OPÇÕES EXÓTICAS
MSc MATEMÁTICA FINANCEIRA 2012/13
EXAME - Resolução

30/07/13 **Duração: 2.5 horas**

CASO 1

a) Considere uma obrigação de caixa com reembolso *bullet* e ao par daqui a 1 ano e com uma remuneração variável (a liquidar também daqui a 1 ano) igual ao dobro da taxa de desvalorização registada pelo índice PSI20 durante o 2º semestre. Deduza a fórmula de avaliação desta obrigação de caixa.

$$B_0 = 100\% \times P(0,1) + RV_0,$$

sendo

$$RV_{12M}(12M) = 2 \times \max\left(0\%; \frac{S_{6M} - S_{12M}}{S_{6M}}\right)$$

$$= \frac{2}{S_{6M}} \times p_{12M}\left(S_{12M}; X = S_{6M}; T = 12M\right)$$

Portanto,

$$RV_{12M}(6M) = P(6M,12M) \times E_{6M}\left[\frac{2}{S_{6M}} \times p_{12M}\left(S_{12M}; X = S_{6M}; T = 12M\right)\right]$$

$$= \frac{2}{S_{6M}} \times P(6M,12M) \times E_{6M}\left[p_{12M}\left(S_{12M}; X = S_{6M}; T = 12M\right)\right]$$

$$= \frac{2}{S_{6M}} \times p_{12M}\left(S_{6M}; X = S_{6M}; T = 12M\right)$$

$$= \frac{2}{S_{6M}} \times S_{6M} \times p_{12M}\left(1; X = 1; T = 12M\right)$$

$$= 2 \times p_{12M}\left(1; X = 1; T = 12M\right).$$

Finalmente,

$$RV_0 = 2 \times p_{12M}\left(1; X = 1; T = 12M\right) \times P(0,6M).$$

b) Deduza a fórmula de avaliação de uma *European-style down-and-in put* com uma barreira (L) inferior ao *strike* (X) e sem *rebate*.

Via página 32 dos apontamentos,

$$DI(-1)_t(S;X;L<X;R=0;T)$$

$$=e^{-r\tau}\int_{\ln\left(\frac{L}{S_t}\right)}^{\ln\left(\frac{X}{S_t}\right)}\left(X-S_te^y\right)\left(\frac{L}{S_t}\right)^{\frac{2\mu}{\sigma^2}}\phi\left[y;2\ln\left(\frac{L}{S_t}\right)+\mu\tau,\sigma\sqrt{\tau}\right]dy$$

$$+e^{-r\tau}\int_{-\infty}^{\ln\left(\frac{L}{S_t}\right)}\left(X-S_te^y\right)\phi\left(y;\mu\tau,\sigma\sqrt{\tau}\right)dy.$$

Fazendo a mudança de variável de integração $z=y-2\ln\left(\frac{L}{S_t}\right)$ no 1º termo do lado direito da anterior equação, então

$$DI(-1)_t(S;X;L<X;R=0;T)$$

$$=\left(\frac{L}{S_t}\right)^{\frac{2\mu}{\sigma^2}}e^{-r\tau}\left(\int_{\ln\left(\frac{L/S_t}{L^2/S_t^2}\right)}^{+\infty}dz-\int_{\ln\left(\frac{X/S_t}{L^2/S_t^2}\right)}^{+\infty}dz\right)\left[X-S_t\left(\frac{L}{S_t}\right)^2e^z\right]\phi\left(z;\mu\tau,\sigma\sqrt{\tau}\right)$$

$$+e^{-r\tau}\int_{-\infty}^{\ln\left(\frac{L}{S_t}\right)}\left[(X-L)+\left(L-S_te^y\right)\right]\phi\left(y;\mu\tau,\sigma\sqrt{\tau}\right)dy$$

$$=\left(\frac{L}{S_t}\right)^{\frac{2\mu}{\sigma^2}}\left\{-e^{-r\tau}\int_{\ln\left(\frac{L}{L^2/S_t}\right)}^{+\infty}\left[\left(\frac{L^2}{S_t}e^z-L\right)+(L-X)\right]\phi\left(z;\mu\tau,\sigma\sqrt{\tau}\right)dz+c_t\left(\frac{L^2}{S_t},X,T\right)\right\}$$

$$+e^{-r\tau}(X-L)\Phi\left[\frac{\ln\left(\frac{L}{S_t}\right)-\mu\tau}{\sigma\sqrt{\tau}}\right]+p_t\left(S_t,L,T\right).$$

