

5

Métricas de Risco: aplicação e resultados

5.1

O ativo objeto

Para a análise comparativa das métricas foram construídas 15 estratégias, todas elas compostas por opções de WTI com prazo para vencimento de um mês.

5.2

As estratégias

As seguintes estratégias foram consideradas:

- 1) Compra de *call* at-the-money
- 2) Compra de *call* 5% in-the-money
- 3) Compra de *call* 10% in-the-money
- 4) Compra de *call* 5% out-of-the-money
- 5) Compra de *call* 10% out-of-the-money

- 6) Compra de *put* at-the-money
- 7) Compra de *put* 5% in-the-money
- 8) Compra de *put* 10% in-the-money
- 9) Compra de *put* 5% out-of-the-money
- 10) Compra de *put* 10% out-of-the-money

- 11) Compra de *bull spread* in-the-money
- 12) Compra de *bull spread* in-the-money/out-of-the-money
- 13) Compra de *bull spread* out-of-the-money
- 14) Compra de *butterfly*
- 15) Compra de *straddle*

5.3

Metodologias aplicadas

Para cada uma destas estratégias foi calculado o VaR de 1 dia com intervalo de confiança de 95% de acordo com as seguintes metodologias:

- 1) *Full* Monte-Carlo
- 2) Delta-VaR analítico
- 3) Delta-Gamma-VaR analítico
- 4) Vega-VaR
- 5) VaR com inclusão de derivadas de ordens superiores

5.3.1

***Full* Monte Carlo**

No caso do *Full* Monte-Carlo é preciso apresentar os parâmetros utilizados na simulação.

Foram utilizadas séries históricas de dois anos, conforme recomendação do *RiskMetrics*, de preços de contratos futuros de WTI e volatilidade implícita de opções *at-the-money*. Foram considerados os valores de fechamento dos contratos futuros de WTI e opções com menor tempo de expiração em cada data da série. A série de dados utilizada é apresentada no Anexo I.

Como descrito no item 4.2.1.4, optou-se pela simulação dos dois parâmetros – preço futuro e volatilidade – via movimento geométrico browniano, cujos parâmetros baseados nas séries históricas são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Parâmetros do Movimento Geométrico Browniano

	Preço	Volatilidade
Último Valor	106.55	29.56
Drift	0.001	0.000
Desvio-padrão	0.020	0.052

Além disso para que as simulações fossem feitas de forma correlacionada foi utilizada a fatoração de Cholesky (Tabela 5), calculada através da matriz de correlação apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 - Matriz de Correlação

	Preço	Vol
Preço	1.0000	-0.6161
Vol	-0.6161	1.0000

Tabela 5 - Matriz de Cholesky

	Preço	Vol
Preço	1.0000	
Vol	-0.6161	0.7876

Com estes parâmetros foram calculados 5.000 cenários de preço futuro e volatilidade correlacionados.

O valor de cada uma das opções consideradas nas estratégias em análise foram recalculados para cada um dos cenários simulados de forma a obter o VaR. No entanto, mais um detalhe precisa ser destacado no cálculo do VaR *Full* Monte-Carlo: o *smile*.

Através do MGB foram simulados 5.000 valores para a volatilidade de uma opção ATM. As volatilidades para os demais *strikes* foram estimadas através de um ajuste polinomial, realizado da seguinte forma:

1. Seleccionadas opções 10% OTM, 5% OTM, ATM, 5% ITM e 10% ITM.
2. Calculadas média das volatilidades implícitas para cada uma dos *strikes* considerados.
3. Calculado percentual de cada uma das volatilidades em relação à volatilidade da opção ATM.
4. Realizado ajuste polinomial destes pontos, conforme apresentado no Gráfico 31. y corresponde ao percentual da volatilidade em relação à volatilidade ATM (referencia=1), enquanto x corresponde à razão *strike/futuro*.

