

## 5

### A construção de carteiras de investimentos

Neste capítulo e no próximo irei abordar o desenvolvimento de carteiras de ações com base em duas metodologias distintas, a otimização de carteiras no contexto do Modelo de Índice Único e a otimização de carteiras usando-se a Medida Ômega.

É a primeira parte das simulações, que posteriormente serão complementadas pelo uso de metodologias para avaliação do risco. Para escolher as ações que irão contemplar nossas carteiras, os ativos foram escolhidos fundamentalmente em função de um critério que contempla alto volume, elevada exposição aos movimentos de mercado e relevância em comparação aos seus pares na Bolsa.

Estas carteiras procuraram abranger os mais diversos setores do mercado, energia, varejo, bancos etc... , e buscava captar os sentimento da economia nacional no período analisado e as perspectivas para a empresa e o setor onde ela se insere.

Para reunir estes três critérios, decidi analisar as 15 ações mais negociadas do Índice Ibovespa, que representa um *proxy* para o mercado. Esta escolha é relevante pela informação que os históricos destas empresas consideram, de governança, solidez no mercado, desempenho operacional e, sobretudo, expectativa. Como o índice altera sua carteira a cada 4 meses, onde suas ações são selecionadas conforme descrito na seção 5.6, usar as 15 primeiras também seria uma forma de adotar um critério semelhante para todas as 15 em cada período analisado, de modo que não sofressem alterações significativas ao longo dos períodos analisados.

Ou seja, num universo de empresas que varia entre 70 e 100 empresas, escolher as 15 primeiras para aplicar a metodologia para elaboração de carteiras

significa dizer que elas irão manter uma certa consistência ao longo do tempo, nos requisitos mencionados. A seleção das carteiras e posterior análise do seu *Value-at-Risk* baseou-se na seguintes etapas:

- I. Selecionar um período quando seriam analisados os 15 ativos em questão e aplicados a otimização por cada uma das metodologias distintas. Após um certo período que julguei conveniente entre 4 e 5 semestres, irei reavaliar a carteira com base nas 15 ações mais representativas do Ibovespa na ocasião e recalcular uma nova carteira.
- II. As carteiras serão montadas aplicando-se ao universo destas 15 ações mais representativas do Ibovespa a otimização com base no Modelo de Índice Único e, em complemento, foi usado uma metodologia mais moderna e arrojada, o Método de Medida Ômega. Este segundo método para determinação da carteira visava justamente oferecer uma análise mais robusta da metodologia para *Value-At-Risk* adotada, ao oferecer uma carteira calculada de forma distinta da primeira.
- III. De posse destas 2 carteiras, o intervalo seguinte nos serviu para analisar o desempenho das mesmas e para o cálculo dos parâmetros utilizando o Estimador de Hill (para o caso da T.V.E.) a serem usados na análise do *Value-at-Risk*. Por sua vez, este foi calculado de duas formas distintas, pela Teoria dos Valores Extremos (TVE) e por Simulação de Monte Carlo (SMC).
- IV. Uma vez calculados os parâmetros dos mesmos, foi elaborado o modelo de *Value-At-Risk* para a análise por TVE e outro para a análise por SMC.
- V. O terceiro intervalo foi então usado para comparar os modelos construídos na etapa anterior e realizar o *backtesting* dos mesmos, ao comparar o desempenho do modelo ao desempenho da carteira neste intervalo. Ou seja, o terceiro intervalo tem a função de testar a aderência do modelo à realidade.

Uma vez elaborada a metodologia, colocou-se a questão do tamanho dos períodos a serem analisados. Uma amostra suficientemente grande atribuiria maior confiabilidade ao estudo. Contudo, resolvi usar apenas dados a partir do segundo semestre do ano de 1994. Anteriormente a esta data, a economia brasileira possuía uma outra dimensão, era uma outra moeda e a dinâmica do mercado de capitais possivelmente era distinta, o que poderia enviesar os resultados.

Partindo do segundo semestre do ano de 1994, decidi coletar dados até o final de 2008. No segundo semestre deste ano a crise financeira mundial (Crise dos “subprimes” ou ativos tóxicos) ganhou contornos mais expressivos, em especial no último trimestre, e a economia brasileira sofreu os primeiros impactos da mesma. Em razão disso, decidi não seguir até o ano de 2009, pois este se caracterizaria como um ano bastante atípico, o que implicaria em um análise equivocada dos dados. O próprio ano de 2008, no segundo semestre, apresentou um comportamento bastante negativo, o que se constituiu um teste para os modelos em épocas de crise.

Este período compreendido entre 1994.2 e 2008.2 dispunha de 9 semestres. O segundo questionamento, então, foi se deveria conduzir o estudo com poucas carteiras e cujo intervalo seria extenso, ou se iria fazer mais carteiras, mas com intervalos menores. Cada carteira deveria conter 3 etapas de simulação, conforme descrito acima, de modo que cada carteira individualmente iria consumir 3 períodos, e estes deveriam ser equivalentes para uma análise mais equitativa.

Basicamente, optei por fazer uma análise de carteiras em 5 intervalos distintos. Ou seja, serão 5 carteiras para cada metodologia descrita, com uma possibilidade de gerar e avaliar o desempenho de 10 carteiras. Este número contempla, dentro deste intervalo que disponho, uma análise de 2 anos para cada etapa de avaliação de cada carteira. Acredito que uma análise mais apurada poderia ser feita se houvesse um intervalo maior, mas haveria um contraponto de usar um intervalo suficientemente extenso e este não captar nuances do período, que um prazo mais curto, como 2 anos, seria capaz de captar.

