

PAULO DE TOLEDO RIBEIRO

AVALIAÇÃO EMPÍRICA DOS MODELOS DE VAR (VALUE-AT-RISK)

SÃO PAULO

2006

PAULO DE TOLEDO RIBEIRO

AVALIAÇÃO EMPÍRICA DOS MODELOS DE VAR (VALUE-AT-RISK)

**Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do Diploma de
Engenheiro de Produção**

**Área de concentração:
Engenharia de Produção**

**Orientador:
Professor Melvin Cymbalista**

SÃO PAULO

2006

Aos meus pais

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Nelson e Anna, e meu irmão Pedro por tudo o que sou.

A minha avó, Ana, por todo carinho e cuidados ao longo de minha vida.

A meu avô, José Polaino, por sempre olhar por mim.

A minha namorada Juliana por toda a paciência e apoio durante esses anos.

Aos meus extraordinários amigos Luis Manssur, Fernando Catae, Daniele Yamada, Tiago Scrivano, Renan Scartozzoni, Rodrigo Barbosa e Estevan Taguchi por toda convivência durante esses anos.

A Franklin Gonçalvez e Daniel Strauss, pelas oportunidades e ensinamentos neste ano.

A todos meus familiares e as pessoas que me ajudaram durante todos esses anos.

Ao professor Melvin Cymbalista por toda paciência, esforço e orientação neste trabalho.

A todos aqueles que participaram de meu desenvolvimento ao longo desses anos e não foram aqui citados.

RESUMO

TEMA: Este trabalho consiste em um estudo comparativo das formas tradicionais para o cálculo da medida de risco de mercado Value-at-Risk ou VAR. Tal estudo será feito através do cálculo de indicadores elaborados visando a medição da acurácia dos métodos juntamente de simulações com carteiras teóricas formadas pelos ativos mais representativos do índice BOVESPA do ano vigente. De posse da melhor medida de risco, é facilitada a tarefa de verificar se uma carteira de ativos se encontra de acordo ou não com a política de investimentos da empresa, contribuindo, assim, de forma ativa na administração dos recursos de terceiros.

Palavras-chave: Engenharia. Engenharia Financeira. Risco. Risco de Mercado. VAR. Value-at-Risk.

ABSTRACT

THEME: The purpose of this paper is to compare several ways of calculating risk using the Value-at-Risk or VAR method. This comparison will be done using indicators aiming the precision of those methods as well as simulations with the most liquid assets that belong to the current BOVESPA Index. The sooner we find the best way to calculate risk, the easier the task of traders to verify whether or not the portfolio is in agreement with the company's policies. Thus, risk helps asset management in an active way.

Keywords: Engineering. Financial Engineering. Risk. Market Risk. VAR. Value-at-Risk.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| gráfico 01: preço de um ativo qualquer pelo tempo..... | 18 |
| gráfico 02: retornos históricos do ativo PETR4..... | 26 |
| gráfico 03: histograma do ativo PETR4 | 27 |
| gráfico 04: o peso de cada observação passada de acordo com o decaimento utilizado..... | 43 |
| gráfico 05: distribuição normal indicando a média da curva e média dos retornos adversos .. | 49 |
| gráfico 06: distribuição normal truncada à esquerda | 49 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| tabela 01: retornos do ativo PETR4 | 36 |
| tabela 02: número de observações necessárias para cada decaimento-tolerância | 41 |
| tabela 03: intervalos utilizados para dar nota ao critério “Proximidade com a confiança escolhida no modelo” | 54 |
| tabela 04: intervalos utilizados para dar nota ao critério Magnitude dos cruzamentos | 56 |
| tabela 05: intervalos utilizados para dar nota ao critério “Tempo computacional exigido” | 56 |
| tabela 06: pesos que serão utilizados em cada critério apresentado | 57 |
| tabela 07: ações com maior participação no índice BOVESPA | 59 |
| tabela 08: ações que serão utilizadas na carteira teórica 1 | 60 |
| tabela 09: ações que serão utilizadas na carteira teórica 2 | 60 |
| tabela 10: número mínimo de observações exigidas para cada método..... | 61 |
| tabela 11: resultados finais obtidos para a carteira 1 com o método normal (amostral)..... | 63 |
| tabela 12: resultados finais obtidos para a carteira 2 com o método normal (amostral)..... | 64 |
| tabela 13: resultados finais obtidos para a carteira 1 com o método normal (decay 0.94)..... | 65 |
| tabela 14: resultados finais obtidos para a carteira 2 com o método normal (decay 0.94)..... | 66 |
| tabela 15: resultados finais obtidos para a carteira 1 com o método normal (decay 0.97)..... | 67 |
| tabela 16: resultados finais obtidos para a carteira 2 com o método normal (decay 0.97)..... | 68 |
| tabela 17: resultados finais obtidos para a carteira 1 com o método normal (decay 0.99)..... | 69 |
| tabela 18: resultados finais obtidos para a carteira 2 com o método normal (decay 0.99)..... | 70 |
| tabela 19: resultados finais obtidos para a carteira 1 com o método normal (EGARCH) | 71 |
| tabela 20: resultados finais obtidos para a carteira 2 com o método normal (EGARCH) | 72 |
| tabela 21: resultados finais obtidos para a carteira 1 com o método simulação histórica..... | 73 |
| tabela 22: resultados finais obtidos para a carteira 2 com o método simulação histórica..... | 74 |
| tabela 23: ranking final de cada um dos métodos do estudo | 78 |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Introdução..... | 13 |
| 1.1 | Risco e suas variantes | 14 |
| 1.2 | Conceitos de risco..... | 16 |
| 1.3 | Medidas usadas para o cálculo de risco | 17 |
| 1.3.1 | Desvio-padrão..... | 17 |
| 1.3.2 | Beta | 19 |
| 1.3.3 | Perda Máxima..... | 20 |
| 1.3.4 | Semi-Variância | 20 |
| 1.3.5 | V@R (Value-at-Risk) | 21 |
| 2 | A importância do VAR..... | 23 |
| 2.1 | FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DO VAR..... | 29 |
| 2.2 | Metodologias paramétricas X não-paramétricas | 30 |
| 2.2.1 | Hipótese de Normalidade | 30 |
| 2.2.2 | Simulação Histórica | 34 |
| 2.3 | Métodos para a estimativa da volatilidade | 39 |
| 2.3.1 | Método Amostral | 40 |
| 2.3.2 | Suavizado Exponencial ou EWMA (Exponencially Weighted Moving Average) 40 | 40 |
| 2.3.3 | Modelos GARCH..... | 43 |
| 3 | Indicadores para a medição da acurácia do VAR | 47 |
| 3.1 | Frequência relativa de violações do limite de VAR (F_{Cr})..... | 48 |
| 3.2 | Magnitude dos cruzamentos (Mg) | 49 |
| 3.3 | Tempo computacional exigido (Tce)..... | 50 |
| 4 | Critérios de avaliação | 53 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1 | Critérios..... | 53 |
| 4.1.1 | Proximidade com a confiança escolhida no modelo..... | 53 |
| 4.1.2 | Magnitude dos cruzamentos | 54 |
| 4.1.3 | Tempo computacional exigido | 56 |
| 4.2 | O peso de cada critério..... | 57 |
| 5 | Seleção de Ativos e Construção das Carteiras Teóricas..... | 59 |
| 5.1 | A Base de Dados..... | 59 |
| 5.2 | Carteiras de ativos utilizadas..... | 60 |
| 5.3 | Comparação dos modelos | 61 |
| 5.4 | Instrumentos utilizados | 61 |
| 6 | Resultados obtidos..... | 63 |
| 6.1 | Normal – método amostral (janela = 100 dias) | 63 |
| 6.2 | Normal – suavizado exponencial (decay = 0.94)..... | 65 |
| 6.3 | Normal – suavizado exponencial (decay = 0.97)..... | 67 |
| 6.4 | Normal – suavizado exponencial (decay = 0.99)..... | 69 |
| 6.5 | Normal – EGARCH..... | 71 |
| 6.6 | Simulação Histórica..... | 73 |
| 7 | Matriz de decisão..... | 76 |
| 7.1 | Matriz com resultados brutos consolidados | 76 |
| 7.2 | Matriz de Decisão | 77 |
| 7.3 | Análise dos resultados..... | 78 |
| 8 | Conclusão..... | 81 |
| 8.1 | Conclusão | 81 |
| 8.2 | Próximos passos | 82 |
| 8.3 | Sugestões de melhoria para a gestão de risco de mercado..... | 83 |

| | | |
|-----|--------------------------------|----|
| 8.4 | Contribuição da Escola | 84 |
| 9 | Referência Bibliográfica | 86 |

1. INTRODUÇÃO

1 Introdução

Nos dias de hoje, a movimentação de capitais entre as nações é tão intensa que poderia facilmente levar uma empresa desprotegida, ou conforme o jargão de mercado, “não-hedgeada”, a uma dificuldade financeira inesperada. Diversos exemplos ao longo da história podem ser contados a fim de mostrar que uma má gestão de riscos pode acarretar sim no fechamento de um negócio. Este trabalho de formatura tem por objetivo o aprimoramento e o controle da gestão de risco. A empresa administradora de fundos (ou “hedge fund”) onde foi realizado o estágio, iniciou suas operações em 1999, e tem escritórios em São Paulo, Londres, Tokio, Cingapura e Hong Kong. A empresa administra hoje em seus três fundos mais de 5 bilhões de dólares em ativos com preponderante atuação em economias de países emergentes. A idéia do trabalho surgiu devido a forte necessidade da empresa avaliar uma das técnicas e modelo de controle de risco adotado que é o VAR (Value-at-Risk). Em termos práticos, como o VAR é calculado de diversas formas (devido às hipóteses assumidas em cada modelo), e o mesmo é uma previsão de perdas para o período seguinte adotado, o trabalho visará um estudo comparativo dessas diversas maneiras.

Para termos uma breve idéia da importância da área de risco na empresa, os fundos administrados são oferecidos aos clientes com base inclusive e sobretudo no risco tomado em cada um deles. De forma simplista, os três fundos poderiam ser classificados em: conservador, moderado e agressivo. Basicamente, essa classificação é feita de forma que o cliente esteja ciente de que em uma movimentação adversa do mercado, a carteira de ativos dele estaria sujeita a uma perda de até X% do NAV (Net Asset Value), ou seja, de quanto o cliente possui efetivamente em ativos no portfolio.

O risco tem papel fundamental em todos os tipos de empresas, estando presente na rotina de qualquer investimento financeiro ou não-financeiro. A verdade é que os estudos relacionados a risco não são recentes. O trabalho pioneiro foi desenvolvido em 1956 por Markowitz com seu livro da “Teoria Moderna das Carteiras” que está fundamentado nos conceitos de retorno e risco. Em 1970, esta teoria foi mais tarde aprimorada por seu aluno, Willian Sharpe. A título de curiosidade, vinte anos mais tarde, somente em 1990, foi concedido a eles o prêmio Nobel de economia pela teoria criada.

1.1 Risco e suas variantes

De acordo com DUARTE (2005), risco é um conceito que pode ser separado por motivos didáticos em quatro grandes grupos: risco de mercado, risco operacional, risco de crédito e risco legal.

O risco de mercado pode ser definido como uma medida da incerteza relacionada aos retornos esperados de um investimento em decorrência de variações em fatores de mercado como taxas de juros, taxas de câmbio, preços de commodities e ações. Dois exemplos de risco de mercado são:

- 1) Um joalheiro que mantém uma grande quantidade de ouro, prata e platina para seu trabalho diário. As variações dos preços destes metais preciosos no mercado internacional causa variações no patrimônio de sua joalheria.
- 2) Uma seguradora que é obrigada na sua tarefa diária a administrar seu ativo-passivo. O fato de seu ativo estar aplicado em papéis pré-fixados ou pós-fixados leva a diferentes variações no seu patrimônio diante de variações repentinas nas taxas de juros.

O risco operacional pode ser definido como uma medida das possíveis perdas em uma instituição caso seus sistemas, práticas e medidas de controle não sejam capazes de resistir a falhas humanas ou situações adversas de mercado. Dois exemplos de risco operacionais são:

- 1) Uma subsidiária de um conglomerado industrial que toma decisões estratégicas sem consultar a matriz.
- 2) Uma administradora de cartão de crédito que não investe recursos em base regular de forma a evitar a ação de fraudadores contra si.

O risco de crédito pode ser definido como uma medida das possíveis perdas em uma instituição caso uma contraparte em um contrato, ou um emissor de dívida, tenha mudada sua capacidade de honrar suas obrigações (quer por default ou degradação de sua qualidade creditícia). Dois exemplos de risco de crédito são:

- 1) Um grande conglomerado financeiro que não diversifica os empréstimos de seu banco de atacado em diferentes grupos econômicos, áreas geográficas, setores da economia, etc.
- 2) Uma bolsa de derivativos que não acompanha em base contínua a qualidade creditícia de comitentes operando em seu pregão.

O risco legal pode ser definido como uma medida das possíveis perdas em uma instituição caso seus contratos não possam ser legalmente amparados por falta de representatividade e/ou autoridade por parte de um negociador, por documentação insuficiente, insolvência ou ilegalidade. Dois exemplos do risco legal são:

- 1) Disputas onde uma das partes em um contrato derivativo não reconhece suas perdas, alegando (como já ocorreu no mercado financeiro norte-americano) não ter capacidade de compreender todos os riscos de mercado implícitos no contrato.
- 2) Possibilidade que funcionárias processem a organização por assédio sexual.

1.2 Conceitos de risco

Risco não é uma medida exata, ou seja, depende da interpretação/modelo matemático adotado por cada indivíduo. Ao longo da história, diversos teóricos propuseram suas versões do que deveria ser considerado risco. Segue abaixo algumas dessas idéias/filosofias:

- “Risco é dado pela variabilidade do retorno dos ativos”, Thomas Copeland
- “No sentido mais básico, risco pode ser definido como a possibilidade de perda”, Lawrence Gitman (1994)
- “Risco é a possibilidade que algum evento desfavorável venha a acontecer”, Eugene Brigham
- “Risco é o grau de incerteza a respeito de um evento”, Solomon e Pringle (1981)
- “Risco pode ser definido como a volatilidade de resultados inesperados, normalmente relacionada ao valor de ativos ou passivos de interesse”, Jorion (1999)

1.3 Medidas usadas para o cálculo de risco

1.3.1 Desvio-padrão

O desvio-padrão é uma medida da variabilidade ou dispersão que possue a vantajosa característica de ter as mesmas unidades que os dados. Para encontrá-lo devemos tirar a raiz quadrada da variância, logo:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (xi - xmédio)^2}{(n - 1)}}$$

Onde:

s é o desvio-padrão

xi é o dado i

$$xmédio = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{n}$$

n é o número de dados da amostra

O desvio padrão é uma medida que só pode assumir valores não negativos e quanto maior for, maior será a dispersão dos dados. Algumas propriedades do desvio padrão, que resultam imediatamente da definição são:

- o desvio-padrão é sempre não negativo e será tanto maior, quanto mais variabilidade houver entre os dados. Através de uma rápida análise da fórmula, podemos verificar que os dados mais distantes da média amostral são mais “penalizados”, ou seja, aumentam quadraticamente o desvio-padrão da amostra.
- se $s = 0$, então não existe variabilidade, isto é, os dados são todos iguais.

O desvio padrão é a medida utilizada para o cálculo da volatilidade histórica para uma série de preços medidos em intervalos regulares. Admitindo que os preços mudam de forma contínua, calculamos as variações de preços de forma logarítmica, ou seja:

$$xi = \ln\left(\frac{P_{i+1}}{P_i}\right)$$

Onde:

P_i é o preço no final de cada intervalo

Concluindo, se calcularmos o desvio-padrão de uma série de retornos de um ativo conforme descrito acima, encontraremos a volatilidade para um dado intervalo t de tempo. Para compararmos o risco entre ativos com diferentes horizontes de tempo de investimento, enfrentaremos um problema econometrônico conhecido por “time aggregation”. De acordo com JORION (1997), se considerarmos que os retornos são não-correlacionados ao longo do tempo, e que os preços são completamente aleatórios, podemos dizer que o retorno esperado, bem como a variância dos retornos, seguem uma tendência linear. Consequentemente, o desvio-padrão (que é a raiz quadrada da variância), seguirá uma tendência de \sqrt{T} .

Observação: devido a vantagens práticas e estatísticas, para pequenas mudanças no valor do preço spot (ou à vista) de um ativo, temos que o retorno percentual (ou aritmético) é igual ao logarítmico. Outras vantagens podem ser observadas usando o retorno logarítmico. Um exemplo prático pode ser tomado a seguir:

Uma ação está em $t_0=100$, em $t_1=110$ e em $t_2=100$.

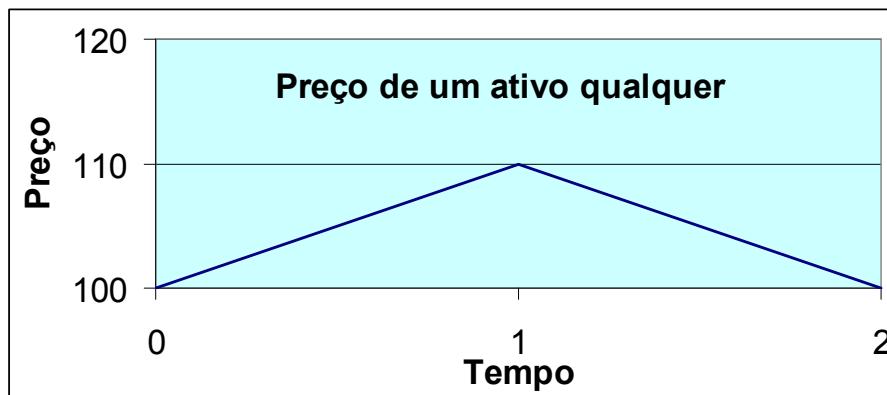


gráfico 01: preço de um ativo qualquer pelo tempo

Se fizermos os retornos percentuais, teremos:

$$r_{0-1} = 10\% \text{ e } r_{1-2} = -9,09\%$$

Se fizermos os retornos logarítmicos, teremos:

$$r_{0-1} = 9,53\% \text{ e } r_{1-2} = -9,53\%$$

Analisando os resultados acima, chegamos às seguintes conclusões: Uma ação que sai de um patamar (100), vai para outro (110) e depois retorna para o mesmo patamar(100), pelo modelo de retornos aritméticos a média do retorno deste período foi de 0,23%, quando na realidade o ativo não sofreu nenhuma mudança em seu preço. Ao usarmos o retorno logarítmico podemos perceber que este efeito “em cascada” não é contabilizado e, logo, o retorno médio é nulo (que é o mais coerente para o exemplo dado).

1.3.2 Beta

Antes da descrição do cálculo do Beta, uma breve contextualização será feita. Quando Sharpe ganhou o prêmio Nobel em 1990, ganhou o mesmo com o CAPM – Capital Asset Pricing Model – que é um modelo econômico para avaliar ações, derivativos, entre outros ativos que relacionem risco e o resultado previsto. O modelo CAPM é baseado na idéia que o retorno esperado do ativo que os investidores irão aceitar é igual ao retorno livre de risco somado a um prêmio de risco. Se o retorno previsto não for igual ou maior do que o retorno calculado, os investidores recusarão o investimento, ou seja, o mesmo não deve ser feito.

De acordo com Sharpe: “Os retornos dos títulos são linearmente relacionados às flutuações de um índice de mercado amplo com um grau conhecido de sensibilidade e, adicionalmente, retornos específicos dos títulos são gerados com uma média e uma variância conhecidas. Com apenas três parâmetros por título, a tarefa de medir o risco e otimizar a carteira será simplificada.”. O modelo então é dado por:

$$E[R_i] = R_f + \beta_{im}(E[R_m] - R_f)$$

$$\beta_{im} = \frac{Cov[R_i, R_m]}{Var[R_m]}$$

Onde:

$E[R_i]$ = Retorno esperado do ativo i no tempo t

R_i = Retorno do ativo i

R_f = Retorno do ativo livre de risco

R_m = Retorno de mercado

β_{im} = Beta ou risco sistêmico

$Var[R_m]$ = Variância do mercado

$(E[R_m] - R_f)$ = Prêmio de risco da carteira de mercado

De acordo com a equação acima, o retorno sobre qualquer ativo excede a taxa de retorno livre de risco por um prêmio igual à medida de risco sistêmico (beta) do ativo vezes o prêmio de risco da carteira de mercado. Consequentemente, o beta pode ser entendido como a magnitude na qual os retornos sobre as ações reagem aos retornos da carteira de mercado.

1.3.3 Perda Máxima

A medida de risco conhecida por perda máxima nada mais é do que o pior retorno encontrado em uma determinada janela de tempo para um ativo.

