

## 7 Conclusão

Este estudo teve o objetivo de simular o *Value-at-Risk* por duas metodologias distintas, a Simulação por Monte Carlo e por Teoria dos Valores Extremos, com o intuito de melhor estimar a distribuição de retornos nas regiões das caudas das distribuições, mais especificamente, concentrando-se na cauda esquerda, que significa a possibilidade de perdas nas carteiras que operam “compradas”.

Para analisarmos os resultados que nosso modelo se propôs, usamos um ferramental estatístico constituído pelo teste de Kupiec. Este ferramental atribui maior confiabilidade aos resultados ao comparar as perdas estimadas pelo modelo com as perdas observadas e validar se o número de observações de retornos da amostra que supera o *value-at-risk*, sob determinado nível de confiança, é aceitável.

A análise se baseou em 5 diferentes períodos de tempo, onde para cada período foram construídas carteiras de investimentos usando ativos com elevada representatividade e liquidez no mercado de ações e, posteriormente, estimação do *Value-at-Risk* e validação do modelo através de *backtesting*. Com isso, nossa análise compreendeu um intervalo entre o segundo semestre de 1994 até o segundo semestre de 2008, quando uma severa crise nos mercados financeiros globais acarretou perdas expressivas.

Para cada período, usamos 4 semestres de observações para elaboração de carteiras de investimentos, que foram construídas com base na Metodologia dos Valores Extremos (M.I.U.) e Medida Ômega (M.O.). Posteriormente, usamos os 4 semestres seguintes para constituição dos parâmetros e elaboração do nosso modelo. Os 4 semestres posteriores foram usados para a realização do *backtesting*, ao comparar as perdas previstas pelo *Value-at-Risk* com as perdas observadas dos

retornos. Sinteticamente, podemos consolidar nossa análise conforme descrito a seguir:

<b>Carteira A (Período de análise: 1994.2 - 2000.2)</b>							
<b>Constituição da carteira (1994.2 - 1996.2)</b>							
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%
<b>Estimação dos parâmetros para cálculo de VaR por T.V.E. e S.M.C. (1997.1 - 1998.2)</b>							
<b>Backtesting (1999.1 - 2000.2)</b>							

Tabela 55: Otimização no contexto do M.I.U. e M.O. para as 15 ações mais negociadas no período 1994.2 – 1996.2

<b>Carteira B (Período de análise: 1997.1 - 2001.2)</b>							
<b>Constituição da carteira (1997.1 - 1998.2)</b>							
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%
<b>Estimação dos parâmetros para cálculo de VaR por T.V.E. e S.M.C. (1999.1 - 2000.2)</b>							
<b>Backtesting (2000.1 - 2001.2)</b>							

Tabela 56: Otimização no contexto do M.I.U. e M.O. para as 15 ações mais negociadas no período 1997.1 – 1998.2

<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 57: Otimização no contexto do M.I.U. e M.O. para as 15 ações mais negociadas no período 1999.1 – 2000.2

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

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

Para cada uma destas carteiras, foi calculada a assimetria e a curtose, referentes à validação da distribuição normal dos retornos, o que foi rejeitada, sendo o Teste de Jarque-Bera usado para atribuir maior formalidade ao cálculo e em todas elas o Teste de Jarque-Bera rejeitou a normalidade. Ou seja, as distribuições de retornos são assimétricas e apresentam excesso de curtose. Uma outra observação que cabe aqui se refere aos valores extremos. Segundo nossa análise, a ocorrência de um evento extremo aumenta a probabilidade de que outro evento extremo ocorra nos períodos subsequentes, não devendo os retornos extremos serem considerados descorrelacionados.

Com isso, reforçamos a idéia de uma análise de risco baseada em metodologias que não contemplam a distribuição de retornos como normal, e optei por uma análise mais acurada do comportamento dos extremos das distribuições ao estudar a Teoria dos Valores Extremos. Já a Simulação de Monte

Carlo é capaz de capturar os riscos não lineares, volatilidade, de modelo, efeitos temporais, entre outros, incorporando a variação temporal da volatilidade, caudas grossas e cenários extremos, melhorando sensivelmente com o número de simulações.

