

JOSÉ CARLOS DE SOUZA SANTOS  
MARCOS EUGÊNIO DA SILVA

# DERIVATIVOS E RENDA FIXA

TEORIA E APLICAÇÕES  
AO MERCADO BRASILEIRO

atlas



JOSÉ CARLOS DE SOUZA SANTOS  
MARCOS EUGÊNIO DA SILVA

# DERIVATIVOS E RENDA FIXA

**Material para o *site***

*Respostas dos exercícios*



2015

## Respostas dos Exercícios – Derivativos e Renda Fixa

### Capítulo III – Mercados Futuros e a Termo

1. Especulador é avesso ao risco e tem uma opinião sobre a evolução dos preços (alta ou baixa); só entra num negócio se esperar um ganho proporcional ao risco incorrido (rejeita participar de um "fair game"). O hedger também é avesso ao risco e usa o mercado futuro/termo para eliminar o risco de preço no mercado a vista, ou seja, travar o preço da mercadoria que vende (compra). O jogador é amante do risco, e entrará num jogo incerto mesmo sabendo que o ganho esperado seja zero (aceita participar de um "fair game"). Notem que os tipos acima são "ideais weberianos" e podem estar presentes no mesmo indivíduo "real".

2. Principais diferenças entre contrato futuro e a termo

| Mercado Futuro   | Mercado a Termo  |
|--|--|
| contrato padronizado pela bolsa de futuros                   | contrato feito pelas partes                              |
| existe ajuste diário   | não tem ajuste diário                                    |
| contraparte é a bolsa de futuros (câmara de compensação)     | contraparte é a outra ponta do contrato                  |
| bolsa exige depósito de margem de garantia                   | normalmente não tem depósito de margem de garantia       |
| contratos em aberto podem ser negociados antes do vencimento | normalmente não podem ser negociados antes do vencimento |
| só podem ser negociados em bolsa de futuros                  | podem ser negociados em bolsa de futuros ou fora dela    |
| risco de crédito baixo (risco da bolsa)                      | risco de crédito é o da contraparte                      |
|  |  |

3. Convergência do preço a vista e futuro no vencimento ocorre porque existe a possibilidade de entrega física da mercadoria ou o contrato futuro é *cash settled* e o preço de ajuste no vencimento é o preço do ativo subjacente no mercado a vista.

4. Número de contratos negociados

| Data          | Investidor |          |          | Total Contratos em Aberto |
|---------------|------------|----------|----------|---------------------------|
|               | A          | B        | C        |                           |
| 1             | Vende 4    | Compra 4 |          | 4                         |
| 2             |            | Vende 3  | Compra 3 | 4                         |
| 3             | Vende 8    | Compra 5 | Compra 3 | 12                        |
| 4             | Compra 3   | Vende 1  | Vende 2  | 9                         |
| Posição Final | -9         | 5        | 4        | 9                         |

### 5. Ajustes pagos/recebidos até o vencimento

| Neg. data 1 de | 2000         | sacas de soja a R\$ | 37 /saca |
|----------------|--------------|---------------------|----------|
| Data           | Preço Ajuste | G/P Comprador       |          |
| 1              | 40           | 6000                |          |
| 2              | 44           | 8000                |          |
| 3              | 38           | -12000              |          |
| 4              | 41           | 6000                |          |
| 5              | 37           | -8000               |          |
| Vencimento 6   | 40           | 6000                |          |
| Total          |              | 6000                |          |

No dia seguinte ao vencimento, ocorre a entrega física pelo último preço de ajuste ou posições são canceladas via operação inversa feita pela Bolsa, por esse último preço

Por hipótese, preço a vista na data 6 (venc.) é R\$ 40 (a vista = futuro)

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| Comprador paga no mercado a vista | -80000 |
| G/P comprador no mercado futuro   | 6000   |
| Comprador paga (futuro+a vista)   | -74000 |

### 6. Ajustes pagos/recebidos até a data 4

| Neg. data 1 de | 2000         | sacas de soja a R\$ | 37 /saca |
|----------------|--------------|---------------------|----------|
| Data           | Preço Ajuste | G/P Comprador       |          |
| 1              | 40           | 6000                |          |
| 2              | 44           | 8000                |          |
| 3              | 38           | -12000              |          |
| 4              | 41           | 4000                |          |
| 5              | 37           |                     |          |
| Vencimento 6   | 40           |                     |          |
| Total          |              | 6000                |          |

Por hipótese, preço a vista na data 4 é R\$ 39

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| Comprador paga no mercado a vista | -78000 |
| G/P comprador no mercado futuro   | 6000   |
| Gasto total do comprador          | -72000 |

7. "Short Squeeze" é a situação em que o vendedor do contrato futuro é obrigado a comprar a mercadoria subjacente no mercado a vista para entregar na bolsa de futuros no vencimento do contrato futuro. Isso ocorre se o contrato futuro prevê a possibilidade de os comprados exigirem a entrega física da mercadoria subjacente. Se os comprados no mercado futuro também são os detentores da mercadoria no mercado a vista, o vendedor tem de comprar a um preço distorcido e pode sofrer graves prejuízos.

## 8. Ajustes pagos/recebidos no mercado futuro de dólar

| Neg. data 1 de<br>1 contrato = US |              | 300 contratos a R\$<br>50 mil |              | 2200 /US mil |
|-----------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|--------------|
| Data                              | Preço Ajuste | G/P Comprador                 | G/P Vendedor |              |
| 1                                 | 2.220,00     | 300.000,00                    | -300.000,00  |              |
| 2                                 | 2.240,00     | 300.000,00                    | -300.000,00  |              |
| 3                                 | 2.250,00     | 150.000,00                    | -150.000,00  |              |
| 4                                 | 2.210,00     | -525.000,00                   | 600.000,00   |              |
| 5                                 | 2.220,00     |                               | -150.000,00  |              |
| 6                                 | 2.230,00     |                               | -150.000,00  |              |
| Vencimento 7                      | 2.225,00     |                               | 75.000,00    |              |
| Total                             |              | 225.000,00                    | -375.000,00  |              |

9. A margem teórica máxima do contrato futuro de dólar, de primeiro vencimento em 13/02/2015, da posição comprada era de R\$ 17.635,05/contrato (R\$ 5.290.515,00 para 300 contratos) e a da posição vendida era de R\$ 17.565,85/contrato (R\$ 5.269.755,00 para 300 contratos). A margem teórica máxima de um instrumento, em determinada data, representa o valor da margem requerida nesta data para uma posição composta por uma unidade do instrumento e sem garantias. No Brasil, a margem pode ser depositada em espécie, títulos, ações, carta de fiança etc. Normalmente é depositada em títulos públicos. O valor da margem/contrato varia diariamente e a margem cobrada numa carteira de posições é o resultado de um complexo sistema de simulações matemáticas feito pela BM&FBovespa.

## Capítulo IV – Contratos Futuros e Termo: Precificação e Hedging

1. Não. O preço futuro  $F(t,T)$  representa o valor esperado da mercadoria apenas no mundo neutro ao risco (ou seja, utilizando-se a medida martingal equivalente). Na economia "real" não dá para garantir que esse fato vá ocorrer. Por exemplo, se os vendedores do contrato são hedgers, eles podem preferir travar um preço futuro abaixo do valor esperado para eliminar o risco de preço.
2. A taxa de câmbio futura será dada pela fórmula:

$$F(0,T) = 2,30x \frac{(1,12)^{97/252}}{1 + 0,04x \frac{139}{360}} = 2,3660$$

O cupom cambial é chamado de sujo porque é calculado com base na Ptax do dia anterior. Se fosse calculado com a taxa de câmbio a vista no momento da operação, ele seria chamado de cupom limpo.

3. Os preços justos são:

$$F(0,150) = 70x e^{0,11x150/252} = 74,7367$$

$$F(100,150) = 68x e^{0,09x50/252} = 69,2252$$

$$V_0(100) = 68 - 74,7367x e^{-0,09x50/252} = 68 - 73,4140 = -5,4140$$

ou seja, para encerrar o contrato na data 100, o comprador teria de pagar ao vendedor R\$ 5,4140.

4. O preço a termo será

$$F(t,T) = 55x1,12^{21/252} - 55x \frac{21}{252}x0,04 = 55,3386$$

5. O preço futuro do petróleo pode ser menor que o preço a vista se o *convenience yield* do petróleo for maior que a taxa de juros livre de risco.
6. O mercado em *backwardation* que vira para *contango* é lucrativo para quem está vendido no mercado a vista e comprado no mercado futuro. Isso equivale a vender base. Em outros termos, no mercado em *backwardation*, a base está positiva, quando passa para *contango* a base fica negativa; assim a venda de base é lucrativa pois significa vender algo que está caro (positivo) hoje e que vai ficar barato (negativo) no futuro.
7. Afirmação a) é falsa. O hedge ótimo não necessariamente tem de ir até o vencimento para ser perfeito. Basta que  $\rho(\Delta S, \Delta F) = \pm 1$  para o hedge ótimo ser perfeito.  
Afirmação b) é falsa. O hedge ingênuo pode ser ótimo se  $\rho(\Delta S, \Delta F) = 1$  e  $\sigma(\Delta S) = \sigma(\Delta F)$
8. O hedge da carteira pode ser feito com a venda de 255 contratos futuros. O beta da carteira é 1,0875.

9. No momento inicial compra-se a quantidade de contratos futuros de primeiro vencimento equivalente à posição a vista. Supondo que a entrega física seja realizada mensalmente, a cada mês que passa fecha-se uma posição futura e rolam-se as restantes com o contrato futuro que vence no mês seguinte. Fazer isso até não restar nenhuma posição futura e toda a mercadoria a vista ter sido

entregue. A melhor situação para esse *hedge* é quando o mercado está em *backwardation* e com preços subindo. A pior situação é mercado em *contango* com preços caindo.



## Cap. V

### Exercícios

1. Considere que a taxa de juros de mercado é igual a 13,50% a.a. (30/360) para todas as maturidades. Monte os fluxos dos títulos de renda-fixa abaixo descritos e determine o seu preço em R\$.

a. Cupom Zero com vencimento em 1 ano, valor de face R\$ 1.000.

| T (anos) | Fluxo     | Val.Pres. |
|----------|-----------|-----------|
| 1        | 1.000,00  | 881,06    |
|          | Preço---> | 881,06    |

b. Cupom semestral de 10% a.a. (linear, 30/360), *bullet*, principal R\$ 500, 1 ano e 10 meses para vencer (quando da emissão este título tinha 5 anos).

| T (meses) | T (anos) | Cupom | Principal | Fluxo    | Val.Pres. |
|-----------|----------|-------|-----------|----------|-----------|
| 4         | 0,33     | 25,00 | 0,00      | 25,00    | 23,97     |
| 10        | 0,83     | 25,00 | 0,00      | 25,00    | 22,50     |
| 16        | 1,33     | 25,00 | 0,00      | 25,00    | 21,12     |
| 22        | 1,83     | 25,00 | 500,00    | 525,00   | 416,23    |
|           |          |       |           | Preço--> | 483,81    |

c. Cupom semestral de 12% a.a. (juros compostos, 30/360), amortização de 10% em cada um dos 4 primeiros semestres, amortização do restante do principal no último semestre, principal de R\$ 600, 2,50 anos para vencer.

| T(meses) | T(anos) | Principal | Amortizaç. | Cupom | Fluxo     | Val. Pres. |
|----------|---------|-----------|------------|-------|-----------|------------|
| 0        | 0,0     | 600,00    |            |       |           |            |
| 6        | 0,5     | 540,00    | 60,00      | 36,00 | 96,00     | 90,11      |
| 12       | 1,0     | 480,00    | 60,00      | 32,40 | 92,40     | 81,41      |
| 18       | 1,5     | 420,00    | 60,00      | 28,80 | 88,80     | 73,44      |
| 24       | 2,0     | 360,00    | 60,00      | 25,20 | 85,20     | 66,14      |
| 30       | 2,5     | 0,00      | 360,00     | 21,60 | 381,60    | 278,05     |
|          |         |           |            |       | Preço---> | 589,14     |

2. Em 07/08/2008 foram observadas diversas negociações no mercado internacional de títulos emitidos pelo Banco XYZ. A rentabilidade (TIR, 30/360) dos títulos negociados foi de 10,75% a.a. Este título possui 12 meses para vencer com juros devidos trimestrais de 5% ao trimestre.