1.3.4 Semi-Variância

A semi-variância é uma medida de risco que mede a variância de apenas os retornos logarítmicos negativos de uma dada janela de tempo. Através dele têm-se uma idéia da dispersão dos retornos indesejáveis, ou seja, aqueles que diminuem o retorno (rentabilidade) de uma carteira ou ativo.

1.3.5 V@R (Value-at-Risk)

O VAR é a metodologia para o cálculo de risco mais difundida e utilizada pelo mercado. De acordo com Jorion, “o VAR mede a pior expectativa de perda durante um certo período de tempo, sob condições normais de mercado e com um dado nível de confiança”. Logo, se dissermos que o VAR de um banco para uma dada carteira é de 80 milhões de dólares, com um nível de confiança de 99%, isto significa que há 1 chance em 100 de que a perda do portfolio em um dia seja maior do que os 80 milhões. Não podemos esquecer que nesta medida de VAR comentada no exemplo acima, é possível que haja perdas na carteira 99% das vezes menor do que os 80 milhões (caso o VAR permanecesse fixo neste valor ao longo do tempo) e uma única vez uma perda superior a este valor, de forma que a medida do VAR não terá sido violada.

O VAR foi primordialmente desenvolvido com a finalidade de prevenir instituições financeiras, que em geral, possuem em suas carteiras instrumentos sofisticados e uma larga variedade de riscos de mercado, contra possíveis movimentos adversos das economias. Contudo, nada impede que o VAR também seja implementado em empresas cujo caixa opera com outras moedas (correndo o chamado risco cambial) ou em organismos reguladores preocupados com casos passados de grandes perdas no mercado financeiro.

Visando a prevenção destas catástrofes financeiras, ou mesmo, o chamado de “risco sistemático” em que o *default* dado por uma instituição financeira poderia acarretar em diversos outros *defaults* de outros bancos levando ao chamado “efeito em cascada”, foi criado em 1988 o comitê da Basileia de Supervisão Bancária pelo grupo dos G-10 (composto pelas 10 maiores economias mundiais na época). Este acordo foi um marco na regulamentação de todas as instituições financeiras, pois visava o fortalecimento da estabilidade do sistema internacional bancário, ou melhor dizendo, garantia, através da retenção de capital individual de cada banco (calculado através da fórmula conhecida por “Cooke Ratio”), o risco de crédito a que cada instituição estava sujeita.

2. A IMPORTÂNCIA DO VAR

2 A importância do VAR

O VAR, muito mais do que um mero número indicador de risco, pode ser utilizado como uma poderosa ferramenta de gestão de risco para as empresas. Ele pode ser utilizado para termos:

- i. Maior controle na alocação de recursos: Através de limites previamente estabelecidos, podemos dizer que o VAR auxilia a empresa a “enxergar” em quais operações ela está tomando mais risco (usando o VAR da carteira decomposto por ativo) e, consequentemente, aliar os VARs individuais com a política de investimento adotada.
- ii. Otimização da estratégia de investimento/análise de performance: Com o VAR calculado para uma dada carteira e de posse da rentabilidade da mesma, a empresa pode dizer se ela está ou não tomando muito risco para o retorno obtido. Em termos acadêmicos, a empresa poderá dizer se a mesma se encontra próxima ou não da “fronteira eficiente” estudada por Markowitz.
- iii. Maior compreensão do risco: Como o VAR é um número em termos financeiros, podemos assumir que o mesmo é de maior compreensão tanto para os acionistas, como diretores, entre outros, que não estão acostumados com a complexidade da área de risco de mercado. Obviamente, quanto maior for o conhecimento da técnica utilizada para o cálculo do VAR, maior será o proveito tirado deste número para adequação da política de risco.

Antes de apresentar o VAR, alguns pontos devem ser destacados, como por exemplo:

Fatores de risco

Os fatores de risco para um certo ativo são considerados todos os elementos tais como taxas e outros mercados que influenciam diretamente no preço de uma certa posição detida por uma empresa.

Exposure

É o valor de mercado de uma determinada posição calculada através da multiplicação do preço unitário pela quantidade de ativo disponível na carteira.

$$P_t = \sum_i F_{it} Q_{it}$$

Onde P_t é o valor de mercado da carteira no tempo t; F_{it} é o valor de mercado de uma determinada ação i, no tempo t; Q_{it} é a quantidade de ações i na carteira no tempo t.

Sensibilidade

A sensibilidade de uma posição é definida como a taxa de variação no valor da posição dada uma variação no ativo base, ou fator de risco. Um instrumento pode ser sensível a mais de um fator de risco e é por esse motivo que será necessária sua decomposição nos fatores de risco definidos. Matematicamente ela pode ser expressa por:

$$S = \frac{\Delta V}{\Delta F}$$

Onde V é o valor da posição e f é o fator de risco.

Para um instrumento com k fatores de risco, a sensibilidade será dada por:

$$S = \sum_{i=1}^k \frac{\Delta V_i}{\Delta F_i}$$

A sensibilidade de uma posição em um mercado a um determinado fator de risco varia de acordo com a natureza do mesmo. Será mostrado mais adiante como se obter o valor da sensibilidade quando estamos tratando de mercado acionário.

Exemplo prático para o cálculo do VAR

Para uma melhor compreensão da medida do VAR, imaginemos um investidor que possui R\$100 milhões em ações preferenciais da Petrobrás (PETR4) e que deseja saber quanto ele poderia perder em um dia nesta posição, ou seja, o seu VAR diário. Para responder a essa pergunta, reunimos o retorno diário ao longo de um período relativamente longo, por exemplo de 2 anos.

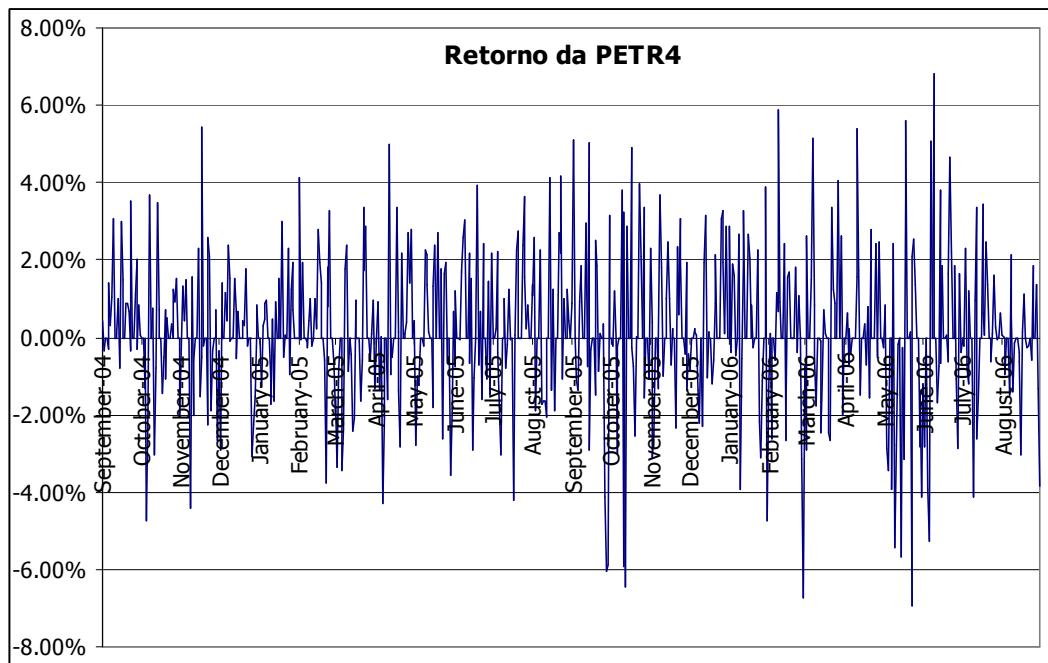


gráfico 02: retornos históricos do ativo PETR4

A seguir, ordenamos os retornos em ordem crescente de forma a obtermos uma distribuição dos retornos. De posse desta distribuição dos retornos, construimos intervalos igualmente espaçados variando entre os piores até os melhores retornos, contando quantos retornos caem dentro de cada intervalo definidos previamente. Este histograma está representado no gráfico abaixo.

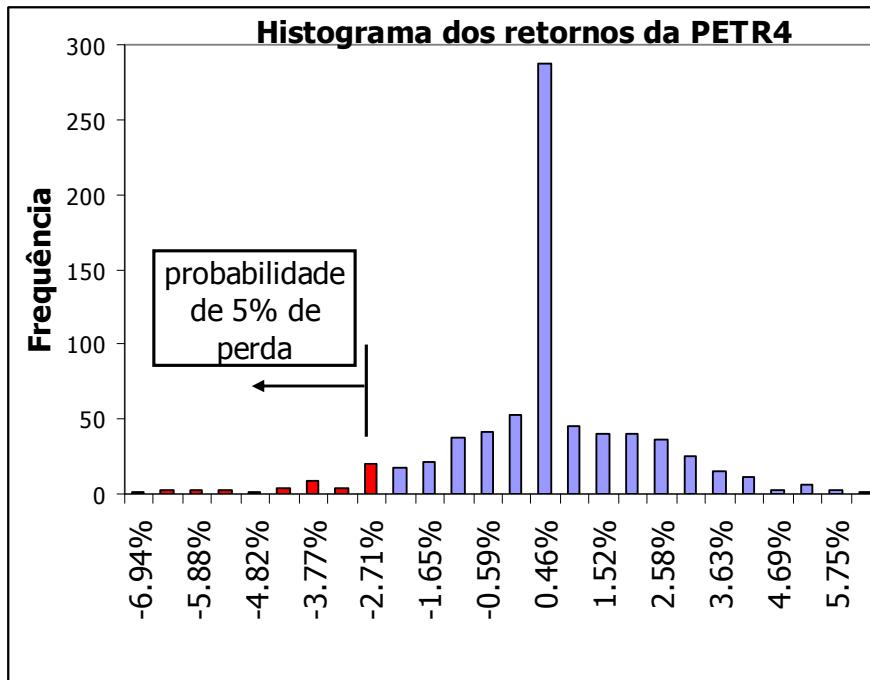


gráfico 03: histograma do ativo PETR4

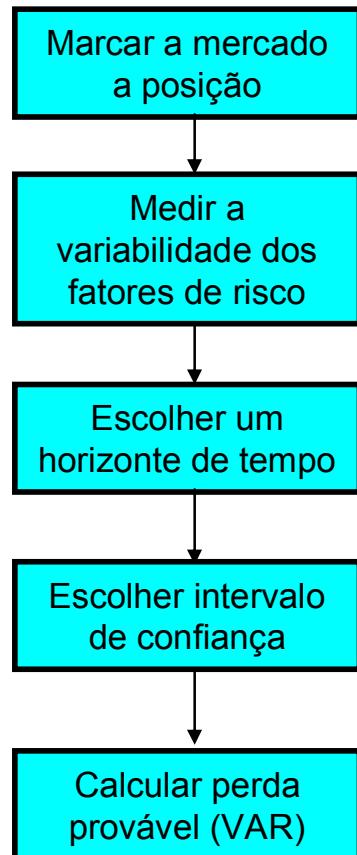
De posse do histograma, digamos que queiramos o VAR a um nível de confiança de 95%. Queremos então, as 5% piores observações de retorno da amostra. Logo, se temos 728 observações, 728 vezes 5% resulta em 37 observações. Através da figura a seguir, temos que este valor é de aproximadamente -2,709%, que é o intervalo na qual se localiza a 37^a observação do pior retorno.

A escolha do nível de confiança a 95% é arbitrário. Contudo, caso este nível de VAR seja calculado visando se ter uma boa margem de segurança no fundo ou conforme o jargão de mercado, “boa gordura ou colchão de segurança”, é recomendável que seja utilizado intervalos de confiança mais seguros, como por exemplo o de 99%.

Agora, temos todos os dados necessários para o cálculo efetivo do VAR de uma posição de R\$100 milhões de PETR4. Baseando-se na análise anterior, nós podemos dizer com 95% de confiança que o portfolio do investidor não irá sofrer um prejuízo maior do que os R\$100 milhões vezes 2,709% em um dia. Logo, o VAR diário desta posição é de R\$2.709.000,00.

De forma análoga, pegando-se o desvio-padrão da série histórica de retornos (no caso acima, que é de 1,802%) e multiplicando-o pelo Z a 95% da curva normal, que é 1,645, obtemos o resultado de R\$2.964.579,24 que é o VAR obtido através de um modelo paramétrico normal (falarei mais detalhes adiante a respeito da hipótese de normalidade). Com isso, para os leigos no assunto de risco de mercado, um *asset manager* poderia se dirigir ao seu investidor da seguinte forma: “Em condições normais de mercado, o máximo que o seu portfolio de R\$100 milhões em ações da Petrobrás perderá em um dia, com 95% de confiança, é R\$2.709.000,00.”.

2.1 FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DO VAR



2.2 Metodologias paramétricas X não-paramétricas

A definição dada para o VAR acima é extremamente genérica pelo simples fato de que a mesma pode ser calculada de diversas maneiras onde cada uma depende exclusivamente da forma como é considerada a curva de distribuição dos retornos. Por exemplo, vamos supor que a probabilidade seja dada por:

$$\Pr\{r_t \leq Var_t^+\} = \int_{-\infty}^{Var_t^+} f(r_t) dr_t = \alpha\%$$

Logo, podemos dizer que será a parametrização de f que determinará o valor do retorno limite adverso, ou seja, através da integral da função distribuição dos retornos.

2.2.1 Hipótese de Normalidade

Este modelo utiliza uma distribuição paramétrica, conforme dito acima, conhecida para estimar o valor de mercado da carteira. Segundo JORION (1997), o modelo assume que as distribuições dos retornos dos fatores de risco podem ser aproximadas pela distribuição normal, com média μ e desvio-padrão σ .

A distribuição normal ou curva de Gauss é amplamente utilizada para descrever movimentos aleatórios. É caracterizada por dois parâmetros; um de posição (média μ) e outro de dispersão (desvio-padrão σ). Sua função densidade probabilidade é dada por:

$$f(r_t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(r_t - \mu_t)^2}$$

A função indica a probabilidade de um intervalo infinitesimal ao redor de r_t conter o valor observado da variável aleatória. Para a análise de risco, estamos interessados em encontrar um

valor de retorno dos fatores de risco que geram prejuízo inferior ao que ocorre $\alpha\%$ das vezes. Assumindo o pressuposto de que os retornos seguem a uma distribuição normal, que é algo razoável, e que os prejuízos se localizam do lado esquerdo da curva, vem:

$$P(r_t > r_{ad}) = \alpha\%$$

Onde r_{ad} corresponde ao limiar que separa os retornos que geram prejuízo maior aos que ocorrem em $\alpha\%$ dos demais retornos, ou seja, os retornos adversos. A título de curiosidade, os bancos e administradoras de fundos usam em média valores entre 95% a 99% para o valor do α (ou confiança).

Utilizando a distribuição normal podemos encontrar o valor de r_{ad} em termos de σ , μ e de z para uma dada confiança adotada, ou seja:

$$r_{ad} = z\sigma + \mu$$

Vale lembrar que os parâmetros σ e μ devem ser calculados a partir das séries históricas do ativo. De forma prática, JORION adotou que para uma série histórica grande, é razoável adotarmos $\mu=0$. Por trás desta suposição está implícita a idéia de que em uma janela de tempo razoavelmente grande o número de vezes que um ativo se valoriza deve ser proporcional ao número de vezes que o mesmo se desvaloriza. Com isso, a expressão acima reduz-se a:

$$r_{ad} = z\sigma$$

Outra vantagem obtida com a utilização da hipótese de normalidade é a sua facilidade na aplicação do cálculo do VAR para carteiras de ativos. Suponha que tenhamos uma carteira com os ativos $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ que seguem, todos, uma distribuição normal com médias $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$ e matriz de variâncias e covariâncias igual a:

$$\sum = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \cdots & \cdots & \sigma_{nn} \end{bmatrix}$$

Adotando que o peso de cada ativo na carteira é de $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$, temos que o retorno desta carteira será dado pela fórmula:

$$Y = w_1 \cdot y_1 + w_2 \cdot y_2 + \dots + w_n \cdot y_n$$

e sua variância por:

$$\sigma_{carteira}^2 = \sum_i \sum_j w_i w_j \sigma_{ij} = w \cdot \sum .w$$

Logo, adotando-se $\mu=0$ para todos os ativos, temos que a carteira seguirá uma $N(0, w \cdot \sum .w)$, e consequentemente, seu VAR será dado por:

$$VAR = Z_{\alpha\%} \cdot (w \cdot \sum .w)^{1/2} \cdot P$$

onde P, é o valor da carteira.

Vantagens e Desvantagens com a utilização da Normalidade**Vantagens da hipótese de Normalidade**

A maior vantagem da hipótese de normalidade é a rapidez com que podemos calcular o número do VAR para uma carteira com um número de ativos bastante significativo. O fato é que no mercado financeiro, um dos componentes chaves para se ter sucesso, é a rapidez na tomada de decisões. Logo, a hipótese da normalidade faz com que não seja custoso computacionalmente, e consequentemente, rápida, a geração do VAR Normal.

Desvantagens da imposição da hipótese de Normalidade

A simplificação adotada com a hipótese de que a distribuição dos retornos dos ativos segue uma distribuição normal trás um problema, pois sabe-se empiricamente que a maioria das séries de retornos dos ativos possuem excesso de curtose em relação a distribuição normal, ou seja, possuem “caldas mais pesadas”. Isso é causado pela ocorrência de eventos extremos (retornos muito positivos e muito negativos) ao longo da distribuição, fazendo com que o risco calculado com a hipótese de normalidade seja menor do que o verdadeiro VAR da posição. Uma forma para minimizar esse efeito de subestimação do risco é lançando mão de outras distribuições tais como a de t-student, que possui caudas mais pesadas que a distribuição normal.

2.2.2 Simulação Histórica

Na hipótese de que as distribuições das séries dos retornos de um ativo não obedecem a um determinado padrão, como a distribuição normal, podemos adotar a hipótese de que a melhor distribuição a ser adotada é a não-paramétrica gerada pelo ativo em questão em tempos passados. Daí, tem-se a chamada “Simulação Histórica” que consiste na aceitação de que os retornos futuros irão seguir a distribuição dos retornos obtidos no passado. Aceita tal hipótese, podemos calcular não-parametricamente o percentil correspondente ao nível de significância do VAR de $\alpha\%$ desejado.

De maneira matemática podemos dizer que dada uma amostra de retornos $X_T = \{X_1, \dots, X_T\}$, ordenamos os dados tal que $X_1 \leq X_2 \leq \dots \leq X_T$, obtendo-se assim as chamadas estatísticas de ordem e assim, calculamos o estimador

$$\hat{X}_{\alpha\%} = \frac{X_{[\alpha\%T]} + X_{[\alpha\%T+1]}}{2}$$

para T par, onde os colchetes $[.]$ definem a parte inteira da

operação. Logo, $X_{[\alpha\%T]}$ refere-se ao retorno que ocupa a posição correspondente a $\alpha\%$ das observações, numa amostra ordenada de maneira crescente. Se tivermos T ímpar, devemos

utilizar $\hat{X}_{\alpha\%} = \hat{X}_{[\alpha\%T+1]}$.

A partir da estimativa do quantil empírico $\hat{X}_{\alpha\%}$ dos retornos, é possível construir-se o $\text{VAR}(\alpha\%)$, como sendo:

$$\text{VAR}(\alpha\%) = \text{Valor do ativo antes} * \hat{X}_{\alpha\%}$$

Apesar do nome do método para o cálculo da medida do VAR seja “simulação histórica”, em um primeiro estágio simples como o descrito acima, não há o envolvimento de simulações propriamente ditas. Novamente, a idéia do método consiste em usar-se a distribuição empírica dos retornos passados do ativo visando obter a melhor distribuição dos retornos possível. O método em si é robusto para distribuições de caudas pesadas, mas baseia-se em apenas um

sorteio para a geração de todos os dados porque somente uma única trajetória de preços é utilizada na prática.

O método em si que utiliza as séries históricas dos ativos para gerar a distribuição dos retornos é bastante intuitivo. Para aplicá-lo em uma carteira de ativos devemos pegar os pesos atuais de cada ativo e multiplicá-los pelos retornos históricos dos ativos da carteira, de forma a obter o retorno da carteira ao longo de uma janela de tempo.

Logo, em uma carteira de n ativos sendo r_{it} o retorno do i -ésimo ativo no instante t e w_i o peso atual do ativo, então a série histórica dos retornos da carteira para a qual deseja-se calcular o VAR é dada por:

$$Y_t = \sum_{i=1}^n w_i r_{it}, \text{ onde } t = 1, \dots, T$$

onde, T é o número de observações na série histórica de retornos.

