



ISSN 1519-7212

BANCO CENTRAL DO BRASIL

Notas Técnicas do Banco Central do Brasil

Número 41

Atualizado em julho de 2004

**Exigência de Capital para Risco de Mercado de Ações – Método Histórico
de VaR com Janela Móvel Dupla**

João Maurício S. Moreira e Ricardo S. Maia Clemente

Atualizado em julho de 2004

ISSN 1519-7212
CGC 00.038.166/0001-05

| | | | | | |
|--|----------|-------|-----|------|-----------|
| Notas Técnicas do Banco Central do Brasil | Brasília | nº 41 | out | 2003 | P. 1 - 40 |
|--|----------|-------|-----|------|-----------|

Notas Técnicas do Banco Central do Brasil

As opiniões expressas neste trabalho são exclusivamente do(s) autor(es) e não refletem a visão do Banco Central do Brasil, exceto no que se refere a notas metodológicas.

Coordenação:

Departamento Econômico (Depec)

(E-mail: depec@bcb.gov.br)

É permitida a reprodução das matérias, desde que mencionada a fonte:
Notas Técnicas do Banco Central do Brasil, nº 41, outubro/2003.

Controle Geral de Publicações

Banco Central do Brasil
Secre/Surel/Dimep
SBS – Quadra 3 – Bloco B – Edifício-Sede – M1
Caixa Postal 8670
70074-900 Brasília – DF
Telefones: (61) 414-3710 e 414-3711
Fax: (61) 414-3626
E-mail: editor@bcb.gov.br

Convenções Estatísticas

- ... dados desconhecidos.
- dados nulos ou indicação de que a rubrica assinalada é inexistente.
- 0 ou 0,0 menor que a metade do último algarismo, à direita, assinalado.
- * dados preliminares.

O hífen (-) entre anos (1970-75) indica o total de anos, inclusive o primeiro e o último.

A barra (/) utilizada entre anos (1970/75) indica a média anual dos anos assinalados, inclusive o primeiro e o último, ou ainda, se especificado no texto, ano-safra, ou ano-convênio.

Eventuais divergências entre dados e totais ou variações percentuais são provenientes de arredondamentos.

Não são citadas as fontes dos quadros e gráficos de autoria exclusiva do Banco Central do Brasil.

Central de Informações do Banco Central do Brasil

| | | | | |
|-----------|--|--------|----------------|------------------------------------|
| Endereço: | Secre/Surel/Diate | Tels.: | (61) 414 (...) | 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406 |
| | Edifício-Sede, 2º subsolo | DDG | 0800 99 2345 | |
| | SBS – Quadra 3 – Zona Central | Fax: | (61) 321-9453 | |
| | 70074-900 Brasília – DF | | | |
| Internet: | http://www.bcb.gov.br | | | |
| E-mail: | cap.secre@bcb.gov.br | | | |

Apresentação

A institucionalização da série Notas Técnicas do Banco Central do Brasil, cuja gestão compete ao Departamento Econômico (Depec), promove a divulgação de trabalhos de elaboração econômica que tenham interesse não apenas teórico, mas também conjuntural e metodológico, refletindo desse modo o trabalho gerado por funcionários da instituição em todas as suas áreas de atuação. Igualmente, poderão fazer parte da série trabalhos que, embora realizados externamente, tenham recebido suporte institucional do Banco Central.

Exigência de Capital para Risco de Mercado de Ações – Método Histórico de VaR com Janela Móvel Dupla*

JOÃO MAURÍCIO S. MOREIRA
RICARDO S. MAIA CLEMENTE

Resumo: Este trabalho examina um método de determinação da exigência de capital, baseado no método histórico de Value at Risk (VaR), para cobertura de risco de mercado decorrente da exposição em ações. São utilizadas duas janelas móveis de dados, uma de 126 e outra de 252 dias úteis, para a obtenção dos quantis empíricos que constituem o VaR. Para a avaliação, foram utilizadas dez séries de retornos diários relativos ao Ibovespa e a nove ações entre aquelas que o compõe. O método examinado segue as orientações do Comitê de Basiléia para modelos proprietários que utilizam o conceito de VaR. A aferição dos resultados baseia-se no *backtest* do VaR diário e da exigência de capital. Para o VaR foi utilizado, adicionalmente, o teste de Kupiec para a proporção de exceções. Como parâmetros para comparação, utilizamos o método histórico com janela única de 252 dias e o método baseado em alisamento exponencial.

(*) Quaisquer críticas e sugestões são bem-vindas e podem ser direcionadas para joao.mauricio@bcb.gov.br, ou ricardo.maia@bcb.gov.br.

Sumário

| | |
|--|----|
| 1. Introdução | 9 |
| 2. Amostra | 9 |
| 3. Metodologia | 10 |
| 3.1 Exigência de capital | 10 |
| 3.2 Método histórico com janela dupla | 11 |
| 3.3 Método histórico com janela única | 11 |
| 3.4 Método baseado em alisamento exponencial | 11 |
| 3.5 Aferição do resultado | 12 |
| 4. Resultados | 13 |
| 5. Conclusão | 13 |
| Referências bibliográficas | 15 |
| Anexos | 17 |

Exigência de Capital para Risco de Mercado de Ações – Método Histórico de VaR com Janela Móvel Dupla

JOÃO MAURÍCIO S. MOREIRA¹

RICARDO S. MAIA CLEMENTE²

1. Introdução

Os resultados obtidos em Araújo, Moreira e Clemente (2003) sugerem que o método baseado em alisamento exponencial seria, entre aqueles avaliados, o mais adequado na determinação do requerimento de capital para risco de mercado em ações, dada a sua propriedade de rápida adaptação a alterações nos níveis de volatilidade. Por sua vez, o método não paramétrico baseado no quantil empírico (método histórico), embora tenha apresentado os melhores resultados para o VaR de um dia, mostrou desempenho inferior ao do método de alisamento exponencial para a exigência de capital.

A principal crítica ao método histórico consiste na sua resposta lenta a flutuações da volatilidade. Contudo, a sua grande simplicidade de implementação, bem como os bons resultados alcançados no *backtesting* do VaR diário realizado anteriormente, motivaram novos testes. Desta feita, entretanto, foi implementada uma pequena modificação no método histórico usual, com vistas a melhorar sua resposta a aumentos nos padrões da volatilidade. Nesse sentido, em vez de se utilizar uma única janela de 252 observações, são consideradas duas janelas, de 126 e de 252 dias, para a obtenção do quantil empírico, escolhendo-se o que gera o maior VaR. Essa alteração permite que, em relação à versão de janela única, a exigência de capital se eleve mais rapidamente em resposta a um aumento de volatilidade, mas mantenha lenta a queda quando a volatilidade retorna aos patamares anteriores. Trata-se, portanto, de uma versão mais conservadora, na medida em que a maior agilidade na resposta só se dá em momentos de aumentos na volatilidade.

Como parâmetros para comparação, foram considerados o método histórico usual, com janela única de 252 dias, e o método baseado em alisamento exponencial. Os resultados obtidos indicam que o método histórico com o uso de duas janelas deve ser considerado entre as alternativas simples e de baixo custo de implementação para o cálculo de exigência de capital.

2. Amostra

São utilizadas nesta análise as séries diárias de cotações de fechamento do pregão da Bovespa, relativas ao Ibovespa e às ações das empresas Aracruz (ARCZ6),

1/ Departamento de Estudos e Pesquisas do Banco Central do Brasil.

2/ Departamento de Estudos e Pesquisas do Banco Central do Brasil.

Bradesco (BBDC4), Cemig (CMIG4), CSN (CSNA3), Eletrobrás (ELET6), Inepar (INEP4), Itaú (ITAU4), Petrobrás (PETR4) e Vale do Rio Doce (VALE5), no período de 4/7/94 a 31/7/2002. Foram consideradas posições isoladas, compradas e vendidas, em cada ativo, em vez de composições em carteiras. Objetivou-se, dessa forma, avaliar os métodos de exigência de capital em situações de considerável risco (à exceção do Ibovespa, que equivale a uma carteira altamente diversificada). O retorno de cada ativo é calculado

por $R_t = \left(\frac{p_t}{p_{t-1}} \right) - 1$, onde p_t é o preço de fechamento do ativo na data t . Para o método

baseado em alisamento exponencial utilizamos a aproximação pela forma logarítmica,

$r_t = \ln \left(\frac{p_t}{p_{t-1}} \right)$ na estimação da volatilidade. Para o *backtest*, contudo, foi utilizada sempre

a série de retornos efetivos³.

3. Metodologia

3.1 Exigência de capital

Segundo a abordagem de modelos internos proposta pelo Acordo de Basiléia, a exigência de capital (EC) seria diariamente calculada por⁴:

$$EC_t = \max \left\{ \left(\frac{M}{60} \sum_{k=1}^{60} VaR_{t-k+1}^{10d} \right), VaR_t^{10d} \right\} \quad (1)$$

onde $M = 3$ é o multiplicador da média do VaR para 10 dias (VaR_t^{10d}) nos últimos sessenta dias.

Dada a considerável volatilidade exibida pelo mercado brasileiro, que pode gerar, no contexto das regras de Basiléia, uma exigência de capital exagerada⁵, optou-se por avaliar também $M = 2$. O VaR foi calculado com um nível de confiança de 99%, na forma de retornos, para as posições comprada e vendida. Ou seja, considerou-se um montante constante para as posições nos ativos no valor de R\$1. Da mesma forma, a exigência de capital é calculada como retorno, sendo que para a posição comprada foi imposta a limitação $EC \leq 1$, já que a perda máxima possível é de 100%. Para a posição vendida, entretanto, não há limite⁶.

3/ No caso do método baseado em alisamento exponencial, como será visto adiante, a fórmula do VaR é ajustada para fornecer um valor compatível com os retornos efetivos.

4/ Basel Committee on Banking Supervision (1996).

5/ Depep-RJ (1999).

6/ Para alguns ativos de maior volatilidade, o cálculo considerando $M = 3$ levou, em alguns momentos, a uma exigência de capital superior ao montante aplicado no ativo.

3.2 Método histórico com janela dupla

Foco desta análise, esse método deriva do método histórico usual que utiliza apenas uma janela móvel para os dados. A modificação implementada consiste em considerar duas janelas móveis, concomitantemente, para a obtenção do quantil empírico de interesse. As janelas escolhidas foram de 126 e 252 dias. Os quantis de 1% (cauda esquerda) e de 99% (cauda direita) são extraídos das duas janelas e aquele que for, para cada cauda, o mais conservador (o maior em módulo) é utilizado no cálculo do VaR das posições comprada e vendida, segundo as fórmulas abaixo⁷:

$$VaR_{t,comp}^{1d} = Máx \left| Q_{1\%,t}^{126}; Q_{1\%,t}^{252} \right| \quad (2)$$

$$VaR_{t,vend}^{1d} = Máx \left(Q_{99\%,t}^{126}; Q_{99\%,t}^{252} \right) \quad (3)$$

$$VaR_{i,t,comp}^{1d} = \left| \exp \left(z_{1\%} \times h_{i,t}^{1/2} \right) - 1 \right| \quad (4)$$

3.3 Método histórico com janela única

Esta é a forma usual do método não paramétrico do quantil empírico, em que se utilizou apenas uma janela móvel de 252 observações. Dessa forma, o VaR de um dia será dado pelas fórmulas (5) e (6), alternativamente às fórmulas (2) e (3).

$$VaR_{t,comp}^{1d} = \left| Q_{1\%,t}^{252} \right| \quad (5)$$

$$VaR_{t,vend}^{1d} = \left(Q_{99\%,t}^{252} \right) \quad (6)$$

3.4 Método baseado em alisamento exponencial

Este método segue a metodologia do RiskMetrics⁸, onde o VaR de cada ativo é obtido a partir da sua volatilidade específica, a qual é calculada com base em alisamento exponencial (EWMA⁹). O VaR para um dia de cada ativo é dado por¹⁰:

$$VaR_{i,t,comp}^{1d} = \left| \exp \left(z_{1\%} \times h_{i,t}^{1/2} \right) - 1 \right| \quad (7)$$

7/ O uso de raiz de 10 na obtenção do VaR de 10 dias segue orientação contida no documento “Amendment to the Capital Accord to Incorporate Market Risks” do Comitê de Basileia, seção B.4, letra (c).

8/ Metodologia desenvolvida pelo banco norte-americano J. P. Morgan.

9/ *Exponentially Weighted Moving Average*.

10/ O uso da função exponencial na fórmula permite a comparação direta entre as estimativas de VaR e os retornos efetivos, ao transformar a estimativa do quantil da série de retornos logarítmicos na correspondente estimativa do quantil da série de retornos efetivos.

$$VaR_{i,t,vend}^{1d} = \exp\left(z_{99\%} \times h_{i,t}^{1/2}\right) - 1 \quad (8)$$

em que $z_{\alpha\%}$ corresponde ao quantil de $\alpha\%$ da normal padronizada, e $h_{i,t}^{1/2}$ é a volatilidade condicional diária dos retornos do ativo i estimada para a data t , calculada por alisamento exponencial, conforme a expressão:

$$h_{i,t}^{1/2} = \sqrt{\lambda h_{i,t-1} + (1-\lambda)r_{i,t-1}^2} \quad (9)$$

onde λ é o fator de decaimento exponencial, para o qual se adotou o padrão Riskmetrics de 0,94¹¹. Esse valor para o λ apresentou melhores resultados que o fator estimado com base no Ibovespa, na análise anterior¹². O VaR de dez dias é dado por

$$VaR_{i,t,comp}^{10d} = \left| \exp\left(z_{1\%} \times h_{i,t}^{1/2} \times \sqrt{10}\right) - 1 \right| \quad (10)$$

$$VaR_{i,t,vend}^{10d} = \exp\left(z_{99\%} \times h_{i,t}^{1/2} \times \sqrt{10}\right) - 1 \quad (11)$$

3.5 Aferição do resultado

O Comitê da Basileia sugere um prazo (*holding period*) de dez dias, durante o qual as perdas poderiam hipoteticamente se acumular. Dessa forma, a comparação se dá entre os retornos acumulados por dez dias, para cada ativo estudado, e a respectiva exigência de capital, sendo contabilizado o total de exceções ocorridas. Entende-se por falha a ocorrência de uma perda superior à exigência de capital previamente fixada. A aferição é implementada para o período de 5/10/1995 a 18/7/2002, em um total de 1.675 observações.

Adicionalmente, utilizou-se teste de Kupiec¹³, com 5% de significância, para o percentual de exceções do VaR diário, onde a proporção de vezes em que o nível pré-especificado para VaR é ultrapassado é objeto de um teste de hipótese. Testa-se a hipótese nula (H_0) de que a proporção de exceções do modelo obtida empiricamente é igual ao nível pré-especificado (teórico) para o VaR. Usualmente são construídos intervalos para a proporção de exceções em que H_0 não pode ser rejeitada ao nível de 5% de significância. Alternativamente, calculou-se o p-valor para a proporção de exceções. Considerando-se o nível de significância escolhido, um p-valor igual ou superior a 5% implica que H_0 não deve ser rejeitada.

11/ Apesar de consistir no padrão Riskmetrics para o mercado americano, o parâmetro de decaimento $\lambda=0,94$ é também comumente usado no mercado brasileiro e já foi testado em alguns artigos (ver Lemgruber e Ohanian, 2001).

12/ Araújo, Moreira e Clemente (2003).

13/ Kupiec (1995).

Para uma avaliação de custo-benefício, comparou-se a exigência média de capital por ativo e por multiplicador com os respectivos números de exceções ocorridos. Há um *trade-off* entre esses indicadores, uma vez que, para um dado método, uma maior exigência de capital tende a gerar um menor número de exceções. Nesse caso, quão menores ambos os valores, mais eficiente é o método.

