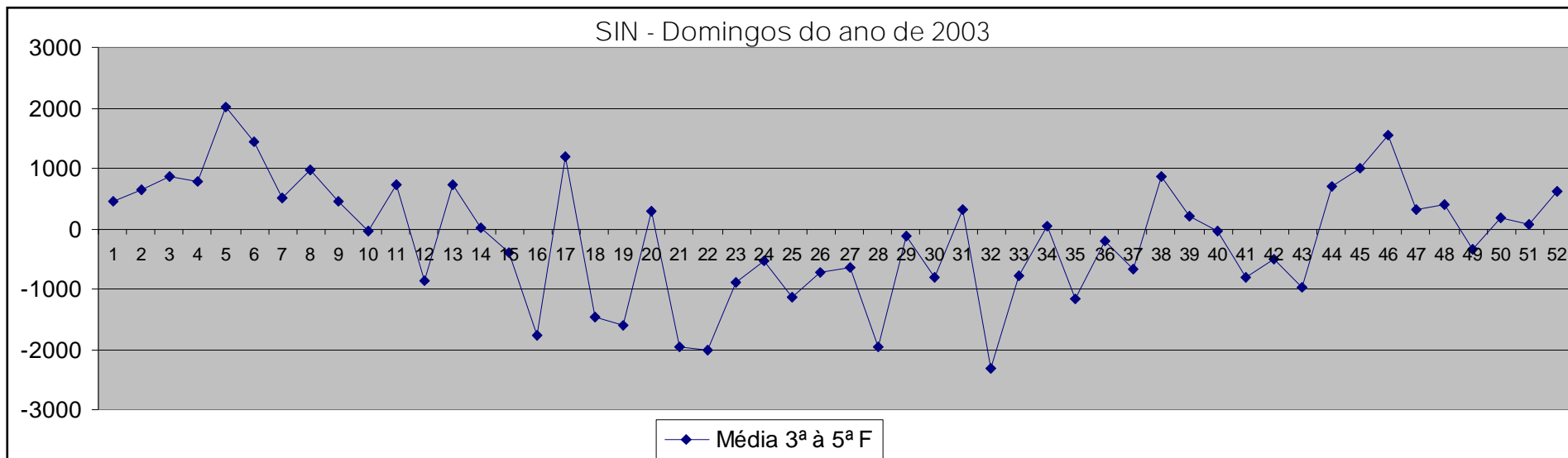


NORDESTE - 2^{as} Feiras do ano de 2003



SIN - Sábados do ano de 2003





Gráficos dos Percentuais dos Erros

Os gráficos a seguir apresentam os erros em valores percentuais resultantes da aplicação do modelo de Ajuste Exponencial com coeficiente de ajuste $W = 0,75$ para cada uma das regiões nos finais de semana e segundas-feiras, considerando-se as previsões feitas a partir da média de terça à quinta-feira.