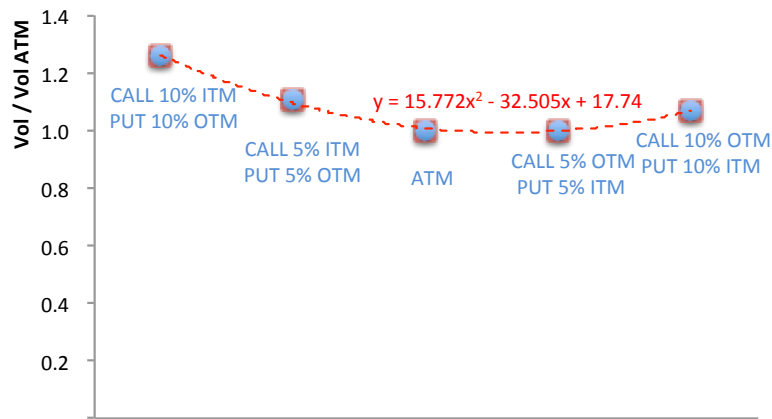


Gráfico 31 - *Smile*: ajuste polinomial

Assim, ao reavaliar o preço de cada opção através da aplicação da fórmula de Black, os seguintes passos são realizados.

1. O preço do contrato futuro considerado é o simulado via MGB,
2. Calcula-se a relação *strike*/futuro de forma a se determinar o fator de ajuste do *smile*,
3. Aplica-se o fator de ajuste à volatilidade ATM simulada.
4. Aplica-se a fórmula de Black.

Os resultados obtidos para cada uma das opções encontra-se no Gráfico 32.