## Análise dos resultados

### Carteira A

Para carteira A, a T.V.E. apresentou boa performance para  $p=1\%$ , aceitando 75% dos resultados, enquanto que para  $p = 2,5\%$ , apresentou uma taxa de 50% dos resultados. Já para  $p = 0,5\%$  e para  $p = 5\%$ , não se mostrou uma ferramenta eficaz.

Para S.M.C., o resultado foi bom para  $p = 5\%$ , com 100% de acerto. Já para um nível de significância  $p = 2,50\%$ , apresentou uma assertividade de 50% Para  $p = 0,5\%$  e  $p = 1\%$ , não foram apresentados resultados satisfatórios.

<b>Carteira A (M.I.U.)</b>				
<b>Nível de confiança do VaR</b>	<b>99,5%</b>	<b>99%</b>	<b>97,5%</b>	<b>95%</b>
Violações esperadas	2,47	4,93	12,33	24,65
Violações por T.V.E. (Hill)	4	4	5	5
L.R.	0,795158	0,197095	5,799724	24,32423
Resultado L.R.	Aceita	Aceita	Rejeita	Rejeita
Violações por S.M.C.	15	15	17	19
L.R.	29,32554	13,36741	1,590655	1,523336
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Aceita	Aceita

Tabela 60: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para a Carteira A constituída por Modelo de Índice Único.

<b>Carteira A (<math>\Omega - L = 0\%</math>)</b>				
<b>Nível de confiança do VaR</b>	<b>99,5%</b>	<b>99%</b>	<b>97,5%</b>	<b>95%</b>
Violações esperadas	2,47	4,93	12,33	24,65
Violações por T.V.E. (Hill)	0	0	0	0
L.R.	-	-	-	-
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Rejeita	Rejeita
Violações por S.M.C.	13	14	18	18
L.R.	22,30297	11,17892	2,30478	2,132095
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Aceita	Aceita

Tabela 61: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para a Carteira A constituída por Medida Ômega, com  $L = 0\%$ .

<b>Carteira A (<math>\Omega - L = 2,5\%</math>)</b>				
<b>Nível de confiança do VaR</b>	<b>99,5%</b>	<b>99%</b>	<b>97,5%</b>	<b>95%</b>
Violações esperadas	2,47	4,93	12,33	24,65
Violações por T.V.E. (Hill)	7	7	9	9
L.R.	5,547077	0,759904	1,041379	13,8129
Resultado L.R.	Rejeita	Aceita	Aceita	Rejeita
Violações por S.M.C.	30	30	33	34
L.R.	96,21515	59,31147	24,37897	3,275538
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Rejeita	Aceita

Tabela 62: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para a Carteira A constituída por Medida Ômega, com  $L = 2,5\%$ .

<b>Carteira A (<math>\Omega - L = 5\%</math>)</b>				
<b>Nível de confiança do VaR</b>	<b>99,5%</b>	<b>99%</b>	<b>97,5%</b>	<b>95%</b>
Violações esperadas	2,47	4,93	12,33	24,65
Violações por T.V.E. (Hill)	8	8	9	10
L.R.	7,783429	1,599886	1,041379	11,83308
Resultado L.R.	Rejeita	Aceita	Aceita	Rejeita
Violações por S.M.C.	24	26	29	30
L.R.	66,95177	45,0703	16,72319	1,101145
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Rejeita	Aceita

Tabela 63: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para a Carteira A constituída por Medida Ômega, com  $L = 5\%$ .

## **Carteira B**

Para a Carteira B, a T.V.E. apresentou uma assertividade de 50% para  $p = 0,5\%$ ,  $p = 1\%$  e  $p = 2,50\%$ , sendo insatisfatórios resultados para  $p = 5\%$ .

Já a S.M.C. apresentou bons resultados para as faixas de significância de 95%, com 75% de assertividade, não sendo satisfatório em níveis de significância maiores.