Nos 2 primeiros trimestres este título paga um cupom de 3% a.t. e capitaliza os 2% restantes dos juros devidos. No terceiro e quarto trimestres os juros devidos são pagos integralmente, amortizando-se 50% do principal em cada um destes 2 trimestres. Qual é o preço deste título considerando-se um principal de US\$ 50 mil na data 07/08/2008?

| T(meses) | T(anos) | Principal | Cup.dev. | Cup.Pag  | Cup.Acum. | Amortiz.  | Fluxo       | Val. Pres. |
|----------|---------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-------------|------------|
| 0        |         | 50.000,00 |          |          |           |           |             |            |
| 3        | 0,25    | 51.000,00 | 2.500,00 | 1.500,00 | 1.000,00  | 0,00      | 1.500,00    | 1.462,20   |
| 6        | 0,50    | 52.020,00 | 2.550,00 | 1.530,00 | 1.020,00  | 0,00      | 1.530,00    | 1.453,85   |
| 9        | 0,75    | 26.010,00 | 2.601,00 | 2.601,00 | 0,00      | 26.010,00 | 28.611,00   | 26.501,79  |
| 12       | 1,00    | 0,00      | 1.300,50 | 1.300,50 | 0,00      | 26.010,00 | 27.310,50   | 24.659,59  |
|          |         |           |          |          |           |           | Preço-----> | 54.077,43  |

3. Considere que hoje, 07/01/2008, a taxa de juros a.a. para papéis com correção cambial do principal é igual a 7,15% aa (taxa nominal 30/360, com capitalização semestral) para qualquer maturidade. Uma NTN-D com vencimento em 20/10/2008 paga um cupom de juros igual a 6% a.a. (linear 30/360). Considere, também, que quando este título foi emitido o seu valor nominal (principal) era igual a R\$ 1 mil e a PTAX do dia anterior R\$ 1,79/US\$, sendo que a PTAX de ontem ficou em R\$ 1,70/US\$. Pede-se: (a) preço sujo (Preço em R\$); (b) preço ou cotação de mercado (em % do valor de face sem os juros devidos); (c) juros devidos.

Hoje 07/01/2008  
 Vencimento 20/10/2008  
 TIR cupom camb. 7,150%  
 Valor emissão 1000,000  
 PTAX emissão 1,790  
 PTAX ontem 1,700  
 Principal atualiz. 949,721  
 Cupom semest. 6,000% aa

Fluxo em R\$

| Data fluxos | Dias 30/360 | Cupom  | Amortiz. | Fluxo   | Valor Present. |
|-------------|-------------|--------|----------|---------|----------------|
| 07/01/2008  |             |        |          |         |                |
| 20/04/2008  | 103         | 28,492 | 0,000    | 28,492  | 27,925         |
| 20/10/2008  | 283         | 28,492 | 949,721  | 978,212 | 925,655        |

Preço em R\$ 953,579 100,406%  
 Ult. Pag. Cupom 20/10/2007  
 N dias ult. Pgto. 77  
 Juros devidos 12,188  
 Preço % 99,123%

Fluxo em %

| Data fluxos | Dias 30/360 | Cupom | Amortiz. | Fluxo   | Valor Present. |
|-------------|-------------|-------|----------|---------|----------------|
| 07/01/2008  |             |       |          |         |                |
| 20/04/2008  | 103         | 3,00% |          | 3,00%   | 2,940%         |
| 20/10/2008  | 283         | 3,00% | 100,00%  | 103,00% | 97,466%        |

Preço em R\$ 100,406% 953,579

4. Considere uma NTN-B emitida no dia 15/06/2005 e com vencimento em 15/06/2008. O título foi emitido com valor de face R\$ 1.000 e taxa de cupom de 6% a.a. (30/360, taxa de juros composta). A taxa de IPCA ficou em 0,50% no mês 06/2005, 0,40% em 07/2005, 0,20% em 08/2005 e 0,10% em cada um dos meses seguintes até o mês 07/2006. Em 15/08/2006 este título estava sendo negociado a 7,90% a.a. (TIR por du) acima da variação do IPCA.
- Determine o seu preço em R\$ e sua cotação, isto é o seu preço em % do seu valor de face.
  - Considere agora os negócios do dia 28/08/2006. A taxa de mercado acima do IPCA deste dia estava em 7,70% a.a. sendo que expectativa de IPCA para o mês 08 de 2006 (dada pela ANDIMA) estava em 0,08%. Sendo assim determine o seu preço apropriando o IPCA de agosto de 2008 de forma composta por du.

| Data       | Valor Principal | Mês    | IPCA  |
|------------|-----------------|--------|-------|
| 15/06/2005 | 1.000,000       | jun/05 | 0,50% |
| 15/07/2005 | 1.005,000       | jul/05 | 0,40% |
| 15/08/2005 | 1.009,020       | ago/05 | 0,20% |
| 15/09/2005 | 1.011,038       | set/05 | 0,10% |
| 15/10/2005 | 1.012,049       | out/05 | 0,10% |
| 15/11/2005 | 1.013,061       | nov/05 | 0,10% |
| 15/12/2005 | 1.014,074       | dez/05 | 0,10% |
| 15/01/2006 | 1.015,088       | jan/06 | 0,10% |
| 15/02/2006 | 1.016,103       | fev/06 | 0,10% |
| 15/03/2006 | 1.017,119       | mar/06 | 0,10% |
| 15/04/2006 | 1.018,137       | abr/06 | 0,10% |
| 15/05/2006 | 1.019,155       | mai/06 | 0,10% |
| 15/06/2006 | 1.020,174       | jun/06 | 0,10% |
| 15/07/2006 | 1.021,194       | jul/06 | 0,10% |
| 15/08/2006 | 1.022,215       |        |       |

(a)  
 Cupom semest. 6,00% aa ou seja 2,9563% ao semestre  
 TIR em 15/08/06 7,90%

| Data       | Feriado = 0 | Num du | Cupom % | Amortiz % | Fluxo em % | Fluxo em R\$ | Valor Pres. % | Valor Pres. \$. |
|------------|-------------|--------|---------|-----------|------------|--------------|---------------|-----------------|
| 15/08/2006 |             |        |         |           |            |              |               |                 |
| 15/12/2006 | 1           | 84     | 2,9563% | 0,00%     | 2,9563%    | 30,220       | 2,8823%       | 29,463          |
| 15/06/2007 | 1           | 207    | 2,9563% | 0,00%     | 2,9563%    | 30,220       | 2,7773%       | 28,390          |
| 15/12/2007 | 0           | 334    | 2,9563% | 0,00%     | 2,9563%    | 30,220       | 2,6729%       | 27,323          |
| 15/06/2008 | 0           | 456    | 2,9563% | 100,00%   | 102,9563%  | 1.052,435    | 89,7222%      | 917,154         |

Preço em R\$ 1.002,330  
 Preço em % 98,055% (com juros)

(b)  
 Estimativa IPCA 0,08%  
 TIR em 28/08/06 7,70%

| Data       | Feriado = 0 | Num du | Valor Principal |
|------------|-------------|--------|-----------------|
| 15/08/2006 |             |        | 1.022,215       |
| 28/08/2006 | 1           | 9      | 1.022,550       |
| 15/09/2006 | 1           | 22     | 1.023,368       |

| Data       | Feriado = 0 | Num du | Cupom % | Amortiz % | Fluxo em % | Fluxo em R\$ | Valor Pres. % | Valor Pres. \$. |
|------------|-------------|--------|---------|-----------|------------|--------------|---------------|-----------------|
| 28/08/2006 |             |        |         |           |            |              |               |                 |
| 15/12/2006 | 1           | 75     | 2,9563% | 0,00%     | 2,9563%    | 30,230       | 2,8917%       | 29,570          |
| 15/06/2007 | 1           | 198    | 2,9563% | 0,00%     | 2,9563%    | 30,230       | 2,7889%       | 28,518          |
| 15/12/2007 | 0           | 325    | 2,9563% | 0,00%     | 2,9563%    | 30,230       | 2,6866%       | 27,472          |
| 15/06/2008 | 0           | 447    | 2,9563% | 100,00%   | 102,9563%  | 1.052,779    | 90,2627%      | 922,981         |

Preço em R\$ 1.008,541  
 Preço em % 98,630% (com juros)

5. Um investidor fez 2 aplicações: (a) aplicou R\$ 100 mil em um CDB indexado ao DI de 126 du, com um *spread* proporcional de 108% da taxa DI; (b) aplicou R\$ 100 mil em uma debênture sem cupom, indexada ao DI, com um *spread* multiplicativo de 1,50% a.a. acima da taxa DI, vencimento em 126 du. Avalie as aplicações do investidor supondo que a taxa DI média dos 126 du tenha ficado em 11,19% a.a. (252 du).

**Na aplicação em CDB com taxa proporcional de 108 da taxa DI o valor do resgate bruto ficou em R\$ 105.894,91. Na aplicação em debêntures com taxa multiplicativa de 1,50% a.a. acima da taxa DI o valor do resgate ficou em R\$ 106.234,58.**

6. Considere, hoje, 01/03/2008, uma NTN-C (título cujo principal é indexado ao IGPM), cupom semestral de juros igual a 6% a.a. (juros

compostos), vencimento em 01/10/2008. O valor de face corrigido do título em 01/02/2008 estava em R\$ 1.520,55. O Banco XYZ fez, hoje, um *day-trade* (compra e venda no mesmo dia) comprando 20.000 NTN-Cs por 7,50% a.a. (base 252 du) e vendendo-as por 7,20% a.a. Calcule o lucro ou prejuízo do banco considerando que a taxa de variação do IGPM de 02/2008 (divulgada em 28/02/2008) ficou em 0,50%. Considerar que cada mês possui 21 du.

|               |            |            |           |              |             |
|---------------|------------|------------|-----------|--------------|-------------|
| Tx Cupom      | 6,00%      | aa ou seja | 2,9563%   | as           |             |
| VFC 01/02/08  | 1.520,5500 |            |           |              |             |
| IGPM fev/2008 | 0,50%      |            |           |              |             |
| TIR Compra    | 7,50%      |            |           |              |             |
| TIR Venda     | 7,20%      |            |           |              |             |
| VFC 01/03/08  | 1.528,1528 |            |           |              |             |
| Qtd day-trade | 20.000     |            |           |              |             |
| Data          | du         | T (anos)   | Fluxo     | VP tx Compra | VP tx Venda |
| 01/03/2008    | (hoje)     |            |           |              |             |
| 01/04/2008    | 21         | 0,083      | 2,9563%   | 2,9385%      | 2,9392%     |
| 01/10/2008    | 147        | 0,583      | 102,9563% | 98,7032%     | 98,8643%    |
| Preço % C     | 101,6418%  |            |           |              |             |
| Preço R\$ C   | 1.553,2413 |            |           |              |             |
| Preço % V     | 101,8035%  |            |           |              |             |
| Preço \$ V    | 1.555,7127 |            |           |              |             |
| Lucro         | 49.426,55  |            |           |              |             |

7. A Tesouraria do Banco XYZ comprou, hoje, pagando uma taxa de 0,20% aa, uma LFT com vencimento em 492 du. Esta LFT foi emitida por R\$ 1.000, 1.524 dias úteis atrás, sendo que neste período a taxa SELIC média ficou em 17,18% a.a. Determine o valor de face corrigido, o preço em \$ e o preço em % do valor de face corrigido deste papel. Para conseguir os recursos para a compra deste papel este banco tomou dinheiro todos os dias no *overnight* em operações SELIC dando o título em garantia. Supondo que taxa SELIC nos 492 du tenha ficado em média igual a 10,19% a.a. determine o valor de resgate do papel e o lucro ou prejuízo do Banco.

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| PU da LFT na data emissão    | 1.000,00   |
| Du emissão até a data hoje   | 1.524      |
| Tx Selic média t=0 a t=hoje  | 17,18%     |
| Taxa negociação LFT          | 0,20%      |
| Du até o vencimento da LFT   | 492        |
| Taxa SELIC até vencimento    | 10,19%     |
| Valos Face Corrigido hoje    | 2.608,5532 |
| PU em % VFC de hoje          | 99,61067   |
| PU em R\$ de hoje            | 2.598,3974 |
| Valor Resgate da LFT         | 3.152,6612 |
| Custo carregamento da LFT    | 3.140,3870 |
| Lucro carregamento por papel | 12,2741    |

8. Considere um Eurobônus com cupom de juros semestral, *bullet*, vencimento em 15/09/2015, taxa de cupom de 13,20% a.a. (juros simples, 30/360). Você comprou 100.000 papéis por um preço limpo de 91% (preço em % do valor de face menos o valor dos juros do cupom corrente até a data) em 15/10/2007 e vendeu tudo em 15/01/2008 por um preço limpo de 92%. Apure o resultado desta operação. Considere um valor de face igual a US\$ 400 mil.

|                                      |               |
|--------------------------------------|---------------|
| Vencimento do Eurobonus              | 15/09/2015    |
| Logo ele paga cupom em 15/03 e 15/09 |               |
| Tx Cupom                             | 13,20% aa     |
| Qtd                                  | 100.000       |
| Data Compra                          | 15/10/2007    |
| Data Venda                           | 15/01/2008    |
| Preço limpo C                        | 91,00%        |
| Preço Limpo V                        | 92,00%        |
| Juros Devidos C                      | 1,10%         |
| Preço Sujo C                         | 92,10%        |
| Juros Devidos V                      | 4,40%         |
| Preço Sujo V                         | 96,40%        |
| Valor de Face                        | 400.000,00    |
| Lucro por papel                      | 17.200,00     |
| Lucro Total                          | 1.720.000.000 |

9. Considere uma NTN-F que paga um cupom semestral de juros de 10% aa (juros compostos) em 21 du e que vence em 147 du. O Banco XYZ comprou 10.000 deste papel por 11,45% aa (252 du) com recursos a

serem tomados diariamente no mercado SELIC. Nos primeiros 21 du a taxa média SELIC foi de 11,19% a.a. (252 du) e nos demais du foi de 11,38% a.a. Avalie o resultado em R\$ desta operação. Valor de face R\$ 1.000.