4. Resultados

Os resultados encontram-se detalhados nas tabelas e nos gráficos em anexo, e podem ser resumidos da seguinte forma:

1. O método histórico com janela dupla apresentou o melhor desempenho para o VaR diário, segundo o teste de Kupiec para a proporção de exceções. A hipótese nula não pôde ser rejeitada para qualquer dos ativos, para ambas as caudas. O método histórico com janela simples de 252 dias teve H0 rejeitada uma vez para a cauda esquerda (série de retornos da Aracruz) e duas para a cauda direita (Aracruz e Eletrobrás). Já o método baseado em alisamento exponencial apresentou desempenho fraco, com H0 não podendo ser rejeitada em apenas uma situação para cada cauda (Tabelas 1, 2 e 3).

2. O *backtest* da exigência de capital mostra que o método histórico com janela dupla foi sempre melhor que o método histórico com uma janela de dados, conforme esperado. O método baseado em alisamento exponencial foi melhor que o método de janela dupla para $M = 3$, mas apresentou mais exceções para $M = 2$ (Tabelas 4, 5, 6).

3. As exigências de capital médias são maiores para o método de janela dupla, vindo em seguida os métodos de janela simples e de alisamento exponencial (Tabelas 7, 8 e 9). Ao se agregarem as EC médias e as exceções por método e por multiplicador (Tabela 10), é possível verificar que o método de janela simples é sempre menos eficaz (mais exceções) e mais oneroso (EC média maior) que o método de alisamento exponencial. Este também é mais eficiente que o método da janela dupla para $M = 3$. Para $M = 2$, contudo, o método de alisamento exponencial apresenta o menor custo, mas o método de janela dupla falha menos.

4. De uma forma geral, todos os métodos apresentaram um número proporcionalmente reduzido de exceções. O número mais expressivo, treze, ocorreu para o método histórico com uma janela, $M = 2$, aplicado à série de retornos da Aracruz. Em relação às 1.675 observações de cada série, isso corresponde a 0,78%.

5. Conclusão

Este trabalho examina um método de determinação da exigência de capital baseado no método histórico de VaR, para cobertura de risco de mercado decorrente da exposição em ações. São utilizadas duas janelas móveis de dados, uma de 126 e outra de

252 dias úteis, para a obtenção dos quantis empíricos que constituem o VaR. Para a avaliação, foram utilizadas dez séries de retornos diários relativos ao Ibovespa e a nove das ações que o compõe. Como parâmetros para comparação, utilizamos o método histórico com janela única de 252 dias e o método baseado em alisamento exponencial.

A exemplo do que ocorrera em Araújo, Moreira e Clemente (2003), o método histórico, em ambas as versões, foi amplamente superior ao de alisamento exponencial no *backtesting* do VaR de um dia. Com relação à exigência de capital, entretanto, as posições tendem a se inverter.

O método histórico de duas janelas pode ser considerado mais eficiente que o método histórico usual baseado em uma única janela de dados, pois com um aumento da ordem de apenas 3% a 6% na exigência de capital, obteve-se um número de exceções, aproximadamente, duas vezes menor.

Em relação ao método de alisamento exponencial, o método de janela dupla é menos eficiente para $M = 3$. Para $M = 2$, contudo, o resultado é dúbio, pois apresenta maior custo, juntamente com uma menor incidência de exceções.

Dessa forma, os resultados indicam que as combinações método histórico de duas janelas com $M = 2$ e método de alisamento exponencial com $M = 3$ são alternativas, ainda que simples, a serem consideradas para o cálculo de requerimentos de capital para risco de mercado de ações no Brasil.

Referências bibliográficas

ARAÚJO, G. S.; MOREIRA, J. M. S.; CLEMENTE, R. S. M. Avaliação de métodos de cálculo de exigência de capital para risco de mercado de carteiras de ações no Brasil. **Série de Trabalhos para Discussão do Banco Central do Brasil**, nº 67, fevereiro/2003.

BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION. **Amendment to the capital accord to incorporate market risks**. January, 1996.

BRASIL. Banco Central. Depep/RJ. **Relatório sobre alocação de capital para cobertura de riscos de mercado**. Banco Central do Brasil, dezembro de 1999.

JORION, P. **Value at Risk: a nova fonte de referência para o controle de risco de mercado**. Bolsa de Mercadorias e Futuros. São Paulo, 1998.

KUPIEC, P. Techniques for verifying the accuracy of risk measurement models. **Journal of Derivatives**, 2, 73-84-1995.

LEMGRUBER, E.F. & OHANIAN, G. **O modelo de projeção de volatilidade do riskmetrics e a hipótese de distribuição normal condicional para alguns fatores de risco do Brasil in Gestão de Risco e Derivativos: Aplicações no Brasil**, 2001

Anexos

Tabela 1 – Número de exceções e resultados do Teste de Kupiec para o VaR de um dia calculado pelo modelo histórico com janelas de 126 e 252 dias

| | Cauda esquerda | p-valor | Cauda direita | p-valor |
|------------|----------------|---------|---------------|---------|
| Ibovespa | 21 | 0,3154 | 16 | 0,8528 |
| Aracruz | 23 | 0,1463 | 23 | 0,1463 |
| Bradesco | 16 | 0,8528 | 16 | 0,8528 |
| Cemig | 22 | 0,2187 | 22 | 0,2187 |
| CSN | 22 | 0,2187 | 19 | 0,5886 |
| Eletróbrás | 19 | 0,5886 | 24 | 0,0945 |
| Inepar | 24 | 0,0945 | 22 | 0,2187 |
| Itaú | 19 | 0,5886 | 18 | 0,7617 |
| Petrobras | 21 | 0,3154 | 19 | 0,5886 |
| Vale | 19 | 0,5886 | 15 | 0,6618 |

Tabela 2 – Número de exceções e resultados do Teste de Kupiec para o VaR de um dia calculado pelo método histórico com janela de 252 dias

| | Cauda esquerda | p-valor | Cauda direita | p-valor |
|------------|----------------|---------|---------------|---------|
| Ibovespa | 25 | 0,0590 | 18 | 0,7617 |
| Aracruz | 26 | 0,0356 | 26 | 0,0356 |
| Bradesco | 18 | 0,7617 | 17 | 0,9512 |
| Cemig | 24 | 0,0945 | 25 | 0,0590 |
| CSN | 25 | 0,0590 | 23 | 0,1463 |
| Eletróbrás | 24 | 0,0945 | 31 | 0,0018 |
| Inepar | 24 | 0,0945 | 24 | 0,0945 |
| Itaú | 19 | 0,5886 | 23 | 0,1463 |
| Petrobras | 25 | 0,0590 | 20 | 0,4387 |
| Vale | 22 | 0,2187 | 16 | 0,8528 |

Tabela 3 – Número de exceções e resultados do Teste de Kupiec para o VaR de um dia calculado pelo método de alisamento exponencial

| | Cauda esquerda | p-valor | Cauda direita | p-valor |
|------------|----------------|---------|---------------|---------|
| Ibovespa | 33 | 0,0004 | 19 | 0,5886 |
| Aracruz | 26 | 0,0356 | 38 | 0,0000 |
| Bradesco | 29 | 0,0064 | 33 | 0,0004 |
| Cemig | 26 | 0,0356 | 28 | 0,0117 |
| CSN | 33 | 0,0004 | 40 | 0,0000 |
| Eletróbrás | 27 | 0,0208 | 31 | 0,0018 |
| Inepar | 33 | 0,0004 | 36 | 0,0000 |
| Itaú | 30 | 0,0034 | 28 | 0,0117 |
| Petrobras | 32 | 0,0009 | 33 | 0,0004 |
| Vale | 25 | 0,0590 | 37 | 0,0000 |

Tabela 4 – Número de exceções da exigência de capital calculada pelo modelo histórico com janelas de 126 e 252 dias

| | Cauda esquerda | | Cauda direita | |
|------------|----------------|-------|---------------|-------|
| | M = 2 | M = 3 | M = 2 | M = 3 |
| Ibovespa | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Aracruz | 8 | 2 | 2 | 1 |
| Bradesco | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Cemig | 0 | 0 | 2 | 1 |
| CSN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Eletrobrás | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Inepar | 1 | 0 | 2 | 0 |
| Itaú | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Petrobras | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Vale | 0 | 0 | 4 | 0 |

Tabela 5 – Número de exceções da exigência de capital calculada pelo método histórico com o uso de uma janela de 252 dias

| | Cauda esquerda | | Cauda direita | |
|------------|----------------|-------|---------------|-------|
| | M = 2 | M = 3 | M = 2 | M = 3 |
| Ibovespa | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Aracruz | 8 | 2 | 13 | 6 |
| Bradesco | 10 | 0 | 1 | 0 |
| Cemig | 0 | 0 | 2 | 1 |
| CSN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Eletrobrás | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Inepar | 1 | 0 | 3 | 0 |
| Itaú | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Petrobras | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Vale | 0 | 0 | 5 | 0 |

Tabela 6 – Número de exceções da exigência de capital calculada pelo modelo de alisamento exponencial

| | Cauda esquerda | | Cauda direita | |
|------------|----------------|-------|---------------|-------|
| | M = 2 | M = 3 | M = 2 | M = 3 |
| Ibovespa | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Aracruz | 8 | 1 | 1 | 0 |
| Bradesco | 2 | 0 | 5 | 0 |
| Cemig | 0 | 0 | 1 | 0 |
| CSN | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Eletrobrás | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Inepar | 3 | 0 | 10 | 0 |
| Itaú | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Petrobras | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Vale | 0 | 0 | 7 | 0 |

Tabela 7 – Exigência de capital média calculada pelo modelo histórico com uso de janelas de 126 e 252 dias

| | Cauda esquerda | | Cauda direita | |
|------------|----------------|---------|---------------|---------|
| | M = 2 | M = 3 | M = 2 | M = 3 |
| Ibovespa | 0,42013 | 0,63010 | 0,45739 | 0,68609 |
| Aracruz | 0,45538 | 0,63605 | 0,65026 | 0,97340 |
| Bradesco | 0,47651 | 0,69042 | 0,52930 | 0,79395 |
| Cemig | 0,51115 | 0,73778 | 0,59284 | 0,88927 |
| CSN | 0,43590 | 0,64775 | 0,52970 | 0,79455 |
| Eletróbrás | 0,55844 | 0,78065 | 0,69994 | 1,04991 |
| Inepar | 0,63724 | 0,88223 | 0,82032 | 1,23047 |
| Itaú | 0,40992 | 0,61488 | 0,49001 | 0,73501 |
| Petrobras | 0,50210 | 0,68963 | 0,57924 | 0,86885 |
| Vale | 0,43828 | 0,65733 | 0,53130 | 0,79695 |

Tabela 8 – Exigência de capital média calculada pelo modelo histórico com o uso de uma janela de 252 dias

| | Cauda esquerda | | Cauda direita | |
|------------|----------------|---------|---------------|---------|
| | M = 2 | M = 3 | M = 2 | M = 3 |
| Ibovespa | 0,40006 | 0,60009 | 0,42842 | 0,64263 |
| Aracruz | 0,42971 | 0,61869 | 0,56771 | 0,85157 |
| Bradesco | 0,44333 | 0,66032 | 0,50382 | 0,75574 |
| Cemig | 0,48562 | 0,71832 | 0,56354 | 0,84531 |
| CSN | 0,41432 | 0,62148 | 0,51087 | 0,76630 |
| Eletróbrás | 0,53388 | 0,75763 | 0,67050 | 1,00575 |
| Inepar | 0,61498 | 0,86129 | 0,77792 | 1,16688 |
| Itaú | 0,3920 | 0,5880 | 0,47094 | 0,70640 |
| Petrobras | 0,47192 | 0,66819 | 0,55451 | 0,83176 |
| Vale | 0,42260 | 0,63390 | 0,50195 | 0,75293 |

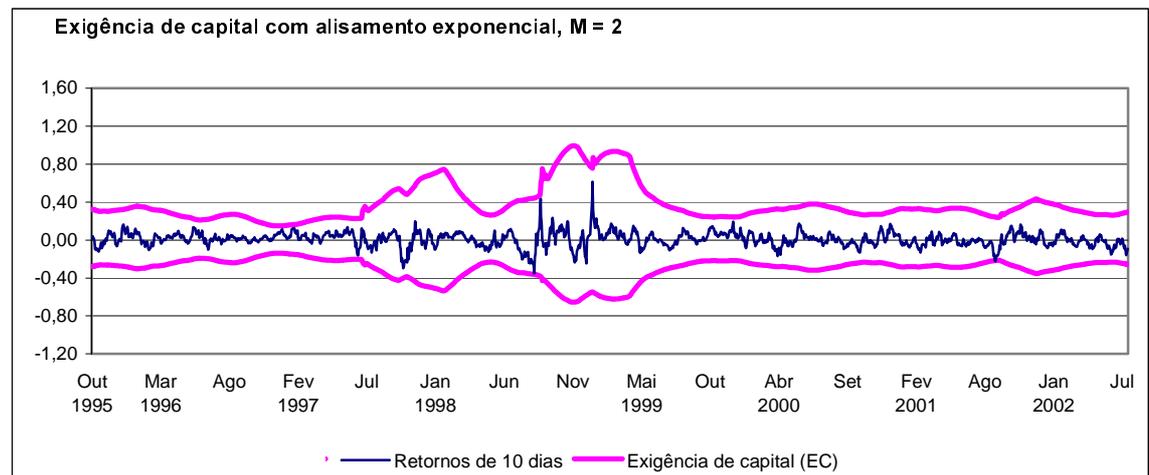
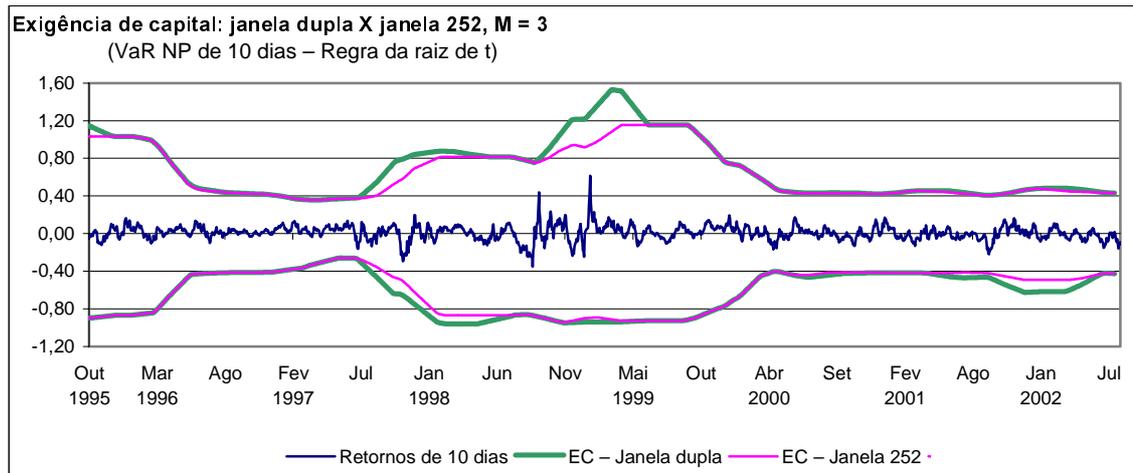
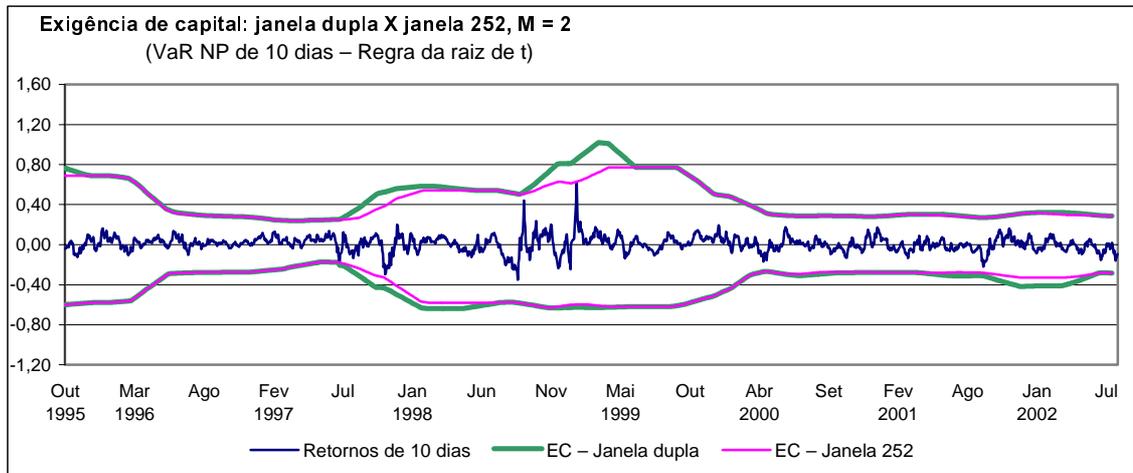
Tabela 9 – Exigência de capital média calculada pelo modelo de alisamento exponencial

| | Cauda esquerda | | Cauda direita | |
|------------|----------------|---------|---------------|---------|
| | M = 2 | M = 3 | M = 2 | M = 3 |
| Ibovespa | 0,30354 | 0,45513 | 0,37613 | 0,56228 |
| Aracruz | 0,37025 | 0,53742 | 0,49613 | 0,73944 |
| Bradesco | 0,34759 | 0,52099 | 0,43693 | 0,65241 |
| Cemig | 0,40071 | 0,59290 | 0,52802 | 0,78936 |
| CSN | 0,3510 | 0,52649 | 0,43712 | 0,65550 |
| Eletróbrás | 0,41746 | 0,61363 | 0,55914 | 0,83624 |
| Inepar | 0,51668 | 0,77296 | 0,72582 | 1,08523 |
| Itaú | 0,34077 | 0,51095 | 0,42181 | 0,63159 |
| Petrobras | 0,35518 | 0,53005 | 0,45659 | 0,68231 |
| Vale | 0,34778 | 0,52057 | 0,44267 | 0,66217 |