<b>Carteira B (M.I.U.)</b>				
<b>Nível de confiança do VaR</b>	<b>99,5%</b>	<b>99%</b>	<b>97,5%</b>	<b>95%</b>
Violações esperadas	2,47	4,93	12,33	24,65
Violações por T.V.E. (Hill)	14	14	15	16
L.R.	25,74069	11,17892	0,53546	3,702235
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Aceita	Aceita
Violações por S.M.C.	19	19	20	21
L.R.	44,96229	23,41868	4,073266	0,629097
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Rejeita	Aceita

Tabela 64: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para a Carteira B constituída por Modelo de Índice Único.

<b>Carteira B (<math>\Omega - L = 0\%</math>)</b>				
<b>Nível de confiança do VaR</b>	<b>99,5%</b>	<b>99%</b>	<b>97,5%</b>	<b>95%</b>
Violações esperadas	2,47	4,93	12,33	24,65
Violações por T.V.E. (Hill)	67	67	67	67
L.R.	321,7913	233,222	123,508	52,86127
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Rejeita	Rejeita
Violações por S.M.C.	39	40	40	40
L.R.	144,7993	99,62824	40,21838	8,404302
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Rejeita	Rejeita

Tabela 65: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para a Carteira B constituída por Medida Ômega, com  $L = 0\%$ .

<b>Carteira B (<math>\Omega - L = 2,5\%</math>)</b>				
<b>Nível de confiança do VaR</b>	<b>99,5%</b>	<b>99%</b>	<b>97,5%</b>	<b>95%</b>
Violações esperadas	2,47	4,93	12,33	24,65
Violações por T.V.E. (Hill)	6	6	7	7
L.R.	3,601518	0,210714	2,832886	18,4809
Resultado L.R.	Aceita	Aceita	Aceita	Rejeita
Violações por S.M.C.	15	17	19	19
L.R.	29,32554	18,14884	3,134266	1,523336
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Aceita	Aceita

Tabela 66: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para a Carteira B constituída por Medida Ômega, com  $L = 2,5\%$ .

<b>Carteira B (<math>\Omega</math> - L = 5%)</b>				
<b>Nível de confiança do VaR</b>	<b>99,5%</b>	<b>99%</b>	<b>97,5%</b>	<b>95%</b>
Violações esperadas	2,47	4,93	12,33	24,65
Violações por T.V.E. (Hill)	5	5	5	6
L.R.	1,994942	0,000508	5,799724	21,23307
Resultado L.R.	Aceita	Aceita	Rejeita	Rejeita
Violações por S.M.C.	32	32	32	32
L.R.	106,5641	66,86767	22,36274	2,054621
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Rejeita	Aceita

Tabela 67: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para a Carteira B constituída por Medida Ômega, com L = 5%.

### **Carteira C**

Para a Carteira C, a T.V.E. mostrou um índice de assertividade de 50% para todos os níveis de significância testados.

Já a S.M.C. se mostrou eficiente para o nível de significância de 97,50%, com índice de 75% de assertividade, e um índice de 50% de assertividade para um nível de significância de 95%, não sendo satisfatório nos demais testes realizados.

<b>Carteira C (M.I.U.)</b>				
<b>Nível de confiança do VaR</b>	<b>99,5%</b>	<b>99%</b>	<b>97,5%</b>	<b>95%</b>
Violações esperadas	2,47	4,93	12,33	24,65
Violações por T.V.E. (Hill)	14	15	15	16
L.R.	25,74069	13,36741	0,53546	3,702235
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Aceita	Aceita
Violações por S.M.C.	11	11	11	12
L.R.	15,91482	5,54217	0,162687	8,468559
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Aceita	Rejeita

Tabela 68: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para a Carteira C constituída por Modelo de Índice Único.