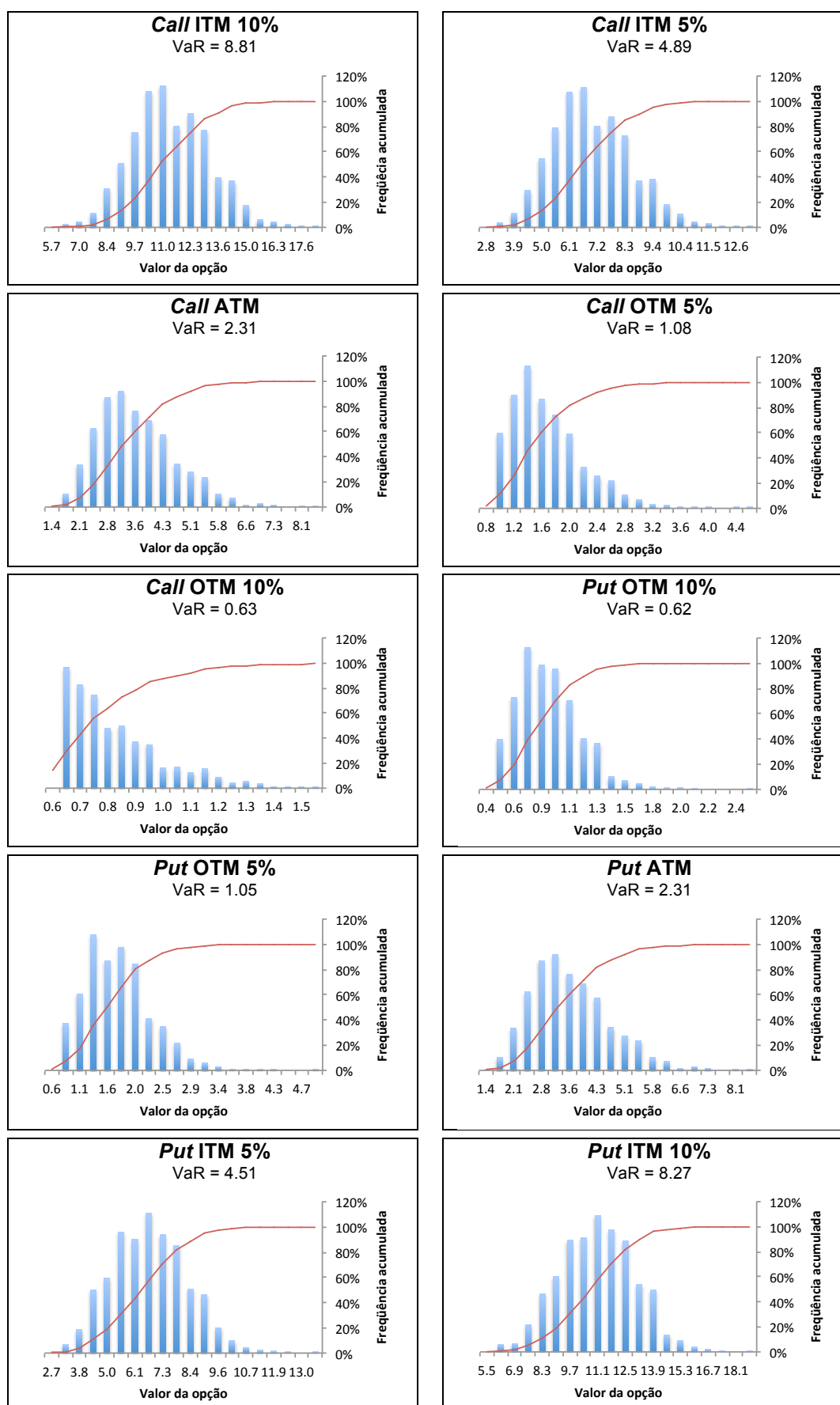


Gráfico 32 - Resultado VaR Full Monte Carlo

5.4

Resultados obtidos: análise comparativa

Os resultados obtidos pela aplicação de fórmulas analíticas das demais metodologias foram comparados com os resultados da *Full Monte Carlo*, de forma a determinar a acurácia de cada uma delas.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados de todas as metodologias para cada uma das estratégias, enquanto na Tabela 7 são apresentados os resultados relativos, ou seja, a proporção que cada resultado representa daquele obtido pela avaliação plena. A comparação das metodologias é facilitada pela análise do Gráfico 33, Gráfico 34, Gráfico 35, Gráfico 36 e Gráfico 37.

Tabela 6 - Resultado da avaliação de risco (valores absolutos)

	Compra Call ATM	Compra Call 5% ITM	Compra Call 10% ITM	Compra Call 5% OTM	Compra Call 10% OTM
Full Monte Carlo	2.315	4.887	8.808	1.080	0.632
Delta-VaR	1.916	4.697	8.699	0.560	0.285
Delta-Gamma-VaR	2.180	4.898	8.822	0.797	0.435
Delta-Gamma-VaR LQ	2.266	4.978	8.885	0.867	0.491
Vega-VaR	2.085	4.857	8.826	0.690	0.379
Hgh-Order-VaR	2.209	4.678	8.566	1.030	0.681

	Compra PUT ATM	Compra Put 5% ITM	Compra Put 10% ITM	Compra Put 5% OTM	Compra Put 10% OTM
Full Monte Carlo	2.315	4.507	8.266	1.061	0.615
Delta-VaR	2.034	4.602	8.563	0.896	0.482
Delta-Gamma-VaR	2.298	4.831	8.713	1.098	0.605
Delta-Gamma-VaR LQ	2.384	4.906	8.769	1.177	0.668
Vega-VaR	1.820	4.418	8.425	0.694	0.313
Hgh-Order-VaR	2.328	5.086	8.960	0.881	0.348

	Compra bull spread Compra Call 10% ITM Venda Call 5% ITM	Compra bull spread Compra Call 5% ITM Venda Call 5% OTM	Compra bull spread Compra Call 5% OTM Venda Call 10% OTM	Compra Butterfly Compra Call 10% ITM Vende Call ATM Compra Call 10% OTM	Compra Straddle Compra Call ATM Compra PUT ATM
Full Monte Carlo	3.921	3.808	0.448	4.811	4.629
Delta-VaR	4.002	4.138	0.275	5.151	3.951
Delta-Gamma-VaR	3.924	4.101	0.362	4.897	4.478
Delta-Gamma-VaR LQ	3.907	4.111	0.376	4.844	4.650
Vega-VaR	3.969	4.167	0.310	5.036	3.905
Hgh-Order-VaR	3.888	3.648	0.349	4.829	4.537