Exemplo prático do cálculo do VAR utilizando a simulação histórica:

Suponha que estamos buscando calcular o *Historical VAR* para uma posição de R\$100.000,00

de PETR4 em 31-agosto-2006, e tenhamos os seus retornos $[\ln(\frac{P_{final}}{P_{inicial}})]$ dos últimos 29 dias

dados por:

| Data | Preço | Retorno logarítmico |
|-----------|-------|---------------------|
| 21-jul-06 | 42,12 | |
| 24-jul-06 | 43,47 | 3,15% |
| 25-jul-06 | 43,93 | 1,05% |
| 26-jul-06 | 44,09 | 0,36% |
| 27-jul-06 | 44,75 | 1,49% |
| 28-jul-06 | 45,2 | 1,00% |
| 31-jul-06 | 44,88 | -0,71% |
| 1-ago-06 | 45,12 | 0,53% |
| 2-ago-06 | 45,69 | 1,26% |
| 3-ago-06 | 45,84 | 0,33% |
| 4-ago-06 | 45,7 | -0,31% |
| 7-ago-06 | 46,15 | 0,98% |
| 8-ago-06 | 46,2 | 0,11% |
| 9-ago-06 | 45,9 | -0,65% |
| 10-ago-06 | 45,8 | -0,22% |
| 11-ago-06 | 45,29 | -1,12% |
| 14-ago-06 | 44,55 | -1,65% |
| 15-ago-06 | 45,3 | 1,67% |
| 16-ago-06 | 45,2 | -0,22% |
| 17-ago-06 | 44,6 | -1,34% |
| 18-ago-06 | 44,86 | 0,58% |
| 21-ago-06 | 44,4 | -1,03% |
| 22-ago-06 | 44,12 | -0,63% |
| 23-ago-06 | 42,9 | -2,80% |
| 24-ago-06 | 43,48 | 1,34% |
| 25-ago-06 | 43,85 | 0,85% |
| 28-ago-06 | 43,54 | -0,71% |
| 29-ago-06 | 43,34 | -0,46% |
| 30-ago-06 | 43,1 | -0,56% |
| 31-ago-06 | 42,91 | -0,44% |

tabela 01: retornos do ativo PETR4

Conforme a descrição feita do método acima, devemos ordenar os retornos do menor para o maior, de forma a obter as estatísticas de ordem. No caso acima, temos:

$$X_T = \{-2,80\% < -1,65\% < -1,34\% < -1,12\% < -1,03\% < -0,71\% < -0,71\% < -0,65\% < -0,63\% < -0,56\% < -0,46\% < -0,44\% < -0,31\% < -0,22\% < -0,22\% < 0,11\% < 0,33\% < 0,36\% < 0,53\% < 0,58\% < 0,85\% < 0,98\% < 1,00\% < 1,05\% < 1,26\% < 1,34\% < 1,49\% < 1,67\% < 3,15\%\}$$

A um nível de 95% de confiança, temos que $\alpha = 5\%$, e logo, o estimador $\hat{X}_{\alpha\%}$ para uma amostra com T=29 (ímpar) é dado pelo retorno de ordem:

$$[\alpha\% * T + 1] = [5\% * 29 + 1] = [2,45] = 2$$

Voltando à série de retorno ordenada temos que:

$$\hat{X}_{5\%} = X_{[5\%*29+1]} = X_2 = -1,65\%$$

Logo, o VAR da carteira para o próximo dia de mercado é dado por:

$$\text{VAR}(5\%) = \text{Valor do ativo antes} * \hat{X}_{5\%} = R\$100.000,00 * (-1,65\%)$$

$$\therefore \text{HistoricalVAR} = R\$1.650,00$$

Dando prosseguimento ao raciocínio de VAR, se no dia 1-setembro-2006, tivermos um retorno pior ou igual a -1,65% e com isso uma perda superior ou igual a R\$1.650,00 na posição, iremos considerar que o limite de VAR foi cruzado.

Vantagens e Desvantagens da Simulação Histórica

Vantagens da Simulação Histórica

No método explicado acima, por ser não-paramétrico, não é necessário a estimativa de qualquer parâmetro (como, por exemplo, as volatilidades e correlações da matriz de covariância) para gerarmos o número de VAR. Isso faz com que os erros para a estimativa destes parâmetros sejam nulos.

Como a distribuição dos retornos é obtida empiricamente, problemas encontrados no método normal na distribuição dos retornos tais como excesso de curtose e assimetrias, serão detectados e levados em conta pelo modelo da simulação histórica.

Desvantagens da Simulação Histórica

O método assume que a verdadeira distribuição dos retornos é dada através dos retornos obtidos no passado. Conseqüentemente, esta distribuição será afetada de acordo com a janela de tempo considerada para a geração desta distribuição.

Outra desvantagem do método é a inflexibilidade ou incapacidade do modelo em reagir nos números de VAR a mudanças estruturais financeiras significativas, tal como uma mudança brusca de câmbio fixo para flutuante. Isso ocorre porque na ocasionalidade de um evento extremo, apenas mais um dado (de muitos) iria entrar na distribuição de retornos e isso não afetaria de forma significativa a mesma.

Outro problema notado por Danielsson e Vries (1997) é que o modelo da simulação histórica jamais produzirá um VAR cuja perda é superior ao pior retorno da janela de tempo considerada.

2.3 Métodos para a estimação da volatilidade

No capítulo anterior, foram apresentados e descritos detalhadamente os métodos mais tradicionais do mercado para o cálculo do VAR. Contudo, ao apresentarmos o tradicional método que adota a hipótese de que os retornos são distribuídos normalmente, tomamos a volatilidade dos ativos como dada. Na realidade, não se sabe quanto a volatilidade será, e portanto, é necessário lançar mão de métodos estatísticos para a estimativa da mesma. Este capítulo irá, então, tratar de apresentar os métodos mais conhecidos para a estimativa do parâmetro σ_i , ou seja, a volatilidade futura.

Neste tipo de estimativa, parte-se do princípio de que o futuro pode ser satisfatoriamente representado pelo comportamento passado de um determinado ativo.

Serão apresentados a seguir, três métodos largamente utilizados pelo mercado para a estimativa da volatilidade futura a partir da série de retornos de um ativo. Deve-se ter em mente que uma estimativa jamais irá retratar exatamente a realidade, mas ela deve ao menos refletir alguns fatos conhecidos empiricamente no mercado financeiro (descritos adiante em cada modelo).

2.3.1 Método Amostral

Neste método estima-se a volatilidade de um ativo i através do desvio-padrão da série de T retornos adotando-se média zero, ou seja:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T r_{ti}^2}$$

O inconveniente deste método é que existe uma certa ineficiência para reagir a mudanças abruptas do mercado devido ao fato de que todas observações recebem o mesmo peso em toda a amostra. Contudo, tal problema poderia ser minimizado através de um controle adequado no tamanho da janela de tempo adotada. Mesmo assim, na eventualidade de um retorno extremo, o método iria computá-lo de forma que o VAR final da posição iria crescer subitamente, e logo que este retorno saísse da amostra, o VAR voltaria a um nível bem inferior. Logo, este sobe-desce não contínuo do σ_i , e consequentemente do VAR, a princípio, torna tal limite de controle inadequado para mantermos uma boa gestão de risco.

2.3.2 Suavizamento Exponencial ou EWMA (Exponentially Weighted Moving Average)

O método do suavizamento exponencial tem por finalidade superar o problema da não-continuidade do desvio-padrão buscando valorizar as ocorrências mais recentes da série de dados. O cálculo da variância de um ativo i na data t é dado por:

$$\sigma_{t,i}^2 = \lambda * \sigma_{t-1,i}^2 + (1 - \lambda) * r_{t-1,i}^2 \quad 0 \leq \lambda \leq 1$$

De acordo com a fórmula acima, a variância do retorno para um instante t é dada por dois termos. O primeiro, um termo autoregressivo expressando a dependência temporal da variância dos retornos, enquanto que o segundo representa a contribuição do dado mais recente para o cálculo da variância estimada.

A expressão acima também pode ser reescrita seguindo à mesma restrição da seguinte forma:

$$\sigma_{T,i}^2 = \lambda^T * \sigma_{0,i}^2 + (1 - \lambda) \sum_{t=1}^T \lambda^t * r_{T-t,i}^2$$

Conforme a expressão dada acima, a estimativa da variância dos retornos é igual a da variância inicial mais uma com pesos geometricamente declinantes dos quadrados dos retornos. O resultado disso é que a contribuição da variância inicial tende a zero com o número de observações.

O fator de decaimento λ especificado acima determina o grau de relevância dos dados mais recentes. Considerando uma tolerância T, tal que:

$$T = (1 - \lambda) * \sum_{i=k}^{\infty} \lambda^i$$

onde, K representa a posição no tempo a partir da qual os valores dos erros quadráticos (diferença entre as observações e a média ao quadrado) são desprezados. Podemos então construir a seguinte tabela com o número de dados necessários e suficientes para a estimação da volatilidade:

| Decaimento | Tolerância | | |
|-------------------|-------------------|--------------|-----------|
| | 0,01% | 0,10% | 1% |
| 0,84 | 53 | 40 | 26 |
| 0,86 | 61 | 46 | 31 |
| 0,88 | 72 | 54 | 36 |
| 0,9 | 87 | 66 | 44 |
| 0,92 | 110 | 83 | 55 |
| 0,94 | 149 | 112 | 74 |
| 0,96 | 226 | 169 | 113 |
| 0,97 | 302 | 227 | 151 |
| 0,98 | 456 | 342 | 228 |
| 0,99 | 916 | 687 | 458 |

tabela 02: número de observações necessárias para cada decaimento-tolerância

Por exemplo, se utilizarmos um λ igual a 0,99 e uma tolerância de 1%, a partir da observação 458 os valores dos erros podem ser desprezados para o cálculo da volatilidade futura, ou seja, nossa amostra não necessita ter mais do que 458 retornos para termos um erro quadrático inferior a 1%. Podemos concluir, então, que o fator de decaimento escolhido será crítico para a determinação da amostra suficiente.

De forma análoga, o mesmo princípio do suavizado exponencial pode ser estendido para o cálculo da covariância entre dois ativos, ou seja:

$$\sigma_{t,j} = \lambda * \sigma_{t,ij-1} + (1 - \lambda) * r_{t-1,i} r_{t-1,j}$$

A princípio, conforme descrito acima, a escolha do λ das fórmulas acima é *ad hoc*, ou seja, não existe nenhum procedimento estatístico para sua estimativa a partir das observações passadas de um ativo. Contudo, o software online *RiskMetrics*, que é comercializado através do banco JP Morgan, sugere um método de forma a estimarmos um λ ótimo a ser utilizado na estimativa da volatilidade. Em linhas gerais, o software calcula o parâmetro em questão através da minimização do erro de predição um passo a frente para todas as observações da amostra, que é definido como sendo $\varepsilon_{t+1|t} = r_{t+1}^2 - \sigma_{t+1|t}^2$, seguindo a lógica que $E(r_{t+1}^2) = \sigma_{t+1|t}^2$ e que $E(\varepsilon_{t+1|t}) = 0$. Contudo, foge ao escopo deste trabalho o procedimento numérico para a determinação do λ “ótimo” sugerido pelo software. Logo, iremos utilizar os λ sugeridos pelos profissionais com larga experiência no mercado, que são o de 0.94, o de 0.97, e o de 0.99.

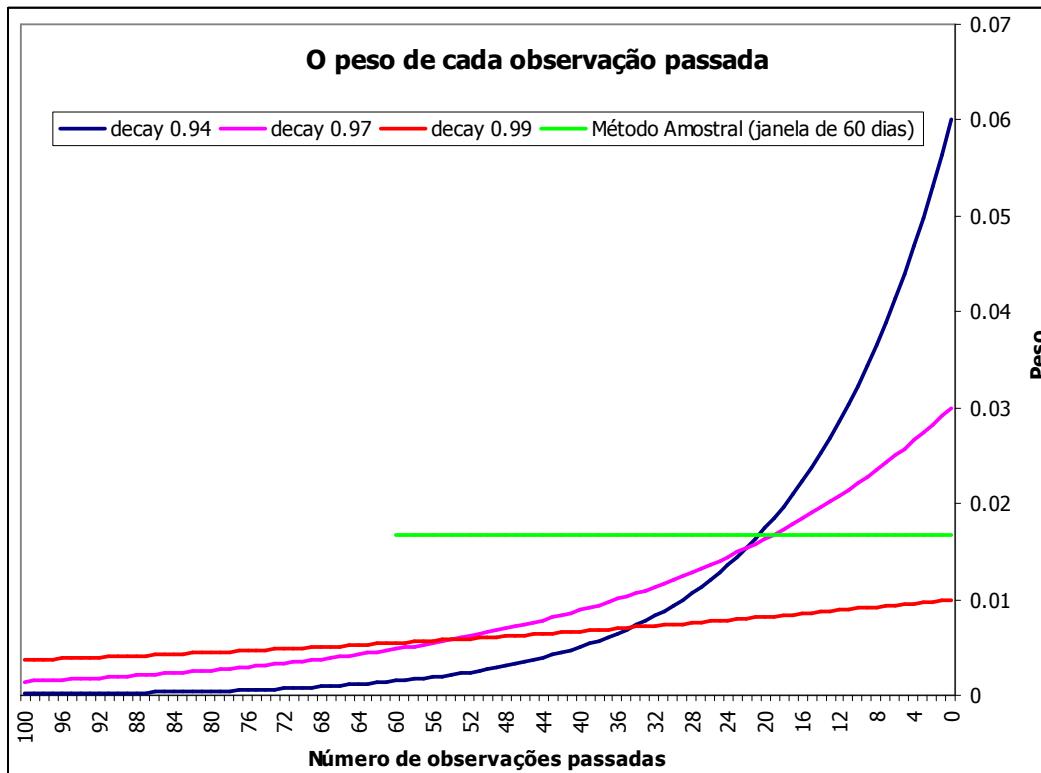


gráfico 04: o peso de cada observação passada de acordo com o decaimento utilizado

Através do gráfico anterior, podemos ter uma idéia do peso que cada retorno com o passar do tempo tem no cálculo da volatilidade futura, tanto para o modelo de suavização exponencial (no caso, para os 3 decays que serão estudados neste trabalho), quanto pelo método amostral com uma janela de 60 dias, onde os retornos recebem o mesmo peso enquanto permanecem na janela.

2.3.3 Modelos GARCH

Sabe-se através da literatura que algumas séries financeiras para um dado ativo apresentam diversas características similares, ou também chamados de *fatos estilizados*. Uma dessas características é o conhecido *efeito assimetria*, na qual um retorno positivo e negativo de mesma magnitude, resultam em efeitos diferentes no que tange a volatilidade. Com isso, o último modelo a ser testado neste trabalho é o EGARCH (*Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*) que tem por objetivo capturar esses impactos na

volatilidade, de forma a verificarmos se tal efeito é significativo para as séries de ativos brasileiros.

Primeiramente, antes de mostrar a fórmula utilizada para se calcular o EGARCH (NELSON, 1991) , mostrarei como é o modelo genérico GARCH(p,q) (BOLLERSLEV, 1986). Neste último, a variância depende dos quadrados dos erros dos retornos anteriores (pois, $r_t = c + \varepsilon_t$) e de sua própria variância em momentos anteriores. Logo, a variância é dada da seguinte forma:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^q$$

onde, $\alpha_i > 0$, $i = 1, 2, \dots, q$

$\beta_j > 0$, $j = 1, 2, \dots, p$

$$\alpha_i + \beta_j < 1$$

Para estimarmos os parâmetros da equação acima pode-se utilizar o método da maximização da log-verosimilhança, ao se impor as restrições descritas acima. O software *Eviews* usado neste trabalho utiliza o algoritmo BHHH (Berndt-Hall-Hall-Hausmann) para resolver as equações.

Exemplo: Cálculo da variância em t a partir de um GARCH(1,1)

Para o modelo acima, temos que a variância será dada por:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$$

Analizando a expressão anterior, temos que a volatilidade em t será calculada utilizando-se três termos. O primeiro se dá através de uma constante (α_0), o segundo quantifica o impacto do erro residual do retorno em t-1 e o terceiro termo computa a participação da variância passada. De forma genérica, podemos dizer que a soma de ($\alpha_1 + \beta_1$), mostra o

impacto ao longo do tempo que permanece de um retorno em um determinado instante na volatilidade futura.

Através dessa breve introdução aos modelos GARCH de estimação de volatilidade, podemos introduzir o modelo que será utilizado neste trabalho, ou seja, o EGARCH.

O modelo GARCH Exponencial ou EGARCH diferencia os impactos do retorno na volatilidade futura para contabilizar o conhecido efeito empírico de assimetria descrito anteriormente. O EGARCH é dado através da seguinte fórmula:

$$\ln(\sigma_t^2) = \alpha_0 + \gamma_i \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_j \ln(\sigma_{t-j}^2)$$

Conforme o modelo acima, o efeito assimetria é capturado pelo coeficiente γ_i , de tal forma que caso ele seja maior do que zero, um retorno negativo irá aumentar a volatilidade futura; e caso ele seja negativo, um retorno positivo irá diminuir a volatilidade futura. Caso o parâmetro γ_i seja igual a zero não teremos assimetria, ou seja, impactos na volatilidade futura de acordo com o sinal do último retorno da amostra. Já o coeficiente β_j revela a persistência da variância passada na volatilidade futura.

3. INDICADORES PARA A MEDIÇÃO DA ACURÁCIA DO VAR

3 Indicadores para a medição da acurácia do VAR

Este capítulo trata de apresentar os indicadores que serão utilizados para a comparação das medidas do Value-at-Risk. Antes de explicar os indicadores, devemos ter em mente que para executar tal tarefa existe um contínuo *trade-off* entre a quantidade de informação disponível nas séries dos ativos para estimação do VAR e o tamanho da amostra que resta para a validação dos métodos. Outro ponto bastante controverso e discutido entre os profissionais da área de risco é se, quando fizermos tais testes de avaliação dos modelos, devemos considerar tanto o número de vezes que o limite de VAR será cruzado (frequência relativa de violações), como também a magnitude de tais cruzamentos (perda absoluta). A princípio, sabe-se que todos os métodos de cálculo de VAR adotam um determinado nível de confiança. Logo, teoricamente, se tivermos um nível de confiança de $1 - \alpha\%$, o número de violações não deve ultrapassar $\alpha\%$ das vezes. Contudo, na estimativa do VAR, nenhuma hipótese remete à perda absoluta, e consequentemente, não temos o que chamaremos de *benchmark teórico natural* para compararmos a magnitude dessas perdas. Logo, para mensurarmos tal magnitude, devemos lançar mão da criação de um indicador com esse propósito. A seguir, uma descrição detalhada dos indicadores será feita.

3.1 Frequência relativa de violações do limite de VAR (F_{Cr})

Este indicador irá calcular para uma dada janela de tempo t , a frequência relativa que o VAR calculado foi cruzado. De maneira prática, suponha uma janela de tempo $t=100$ dias. Podemos então, por exemplo, utilizar as 50 primeiras observações para gerarmos uma primeira distribuição dos retornos da carteira, e assim, calcularmos o VAR_{51} , que é o limite de risco a um certo nível de confiança para o 51º dia de mercado, e feito isso, verificarmos se neste dia o valor P da carteira multiplicado pelo retorno real do dia ($Valor_do_Portfolio_{50} * r_{51}$) é menor (pior) do que o VAR calculado anteriormente. Caso o valor da carteira tenha sido diminuído por essa medida de VAR (ou pior), computaremos que neste dia 51º o limite de VAR foi violado. De forma análoga, continuaríamos o cálculo para o 52º dia mercado. Porém, para este último, a distribuição de retornos utilizada terá agora 51 observações, dado que o 51º dia de mercado já passou. Recursivamente, computar-se-ia o número de violações até $t=100$.

De maneira algébrica, poder-se-ia dizer:

$$v_k = \begin{cases} 1, & \text{se } P_{k-1} * r_k \leq VAR_k \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

E logo, o número total de violações será dado por:

$$Cr = \sum_k^n v_k$$

Onde, k deve ser uma observação inicial tal que as observações imediatamente anteriores a ela sejam suficientes para a geração de uma distribuição de retornos capazes de atender às restrições de todos os modelos de VAR comparados neste trabalho.