Foram então elaboradas 5 carteiras com base na metodologia M.I.U. e Medida Ômega, sendo para cada uma delas posteriormente calculado o *VaR* usando a Simulação de Monte Carlo e a Simulação pela Teoria dos Valores Extremos. De uma forma resumida, as próximas etapas são:

**Intervalo 1:** Análise dos dados e elaboração da carteira.

**Intervalo 2:** Análise do desempenho da carteira formada no intervalo 1 e cálculo dos parâmetros para construção do modelo de VaR.

**Intervalo 3:** Comparação do modelo construído a partir dos parâmetros obtidos no intervalo 2 e comparação com o desempenho real da carteira.

## 5.1

### Carteira A

Para o período de 1994.2 – 1996.2, as 15 ações mais representativas do Índice Ibovespa nesse período são empresas dos setores de petróleo e gás, energia, mineração e siderurgia, financeiro, telecomunicações e bebidas, que representam bem o desempenho da economia. Dentre as ações nesse período, selecionamos:

| <b>15 ações mais negociadas no período 94.2-96.2</b> |               |              |             |
|--|---------------|--------------|-------------|
|  | <b>Código</b> | <b>Ação</b>  | <b>Tipo</b> |
| 1  | PETR4         | Petrobras    | PN          |
| 2  | ELET6         | Eletroras    | PNB         |
| 3  | VALE5         | Vale R.Doce  | PN          |
| 4  | BBAS4         | Banco Brasil | PN          |
| 5  | USIM5         | Usiminas     | PN          |
| 6  | ELET3         | Eletroras    | ON          |
| 7  | CMIG4         | Cemig        | PN          |
| 8  | TLPP4         | Telesp       | PN          |
| 9  | BBDC4         | Bradesco     | PN          |
| 10   | CSNA3         | Sid.Nacional | ON          |
| 11   | LIGH3         | Light        | ON          |
| 12   | ITAU4         | Itaú         | PN          |
| 13   | AMBV4         | Ambev        | PN          |
| 14   | CRUZ3         | Souza Cruz   | ON          |
| 15   | ITSA4         | Itausa       | PN          |

Tabela 4: 15 ações mais negociadas no período 1994.2 – 1996.2

Com base nestas 15 ações, aplicamos a otimização no contexto do M.I.U. e Medida Ômega. Iniciando nossa análise pela teoria de otimização por M.I.U, conforme mencionado no capítulo 3, precisamos calcular a razão  $R/V$  para cada uma das 15 ações e, posteriormente, calcular o seu respectivo  $C$ , que será a taxa de corte para um  $C=0,0015 < R/v = 0,0017$ . Para esta primeira análise, encontramos que as ações candidatas à integrar a Carteira A e as quantidades ótimas são dadas por:

|       |        |
|-------|--------|
| ITAU4 | 21.68% |
| AMBV4 | 21.17% |
| ITSA4 | 10.70% |
| BBDC4 | 46.45% |

Tabela 5: Otimização no contexto do M.I.U. para as 15 ações mais negociadas no período 1994.2 – 1996.2

Para a Carteira A, aplico o Teste de Jarque – Bera para o cálculo da assimetria e Curtose, a fim de rejeitar a tese de distribuição normal de retornos e qualificar a Simulação de Monte Carlo e a Teoria dos Valores extremos como métodos adequados para simulação em risco.

O teste de Jarque – Bera consiste em um Teste de Hipótese, com uma distribuição Qui-Quadrada para um grau de confiança de 95%, com valor crítico de 5,99.

Desta forma esquemática:

$$JB = \frac{T}{6} \left( S^2 + \frac{(K - 3)^2}{4} \right)$$

H0: Distribuição normal

H1: Distribuição não é normal

Para  $JB \leq JB_{\text{crítico}}$ , aceita-se a Hipótese Nula.

Assim, para a carteira A.M.I.U., temos  $J.B. = 3.684.686 > 5,99$

Logo, rejeita-se a hipótese de normalidade.

Já para o cálculo dos ativos a integrar a Carteira A com base na Metodologia da Medida Ômega, conforme mencionado no capítulo 3, precisamos definir um nível L, denominado nível mínimo requerido de ganhos, e simular variações nos ativos de modo a otimizar o valor da função  $\Omega(L)$ . Estimei o uso de 3 valores para L e mantive a coerência de usar este mesmo valor em todas as análises das carteiras montadas posteriormente. Os valores de L usados são 0%, 2,5% e 5%. Para cada valor deste, as quantidades ótimas dos ativos a compor a carteira variam levemente. Os resultados dos cálculos para Carteira A são ilustrados abaixo:

| itau4  | ambv4  | itsa4 | bbdc4 | $\Omega$ | L  |
|--------|--------|-------|-------|----------|----|
| 27.50% | 67.50% | 2.50% | 2.50% | 1.360    | 0% |

Tabela 6: Otimizaçãp no contexto do M.O. para L = 0% para as 15 ações mais negociadas no período 1994.2 – 1996.2

Para a carteira A.M.O.L=0%, temos J.B. = 273,50 > 5,99.

Logo, rejeita-se a hipótese de normalidade.

| itau4 | ambv4 | itsa4 | bbdc4  | $\Omega$ | L     |
|-------|-------|-------|--------|----------|-------|
| 0.50% | 3.00% | 0.50% | 96.00% | 0.06     | 2.50% |

Tabela 7: Otimizaçãp no contexto do M.O. para L = 2,50% para as 15 ações mais negociadas no período 1994.2 – 1996.2

Para a carteira A.M.O.L=2,50%, temos J.B. = 275,81 > 5,99

Logo, rejeita-se a hipótese de normalidade.

| itau4 | ambv4 | itsa4 | bbdc4  | $\Omega$ | L     |
|-------|-------|-------|--------|----------|-------|
| 1.50% | 0.25% | 0.25% | 98.00% | 0.0054   | 5.00% |

Tabela 8: Otimizaçãp no contexto do M.O. para L = 5% para as 15 ações mais negociadas no período 1994.2 – 1996.2

Para a carteira A.M.O.L=5%, temos J.B. = 284,46 > 5,99

Logo, rejeita-se a hipótese de normalidade.