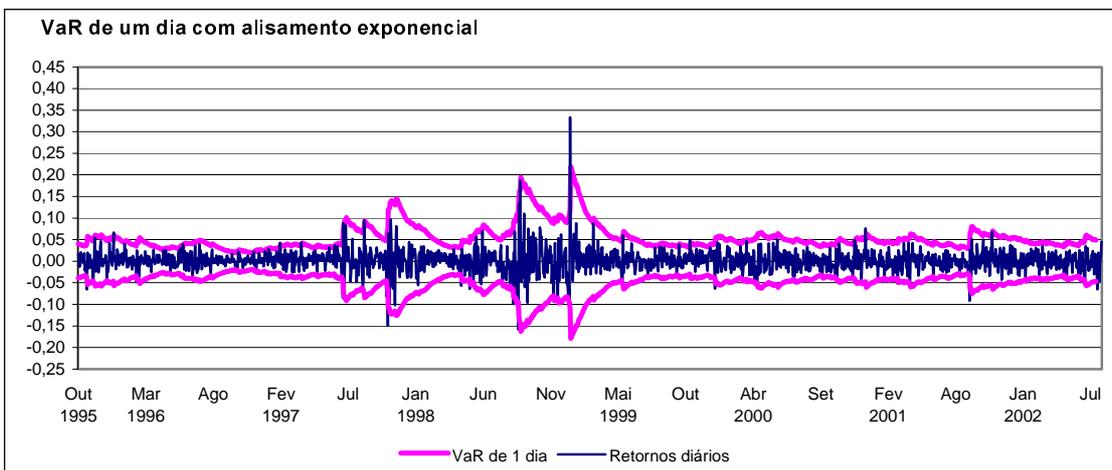
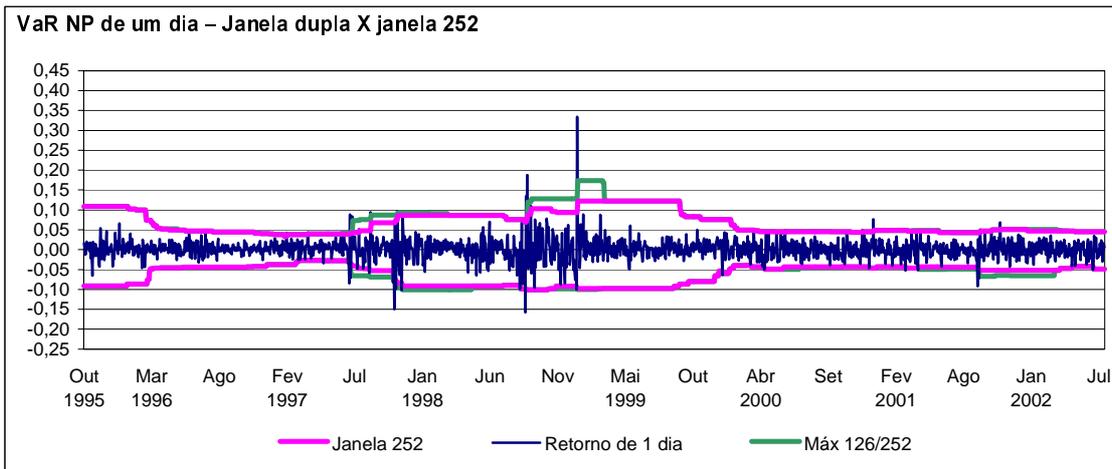
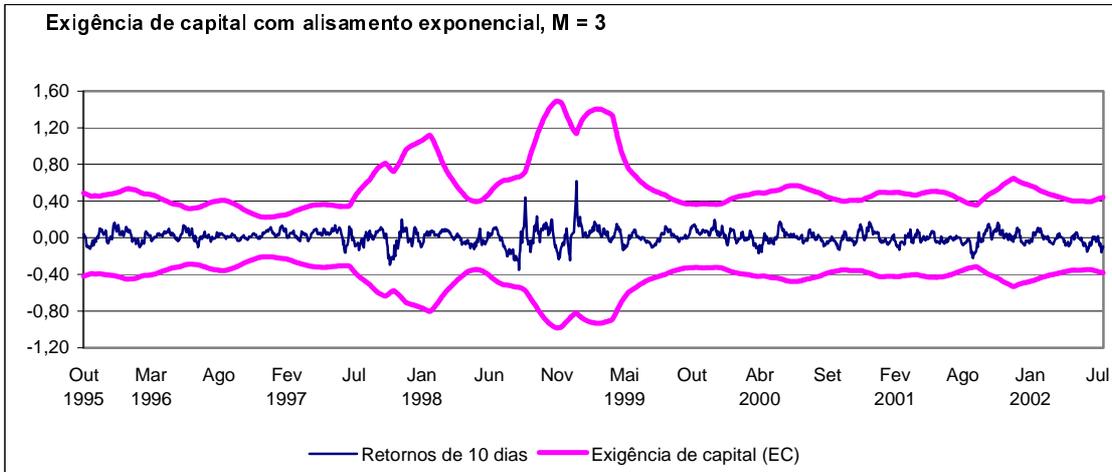
Tabela 10 – Indicadores agregados por método

| | | Cauda esquerda | | Cauda Direita | |
|-------------------------------------|-----------|----------------|----------|---------------|----------|
| | | M = 2 | M = 3 | M = 2 | M = 3 |
| Histórico - Janela de 252 dias | ΣExceções | 20 | 2 | 27 | 7 |
| | EC média | 0,460842 | 0,672790 | 0,555017 | 0,832526 |
| Histórico - Janelas de 126/252 dias | ΣExceções | 10 | 2 | 12 | 2 |
| | EC média | 0,484504 | 0,696683 | 0,588030 | 0,881846 |
| Alisamento Exponencial | ΣExceções | 16 | 1 | 27 | 0 |
| | EC média | 0,375095 | 0,558109 | 0,488036 | 0,729655 |

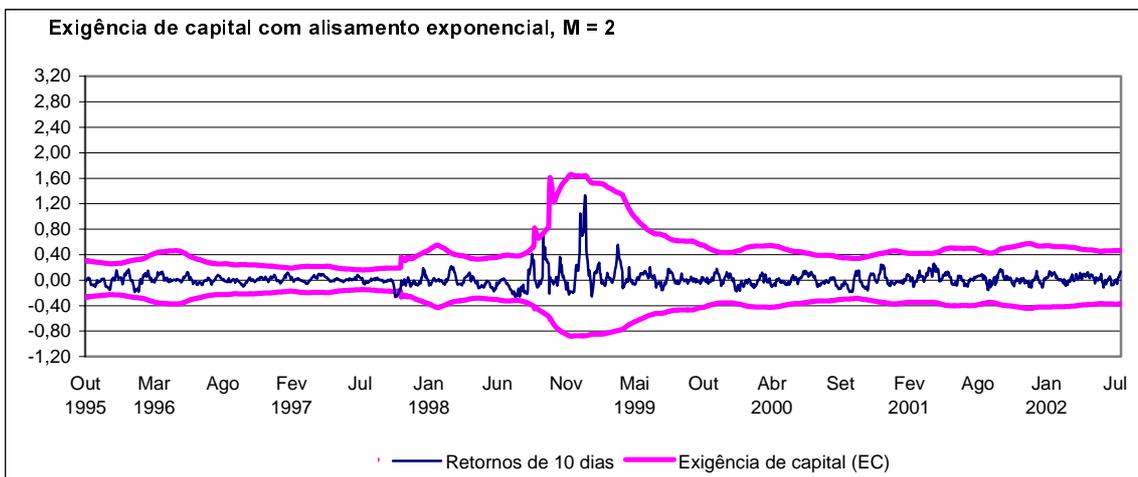
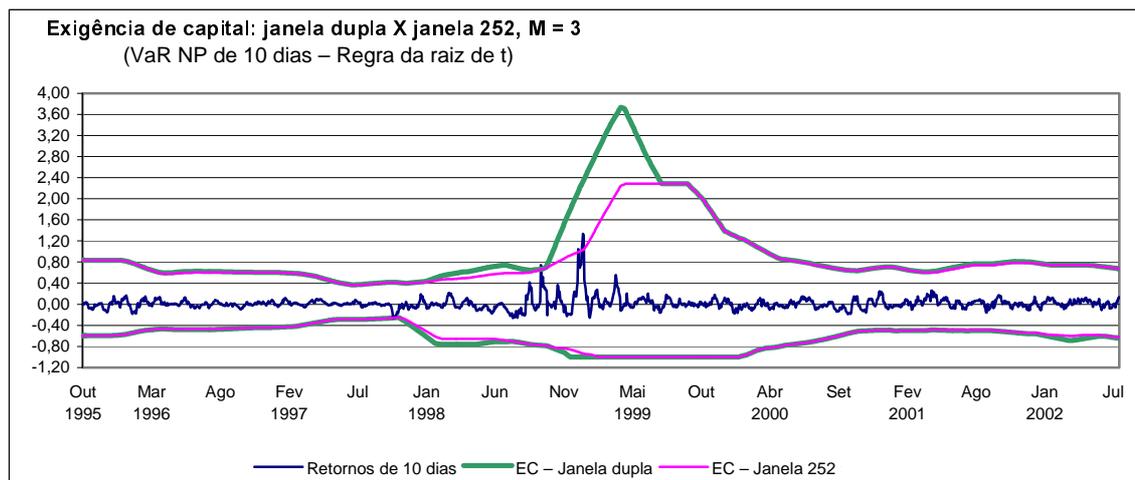
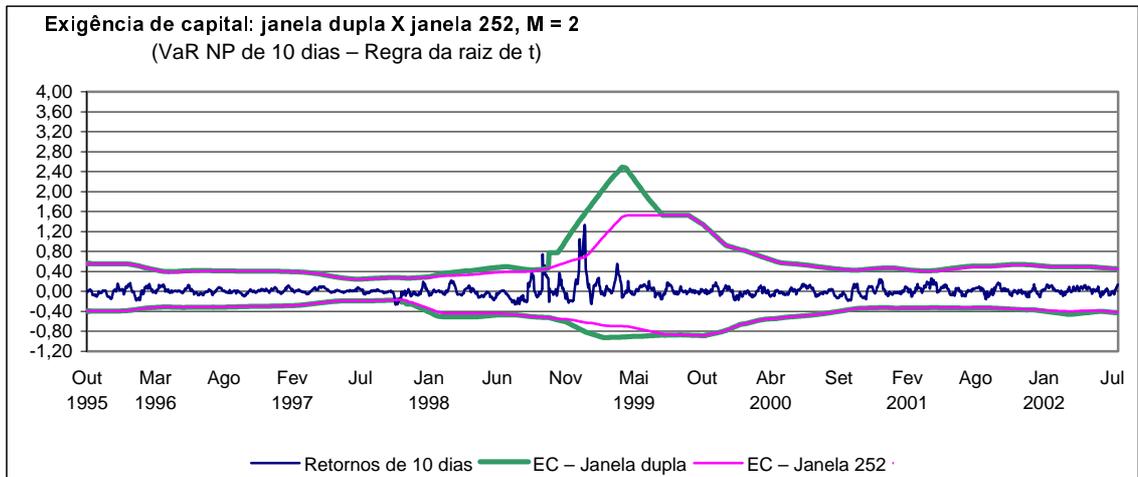
Ibovespa



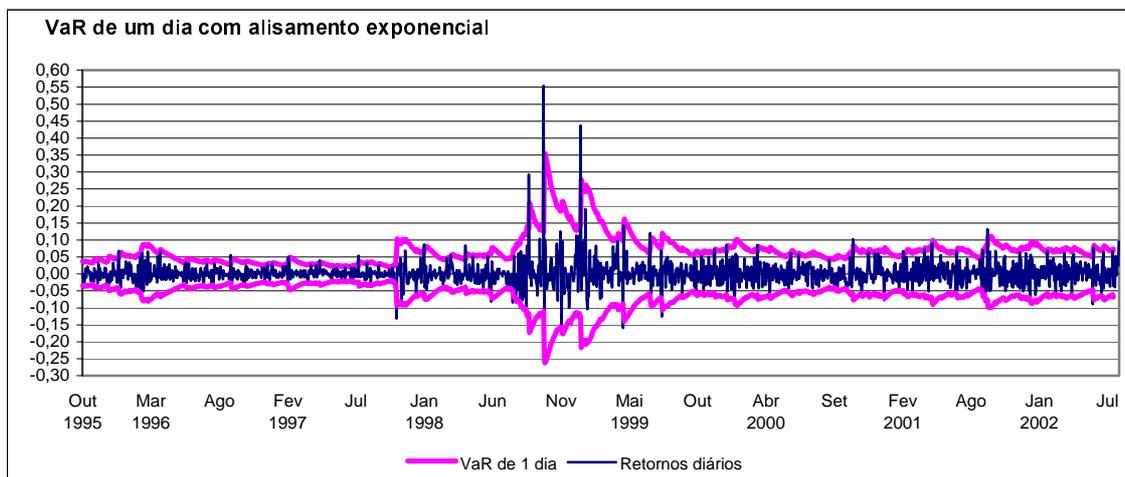
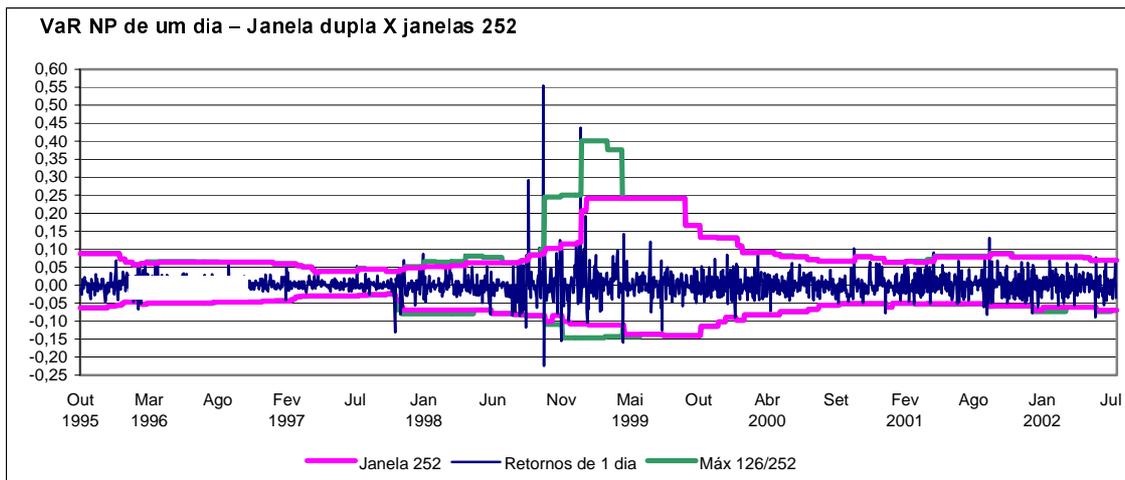
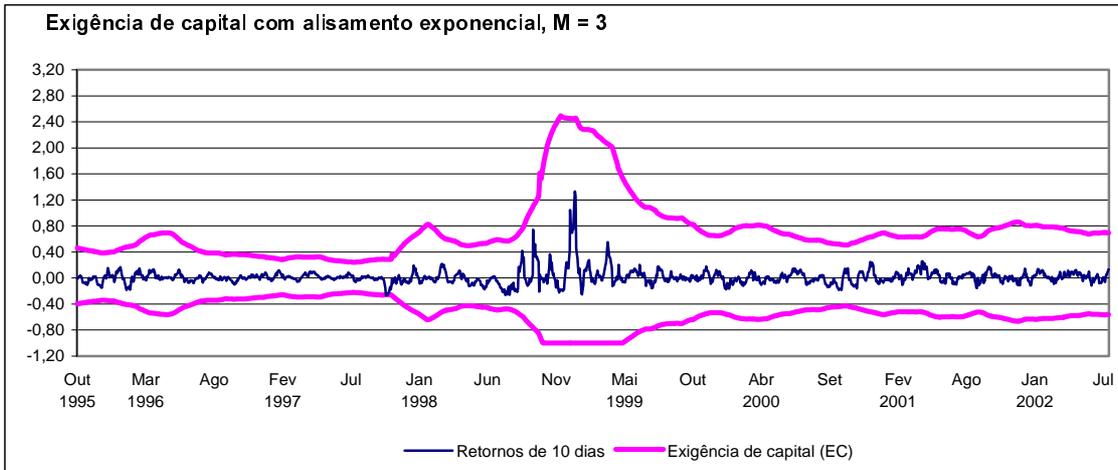
Ibovespa