<b>Carteira C (<math>\Omega - L = 0\%</math>)</b>				
<b>Nível de confiança do VaR</b>	<b>99,5%</b>	<b>99%</b>	<b>97,5%</b>	<b>95%</b>
Violações esperadas	2,47	4,93	12,33	24,65
Violações por T.V.E. (Hill)	13	13	15	16
L.R.	22,30297	9,137573	0,53546	3,702235
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Aceita	Aceita
Violações por S.M.C.	10	10	10	10
L.R.	12,99245	4,016171	0,499804	11,83308
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Aceita	Rejeita

Tabela 69: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para a Carteira C constituída por Medida Ômega, com  $L = 0\%$ .

<b>Carteira C (<math>\Omega - L = 2,5\%</math>)</b>				
<b>Nível de confiança do VaR</b>	<b>99,5%</b>	<b>99%</b>	<b>97,5%</b>	<b>95%</b>
Violações esperadas	2,47	4,93	12,33	24,65
Violações por T.V.E. (Hill)	5	5	5	6
L.R.	1,994942	0,000508	5,799724	21,23307
Resultado L.R.	Aceita	Aceita	Rejeita	Rejeita
Violações por S.M.C.	14	16	16	20
L.R.	25,74069	15,69349	0,998429	1,02409
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Aceita	Aceita

Tabela 70: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para a Carteira C constituída por Medida Ômega, com  $L = 2,5\%$ .

<b>Carteira C (<math>\Omega - L = 5\%</math>)</b>				
<b>Nível de confiança do VaR</b>	<b>99,5%</b>	<b>99%</b>	<b>97,5%</b>	<b>95%</b>
Violações esperadas	2,47	4,93	12,33	24,65
Violações por T.V.E. (Hill)	5	5	5	6
L.R.	1,994942	0,000508	5,799724	21,23307
Resultado L.R.	Aceita	Aceita	Rejeita	Rejeita
Violações por S.M.C.	28	28	28	29
L.R.	86,15028	52,03934	14,98688	0,729806
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Rejeita	Aceita

Tabela 71: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para a Carteira C constituída por Medida Ômega, com  $L = 5\%$ .

### **Carteira D**

Para a Carteira D, a T.V.E. apresentou um excelente desempenho para os níveis de significância de 99,00% e 99,50%, com 100% de assertividade, não sendo satisfatório dos demais testes.

Já a S.M.C. apresentou um bom desempenho para o nível de significância de 95%, com 75% de assertividade. Para os demais níveis de significância, não apresentou resultados satisfatórios.

<b>Carteira D (M.I.U.)</b>				
<b>Nível de confiança do VaR</b>	<b>99,5%</b>	<b>99%</b>	<b>97,5%</b>	<b>95%</b>
Violações esperadas	2,47	4,93	12,33	24,65
Violações por T.V.E. (Hill)	4	5	5	5
L.R.	0,795158	0,000508	5,799724	24,32423
Resultado L.R.	Aceita	Aceita	Rejeita	Rejeita
Violações por S.M.C.	13	13	13	15
L.R.	22,30297	9,137573	0,031857	4,677512
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Aceita	Rejeita

Tabela 72: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para a Carteira D constituída por Modelo de Índice Único.

<b>Carteira D (<math>\Omega - L = 0\%</math>)</b>				
<b>Nível de confiança do VaR</b>	<b>99,5%</b>	<b>99%</b>	<b>97,5%</b>	<b>95%</b>
Violações esperadas	2,47	4,93	12,33	24,65
Violações por T.V.E. (Hill)	5	5	5	6
L.R.	1,994942	0,000508	5,799724	21,23307
Resultado L.R.	Aceita	Aceita	Rejeita	Rejeita
Violações por S.M.C.	22	23	26	27
L.R.	57,86575	35,23406	11,74407	0,209397
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Rejeita	Aceita

Tabela 73: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para a Carteira D constituída por Medida Ômega, com  $L = 0\%$ .