Sinteticamente, podemos esquematizar nossa análise através do quadro a seguir:

| Carteira A (Período de análise: 1994.2 - 2000.2)                                   |        |                   |        |                     |        |                   |        |
|--|--------|-------------------|--------|---------------------|--------|-------------------|--------|
| Constituição da carteira (1994.2 - 1996.2)   |        |                   |        |                     |        |                   |        |
| M.I.U.   |        | $\Omega$ (L = 0%) |        | $\Omega$ (L = 2,5%) |        | $\Omega$ (L = 5%) |        |
| ITAU4  | 21,68% | ITAU4             | 27,50% | ITAU4               | 0,50%  | ITAU4             | 1,50%  |
| AMBV4  | 21,17% | AMBV4             | 67,50% | AMBV4               | 3,00%  | AMBV4             | 0,25%  |
| ITSA4  | 10,70% | ITSA4             | 2,50%  | ITSA4               | 0,50%  | ITSA4             | 0,25%  |
| BBDC4  | 46,45% | BBDC4             | 2,50%  | BBDC4               | 96,00% | BBDC4             | 98,00% |
| Estimação dos parâmetros para cálculo de VaR por T.V.E. e S.M.C. (1997.1 - 1998.2) |        |                   |        |                     |        |                   |        |
| Backtesting (1999.1 - 2000.2)  |        |                   |        |                     |        |                   |        |

Tabela 9: Otimização no contexto do M.I.U. e M.O. para as 15 ações mais negociadas no período 1994.2 – 1996.2.

Obs: No primeiro intervalo procurei contemplar 5 semestres, diferente das demais carteiras e dos demais testes da mesma carteira. Isso se deve ao fato de haver 9 semestres, então ou deveria descartar um semestre ou então uma carteira deveria conter um semestre a mais. Escolhi a carteira A por se tratar de um período ainda atípico o de 1994.2, já que o país havia recentemente colocado em prática o Plano Real, e a economia poderia ter um comportamento de transição, o que julgo ter sido absorvido nos demais 4 semestres usados para análise no mesmo intervalo.

## 5.2 Carteira B

Para o período de 1996.2 – 1998.2, as 15 ações mais representativas do Índice Ibovespa nesse período são empresas dos setores de petróleo e gás, energia, mineração e siderurgia, financeiro, telecomunicações, papel e celulose, consumo e bebidas, que representam bem a economia nacional nesse período e possuem uma ligação estreita com o desempenho da economia. Dentre as ações que fizeram parte do Índice esse período, as ações selecionadas são ilustradas abaixo:

| <b>15 ações mais negociadas no período 97.1-98.2</b> |               |              |             |
|--|---------------|--------------|-------------|
|  | <b>Código</b> | <b>Ação</b>  | <b>Tipo</b> |
| 1  | PETR4         | Petrobras    | PN          |
| 2  | ELET6         | Eletrabras   | PNB         |
| 3  | ELET3         | Eletrabras   | ON          |
| 4  | USIM5         | Usiminas     | PNA         |
| 5  | VALE5         | Vale R.Doce  | PN          |
| 6  | CMIG4         | Cemig        | PN          |
| 7  | BBDC4         | Bradesco     | PN          |
| 8  | TLPP4         | Telesp       | PN          |
| 9  | AMBV4         | Ambev        | PN          |
| 10   | LIGH3         | Ligh         | ON          |
| 11   | ITAU4         | Itaú         | PN          |
| 12   | CSNA3         | Sid.Nacional | ON          |
| 13   | ITSA4         | Itausa       | PN          |
| 14   | CRUZ3         | Souza Cruz   | ON          |
| 15   | ARCZ6         | Aracruz      | PNB         |

Tabela 10: 15 ações mais negociadas no período 1997.1 – 1998.2

Com base nestas 15 ações, aplicamos a otimização com base no M.I.U. e Medida Ômega. Iniciando nossa análise pela teoria de otimização no contexto do M.I.U, conforme fizemos anteriormente, precisamos calcular a razão R/V para cada uma das 15 ações e, posteriormente, calcular o seu respectivo C, que será a taxa de corte para um  $C = 0,00015 < R/v = 0,0016$ . Para esta primeira análise, encontramos que as ações candidatas a integrar a Carteira A e as quantidades ótimas são dadas por:

|        |        |
|--------|--------|
| VALE5  | 28.13% |
| LIGHT3 | 45.94% |
| AMBV4  | 7.92%  |
| ITSA4  | 10.18% |
| CSNA3  | 7.84%  |

Tabela 11: Otimização no contexto do M.I.U. para as 15 ações mais negociadas no período 1997.1 – 1998.2

Para a carteira B.M.I.U., temos  $J.B. = 92,18 > 5,99$

Logo, rejeita-se a hipótese de normalidade.