Taxa Cupom aa 10,00% ou seja 4,8809% ao semestre

TIR mercado 11,45% aa  
Qtd 10.000

| T (du) | T (anos) | Fluxo %   | Valor Presente |
|--------|----------|-----------|----------------|
| 21     | 0,0833   | 4,8809%   | 4,8370%        |
| 147    | 0,5833   | 104,8809% | 98,4539%       |

Preço % 103,2909%  
Preço R\$ Compra 1032,9090

| T (du) | Tx DI Média | Fluxo rec. R\$ | Custo     |
|--------|-------------|----------------|-----------|
| 0      |             |                | 1032,9090 |
| 21     | 11,19%      | 48,8088        | 993,2707  |
| 147    | 11,38%      | 1048,8088      | -0,5435   |

Luc. NTN-F R\$ 0,5435  
Lucro total R\$ 5.434,97

10. Considere uma NTN-F que paga um cupom semestral de juros de 10% aa (juros compostos) em 40 du e que vence em 166 du. O Banco XYZ comprou 10.000 deste papel por 13,45% aa (252 du) com recursos a serem tomados diariamente no mercado SELIC. Nos primeiros 80 du a taxa média SELIC foi de 13,19% aa (252 du) e nos demais du foi de 13,38% aa. Após 120 du este título foi vendido por uma taxa de 13,35% aa. Avalie o resultado em R\$ desta operação. Valor de face R\$ 1.000.

Taxa Cupom aa 10,00% ou seja 4,8809% ao semestre

TIR mercado 13,45% aa  
Qtd 10.000

| T (du) | T (anos) | Fluxo %   | Valor Presente |
|--------|----------|-----------|----------------|
| 40     | 0,1587   | 4,8809%   | 4,7841%        |
| 166    | 0,6587   | 104,8809% | 96,5150%       |

Preço % 101,2991%  
Preço R\$ Compra 1012,9912

Nos primeiros 40 dias o custo foi igual ao preço carregado pela taxa SELIC, ou seja: 1033,11021  
Nesta data o Banco recebeu o primeiro cupom de \$48,80, ficando com um custo igual a: 984,3013616  
Após esse recebimento o Banco carregou o papel com 40 taxas de 13,19%aa + 40 taxas de 13,38%aa  
Nesse caso o custo de carregamento desse papel ficou como: 1024,06053  
Após esses 120 dias de carregamento o Banco vendeu o título por uma taxa de 13,35% aa ao preço de

Preço = 1.025,09  
Assim, o Resultado Financeiro do Banco ficou em 10.300,79 nos 10.000 papéis

11. Foram observados os preços abaixo de NTN-C (títulos Indexados ao IGPM que pagam um cupom semestral igual a 6% a.a. (juros compostos)). A partir desta informação (a) determinar as taxas de Cupom de IGPM para maturidades 6 meses, 12 meses e 18 meses. Com os dados obtidos (b) interpole de forma linear a taxa de cupom para uma maturidade de 9 meses e (c) determine o preço de um título indexado ao IGPM, cupom zero com 9 meses de maturidade.

| Título  | Maturidade | Preço Mercado |
|---------|------------|---------------|
| NTN-C 1 | 6 meses    | 98,165        |
| NTN-C 2 | 12 meses   | 94,744        |
| NTN-C 2 | 18 meses   | 90,044        |

(a) As taxas de juros acima do IGPM compatíveis com esses preços são: 10%, 12% e 14% a.a. para 6, 12 e 18 meses respectivamente.

(b) Assim, a taxa de juros para 9 meses interpolada de forma linear é 11% a.a.

(c) Dessa forma o título cupom zero indexado ao IGPM com 9 meses de maturidade vale 92,4714% do seu valor de face corrigido.

12. Considere os 3 títulos pré-fixados dados abaixo com seus respectivos preços de mercado observados hoje. Pede-se: (a) Quais as taxas de juros para 1 mês; 3 meses e 5 meses compatíveis com estes preços? Qual o preço de mercado de um título X, 4 meses de maturidade, valor de face R\$ 100; amortização de 25% a cada mês e cupom mensal de 10% ao mês? Se necessário interpole as taxas aritmeticamente.

| Mês    | Título  |         |          |
|--------|---------|---------|----------|
|        | A       | B       | C        |
| 0      | 100,00  | 1,00    | 20,00    |
| 1      |         |         |          |
| 2      |         | 101,00  | 20,00    |
| 3      |         |         |          |
| 4      |         |         |          |
| 5      |         | 120,00  | 120,00   |
| 5      |         |         |          |
| Preços | 98,1577 | 96,1232 | 146,3915 |

Usando *bootstrap* as taxas de juros para 1, 3 e 5 meses são, respectivamente: 25% a.a., 27% a.a. e 29% a.a. Assim, o preço do Título X é dado pela tabela abaixo:



| T             | Valor Face | Amortiz. | Cupom | Fluxo | Tx Interp. | Val.Pres. |
|---------------|------------|----------|-------|-------|------------|-----------|
| 0             | 100,00     |          |       |       |            |           |
| 1             | 75,00      | 25,00    | 10,00 | 35,00 | 25%        | 34,36     |
| 2             | 50,00      | 25,00    | 7,50  | 32,50 | 26%        | 31,27     |
| 3             | 25,00      | 25,00    | 5,00  | 30,00 | 27%        | 28,26     |
| 4             | 0,00       | 25,00    | 2,50  | 27,50 | 28%        | 25,33     |
| Preço----->\$ |            |          |       |       |            | 119,21    |

13. Você observou hoje os preços de mercado destas LTN (cupom zero, face de R\$ 1.000). Qual a ETJ para 21 du, 42 du e 63 du (taxas de juros aa, 252 du), compatíveis com estes preços? Se necessário usar interpolação geométrica.

| Prazo<br>du | PU<br>LTN |
|-------------|-----------|
| 17          | 985,9913  |
| 32          | 971,9743  |
| 48          | 955,3952  |
| 75          | 924,8862  |

**Através dos preços das LTNs conseguimos as taxas de juros para cada vencimento desse papel. Interpolando geometricamente essas taxas determina-se que as taxas de juros para 21, 42 e 63 du são, respectivamente, 24,00% aa; 27,05% aa e 36,66% aa.**

14. As operações com títulos norte-americanos em 30/04/99 permitiram a determinação da seguinte Estrutura a Termo da Taxa de Juros (ETTJ): 3 meses 4,53% aa; 6 meses 4,64% aa; 1 ano 4,77% aa; 2 anos 5,06% aa; 3 anos 5,15% aa; 5 anos 5,21 % aa; 10 anos 5,35% aa; 30 anos 5,66% aa. Qual o significado desta curva e destas taxas ? Faça um gráfico desta estrutura. Interpole de forma linear e de forma *flat forward* (exponencial) estas taxas para intervalos de 1 ano. Supondo que esta estrutura fique estável durante os próximos 2 anos compare 2 estratégias de investimento de horizonte de 2 anos: (a) comprar papel cupom zero de 3 meses durante 8 vezes seguidas; (b) comprar um papel de cupom zero de 2 anos. O que faria você mudar sua análise ?

Essa curva, ETJ, mostra as taxas de juros de operações sem pagamento intermediário. São taxas de juros spot.

| Maturid. | Int.Linear   | Int. Flat    |
|----------|--------------|--------------|
| 0,25     | <b>4,53%</b> | <b>4,53%</b> |
| 0,50     | <b>4,64%</b> | <b>4,64%</b> |
| 1,00     | <b>4,77%</b> | <b>4,77%</b> |
| 2,00     | <b>5,06%</b> | <b>5,06%</b> |
| 3,00     | <b>5,15%</b> | <b>5,15%</b> |
| 4,00     | 5,18%        | 5,19%        |
| 5,00     | <b>5,21%</b> | <b>5,21%</b> |
| 6,00     | 5,24%        | 5,26%        |
| 7,00     | 5,27%        | 5,29%        |
| 8,00     | 5,29%        | 5,31%        |
| 9,00     | 5,32%        | 5,33%        |
| 10,00    | <b>5,35%</b> | <b>5,35%</b> |
| 11,00    | 5,37%        | 5,39%        |
| 12,00    | 5,38%        | 5,43%        |
| 13,00    | 5,40%        | 5,46%        |
| 14,00    | 5,41%        | 5,48%        |
| 15,00    | 5,43%        | 5,50%        |
| 16,00    | 5,44%        | 5,52%        |
| 17,00    | 5,46%        | 5,54%        |
| 18,00    | 5,47%        | 5,56%        |
| 19,00    | 5,49%        | 5,57%        |
| 20,00    | 5,51%        | 5,58%        |
| 21,00    | 5,52%        | 5,59%        |
| 22,00    | 5,54%        | 5,60%        |
| 23,00    | 5,55%        | 5,61%        |
| 24,00    | 5,57%        | 5,62%        |
| 25,00    | 5,58%        | 5,63%        |
| 26,00    | 5,60%        | 5,64%        |
| 27,00    | 5,61%        | 5,64%        |
| 28,00    | 5,63%        | 5,65%        |
| 29,00    | 5,64%        | 5,65%        |
| 30,00    | <b>5,66%</b> | <b>5,66%</b> |

A melhor estratégia é comprar o papel com 2 anos de vencimento. Como a ETJ é crescente, as taxas a termo são positivas indicando remunerações crescentes para o investidor que compra papel longo

15. Considere que os títulos brasileiros de 1a. linha pagam 6,00% (600 *basis points* ou 600 bp) acima dos títulos norte americanos de mesma maturidade (somar 6% na ETTJ norte-americana). Qual o preço (sem o juros do cupom corrente) dos seguintes eurobônus, papéis com pagamento semestral de juros ? (a) Klabin, vencimento 12/08/2004, taxa de cupom de 11% aa; (b) Banco do Nordeste, vencimento 07/03/2005, taxa de cupom de 9,625% aa; e (c) BNDES, vencimento 24/09/2007 com cupom de 9% aa ?

Considerando a mesma data da ETJ da questão anterior, interpolando a ETJ de forma linear e considerando anos de 365 dias temos as seguintes tabelas de preços.

Hoje-----> 30/04/1999

#### Klabin

| Data          | Dias | Fluxo   | ETJ US | Tx Juros | Val.Pres. |
|---------------|------|---------|--------|----------|-----------|
| 12/08/1999    | 104  | 5,50%   | 4,55%  | 10,55%   | 5,35%     |
| 12/02/2000    | 288  | 5,50%   | 4,71%  | 10,71%   | 5,08%     |
| 12/08/2000    | 470  | 5,50%   | 4,85%  | 10,85%   | 4,82%     |
| 12/02/2001    | 654  | 5,50%   | 5,00%  | 11,00%   | 4,56%     |
| 12/08/2001    | 835  | 5,50%   | 5,09%  | 11,09%   | 4,32%     |
| 12/02/2002    | 1019 | 5,50%   | 5,13%  | 11,13%   | 4,10%     |
| 12/08/2002    | 1200 | 5,50%   | 5,16%  | 11,16%   | 3,88%     |
| 12/02/2003    | 1384 | 5,50%   | 5,17%  | 11,17%   | 3,68%     |
| 12/08/2003    | 1565 | 5,50%   | 5,19%  | 11,19%   | 3,49%     |
| 12/02/2004    | 1749 | 5,50%   | 5,20%  | 11,20%   | 3,31%     |
| 12/08/2004    | 1931 | 105,50% | 5,22%  | 11,22%   | 60,11%    |
| Preço Bruto   |      |         |        |          | 102,69%   |
| Juros Devidos |      |         |        |          | 2,34%     |
| Preço Limpo   |      |         |        |          | 100,36%   |