<b>Carteira D (<math>\Omega - L = 2,5\%</math>)</b>				
<b>Nível de confiança do VaR</b>	<b>99,5%</b>	<b>99%</b>	<b>97,5%</b>	<b>95%</b>
Violações esperadas	2,47	4,93	12,33	24,65
Violações por T.V.E. (Hill)	5	5	6	6
L.R.	1,994942	0,000508	4,146813	21,23307
Resultado L.R.	Aceita	Aceita	Rejeita	Rejeita
Violações por S.M.C.	29	29	31	31
L.R.	91,14608	55,63877	20,41334	1,543464
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Rejeita	Aceita

Tabela 74: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para a Carteira D constituída por Medida Ômega, com  $L = 2,5\%$ .

<b>Carteira D (<math>\Omega - L = 5\%</math>)</b>				
<b>Nível de confiança do VaR</b>	<b>99,5%</b>	<b>99%</b>	<b>97,5%</b>	<b>95%</b>
Violações esperadas	2,47	4,93	12,33	24,65
Violações por T.V.E. (Hill)	6	6	6	7
L.R.	3,601518	0,210714	4,146813	18,4809
Resultado L.R.	Aceita	Aceita	Rejeita	Rejeita
Violações por S.M.C.	29	30	31	31
L.R.	91,14608	59,31147	20,41334	1,543464
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Rejeita	Aceita

Tabela 75: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para a Carteira D constituída por Medida Ômega, com  $L = 5\%$ .

### **Carteira E**

A S.M.C. e a T.V.E. não apresentaram na Carteira E nenhum desempenho que julgo relevante. Uma das razões para tal se deve ao segundo semestre de 2008, quando eclodiu uma crise global nos mercados financeiros, que abalou severamente ativos negociados na Bolsa de São Paulo.

<b>Carteira E (M.I.U.)</b>				
<b>Nível de confiança do VaR</b>	<b>99,5%</b>	<b>99%</b>	<b>97,5%</b>	<b>95%</b>
Violações esperadas	2,47	4,93	12,33	24,65
Violações por T.V.E. (Hill)	13	13	14	14
L.R.	22,30297	9,137573	0,21009	5,790387
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Aceita	Rejeita
Violações por S.M.C.	50	51	51	54
L.R.	210,2691	150,2783	70,37416	27,61544
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Rejeita	Rejeita

Tabela 76: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para a Carteira E constituída por Modelo de Índice Único.

<b>Carteira E (<math>\Omega - L = 0\%</math>)</b>				
<b>Nível de confiança do VaR</b>	<b>99,5%</b>	<b>99%</b>	<b>97,5%</b>	<b>95%</b>
Violações esperadas	2,47	4,93	12,33	24,65
Violações por T.V.E. (Hill)	25	25	26	26
L.R.	71,628	41,70616	11,74407	0,06542
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Rejeita	Aceita
Violações por S.M.C.	65	65	66	67
L.R.	308,1055	222,3289	119,907	52,86127
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Rejeita	Rejeita

Tabela 77: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para a Carteira E constituída por Medida Ômega, com  $L = 0\%$ .

<b>Carteira E (<math>\Omega</math> - L = 2,5%)</b>				
<b>Nível de confiança do VaR</b>	<b>99,5%</b>	<b>99%</b>	<b>97,5%</b>	<b>95%</b>
Violações esperadas	2,47	4,93	12,33	24,65
Violações por T.V.E. (Hill)	15	15	15	16
L.R.	29,32554	13,36741	0,53546	3,702235
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Aceita	Aceita
Violações por S.M.C.	66	67	68	69
L.R.	314,9309	233,222	127,1434	57,28978
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Rejeita	Rejeita

Tabela 78: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para a Carteira E constituída por Medida Ômega, com L = 2,5%.

<b>Carteira E (<math>\Omega</math> - L = 5%)</b>				
<b>Nível de confiança do VaR</b>	<b>99,5%</b>	<b>99%</b>	<b>97,5%</b>	<b>95%</b>
Violações esperadas	2,47	4,93	12,33	24,65
Violações por T.V.E. (Hill)	27	27	28	29
L.R.	81,23021	48,51564	14,98688	0,729806
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Rejeita	Aceita
Violações por S.M.C.	59	61	63	64
L.R.	267,9137	200,9715	109,3159	46,47857
Resultado L.R.	Rejeita	Rejeita	Rejeita	Rejeita

Tabela 79: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para a Carteira E constituída por Medida Ômega, com L = 5%.

