

## 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 recalculer 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	Eletrabras	PNB
3	VALE5	Vale R.Doce	PN
4	BBAS4	Banco Brasil	PN
5	USIM5	Usiminas	PN
6	ELET3	Eletrabras	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 é 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:

<b>Carteira C (Período de análise: 1999.1 - 2004.2)</b>							
<b>Constituição da carteira (1999.1 - 2000.2)</b>							
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%
<b>Estimação dos parâmetros para cálculo de VaR por T.V.E. e S.M.C. (2001.1 - 2002.2)</b>							
<b>Backtesting (2003.1 - 2004.2)</b>							

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.