#### Banco Nordeste

| Data          | Dias | Fluxo     | ETJ US | Tx Juros | Val.Pres. |
|---------------|------|-----------|--------|----------|-----------|
| 07/09/1999    | 130  | 4,8125%   | 4,58%  | 10,58%   | 4,64%     |
| 07/03/2000    | 312  | 4,8125%   | 4,73%  | 10,73%   | 4,41%     |
| 07/09/2000    | 496  | 4,8125%   | 4,87%  | 10,87%   | 4,18%     |
| 07/03/2001    | 677  | 4,8125%   | 5,02%  | 11,02%   | 3,96%     |
| 07/09/2001    | 861  | 4,8125%   | 5,09%  | 11,09%   | 3,75%     |
| 07/03/2002    | 1042 | 4,8125%   | 5,14%  | 11,14%   | 3,56%     |
| 07/09/2002    | 1226 | 4,8125%   | 5,16%  | 11,16%   | 3,37%     |
| 07/03/2003    | 1407 | 4,8125%   | 5,18%  | 11,18%   | 3,20%     |
| 07/09/2003    | 1591 | 4,8125%   | 5,19%  | 11,19%   | 3,03%     |
| 07/03/2004    | 1773 | 4,8125%   | 5,21%  | 11,21%   | 2,87%     |
| 07/09/2004    | 1957 | 4,8125%   | 5,22%  | 11,22%   | 2,72%     |
| 07/03/2005    | 2138 | 104,8125% | 5,23%  | 11,23%   | 56,18%    |
| Preço Bruto   |      |           |        |          | 95,89%    |
| Juros Devidos |      |           |        |          | 1,41%     |
| Preço Limpo   |      |           |        |          | 94,48%    |

# BNDES

| Data          | Dias | Fluxo   | ETJ US | Tx Juros | Val.Pres. |
|---------------|------|---------|--------|----------|-----------|
| 24/09/1999    | 147  | 4,50%   | 4,60%  | 10,60%   | 4,32%     |
| 24/03/2000    | 329  | 4,50%   | 4,74%  | 10,74%   | 4,10%     |
| 24/09/2000    | 513  | 4,50%   | 4,89%  | 10,89%   | 3,89%     |
| 24/03/2001    | 694  | 4,50%   | 5,03%  | 11,03%   | 3,69%     |
| 24/09/2001    | 878  | 4,50%   | 5,10%  | 11,10%   | 3,49%     |
| 24/03/2002    | 1059 | 4,50%   | 5,14%  | 11,14%   | 3,31%     |
| 24/09/2002    | 1243 | 4,50%   | 5,16%  | 11,16%   | 3,14%     |
| 24/03/2003    | 1424 | 4,50%   | 5,18%  | 11,18%   | 2,98%     |
| 24/09/2003    | 1608 | 4,50%   | 5,19%  | 11,19%   | 2,82%     |
| 24/03/2004    | 1790 | 4,50%   | 5,21%  | 11,21%   | 2,67%     |
| 24/09/2004    | 1974 | 4,50%   | 5,22%  | 11,22%   | 2,53%     |
| 24/03/2005    | 2155 | 4,50%   | 5,24%  | 11,24%   | 2,40%     |
| 24/09/2005    | 2339 | 4,50%   | 5,25%  | 11,25%   | 2,27%     |
| 24/03/2006    | 2520 | 4,50%   | 5,26%  | 11,26%   | 2,15%     |
| 24/09/2006    | 2704 | 4,50%   | 5,28%  | 11,28%   | 2,04%     |
| 24/03/2007    | 2885 | 4,50%   | 5,29%  | 11,29%   | 1,93%     |
| 24/09/2007    | 3069 | 104,50% | 5,31%  | 11,31%   | 42,46%    |
| Preço Bruto   |      |         |        |          | 90,21%    |
| Juros Devidos |      |         |        |          | 0,90%     |
| Preço Limpo   |      |         |        |          | 89,31%    |

16. O eurobônus do Banco Sul América com vencimento em 14/08/2000, cupom semestral de 12% aa, foi negociado em 29/04/1999 a 96% (preço limpo). Qual a taxa interna de retorno deste título? Quantos bp este papel paga acima de um título norte-americano de maturidade semelhante, considerando que as taxas de juros dos EUA para 6 meses; 1 ano; 1,5 anos; 3,0 anos são, respectivamente: 1,00% 1,50%, 1,80% e 2,30% aa?

Considerando ano de 365 dias tem-se o seguinte resultado:

|  | Dias        | Fluxo     | Valor Present |        |          |
|--|-------------|-----------|---------------|--------|----------|
| 29/04/1999                                   |             |           |               |        |          |
| 14/08/1999                                   | 107         | 6,00%     | 5,74%         |        |          |
| 14/02/2000                                   | 291         | 6,00%     | 5,33%         |        |          |
| 14/08/2000                                   | 473         | 106,00%   | 87,38%        |        |          |
|  |             | Preço-->  | 98,45%        |        |          |
|  | Preço Limpo | 96,00%    |               |        |          |
|  | Juros Dev   | 2,45%     |               |        |          |
|  | Preço Bruto | 98,45%    |               |        |          |
|  | TIR         | 16,07%    | aa            |        |          |
| Título Americano Semelhante                  |             |           |               |        |          |
|  | Dias        | Fluxo     | Valor Present |        |          |
| 29/04/1999                                   |             |           |               |        |          |
| 14/08/1999                                   | 107         | 6,00%     | 5,98%         | 0,89%  | 5,97%    |
| 14/02/2000                                   | 291         | 6,00%     | 5,95%         | 1,15%  | 5,93%    |
| 14/08/2000                                   | 473         | 106,00%   | 103,90%       | 1,56%  | 103,93%  |
|  |             | Preço-->  | 115,83%       |        | 115,83%  |
|  |             | TIR-----> |               | 1,54%  | aa       |
| Logo este papel está sendo negociado uma TIR |             |           |               | 14,54% | acima do |
| título norte americano equivalente (1454 bp) |             |           |               |        |          |

## Capítulo VI – Mercado Futuro de Taxas de Juros no Brasil

1. A tabela com os PUs corrigidos e taxas fica:

| Data | DI-1DIA | PU AJUSTE | Venc. 1<br>PU CORR | DU  | TAXA AJ  |
|------|---------|-----------|--------------------|-----|----------|
| 1    | 10,30%  | 95000,00  |                    | 110 | 12,4691% |
| 2    | 10,40%  | 94950,00  | 95036,9644         | 109 | 12,7275% |
| 3    | 10,50%  | 94900,00  | 94987,2865         | 108 | 12,9914% |
| 4    | 10,60%  | 95100,00  | 94937,6079         | 107 | 12,5610% |
| 5    | 10,70%  | 95200,00  | 95138,0287         | 106 | 12,4055% |
| 6    | 10,80%  |           | 95238,4102         | 105 |          |

2. Os ajustes pagos/recebidos são:

|                                |                 |      |
|--------------------------------|-----------------|------|
| Posição Doad(+)/Tomada(-) em 1 |                 | -600 |
| Ajuste Pago/Recebido           |                 |      |
| 1                              | 76289,73        |      |
| 2                              | 52178,61        |      |
| 3                              | 52371,89        |      |
| 4                              | -97435,24       |      |
| 5                              | -37182,78       |      |
| 6                              | 35038,30        |      |
| <b>Total</b>                   | <b>81260,51</b> |      |

PU de entrada é 95.127,15 (12,1250%) e PU de saída é 95.180,01 (12,5875%)

3. A taxa e PU a termo são:

| Data | PU AJUSTE | Venc. 1<br>DU | TAXA AJ  | PU AJUSTE  | Venc. 2<br>DU | TAXA AJ  | PU Termo | Taxa Termo |
|------|-----------|---------------|----------|------------|---------------|----------|----------|------------|
| 1    | 99023,28  | 21            | 12,5000% | 93658,5812 | 126           | 14,0000% | 94582,39 | 14,3024%   |

4. Quando compra um CDB prefixado, o investidor corre o risco de as taxas de juros subirem. Para se proteger desse risco, ele pode assumir uma posição tomada (vendido em PU) no DI-futuro. Isso fará com que o seu investimento passe de pré para pós-fixado e atrelado ao DI.
5. Ele deve assumir uma posição tomada (vendida em PU) em 126 contratos DI-futuro. Se o DI evoluir a uma média de 10,5% a.a., o investidor vai ganhar R\$ 589.974,55 pela aplicação no CDB e mais R\$ 44.345,90 no DI-futuro. O ganho total será R\$ 634.320,45, ou 5,2860% efetivos – equivalente a 100% do DI efetivo no período (pode haver um pequeno erro pelo arredondamento da quantidade de contratos futuros).
6. O investimento prefixado equivale a 105,55% da taxa DI. Ele deve assumir uma posição tomada (vendida em PU) em 68 contratos DI-futuro. Se o DI evoluir a uma média de 10% a.a., o investidor vai ganhar R\$ 199.383,76 pela aplicação no CDB e mais R\$ 27.707,13 no DI-futuro. O ganho total será R\$ 227.090,90, ou 3,2442% efetivos – equivalente a 105,6054% do DI efetivo no período e bem próximo dos 105,55% iniciais. (existe uma pequena discrepância pelo arredondamento na quantidade de contratos futuros e pelo fato de o CDB e o DI não vencerem na mesma data).

7. O banco vendeu um CDB pós-fixado que equivale a uma taxa prefixada de 11,5849% a.a. Para se proteger de uma alta nas taxas de DI, o banco deve assumir uma posição tomada de 172 contratos DI-futuro. Se o DI evoluir a uma média de 12% a.a., o banco pagará R\$ 758.971,26 no CDB, mas receberá R\$ 92.275,86 no DI-futuro. O gasto total do banco será R\$ 666.695,40, equivalente a uma taxa prefixada de 11,5817% a.a. – bem próxima da taxa pré do momento em que a operação foi feita. (o erro deve-se ao arredondamento no nº. de contratos futuros negociados).
8. O investidor fez uma operação equivalente a uma taxa prefixada de 10,5131% a.a. O seu risco é a taxa DI cair ao longo do tempo e para se proteger ele assume uma posição doada (comprada em PU) de 85 contratos DI-futuro. Se o DI evoluir a uma taxa média de 9% a.a., ele ganhará R\$ 395.866,67 no CDB e mais R\$ 42.723,19 no DI-futuro, perfazendo um total de R\$ 438.589,86 – equivalente a uma taxa prefixada de 10,5085% a.a., bem próxima da taxa prefixada prevista quando comprou o CDB (a diferença deve-se ao arredondamento no nº. de contratos futuros doados e ao fato de o prazo do CDB ser diferente do prazo do DI-futuro).
9. O investidor deve assumir uma posição tomada de 35 contratos DI-futuro de primeiro vencimento e de 18 contratos de segundo vencimento. Se a taxa de juros do DI subir instantaneamente 70 pontos-base, o CDB perderá R\$ 18.597,43. A posição em DI-futuro de primeiro vencimento ganhará R\$ 11.515,09 e a de segundo vencimento ganhará R\$ 6.994,11, perfazendo um total de R\$ 18.509,19, ou seja, praticamente compensando totalmente a perda no CDB. (a diferença de R\$ – 88,24 deve-se ao efeito não linear da variação nas taxas de juros sobre o valor da posição mais os erros de arredondamento no nº. de contratos futuros negociados).



## Capítulo VII – Mercado Futuro de Cupom Cambial e FRA de Cupom

1. O PU vale 98.826,44
2. Os cupons cambiais e FRA de ajuste são:

| Data | CDI  | Ptax   | PU Ajuste DDI FUT<br>Curto | Longo    | Cupom Ajuste DDI FUT<br>Curto | Longo   | FRA Ajuste |
|------|------|--------|----------------------------|----------|-------------------------------|---------|------------|
| 0    | 8,68 | 1,9513 |                            |          |                               |         |            |
| 1    | 8,63 | 1,9866 | 101000,00                  | 97800,00 | -19,8020%                     | 3,4756% | 5,4787%    |
| 2    | 8,72 | 1,9947 | 99200,00                   | 97400,00 | 17,0778%                      | 4,1422% | 3,0944%    |
| 3    | 8,73 | 1,9974 | 98900,00                   | 97500,00 | 25,0253%                      | 3,9960% | 2,4043%    |

3. O PU longo negociado na data 1 vale 98.071,48. Para o seu cálculo, lembrar que o PU da ponta curta do FRC negociado é o PU de ajuste = 101.000,00
4. Serão negociados 777 contratos na ponta curta, posição tomada, pois é a oposta da posição do FRC.
5. Os ajustes estão na tabela a seguir. Os resultados são consistentes com a evolução do FRA: no dia 1 o FRA de ajuste subiu em relação ao negociado, portanto a posição doada foi perdedora; no dia 2 o FRA caiu em relação ao ajuste do dia anterior, portanto a posição doada foi ganhadora; no dia 3 o FRA caiu em relação ao ajuste do dia anterior e a posição doada foi ganhadora.

|                     |            |             |               |                    |              |
|---------------------|------------|-------------|---------------|--------------------|--------------|
| 1) Ajuste data 1    | PU Aj(1)   |             | PU Neg        | Ganho US\$         | Ganho R\$    |
| Ponta Curta         | 101.000,00 |             | 101.000,00    | 0,00               | 0,00         |
| Ponta Longa         | 97.800,00  |             | 98.071,48     | -108.590,69        | -211.893,02  |
|                     |            |             |               | Ganho Total data 1 | -211.893,02  |
| 2) Ajuste data 2    | PU Aj(2)   | FC          | PU Aj(1) CORR | Ganho US\$         | Ganho R\$    |
| Ajuste Ponta Curta: | 99.200,00  | 0,982553645 | 99.237,92     | 14.731,21          | 29.265,03    |
| Ajuste Ponta Longa: | 97.400,00  | 0,982553645 | 96.093,75     | 522.501,39         | 1.038.001,27 |
|                     |            |             |               | Ganho Total data 2 | 1.067.266,30 |
| 3) Ajuste data 3    | PU Aj(3)   | FC          | PU Aj(2) CORR | Ganho US\$         | Ganho R\$    |
| Ajuste Ponta Curta: | 98.900,00  | 0,996269715 | 98.829,96     | -27.212,21         | -54.280,19   |
| Ajuste Ponta Longa: | 97.500,00  | 0,996269715 | 97.036,67     | 185.331,91         | 369.681,57   |
|                     |            |             |               | Ganho Total data 3 | 315.401,37   |
|                     |            |             |               | Ganho Total Geral  | 1.170.774,65 |

6. O risco do investidor é um aumento na taxa de juros em dólar; ele se protege tomando (vendendo PU) o DDI. Deve tomar 409 contratos de DDI com vencimento em 180 dias ao PU = 97.799,51. Se o DDI evoluir a uma taxa média de 4% a.a. linear 360, ele vai pagar ajustes no valor equivalente a US\$ 50.000,00. Como ele ganha US\$ 500.000,00 na aplicação, o resultado final é um ganho de US\$ 450.000,00; ou seja 4.5% a.a. linear 360. Isso representa um *spread* de 0,5% sobre a taxa observada do DDI (o mesmo *spread* que havia no início da operação).