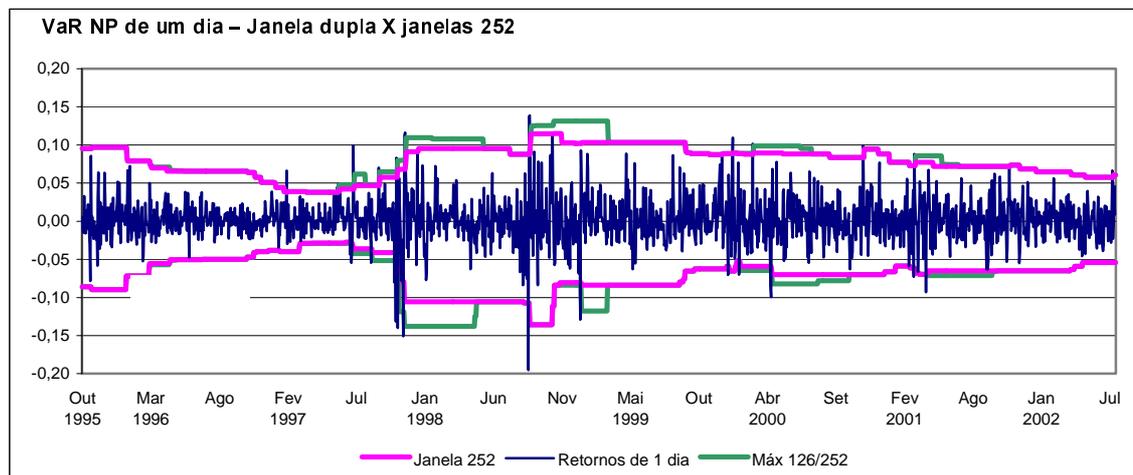
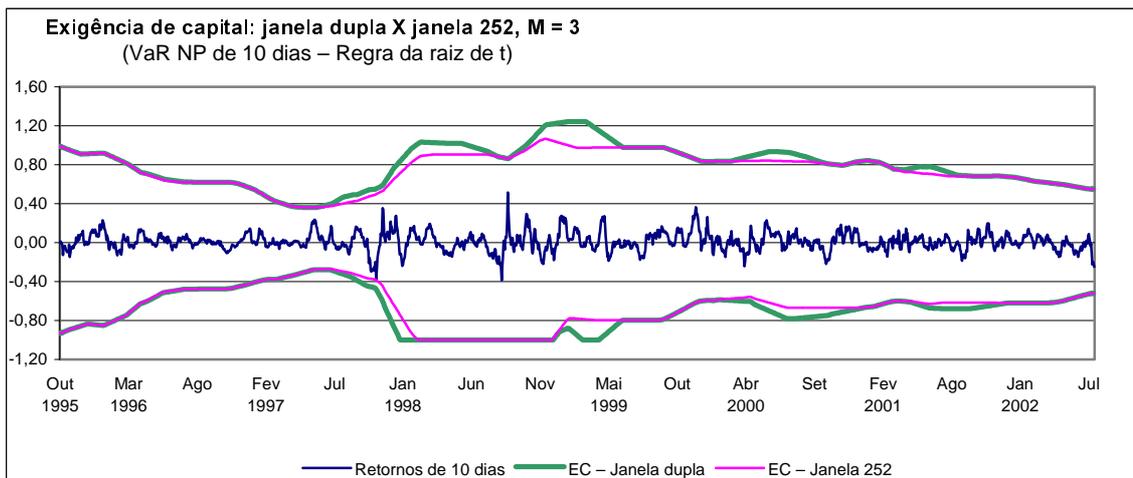
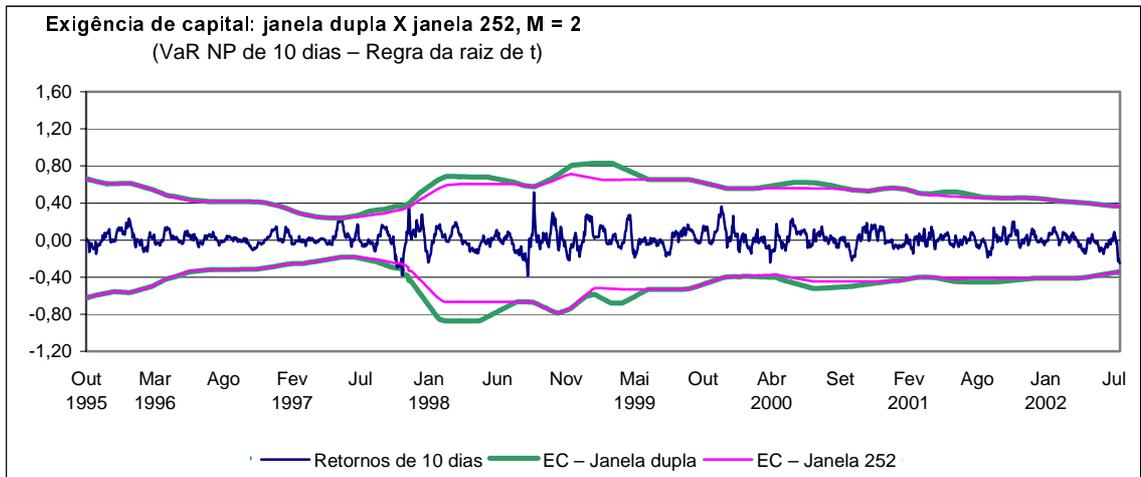
Aracruz



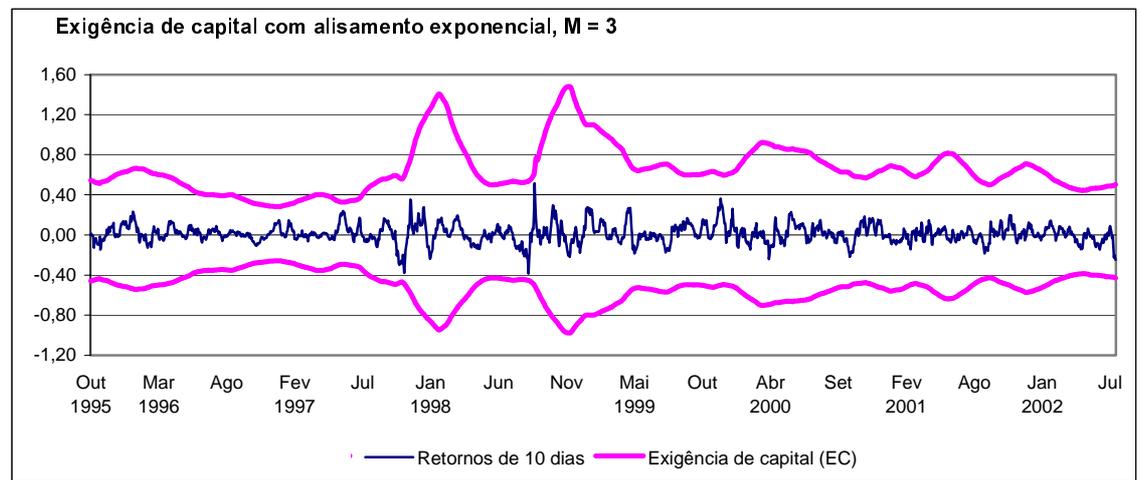
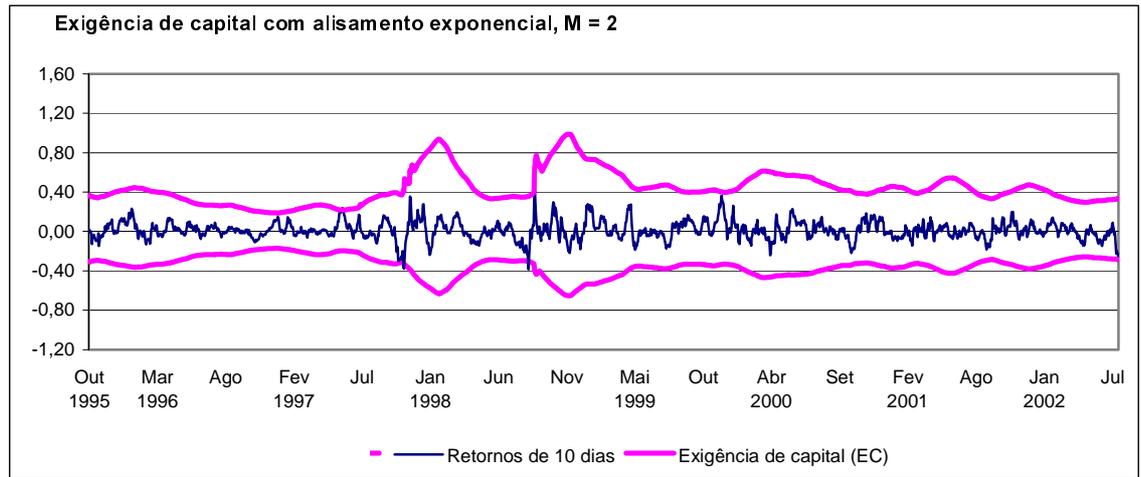
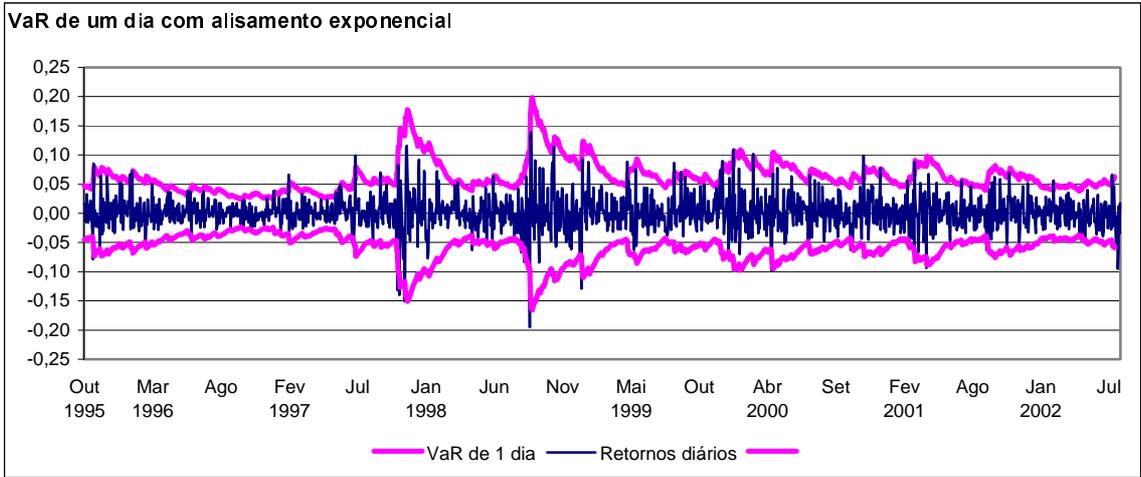
Aracruz



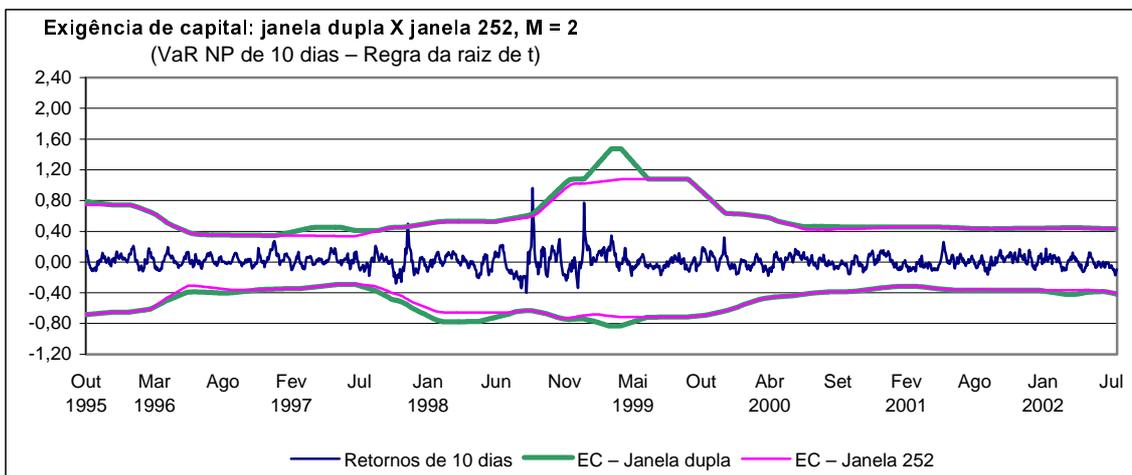
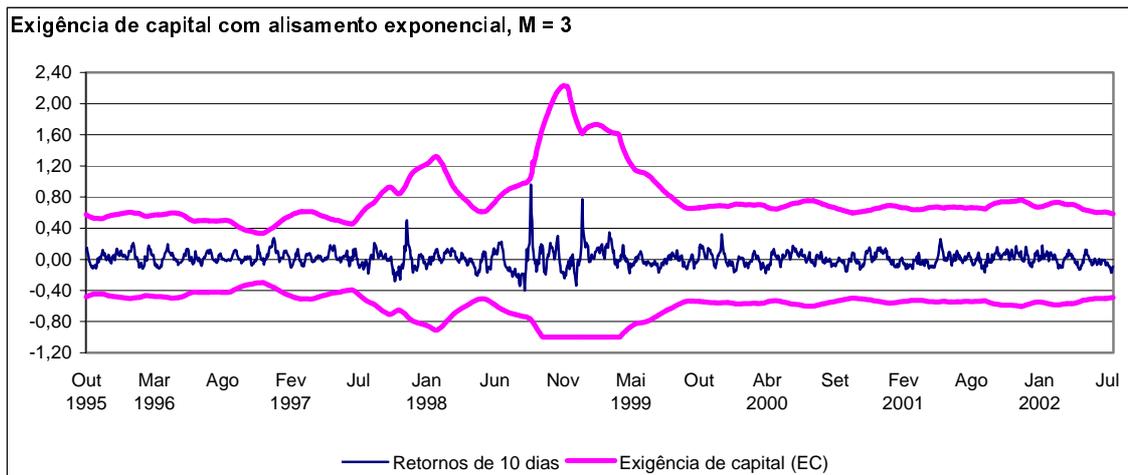
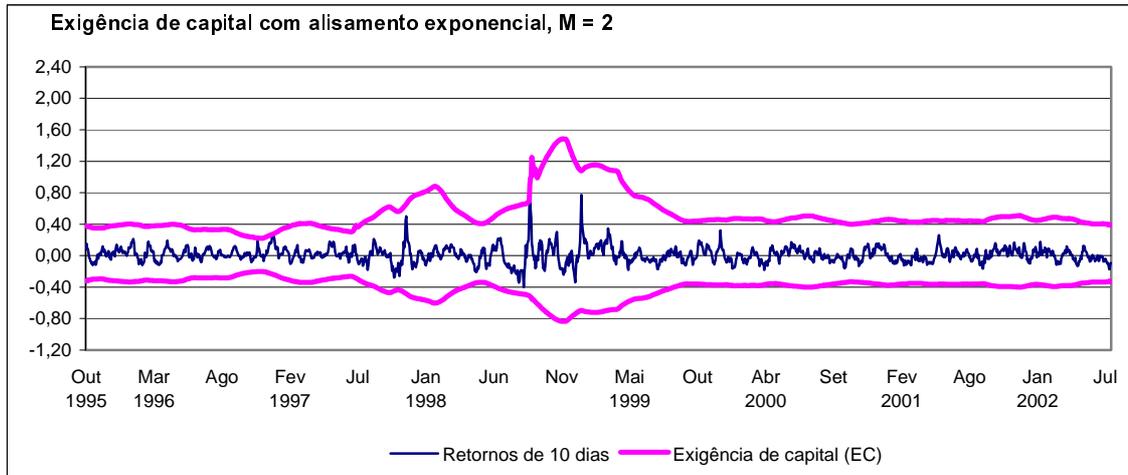
Bradesco