Já para o cálculo dos ativos a integrar a Carteira B com base na Metodologia da Medida Ômega, conforme fizemos acima, precisamos definir um nível L, denominado nível mínimo requerido de ganhos, e simular variações nos ativos de modo a otimizar o valor da função  $\Omega(L)$ . Estimei o uso de 3 valores para L e mantive a coerência de usar este mesmo valor em todas as análises das carteiras montadas posteriormente. Os valores de L usados são 0%, 2,5% e 5%. Para cada valor deste, as quantidades ótimas dos ativos a compor a carteira variam levemente. Os resultados dos cálculos para Carteira A são ilustrados abaixo:

| vale5 | light3 | ambv4 | itsa4  | csna3  | $\Omega$ | L  |
|-------|--------|-------|--------|--------|----------|----|
| 1.00% | 1.50%  | 2.50% | 30.00% | 65.00% | 1.0307   | 0% |

Tabela 12: Otimizaçãp no contexto do M.O. para L = 0% para as 15 ações mais negociadas no período 1997.1 – 1998.2

Para a carteira B.M.O.L=0%, temos  $J.B. = 8,08 > 5,99$

Logo, rejeita-se a hipótese de normalidade.

|        |        |       |       |       |          |       |
|--------|--------|-------|-------|-------|----------|-------|
| vale5  | light3 | ambv4 | itsa4 | csna3 | $\Omega$ | L     |
| 97,00% | 0,50%  | 0,25% | 2,00% | 0,25% | 0,0890   | 2,50% |

Tabela 13: Otimizaçãp no contexto do M.O. para L = 2,50% para as 15 ações mais negociadas no período 1997.1 – 1998.2

Para a carteira B.M.O.L=2,50%, temos J.B. = 19.384 > 5,99

Logo, rejeita-se a hipótese de normalidade.

|       |        |       |        |       |          |       |
|-------|--------|-------|--------|-------|----------|-------|
| vale5 | light3 | ambv4 | itsa4  | csna3 | $\Omega$ | L     |
| 1,00% | 1,00%  | 0,25% | 97,50% | 0,25% | 0,0094   | 5,00% |

Tabela 14: Otimizaçãp no contexto do M.O. para L = 5% para as 15 ações mais negociadas no período 1997.1 – 1998.2

Sinteticamente, podemos esquematizar nossa análise através do quadro a seguir:

| Carteira B (Período de análise: 1997.1 - 2001.2)                                   |                   |        |                     |        |                   |        |        |
|--|-------------------|--------|---------------------|--------|-------------------|--------|--------|
| Constituição da carteira (1997.1 - 1998.2)   |                   |        |                     |        |                   |        |        |
| M.I.U.   | $\Omega$ (L = 0%) |        | $\Omega$ (L = 2,5%) |        | $\Omega$ (L = 5%) |        |        |
| VALE5  | 28,13%            | VALE5  | 1,00%               | VALE5  | 97,00%            | VALE5  | 1,00%  |
| LIGHT3   | 45,94%            | LIGHT3 | 1,50%               | LIGHT3 | 0,50%             | LIGHT3 | 1,00%  |
| AMBV4  | 7,92%             | AMBV4  | 2,50%               | AMBV4  | 0,25%             | AMBV4  | 0,25%  |
| ITSA4  | 10,18%            | ITSA4  | 30,00%              | ITSA4  | 2,00%             | ITSA4  | 97,50% |
| CSNA3  | 7,84%             | CSNA3  | 65,00%              | CSNA3  | 0,25%             | CSNA3  | 0,25%  |
| Estimação dos parâmetros para cálculo de VaR por T.V.E. e S.M.C. (1999.1 - 2000.2) |                   |        |                     |        |                   |        |        |
| Backtesting (2000.1 - 2001.2)  |                   |        |                     |        |                   |        |        |

Tabela 15: Otimização no contexto do M.I.U. e M.O. para as 15 ações mais negociadas no período 1997.1 – 1998.2

Para a carteira B.M.O.L=5%, temos J.B. = 3,13 > 5,99

Neste caso, aceita-se a hipótese de normalidade.

### 5.3 Carteira C

Para o período de 1999.2 – 2000.2, as 15 ações mais representativas do Índice Ibovespa nesse período são empresas dos setores de petróleo e gás, energia, mineração e siderurgia, financeiro, telecomunicações, papel e celulose, consumo e bebidas, que representam bem a economia nacional nesse período e possuem uma

ligação estreita com o desempenho da economia. Dentre as ações que fizeram parte do Índice esse período, as ações selecionadas são ilustradas abaixo:

| <b>15 ações mais negociadas no período 99.1-00.2</b> |               |             |             |
|--|---------------|-------------|-------------|
|  | <b>Código</b> | <b>Ação</b> | <b>Tipo</b> |
| 1  | PETR4         | Petrobras   | PN          |
| 2  | ELET6         | Eletrabras  | PNB         |
| 3  | BBDC4         | Bradesco    | PN          |
| 4  | CMIG4         | Cemig       | PN          |
| 5  | ELET3         | Eletrabras  | ON          |
| 6  | VALE5         | Vale R.Doce | PNA         |
| 7  | BESP4         | Banespa     | PN          |
| 8  | ITAU4         | Itaú        | PN          |
| 9  | USIM5         | Usiminas    | PNA         |
| 10   | AMBV4         | Ambev       | PN          |
| 11   | LIGH3         | Light       | ON          |
| 12   | CELESC6       | Celesc      | PNB         |
| 13   | ITSA4         | Itausa      | PN          |
| 14   | CRUZ3         | Souza Cruz  | ON          |
| 15   | ARCZ6         | Aracruz     | PNB         |