Portanto,

$DI(-1)_t(S;X;L<X;R=0;T)$

$$=\left(\frac{L}{S_t}\right)^{\frac{2\mu}{\sigma^2}}\left\{-c_t\left(\frac{L^2}{S_t},L,T\right)-e^{-r\tau}(L-X)\Phi\left[-\frac{\ln\left(\frac{S_t}{L}\right)-\mu\tau}{\sigma\sqrt{\tau}}\right]+c_t\left(\frac{L^2}{S_t},X,T\right)\right\}$$

$$+e^{-r\tau}(X-L)\Phi\left[-\frac{\ln\left(\frac{S_t}{L}\right)+\mu\tau}{\sigma\sqrt{\tau}}\right]+p_t(S_t,L,T)$$

$$=\left(\frac{L}{S_t}\right)^{\frac{2\mu}{\sigma^2}}\left\{-c_t\left(\frac{L^2}{S_t},L,T\right)-e^{-r\tau}(L-X)\Phi\left[d_2^M(L,S_t)\right]+c_t\left(\frac{L^2}{S_t},X,T\right)\right\}$$
$$+e^{-r\tau}(X-L)\Phi\left[-d_2^M(S_t,L)\right]+p_t(S_t,L,T).$$

a) Considere uma *put* Europeia sobre o activo "S", com *strike* "X", com vencimento no momento "T" e com um payoff terminal igual a:
$$V_T=\max[X-\max(S_T,L);0],$$
onde $0<L<X$. Defina, no momento "t" ($\leq T$), a fórmula de avaliação deste contrato.

Trata-se de uma capped put.

Visto que L<X, então:

$$V_T = \max[X - \max(S_T, L);0]$$

$$= \begin{cases} \max[X - S_T;0] \Leftarrow S_T > L \\ \max[X - L;0] \Leftarrow S_T \le L \end{cases}$$

$$= \begin{cases} X - S_T \Leftarrow S_T > L \wedge S_T < X \\ X - L \Leftarrow S_T \le L \\ 0 \Leftarrow S_T > X \end{cases}$$

$$= \begin{cases} X - S_T \Leftarrow L < S_T < X \\ X - L \Leftarrow S_T \le L \\ 0 \Leftarrow S_T > X \end{cases}$$

$$= \begin{cases} X - S_T \Leftarrow S_T < X \\ 0 \Leftarrow S_T \ge X \end{cases} - \begin{cases} L - S_T \Leftarrow S_T < L \\ 0 \Leftarrow S_T \ge L \end{cases}$$

$$= p_T(S_T; X; T) - p_T(S_T; L; T).$$

Portanto,

$$V_t = p_t(S_t; X; T) - p_t(S_t; L; T).$$

CASO 2

a)

$$r: \quad e^{r \times 3/12} = 1 + 0.2\% \times 3/12 \Rightarrow r = \frac{12}{3} \ln\left(1 + 0.2\% \times 3/12\right) \cong 0.2\%.$$

$$q: \quad 2{,}773.53 = 2{,}800 \times e^{(0.2\% - q) \times 3/12} \Rightarrow \mathrm{q} = 0.2\% - \frac{\ln\left(\frac{2{,}773.53}{2{,}800}\right)}{0.25} \cong 4\%.$$

$$S_{3,9} = 3{,}197.07 \times \exp\left\{\left[0.2\% - 4\% - \frac{(0.2)^2}{2}\right] \times \frac{0.25}{6} + (-0.5447) \times 0.2 \times \sqrt{\frac{0.25}{6}}\right\}$$

$$S_{3,9} \cong 3{,}119.21.$$

$$V_{6,6} = \max(2{,}800 - 2{,}596.26;0) \times 1_{\{S\max<2{,}900\}} + 10 \times 1_{\{S\max\geq 2{,}900\}}$$

$$= 203.74 \times 1_{\{2{,}680.25<2{,}900\}} + 10 \times 1_{\{2{,}680.25\geq 2{,}900\}} = 203.74 \times 1 + 0 = 203.74.$$

$$V_{6,9} = \max(2{,}800 - 3{,}110.49;0) \times 1_{\{S\max<2{,}900\}} + 10 \times 1_{\{S\max\geq 2{,}900\}}$$

$$= 0 \times 1_{\{3{,}199.94<2{,}900\}} + 10 \times 1_{\{3{,}199.94\geq 2{,}900\}} = 10.$$

b)

$$\hat{V}_0 = e^{-0.2\% \times 0.25} \times \frac{1{,}211.40}{10} \cong 121.08.$$

$$\sigma\left(\hat{V}_0\right) = \frac{e^{-0.2\% \times 0.25}}{\sqrt{10}} \times \sqrt{\frac{410{,}607.03 - (1{,}211.40)^2 / 10}{10 - 1}} \cong 54.12.$$

c)