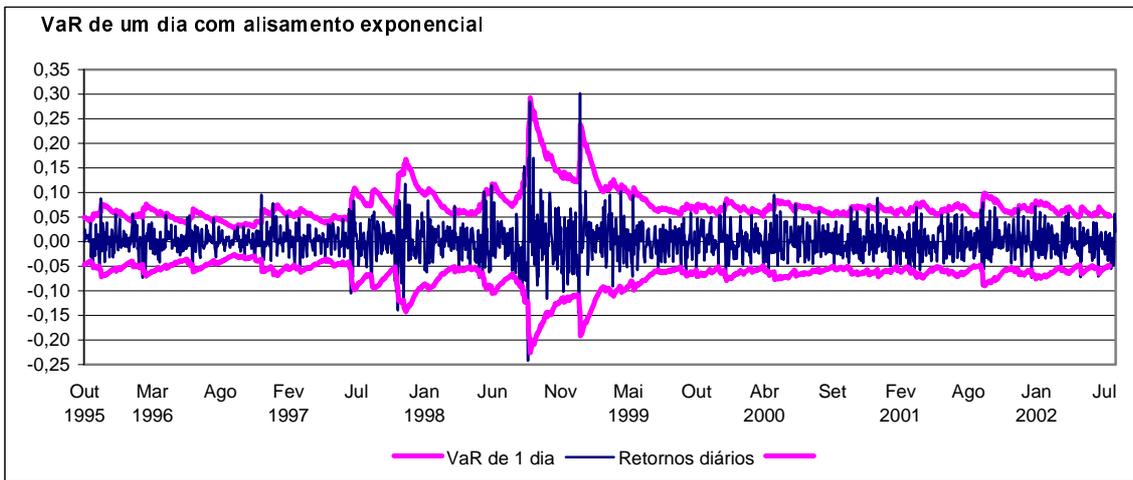
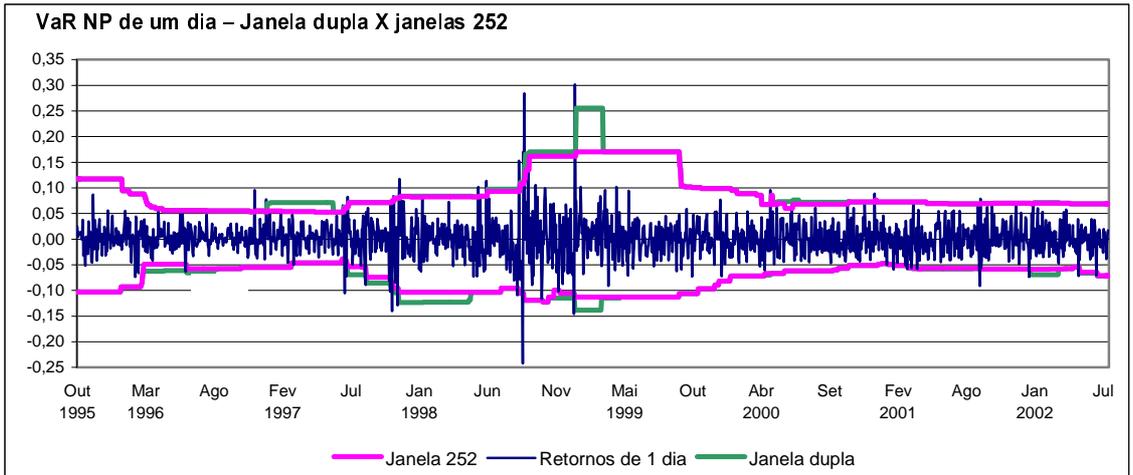
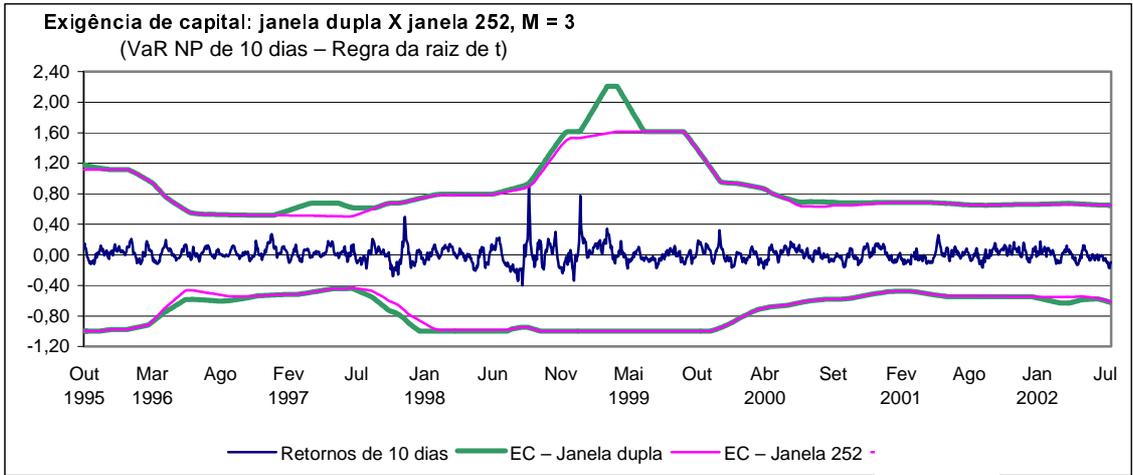
Bradesco



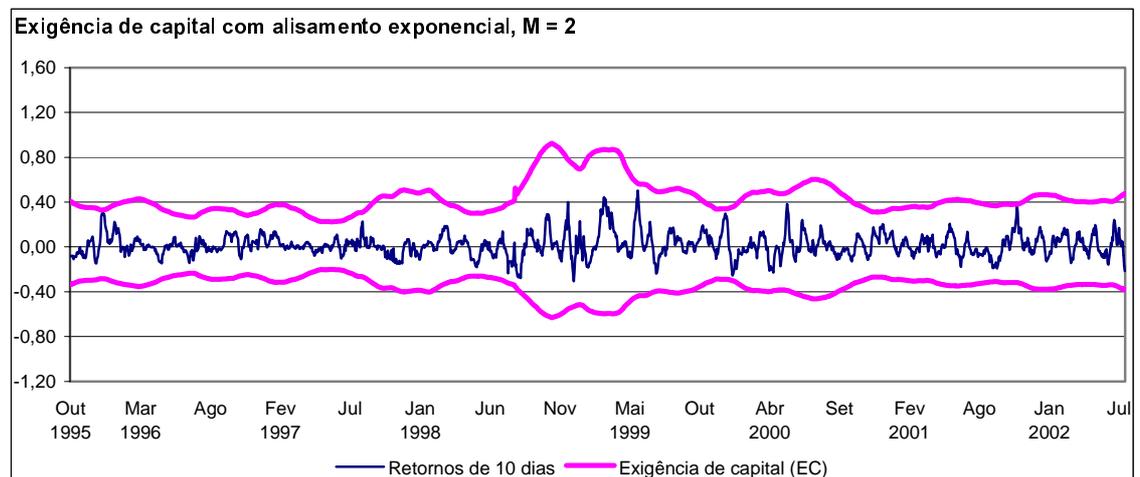
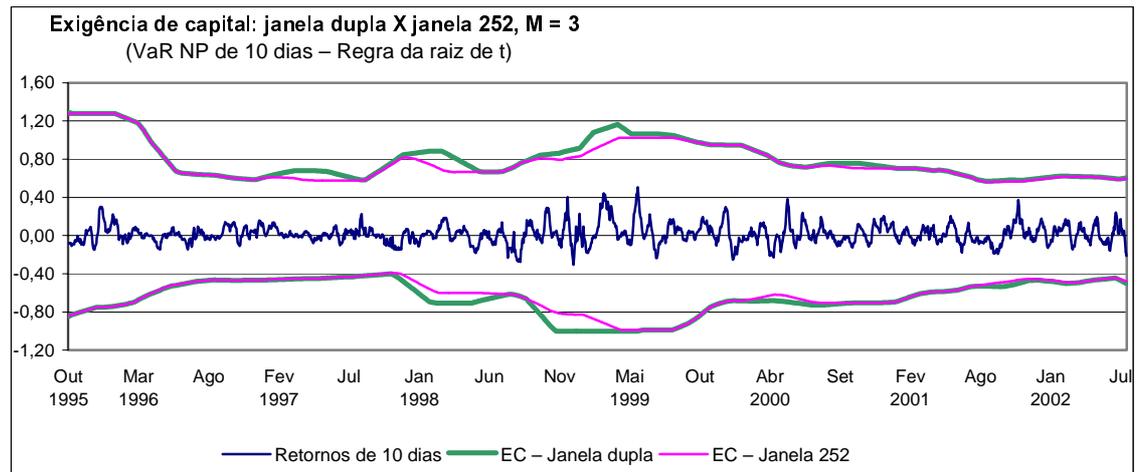
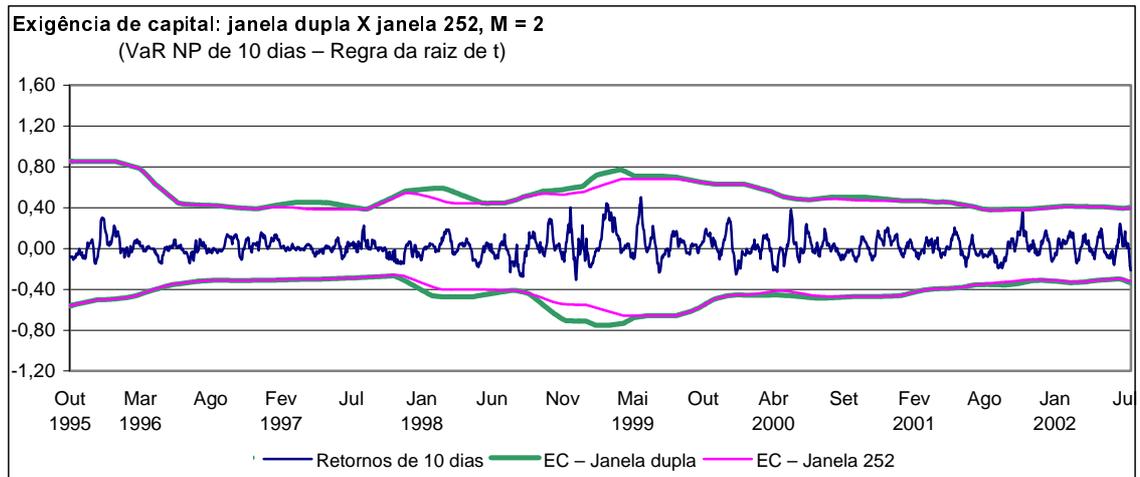
Cemig



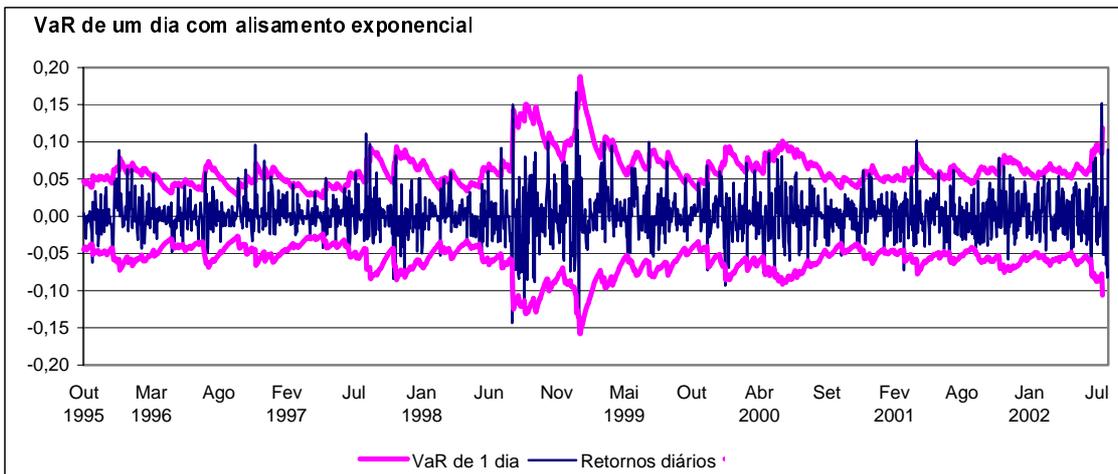
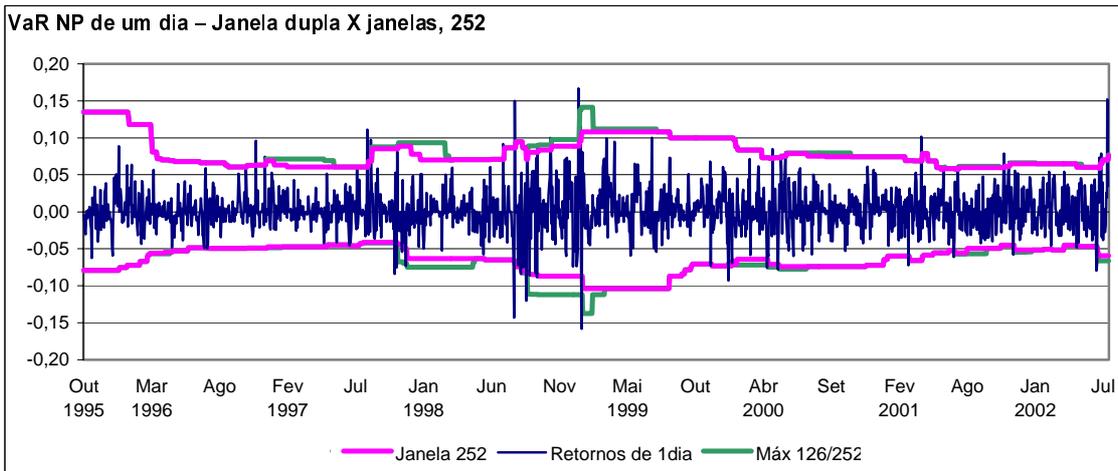
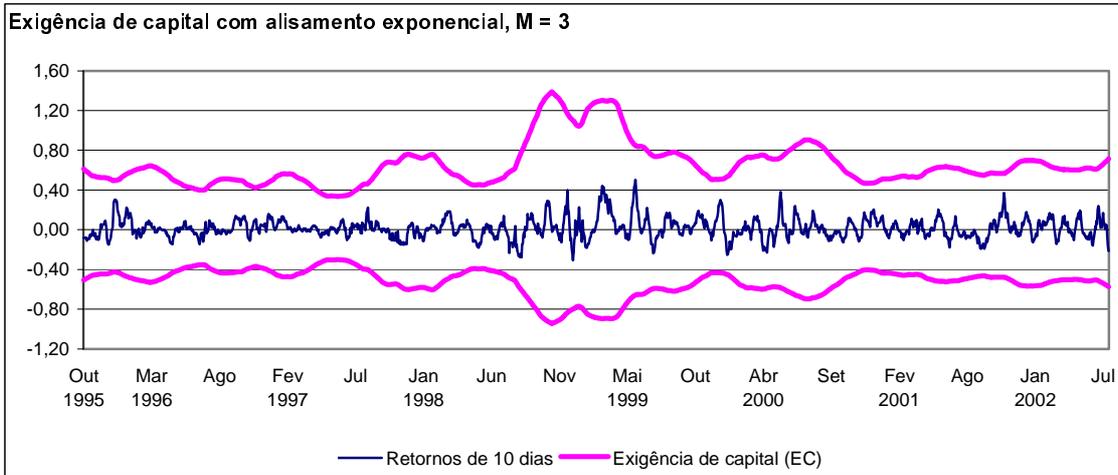
Cemig