Tabela 16: 15 ações mais negociadas no período 1999.1 – 2000.2

De forma análoga, com base nestas 15 ações, aplicamos a otimização com base no M.I.U. e Medida Ômega. Iniciando nossa análise pela teoria de otimização no contexto do M.I.U, conforme feito anteriormente, precisamos calcular a razão R/V para cada uma das 15 ações e, posteriormente, calcular o seu respectivo C, que será a taxa de corte para um  $C=0,0004 < R/v = 0,0015$ . Para esta primeira análise, encontramos que as ações candidatas a integrar a Carteira A e as quantidades ótimas são dadas por:

|       |        |
|-------|--------|
| ITSA4 | 23.22% |
| ITAU4 | 22.94% |
| USIM5 | 12.59% |
| ELET3 | 8.69%  |
| ARCZ6 | 12.12% |
| VALE5 | 15.82% |
| CMIG4 | 3.49%  |
| CRUZ3 | 1.13%  |

Tabela 17: Otimização no contexto do M.I.U. para as 15 ações mais negociadas no período 1999.1 – 2000.2

Para a carteira C.M.I.U., temos  $J.B. = 118,68 > 5,99$

Logo, rejeita-se a hipótese de normalidade.

Já para o cálculo dos ativos à integrar a Carteira C, com base na Metodologia da Medida Ômega, conforme fizemos acima, precisamos definir um nível L, denominado nível mínimo requerido de ganhos, e simular variações nos ativos de modo a otimizar o valor da função  $\Omega(L)$ . Conforme mencionado acima, estimei o uso de 3 valores para L e mantive a coerência de usar este mesmo valor em todas as análises das carteiras montadas posteriormente. Os valores de L usados são 0%, 2,5% e 5%. Para cada valor deste, as quantidades ótimas dos ativos a compor a carteira variam levemente. Os resultados dos cálculos para Carteira A são ilustrados abaixo:

| ITSA4  | ITAU4  | USIM5  | ELET3 | ARCZ6  | VALE5  | CMIG4 | CRUZ3 | $\Omega$ | L     |
|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|----------|-------|
| 32.50% | 27.50% | 10.00% | 1.00% | 10.00% | 17.00% | 1.00% | 1.00% | 1.35     | 0.00% |

Tabela 18: Otimizaçãp no contexto do M.O. para  $L = 0\%$  para as 15 ações mais negociadas no período 1999.1 – 2000.2

Para a carteira C.M.O.L=0%, temos  $J.B. = 116,22 > 5,99$

Logo, rejeita-se a hipótese de normalidade.

| ITSA4 | ITAU4 | USIM5 | ELET3 | ARCZ6  | VALE5 | CMIG4 | CRUZ3 | $\Omega$ | L     |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------|-------|
| 0.13% | 0.50% | 0.13% | 0.50% | 98.00% | 0.13% | 0.50% | 0.13% | 0.954    | 2.50% |

Tabela 19: Otimizaçãp no contexto do M.O. para  $L = 2,50\%$  para as 15 ações mais negociadas no período 1999.1 – 2000.2

Para a carteira C.M.O.L.=2,50%, temos  $J.B. = 89,80 > 5,99$

Logo, rejeita-se a hipótese de normalidade.

| ITSA4 | ITAU4 | USIM5  | ELET3 | ARCZ6 | VALE5 | CMIG4 | CRUZ3 | $\Omega$ | L     |
|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|
| 0.25% | 0.25% | 95.00% | 0.25% | 3.00% | 0.50% | 0.50% | 0.25% | 0.015    | 5.00% |

Tabela 20: Otimizaçãp no contexto do M.O. para  $L = 5\%$  para as 15 ações mais negociadas no período 1999.1 – 2000.2

Para a carteira C.M.O.L=5%, temos  $J.B. = 66,06 > 5,99$

Logo, rejeita-se a hipótese de normalidade.

Sinteticamente, podemos esquematizar nossa análise através do quadro a seguir:

| Carteira C (Período de análise: 1999.1 - 2004.2)                                   |        |                   |        |                     |        |                   |        |
|--|--------|-------------------|--------|---------------------|--------|-------------------|--------|
| Constituição da carteira (1999.1 - 2000.2)   |        |                   |        |                     |        |                   |        |
| M.I.U.   |        | $\Omega$ (L = 0%) |        | $\Omega$ (L = 2,5%) |        | $\Omega$ (L = 5%) |        |
| ITSA4  | 23,22% | ITSA4             | 32,50% | ITSA4               | 0,13%  | ITSA4             | 0,25%  |
| ITAU4  | 22,94% | ITAU4             | 27,50% | ITAU4               | 0,50%  | ITAU4             | 0,25%  |
| USIM5  | 12,59% | USIM5             | 10,00% | USIM5               | 0,13%  | USIM5             | 95,00% |
| ELET3  | 8,69%  | ELET3             | 1,00%  | ELET3               | 0,50%  | ELET3             | 0,25%  |
| ARCZ6  | 12,12% | ARCZ6             | 10,00% | ARCZ6               | 98,00% | ARCZ6             | 3,00%  |
| VALE5  | 15,82% | VALE5             | 17,00% | VALE5               | 0,13%  | VALE5             | 0,50%  |
| CMIG4  | 3,49%  | CMIG4             | 1,00%  | CMIG4               | 0,50%  | CMIG4             | 0,50%  |
| CRUZ3  | 1,13%  | CRUZ3             | 1,00%  | CRUZ3               | 0,13%  | CRUZ3             | 0,25%  |
| Estimação dos parâmetros para cálculo de VaR por T.V.E. e S.M.C. (2001.1 - 2002.2) |        |                   |        |                     |        |                   |        |
| Backtesting (2003.1 - 2004.2)  |        |                   |        |                     |        |                   |        |

Tabela 21: Otimização no contexto do M.I.U. e M.O. para as 15 ações mais negociadas no período 1999.1 – 2000.2