7. A tabela completa fica:

|              | Ponta Curta | Ponta Longa | FRC       |
|--------------|-------------|-------------|-----------|
| DC           | 22          | 150         | 128       |
| taxa inicial | 4,5000%     | 2,5000%     | 2,150337% |
| PU inicial   | 99.725,75   | 98.969,07   | 99.241,24 |

8. O *spread* da operação será 0,3997%. A estratégia para travar esse *spread* é tomar 182 contratos de FRC (que equivale a tomar 182 contratos de DDI vencendo em 150 DC e doar 181 contratos de DDI vencendo em 22 DC).
9. O resultado da operação será um ganho de US\$ 81.600,00 na aplicação prefixada; uma perda de US\$ 2.757,69 na ponta curta do FRC e um ganho de US\$ 30.063,98 na ponta longa do FRC. O ganho total será portanto de US\$ 108.906,29, ou seja, uma taxa de juros nominal de 3,4033% a.a. linear 360 sobre o capital investido. Isso equivale a um *spread expost* de 0,4033% (bem próximo do *spread exante*).
10. A posição comprada no *swap* cambial é, por definição, pós-fixada em cupom cambial de 1 dia, portanto o BC quer assumir uma posição tomada em cupom cambial (ganha quando o cupom sobe ao longo do tempo). Pela regra de arbitragem de taxas de juros, uma posição tomada em cupom cambial equivale a uma posição tomada em DI e **vendida** em dólar. O cupom cambial é sujo porque o contrato tem apenas uma ponta, ou seja, é equivalente a um DDI (e a posição comprada no *swap* cambial equivale a uma posição tomada em DDI).

## Cap. VIII

1. Uma empresa possui uma dívida de valor R\$ 200 milhões, hoje, indexada ao DI, a ser paga em 02/01/2014 (144 du). Que riscos esta empresa corre? O contrato DI futuro que vence na data de pagamento da dívida está sendo negociado a 11,61% aa. Monte uma operação para eliminar o risco apontado e verifique o que ocorre com o valor da dívida + o resultado da operação com contrato futuro se: (i) a taxa de juros DI até o vencimento ficar em 13% aa e, alternativamente (ii) a taxa de juros DI média ficar em 9% aa até a data de pagamento.

**Essa empresa possui um passivo indexado à taxa DI e está exposta, dessa forma a um risco de aumento dessa taxa de juros. Para eliminar esse risco a empresa deve comprar N contratos de DI futuro de mesmo vencimento que sua dívida. O PU desse contrato é dado por  $PU = 100.000 / (1 + 0,1161)^{(144/252)} = 93.916,32$ . Logo o número N de contratos a ser comprado é igual a  $N = 200.000.000 / PU = 2.130$  contratos.**

**Nesse caso, considerando que a taxa DI tenha ficado igual a 13% até o vencimento do contrato, o valor da dívida + operação de compra de 2.130 contratos geram um resultado conjunto de R\$ 212.955.210,28, ou seja, paga-se liquidamente 11,61% aa, mostrando-se a dívida ficou prefixada com a compra do contrato futuro DI.**

**Por outro lado, no caso da taxa de juros cair para 9% aa até o vencimento da dívida, o valor a ser pago por esta + operação de compra de 2.130 contratos futuros ficam iguais a: R\$ 212.956.123,55, exatamente a mesma taxa de 11,61% aa**

2. A empresa multinacional XYZ possui uma dívida que soma no dia de hoje, 26/06/2014, R\$ 100 milhões. Essa dívida deve ser quitada em 01/04/2015 (195 du e 279 dc contados de hoje) com o valor corrigido pela taxa DI do período. Para pagar essa dívida a empresa vai receber, no dia do pagamento, um aporte de US\$ 50 milhões do exterior. Quais riscos que a empresa XYZ está correndo? Considerando que a taxa de câmbio R\$/US\$ está hoje em R\$ 2,20/US\$, que a taxa de juros acima da variação cambial de um swap DI x ( $\Delta US\$ +$  juros) está em 2,85% aa (taxa de juros simples, base 360 dc) monte uma operação que elimine os riscos apontados. Verifique o que aconteceria se, na data de pagamento da dívida, a taxa de câmbio estivesse em R\$ 1,98/US\$ e a taxa de juros DI média do período ficasse em 13,10% aa.

**Essa empresa corre dois riscos simultâneos: (i) aumento da taxa DI; e (ii) queda na taxa de câmbio R\$ / US\$. Para eliminar os riscos**

apontados a empresa deve operar um contrato de *swap* DI x ( $\Delta$ US\$ + juros) assumindo a ponta ativa DI e passiva em ( $\Delta$ US\$ + juros). Assim, se ocorrer o cenário de uma queda da taxa de câmbio R\$/US\$ para R\$ 1,98/US\$ e a taxa DI ficar em 13,10% aa, a empresa consegue pagar com sua dívida com apenas US\$ 46.458.522,73. Na realidade, qualquer que seja o cenário a empresa vai usar apenas esse montante de US\$ para quitar sua dívida no caso de operar o contrato de *swap*.

3. A assembleia de acionistas determinou que a empresa multinacional XYZ faça um pagamento de dividendos no valor de US\$ 50 milhões em 02/01/2015 (219 dc e 130 du) para acionistas no exterior. A empresa possui uma aplicação de R\$ 113.500.000 indexada à taxa DI. Quais riscos a empresa corre? Considere que: (i) um *swap* DI x taxa pré está sendo negociado a uma taxa de 10,90% aa (252 du) para o período; (ii) a taxa de câmbio *spot* está em R\$ 2,30; (iii) uma *swap* variação da taxa de câmbio R\$/US\$ + juros *versus* taxa DI está sendo negociado a uma taxa de 2,50% aa (taxa de juros simples, 360 dc) e (iv) um *swap* variação taxa de câmbio R\$/US\$ x taxa pré está sendo negociado a 6,4142% aa (juros simples, 360 dc). Monte uma operação para eliminar os riscos por você apontados. De acordo com os riscos apontados monte um cenário pessimista e determine a eficácia da sua operação.

**Nesse caso, a empresa corre dois riscos simultâneos: (i) aumento da taxa de câmbio R\$ / US\$ e uma queda na taxa DI até a data do envio ao exterior dos US\$. Para eliminar esses riscos a empresa pode operar, por exemplo, um contrato de *swap* DI x ( $\Delta$ US\$ + juros), assumindo a ponta ativa em ( $\Delta$ US\$ + juros) e passiva em DI. Considerando que a taxa de câmbio R\$ /US\$ suba para R\$ 3,00/US\$ e que a taxa DI do período tenha ficado em 9% aa, o *swap* de valor nominal de R\$ 113.500.000 gera um resultado líquido positivo de R\$ 31.635.290,34 que somado ao valor do resgate da aplicação em DI gera um total de R\$ 150.294.972,83, permitindo a compra dos US\$ 50 milhões à taxa de câmbio de R\$ 3,00/US\$. Qualquer que seja o cenário, positivo ou negativo, pode-se comprar os US\$ 50 milhões.**

4. Uma empresa está com uma dívida de R\$ 150 milhões, valores de hoje, a ser paga em 15/07/2015 (350 dc e 242 du) corrigida pela variação do US\$. A taxa de câmbio de hoje é R\$ 2,40/US\$. Essa empresa vai receber, no dia do vencimento de sua dívida uma carteira de ações cujo valor, hoje, é de R\$ 160 milhões. Que riscos essa empresa corre? Considere que: (i) um contrato de *swap* para 15/07/2015 de variação do US\$ mais juros contra Taxa DI está sendo negociado a 2,50% aa (juros simples, 360 dc) mais variação do US\$; (ii) um contrato de *swap* de Taxa DI contra Taxa Prefixada para vencimento em 15/07/2015 está sendo negociado a 11,45% aa (252 du); e (iii) um contrato futuro de Ibovespa de vencimento dia 15/07/2015 está saindo a 61.370 pontos e o

Ibovespa a vista a 55.300 pontos. Que operação você deve fazer para eliminar o risco apontado.

**Essa empresa corre dois riscos simultâneos: (i) queda no valor das ações da carteira a ser recebida; e (ii) aumento na taxa de câmbio R\$/US\$, elevando o valor de sua dívida. Para eliminar ambos os riscos a empresa pode prefixar o valor tanto de sua dívida como do valor da venda de sua carteira de ações, considerando-se, que essa última tenha uma posição semelhante à carteira do Ibovespa.**

**Assim, se a empresa operar um contrato de *swap* DI x ( $\Delta$ US\$ + juros) ficando passiva na ponta DI e ativa em ( $\Delta$ US\$ + juros) sua dívida passa a ser uma dívida indexada à taxa DI e não mais ao US\$. Operando simultaneamente um contrato de *swap* DI x taxa prefixada, ativa na Ponta DI e passiva na ponta prefixada, a dívida fica, agora, prefixada.**

**Por outro lado, para prefixar o valor de sua carteira de ações a empresa deve vender N contratos futuros Ibovespa onde  $N = 160.000.000 / 55.300$ , ou seja a empresa deve vender 2.893 contratos futuros a 61.370 pontos. Nesse caso, qualquer que seja a variação do Ibovespa a empresa terá uma receita de R\$ 177.577 mil considerando a venda das ações mais o *hedge* com o contrato futuro.**

5. Um banco deu para seu cliente um *Swap* DI x Taxa Pré, valor de R\$ 200 milhões, vencimento dia 02/01/2014 (147 du), taxa de 7,90% aa, ficando ativo na ponta DI. Que riscos corre esse banco? O que ele deve fazer para eliminar esses riscos considerando que o Contrato DI Futuro de mesmo vencimento está sendo negociado a 7,75%aa? Apure o resultado do banco ao final dessa operação.

**Esse banco que operou um contrato de *swap* com um cliente ficando ativo na ponta DI e passivo na ponta prefixada corre o risco de queda na taxa DI. De forma a eliminar esse risco de queda na taxa DI esse banco deve vender contratos futuros DI com vencimento em 02/01/2014. A quantidade N de contratos a serem vendidos é dada por  $N = 200.000.000 / PU$  onde PU é o PU do contrato futuro DI dado por  $PU = 100.000 / (1+0,0775)^{(147/252)}$ . Note que ao fazer essa operação o banco estará fixado um prejuízo certo pois ele estará aplicado a uma taxa de 7,75% aa e tomado a uma taxa de 7,90% aa.**

6. Uma empresa possui no exterior uma aplicação que vale, hoje, US\$ 52 milhões. Esse recurso está aplicado por 1 ano à taxa de 2% aa, sendo que a taxa de câmbio de hoje é igual a R\$ 2,150/US\$. Essa empresa possui, também, uma dívida a ser paga em 12 meses, corrigida pela taxa DI, cujo valor hoje é de R\$ 110 milhões. Que riscos essa empresa corre? Querendo eliminar estes riscos que operação ela deve fazer

supondo que um *swap* Taxa Pré X Taxa DI, vencimento em 12 meses, está sendo negociado, hoje, a 8,30% aa e que o contrato futuro de US\$ vencimento em 12 meses está sendo cotado a R\$ 2.300/US\$ 1.000? Monte um cenário desfavorável para taxa de juros e câmbio e verifique se a operação proposta ajuda a empresa.