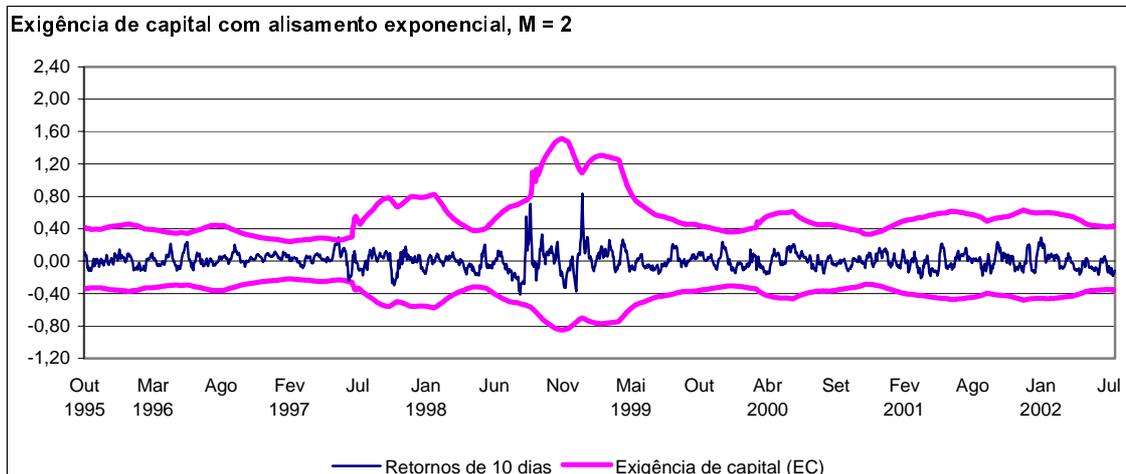
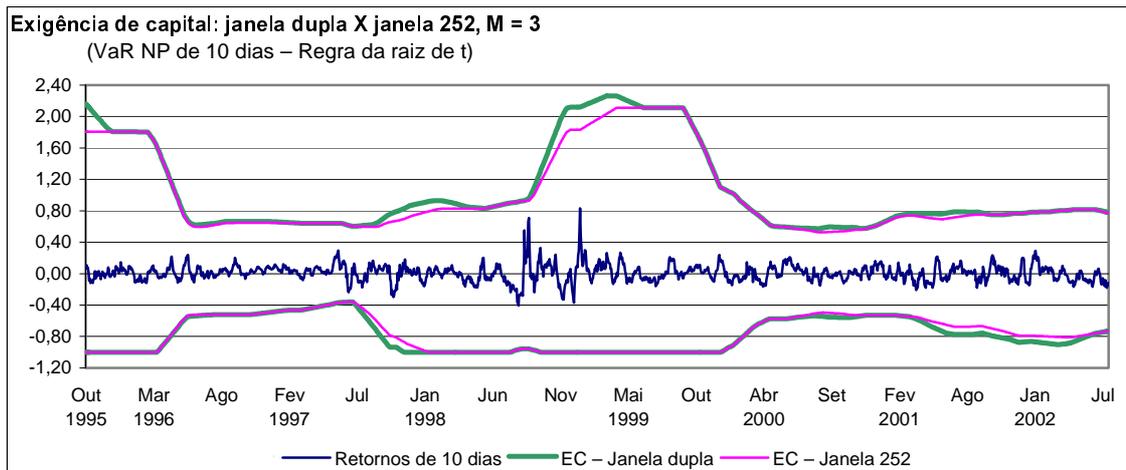
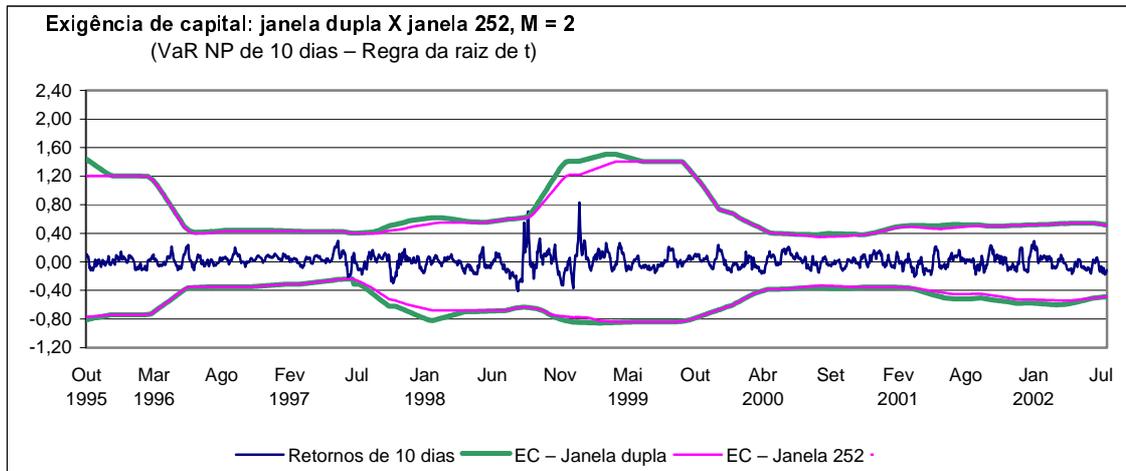
CSN



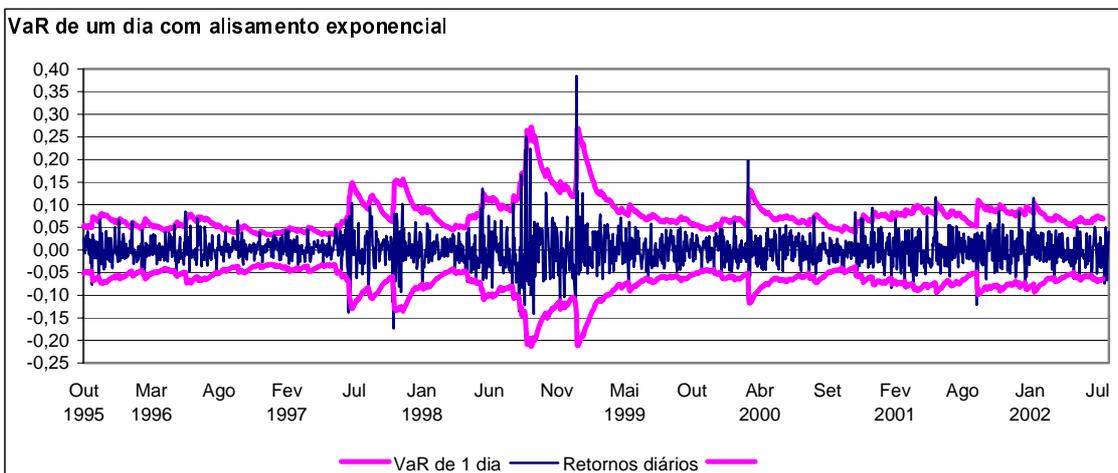
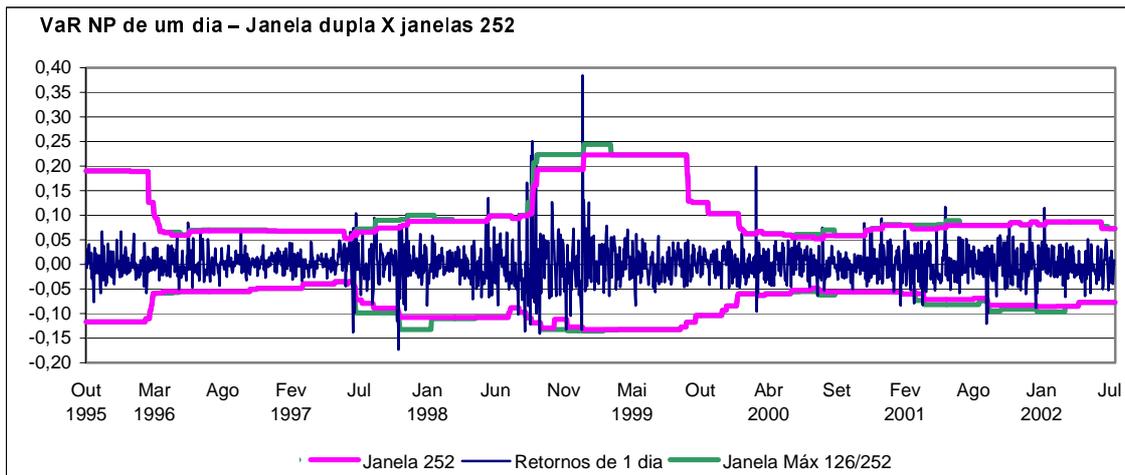
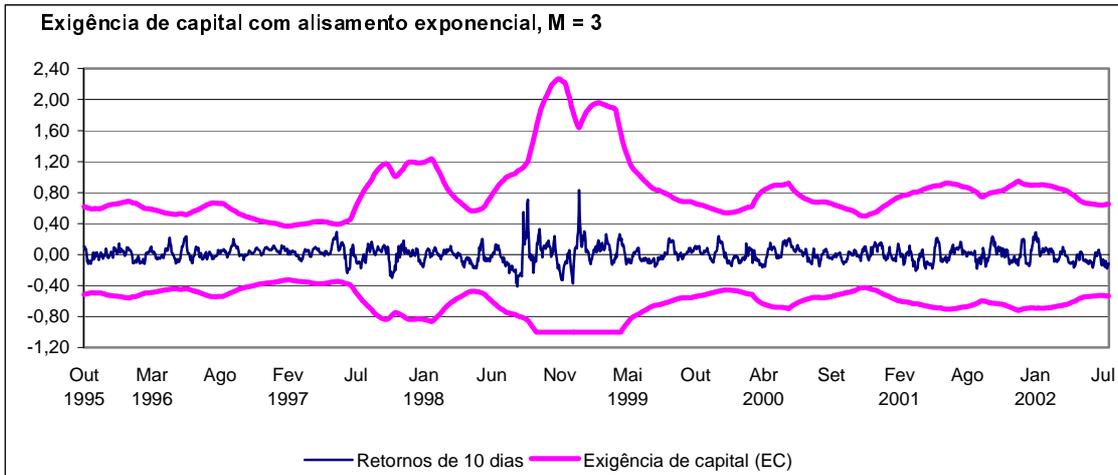
CSN



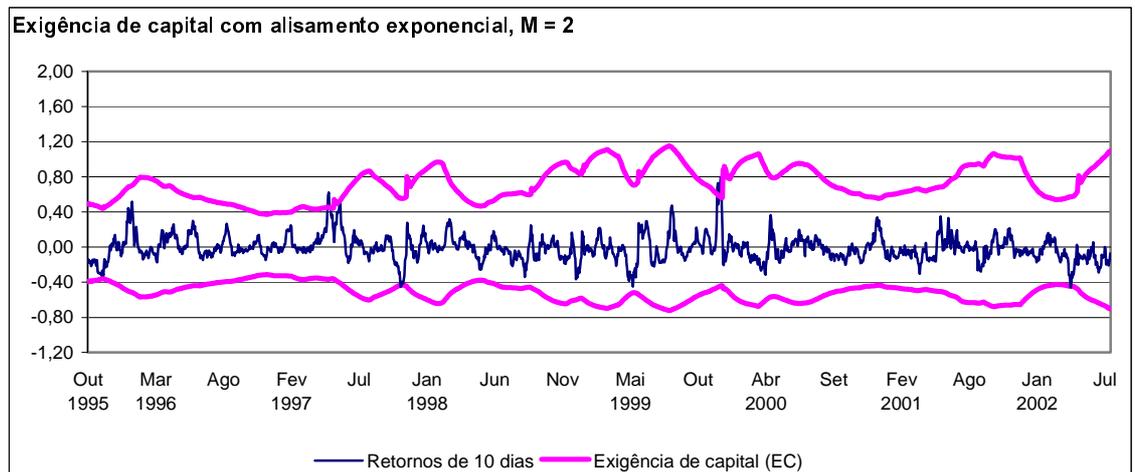
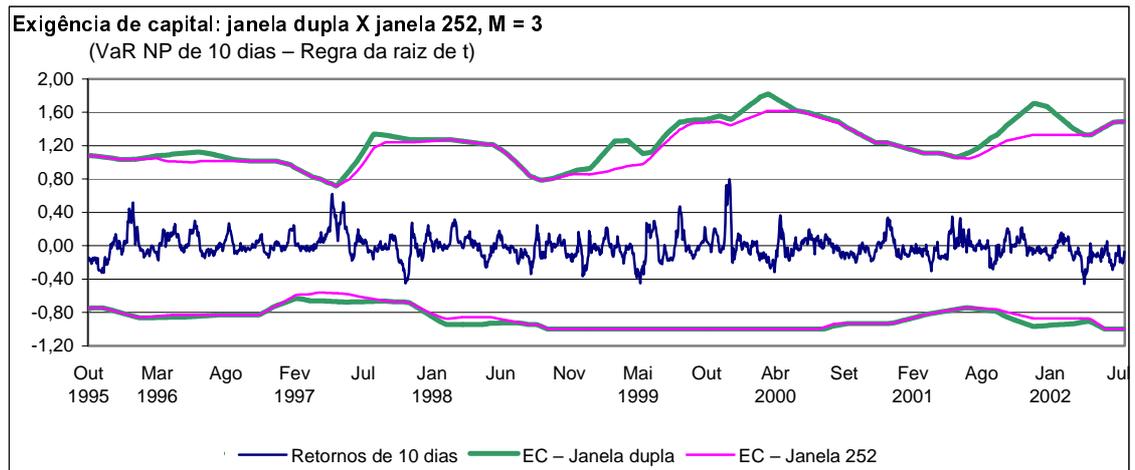
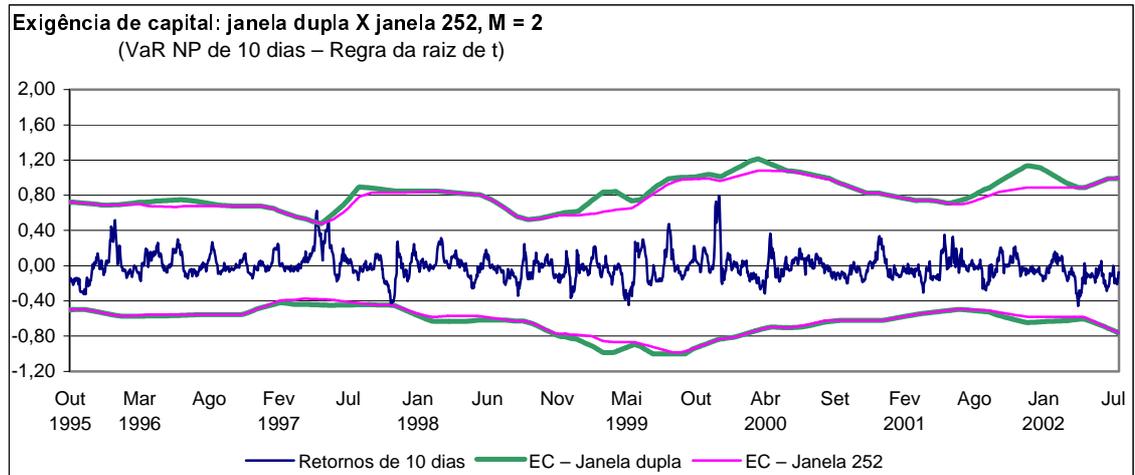
Eletrobrás