## 5.4 Carteira D

Para o período de 2001.1 – 2002.2, as 15 ações mais representativas do Índice Ibovespa nesse período são empresas dos setores de petróleo e gás, energia, mineração e siderurgia, financeiro, telecomunicações, papel e celulose, consumo e bebidas, que representam bem a economia nacional nesse período e possuem uma ligação estreita com o desempenho da economia. Dentre as ações que fizeram parte do Índice esse período, as ações selecionadas são ilustradas abaixo:

| <b>15 ações mais negociadas no período 01.1-02.2</b> |               |             |             |
|--|---------------|-------------|-------------|
|  | <b>Código</b> | <b>Ação</b> | <b>Tipo</b> |
| 1  | TNLP4         | Telemar     | PN          |
| 2  | PETR4         | Petrobras   | PN          |
| 3  | BBDC4         | Bradesco    | PN          |
| 4  | PETR3         | Petrobras   | ON          |
| 5  | VALE5         | Vale R.Doce | PNA         |
| 6  | CMIG4         | Cemig       | PN          |
| 7  | ELET6         | Eletrobras  | PNB         |
| 8  | ITAU4         | Itaú        | PN          |
| 9  | ELET3         | Eletrobras  | ON          |
| 10   | ITSA4         | Itausa      | PN          |
| 11   | USIM5         | Usiminas    | PNA         |
| 12   | AMBV4         | Ambev       | PN          |
| 13   | CPLE6         | Copel       | PNB         |
| 14   | GGBR4         | Gerdau      | PN          |
| 15   | SBSP3         | Sabesp      | ON          |

Tabela 22: 15 ações mais negociadas no período 2001.1 – 2002.2

De forma análoga, com base nestas 15 ações, aplicamos a otimização com base no M.I.U. e Medida Ômega. Iniciando nossa análise pela teoria de otimização no contexto do M.I.U, conforme fizemos anteriormente, precisamos calcular a razão R/V para cada uma das 15 ações e, posteriormente, calcular o seu respectivo C, que será a taxa de corte para um  $C=0,00002 < R/v = 0,0013$ . Para esta primeira análise, encontramos que as ações candidatas a integrar a Carteira A e as quantidades ótimas são dadas por:

|       |        |
|-------|--------|
| SBSP3 | 70.35% |
| ITSA4 | 4.51%  |
| USIM5 | 25.14% |

Tabela 23: Otimização no contexto do M.I.U. para as 15 ações mais negociadas no período 2001.1 – 2002.2

Para a carteira D.M.I.U., temos  $J.B. = 155,35 > 5,99$

Logo, rejeita-se a hipótese de normalidade.

Já para o cálculo dos ativos à integrar a Carteira D, com base na Metodologia da Medida Ômega, conforme fizemos acima, precisamos definir um nível L, denominado nível mínimo requerido de ganhos, e simular variações nos ativos de modo a otimizar o valor da função  $\Omega$  (L). Conforme mencionado acima, estimei o uso de 3 valores para L e mantive a coerência de usar este mesmo valor em todas as análises das carteiras montadas posteriormente. Os valores de L usados são 0%, 2,5% e 5%. Para cada valor deste, as quantidades ótimas dos ativos a compor a carteira variam levemente. Os resultados dos cálculos para Carteira A são ilustrados abaixo:

| SBSP3 | ITSA4  | USIM5 | $\Omega$ | L     |
|-------|--------|-------|----------|-------|
| 2.50% | 95.00% | 2.50% | 0.9942   | 0.00% |

Tabela 24: Otimizaçãp no contexto do M.O. para L = 0% para as 15 ações mais negociadas no período 2001.1 – 2002.2

Para a carteira D.M.O.L=0%, temos J.B. = 144,30 > 5,99

Logo, rejeita-se a hipótese de normalidade.

| SBSP3 | ITSA4 | USIM5  | $\Omega$ | L     |
|-------|-------|--------|----------|-------|
| 0.75% | 0.25% | 99.00% | 0.0803   | 2.50% |

Tabela 25: Otimizaçãp no contexto do M.O. para L = 2,50% para as 15 ações mais negociadas no período 2001.1 – 2002.2

Para a carteira D.M.O.L=2,50%, temos J.B. = 86,60 > 5,99

Logo, rejeita-se a hipótese de normalidade.

| SBSP3 | ITSA4 | USIM5  | $\Omega$ | L     |
|-------|-------|--------|----------|-------|
| 0.25% | 1.00% | 98.75% | 0.69%    | 5.00% |

Tabela 26: Otimizaçãp no contexto do M.O. para L = 5% para as 15 ações mais negociadas no período 2001.1 – 2002.2

Para a carteira D.M.O.L.=5%, temos J.B. = 86,77 > 5,99

Logo, rejeita-se a hipótese de normalidade.

Sinteticamente, podemos esquematizar nossa análise através do quadro à seguir:

| Carteira D (Período de análise: 2001.1 - 2006.2)                                   |        |                   |        |                     |        |                   |        |
|--|--------|-------------------|--------|---------------------|--------|-------------------|--------|
| Constituição da carteira (2001.1 - 2002.2)   |        |                   |        |                     |        |                   |        |
| M.I.U.   |        | $\Omega$ (L = 0%) |        | $\Omega$ (L = 2,5%) |        | $\Omega$ (L = 5%) |        |
| SBSP3  | 70,35% | SBSP3             | 2,50%  | SBSP3               | 0,75%  | SBSP3             | 0,25%  |
| ITSA4  | 4,51%  | ITSA4             | 95,00% | ITSA4               | 0,25%  | ITSA4             | 1,00%  |
| USIM5  | 25,14% | USIM5             | 2,50%  | USIM5               | 99,00% | USIM5             | 98,75% |
| Estimação dos parâmetros para cálculo de VaR por T.V.E. e S.M.C. (2003.1 - 2004.2) |        |                   |        |                     |        |                   |        |
| Backtesting (2005.1 - 2006.2)  |        |                   |        |                     |        |                   |        |