Consequentemente, a frequência relativa de violações do limite de VAR será dada por:

$$F_{Cr} = \frac{Cr}{t - k}$$

onde, t é o número de observações da amostra

3.2 Magnitude dos cruzamentos (Mg)

Conforme descrito no início deste capítulo, não existe um benchmark teórico natural para compararmos a magnitude das perdas em relação ao limite de VAR. Buscou-se na literatura, maneiras para se contabilizar tal magnitude, porém nenhum critério adequado foi encontrado. Contudo, após conversas com o orientador e os profissionais da área de riscos do *hedge fund* onde foi realizado este trabalho, decidiu-se pela criação de um indicador que tivesse a capacidade de captar e ponderar de alguma forma as magnitudes destes retornos adversos. Este indicador irá considerar que a magnitude do retorno adverso deve ser a mais próxima possível da média dos retornos adversos, ou seja, o μ_{VAR} :

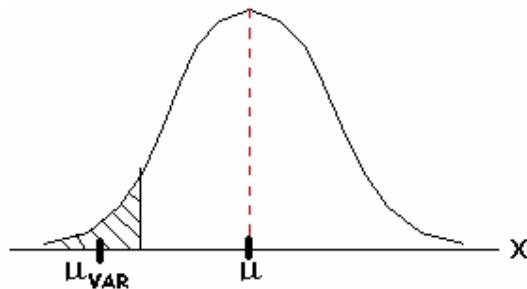


gráfico 05: distribuição normal indicando a média da curva e média dos retornos adversos

Para calcularmos o μ_{VAR} , iremos utilizar a distribuição truncada à esquerda, ou seja:

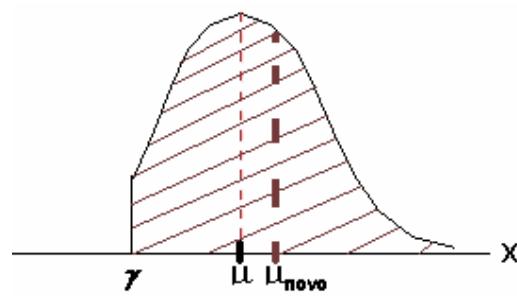


gráfico 06: distribuição normal truncada à esquerda

De acordo com MEYER (1969) , a nova função distribuição de probabilidades é dada por:

$$f(x) = \begin{cases} 0, & \text{se } x < \gamma \\ \frac{K}{\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right)^2 \right], & \text{se } x > \gamma \end{cases}$$

Onde, $K = \left[1 - \phi \left(\frac{\gamma - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1}$

A função ϕ é, naturalmente, a conhecida função da distribuição N (0,1) tabulada.

De posse de $f(x)$, calcula-se a nova média , ou μ_{novo} , através da seguinte integral:

$$E(x) = \mu_{novo} = \int_{\gamma}^{+\infty} x \cdot f(x) dx = \mu + \frac{\sigma}{\phi \left(\frac{\gamma - \mu}{\sigma} \right)} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\gamma - \mu}{\sigma} \right)^2 \right]$$

Utilizando a confiança de 95%, o μ_{VAR} poderá ser encontrado para cada dia de mercado através da seguinte fórmula:

$$\mu = \mu_{novo} * 95\% + \mu_{VAR} * 5\%$$

Consequentemente, teremos que o indicador procurado irá calcular a diferença em módulo entre o μ_{VAR} e o retorno adverso ocorrido no dia de mercado.

3.3 Tempo computacional exigido (Tce)

No início deste trabalho, mencionou-se a importância da rapidez na tomada de decisões para se ter sucesso no mercado financeiro. Logo, um dos critérios adotados para avaliarmos cada um dos modelos de VAR diz respeito ao tempo computacional exigido em cada estimação. Logicamente, quanto maior for o tempo tomado para o cálculo do limite de risco, pior será considerado o modelo avaliado.

Temos então que o indicador do tempo computacional exigido é dado por:

$$Tce = \frac{\sum_{t=k}^t T_t}{n-k} = \frac{\text{tempo_exigido_total_para_toda_estimação_dos_VARs}}{\text{dias_de_mercado_de_validação}}$$

4. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

4 Critérios de avaliação

Neste capítulo serão apresentados os critérios de avaliação necessários para a comparação de cada um dos modelos abordados neste trabalho. Procurou-se na literatura medidas que pudessem nos auxiliar na criação dos mesmos, porém nenhum era adequado para o nosso propósito. Recorreu-se, então, à experiência dos profissionais da área de riscos para a elaboração de cada um dos critérios. É importante ressaltar que a escolha da melhor medida será feita com base em uma matriz de decisão que priorizará aquele(s) critério (s) mais importante(s) no que diz respeito a uma boa medida de risco de mercado. A seguir serão apresentados os critérios e os pesos utilizados para a comparação dos modelos. Os critérios serão feitos de tal forma que para cada um dos modelos de cálculo do VAR só existam notas entre 1 a 10.

4.1 Critérios

4.1.1 Proximidade com a confiança escolhida no modelo

Em todas as simulações para todos os modelos comparados foi utilizado o nível de 95% de confiança, ou seja, para um modelo ser considerado bom, o número de cruzamentos (ou a freqüência relativa de violações do limite de VAR) deve ser o mais próximo possível de $1 - 95\% = 5\%$. Logo, o que se chamará de *diferença_confiança* deste critério será dada através da seguinte fórmula:

$$\text{diferença_confiança} = |Fcr - 5\%|$$

Por exemplo, se tivermos dois modelos que foi utilizado o nível de confiança de 95%, e um deles tiver o Fcr igual a 2% e o outro modelo um Fcr igual a 8%, ambos serão considerados iguais (terão a mesma diferença_confiança) pois, um subestimou o VAR (8%-

$5\% = 3\%$) e outro sobreestimou o mesmo ($2\%-5\% = -3\%$), em outras palavras, ambos terão errado na mesma magnitude.

De posse da *diferença_confiança* calculada acima, criou-se intervalos que deverão ser seguidos para darmos as *notas_finais* para cada modelo:

| Intervalo da <i>diferença_confiança</i> | Nota |
|---|------|
| 0%-0,5% | 10 |
| 0,51%-1% | 8 |
| 1,01%-2% | 6 |
| 2,01%-5% | 4 |
| 5,01% em diante | 2 |

tabela 03: intervalos utilizados para dar nota ao critério “Proximidade com a confiança escolhida no modelo”

Vale lembrar novamente que quanto menor for a *diferença_confiança*, ou seja, quanto mais próximo da confiança utilizada no processo, melhor será a nota final atribuída para um determinado modelo.

4.1.2 Magnitude dos cruzamentos

A idéia básica deste critério será, então, “punir” mais severamente as vezes em que o retorno real adverso estiver mais distante do μ_{VAR} (retorno adverso esperado), para um dado dia de mercado. Tomando s_k como fator que indicará a severidade de cada retorno adverso que tenha cruzado o limite de VAR, vem:

$$\begin{aligned}
 & 3, \text{ se } |retorno_real - \mu_{VAR}| \leq 0,5\% \\
 s_k = & 5, \text{ se } 0,5\% < |retorno_real - \mu_{VAR}| \leq 1,5\% \\
 & 7, \text{ se } |retorno_real - \mu_{VAR}| > 1,5\%
 \end{aligned}$$

Se, e somente se, $P_{k-1} * r_k \leq VAR_k$ (ou seja, o VAR for cruzado)

Consequentemente, o critério Mg será dado por:

$$Mg = \sum_{t=k}^t s_k$$

Para exemplificar, suponha que tenhamos a média dos retornos adversos, ou $\mu_{VAR} = -2\%$. Suponha agora que o limite de VAR para um dado nível de confiança em um tempo t tenha sido cruzado e que o retorno real do dia tenha sido de -3%. Como, $|-3 - (-2)| = 1\%$, este dia terá uma severidade de 5.

Considerando que nossa base amostral tem 1249 observações e o nível de confiança adotado é de 95%, teríamos que ter, ao menos teoricamente, $1249*5\% = 63$ cruzamentos. Na melhor das hipóteses, esses cruzamentos seriam de baixo impacto ($|retorno_real - \mu_{VAR}| \leq 0,5\%$), resultando em um $Mg = 3*63 = 189$. Contudo, através dos resultados obtidos que serão apresentados adiante, vimos que existem modelos que tiveram um Fcr de próximo de 20%.

Na pior das hipóteses, todos esses cruzamentos seriam de alto impacto no portfolio ($|retorno_real - \mu_{VAR}| > 1,5\%$), o que acarretaria em um $Mg = 1249*20\%*7 = 1750$. Logo, como temos este intervalo Mg variando entre 189 a 1750, e também, notas que variam de 1 a 10, teremos intervalos de:

$$\text{intervalo} = \frac{1750 - 189}{10} = 156$$

Consequentemente, as notas para este critério serão dadas de acordo com a seguinte tabela:

| Intervalo do <i>Mg</i> | Nota |
|------------------------|------|
| 0-189 | 10 |
| 190-346 | 9 |
| 347-660 | 8 |
| 661-817 | 7 |
| 818-974 | 6 |
| 975-1131 | 5 |
| 1132-1288 | 4 |
| 1289-1445 | 3 |
| 1446-1602 | 2 |
| 1603 em diante | 1 |

tabela 04: intervalos utilizados para dar nota ao critério Magnitude dos cruzamentos

A nota final será dada, então, pelo exato valor obtido através das simulações para o critério *Mg*, ou seja, teremos que quanto maior ele for, pior será o modelo que o gerou; e vice-versa, quanto menor este indicador for, melhor será avaliado o modelo em questão.

4.1.3 Tempo computacional exigido

Este critério terá sua nota atribuída de acordo com o valor obtido através das simulações para o indicador *Tce*, em outras palavras, teremos que quanto maior ele for, pior será o modelo que o gerou; e vice-versa, quanto menor este indicador for, melhor será avaliado o modelo em questão.

Chegou-se à conclusão que os intervalos de tempo devem ser construídos de maneira a separar os modelos em “instantâneos”, “moderados”, e “demorados”. A seguir a tabela com os intervalos e as notas que deverão ser atribuídas para este critério.

| Intervalo do <i>Tce</i> | Nota | Modelo |
|-------------------------|------|-------------|
| 0-30s | 10 | instantâneo |
| 31s-60s | 8 | moderado |
| 61s em diante | 5 | demorado |

tabela 05: intervalos utilizados para dar nota ao critério “Tempo computacional exigido”

4.2 O peso de cada critério

Adotando os indicadores como a base dos critérios de nossa matriz de decisão falta apenas quantificarmos a importância de cada um destes critérios, ou seja, dar o peso dos mesmos.

Após uma conversa com os profissionais da área de risco chegou-se à conclusão de que os principais indicadores calculados são: a frequência relativa de violações do limite de VAR (Fcr) e o tempo computacional exigido(Tce). O motivo pelo qual foi sugerido que estes indicadores tivessem o maior peso quando fossemos atribuir a um dos modelos como sendo o melhor para uma carteira de ativos brasileiros é que o papel fundamental do VAR é poder mostrar um número de perda com uma confiança escolhida previamente em condições normais de mercado, deixando o “maior limite de perda possível” para os conhecidos cenários de *stress* de mercado. Este último será mais detalhado adiante. Consequentemente, tanto o Fcr e o Tce devem ter uma importância maior do que o critério *Magnitude dos cruzamentos* (Mg). Já o tempo computacional exigido também é de grande importância porque, conforme explicado no início deste trabalho, a rapidez nas tomadas de decisões no mercado financeiro são cruciais para o sucesso de um gestor em um fundo de investimento.

Então, os pesos atribuídos a cada um dos critérios foram:

| Critério da matriz de decisão | Peso |
|---|------|
| Proximidade com a confiança escolhida no modelo | 7 |
| Magnitude dos cruzamentos (Mg) | 2 |
| Tempo computacional exigido (Tce) | 5 |

tabela 06: pesos que serão utilizados em cada critério apresentado

5. SELEÇÃO DE ATIVOS E CONSTRUÇÃO DAS CARTEIRAS TEÓRICAS

5 Seleção de Ativos e Construção das Carteiras Teóricas

Neste capítulo será descrito o método de seleção dos ativos utilizados na validação de cada um dos modelos de VAR analisado.

5.1 A Base de Dados

Na execução do presente trabalho foram utilizadas as dez principais ações do Índice da Bolsa de Valores de São Paulo (BOVESPA), das quais calculou-se os retornos logarítmicos desde o dia 3 de janeiro de 2000 até o dia 21 de setembro de 2006.

As ações foram escolhidas de acordo com a sua participação percentual na composição do índice em vigor até o mês de dezembro do ano vigente.

As ações integrantes da carteira teórica do Índice Bovespa respondem por mais de 80% do número de negócios e do volume financeiro verificados no mercado à vista (lote-padrão) da BOVESPA. A tabela a seguir mostra as dez principais ações do Índice e suas respectivas participações percentuais no mesmo.

| Código | Ação | Tipo | Qtde. Teórica | Part. (%) |
|--------|--------------|-------|---------------|-----------|
| PETR4 | PETROBRAS | PN | 110,27 | 13,09 |
| VALE5 | VALE R DOCE | PNA | 100,62 | 11,06 |
| BBDC4 | BRADESCO | PN | 25,10 | 4,82 |
| TNLP4 | TELEMAR | PN | 61,57 | 4,72 |
| ITAU4 | ITAUBANCO | PN EJ | 19,41 | 3,46 |
| CSNA3 | SID NACIONAL | ON | 17,28 | 2,99 |
| GGBR4 | GERDAU | PN | 33,75 | 2,88 |
| BRKM5 | BRASKEM | PNA | 62,76 | 2,42 |
| NETC4 | NET | PN | 40,85 | 2,17 |
| VIVO4 | VIVO | PN | 111,18 | 2,06 |

tabela 07: ações com maior participação no índice BOVESPA

Vale notar que as dez principais ações do Índice correspondem a aproximadamente 50% de participação do mesmo, sendo, portanto, bastante representativas no que tange o mercado acionário brasileiro.

Para o cálculo dos retornos logarítmicos foram utilizadas séries de preços de fechamento do pregão com os ajustes devidos referentes a “inplits”, “splits”, proventos e dividendos. (fonte de dados: Bloomberg)

5.2 Carteiras de ativos utilizadas

Na grande maioria das vezes, um fundo de investimento não é composto por apenas um ativo, e sim, diversos deles com retornos e riscos diferentes. Logo, na avaliação das metodologias de VAR deste trabalho, buscou-se criar carteiras experimentais com 5 ativos cada (descritos anteriormente) com participações relativas iguais.

Supondo que as carteiras tenham R\$100.000.000,00 cada, o número de ações de cada ativo (em ambos portfolios) em 3 de janeiro de 2000 seriam de:

| Carteira 1 | Número de ações | Valor das ações |
|-------------------|------------------------|------------------------|
| PETR4 | 2.306.805,07 | R\$ 20.000.000,00 |
| BBDC4 | 1.314.924,39 | R\$ 20.000.000,00 |
| ITAU4 | 1.354.096,14 | R\$ 20.000.000,00 |
| GGBR4 | 5.747.126,44 | R\$ 20.000.000,00 |
| NETC4 | 58.224,16 | R\$ 20.000.000,00 |

tabela 08: ações que serão utilizadas na carteira teórica 1

| Carteira 2 | Número de ações | Valor das ações |
|-------------------|------------------------|------------------------|
| VALE5 | 3.278.688,52 | R\$ 20.000.000,00 |
| TNLP4 | 581.733,57 | R\$ 20.000.000,00 |
| CSNA3 | 2.554.278,42 | R\$ 20.000.000,00 |
| BRKM5 | 2.915.451,90 | R\$ 20.000.000,00 |
| VIVO4 | 273.860,06 | R\$ 20.000.000,00 |

tabela 09: ações que serão utilizadas na carteira teórica 2

5.3 Comparação dos modelos

Conforme descrito acima, a comparação dos modelos será feita simultaneamente para cada dia de mercado, desde que todos tenham suas restrições iniciais obedecidas. Logo, através da tabela abaixo, que mostra o número de observações mínimas de cada uma das metodologias, podemos identificar o “gargalo” que deverá ser usado para a inicialização das estimativas.

| Método para a estimativa do VAR | Número mínimo de observações exigidas |
|--|---------------------------------------|
| Normal - método amostral | 100 (que é a janela utilizada) |
| Normal - suavizamento exponencial (decay 0.94) | 74 (tolerância 1%) |
| Normal - suavizamento exponencial (decay 0.97) | 151 (tolerância 1%) |
| Normal - suavizamento exponencial (decay 0.99) | 458 (tolerância 1%) |
| Normal - EGARCH | 250 (PRITSKER, 2001) |
| Simulação Histórica | 504 (PRITSKER, 2001) |

tabela 10: número mínimo de observações exigidas para cada método

De acordo com a tabela acima, podemos verificar que o método “gargalo”, ou seja, aquele que necessita o maior número de observações iniciais para o início das estimativas e que, consequentemente, diminui o número de observações restantes para a comparação é a simulação histórica, a qual precisa de pelo menos 504 retornos para podermos ter uma primeira distribuição de retornos. Como a nossa base de dados tem 1753 observações, restará $1753 - 504 = 1249$ observações para realizarmos nosso *BackTesting* (nome em inglês para testes que utilizam informação passada para avaliação).

5.4 Instrumentos utilizados

Para a comparação dos modelos de VAR e a medição do tempo consumido em nossa base de dados foi utilizado um PC de 1.8GHz com 760 MB RAM e os softwares *Excel2003* (utilizando-se tanto as fórmulas já inclusas no pacote, como macros –Visual Basic for Applications - desenvolvidas pelo autor) e o software *Eviews 5.1 Standard Edition* (para o cálculo da estimativa EGARCH).

6. RESULTADOS OBTIDOS

6 Resultados obtidos

Neste capítulo serão mostrados apenas os resultados em base diária do dia 1-agosto-2006 até o dia 21-set-2006, e também, os resultados consolidados para toda a base de dados para cada modelo analisado. As tabelas completas dia-a-dia de comparação seguem no anexo A. Chegou-se, então, aos seguintes resultados para cada um dos modelos:

6.1 Normal – método amostral (janela = 100 dias)

carteira 1

| Data | Variação Real | Var Normal(amostral) | Cruzou limite? | Retorno Adverso Médio | Severidade | %NAV consumido |
|-----------|---------------------|----------------------|----------------|-----------------------|------------|----------------|
| 1-Aug-06 | (R\$ 5,737,944.69) | (R\$ 6,868,905.82) | 0 | -1.80% | 0 | -1.19% |
| 2-Aug-06 | R\$ 6,367,163.95 | (R\$ 6,732,577.57) | 0 | -1.74% | 0 | 1.33% |
| 3-Aug-06 | R\$ 1,627,341.18 | (R\$ 6,817,913.44) | 0 | -1.76% | 0 | 0.34% |
| 4-Aug-06 | R\$ 3,695,684.59 | (R\$ 6,830,197.47) | 0 | -1.75% | 0 | 0.76% |
| 7-Aug-06 | (R\$ 2,304,765.92) | (R\$ 6,841,268.15) | 0 | -1.76% | 0 | -0.47% |
| 8-Aug-06 | (R\$ 389,751.28) | (R\$ 6,855,675.05) | 0 | -1.77% | 0 | -0.08% |
| 9-Aug-06 | (R\$ 6,589,875.19) | (R\$ 6,804,441.50) | 0 | -1.78% | 0 | -1.35% |
| 10-Aug-06 | (R\$ 1,026,917.24) | (R\$ 6,775,114.29) | 0 | -1.77% | 0 | -0.21% |
| 11-Aug-06 | (R\$ 6,984,048.77) | (R\$ 6,765,390.70) | 1 | -1.80% | 3 | -1.46% |
| 14-Aug-06 | (R\$ 5,131,850.19) | (R\$ 6,695,057.35) | 0 | -1.80% | 0 | -1.09% |
| 15-Aug-06 | R\$ 10,939,096.55 | (R\$ 6,613,078.52) | 0 | -1.74% | 0 | 2.34% |
| 16-Aug-06 | R\$ 4,280,536.42 | (R\$ 6,742,569.72) | 0 | -1.75% | 0 | 0.90% |
| 17-Aug-06 | (R\$ 229,551.97) | (R\$ 6,711,304.22) | 0 | -1.75% | 0 | -0.05% |
| 18-Aug-06 | (R\$ 4,005,715.89) | (R\$ 6,664,878.02) | 0 | -1.75% | 0 | -0.83% |
| 21-Aug-06 | (R\$ 5,109,675.78) | (R\$ 6,653,938.12) | 0 | -1.77% | 0 | -1.07% |
| 22-Aug-06 | (R\$ 5,287,300.31) | (R\$ 6,528,808.30) | 0 | -1.75% | 0 | -1.12% |
| 23-Aug-06 | (R\$ 12,255,474.08) | (R\$ 6,487,947.63) | 1 | -1.79% | 5 | -2.62% |
| 24-Aug-06 | R\$ 896,606.21 | (R\$ 6,348,284.14) | 0 | -1.75% | 0 | 0.20% |
| 25-Aug-06 | (R\$ 1,609,749.47) | (R\$ 6,402,480.17) | 0 | -1.77% | 0 | -0.35% |
| 28-Aug-06 | R\$ 7,681,647.73 | (R\$ 6,403,210.53) | 0 | -1.74% | 0 | 1.69% |
| 29-Aug-06 | (R\$ 3,158,344.54) | (R\$ 6,422,315.59) | 0 | -1.75% | 0 | -0.68% |
| 30-Aug-06 | R\$ 288,521.28 | (R\$ 6,381,585.51) | 0 | -1.74% | 0 | 0.06% |
| 31-Aug-06 | (R\$ 1,378,987.49) | (R\$ 6,365,235.12) | 0 | -1.74% | 0 | -0.30% |
| 1-Sep-06 | R\$ 16,094,473.91 | (R\$ 6,341,842.19) | 0 | -1.68% | 0 | 3.52% |
| 4-Sep-06 | R\$ 2,754,398.31 | (R\$ 6,591,036.51) | 0 | -1.73% | 0 | 0.58% |
| 5-Sep-06 | (R\$ 5,875,863.08) | (R\$ 6,628,426.75) | 0 | -1.77% | 0 | -1.23% |
| 6-Sep-06 | (R\$ 10,408,564.45) | (R\$ 6,438,059.50) | 1 | -1.75% | 3 | -2.21% |
| 7-Sep-06 | R\$ 0.00 | (R\$ 6,320,738.00) | 0 | -1.72% | 0 | 0.00% |
| 8-Sep-06 | (R\$ 5,171,556.62) | (R\$ 6,318,309.47) | 0 | -1.74% | 0 | -1.12% |
| 11-Sep-06 | (R\$ 9,768,214.26) | (R\$ 6,220,494.16) | 1 | -1.75% | 3 | -2.15% |
| 12-Sep-06 | R\$ 7,874,238.84 | (R\$ 6,108,103.99) | 0 | -1.69% | 0 | 1.77% |
| 13-Sep-06 | R\$ 4,256,053.44 | (R\$ 6,165,791.14) | 0 | -1.69% | 0 | 0.94% |
| 14-Sep-06 | (R\$ 7,431,157.08) | (R\$ 6,284,430.72) | 1 | -1.75% | 3 | -1.62% |
| 15-Sep-06 | (R\$ 3,052,260.12) | (R\$ 6,153,417.61) | 0 | -1.73% | 0 | -0.68% |
| 18-Sep-06 | R\$ 9,387,257.56 | (R\$ 6,088,380.94) | 0 | -1.67% | 0 | 2.10% |
| 19-Sep-06 | (R\$ 9,458,016.97) | (R\$ 6,319,109.18) | 1 | -1.77% | 3 | -2.07% |
| 20-Sep-06 | (R\$ 5,419,257.70) | (R\$ 6,183,362.21) | 0 | -1.76% | 0 | -1.21% |
| 21-Sep-06 | (R\$ 5,567,694.73) | (R\$ 6,083,854.50) | 0 | -1.75% | 0 | -1.26% |

tabela 11: resultados finais obtidos para a carteira 1 com o método normal (amostral)

carteira 2

| Data | Variação Real | Var Normal(amostral) | Cruzou limite? | Retorno Adverso Médio | Severidade | %NAV consumido |
|-----------|---------------------|----------------------|----------------|-----------------------|------------|----------------|
| 1-Aug-06 | (R\$ 2,423,494.81) | (R\$ 7,622,140.74) | 0 | -2.62% | 0 | -0.66% |
| 2-Aug-06 | R\$ 8,082,394.80 | (R\$ 7,575,881.37) | 0 | -2.54% | 0 | 2.21% |
| 3-Aug-06 | R\$ 1,776,229.03 | (R\$ 7,733,593.83) | 0 | -2.58% | 0 | 0.48% |
| 4-Aug-06 | R\$ 4,974,408.32 | (R\$ 7,770,153.44) | 0 | -2.56% | 0 | 1.33% |
| 7-Aug-06 | (R\$ 1,000,012.70) | (R\$ 7,916,571.64) | 0 | -2.62% | 0 | -0.26% |
| 8-Aug-06 | R\$ 1,794,678.12 | (R\$ 7,852,741.94) | 0 | -2.58% | 0 | 0.47% |
| 9-Aug-06 | (R\$ 5,823,202.58) | (R\$ 7,773,427.35) | 0 | -2.60% | 0 | -1.53% |
| 10-Aug-06 | (R\$ 5,121,205.53) | (R\$ 7,656,081.05) | 0 | -2.59% | 0 | -1.36% |
| 11-Aug-06 | (R\$ 5,474,670.27) | (R\$ 7,554,031.07) | 0 | -2.60% | 0 | -1.48% |
| 14-Aug-06 | (R\$ 5,903,554.61) | (R\$ 7,398,919.67) | 0 | -2.59% | 0 | -1.62% |
| 15-Aug-06 | R\$ 6,816,222.86 | (R\$ 7,268,170.33) | 0 | -2.49% | 0 | 1.90% |
| 16-Aug-06 | R\$ 2,681,360.70 | (R\$ 7,331,924.35) | 0 | -2.50% | 0 | 0.73% |
| 17-Aug-06 | (R\$ 2,812,091.03) | (R\$ 7,352,102.48) | 0 | -2.52% | 0 | -0.76% |
| 18-Aug-06 | R\$ 1,950,208.10 | (R\$ 7,287,480.90) | 0 | -2.49% | 0 | 0.53% |
| 21-Aug-06 | (R\$ 2,088,518.73) | (R\$ 7,285,478.98) | 0 | -2.50% | 0 | -0.57% |
| 22-Aug-06 | (R\$ 5,875,771.93) | (R\$ 7,237,246.76) | 0 | -2.52% | 0 | -1.61% |
| 23-Aug-06 | (R\$ 14,012,000.69) | (R\$ 7,132,112.05) | 1 | -2.59% | 5 | -3.90% |
| 24-Aug-06 | R\$ 4,500,955.92 | (R\$ 6,982,303.78) | 0 | -2.50% | 0 | 1.30% |
| 25-Aug-06 | (R\$ 445,465.14) | (R\$ 7,108,383.39) | 0 | -2.55% | 0 | -0.13% |
| 28-Aug-06 | R\$ 4,093,929.90 | (R\$ 7,063,964.99) | 0 | -2.51% | 0 | 1.17% |
| 29-Aug-06 | (R\$ 1,250,308.22) | (R\$ 7,244,478.91) | 0 | -2.58% | 0 | -0.35% |
| 30-Aug-06 | R\$ 312,747.97 | (R\$ 7,190,937.28) | 0 | -2.56% | 0 | 0.09% |
| 31-Aug-06 | (R\$ 2,543,400.16) | (R\$ 7,145,535.03) | 0 | -2.56% | 0 | -0.72% |
| 1-Sep-06 | R\$ 12,692,074.61 | (R\$ 7,083,901.18) | 0 | -2.45% | 0 | 3.62% |
| 4-Sep-06 | R\$ 7,216,365.83 | (R\$ 7,461,341.03) | 0 | -2.53% | 0 | 1.99% |
| 5-Sep-06 | (R\$ 2,894,153.14) | (R\$ 7,596,315.84) | 0 | -2.59% | 0 | -0.78% |
| 6-Sep-06 | (R\$ 5,951,978.15) | (R\$ 7,505,741.71) | 0 | -2.61% | 0 | -1.62% |
| 7-Sep-06 | R\$ 0.00 | (R\$ 7,400,910.61) | 0 | -2.57% | 0 | 0.00% |
| 8-Sep-06 | (R\$ 6,205,666.76) | (R\$ 7,400,178.38) | 0 | -2.61% | 0 | -1.72% |
| 11-Sep-06 | (R\$ 11,189,301.29) | (R\$ 7,299,038.30) | 1 | -2.66% | 3 | -3.15% |
| 12-Sep-06 | R\$ 5,011,517.25 | (R\$ 7,110,588.72) | 0 | -2.56% | 0 | 1.46% |
| 13-Sep-06 | R\$ 4,795,580.97 | (R\$ 7,161,692.91) | 0 | -2.54% | 0 | 1.37% |
| 14-Sep-06 | (R\$ 5,696,255.52) | (R\$ 7,307,544.62) | 0 | -2.63% | 0 | -1.61% |
| 15-Sep-06 | (R\$ 1,637,728.44) | (R\$ 7,158,723.79) | 0 | -2.59% | 0 | -0.47% |
| 18-Sep-06 | R\$ 4,915,262.58 | (R\$ 7,105,082.89) | 0 | -2.54% | 0 | 1.42% |
| 19-Sep-06 | (R\$ 8,639,907.93) | (R\$ 7,230,077.91) | 1 | -2.65% | 3 | -2.46% |
| 20-Sep-06 | (R\$ 8,106,888.12) | (R\$ 7,016,771.78) | 1 | -2.63% | 3 | -2.37% |
| 21-Sep-06 | (R\$ 687,873.82) | (R\$ 6,893,428.08) | 0 | -2.59% | 0 | -0.21% |

tabela 12: resultados finais obtidos para a carteira 2 com o método normal (amostral)

Os resultados consolidados para toda a base de dados utilizando-se o método amostral foram:

| Indicador | Carteira 1 | Carteira 2 |
|-----------------------------------|------------|------------|
| Freq.relativa de violações (Fcr) | 19.14% | 15.29% |
| Magnitude dos cruzamentos (Mg) | 1063 | 831 |
| Tempo computacional exigido (Tce) | 8,89 seg | 7,99 seg |

6.2 Normal – suavizado exponencial (decay = 0.94)

carteira 1

| Data | Variação Real | Var Normal(0.94) | Cruzou limite? | Retorno Adverso Médio | Severidade | %NAV consumido |
|-----------|---------------------|--------------------|----------------|-----------------------|------------|----------------|
| 1-Aug-06 | (R\$ 5,737,944.69) | (R\$ 8,016,572.66) | 0 | -2.11% | 0 | -1.19% |
| 2-Aug-06 | R\$ 6,367,163.95 | (R\$ 7,720,940.35) | 0 | -2.00% | 0 | 1.33% |
| 3-Aug-06 | R\$ 1,627,341.18 | (R\$ 7,764,672.33) | 0 | -2.01% | 0 | 0.34% |
| 4-Aug-06 | R\$ 3,695,684.59 | (R\$ 7,582,149.04) | 0 | -1.94% | 0 | 0.76% |
| 7-Aug-06 | (R\$ 2,304,765.92) | (R\$ 7,387,615.61) | 0 | -1.90% | 0 | -0.47% |
| 8-Aug-06 | (R\$ 389,751.28) | (R\$ 7,230,482.33) | 0 | -1.86% | 0 | -0.08% |
| 9-Aug-06 | (R\$ 6,589,875.19) | (R\$ 7,102,155.14) | 0 | -1.86% | 0 | -1.35% |
| 10-Aug-06 | (R\$ 1,026,917.24) | (R\$ 6,879,415.83) | 0 | -1.80% | 0 | -0.21% |
| 11-Aug-06 | (R\$ 6,984,048.77) | (R\$ 6,679,672.52) | 1 | -1.78% | 3 | -1.46% |
| 14-Aug-06 | (R\$ 5,131,850.19) | (R\$ 6,532,966.86) | 0 | -1.76% | 0 | -1.09% |
| 15-Aug-06 | R\$ 10,939,096.55 | (R\$ 6,366,873.63) | 0 | -1.67% | 0 | 2.34% |
| 16-Aug-06 | R\$ 4,280,536.42 | (R\$ 6,578,554.22) | 0 | -1.71% | 0 | 0.90% |
| 17-Aug-06 | (R\$ 229,551.97) | (R\$ 6,420,204.95) | 0 | -1.67% | 0 | -0.05% |
| 18-Aug-06 | (R\$ 4,005,715.89) | (R\$ 6,234,636.31) | 0 | -1.64% | 0 | -0.83% |
| 21-Aug-06 | (R\$ 5,109,675.78) | (R\$ 6,091,981.90) | 0 | -1.62% | 0 | -1.07% |
| 22-Aug-06 | (R\$ 5,287,300.31) | (R\$ 5,990,575.18) | 0 | -1.61% | 0 | -1.12% |
| 23-Aug-06 | (R\$ 12,255,474.08) | (R\$ 5,820,695.64) | 1 | -1.60% | 5 | -2.62% |
| 24-Aug-06 | R\$ 896,606.21 | (R\$ 6,008,228.20) | 0 | -1.65% | 0 | 0.20% |
| 25-Aug-06 | (R\$ 1,609,749.47) | (R\$ 5,944,580.01) | 0 | -1.64% | 0 | -0.35% |
| 28-Aug-06 | R\$ 7,681,647.73 | (R\$ 5,835,466.65) | 0 | -1.58% | 0 | 1.69% |
| 29-Aug-06 | (R\$ 3,158,344.54) | (R\$ 5,693,312.43) | 0 | -1.56% | 0 | -0.68% |
| 30-Aug-06 | R\$ 288,521.28 | (R\$ 5,727,779.50) | 0 | -1.56% | 0 | 0.06% |
| 31-Aug-06 | (R\$ 1,378,987.49) | (R\$ 5,544,262.95) | 0 | -1.52% | 0 | -0.30% |
| 1-Sep-06 | R\$ 16,094,473.91 | (R\$ 5,389,631.84) | 0 | -1.43% | 0 | 3.52% |
| 4-Sep-06 | R\$ 2,754,398.31 | (R\$ 5,873,932.26) | 0 | -1.55% | 0 | 0.58% |
| 5-Sep-06 | (R\$ 5,875,863.08) | (R\$ 5,799,399.00) | 1 | -1.54% | 3 | -1.23% |
| 6-Sep-06 | (R\$ 10,408,564.45) | (R\$ 5,690,724.27) | 1 | -1.55% | 5 | -2.21% |
| 7-Sep-06 | R\$ 0.00 | (R\$ 5,818,083.30) | 0 | -1.58% | 0 | 0.00% |
| 8-Sep-06 | (R\$ 5,171,556.62) | (R\$ 5,702,397.10) | 0 | -1.57% | 0 | -1.12% |
| 11-Sep-06 | (R\$ 9,768,214.26) | (R\$ 5,622,798.40) | 1 | -1.58% | 5 | -2.15% |
| 12-Sep-06 | R\$ 7,874,238.84 | (R\$ 5,910,575.66) | 0 | -1.64% | 0 | 1.77% |
| 13-Sep-06 | R\$ 4,256,053.44 | (R\$ 5,919,421.77) | 0 | -1.62% | 0 | 0.94% |
| 14-Sep-06 | (R\$ 7,431,157.08) | (R\$ 6,085,942.23) | 1 | -1.70% | 3 | -1.62% |
| 15-Sep-06 | (R\$ 3,052,260.12) | (R\$ 6,107,645.30) | 0 | -1.71% | 0 | -0.68% |
| 18-Sep-06 | R\$ 9,387,257.56 | (R\$ 5,948,230.01) | 0 | -1.63% | 0 | 2.10% |
| 19-Sep-06 | (R\$ 9,458,016.97) | (R\$ 6,312,996.58) | 1 | -1.77% | 3 | -2.07% |
| 20-Sep-06 | (R\$ 5,419,257.70) | (R\$ 6,290,971.02) | 0 | -1.79% | 0 | -1.21% |
| 21-Sep-06 | (R\$ 5,567,694.73) | (R\$ 6,159,537.80) | 0 | -1.77% | 0 | -1.26% |

tabela 13: resultados finais obtidos para a carteira 1 com o método normal (decay 0.94)

carteira 2

| Data | Variação Real | Var Normal(0.94) | Cruzou limite? | Retorno Adverso Médio | Severidade | %NAV consumido |
|-----------|---------------------|--------------------|----------------|-----------------------|------------|----------------|
| 1-Aug-06 | (R\$ 2,423,494.81) | (R\$ 8,925,315.86) | 0 | -3.06% | 0 | -0.66% |
| 2-Aug-06 | R\$ 8,082,394.80 | (R\$ 8,636,203.04) | 0 | -2.90% | 0 | 2.21% |
| 3-Aug-06 | R\$ 1,776,229.03 | (R\$ 8,780,978.90) | 0 | -2.93% | 0 | 0.48% |
| 4-Aug-06 | R\$ 4,974,408.32 | (R\$ 8,599,432.64) | 0 | -2.84% | 0 | 1.33% |
| 7-Aug-06 | (R\$ 1,000,012.70) | (R\$ 8,646,165.54) | 0 | -2.86% | 0 | -0.26% |
| 8-Aug-06 | R\$ 1,794,678.12 | (R\$ 8,380,099.17) | 0 | -2.76% | 0 | 0.47% |
| 9-Aug-06 | (R\$ 5,823,202.58) | (R\$ 8,142,531.99) | 0 | -2.72% | 0 | -1.53% |
| 10-Aug-06 | (R\$ 5,121,205.53) | (R\$ 8,018,515.45) | 0 | -2.72% | 0 | -1.36% |
| 11-Aug-06 | (R\$ 5,474,670.27) | (R\$ 7,846,069.14) | 0 | -2.70% | 0 | -1.48% |
| 14-Aug-06 | (R\$ 5,903,554.61) | (R\$ 7,724,243.56) | 0 | -2.70% | 0 | -1.62% |
| 15-Aug-06 | R\$ 6,816,222.86 | (R\$ 7,577,990.28) | 0 | -2.60% | 0 | 1.90% |
| 16-Aug-06 | R\$ 2,681,360.70 | (R\$ 7,471,774.06) | 0 | -2.54% | 0 | 0.73% |
| 17-Aug-06 | (R\$ 2,812,091.03) | (R\$ 7,518,706.31) | 0 | -2.58% | 0 | -0.76% |
| 18-Aug-06 | R\$ 1,950,208.10 | (R\$ 7,314,218.86) | 0 | -2.50% | 0 | 0.53% |
| 21-Aug-06 | (R\$ 2,088,518.73) | (R\$ 7,102,289.42) | 0 | -2.44% | 0 | -0.57% |
| 22-Aug-06 | (R\$ 5,875,771.93) | (R\$ 6,927,813.82) | 0 | -2.42% | 0 | -1.61% |
| 23-Aug-06 | (R\$ 14,012,000.69) | (R\$ 6,781,979.27) | 1 | -2.46% | 5 | -3.90% |
| 24-Aug-06 | R\$ 4,500,955.92 | (R\$ 7,093,361.47) | 0 | -2.54% | 0 | 1.30% |
| 25-Aug-06 | (R\$ 445,465.14) | (R\$ 7,098,936.23) | 0 | -2.55% | 0 | -0.13% |
| 28-Aug-06 | R\$ 4,093,929.90 | (R\$ 6,877,882.52) | 0 | -2.44% | 0 | 1.17% |
| 29-Aug-06 | (R\$ 1,250,308.22) | (R\$ 6,998,092.55) | 0 | -2.49% | 0 | -0.35% |
| 30-Aug-06 | R\$ 312,747.97 | (R\$ 6,903,616.12) | 0 | -2.45% | 0 | 0.09% |
| 31-Aug-06 | (R\$ 2,543,400.16) | (R\$ 6,718,513.92) | 0 | -2.41% | 0 | -0.72% |
| 1-Sep-06 | R\$ 12,692,074.61 | (R\$ 6,607,300.93) | 0 | -2.28% | 0 | 3.62% |
| 4-Sep-06 | R\$ 7,216,365.83 | (R\$ 7,333,821.30) | 0 | -2.49% | 0 | 1.99% |
| 5-Sep-06 | (R\$ 2,894,153.14) | (R\$ 7,432,637.79) | 0 | -2.54% | 0 | -0.78% |
| 6-Sep-06 | (R\$ 5,951,978.15) | (R\$ 7,209,381.24) | 0 | -2.50% | 0 | -1.62% |
| 7-Sep-06 | R\$ 0.00 | (R\$ 7,098,694.91) | 0 | -2.46% | 0 | 0.00% |
| 8-Sep-06 | (R\$ 6,205,666.76) | (R\$ 6,900,162.40) | 0 | -2.44% | 0 | -1.72% |
| 11-Sep-06 | (R\$ 11,189,301.29) | (R\$ 6,708,783.33) | 1 | -2.45% | 5 | -3.15% |
| 12-Sep-06 | R\$ 5,011,517.25 | (R\$ 7,055,700.16) | 0 | -2.54% | 0 | 1.46% |
| 13-Sep-06 | R\$ 4,795,580.97 | (R\$ 7,056,559.13) | 0 | -2.50% | 0 | 1.37% |
| 14-Sep-06 | (R\$ 5,696,255.52) | (R\$ 7,157,895.89) | 0 | -2.58% | 0 | -1.61% |
| 15-Sep-06 | (R\$ 1,637,728.44) | (R\$ 6,973,879.85) | 0 | -2.53% | 0 | -0.47% |
| 18-Sep-06 | R\$ 4,915,262.58 | (R\$ 6,750,603.13) | 0 | -2.41% | 0 | 1.42% |
| 19-Sep-06 | (R\$ 8,639,907.93) | (R\$ 6,740,823.33) | 1 | -2.47% | 3 | -2.46% |
| 20-Sep-06 | (R\$ 8,106,888.12) | (R\$ 6,764,098.45) | 1 | -2.54% | 3 | -2.37% |
| 21-Sep-06 | (R\$ 687,873.82) | (R\$ 6,670,388.09) | 0 | -2.51% | 0 | -0.21% |

tabela 14: resultados finais obtidos para a carteira 2 com o método normal (decay 0.94)