Tabela 7 – Resultado da avaliação de risco (valores relativos)

	Compra Call ATM	Compra Call 5% ITM	Compra Call 10% ITM	Compra Call 5% OTM	Compra Call 10% OTM
Full Monte Carlo	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Delta-VaR	0.828	0.961	0.988	0.518	0.451
Delta-Gamma-VaR	0.942	1.002	1.002	0.738	0.688
Delta-Gamma-VaR LQ	0.979	1.018	1.009	0.803	0.777
Vega-VaR	0.901	0.994	1.002	0.639	0.601
Hgh-Order-VaR	0.954	0.957	0.972	0.954	1.078

	Compra PUT ATM	Compra Put 5% ITM	Compra Put 10% ITM	Compra Put 5% OTM	Compra Put 10% OTM
Full Monte Carlo	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Delta-VaR	0.879	1.021	1.036	0.845	0.783
Delta-Gamma-VaR	0.993	1.072	1.054	1.035	0.983
Delta-Gamma-VaR LQ	1.030	1.088	1.061	1.109	1.087
Vega-VaR	0.786	0.980	1.019	0.654	0.509
Hgh-Order-VaR	1.006	1.128	1.084	0.831	0.566

	Compra bull spread ITM Compra Call 10% ITM Venda Call 5% ITM	Compra bull spread Compra Call 5% ITM Venda Call 5% OTM	Compra bull spread OTM Compra Call 5% OTM Venda Call 10% OTM	Compra Butterfly Compra Call 10% ITM Vende Call ATM Compra Call 10% OTM	Compra Straddle Compra Call ATM Compra PUT ATM
Full Monte Carlo	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Delta-VaR	1.021	1.087	0.614	1.071	0.853
Delta-Gamma-VaR	1.001	1.077	0.809	1.018	0.967
Delta-Gamma-VaR LQ	0.997	1.080	0.840	1.007	1.004
Vega-VaR	1.012	1.094	0.692	1.047	0.844
Hgh-Order-VaR	0.992	0.958	0.778	1.004	0.980

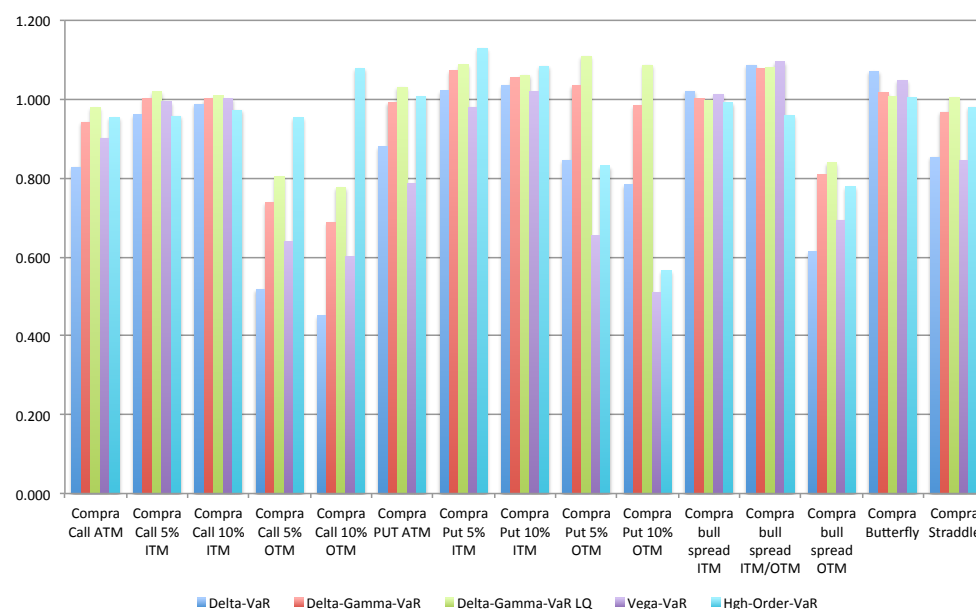


Gráfico 33 - Resultado da avaliação de risco (valores relativos)