Tabela 27: Otimização no contexto do M.I.U. e M.O. para as 15 ações mais negociadas no período 2001.1 – 2002.2

## 5.5 Carteira E

Para o período de 2001.1 – 2002.2, as 15 ações mais representativas do Índice Ibovespa nesse período são empresas dos setores de petróleo e gás, energia, mineração e siderurgia, financeiro, telecomunicações, papel e celulose, infraestrutura, consumo e bebidas, que representam bem a economia nacional nesse período e possuem uma ligação estreita com o desempenho da economia. Dentre as ações que fizeram parte do Índice esse período, as ações selecionadas são ilustradas abaixo:

| 15 ações mais negociadas no período 03.1-04.2 |        |                 |      |
|---|--------|-----------------|------|
|   | Código | Ação            | Tipo |
| 1   | TNLP4  | Telemar         | PN   |
| 2   | PETR4  | Petrobras       | PN   |
| 3   | BBDC4  | Bradesco        | PN   |
| 4   | VALE5  | Vale R.Doce     | PNA  |
| 5   | CMIG4  | Cemig           | PN   |
| 6   | ITAU4  | Itaú            | PN   |
| 7   | ELET6  | Eletrobras      | PNB  |
| 8   | PETR3  | Petrobras       | ON   |
| 9   | BRTO4  | Brasil Telec.   | PN   |
| 10  | BRTP4  | Brasil T. Part. | PN   |
| 11  | AMBV4  | Ambev           | PN   |
| 12  | USIM5  | Usiminas        | PNA  |
| 13  | ITSA4  | Itausa          | PN   |
| 14  | VALE3  | Vale R. Doce    | ON   |
| 15  | SBSP3  | Sabesp          | ON   |

Tabela 28: 15 ações mais negociadas no período 2003.1 – 2004.2

De forma análoga, com base nestas 15 ações, aplicamos a otimização com base no M.I.U. e Medida Ômega. Iniciando nossa análise pela teoria de otimização no contexto do M.I.U, conforme fizemos anteriormente, precisamos calcular a razão R/V para cada uma das 15 ações e, posteriormente, calcular o seu respectivo C, que será a taxa de corte para um  $C = 0,0004 < R/v = 0,0049$ . Para esta primeira análise, encontramos que as ações candidatas a integrar a Carteira A e as quantidades ótimas são dadas por:

|       |        |
|-------|--------|
| VALE5 | 11.78% |
| ITSA4 | 18.36% |
| VALE3 | 12.48% |
| USIM5 | 15.78% |
| AMBV4 | 6.10%  |
| PETR4 | 14.13% |
| CMIG4 | 8.61%  |
| SBSP3 | 5.87%  |
| ELET6 | 3.09%  |
| BRTO4 | 2.09%  |
| BRTP4 | 1.71%  |

Tabela 29: Otimização no contexto do M.I.U. para as 15 ações mais negociadas no período 2003.1 – 2004.2

Para a carteira E.M.I.U., temos  $J.B. = 118,79 > 5,99$

Logo, rejeita-se a hipótese de normalidade.

Já para o cálculo dos ativos a integrar a Carteira E, com base na Metodologia da Medida Ômega, conforme fizemos acima, precisamos definir um nível L, denominado nível mínimo requerido de ganhos, e simular variações nos ativos de modo a otimizar o valor da função  $\Omega(L)$ . Conforme mencionado acima, estimei o uso de 3 valores para L e mantive a coerência de usar este mesmo valor em todas as análises das carteiras montadas posteriormente. Os valores de L usados são 0%, 2,5% e 5%. Para cada valor deste, as quantidades ótimas dos ativos a compor a carteira variam levemente. Os resultados dos cálculos para Carteira A são ilustrados abaixo:

| VALE5 | ITSA4  | VALE3 | USIM5  | AMBV4 | PETR4 | CMIG4 | SBSP3 | ELET6 | BRTO4 | BRTP4 | $\Omega$ | L  |
|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----|
| 5.00% | 30.00% | 5.00% | 50.00% | 1.00% | 2.50% | 2.50% | 1.00% | 1.00% | 1.00% | 1.00% | 1.48     | 0% |

Tabela 30: Otimizaçãp no contexto do M.O. para  $L = 0\%$  para as 15 ações mais negociadas no período 2003.1 – 2004.2

Para a carteira E.M.O.L.=0%, temos J.B. = 118,32 > 5,99.

Logo, rejeita-se a hipótese de normalidade.

| VALE5 | ITSA4 | VALE3 | USIM5  | AMBV4 | PETR4 | CMIG4 | SBSP3 | ELET6 | BRTO4 | BRTP4 | $\Omega$ | L     |
|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|
| 0.25% | 0.25% | 0.25% | 95.00% | 0.25% | 0.25% | 0.75% | 0.75% | 1.75% | 0.25% | 0.25% | 0.0882   | 2.50% |

Tabela 31: Otimizaçãp no contexto do M.O. para  $L = 2,50\%$  para as 15 ações mais negociadas no período 2003.1 – 2004.2

Para a carteira E.M.O.L.=2,50%, temos J.B. = 146,99 > 5,99

Logo, rejeita-se a hipótese de normalidade.

| VALE5 | ITSA4 | VALE3 | USIM5  | AMBV4 | PETR4 | CMIG4 | SBSP3 | ELET6 | BRTO4 | BRTP4 | $\Omega$ | L     |
|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|
| 0.25% | 0.25% | 0.25% | 97.00% | 0.25% | 0.25% | 0.50% | 0.25% | 0.50% | 0.25% | 0.25% | 0.0067   | 5.00% |

Tabela 32: Otimizaçãp no contexto do M.O. para  $L = 5\%$  para as 15 ações mais negociadas no período 2003.1 – 2004.2

Para a carteira E.M.O.L.=5%, temos J.B. = 148,17 > 5,99

Logo, rejeita-se a hipótese de normalidade.