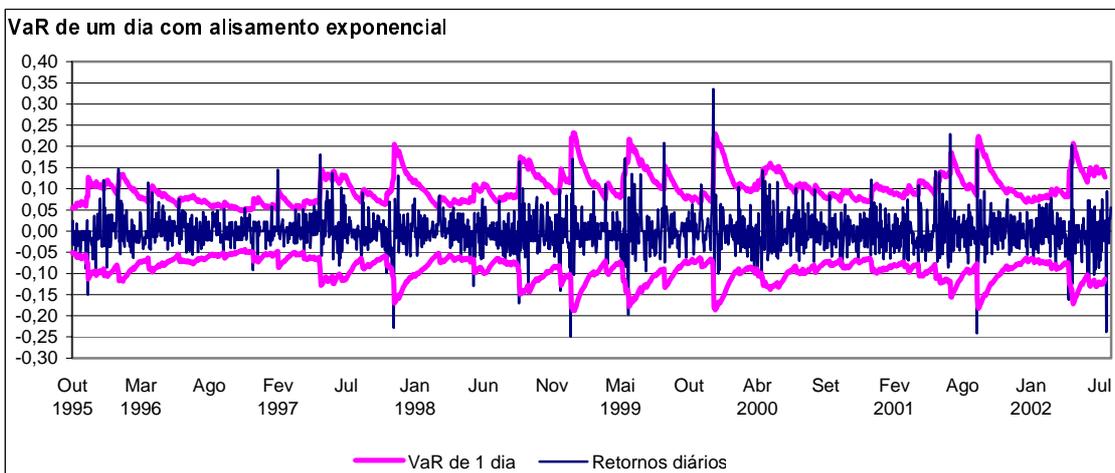
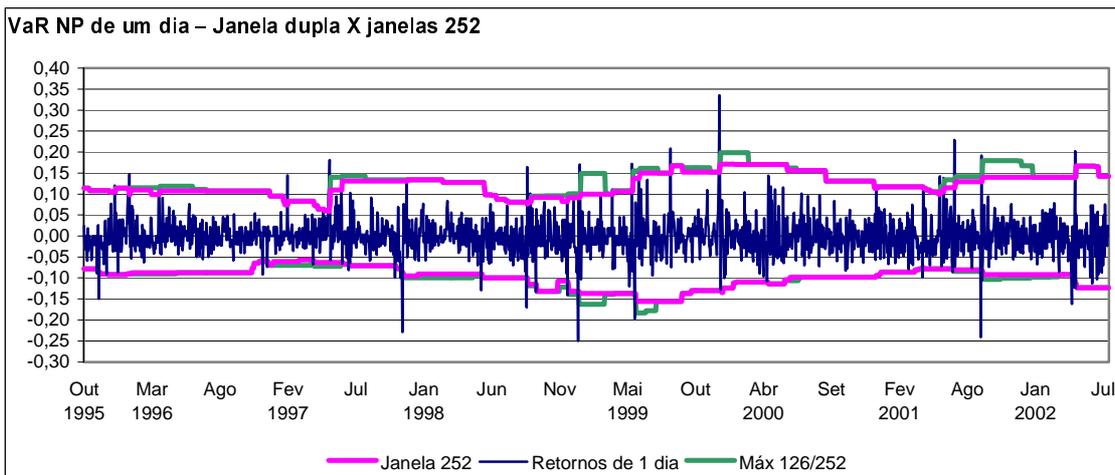
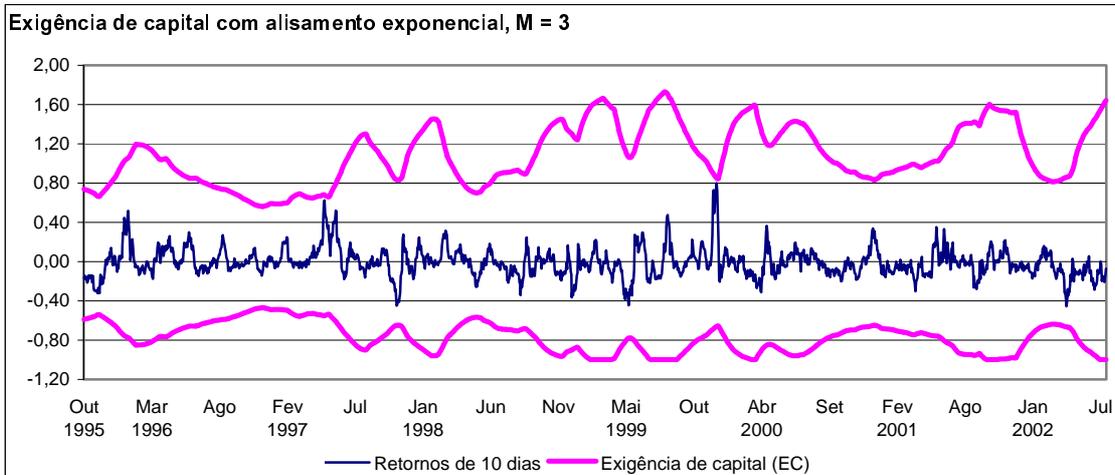
Eletrobrás



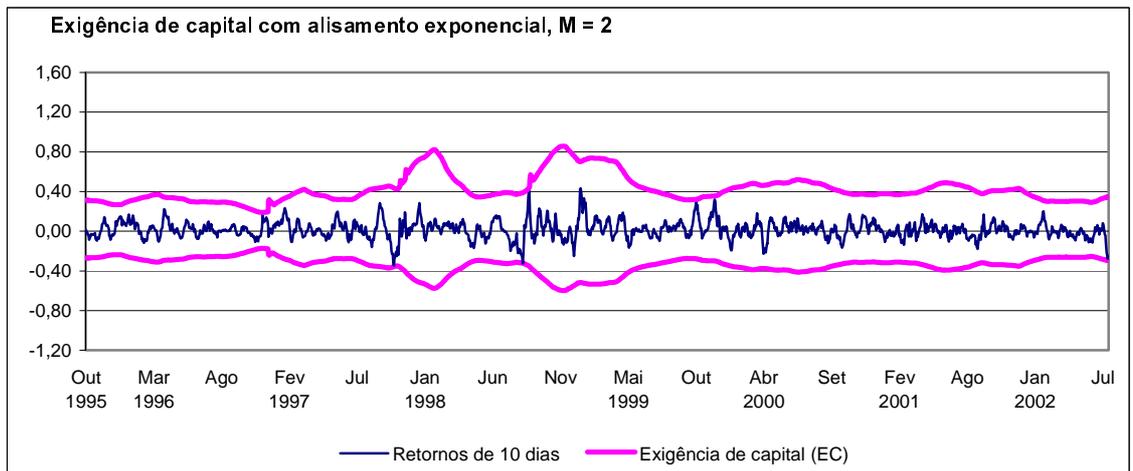
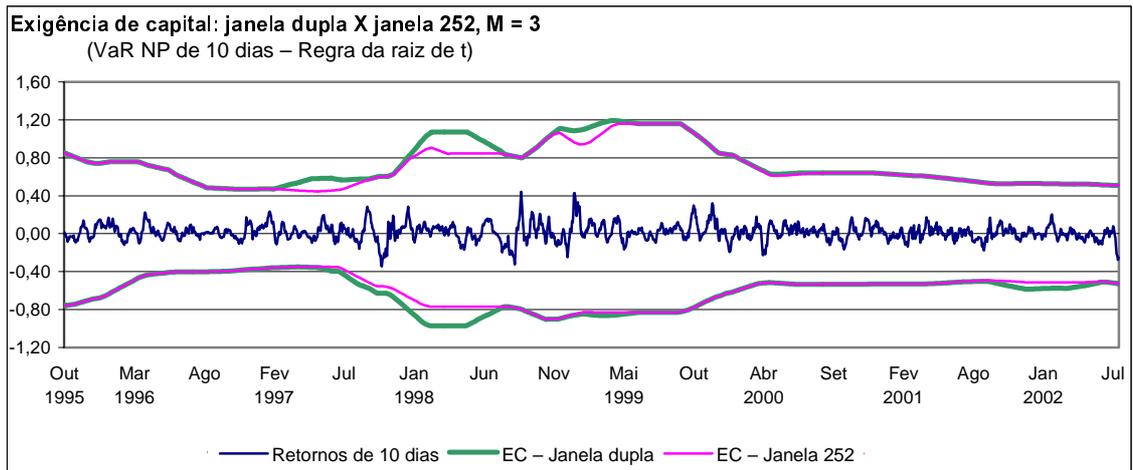
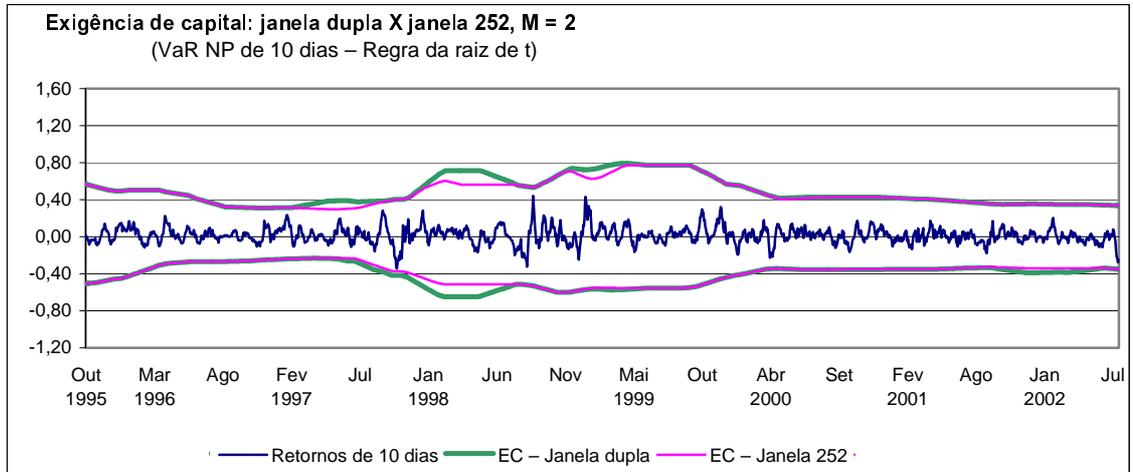
Inepar



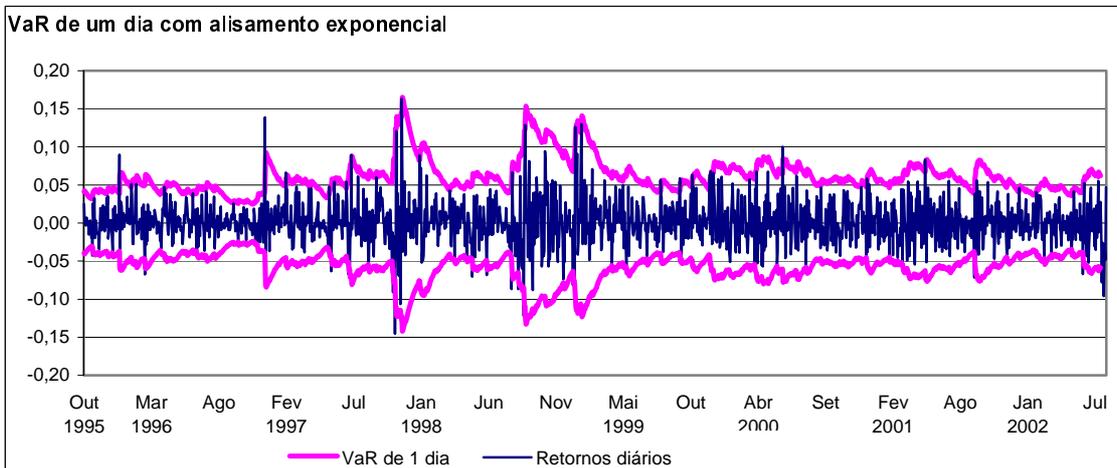
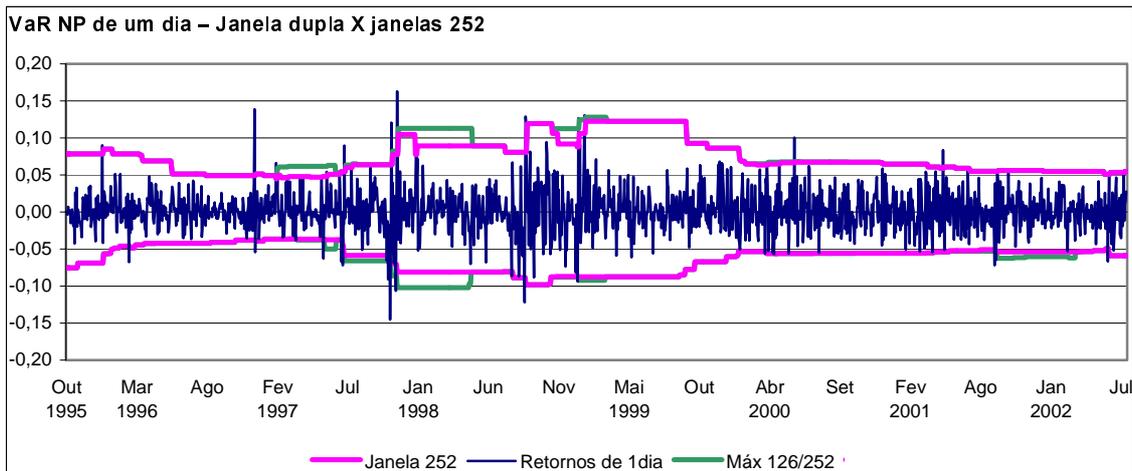
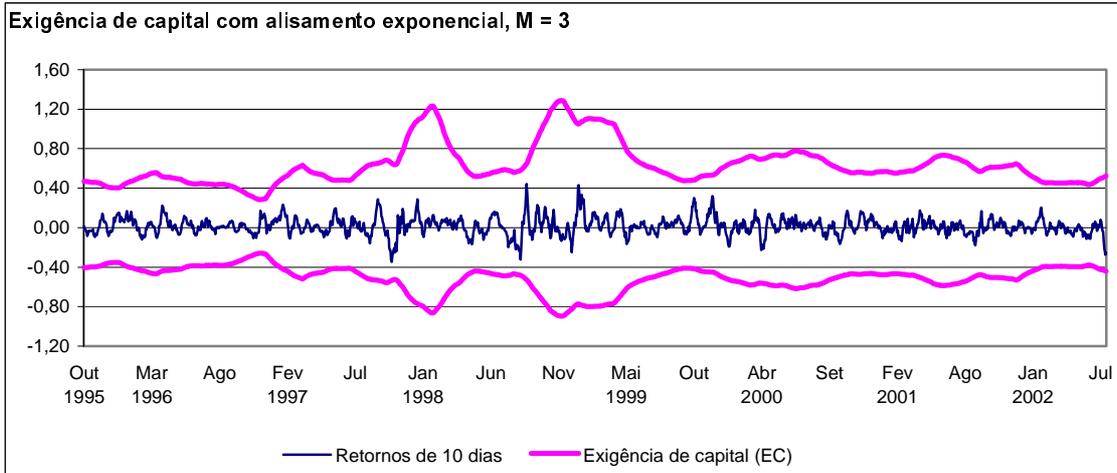
Inepar