**Essa empresa está exposta a dois riscos: (i) elevação da taxa de câmbio R\$ / US\$, simultaneamente ao; (ii) aumento da taxa DI. Para eliminar ambos os riscos a empresa pode: (a) zerar o risco cambial vendendo contratos futuros de US\$ a R\$ 2.300/US\$ 1.000; (b) prefixar sua dívida indexada à taxa DI operando um contrato de *swap* de vencimento da dívida, ficando ativa na ponta DI e passiva na ponta prefixada.**

**Nesse caso, considerando que no vencimento da dívida a taxa de câmbio R\$ / US\$ tenha caído para R\$ 1,90/US\$ e a taxa DI tenha ficado em 12% aa a receita da liquidação da aplicação do exterior + *hedge* de venda com futuro de US\$ gera um resultado igual a R\$ 119.600.000. Na realidade esse resultado é o mesmo, qualquer que seja a taxa de câmbio do vencimento.**

**Por outro lado a operação de *swap* no valor da dívida faz com que o resultado da dívida mais o valor líquido do *swap* fiquem iguais a R\$ 119.130.000 qualquer que seja a evolução futura da taxa DI.**

7. Uma DTVM, agindo como *broker*, realiza, hoje, operações no mercado de *swap* DI x Pré, envolvendo os seguintes contratos:

| Contrato      | Natureza da ponta DI | Taxa Prefixada    | Prazo (du)     | Valor base do contrato |
|---------------|----------------------|-------------------|----------------|------------------------|
| <i>Swap 1</i> | Ativo                | 8,90% aa (252 du) | 182 dias úteis | R\$ 250 milhões        |
| <i>Swap 2</i> | Passivo              | 9,10% aa (252 du) | 182 dias úteis | R\$ 250 milhões        |

Qual é o resultado financeiro esperado para esta operação? Quando este valor vai ser recebido e/ou pago?

**Como a DTVM está ativa em DI no *Swap 1* ela está passiva na taxa prefixada nesse *swap*. Já no *Swap 2* essa DTVM está passiva na taxa DI e ativa em prefixada. Como o valor nominal dos 2 *swaps* é o mesmo as pontas DI se anulam, sobrando apenas as pontas prefixadas de cada *swap*.**

**Assim, o resultado final desses dois contratos é igual a:**

**$250.000.000 \times [(1+0,0910)^{(182/252)} - (1+0,089)^{(182/252)}] = \text{R\$ } 352.569,41$ , valor esse disponível apenas no vencimento dos dois contratos de *swap*.**



8. Uma empresa fez uma aplicação prefixada com valor de mercado, hoje, de R\$ 20 milhões, aplicada por 210 du à taxa de 13,70% aa. Qual o risco que esta empresa corre? Supondo que contrato de Swap DI x Pré com 210 du de vencimento está cotado a 13,80% aa faça o *hedge* da posição. Supondo que a taxa média de DI tenha ficado em 13,90% em média, nos 210 du, avalie o que aconteceu.

**Essa empresa corre risco da taxa prefixada aumentar no período de sua aplicação, desvalorizando a mesma. Para eliminar esse risco a empresa pode operar um contrato de *swap*, ficando ativa em DI e passiva na taxa prefixada, tornando sua operação indexada à taxa DI. Note que como sua aplicação foi feita à taxa de 13,70% aa e a taxa do *swap* está em 13,80% aa após a operação de contrato *swap* a aplicação da empresa vai render a taxa DI do período -0,10% aa, diferença entre as taxas da aplicação e do *swap*. Assim por exemplo, se a taxa DI do período fica em 13,90% aa, o rendimento da aplicação + resultado do *swap* irão somar R\$ 22.274.869,45, ganho de 13,80%. Por outro lado, se a taxa DI do período ficar em 14,50% o rendimento da aplicação + resultado do *swap* gerarão R\$ 22.373.680,77, ou seja, 14,40% aa.**

9. O economista de um banco prevê alta de juros para os próximos 6 meses (126 du). Baseado nesta previsão um fundo multimercado resolve montar uma posição para ganhar com o aumento da taxa de juros. O fundo atualmente aplica o seu PL de R\$ 100 milhões em CDB indexado ao DI. O gestor do fundo deseja alavancar em 300% o PL com um *swap* de 126 du, DI x Pré, taxa de 13,70% aa. Supondo que o cenário esperado tenha se materializado com uma taxa média de DI de 14% aa avalie o resultado do fundo.

**A carteira que vai alavancar o PL em 300% vai estar aplicada em R\$ 400 milhões na taxa DI. Para tanto o fundo deve manter o CDB indexado em DI e operar um *swap* de 126 du, ativo em DI e passivo em taxa pré-fixada de 13,70% aa, valor nominal do *swap* de R\$ 300 milhões.**

**Considerando essa posição, se a taxa DI do período ficar em 14% aa a carteira alavancada chega em 6 meses a um valor de mercado de R\$ 107.192.523,78, uma variação no PL de 14,90% aa.**

10. Um fundo *hedge* avalia que os próximos 2 meses serão muito bons para o mercado de ações. Baseado nisto o fundo resolve aplicar em uma carteira de ações idêntica ao IBRX. O patrimônio de R\$ 100 milhões do fundo está aplicado em uma LTN com vencimento em 42 du (2 meses) e taxa de 13,90% aa. O futuro de Ibovespa com vencimento em 42 du está cotado a 35.000 pontos sendo que o Ibovespa a vista está, hoje, em 34.400 pontos. Ao mesmo tempo um *Swap* Ibovespa x IBRX está sendo



cotado a: Variação do Ibovespa + 0,50% x IBRX para o horizonte de 42 du. Monte a estratégia do fundo que lhe dê um rendimento em IBRX. Suponha que o Ibovespa tenha subido 4,50% no período, o IBRX tenha subido 6,00%. Avalie o resultado do fundo.

**Se esse fundo comprasse contratos futuros de Ibovespa o fundo ficaria com uma posição indexada à esse índice. Porém, o gestor do fundo deseja atrelar o rendimento da carteira do fundo à variação do IBRX e não ao Ibovespa. Assim, o fundo deve, além de comprar contratos futuros de Ibovespa, operar um contrato *swap* ficando ativo em IBRX e passivo em Ibovespa.**

**A quantidade N de contratos futuros que deve ser comprada é dada por  $N = 100.000.000 / 34.400 = 2.907$  contratos, comprados a 35.000 pontos.**

**Simultaneamente o fundo deve operar um *swap* de valor nominal R\$ 100 milhões, mesmo vencimento do contrato futuro Ibovespa, ativo em IBRX e passivo em Ibovespa.**

**Assim, em 2 meses as LTNs irão valer R\$ 102.192.875,78. A posição comprada de 2.907 contratos gerará um resultado de  $2.907 \times (34.400 \times (1+0,045) - 35.000) = \text{R\$ } 2.755.836$ . Por último a operação de *swap* resultará em uma receita positiva igual a R\$ 1 milhão. Assim, o fundo terá um resultado global de R\$ 105.948.711,78, ou seja, um ganho de 5,95% no período.**

11. Uma multinacional está aplicando o seu caixa de R\$ 50 milhões em um CDB indexado ao DI. Em 195 du (289 dias) ela vai precisar remeter US\$ 22,50 milhões para o exterior. Que riscos que ela corre? Um *swap* DI x Variação US\$ mais juros está cotado a variação cambial mais 5,80% aa. O que ela deve fazer? Considerando que o US\$ de ontem e hoje está cotado a R\$ 2,19 e que o US\$ do vencimento tenha ficado em R\$ 2,50 e a taxa DI em 13,85% em média avalie o resultado do hedge proposto.

**Essa empresa corre 2 riscos: (i) queda na taxa DI e elevação da taxa de câmbio R\$ / US\$. Para eliminar esses 2 riscos ela pode operar um contrato de *swap* ficando ativa na ponta ( $\Delta\text{US\$} + \text{juros}$ ) e passiva na ponta DI, valor nominal do *swap* igual a R\$ 50 milhões.**

**Operando esse *swap* e considerando que a taxa de câmbio tenha ficado em R\$ 2,50/US\$ enquanto que a taxa DI ficou no período em 13,85% chega-se a resultado do *swap* igual a R\$ 4.456.113,10, a aplicação do CDB valerá R\$ 55.279.110,13. Assim, o resgate do CDB + resultado do *swap* gerará R\$ 59.735.223,24 o que permitirá a compra de US\$ 23.894.089,29. Aliás, essa mesma quantidade de US\$ poderá ser comprada qualquer que seja a taxa de câmbio do vencimento e a taxa DI do período.**

## CAP. IX

### Exercícios

- Um banco alugou títulos públicos com Duração Modificada igual a 2,0, vendeu-os no mercado e obteve R\$ 20 milhões. Ao mesmo tempo emitiu R\$ 80 milhões de CDB indexados a 100% da taxa DI, prazo de 252 du. O banco emprestou estes recursos para clientes, que irão devolver estes valores em 2 pagamentos semestrais: R\$ 60 milhões (126 du) e R\$ 60 milhões (252 du). (a) A qual taxa anual o banco emprestou os recursos? A controladoria do banco calcula diariamente o valor de mercado da carteira ativa (os empréstimos) e passiva (os CDBs e os títulos alugados). Suponha que no dia seguinte todas as taxas de juros tenham aumentado 0,50% (inclusive a taxa DI). Neste caso (b) o que aconteceu com o valor da carteira ativa, (c) passiva e (d) total?

**(a) O banco conseguiu um caixa de R\$ 100 milhões com o aluguel de papéis e a emissão de CDB. Como ele emprestou esse recurso para receber dois pagamentos semestrais de R\$ 60 milhões a taxa emprestada foi y tal que:**

$$100 = 60/(1+y)^{0,5} + 60/(1+y)^1 \text{ ou seja, } y = 27,84\% \text{ aa}$$

**A Duração Modificada da Ponta Passiva do Banco é igual a 0,40 e a Duração da Ponta Ativa é igual a 0,57.**

**Assim, considerando uma subida de 0,50% em todas as taxas de juros:**

- (b) A Carteira Passiva apresentou um aumento de valor de R\$ 2.000**
- (c) A Carteira Ativa apresentou uma redução de valor de R\$ 2.850**
- (d) A carteira total se desvalorizou R\$ 850,00**

- Considere uma carteira prefixada com as características abaixo. Sobre esta carteira foi executada uma operação com swap DI x Pré, R\$ 10 milhões, 512 du, ponta ativa DI, taxa 13,30% aa. Após esta operação as taxas aumentaram 2,0%aa. Determine o que aconteceu com o valor da carteira usando: (a) Duração; (b) Duração Modificada e Convexidade; (c) Compare os resultados (a) e (b) e aponte a diferença. Para todos os efeitos, a Convexidade de uma carteira é calculada de forma igual à Duração da carteira: média ponderada das convexidades individuais, peso dado pela participação de cada papel na carteira.

| Título | Valor Posição (R\$) | Duração Modificada | Convexidade |
|--------|---------------------|--------------------|-------------|
| A      | -18.500.000         | 0,30               | 0,80        |
| B      | -21.000.000         | 1,00               | 1,90        |
| C      | -10.500.000         | 1,40               | 2,80        |

A Duração Modificada e a Convexidade da Carteira original são, respectivamente,  $D = 0,825$  e  $C = 1,682$ .

A Duração Modificada e a convexidade do *SWAP* é de 1,765 e 4,674, respectivamente. Logo a Duração e a convexidade da carteira original após a operação de *SWAP* ficam, respectivamente, em 1,178 e 2,6168.

(a) Assim, considerando apenas a Duração Modificada de 1,178 da carteira, chegamos a um resultado positivo no valor da carteira de R\$ 1.178.000, ou seja, essa é uma carteira vendida e o aumento das taxas faz com que sua recompra no mercado custe R\$ 1.178.000 a menos em relação às taxas originais. Esse ganho de valor da carteira vendida está, porém, superestimado se for utilizado apenas a duração.

(b) Usando Duração e convexidade, chegamos a ganho de valor da ordem de R\$ 1.151.832,00.

(c) A diferença entre os dois cálculo é de (–) R\$ 26.168,00. Essa superestimação é devida ao fato que a Duração Modificada não leva em conta que a curva dos papéis possui uma convexidade com relação à taxa de juros.

3. A taxa de juros de 252 du é igual a 12,90% aa e a de 504 du é igual a 13,50% aa. Um fundo possui em carteira um papel que paga um valor de R\$ 10 milhões em 252 du e R\$ 10 milhões em 504 du. (a) Qual a taxa de mercado deste papel? (b) Qual o valor de mercado deste papel? (c) Qual a Duração de Macaulay, a Duração Modificada e a Convexidade deste papel? Suponha que a ETJ aumente de inclinação, a taxa de 252 du passando para 12,50% aa e a de 504 du para 14,00%; (d) Recalcule o valor do papel; (e) É possível usar a Duração Modificada para avaliar sua variação de preço?

(a) A TIR de mercado do papel é igual a 13,282% aa

(b) O preço de mercado desse papel é igual a r\$ 16.620.015,03

(c) A Duração de Macaulay, a Duração Modificada e a Convexidade são iguais a respectivamente: 1,467; 1,295 e 3,014.