Os resultados consolidados para toda a base de dados utilizando-se o decaimento exponencial de 0.94 foram:

| Indicador | Carteira 1 | Carteira 2 |
|-----------------------------------|------------|------------|
| Freq. relativa de violações (Fcr) | 14.81% | 9.85% |
| Magnitude dos cruzamentos (Mg) | 777 | 521 |
| Tempo computacional exigido (Tce) | 12,45 seg | 14,86 seg |

6.3 Normal – suavizado exponencial (decay = 0.97)

carteira 1

| Data | Variação Real | Var Normal(0.97) | Cruzou limite? | Retorno Adverso Médio | Severidade | %NAV consumido |
|-----------|---------------------|--------------------|----------------|-----------------------|------------|----------------|
| 1-Aug-06 | (R\$ 5,737,944.69) | (R\$ 8,263,229.75) | 0 | -2.17% | 0 | -1.19% |
| 2-Aug-06 | R\$ 6,367,163.95 | (R\$ 8,097,073.35) | 0 | -2.10% | 0 | 1.33% |
| 3-Aug-06 | R\$ 1,627,341.18 | (R\$ 8,165,569.32) | 0 | -2.11% | 0 | 0.34% |
| 4-Aug-06 | R\$ 3,695,684.59 | (R\$ 8,082,074.17) | 0 | -2.07% | 0 | 0.76% |
| 7-Aug-06 | (R\$ 2,304,765.92) | (R\$ 7,989,793.50) | 0 | -2.06% | 0 | -0.47% |
| 8-Aug-06 | (R\$ 389,751.28) | (R\$ 7,912,775.51) | 0 | -2.04% | 0 | -0.08% |
| 9-Aug-06 | (R\$ 6,589,875.19) | (R\$ 7,836,462.04) | 0 | -2.05% | 0 | -1.35% |
| 10-Aug-06 | (R\$ 1,026,917.24) | (R\$ 7,668,631.88) | 0 | -2.01% | 0 | -0.21% |
| 11-Aug-06 | (R\$ 6,984,048.77) | (R\$ 7,549,498.47) | 0 | -2.01% | 0 | -1.46% |
| 14-Aug-06 | (R\$ 5,131,850.19) | (R\$ 7,402,042.57) | 0 | -1.99% | 0 | -1.09% |
| 15-Aug-06 | R\$ 10,939,096.55 | (R\$ 7,243,883.93) | 0 | -1.90% | 0 | 2.34% |
| 16-Aug-06 | R\$ 4,280,536.42 | (R\$ 7,401,574.50) | 0 | -1.93% | 0 | 0.90% |
| 17-Aug-06 | (R\$ 229,551.97) | (R\$ 7,328,337.75) | 0 | -1.91% | 0 | -0.05% |
| 18-Aug-06 | (R\$ 4,005,715.89) | (R\$ 7,193,821.77) | 0 | -1.89% | 0 | -0.83% |
| 21-Aug-06 | (R\$ 5,109,675.78) | (R\$ 7,097,917.28) | 0 | -1.88% | 0 | -1.07% |
| 22-Aug-06 | (R\$ 5,287,300.31) | (R\$ 6,980,682.82) | 0 | -1.87% | 0 | -1.12% |
| 23-Aug-06 | (R\$ 12,255,474.08) | (R\$ 6,843,114.72) | 1 | -1.89% | 5 | -2.62% |
| 24-Aug-06 | R\$ 896,606.21 | (R\$ 6,782,622.06) | 0 | -1.87% | 0 | 0.20% |
| 25-Aug-06 | (R\$ 1,609,749.47) | (R\$ 6,759,766.13) | 0 | -1.87% | 0 | -0.35% |
| 28-Aug-06 | R\$ 7,681,647.73 | (R\$ 6,697,581.34) | 0 | -1.82% | 0 | 1.69% |
| 29-Aug-06 | (R\$ 3,158,344.54) | (R\$ 6,636,617.60) | 0 | -1.81% | 0 | -0.68% |
| 30-Aug-06 | R\$ 288,521.28 | (R\$ 6,607,187.21) | 0 | -1.80% | 0 | 0.06% |
| 31-Aug-06 | (R\$ 1,378,987.49) | (R\$ 6,494,590.55) | 0 | -1.78% | 0 | -0.30% |
| 1-Sep-06 | R\$ 16,094,473.91 | (R\$ 6,387,488.66) | 0 | -1.69% | 0 | 3.52% |
| 4-Sep-06 | R\$ 2,754,398.31 | (R\$ 6,683,173.70) | 0 | -1.76% | 0 | 0.58% |
| 5-Sep-06 | (R\$ 5,875,863.08) | (R\$ 6,662,891.48) | 0 | -1.77% | 0 | -1.23% |
| 6-Sep-06 | (R\$ 10,408,564.45) | (R\$ 6,534,329.23) | 1 | -1.78% | 3 | -2.21% |
| 7-Sep-06 | R\$ 0.00 | (R\$ 6,466,482.44) | 0 | -1.76% | 0 | 0.00% |
| 8-Sep-06 | (R\$ 5,171,556.62) | (R\$ 6,394,725.97) | 0 | -1.76% | 0 | -1.12% |
| 11-Sep-06 | (R\$ 9,768,214.26) | (R\$ 6,267,653.54) | 1 | -1.76% | 3 | -2.15% |
| 12-Sep-06 | R\$ 7,874,238.84 | (R\$ 6,285,448.77) | 0 | -1.74% | 0 | 1.77% |
| 13-Sep-06 | R\$ 4,256,053.44 | (R\$ 6,324,093.78) | 0 | -1.73% | 0 | 0.94% |
| 14-Sep-06 | (R\$ 7,431,157.08) | (R\$ 6,444,559.35) | 1 | -1.80% | 3 | -1.62% |
| 15-Sep-06 | (R\$ 3,052,260.12) | (R\$ 6,377,110.93) | 0 | -1.79% | 0 | -0.68% |
| 18-Sep-06 | R\$ 9,387,257.56 | (R\$ 6,273,790.87) | 0 | -1.72% | 0 | 2.10% |
| 19-Sep-06 | (R\$ 9,458,016.97) | (R\$ 6,528,800.97) | 1 | -1.83% | 3 | -2.07% |
| 20-Sep-06 | (R\$ 5,419,257.70) | (R\$ 6,448,454.08) | 0 | -1.83% | 0 | -1.21% |
| 21-Sep-06 | (R\$ 5,567,694.73) | (R\$ 6,318,338.49) | 0 | -1.82% | 0 | -1.26% |

tabela 15: resultados finais obtidos para a carteira 1 com o método normal (decay = 0.97)

carteira 2

| Data | Variação Real | Var Normal(0.97) | Cruzou limite? | Retorno Adverso Médio | Severidade | %NAV consumido |
|-----------|---------------------|--------------------|----------------|-----------------------|------------|----------------|
| 1-Aug-06 | (R\$ 2,423,494.81) | (R\$ 9,006,034.24) | 0 | -3.09% | 0 | -0.66% |
| 2-Aug-06 | R\$ 8,082,394.80 | (R\$ 8,843,549.25) | 0 | -2.97% | 0 | 2.21% |
| 3-Aug-06 | R\$ 1,776,229.03 | (R\$ 9,005,966.63) | 0 | -3.01% | 0 | 0.48% |
| 4-Aug-06 | R\$ 4,974,408.32 | (R\$ 8,942,811.42) | 0 | -2.95% | 0 | 1.33% |
| 7-Aug-06 | (R\$ 1,000,012.70) | (R\$ 9,033,713.12) | 0 | -2.99% | 0 | -0.26% |
| 8-Aug-06 | R\$ 1,794,678.12 | (R\$ 8,864,012.59) | 0 | -2.92% | 0 | 0.47% |
| 9-Aug-06 | (R\$ 5,823,202.58) | (R\$ 8,729,062.54) | 0 | -2.92% | 0 | -1.53% |
| 10-Aug-06 | (R\$ 5,121,205.53) | (R\$ 8,572,921.77) | 0 | -2.90% | 0 | -1.36% |
| 11-Aug-06 | (R\$ 5,474,670.27) | (R\$ 8,409,483.88) | 0 | -2.89% | 0 | -1.48% |
| 14-Aug-06 | (R\$ 5,903,554.61) | (R\$ 8,256,259.47) | 0 | -2.89% | 0 | -1.62% |
| 15-Aug-06 | R\$ 6,816,222.86 | (R\$ 8,081,854.77) | 0 | -2.77% | 0 | 1.90% |
| 16-Aug-06 | R\$ 2,681,360.70 | (R\$ 8,064,218.94) | 0 | -2.75% | 0 | 0.73% |
| 17-Aug-06 | (R\$ 2,812,091.03) | (R\$ 8,117,157.25) | 0 | -2.79% | 0 | -0.76% |
| 18-Aug-06 | R\$ 1,950,208.10 | (R\$ 7,988,095.34) | 0 | -2.73% | 0 | 0.53% |
| 21-Aug-06 | (R\$ 2,088,518.73) | (R\$ 7,874,673.46) | 0 | -2.70% | 0 | -0.57% |
| 22-Aug-06 | (R\$ 5,875,771.93) | (R\$ 7,746,933.35) | 0 | -2.70% | 0 | -1.61% |
| 23-Aug-06 | (R\$ 14,012,000.69) | (R\$ 7,578,668.12) | 1 | -2.75% | 5 | -3.90% |
| 24-Aug-06 | R\$ 4,500,955.92 | (R\$ 7,535,291.29) | 0 | -2.70% | 0 | 1.30% |
| 25-Aug-06 | (R\$ 445,465.14) | (R\$ 7,586,743.54) | 0 | -2.72% | 0 | -0.13% |
| 28-Aug-06 | R\$ 4,093,929.90 | (R\$ 7,455,990.25) | 0 | -2.64% | 0 | 1.17% |
| 29-Aug-06 | (R\$ 1,250,308.22) | (R\$ 7,577,653.19) | 0 | -2.70% | 0 | -0.35% |
| 30-Aug-06 | R\$ 312,747.97 | (R\$ 7,501,459.85) | 0 | -2.67% | 0 | 0.09% |
| 31-Aug-06 | (R\$ 2,543,400.16) | (R\$ 7,396,645.61) | 0 | -2.65% | 0 | -0.72% |
| 1-Sep-06 | R\$ 12,692,074.61 | (R\$ 7,295,564.50) | 0 | -2.52% | 0 | 3.62% |
| 4-Sep-06 | R\$ 7,216,365.83 | (R\$ 7,761,857.10) | 0 | -2.63% | 0 | 1.99% |
| 5-Sep-06 | (R\$ 2,894,153.14) | (R\$ 7,861,747.47) | 0 | -2.69% | 0 | -0.78% |
| 6-Sep-06 | (R\$ 5,951,978.15) | (R\$ 7,738,191.95) | 0 | -2.69% | 0 | -1.62% |
| 7-Sep-06 | R\$ 0.00 | (R\$ 7,603,761.36) | 0 | -2.64% | 0 | 0.00% |
| 8-Sep-06 | (R\$ 6,205,666.76) | (R\$ 7,496,862.44) | 0 | -2.65% | 0 | -1.72% |
| 11-Sep-06 | (R\$ 11,189,301.29) | (R\$ 7,329,347.62) | 1 | -2.67% | 3 | -3.15% |
| 12-Sep-06 | R\$ 5,011,517.25 | (R\$ 7,325,348.97) | 0 | -2.63% | 0 | 1.46% |
| 13-Sep-06 | R\$ 4,795,580.97 | (R\$ 7,353,460.51) | 0 | -2.61% | 0 | 1.37% |
| 14-Sep-06 | (R\$ 5,696,255.52) | (R\$ 7,457,088.64) | 0 | -2.69% | 0 | -1.61% |
| 15-Sep-06 | (R\$ 1,637,728.44) | (R\$ 7,300,201.28) | 0 | -2.64% | 0 | -0.47% |
| 18-Sep-06 | R\$ 4,915,262.58 | (R\$ 7,159,514.12) | 0 | -2.56% | 0 | 1.42% |
| 19-Sep-06 | (R\$ 8,639,907.93) | (R\$ 7,196,414.01) | 1 | -2.63% | 3 | -2.46% |
| 20-Sep-06 | (R\$ 8,106,888.12) | (R\$ 7,093,309.60) | 1 | -2.66% | 3 | -2.37% |
| 21-Sep-06 | (R\$ 687,873.82) | (R\$ 6,955,135.79) | 0 | -2.61% | 0 | -0.21% |

tabela 16: resultados finais obtidos para a carteira 2 com o método normal (decay 0.97)

Os resultados consolidados para toda a base de dados utilizando-se o decaimento exponencial de 0.97 foram:

| Indicador | Carteira 1 | Carteira 2 |
|-----------------------------------|------------|------------|
| Freq.relativa de violações (Fcr) | 14.09% | 9.77% |
| Magnitude dos cruzamentos (Mg) | 732 | 526 |
| Tempo computacional exigido (Tce) | 13,09 seg | 17,23 seg |

6.4 Normal – suavizado exponencial (decay = 0.99)

carteira 1

| Data | Variação Real | Var Normal(0.99) | Cruzou limite? | Retorno Adverso Médio | Severidade | %NAV consumido |
|-----------|---------------------|--------------------|----------------|-----------------------|------------|----------------|
| 1-Aug-06 | (R\$ 5,737,944.69) | (R\$ 7,956,046.88) | 0 | -2.09% | 0 | -1.19% |
| 2-Aug-06 | R\$ 6,367,163.95 | (R\$ 7,883,706.68) | 0 | -2.04% | 0 | 1.33% |
| 3-Aug-06 | R\$ 1,627,341.18 | (R\$ 7,977,120.90) | 0 | -2.06% | 0 | 0.34% |
| 4-Aug-06 | R\$ 3,695,684.59 | (R\$ 7,968,298.16) | 0 | -2.04% | 0 | 0.76% |
| 7-Aug-06 | (R\$ 2,304,765.92) | (R\$ 7,950,923.78) | 0 | -2.05% | 0 | -0.47% |
| 8-Aug-06 | (R\$ 389,751.28) | (R\$ 7,939,536.35) | 0 | -2.05% | 0 | -0.08% |
| 9-Aug-06 | (R\$ 6,589,875.19) | (R\$ 7,915,347.83) | 0 | -2.07% | 0 | -1.35% |
| 10-Aug-06 | (R\$ 1,026,917.24) | (R\$ 7,805,542.21) | 0 | -2.04% | 0 | -0.21% |
| 11-Aug-06 | (R\$ 6,984,048.77) | (R\$ 7,753,965.46) | 0 | -2.06% | 0 | -1.46% |
| 14-Aug-06 | (R\$ 5,131,850.19) | (R\$ 7,636,139.78) | 0 | -2.05% | 0 | -1.09% |
| 15-Aug-06 | R\$ 10,939,096.55 | (R\$ 7,512,416.72) | 0 | -1.97% | 0 | 2.34% |
| 16-Aug-06 | R\$ 4,280,536.42 | (R\$ 7,664,395.51) | 0 | -1.99% | 0 | 0.90% |
| 17-Aug-06 | (R\$ 229,551.97) | (R\$ 7,659,154.03) | 0 | -1.99% | 0 | -0.05% |
| 18-Aug-06 | (R\$ 4,005,715.89) | (R\$ 7,577,892.82) | 0 | -1.99% | 0 | -0.83% |
| 21-Aug-06 | (R\$ 5,109,675.78) | (R\$ 7,535,850.71) | 0 | -2.00% | 0 | -1.07% |
| 22-Aug-06 | (R\$ 5,287,300.31) | (R\$ 7,439,880.34) | 0 | -2.00% | 0 | -1.12% |
| 23-Aug-06 | (R\$ 12,255,474.08) | (R\$ 7,346,183.52) | 1 | -2.02% | 5 | -2.62% |
| 24-Aug-06 | R\$ 896,606.21 | (R\$ 7,182,481.59) | 0 | -1.98% | 0 | 0.20% |
| 25-Aug-06 | (R\$ 1,609,749.47) | (R\$ 7,208,079.92) | 0 | -1.99% | 0 | -0.35% |
| 28-Aug-06 | R\$ 7,681,647.73 | (R\$ 7,195,921.05) | 0 | -1.95% | 0 | 1.69% |
| 29-Aug-06 | (R\$ 3,158,344.54) | (R\$ 7,199,681.36) | 0 | -1.97% | 0 | -0.68% |
| 30-Aug-06 | R\$ 288,521.28 | (R\$ 7,157,898.48) | 0 | -1.95% | 0 | 0.06% |
| 31-Aug-06 | (R\$ 1,378,987.49) | (R\$ 7,106,147.81) | 0 | -1.95% | 0 | -0.30% |
| 1-Sep-06 | R\$ 16,094,473.91 | (R\$ 7,049,086.33) | 0 | -1.87% | 0 | 3.52% |
| 4-Sep-06 | R\$ 2,754,398.31 | (R\$ 7,277,128.41) | 0 | -1.91% | 0 | 0.58% |
| 5-Sep-06 | (R\$ 5,875,863.08) | (R\$ 7,307,714.58) | 0 | -1.95% | 0 | -1.23% |
| 6-Sep-06 | (R\$ 10,408,564.45) | (R\$ 7,190,653.18) | 1 | -1.96% | 3 | -2.21% |
| 7-Sep-06 | R\$ 0.00 | (R\$ 7,033,270.17) | 0 | -1.92% | 0 | 0.00% |
| 8-Sep-06 | (R\$ 5,171,556.62) | (R\$ 7,004,292.69) | 0 | -1.93% | 0 | -1.12% |
| 11-Sep-06 | (R\$ 9,768,214.26) | (R\$ 6,863,420.12) | 1 | -1.93% | 3 | -2.15% |
| 12-Sep-06 | R\$ 7,874,238.84 | (R\$ 6,724,938.83) | 0 | -1.86% | 0 | 1.77% |
| 13-Sep-06 | R\$ 4,256,053.44 | (R\$ 6,777,233.25) | 0 | -1.86% | 0 | 0.94% |
| 14-Sep-06 | (R\$ 7,431,157.08) | (R\$ 6,889,685.85) | 1 | -1.92% | 3 | -1.62% |
| 15-Sep-06 | (R\$ 3,052,260.12) | (R\$ 6,763,081.30) | 0 | -1.90% | 0 | -0.68% |
| 18-Sep-06 | R\$ 9,387,257.56 | (R\$ 6,690,261.23) | 0 | -1.84% | 0 | 2.10% |
| 19-Sep-06 | (R\$ 9,458,016.97) | (R\$ 6,890,917.02) | 1 | -1.93% | 3 | -2.07% |
| 20-Sep-06 | (R\$ 5,419,257.70) | (R\$ 6,759,126.10) | 0 | -1.92% | 0 | -1.21% |
| 21-Sep-06 | (R\$ 5,567,694.73) | (R\$ 6,625,854.03) | 0 | -1.91% | 0 | -1.26% |

tabela 17: resultados finais obtidos para a carteira 1 com o método normal (decay 0.99)