## **Conclusão**

No período compreendido entre 1994.2 e 2008.2, testamos duas metodologias para cálculo de *Value-at-Risk*. O objetivo deste estudo foi mostrar que o VaR com base na T.V.E., poderia ser mais eficiente para níveis de confiança mais elevados, a partir de 95%, já que está ligada à ocorrência de valores extremos.

Primeiro, selecionamos os ativos a compor as carteiras de investimentos, com base na metodologia de otimização de carteiras pelo Modelo de Índice Único e, em paralelo, foi usada para o mesmo período e os mesmos ativos, a Teoria da Medida Ômega, proposta por Keating e Shadwick (2002).

Para validação dos resultados obtidos, realizamos um *backtesting*. Para uma atribuição formal à validação, foi usado o Teste de Kupiec, que consiste na verificação do modelo baseado na taxa de exceções. A abordagem para este teste é

o arcabouço clássico de testes para sequências de sucessos e fracassos, denominado *Eventos de Bernoulli*.

Para as 20 carteiras em questão, podemos consolidar os resultados para a taxa de aceitação dos modelos conforme se segue:

Nível de confiança do Var	VaR TVE	VaR SMC
<b>99,5%</b>	<b>45.0%</b>	<b>0.0%</b>
<b>99.0%</b>	<b>55.0%</b>	<b>0.0%</b>
<b>97,5%</b>	<b>40.0%</b>	<b>35.0%</b>
<b>95.0%</b>	<b>30.0%</b>	<b>60.0%</b>

Tabela 80: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para níveis de confiança do VaR.

Para as 20 carteiras em questão, se excluirmos da análise os dados da carteira E (2008 foi um ano de crise aguda nos mercados), podemos consolidar os resultados para a taxa de aceitação dos modelos conforme se segue:

Nível de confiança do Var	VaR TVE	VaR SMC
<b>99,5%</b>	<b>56.3%</b>	<b>0.0%</b>
<b>99.0%</b>	<b>68.8%</b>	<b>0.0%</b>
<b>97,5%</b>	<b>37.5%</b>	<b>43.8%</b>
<b>95.0%</b>	<b>18.8%</b>	<b>75.0%</b>

Tabela 81: Análise do desempenho das Simulações T.V.E. e S.M.C. para níveis de confiança do VaR (excluindo-se a Carteira E).

Para análise dos valores extremos, com níveis de significância de 99% e 99,50%, a T.V.E. se mostrou mais eficiente para estimar uma probabilidade de perda, com resultados satisfatórios na maioria dos testes realizados. Isso está em linha com a proposta de analisar o comportamento das caudas das distribuições de retornos, que apresentam comportamento diferenciado em relação ao resto da distribuição.

Para 97,5%, o resultado varia se considerarmos os dados da Carteira E, mas são tecnicamente iguais.

Já a S.M.C. se mostrou mais eficiente para estimação do *Value-at-Risk* para probabilidades menos precisas, com nível de confiança de 95%, com resultados

satisfatórios nos testes analisados. Vale aqui mencionar que, quanto maior o número de simulações realizadas, maior será a eficiência da simulação. Por limitações computacionais e de tempo, restringi-me a um número de 50.000 simulações, mas que um número ainda maior poderia trazer resultados melhores para a S.M.C.

Nenhuma das simulações, no entanto, foi capaz de prever movimentações bruscas de mercado, não sendo suficientes para antecipar e responder a tempo a aumento na volatilidade dos retornos, com suas previsões violadas em momentos voláteis.

Em especial, vale mencionar o segundo semestre de 2008, quando ocorreram expressivas quedas nos mercados, onde os retornos negativos foram bastante elevados. O modelo não foi capaz de responder rapidamente a esta elevação da volatilidade, nem foi capaz de prever e responder às demais quedas subsequentes, apresentando, em especial neste período, um elevado número de observações que violaram o VaR.