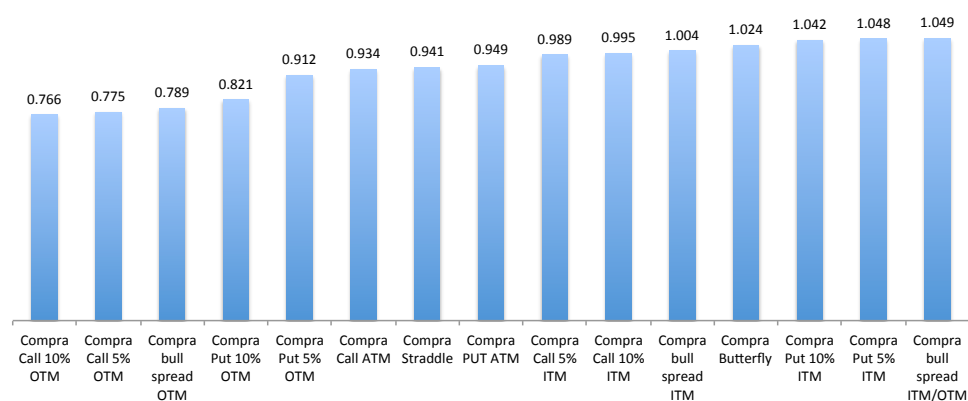


Gráfico 34 - Média das 5 metodologias (valor relativo)

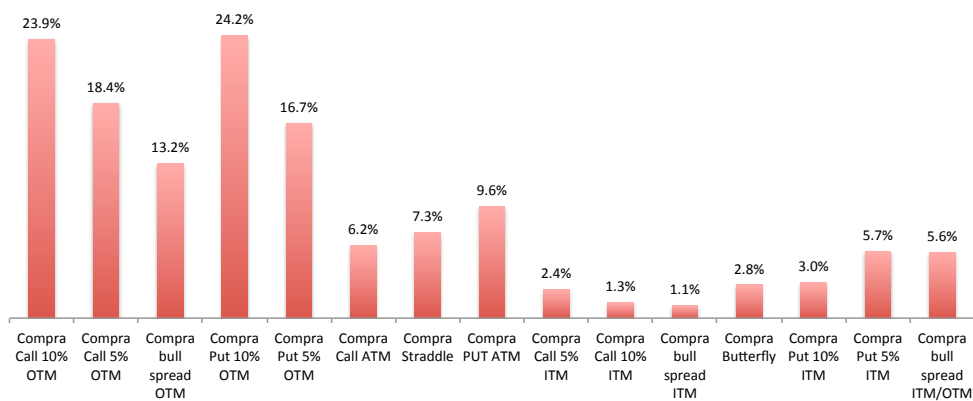


Gráfico 35 - Desvio-padrão das 5 metodologias (valor relativo)

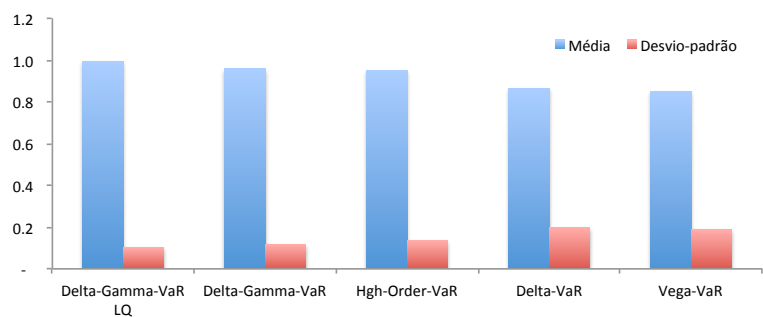


Gráfico 36 - Média e desvio-padrão de cada metodologia (valores relativos)