**(d) Com a mudança na inclinação da curva de juros o preço do papel passa para R\$ 16.583.564,17**

**(e) A Duração Modificada isoladamente ou utilizada em conjunto com a convexidade só se prestam a calcular o efeito de mudanças paralelas na curva de juros.**

4. Um fundo de investimentos possui a carteira abaixo de títulos indexados ao IGMP. (a) Avalie o que acontece com o valor de mercado da carteira para cada 1% de alteração nas taxas de todos os papéis simultaneamente. O administrador do fundo está preocupado com o aumento da taxa de juros real e resolve mudar a Duração Modificada da carteira. Ele não sabe se deve aumentar a duração em 50% ou reduzir a duração em 50%. (b) O que ele deve fazer e por que? (C) Como ele deve implantar a estratégia que você desenhou em (b) usando um SWAP DI x (IGPM+juros reais), 2 anos, taxa real de juros de 7,50% aa.

| Papel | Valor Mercado | Duração Modificada |
|-------|---------------|--------------------|
| A     | 10.000.000    | 3,0                |
| B     | 30.000.000    | 2,0                |
| C     | 60.000.000    | 4,0                |

**a) Uma vez que a Duração Modificada da carteira seja igual a 3,300 o valor de mercado dessa carteira cai (sobe) 3,3% aproximadamente para cada 1% de aumento (queda) nas taxas de mercado acima do IGPM de todos os papéis.**

**b) Como se espera um aumento nas taxas de juros de mercado acima do IGPM a estratégia correta é reduzir a Duração da Carteira. Na questão seria uma redução de 50% no valor desta..**

**c) O swap proposto possui uma Duração modificada igual a 1,869. Assim para reduzir a Duração Modificada da carteira pela metade , fazendo com que a carteira sofra menos os efeitos de aumento nas taxas reais de juros deve-se operar o SWAP DI x Pré no valor nominal de R\$ 88.282.504,01, assumindo-se uma posição passiva em taxa pré no swap.**

5. A taxa de juros de 252 du é igual a 12,90% aa e a de 504 du é igual a 13,50% aa. Um fundo possui em carteira um papel que paga um valor de R\$ 10 milhões em 252 du e R\$ 10 milhões em 504 du. (a) Qual a taxa de mercado deste papel? (b) Qual o valor de mercado deste papel? (c) Qual a Duração de Macaulay, a Duração Modificada e a Convexidade deste papel? Suponha que a ETJ aumente de inclinação, a taxa de 252 du passando para 12,50% aa e a de 504 du para

14,00%; (d) Recalcule o valor do papel; (e) É possível usar a Duração Modificada para avaliar sua variação de preço?

- (a) A TIR de mercado do papel é igual a 13,282% aa**
- (b) O preço de mercado desse papel é igual a R\$ 16.620.015,03**
- (c) A Duração de Macaulay, a Duração Modificada e a Convexidade são iguais a respectivamente: 1,467; 1,295 e 3,014.**
- (d) Com a mudança na inclinação da curva de juros o preço do papel passa para R\$ 16.583.564,17**
- (e) A Duração Modificada isoladamente ou utilizada em conjunto com a convexidade só se prestam a calcular o efeito de mudanças paralelas na curva de juros.**

6. Considere uma NTN-F (papel prefixado, valor de face de R\$ 1.000) que paga cupom de juros de R\$ 48,00 em: (i) 24 du; (ii) 150 du; e (iii) 276 du (vencimento). Esta NTN-F é negociada em mercado a uma taxa de 13,20% aa. (a) Calcule e interprete a Duração de Macaulay, a Duração Modificada, a Duração em Valor e a Convexidade. Determine, usando (b) Duração e (c) usando a Duração e a Convexidade, o que acontece em \$ e em % com o valor deste papel se sua taxa aa sobe 0,50% .

- (a) A Duração de Macaulay da NTN-F é igual a 1,026 e mostra o prazo médio desse título, bem como quantos anos ele volta ao preço de sua trajetória inicial caso as taxas mudem. A Duração Modificada do papel é igual a 0,906, mostrando que esse papel perde (ganha) 0,906% no seu preço para cada 1% de aumento (redução) em sua TIR. A Duração em valor do papel é igual a R\$ 9,127 mostrando que o preço do papel cai (aumenta) desse valor para cada 1% de aumento (queda) na sua TIR. Finalmente sua convexidade é igual a 1,664. Esse coeficiente mostra o grau de convexidade da curva de preços dessa NTN-F e corrige o efeito da Duração Modificada.**
- (b) O preço de mercado dessa NTN-F é R\$ 1.006,949. Usando apenas a Duração o preço do papel cai 0,453%, ou seja, R\$ 4,563, no caso de sua TIR subir 0,50% aa.**
- (c) Usando a Duração e a convexidade a queda no preço do papel é corrigida para -0,451% ou seja, uma redução de R\$ 4,542 no seu preço.**

7. Os títulos brasileiros negociados no mercado externo foram beneficiados com a elevação do Brasil a Grau de Investimento (*Investment Grade*) pelas agências de *rating*. Com a nova classificação do Brasil o *spread* dos títulos brasileiro em relação a títulos americanos semelhantes se reduziu bastante. Por exemplo:  $\Delta \text{Spread}_{\text{Global } 10} = -0,80\%$  aa  $\Delta \text{Spread}_{\text{Global } 27} = -1,50\%$  aa. A Duração

Modificada destes títulos é a seguinte:  $D_{\text{Global } 10} = 5,0$ ;  $D_{\text{Global } 27} = 7,0$ . Sendo assim, avalie o que aconteceu com o valor de uma carteira de comprada em US\$ 20 milhões em Global 10 e US\$ 50 milhões em Global 27. Lembre-se que a TIR de mercado dos títulos brasileiros é igual à TIR dos títulos americanos mais o *spread*, ou seja, a TIR do título brasileiro é dado por  $YBR = YUS + \text{Spread}$  (a TIR dos títulos americanos não mudou).

**Para avaliar o que aconteceu com o valor da carteira deverá ser avaliado o efeito das mudanças nas taxas sobre cada papel isolado. O cálculo da Duração Modificada da carteira não tem serventia visto que as mudanças nas taxas foram desiguais.**

**Assim, a queda do *spread* de 0,80% no Global 10 leva a uma valorização de 4,00% no valor da carteira desse papel, ou seja um aumento de US\$ 800.000. Já a queda de 1,50 no *spread* do Global 27 leva a aumento de 10,50% no valor da carteira de Global 27, ou seja, uma variação positiva de US\$ 5.250.000. Assim, a carteira mostrou um aumento de valor de US\$ 6.050.000.**

8. Considere uma carteira de renda fixa com as seguintes operações: (i) título A com cupom semestral de juros de 6% ao semestre, valor de face \$ 5 milhões, vencimento em 12 meses; (ii) título B com cupom quadrimestral de juros de 5% ao quadrimestre vencendo também em 12 meses com valor de face igual a \$ 6 milhões. Uma posição comprada (comprada em taxa ou seja vendida em PU) de 50 contratos futuro DI com vencimento em 12 meses. Considerando que a taxa de juros de mercado é igual a 18% aa para qualquer maturidade: (a) Monte a carteira; (b) Determine a Duração de Macaulay e a Duração Modificada da Carteira e interprete estes coeficientes; (c) Determine e interprete a Convexidade da carteira

**A carteira possui a seguinte estrutura, considerando apenas os títulos:**

| Título   | Valor         | Duração Mod | Convex. |
|----------|---------------|-------------|---------|
| A        | 5.000.000,00  | 0,823       | 1,384   |
| B        | 6.000.000,00  | 0,807       | 1,353   |
| Carteira | 11.000.000,00 | 0,814       | 1,367   |

**O contrato futuro possui um PU de 84.745,76, Duração Macaulay igual a 1,0, Direção Modificada de 0,847 e Convexidade de 1,436. Assim, com uma posição comprada taxa de 50 Contratos Futuros DI, a carteira de títulos acrescida dos contratos futuros operados possui a seguinte característica:**

| Título      | Valor         | Duração Mod | Convex. |
|-------------|---------------|-------------|---------|
| Cart+Fut.DI | 11.000.000,00 | 0,488       | 0,814   |

**A convexidade mostra o grau de curvatura da curva da carteira em relação à taxa de juros.**

9. Considere uma carteira de valor de mercado igual a \$ 10 milhões. Esta carteira tem uma Duração Modificada igual a 1,30 e Convexidade igual a 2,0. Você deseja imunizar esta carteira para variações paralelas na estrutura de juros e para tanto vai usar de um contrato DI futuro com vencimento em 12 meses sendo que taxa de juros para esta maturidade é igual a 24% aa. Assim: (a) monte a operação de imunização desta carteira; (b) determine o que aconteceria com o valor da carteira original e com a carteira imunizada se a taxa de juros alterar +0,50% (c) idem para -3,0%.

**(a) O Pu desse contrato de Ibovespa é igual a 80.645,16129 pontos, sendo a Duração Modifica da Ponta Prefixada igual a 0,806 com Convexidade de 1,301.**

**Nesse caso, devemos comprar 200 contratos em taxa (vendendo 200 contratos em PU) de forma a zerar a Duração modificada da Carteira com os Contratos Futuros. A Carteira ficaria então:**

|                 |             | Valor         | Duração | Convexidade | W      |
|-----------------|-------------|---------------|---------|-------------|--------|
| Carteira        |             | 10.000.000,00 | 1,300   | 2,000       | 1,000  |
| DI Futuro       | Ponta Pré - | 16.129.032,26 | 0,806   | 1,301       | -1,613 |
|                 | Ponta DI    | 16.129.032,26 | 0,000   | 0,000       | 1,613  |
| Carteira+Futuro |             | 10.000.000,00 | -0,001  | -0,098      | 1,000  |

**(b) Considerando um aumento da taxa de juros de 0,50% a Carteira após a operação dos contratos futuros teria uma variação dP igual a:**

$$\begin{aligned}
 dP &= -P \times D_{\text{mod}} \times dy + P \times (C/2) \times dy^2 \\
 &= -\$10.000.000 \times -0,001 \times 0,005 + \$10.000.000 \times (-0,098/2) \times 0,005^2 = \\
 &= \$24,18, \text{ praticamente zero. A carteira estando imunizada para} \\
 &\text{variações iguais em todas as taxas de juros da Estrutura a Termo de} \\
 &\text{Juros}
 \end{aligned}$$

**(c) Para uma variação de -3% em todas as taxas de juros teremos uma variação dP no valor da carteira dado por:**

$$dP = -\$659,29$$



10. Um banco é muito ativo nos mercados de *swap* DI x Pré possuindo uma carteira com centenas de contratos de *swap* abertos com diversos clientes, diversos vencimentos. A ponta pré destes contratos de *swap* soma, hoje, \$ –200 milhões, ou seja, o valor dos *swaps* onde o Banco está passivo pré é maior que o valor onde ele está ativo pré. A duração modificada desta carteira é igual a 1,50. O economista deste banco prevê boas chances de quedas fortes na taxas de juros. O que aconteceria com esta carteira no caso das taxas de juros caírem 1,20%? Caso você decida reduzir a Duração da carteira para 0,50 usando um *Swap* de 504 du, taxa de 13% aa como isto poderia ser feito?

Usando uma aproximação de primeira ordem para avaliar o que acontece com o valor da carteira de *Swaps* quando a taxa de juros cai 1,20 % (queda igual para todas as maturidades) temos que:

$dP = -P \times D_{mod} \times dy = -(-200.000.000) \times 1,50 \times (-0,012) = \$ 3.600.000$  ou seja, o Banco teria um ganho da ordem de R\$ 3.600.000 no caso de zerar a carteira de *Swaps* no mercado.

Por outro lado, para levar a Duração Modificada da Carteira para 0,50 o gestor do Banco deve dar um *Swap* de 2 anos de valor nominal de R\$ 113 milhões, ficando ativo em R\$ 113 milhões na ponta pré do *Swap*.

|                   |           | Valor            | Duração | W      |
|-------------------|-----------|------------------|---------|--------|
| Carteira de Swaps |           | - 200.000.000,00 | 1,500   | 1,000  |
| Swap              | Ponta Pré | 113.000.000,00   | 1,770   | -0,565 |
|                   | Ponta DI  | - 113.000.000,00 | 0,000   | 0,565  |
| Carteira+Futuro   |           | - 200.000.000,00 | 0,500   | 1,000  |

11. O patrimônio líquido do banco está representado por um caixa no valor de R\$ 80 milhões. Para reforçar o seu caixa este banco captou R\$ 20 milhões no mercado através da emissão de CDBs prefixados (cupom zero), 252 du, taxa de 13% aa. Os R\$ 100 milhões foram integralmente emprestados para clientes que vão devolver o empréstimo com um único pagamento em 126 du, taxa de 16% aa. Supondo que as taxas de juros caiam 3% avalie o efeito deste movimento sobre o resultado do banco usando duração e convexidade.