carteira 2

| Data | Variação Real | Var Normal(0.99) | Cruzou limite? | Retorno Adverso Médio | Severidade | %NAV consumido |
|-----------|---------------------|--------------------|----------------|-----------------------|------------|----------------|
| 1-Aug-06 | (R\$ 2,423,494.81) | (R\$ 8,392,191.55) | 0 | -2.88% | 0 | -0.66% |
| 2-Aug-06 | R\$ 8,082,394.80 | (R\$ 8,319,626.57) | 0 | -2.79% | 0 | 2.21% |
| 3-Aug-06 | R\$ 1,776,229.03 | (R\$ 8,492,874.75) | 0 | -2.84% | 0 | 0.48% |
| 4-Aug-06 | R\$ 4,974,408.32 | (R\$ 8,510,834.53) | 0 | -2.81% | 0 | 1.33% |
| 7-Aug-06 | (R\$ 1,000,012.70) | (R\$ 8,633,627.65) | 0 | -2.85% | 0 | -0.26% |
| 8-Aug-06 | R\$ 1,794,678.12 | (R\$ 8,542,977.71) | 0 | -2.81% | 0 | 0.47% |
| 9-Aug-06 | (R\$ 5,823,202.58) | (R\$ 8,489,500.58) | 0 | -2.84% | 0 | -1.53% |
| 10-Aug-06 | (R\$ 5,121,205.53) | (R\$ 8,345,520.55) | 0 | -2.83% | 0 | -1.36% |
| 11-Aug-06 | (R\$ 5,474,670.27) | (R\$ 8,214,347.55) | 0 | -2.82% | 0 | -1.48% |
| 14-Aug-06 | (R\$ 5,903,554.61) | (R\$ 8,071,529.00) | 0 | -2.82% | 0 | -1.62% |
| 15-Aug-06 | R\$ 6,816,222.86 | (R\$ 7,911,013.01) | 0 | -2.71% | 0 | 1.90% |
| 16-Aug-06 | R\$ 2,681,360.70 | (R\$ 7,960,088.31) | 0 | -2.71% | 0 | 0.73% |
| 17-Aug-06 | (R\$ 2,812,091.03) | (R\$ 8,033,534.08) | 0 | -2.76% | 0 | -0.76% |
| 18-Aug-06 | R\$ 1,950,208.10 | (R\$ 7,969,173.65) | 0 | -2.72% | 0 | 0.53% |
| 21-Aug-06 | (R\$ 2,088,518.73) | (R\$ 7,934,534.97) | 0 | -2.72% | 0 | -0.57% |
| 22-Aug-06 | (R\$ 5,875,771.93) | (R\$ 7,860,033.88) | 0 | -2.74% | 0 | -1.61% |
| 23-Aug-06 | (R\$ 14,012,000.69) | (R\$ 7,711,853.80) | 1 | -2.80% | 5 | -3.90% |
| 24-Aug-06 | R\$ 4,500,955.92 | (R\$ 7,504,107.24) | 0 | -2.69% | 0 | 1.30% |
| 25-Aug-06 | (R\$ 445,465.14) | (R\$ 7,595,385.12) | 0 | -2.73% | 0 | -0.13% |
| 28-Aug-06 | R\$ 4,093,929.90 | (R\$ 7,535,155.56) | 0 | -2.67% | 0 | 1.17% |
| 29-Aug-06 | (R\$ 1,250,308.22) | (R\$ 7,671,895.48) | 0 | -2.73% | 0 | -0.35% |
| 30-Aug-06 | R\$ 312,747.97 | (R\$ 7,623,374.89) | 0 | -2.71% | 0 | 0.09% |
| 31-Aug-06 | (R\$ 2,543,400.16) | (R\$ 7,582,985.28) | 0 | -2.72% | 0 | -0.72% |
| 1-Sep-06 | R\$ 12,692,074.61 | (R\$ 7,505,670.11) | 0 | -2.59% | 0 | 3.62% |
| 4-Sep-06 | R\$ 7,216,365.83 | (R\$ 7,838,798.44) | 0 | -2.66% | 0 | 1.99% |
| 5-Sep-06 | (R\$ 2,894,153.14) | (R\$ 7,955,075.12) | 0 | -2.72% | 0 | -0.78% |
| 6-Sep-06 | (R\$ 5,951,978.15) | (R\$ 7,904,484.91) | 0 | -2.74% | 0 | -1.62% |
| 7-Sep-06 | R\$ 0.00 | (R\$ 7,773,161.92) | 0 | -2.70% | 0 | 0.00% |
| 8-Sep-06 | (R\$ 6,205,666.76) | (R\$ 7,736,725.70) | 0 | -2.73% | 0 | -1.72% |
| 11-Sep-06 | (R\$ 11,189,301.29) | (R\$ 7,601,591.22) | 1 | -2.77% | 3 | -3.15% |
| 12-Sep-06 | R\$ 5,011,517.25 | (R\$ 7,407,170.57) | 0 | -2.66% | 0 | 1.46% |
| 13-Sep-06 | R\$ 4,795,580.97 | (R\$ 7,460,461.35) | 0 | -2.65% | 0 | 1.37% |
| 14-Sep-06 | (R\$ 5,696,255.52) | (R\$ 7,573,086.45) | 0 | -2.73% | 0 | -1.61% |
| 15-Sep-06 | (R\$ 1,637,728.44) | (R\$ 7,443,596.16) | 0 | -2.70% | 0 | -0.47% |
| 18-Sep-06 | R\$ 4,915,262.58 | (R\$ 7,364,163.09) | 0 | -2.63% | 0 | 1.42% |
| 19-Sep-06 | (R\$ 8,639,907.93) | (R\$ 7,443,412.10) | 1 | -2.72% | 3 | -2.46% |
| 20-Sep-06 | (R\$ 8,106,888.12) | (R\$ 7,277,938.85) | 1 | -2.73% | 3 | -2.37% |
| 21-Sep-06 | (R\$ 687,873.82) | (R\$ 7,122,332.92) | 0 | -2.68% | 0 | -0.21% |

tabela 18: resultados finais obtidos para a carteira 2 com o método normal (decay 0.99)

Os resultados consolidados para toda a base de dados utilizando-se o decaimento exponencial de 0.99 foram:

| Indicador | Carteira 1 | Carteira 2 |
|-----------------------------------|------------|------------|
| Freq. relativa de violações (Fcr) | 13.05% | 9.69% |
| Magnitude dos cruzamentos (Mg) | 689 | 513 |
| Tempo computacional exigido (Tce) | 10,11 seg | 12,32 seg |

6.5 Normal – EGARCH

carteira 1

| Data | Variação Real | Var Normal EGARCH | Cruzou limite? | Retorno Adverso Médio | Severidade | %NAV consumido |
|-----------|---------------------|---------------------|----------------|-----------------------|------------|----------------|
| 1-Aug-06 | (R\$ 5,737,944.69) | (R\$ 12,867,186.60) | 0 | -3.38% | 0 | -1.19% |
| 2-Aug-06 | R\$ 6,367,163.95 | (R\$ 13,429,754.15) | 0 | -3.48% | 0 | 1.33% |
| 3-Aug-06 | R\$ 1,627,341.18 | (R\$ 13,048,381.24) | 0 | -3.37% | 0 | 0.34% |
| 4-Aug-06 | R\$ 3,695,684.59 | (R\$ 12,677,723.40) | 0 | -3.25% | 0 | 0.76% |
| 7-Aug-06 | (R\$ 2,304,765.92) | (R\$ 12,374,302.37) | 0 | -3.19% | 0 | -0.47% |
| 8-Aug-06 | (R\$ 389,751.28) | (R\$ 12,450,862.70) | 0 | -3.21% | 0 | -0.08% |
| 9-Aug-06 | (R\$ 6,589,875.19) | (R\$ 12,205,986.35) | 0 | -3.19% | 0 | -1.35% |
| 10-Aug-06 | (R\$ 1,026,917.24) | (R\$ 13,011,676.18) | 0 | -3.41% | 0 | -0.21% |
| 11-Aug-06 | (R\$ 6,984,048.77) | (R\$ 12,776,354.90) | 0 | -3.40% | 0 | -1.46% |
| 14-Aug-06 | (R\$ 5,131,850.19) | (R\$ 13,547,603.10) | 0 | -3.64% | 0 | -1.09% |
| 15-Aug-06 | R\$ 10,939,096.55 | (R\$ 13,875,546.60) | 0 | -3.64% | 0 | 2.34% |
| 16-Aug-06 | R\$ 4,280,536.42 | (R\$ 13,471,916.66) | 0 | -3.51% | 0 | 0.90% |
| 17-Aug-06 | (R\$ 229,551.97) | (R\$ 13,062,943.72) | 0 | -3.40% | 0 | -0.05% |
| 18-Aug-06 | (R\$ 4,005,715.89) | (R\$ 12,707,567.15) | 0 | -3.34% | 0 | -0.83% |
| 21-Aug-06 | (R\$ 5,109,675.78) | (R\$ 12,997,624.25) | 0 | -3.45% | 0 | -1.07% |
| 22-Aug-06 | (R\$ 5,287,300.31) | (R\$ 13,418,508.83) | 0 | -3.60% | 0 | -1.12% |
| 23-Aug-06 | (R\$ 12,255,474.08) | (R\$ 13,792,052.45) | 0 | -3.80% | 0 | -2.62% |
| 24-Aug-06 | R\$ 896,606.21 | (R\$ 15,252,099.64) | 0 | -4.19% | 0 | 0.20% |
| 25-Aug-06 | (R\$ 1,609,749.47) | (R\$ 14,505,297.70) | 0 | -4.00% | 0 | -0.35% |
| 28-Aug-06 | R\$ 7,681,647.73 | (R\$ 14,089,709.53) | 0 | -3.82% | 0 | 1.69% |
| 29-Aug-06 | (R\$ 3,158,344.54) | (R\$ 13,591,869.46) | 0 | -3.71% | 0 | -0.68% |
| 30-Aug-06 | R\$ 288,521.28 | (R\$ 13,562,851.61) | 0 | -3.70% | 0 | 0.06% |
| 31-Aug-06 | (R\$ 1,378,987.49) | (R\$ 13,048,295.56) | 0 | -3.57% | 0 | -0.30% |
| 1-Sep-06 | R\$ 16,094,473.91 | (R\$ 12,810,219.70) | 0 | -3.39% | 0 | 3.52% |
| 4-Sep-06 | R\$ 2,754,398.31 | (R\$ 12,554,972.58) | 0 | -3.30% | 0 | 0.58% |
| 5-Sep-06 | (R\$ 5,875,863.08) | (R\$ 12,230,207.83) | 0 | -3.26% | 0 | -1.23% |
| 6-Sep-06 | (R\$ 10,408,564.45) | (R\$ 12,883,074.32) | 0 | -3.51% | 0 | -2.21% |
| 7-Sep-06 | R\$ 0.00 | (R\$ 14,197,844.14) | 0 | -3.87% | 0 | 0.00% |
| 8-Sep-06 | (R\$ 5,171,556.62) | (R\$ 13,598,944.99) | 0 | -3.75% | 0 | -1.12% |
| 11-Sep-06 | (R\$ 9,768,214.26) | (R\$ 13,883,308.47) | 0 | -3.91% | 0 | -2.15% |
| 12-Sep-06 | R\$ 7,874,238.84 | (R\$ 14,861,916.21) | 0 | -4.11% | 0 | 1.77% |
| 13-Sep-06 | R\$ 4,256,053.44 | (R\$ 14,249,458.48) | 0 | -3.91% | 0 | 0.94% |
| 14-Sep-06 | (R\$ 7,431,157.08) | (R\$ 13,682,451.05) | 0 | -3.81% | 0 | -1.62% |
| 15-Sep-06 | (R\$ 3,052,260.12) | (R\$ 14,309,867.56) | 0 | -4.01% | 0 | -0.68% |
| 18-Sep-06 | R\$ 9,387,257.56 | (R\$ 14,127,184.18) | 0 | -3.88% | 0 | 2.10% |
| 19-Sep-06 | (R\$ 9,458,016.97) | (R\$ 13,630,562.90) | 0 | -3.82% | 0 | -2.07% |
| 20-Sep-06 | (R\$ 5,419,257.70) | (R\$ 14,600,352.72) | 0 | -4.15% | 0 | -1.21% |
| 21-Sep-06 | (R\$ 5,567,694.73) | (R\$ 14,723,623.56) | 0 | -4.23% | 0 | -1.26% |

tabela 19: resultados finais obtidos para a carteira 1 com o método normal (EGARCH)

carteira 2

| Data | Variação Real | Var Normal EGARCH | Cruzou limite? | Retorno Adverso Médio | Severidade | %NAV consumido |
|-----------|---------------------|---------------------|----------------|-----------------------|------------|----------------|
| 1-Aug-06 | (R\$ 2,423,494.81) | (R\$ 12,136,601.79) | 0 | -4.16% | 0 | -0.66% |
| 2-Aug-06 | R\$ 8,082,394.80 | (R\$ 11,849,871.91) | 0 | -3.98% | 0 | 2.21% |
| 3-Aug-06 | R\$ 1,776,229.03 | (R\$ 11,867,715.54) | 0 | -3.96% | 0 | 0.48% |
| 4-Aug-06 | R\$ 4,974,408.32 | (R\$ 11,469,712.91) | 0 | -3.78% | 0 | 1.33% |
| 7-Aug-06 | (R\$ 1,000,012.70) | (R\$ 11,320,474.92) | 0 | -3.74% | 0 | -0.26% |
| 8-Aug-06 | R\$ 1,794,678.12 | (R\$ 10,977,015.15) | 0 | -3.61% | 0 | 0.47% |
| 9-Aug-06 | (R\$ 5,823,202.58) | (R\$ 10,666,754.15) | 0 | -3.56% | 0 | -1.53% |
| 10-Aug-06 | (R\$ 5,121,205.53) | (R\$ 10,955,654.34) | 0 | -3.71% | 0 | -1.36% |
| 11-Aug-06 | (R\$ 5,474,670.27) | (R\$ 11,113,726.76) | 0 | -3.82% | 0 | -1.48% |
| 14-Aug-06 | (R\$ 5,903,554.61) | (R\$ 11,288,405.99) | 0 | -3.95% | 0 | -1.62% |
| 15-Aug-06 | R\$ 6,816,222.86 | (R\$ 11,481,513.39) | 0 | -3.94% | 0 | 1.90% |
| 16-Aug-06 | R\$ 2,681,360.70 | (R\$ 11,434,696.38) | 0 | -3.89% | 0 | 0.73% |
| 17-Aug-06 | (R\$ 2,812,091.03) | (R\$ 11,122,706.06) | 0 | -3.82% | 0 | -0.76% |
| 18-Aug-06 | R\$ 1,950,208.10 | (R\$ 10,982,655.48) | 0 | -3.75% | 0 | 0.53% |
| 21-Aug-06 | (R\$ 2,088,518.73) | (R\$ 10,662,409.93) | 0 | -3.66% | 0 | -0.57% |
| 22-Aug-06 | (R\$ 5,875,771.93) | (R\$ 10,486,876.65) | 0 | -3.66% | 0 | -1.61% |
| 23-Aug-06 | (R\$ 14,012,000.69) | (R\$ 10,769,745.94) | 1 | -3.91% | 3 | -3.90% |
| 24-Aug-06 | R\$ 4,500,955.92 | (R\$ 12,007,223.53) | 0 | -4.30% | 0 | 1.30% |
| 25-Aug-06 | (R\$ 445,465.14) | (R\$ 11,739,567.22) | 0 | -4.21% | 0 | -0.13% |
| 28-Aug-06 | R\$ 4,093,929.90 | (R\$ 11,245,443.33) | 0 | -3.99% | 0 | 1.17% |
| 29-Aug-06 | (R\$ 1,250,308.22) | (R\$ 11,022,213.69) | 0 | -3.92% | 0 | -0.35% |
| 30-Aug-06 | R\$ 312,747.97 | (R\$ 10,690,270.62) | 0 | -3.80% | 0 | 0.09% |
| 31-Aug-06 | (R\$ 2,543,400.16) | (R\$ 10,271,479.67) | 0 | -3.68% | 0 | -0.72% |
| 1-Sep-06 | R\$ 12,692,074.61 | (R\$ 10,159,815.57) | 0 | -3.51% | 0 | 3.62% |
| 4-Sep-06 | R\$ 7,216,365.83 | (R\$ 10,597,020.86) | 0 | -3.59% | 0 | 1.99% |
| 5-Sep-06 | (R\$ 2,894,153.14) | (R\$ 10,649,724.48) | 0 | -3.64% | 0 | -0.78% |
| 6-Sep-06 | (R\$ 5,951,978.15) | (R\$ 10,570,887.25) | 0 | -3.67% | 0 | -1.62% |
| 7-Sep-06 | R\$ 0.00 | (R\$ 10,855,561.24) | 0 | -3.77% | 0 | 0.00% |
| 8-Sep-06 | (R\$ 6,205,666.76) | (R\$ 10,414,937.36) | 0 | -3.68% | 0 | -1.72% |
| 11-Sep-06 | (R\$ 11,189,301.29) | (R\$ 10,736,870.45) | 1 | -3.92% | 5 | -3.15% |
| 12-Sep-06 | R\$ 5,011,517.25 | (R\$ 11,608,301.26) | 0 | -4.17% | 0 | 1.46% |
| 13-Sep-06 | R\$ 4,795,580.97 | (R\$ 11,409,262.86) | 0 | -4.05% | 0 | 1.37% |
| 14-Sep-06 | (R\$ 5,696,255.52) | (R\$ 11,218,128.48) | 0 | -4.04% | 0 | -1.61% |
| 15-Sep-06 | (R\$ 1,637,728.44) | (R\$ 11,369,334.43) | 0 | -4.12% | 0 | -0.47% |
| 18-Sep-06 | R\$ 4,915,262.58 | (R\$ 11,036,485.22) | 0 | -3.94% | 0 | 1.42% |
| 19-Sep-06 | (R\$ 8,639,907.93) | (R\$ 10,882,316.96) | 0 | -3.98% | 0 | -2.46% |
| 20-Sep-06 | (R\$ 8,106,888.12) | (R\$ 11,414,512.44) | 0 | -4.28% | 0 | -2.37% |
| 21-Sep-06 | (R\$ 687,873.82) | (R\$ 11,794,251.89) | 0 | -4.43% | 0 | -0.21% |

tabela 20: resultados finais obtidos para a carteira 2 com o método normal (EGARCH)

Os resultados consolidados para toda a base de dados utilizando-se o EGARCH foram:

| Indicador | Carteira 1 | Carteira 2 |
|-----------------------------------|------------|------------|
| Freq.relativa de violações (Fcr) | 4.08% | 4.88% |
| Magnitude dos cruzamentos (Mg) | 205 | 253 |
| Tempo computacional exigido (Tce) | 80,54 seg | 85,78 seg |