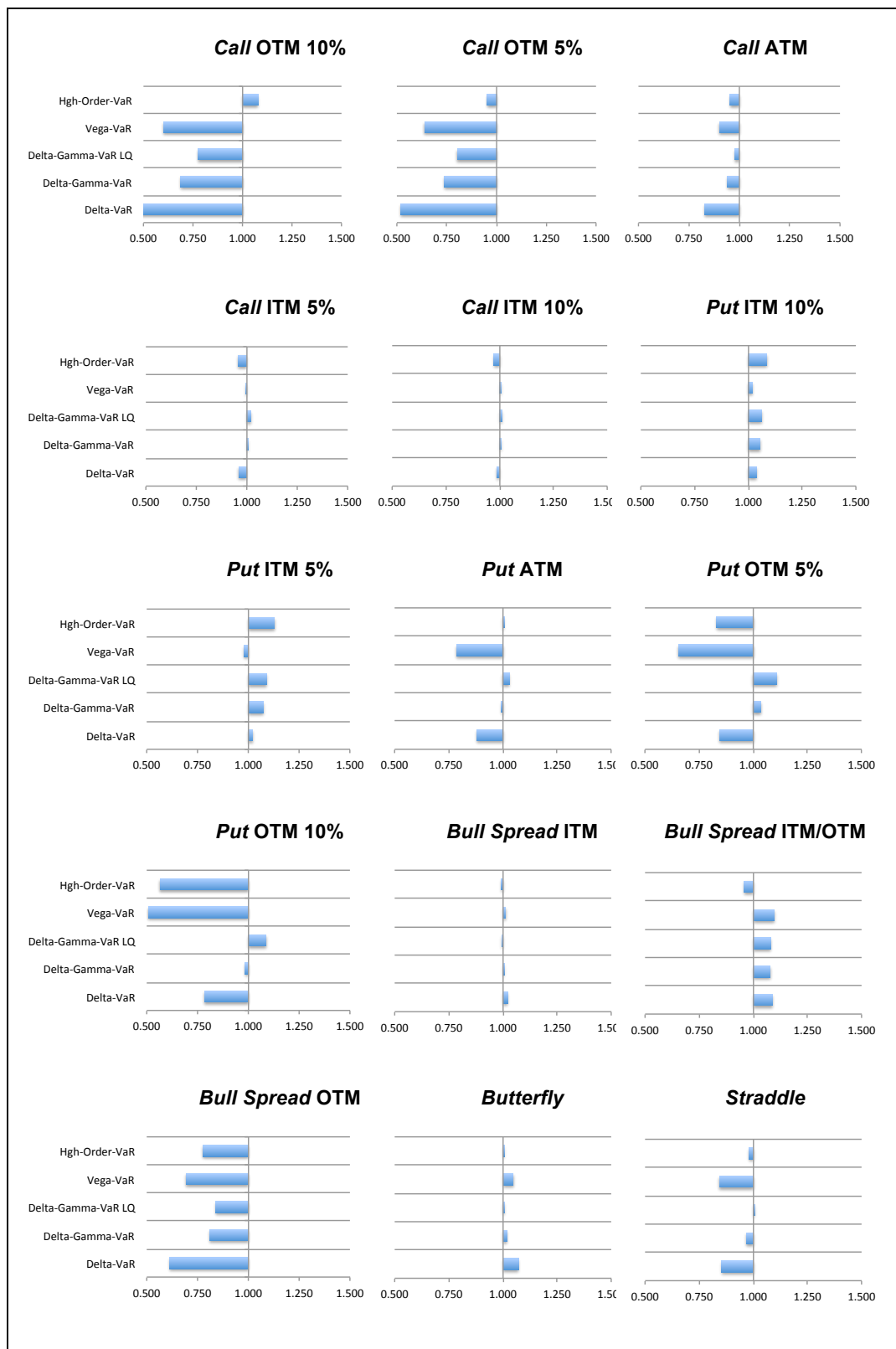


Gráfico 37 - Resultado da avaliação de risco (valores relativos)