Valor actual do depósito bancário:

$$B_0 = \frac{100\%}{1 + 0.2\% \times 3/12} + RV_0.$$

Por seu turno,

$$RV_{6,j} = 50\% \times \max\left(0; \frac{\frac{2{,}970 \times 3 + S_{6,j}}{4} - 3{,}000}{3{,}000}\right)$$

$$= \frac{50\%}{3{,}000 \times 4} \times \max\left(0; S_{6,j} - 3{,}000 \times 4 + 2{,}970 \times 3\right)$$

$$= \frac{50\%}{3{,}000 \times 4} \times \max\left(0; S_{6,j} - 3{,}090\right)$$

$$= \frac{50\%}{3{,}000 \times 4} \times c_{3M}\left(S_{6,j}; 3{,}090; 3M\right)$$

Portanto, trata-se de uma *European-syle standard call* com vencimento a 3 meses e strike igual a 3,090 pontos de índice, a qual pode ser avaliada via modelo de Merton.

Em alternativa e via simulação de Monte Carlo, apenas as 2 últimas simulações produzem $S_{6,j} > 3{,}090$:

j	$V_{T,j}$
1	-
2	-
3	-
4	-
5	-
6	-
7	-
8	-
9	20.49
10	422.12
total:	442.60

Portanto,

$$RV_0 = \frac{50\%}{3{,}000 \times 4} \times e^{-0.2\% \times 0.25} \times \frac{442.60}{10}$$

$$= \frac{50\%}{12{,}000} \times 44.24$$

$$\cong 0.18\%.$$

Em suma,

$B_0 = 99.95\% + 0.18\% = 100.13\% > 100.05\% \Rightarrow$ Comprar.

CASO 3

a) Formule uma decisão de *trading* para um depósito bancário com vencimento a 6 meses e com uma remuneração igual a 10% caso o índice Eurostoxx50 valorize ou desvalorize menos do que 5%.

Designando a cotação do índice Eurostoxx50 por "S",

$$RV_{6M} = \begin{cases} 10\% \Leftarrow 2{,}800 \times 95\% < S_{6M} < 2{,}800 \times 105\% \\ \quad 0\% \Leftarrow ELSE \end{cases}$$

$$= \begin{cases} 10\% \Leftarrow 2{,}660 < S_{12M} < 2{,}940 \\ \ 0\% \Leftarrow ELSE \end{cases}$$

$$= 10\% \times RD_{12M}\left(S; X_a = 2{,}660; X_b = 2{,}940; T = 6M; M = 1\right).$$

Portanto,

$$r: \quad e^{r \times 6/12} = 1 + 0.3\% \times 6/12 \Rightarrow r = \frac{12}{6}\ln\left(1 + 0.3\% \times 6/12\right) \cong 0.3\%.$$

$$B_0 = 100\% \times e^{0.3\% \times 6/12} + RV_0,$$

e

$$RV_0 = 10\% \times RD_0\left(S; X_a = 2{,}660; X_b = 2{,}940; T = 6M; M = 1\right)$$

$$= 10\% \times e^{0.3\% \times 6/12} \times \left\{N\left[d_2^M(2{,}660)\right] - N\left[d_2^M(2{,}940)\right]\right\}.$$

$$N\left[d_2^M(2{,}660)\right] = N\left[\frac{\ln\left(2{,}800/2{,}660\right) + \left(0.3\% - 4\% - (0.2)^2/2\right) \times 0.5}{0.2 \times \sqrt{0.5}}\right]$$

$$= N(0.1612)$$

$$\cong N(0.16)$$

$$= 0.5636.$$

$$N\left[d_2^M(2{,}940)\right] = N\left[\frac{\ln\left(2{,}800/2{,}940\right) + \left(0.3\% - 4\% - (0.2)^2/2\right)\times 0.5}{0.2\times\sqrt{0.5}}\right]$$

$$\begin{aligned} &= N(-0.5465) \\ &\cong N(-0.55) \\ &= 1 - N(0.55) \\ &= 1 - 0.7088 \\ &= 0.2912. \end{aligned}$$

$$RV_0 = 10\% \times e^{0.3\%\times 6/12} \times \{0.5636 - 0.2912\} = 2.71\%.$$

$$B_0 = 99.85\% + 2.71\% \cong 102.56\% > 100\% \Rightarrow \text{ Investir.}$$

b) Reformule a resposta à alínea anterior assumindo que a remuneração de 10% é liquidada daqui a 6 meses caso o índice Eurostoxx50 nunca desvalorize mais do que 5% em qualquer momento durante os próximos 6 meses.