6.6 Simulação Histórica

carteira 1

| Data | Variação Real | Var Histórico | Cruzou limite? | Retorno Adverso Médio | Severidade | %NAV consumido |
|-----------|---------------------|---------------------|----------------|-----------------------|------------|----------------|
| 1-Aug-06 | (R\$ 5,737,944.69) | (R\$ 14,245,068.47) | 0 | -6.22% | 0 | -1.19% |
| 2-Aug-06 | R\$ 6,367,163.95 | (R\$ 14,083,105.63) | 0 | -6.11% | 0 | 1.33% |
| 3-Aug-06 | R\$ 1,627,341.18 | (R\$ 14,263,616.15) | 0 | -6.16% | 0 | 0.34% |
| 4-Aug-06 | R\$ 3,695,684.59 | (R\$ 14,318,882.20) | 0 | -6.15% | 0 | 0.76% |
| 7-Aug-06 | (R\$ 2,304,765.92) | (R\$ 14,420,524.58) | 0 | -6.20% | 0 | -0.47% |
| 8-Aug-06 | (R\$ 389,751.28) | (R\$ 14,299,192.40) | 0 | -6.16% | 0 | -0.08% |
| 9-Aug-06 | (R\$ 6,589,875.19) | (R\$ 14,234,395.17) | 0 | -6.20% | 0 | -1.35% |
| 10-Aug-06 | (R\$ 1,026,917.24) | (R\$ 14,094,217.25) | 0 | -6.15% | 0 | -0.21% |
| 11-Aug-06 | (R\$ 6,984,048.77) | (R\$ 14,011,543.21) | 0 | -6.18% | 0 | -1.46% |
| 14-Aug-06 | (R\$ 5,131,850.19) | (R\$ 13,858,954.08) | 0 | -6.15% | 0 | -1.09% |
| 15-Aug-06 | R\$ 10,939,096.55 | (R\$ 13,657,056.48) | 0 | -6.00% | 0 | 2.34% |
| 16-Aug-06 | R\$ 4,280,536.42 | (R\$ 14,029,499.20) | 0 | -6.10% | 0 | 0.90% |
| 17-Aug-06 | (R\$ 229,551.97) | (R\$ 14,102,352.19) | 0 | -6.13% | 0 | -0.05% |
| 18-Aug-06 | (R\$ 4,005,715.89) | (R\$ 14,148,467.05) | 0 | -6.17% | 0 | -0.83% |
| 21-Aug-06 | (R\$ 5,109,675.78) | (R\$ 13,978,436.81) | 0 | -6.15% | 0 | -1.07% |
| 22-Aug-06 | (R\$ 5,287,300.31) | (R\$ 13,880,769.51) | 0 | -6.15% | 0 | -1.12% |
| 23-Aug-06 | (R\$ 12,255,474.08) | (R\$ 13,674,242.30) | 0 | -6.18% | 0 | -2.62% |
| 24-Aug-06 | R\$ 896,606.21 | (R\$ 13,365,579.64) | 0 | -6.05% | 0 | 0.20% |
| 25-Aug-06 | (R\$ 1,609,749.47) | (R\$ 13,341,904.78) | 0 | -6.06% | 0 | -0.35% |
| 28-Aug-06 | R\$ 7,681,647.73 | (R\$ 13,344,636.30) | 0 | -5.99% | 0 | 1.69% |
| 29-Aug-06 | (R\$ 3,158,344.54) | (R\$ 13,519,556.25) | 0 | -6.08% | 0 | -0.68% |
| 30-Aug-06 | R\$ 288,521.28 | (R\$ 13,477,475.04) | 0 | -6.06% | 0 | 0.06% |
| 31-Aug-06 | (R\$ 1,378,987.49) | (R\$ 13,435,591.02) | 0 | -6.06% | 0 | -0.30% |
| 1-Sep-06 | R\$ 16,094,473.91 | (R\$ 13,445,450.62) | 0 | -5.93% | 0 | 3.52% |
| 4-Sep-06 | R\$ 2,754,398.31 | (R\$ 13,866,136.42) | 0 | -6.07% | 0 | 0.58% |
| 5-Sep-06 | (R\$ 5,875,863.08) | (R\$ 13,918,448.77) | 0 | -6.13% | 0 | -1.23% |
| 6-Sep-06 | (R\$ 10,408,564.45) | (R\$ 13,718,954.20) | 0 | -6.14% | 0 | -2.21% |
| 7-Sep-06 | R\$ 0.00 | (R\$ 13,442,965.29) | 0 | -6.04% | 0 | 0.00% |
| 8-Sep-06 | (R\$ 5,171,556.62) | (R\$ 13,415,655.47) | 0 | -6.07% | 0 | -1.12% |
| 11-Sep-06 | (R\$ 9,768,214.26) | (R\$ 13,291,962.75) | 0 | -6.10% | 0 | -2.15% |
| 12-Sep-06 | R\$ 7,874,238.84 | (R\$ 12,980,320.35) | 0 | -5.92% | 0 | 1.77% |
| 13-Sep-06 | R\$ 4,256,053.44 | (R\$ 13,236,661.21) | 0 | -5.98% | 0 | 0.94% |
| 14-Sep-06 | (R\$ 7,431,157.08) | (R\$ 13,333,789.10) | 0 | -6.08% | 0 | -1.62% |
| 15-Sep-06 | (R\$ 3,052,260.12) | (R\$ 13,143,952.43) | 0 | -6.03% | 0 | -0.68% |
| 18-Sep-06 | R\$ 9,387,257.56 | (R\$ 13,028,309.21) | 0 | -5.91% | 0 | 2.10% |
| 19-Sep-06 | (R\$ 9,458,016.97) | (R\$ 13,328,925.88) | 0 | -6.09% | 0 | -2.07% |
| 20-Sep-06 | (R\$ 5,419,257.70) | (R\$ 13,026,247.33) | 0 | -6.03% | 0 | -1.21% |
| 21-Sep-06 | (R\$ 5,567,694.73) | (R\$ 12,894,529.37) | 0 | -6.02% | 0 | -1.26% |

tabela 21: resultados finais obtidos para a carteira 1 com o método simulação histórica

carteira 2

| Data | Variação Real | Var Histórico | Cruzou limite? | Retorno Adverso Médio | Severidade | %NAV consumido |
|-----------|---------------------|---------------------|----------------|-----------------------|------------|----------------|
| 1-Aug-06 | (R\$ 2,423,494.81) | (R\$ 11,189,312.08) | 0 | -5.97% | 0 | -0.66% |
| 2-Aug-06 | R\$ 8,082,394.80 | (R\$ 11,123,667.97) | 0 | -5.85% | 0 | 2.21% |
| 3-Aug-06 | R\$ 1,776,229.03 | (R\$ 11,361,406.39) | 0 | -5.94% | 0 | 0.48% |
| 4-Aug-06 | R\$ 4,974,408.32 | (R\$ 11,423,698.52) | 0 | -5.92% | 0 | 1.33% |
| 7-Aug-06 | (R\$ 1,000,012.70) | (R\$ 11,566,701.80) | 0 | -5.99% | 0 | -0.26% |
| 8-Aug-06 | R\$ 1,794,678.12 | (R\$ 11,534,484.25) | 0 | -5.96% | 0 | 0.47% |
| 9-Aug-06 | (R\$ 5,823,202.58) | (R\$ 11,587,239.69) | 0 | -6.04% | 0 | -1.53% |
| 10-Aug-06 | (R\$ 5,121,205.53) | (R\$ 11,411,990.91) | 0 | -6.01% | 0 | -1.36% |
| 11-Aug-06 | (R\$ 5,474,670.27) | (R\$ 11,254,510.61) | 0 | -6.00% | 0 | -1.48% |
| 14-Aug-06 | (R\$ 5,903,554.61) | (R\$ 11,089,807.37) | 0 | -5.98% | 0 | -1.62% |
| 15-Aug-06 | R\$ 6,816,222.86 | (R\$ 10,908,592.74) | 0 | -5.83% | 0 | 1.90% |
| 16-Aug-06 | R\$ 2,681,360.70 | (R\$ 11,117,558.42) | 0 | -5.90% | 0 | 0.73% |
| 17-Aug-06 | (R\$ 2,812,091.03) | (R\$ 11,197,335.84) | 0 | -5.96% | 0 | -0.76% |
| 18-Aug-06 | R\$ 1,950,208.10 | (R\$ 11,113,583.37) | 0 | -5.90% | 0 | 0.53% |
| 21-Aug-06 | (R\$ 2,088,518.73) | (R\$ 11,171,133.09) | 0 | -5.95% | 0 | -0.57% |
| 22-Aug-06 | (R\$ 5,875,771.93) | (R\$ 11,109,377.83) | 0 | -5.98% | 0 | -1.61% |
| 23-Aug-06 | (R\$ 14,012,000.69) | (R\$ 10,929,004.77) | 1 | -6.05% | 7 | -3.90% |
| 24-Aug-06 | R\$ 4,500,955.92 | (R\$ 10,513,920.62) | 0 | -5.80% | 0 | 1.30% |
| 25-Aug-06 | (R\$ 445,465.14) | (R\$ 10,643,184.62) | 0 | -5.86% | 0 | -0.13% |
| 28-Aug-06 | R\$ 4,093,929.90 | (R\$ 10,637,342.62) | 0 | -5.81% | 0 | 1.17% |
| 29-Aug-06 | (R\$ 1,250,308.22) | (R\$ 10,754,139.05) | 0 | -5.88% | 0 | -0.35% |
| 30-Aug-06 | R\$ 312,747.97 | (R\$ 10,723,883.44) | 0 | -5.86% | 0 | 0.09% |
| 31-Aug-06 | (R\$ 2,543,400.16) | (R\$ 10,725,626.65) | 0 | -5.89% | 0 | -0.72% |
| 1-Sep-06 | R\$ 12,692,074.61 | (R\$ 10,655,997.31) | 0 | -5.72% | 0 | 3.62% |
| 4-Sep-06 | R\$ 7,216,365.83 | (R\$ 11,034,260.68) | 0 | -5.83% | 0 | 1.99% |
| 5-Sep-06 | (R\$ 2,894,153.14) | (R\$ 11,251,957.82) | 0 | -5.95% | 0 | -0.78% |
| 6-Sep-06 | (R\$ 5,951,978.15) | (R\$ 11,162,208.85) | 0 | -5.98% | 0 | -1.62% |
| 7-Sep-06 | R\$ 0.00 | (R\$ 10,982,977.89) | 0 | -5.89% | 0 | 0.00% |
| 8-Sep-06 | (R\$ 6,205,666.76) | (R\$ 10,981,258.34) | 0 | -5.96% | 0 | -1.72% |
| 11-Sep-06 | (R\$ 11,189,301.29) | (R\$ 10,794,285.26) | 1 | -5.99% | 7 | -3.15% |
| 12-Sep-06 | R\$ 5,011,517.25 | (R\$ 10,455,694.47) | 0 | -5.77% | 0 | 1.46% |
| 13-Sep-06 | R\$ 4,795,580.97 | (R\$ 10,615,790.60) | 0 | -5.79% | 0 | 1.37% |
| 14-Sep-06 | (R\$ 5,696,255.52) | (R\$ 10,753,940.73) | 0 | -5.92% | 0 | -1.61% |
| 15-Sep-06 | (R\$ 1,637,728.44) | (R\$ 10,588,380.10) | 0 | -5.86% | 0 | -0.47% |
| 18-Sep-06 | R\$ 4,915,262.58 | (R\$ 10,530,905.01) | 0 | -5.78% | 0 | 1.42% |
| 19-Sep-06 | (R\$ 8,639,907.93) | (R\$ 10,688,126.30) | 0 | -5.95% | 0 | -2.46% |
| 20-Sep-06 | (R\$ 8,106,888.12) | (R\$ 10,417,633.83) | 0 | -5.91% | 0 | -2.37% |
| 21-Sep-06 | (R\$ 687,873.82) | (R\$ 10,178,465.89) | 0 | -5.79% | 0 | -0.21% |

tabela 22: resultados finais obtidos para a carteira 2 com o método simulação histórica

Os resultados consolidados para toda a base de dados utilizando-se a simulação histórica foram:

| Indicador | Carteira 1 | Carteira 2 |
|-----------------------------------|------------|------------|
| Freq.relativa de violações (Fcr) | 4.24% | 5.12% |
| Magnitude dos cruzamentos (Mg) | 319 | 380 |
| Tempo computacional exigido (Tce) | 101,81 seg | 125,17 seg |

7. MATRIZ DE DECISÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

7 Matriz de decisão

7.1 Matriz com resultados brutos consolidados

(encontra-se no outro arquivo pdf)

7.2 Matriz de Decisão

(encontra-se no outro arquivo pdf)

7.3 Análise dos resultados

Através da matriz de decisão acima, chegou-se às notas finais de cada um dos seis modelos estudados. As notas finais ordenadas foram:

| | Notas Finais Carteira 1 | Notas Finais Carteira 2 | Notas Finais | Ranking |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|---------|
| Normal - EGARCH | 99 | 113 | 106 | 1º |
| Simulação Histórica | 99 | 111 | 105 | 2º |
| Normal - suav.exp(0.94) | 92 | 80 | 86 | 3º |
| Normal - suav.exp(0.97) | 78 | 94 | 86 | 3º |
| Normal - suav.exp(0.99) | 78 | 94 | 86 | 3º |
| Normal - amostral (100 dias) | 74 | 76 | 75 | 4º |

tabela 23: ranking final de cada um dos métodos do estudo

Conforme a tabela, temos que para ambas as carteiras de ativos brasileiros analisadas, o melhor modelo foi o que utiliza a normal como a curva de distribuição dos retornos e que estima a volatilidade futura através do método EGARCH. Podemos dizer então que estas carteiras analisadas neste trabalho representam bem os fenômenos que ocorrem na maior parte dos ativos financeiros, que é o agrupamento de volatilidades pequenas e de volatilidades grandes em determinados períodos, bem como o fato de que retornos negativos aumentam mais a volatilidade do que retornos positivos de mesma magnitude. Novamente, ambos efeitos citados anteriormente são captados pelo modelo do EGARCH.

Contudo, deve-se mencionar a proximidade do segundo colocado, distante do primeiro por apenas um ponto, que é o método que utiliza a distribuição histórica dos retornos da carteira para estimar o VAR futuro. Em terceiro lugar, todos com mesma pontuação, temos os métodos que adotam a normalidade e o método do suavizado exponencial para a estimativa da volatilidade futura. O método mais ineficiente, de acordo com os critérios

adotados, é o método que utiliza a normalidade e o clássico desvio-padrão com uma janela de tempo para a estimativa da volatilidade futura.

Dessa forma, conclui-se que para uma carteira de ativos brasileiros, o melhor método de estimação do Value-at-Risk é aquele que utiliza a hipótese da normalidade e o EGARCH para a determinação da volatilidade futura.

8. CONCLUSÃO

8 Conclusão

Este capítulo é o fechamento do trabalho, nele é apresentada a conclusão final, próximos passos e sugestões de melhoria para a gestão de risco de mercado.

8.1 Conclusão

Neste trabalho de formatura, procurou-se encontrar o melhor modelo de risco dentre os mais utilizados pelo mercado para uma carteira de ativos brasileiros bastante significativa. A importância de se ter uma maior acurácia quanto ao cálculo do risco se deve ao fato de que os negociadores estão constantemente ajustando o binômio risco-retorno de acordo com a política de investimentos da empresa.

Após experiência adquirida no *hedge fund* onde foi realizado o estágio e através de pesquisa acadêmica, encontrou-se as formas mais tradicionais para se calcular risco. Dentre elas, optou-se pela mais utilizada no mercado internacional, que é o Value-at-Risk. Contudo, esta última é feita com base em hipóteses feitas a respeito da curva de distribuição dos retornos dos ativos e a previsão da volatilidade futura.

Decidiu-se, então, por utilizar metodologias paramétricas e não-paramétricas para a comparação dos modelos de cálculo do VAR. Criou-se os indicadores Frequência Relativa de Violações (Fcr), Magnitude dos Cruzamentos(Mg) e o Tempo Computacional exigido(Tce) visando a medição da acurácia de cada um dos modelos estudados. Calculou-se os indicadores de maneira empírica para duas carteiras formadas pelos ativos de maior representatividade no índice Bovespa do ano vigente. De posse dos resultados obtidos nos indicadores para todos os seis modelos analisados, elaborou-se critérios para o julgamento da melhor medida de risco.

Através de conversas com os profissionais com larga experiência na área de risco, foram atribuídos os pesos a cada um dos critérios elaborados.

Por fim, através de uma matriz de decisão utilizando os critérios e os pesos descritos acima, encontrou-se o melhor modelo de cálculo de VAR para uma carteira de ativos brasileiros, que é o que aceita a hipótese de que a carteira possui uma distribuição dos retornos normal e cuja volatilidade pode ser estimada satisfatoriamente através do método EGARCH (*Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*).

Outra importante conquista do trabalho foi conseguir, através de planilhas eletrônicas e programação com macros, desenvolver meios relativamente rápidos para a comparação dos métodos.

8.2 Próximos passos

Durante a elaboração deste trabalho foram utilizados apenas séries de ações das empresas com grande participação na BOVESPA. Contudo, sabe-se que no mercado financeiro existem diversos outros instrumentos financeiros, tais como as opções, os derivativos, os mercados futuros, instrumentos de renda fixa, moedas e até mesmo, ações com séries irregulares (com baixa liquidez ou negociabilidade) que também têm riscos associados e devem ser levados em conta no cálculo do risco de um investimento. Porém, cada instrumento citado acima, tem uma forma diferenciada ou adaptada para entrar no cálculo de risco. Tais instrumentos não foram utilizados neste trabalho visando uma maior simplicidade e compreensão deste tema, que por si próprio, já é bastante complexo. Consequentemente, uma extensão natural deste

trabalho seria a implementação do mesmo incluindo todos os instrumentos financeiros utilizados regularmente em um fundo de investimento.

8.3 Sugestões de melhoria para a gestão de risco de mercado

Apesar de o escopo do trabalho ter sido uma maior compreensão e adequação do modelo de risco VAR (Value-at-Risk) para o mercado de ações brasileiras, deve-se ressaltar a importância de outras políticas (ferramentas) que devem ser adotadas em base diária nas instituições financeiras com a finalidade de um maior monitoramento e controle dos riscos tomados. Entre elas temos o *Stress de Mercado* e o *Stop Loss*. Isso se deve porque o VAR faz uma série de aproximações, simplificações e considerações de hipóteses para o cálculo da medida de risco. Estas simplificações são razoáveis para boa parte de situações “normais” de mercado. Porém, conforme mencionado acima, as carteiras em geral contêm instrumentos financeiros que se comportam de maneira não-linear (como os instrumentos presentes no mercado de opções), que podem reagir de maneira potencialmente mais violenta em casos de movimentos abruptos do mercado. Além disso, nesses casos atípicos, argumenta-se que a previsibilidade com a utilização das séries de tempo históricas podem ser nulas. A solução mais freqüente, neste caso, constitui na elaboração de cenários de stress (ou chamados “*Stress Tests*”), e na reavaliação de toda a carteira com base nesse cenário, verificando a magnitude da perda que seria gerada por uma situação extrema. Se o cenário de stress for bem construído, que dependerá da capacidade do gestor juntamente dos economistas macro prever quais são as mudanças no mercado improváveis, porém factíveis de ocorrerem, um novo VAR poderá ser gerado de forma que todos entendam as novas perdas que a carteira administrada estará sujeita. A vantagem dessa abordagem extrema é de maneira matemática levar em conta todas as não-linearidades e complexidades da carteira em questão.

Uma outra boa política de investimento é a adoção de uma regra de *Stop-Loss*, ou seja, na imposição de um limite para as perdas acumuladas por uma determinada posição. Em geral, os investidores são resistentes em zerarem suas posições que acabaram de sofrer grandes perdas, esperando que o mercado “retorne” a níveis um pouco mais favoráveis. Ocorre que nem sempre o mercado “retorna”, o que abre espaço para uma série de perdas decorrentes de uma mesma posição, ampliando o prejuízo inicial. Além disso, dependendo do mercado e do tamanho da posição, “zerá-la” pode significar reduzir ainda mais os preços e também aumentar o prejuízo. A solução adotada por algumas instituições é a de se impor um limite máximo para perdas acumuladas num determinado horizonte de tempo (1 mês, 1 semana), e rompido este limite, determinar a zeragem da posição.

8.4 Contribuição da Escola

Apesar deste trabalho não ter sido desenvolvido dentro de uma fábrica como previsto, gostaria de deixar claro a contribuição da Escola Politécnica na elaboração deste estudo no mercado financeiro. Primeiramente, todo raciocínio lógico obtido através de cursos como Cálculo, Álgebra Linear, Estatística e Engenharia Financeira foram imprescindíveis para uma compreensão melhor e o desenvolvimento efetivo do tema *gestão de riscos*. Outro ponto que deve ser destacado é a oportunidade que tive em aprender linguagem de programação em C, a qual sem ela, não teria sido possível a elaboração das macros em VBA, e por conseguinte, o estudo comparativo entre os métodos de risco. Por fim, a Escola Politécnica mostrou diversas vezes ao longo desses cinco anos, que um tema, à primeira vista hostil ao leitor, muitas vezes pode ser compreendido e desenvolvido, como foi o caso do tema deste trabalho.

9. BIBLIOGRAFIA

9 Referência Bibliográfica

COSTA NETO, P.L.O.: Estatística. São Paulo, Editora Edgar Blucher, 1997.

ALEXANDER, Carol.: Modelos de Mercados. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, Editora Saraiva, 2005.

GITMAN, Lawrence J.: Princípios de Administração Financeira. 10^a edição, São Paulo, Editora Pearson Education do Brasil, 2004.

SECURATO, José Roberto.: Cálculo Financeiro das Tesourarias. 3^a edição, São Paulo, Editora Saint Paul, 2005. Capítulo 12

JORION, P.: Value at Risk: The New Benchmark for Controlling Derivatives Risk. New York, McGraw Hill, 1997

HULL, J.: Options, Futures and Other Derivative Securities. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1997

DUARTE, Antônio M.: Gerenciamento de riscos corporativos. São Paulo, Unibanco, 2005

PRITSKER, M.: The Hidden Dangers of Historical Simulation. FEDS Discussion Paper No. 2001-27 ,2001

J.P. MORGAN & CO.: Risk Metrics—Technical Document. October 1994.

BOLLERSLEV, T. (1986).: Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity. Journal of Econometrics, 31, 307-327.

MARKOWITZ, H. Portfolio Selection: Efficient diversification of investments. New York, John Wiley & Sons, 1959.

DANIELSSON, J. and C. G. VRIES . Value-at-Risk and Extreme Returns. Mimeo, Tinbergen Institute Rotterdam, 1997.

PRITSKER, M.: Evaluating Value at Risk Methodologies: Accuracy versus Computational Time. Journal of Financial Services Research. Spring Netherlands, 2004. Volume 12

MEYER, P.: Probabilidade – Aplicações à Estatística. Editora da USP. Rio de Janeiro, 1969

SIMIONATO, FREDERICO.: Proposta de um modelo de risco utilizando otimização multiperíodo. Trabalho de Formatura apresentado à Escola Politécnica. São Paulo, 2000