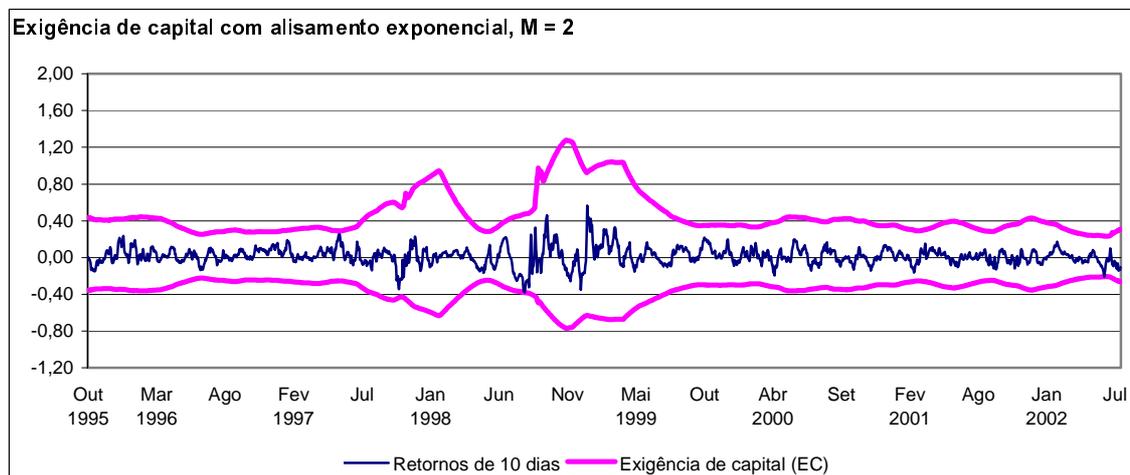
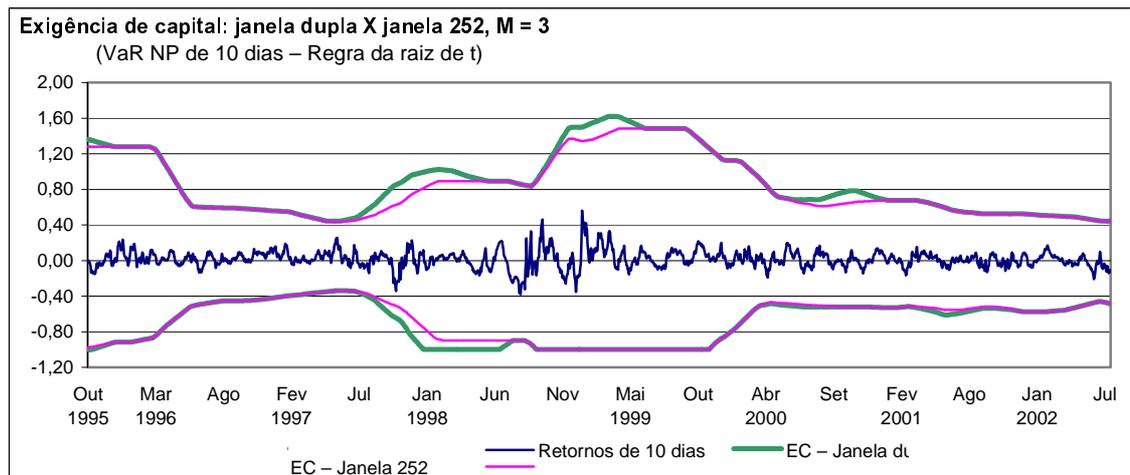
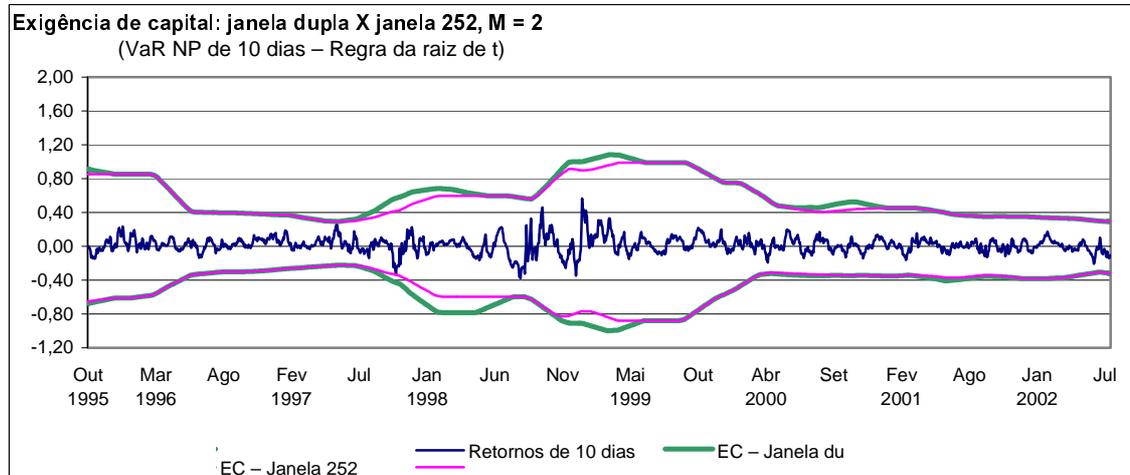
Itaú



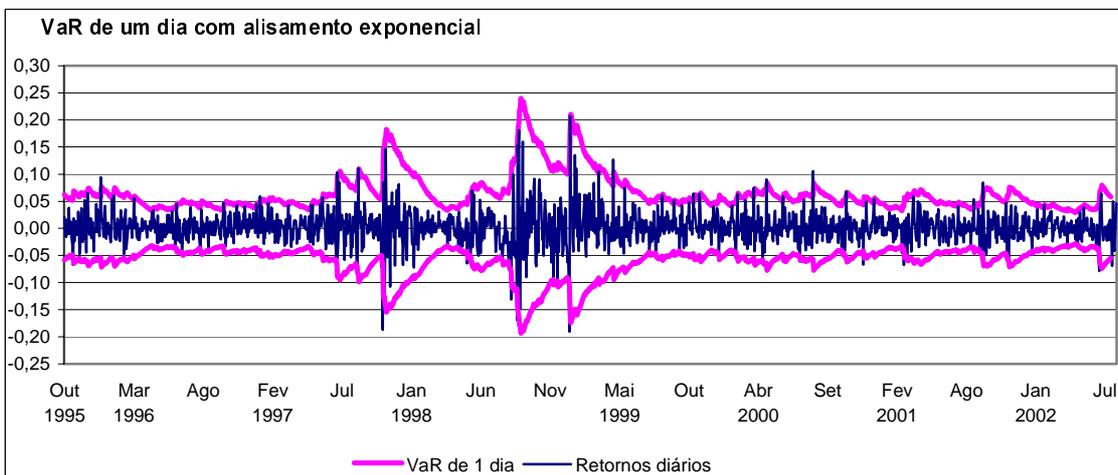
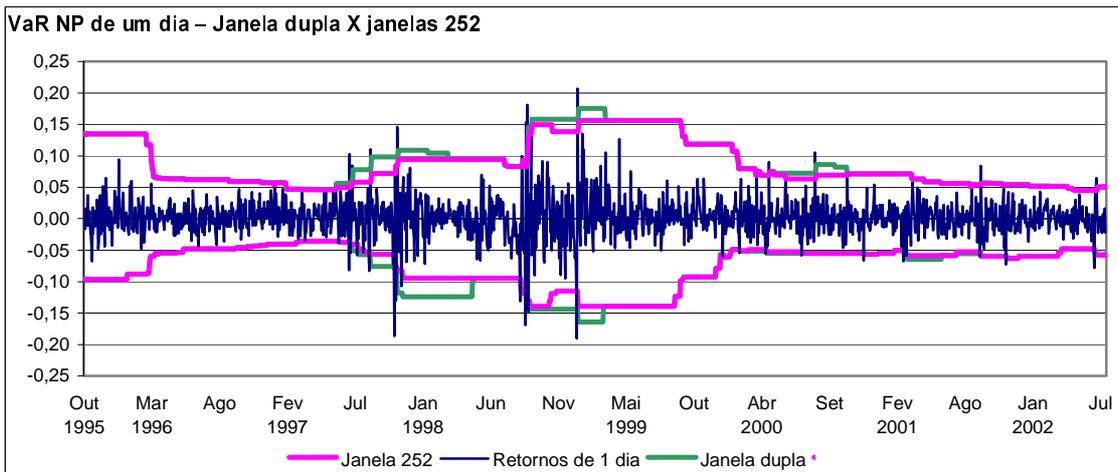
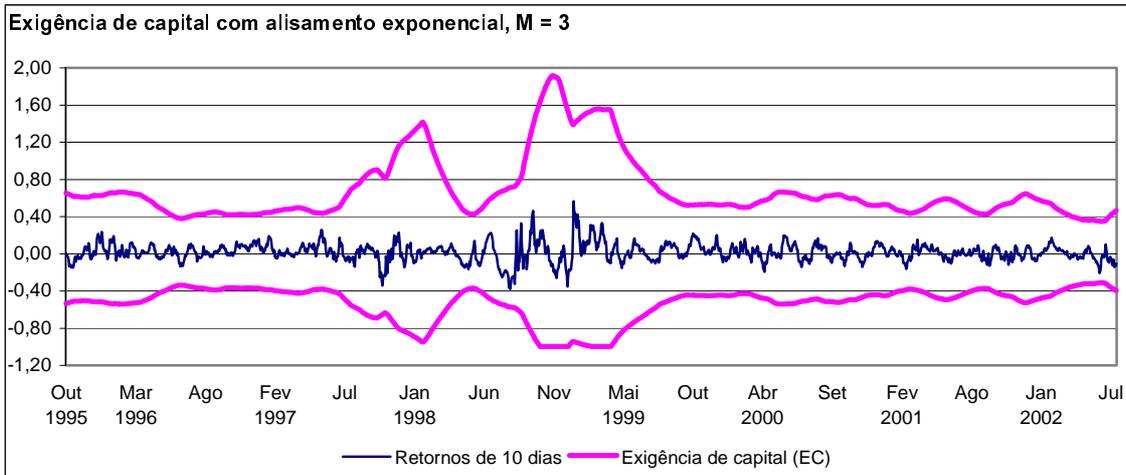
Itaú



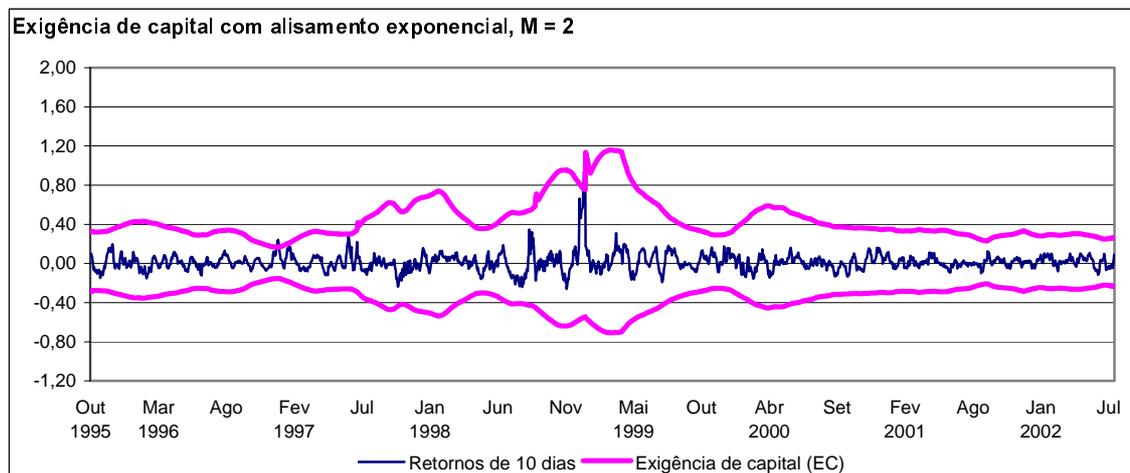
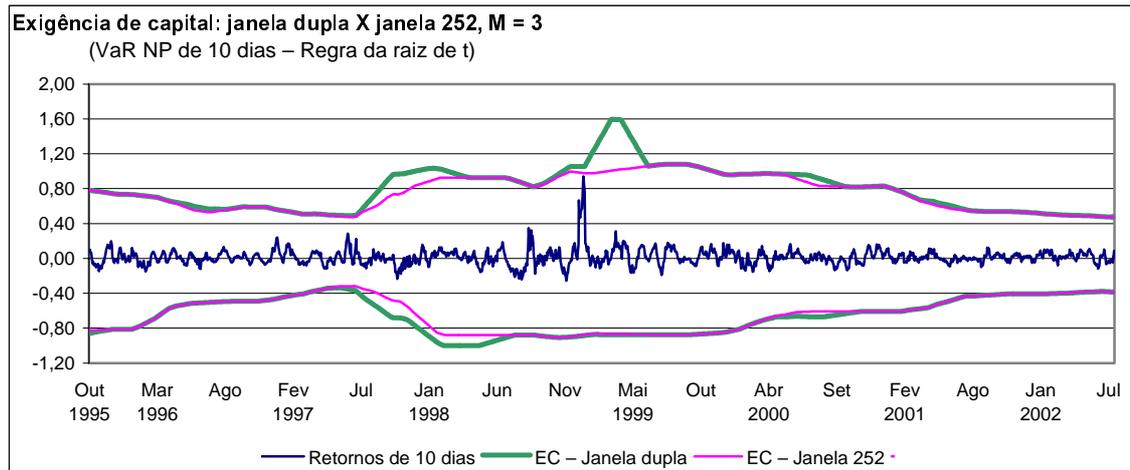
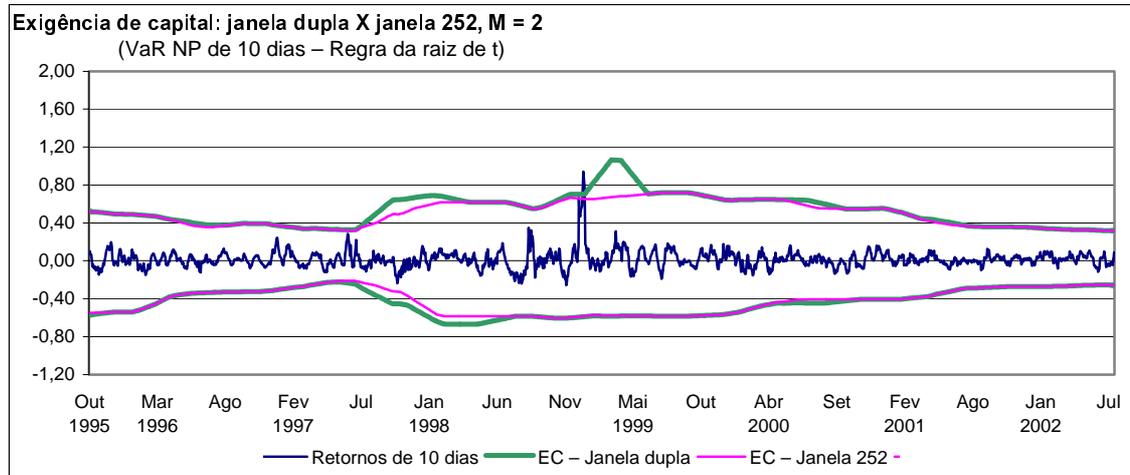
Petrobras



Petrobras



Vale do Rio Doce



Vale do Rio Doce