$$B_0 = 100\% \times e^{0.3\%\times 6/12} + RV_0.$$

Por seu turno,

$$RV_{6M} = \begin{cases} 10\% \Leftarrow \min\limits_{0<u<6M}(S_u) > 2{,}800 \times 95\% = 2{,}660 \\ 0\% \Leftarrow ELSE \end{cases}$$

$$= 10\% \times 1_{\left\{\min\limits_{0<u<6M}(S_u) > 2{,}660\right\}}.$$

Portanto,

$$RV_0 = 10\% \times e^{0.3\%\times 6/12} \times \Pr\left[\min_{0<u<6M}(S_u) > 2{,}660\right]$$

Visto que $10\% \times e^{0.3\%\times 6/12} \times \Pr\left[\min_{0<u<6M}(S_u) > 2{,}660\right]$ corresponde ao valor actual de um rebate igual a 10% e associado a uma knock-in down barrier igual a 2,660 pontos de índice, podemos usar a equação da página 88 dos apontamentos com $\eta = -1$ para calcular a probabilidade:

$$\Pr\left[\min_{0<u<6M}(S_u) > 2{,}660\right] = N\left[d_2^M(2{,}800;2{,}660)\right] - \left(\frac{2{,}660}{2{,}800}\right)^{\frac{2\mu}{0.2^2}} N\left[d_2^M(2{,}660;2{,}800)\right],$$

sendo

$$\mu = r - q - \sigma^2\!/_2 = 0.3\% - 4\% - (0.2)^2\!/_2 = \text{-}0.057.$$

Via alínea anterior,

$$N\left[d_2^M(2{,}800;2{,}660)\right] = 0.5636.$$

$$\begin{aligned} N\left[d_2^M(2{,}660;2{,}800)\right] &= N\left[\frac{\ln\left(2{,}660\!/_{2{,}800}\right) + \left(0.3\% - 4\% - (0.2)^2\!/_2\right)\times 0.5}{0.2\times\sqrt{0.5}}\right] \\ &= N(\text{-}\,0.5642) \\ &\cong N(-0.56) \\ &= 1 - N(0.56) \\ &= 1 - 0.7123 \\ &= 0.2877. \end{aligned}$$

Portanto,

$$\Pr\left[\min_{0<u<6M}(S_u) > 2{,}660\right] = 0.5636 - \left(\frac{2{,}660}{2{,}800}\right)^{\frac{2\times(-0.057)}{0.2^2}} \times 0.2877 \cong 0.2327,$$

$$RV_0 = 10\% \times e^{0.3\%\times 6/12} \times 0.2327 \cong 2.32\%,$$

e

$$B_0 = 99.85\% + 2.32\% \cong 102.17\% > 100\% \Rightarrow \text{ Investir.}$$

c) Formule uma decisão de investimento relativamente a um depósito bancário (denominado em EUR) com vencimento a 6 meses e com uma remuneração igual a 40% da taxa de desvalorização do índice Eurostoxx50, desde que tal índice nunca suba acima dos 2,940 pontos durante os próximos 6 meses.

$$B_0 = 100\% \times e^{0.3\% \times 6/12} + RV_0.$$

Relativamente à componente de remuneração variável,

$$RV_{6M} = \begin{cases} 40\% \times \max\left(0\%; \dfrac{S_0 - S_{6M}}{S_0}\right) \Leftarrow \sup\limits_{0<u\leq 6M} (S_u) < 2{,}940 \\ 0\% \Leftarrow \sup\limits_{0<u\leq 6M} (S_u) \geq 2{,}940 \end{cases}$$

$$= \frac{40\%}{S_0} \times \begin{cases} \max(0; S_0 - S_{6M}) \Leftarrow \sup\limits_{0<u\leq 6M} (S_u) < 2{,}940 \\ 0 \Leftarrow \sup\limits_{0<u\leq 6M} (S_u) \geq 2{,}940 \end{cases}$$

$$= \frac{40\%}{S_0} \times p_{6M}^{uo}(S_{6M}; X = S_0; H = 2{,}940; R = 0; T = 6M).$$