Sinteticamente, podemos esquematizar nossa análise através do quadro à seguir:

| Carteira E (Período de análise: 2003.1 - 2008.2)                                   |        |                   |        |                     |        |                   |        |
|--|--------|-------------------|--------|---------------------|--------|-------------------|--------|
| Constituição da carteira (2003.1 - 2004.2)   |        |                   |        |                     |        |                   |        |
| M.I.U.   |        | $\Omega$ (L = 0%) |        | $\Omega$ (L = 2,5%) |        | $\Omega$ (L = 5%) |        |
| VALE5  | 11,78% | VALE5             | 5,00%  | VALE5               | 0,25%  | VALE5             | 0,25%  |
| ITSA4  | 18,36% | ITSA4             | 30,00% | ITSA4               | 0,25%  | ITSA4             | 0,25%  |
| VALE3  | 12,48% | VALE3             | 5,00%  | VALE3               | 0,25%  | VALE3             | 0,25%  |
| USIM5  | 15,78% | USIM5             | 50,00% | USIM5               | 95,00% | USIM5             | 97,00% |
| AMBV4  | 6,10%  | AMBV4             | 1,00%  | AMBV4               | 0,25%  | AMBV4             | 0,25%  |
| PETR4  | 14,13% | PETR4             | 2,50%  | PETR4               | 0,25%  | PETR4             | 0,25%  |
| CMIG4  | 8,61%  | CMIG4             | 2,50%  | CMIG4               | 0,75%  | CMIG4             | 0,50%  |
| SBSP3  | 5,87%  | SBSP3             | 1,00%  | SBSP3               | 0,75%  | SBSP3             | 0,25%  |
| ELET6  | 3,09%  | ELET6             | 1,00%  | ELET6               | 1,75%  | ELET6             | 0,50%  |
| BRTO4  | 2,09%  | BRTO4             | 1,00%  | BRTO4               | 0,25%  | BRTO4             | 0,25%  |
| BRTP4  | 1,71%  | BRTP4             | 1,00%  | BRTP4               | 0,25%  | BRTP4             | 0,25%  |
| Estimação dos parâmetros para cálculo de VaR por T.V.E. e S.M.C. (2005.1 - 2006.2) |        |                   |        |                     |        |                   |        |
| Backtesting (2007.1 - 2008.2)  |        |                   |        |                     |        |                   |        |

Tabela 33: Otimização no contexto do M.I.U. e M.O. para as 15 ações mais negociadas no período 2003.1 – 2004.2

## 5.6

### Metodologia para o cálculo da carteira teórica do IBOVESPA

Para compor a carteira teórica do Ibovespa, o universo de ações que compõe a Bolsa de São Paulo deve atender cumulativamente aos critérios nos doze meses anteriores à formação da carteira:

- I. Estar incluída em uma relação de ações cujos índices de negociabilidade somados representem 80% do valor acumulado de todos os índices individuais.
- II. Apresentar participação, em termos de volume, superior à 0,1% do total.
- III. Ter sido negociada em mais de 80% do total de pregões do período.

O nível de participação de cada ação no índice tem relação direta com sua representatividade no mercado à vista, em termos do número de negócios e volume financeiro, com um ajuste feito para adequar ao tamanho da amostra. Essa representatividade é dado pelo índice de negociabilidade, que é dado por:

$$IN = \sqrt{\frac{n_i}{N} * \frac{v_i}{V}}$$

Onde:

$IN$ : Índice de negociabilidade

$n_i$ : Número de negócios com a ação  $i$  no mercado à vista  $n_i$

$N$ : Número total de negócios no mercado à vista da Bovespa

$v_i$ : Volume financeiro gerado pelos negócios com a ação  $i$  no mercado à vista.

$V$ : Volume financeiro total do mercado à vista da Bovespa.

Somando-se os pesos obtidos das ações que atendem aos requisitos mencionados pela quantidade teórica da ação, multiplicado pelo último preço da mesma, obtemos o índice Ibovespa. Ou seja, pode-se calcular o valor do Índice pela expressão:

$$Ibovespa_t = \sum_{i=1}^k P_{i,t} * Q_{i,t} \quad (68)$$

Onde:

$Ibovespa_t$ : Índice Ibovespa no instante  $t$

$k$ : Número total de ações componentes da carteira teórica.

$P_{i,t}$ : Último preço da ação  $i$  no instante  $t$ .

$Q_{i,t}$ : Quantidade teórica da ação  $i$  na carteira no instante  $t$

Conforme mencionado anteriormente, o índice pode sofrer alterações a cada período de 4 meses, quando é feita uma nova reavaliação das ações negociadas e identificam-se alterações na participação relativa de cada ação no índice, bem como sua permanência ou exclusão, além da inclusão de novos papéis.

Uma vez simulados os resultados, é analisado o número de violações real e teórico. Ou seja, quanto mais próximo o número de violações da realidade, maior a aderência do nosso modelo. O Teste de *Likelihood-ratio test* é usado para dar uma credibilidade maior ao teste, ao analisar com base no teste de hipóteses a aceitação ou rejeição do modelo proposto.