Portanto, a remuneração variável é dada por uma up-and-out zero rebate put, i.e.

$$RV_0 = \frac{40\%}{S_0} \times p_0^{uo}(S_0; X = S_0; H = 2{,}940; R = 0; T = 6M).$$

A up-and-out put sem rebate é avaliada com base na seguinte expressão:

$$p_t^{uo}(S; X; H; T; R = 0)$$

$$= p_t(S_t; \min(H; X); T) - \left(\frac{H}{S_t}\right)^{\frac{2\mu}{\sigma^2}} p_t\left(\frac{H^2}{S_t}; \min(H; X); T\right)$$

$$+ [X - \min(H; X)]e^{-r\tau}\left\{N[d_2^M(S_t, H)] - \left(\frac{H}{S_t}\right)^{\frac{2\mu}{\sigma^2}} N[-d_2^M(H, S_t)]\right\}.$$

Atendendo a que X = 2,800 < H = 2,940, então a expressão anterior pode ser escrita como:

$$p_t^{uo}(S; X; H; T; R = 0)$$

$$= p_t(S_t; \min(H; X); T) - \left(\frac{H}{S_t}\right)^{\frac{2\mu}{\sigma^2}} p_t\left(\frac{H^2}{S_t}; \min(H; X); T\right).$$

Considerando os dados em apreço, e visto que $\mu = 0.3\% - 4\% - {(0.2)^2}/{2} = \text{-}0.057$:

$$p_0^{uo}\left(S_0 = 2{,}800; X = S_0 = 2{,}800; H = 2{,}940; R = 0; T = 6M\right)$$

$$= p_t\left(2{,}800; 2{,}800; T = 6M\right) - \left(\frac{2{,}940}{2{,}800}\right)^{\frac{2\times(-0.057)}{0.2^2}} p_t\left(\frac{2{,}940^2}{2{,}800}; 2{,}800; T = 6M\right)$$

$$= 183.12 - \left(\frac{2{,}940}{2{,}800}\right)^{\frac{2\times(-0.057)}{0.2^2}} p_t\left(\frac{2{,}940^2}{2{,}800}; 2{,}800; T = 6M\right),$$

sendo que a última linha decorre do enunciado.

Visto que o valor de uma standard call ou put option é uma função homógenera de grau 1 no spot e no strike, então

$$p_0^{uo}\left(S_0 = 2{,}800; X = S_0 = 2{,}800; H = 2{,}940; R = 0; T = 6M\right)$$

$$= 183.12 - \left(\frac{2{,}940}{2{,}800}\right)^{\frac{2\times(-0.057)}{0.2^2}} \times \frac{2{,}940^2}{2{,}800^2} \times p_t\left(2{,}800; \frac{2{,}800^3}{2{,}940^2} \cong 2{,}539.68; T = 6M\right)$$

$$= 183.12 - \left(\frac{2{,}940}{2{,}800}\right)^{\frac{2\times(-0.057)}{0.2^2}} \times \frac{2{,}940^2}{2{,}800^2} \times 67.12$$

$$\cong 118.72$$

Em suma,

$$RV_0 = \frac{40\%}{2{,}800} \times 118.72 \cong 1.70\%,$$

e

$B_0 = 99.85\% + 1.70\% \cong 101.55\% > 100\% \Rightarrow$ Investir.

d) Formule uma decisão de investimento relativamente a um depósito bancário (denominado em EUR) com vencimento a 6 meses e com uma remuneração igual a 60% da taxa de valorização ou de desvalorização do índice Eurostoxx50. Daqui a 3 meses o investidor terá de decidir se aposta na valorização ou na desvalorização do índice.

$$B_0 = 100\% \times e^{0.3\% \times 6/12} + RV_0.$$

$$RV_{6M} = 60\% \times \begin{cases} \max\left(\dfrac{S_{6M} - S_0}{S_0};0\right) \Leftarrow escolhe\,valor.\,em\,3M \\ \max\left(\dfrac{S_0 - S_{6M}}{S_0};0\right) \Leftarrow escolhe\,desvalor.\,em\,3M \end{cases}$$

$$= \frac{60\%}{S_0} \times \begin{cases} \max(S_{6M} - S_0;0) \Leftarrow escolhe\,valor.\,em\,3M \\ \max(S_0 - S_{6M};0) \Leftarrow escolhe\,desvalor.\,em\,3M \end{cases}$$

$$= \frac{60\%}{S_0} \times \begin{cases} c_{6M}(S_{6M}; X = S_0; T = 6M) \Leftarrow escolhe\,valor.\,em\,3M \\ p_{6M}(S_{6M}; X = S_0; T = 6M) \Leftarrow escolhe\,desvalor.\,em\,3M \end{cases}$$

Portanto,

$$RV_0 = \frac{60\%}{S_0} \times AYLI_0(S_0; X = S_0; T_1 = 3M; T_2 = 6M)$$

$$= \frac{60\%}{2{,}800} \times c_0(S = 2{,}800; X = 2{,}800; T = 6M)$$

$$+ \frac{60\%}{2{,}800} \times e^{-4\% \times (0.5-0.25)} p_0\left(S = 2{,}800; X = 2{,}800 e^{-(f(0,3M,6M)-4\%)\times(0.5-0.25)}; T = 3M\right)$$

Taxa de juro forward 3Mx6M em regime de capitalização contínua = r:

$$\left(1 + 0.2\% \times \frac{3}{12}\right) \times e^{r \times \frac{3}{12}} = 1 + 0.3\% \times \frac{6}{12} \Leftrightarrow r \cong 0.4\%.$$

$$RV_0 = \frac{60\%}{2{,}800} \times c_0(S = 2{,}800; X = 2{,}800; T = 6M)$$

$$+ \frac{60\%}{2{,}800} \times e^{-4\% \times (0.5-0.25)} p_0\left(S = 2{,}800; X = 2{,}800 e^{-(0.4\%-4\%)\times(0.5-0.25)} \cong 2{,}825.32; T = 3M\right)$$

Utilizando os valores dados pelo enunciado,

$$RV_0 = \frac{60\%}{2{,}800} \times \left[131.87 + e^{-4\% \times (0.5-0.25)} \times 139.36\right] = \frac{60\%}{2{,}800} \times 269.84 \cong 5.78\%.$$

Em suma,

$$B_0 = 99.85\% + 5.78\% = 105.63\% \Rightarrow \text{ Investir.}$$

e) Admita que daqui a 3 meses o índice Eurostoxx50 está cotado a 2,800 pontos de índice e o depositante da alínea anterior opta pela desvalorização. Defina as operações a desencadear daqui a 3 meses pelo emitente do depósito definido na alínea anterior.

No momento zero, a estratégia de static hedging do emitente passa por:

- Comprar 1 call standard sobre o índice Eurostoxx50, com strike igual a 2,800 pontos de índice e vencimento a 6M; e
- Comprar $e^{-4\% \times (0.5-0.25)}$ puts standard sobre o índice Eurostoxx50, com strike igual a $2{,}825.32$ pontos de índice e vencimento a 3M.

Daqui a 3 meses o índice Eurostoxx50 está cotado a 2,800 pontos de índice e, portanto, cada put será exercida e terá um valor igual a 2,825.32 – 2,800 = 25.32 pontos de índice.

Ignorando a diferença entre as taxas de juro a 3M e 6M bem como assumindo iguais dividend yield e volatilidade, a cal terá (daqui a 3M) um valor igual a:

$$c_{3M}(S = 2{,}800; X = 2{,}800; T = 6M) = c_0(S = 2{,}800; X = 2{,}800; T = 3M) = 98.34.$$

Em suma, daqui a 3M será necessário:

- Exercer as puts, obtendo um payoff igual a $e^{-4\% \times (0.5-0.25)} \times 25.32 \cong 25.06$;
- Vender a call, obtendo um payoff igual a 98.34;
- Investir 25.06 + 98.34 = 123.41 na compra de uma put standard sobre o índice Eurostoxx50, com strike igual a 2,800 pontos de índice e vencimento a 3M.

A estratégia de hedging só é bem sucedida se os 123.41 pontos forem suficientes para comprar a put. Ignorando novamente a diferença entre as taxas de juro a 3M e 6M bem como assumindo iguais dividend yield e volatilidade, a put terá (daqui a 3M) um valor igual a:

$$p_{3M}(S = 2{,}800; X = 2{,}800; T = 6M) = p_0(S = 2{,}800; X = 2{,}800; T = 3M) = 124.80.$$

A diferença entre os 123.41 e os 124.80 pontos resulta da diferença de taxas de juro a 3M e a 6M.