Os R\$ 80 milhões do caixa possuem Duração e Convexidade iguais a zero. Já o CDB possui Duração Modificada igual a 0,885 e Convexidade de 1,566. Já o empréstimo feito possui Duração Modificada de 0,431 e Convexidade de 1,115. Assim, no caso das taxas de juros caírem 3% o valor de mercado da captação pelo CDB do Banco tem uma queda de valor de R\$ 545.070,09, enquanto que o empréstimo tem uma valorização de R\$ 1.343.266,94, resultando em um ganho líquido de R\$ 798.196,85 para o Banco.

12. Um banco é muito ativo nos mercados de *swap* DI x Pré possuindo uma carteira com centenas de contratos de *swap* abertos com diversos clientes, diversos vencimentos. A ponta pré destes contratos de *swap* soma, hoje, \$ –200 milhões, ou seja, o valor dos *swaps* onde o Banco está passivo pré é maior que o valor onde ele está ativo pré. A duração modificada desta carteira é igual a 1,50. O economista deste banco prevê boas chances de quedas fortes na taxas de juros. O que aconteceria com esta carteira no caso das taxas de juros caírem 1,20%? Caso você decida reduzir a Duração da carteira para 0,50 usando um *Swap* de 504 du, taxa de 13% aa como isto poderia ser feito?

**Considerando que a ponta prefixada da carteira de *swaps* tenha valor de –R\$ 200 milhões com Duração modificada de 1,50, a ponta DI soma +R\$ 200 milhões com Duração Modificada igual a zero. Nesse caso, se a taxa pré cair 1,20% aa em todas as maturidades, o resultado para o Banco é igual à seguinte expressão:  $dP = -P \times dy \times D = -(-200.000.000) \times -0,012 \times 1,50$ , ou seja uma perda de R\$ 3.600.000 no valor da carteira.**

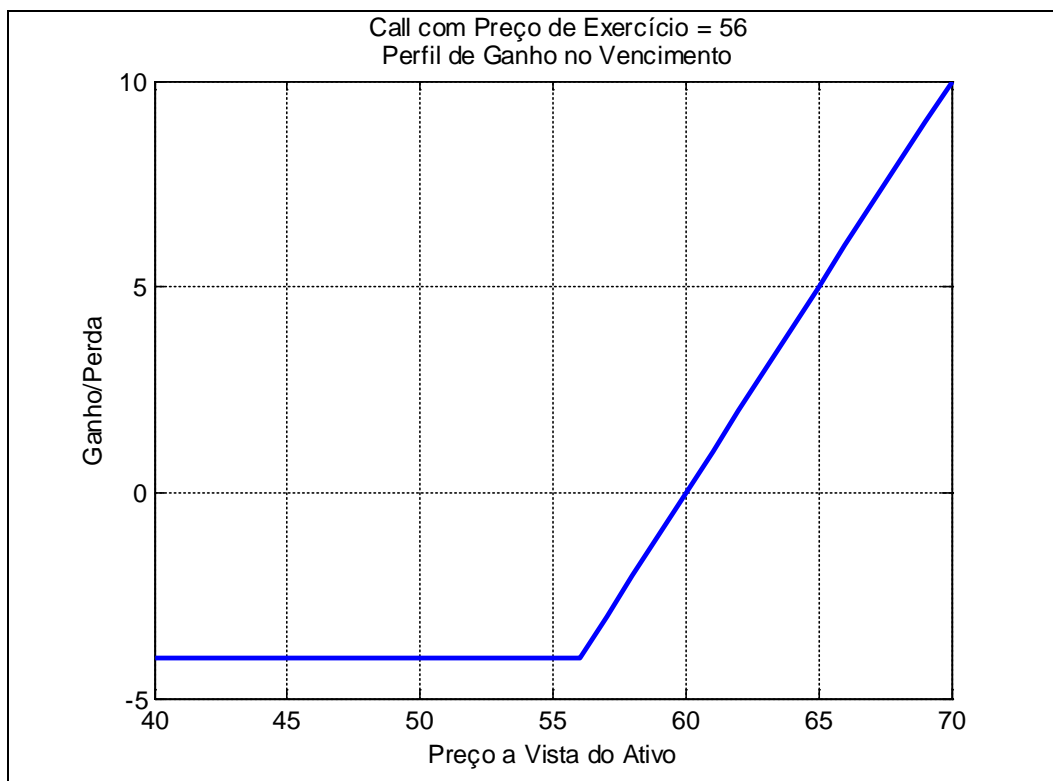
**Para reduzir a Duração Modificada da Ponta Prefixada dessa carteira de *swaps* usando um *Swap* de 504 du (2 anos) e taxa de 13% aa basta ver que a Duração Modificada da Ponta Pré desse *swap* é igual a  $D = 2 / (1+0,13) = 1,77$ , e logo deve-se operar esse *swap* de 2 anos com um valor nominal de R\$ 157.491.701 na ponta pré. Esse *swap* de 2 anos fará com que a carteira de *swaps* passe de uma Duração Modificada de 1,50 para 0,50.**

13. O patrimônio líquido do banco está representado por um caixa no valor de R\$ 80 milhões. Para reforçar o seu caixa este banco captou R\$ 20 milhões no mercado através da emissão de CDBs prefixados (cupom zero), 252 du, taxa de 13% aa. Os R\$ 100 milhões foram integralmente emprestados para clientes que vão devolver o empréstimo com um único pagamento em 126 du, taxa de 16% aa. Supondo que as taxas de juros caiam 3% avalie o efeito deste movimento sobre o resultado do banco usando duração e convexidade.

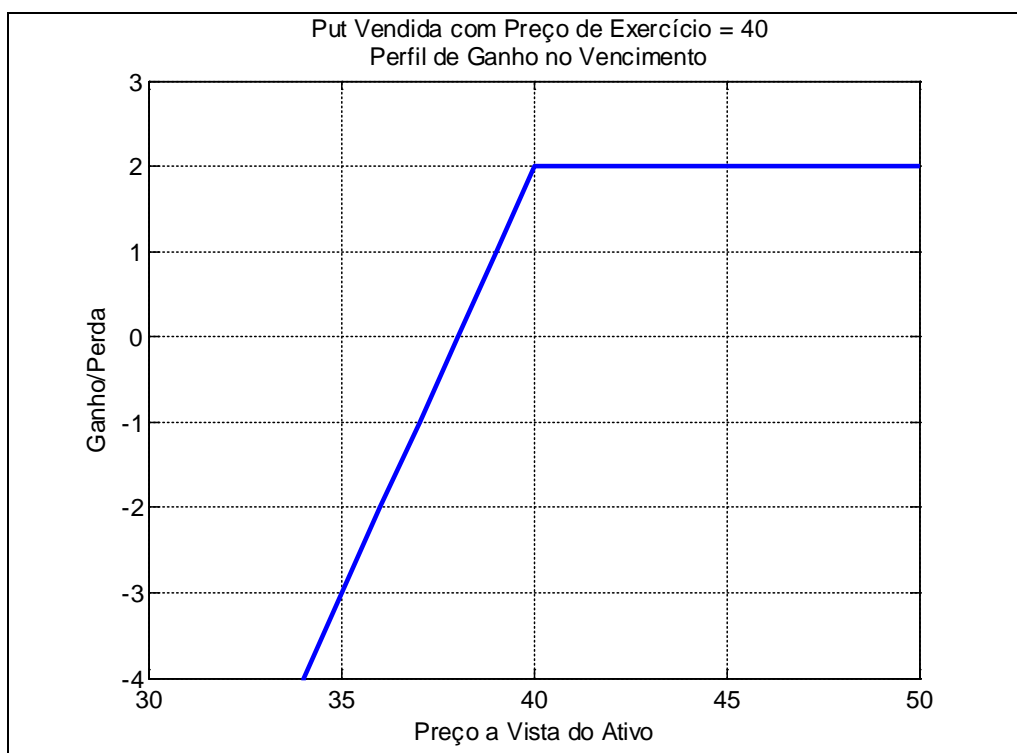
**Os R\$ 80 milhões do caixa possuem Duração e Convexidade iguais a zero. Já o CDB possui Duração Modificada igual a 0,885 e Convexidade de 1,566. Já o empréstimo feito possui Duração Modificada de 0,431 e Convexidade de 1,115. Assim, no caso das taxas de juros caírem 3% o valor de mercado da captação pelo CDB do Banco tem uma queda de valor de R\$ 545.070,09, enquanto que o empréstimo tem uma valorização de R\$ 1.343.266,94, resultando em um ganho líquido de R\$ 798.196,85 para o Banco.**

## Cap. XI – Propriedades das Opções

1. O investidor terá lucro quando o preço do ativo ultrapassar R\$ 60. A figura abaixo mostra o perfil de ganho/perda da call comprada.



2. O investidor terá prejuízo se o preço a vista cair abaixo de R\$ 38. O gráfico abaixo mostra o perfil de ganho/perda no vencimento.



3. Pela paridade *put-call* temos que  $C = P + S - Xe^{-rT}$ , ou seja, uma posição vendida em *call* e comprada em *put* pode ser escrita como  $P - C = -(S - Xe^{-rT})$ . Assim, a posição tem o perfil de ganho/perda similar ao de uma posição vendida a termo.
4. A paridade *put-call* fornece a resposta.
  - a) para ativo sem dividendos,  $C = P + S - Xe^{-rT} \Rightarrow S = Xe^{-rT}$  quando  $C=P$ ;
  - b) para futuros,  $C = P + (F - X)e^{-rT} \Rightarrow F=X$  quando  $C=P$ .
5. A *put* europeia ficará mais cara, pois o efeito de um aumento no dividendo é similar ao de uma diminuição no preço do ativo.
6. A opção de compra americana tem valor igual ou maior que a europeia. Por arbitragem, o limite mínimo do valor da *call* europeia é dado por  $C > S - Xe^{-rT}$ . Como  $S - Xe^{-rT} > S - X =$  valor intrínseco, o ganho associado ao exercício da *call* é menor que o valor mínimo desta *call*; portanto vale a pena vendê-la em vez de exercê-la.
7. A *put* americana não pode valer menos que o seu valor intrínseco porque, se isso ocorrer, existe a possibilidade de um ganho de arbitragem: investidor faz um empréstimo no banco, compra a *put* e imediatamente a exerce, gerando um lucro positivo após devolver o dinheiro ao banco.
8. A *call* europeia não pode valer menos que o seu valor intrínseco, pois o seu valor mínimo é  $S - Xe^{-rT}$ , que já é maior que o valor intrínseco. A *put* europeia pode valer menos que o seu valor intrínseco, pois o seu valor mínimo é  $Xe^{-rT} - S$ , que é menor que o valor intrínseco.
9. Um aumento na volatilidade aumenta o preço da *call* e da *put*, pois significa maior oscilação no preço do ativo. A variação no preço do ativo que favorece o preço do ativo tem pleno efeito sobre o preço da opção; a variação que desfavorece tem o efeito limitado pela função  $\text{Max}(\bullet, 0)$

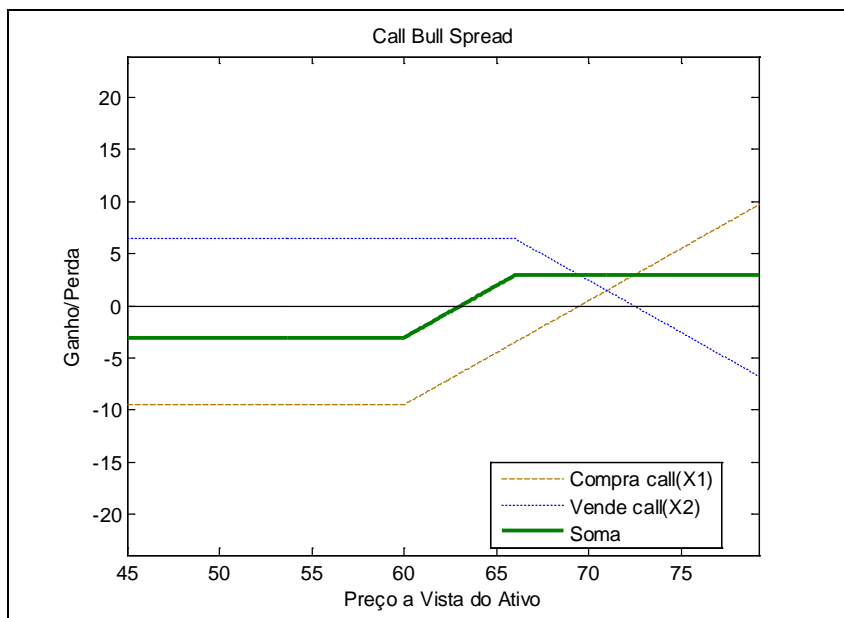
## Cap. XII – Estratégias com Opções

1. Os resultados das estratégias são:

a) Trava de alta com c(60) e c(66)

Custo da Estratégia = 3,06427

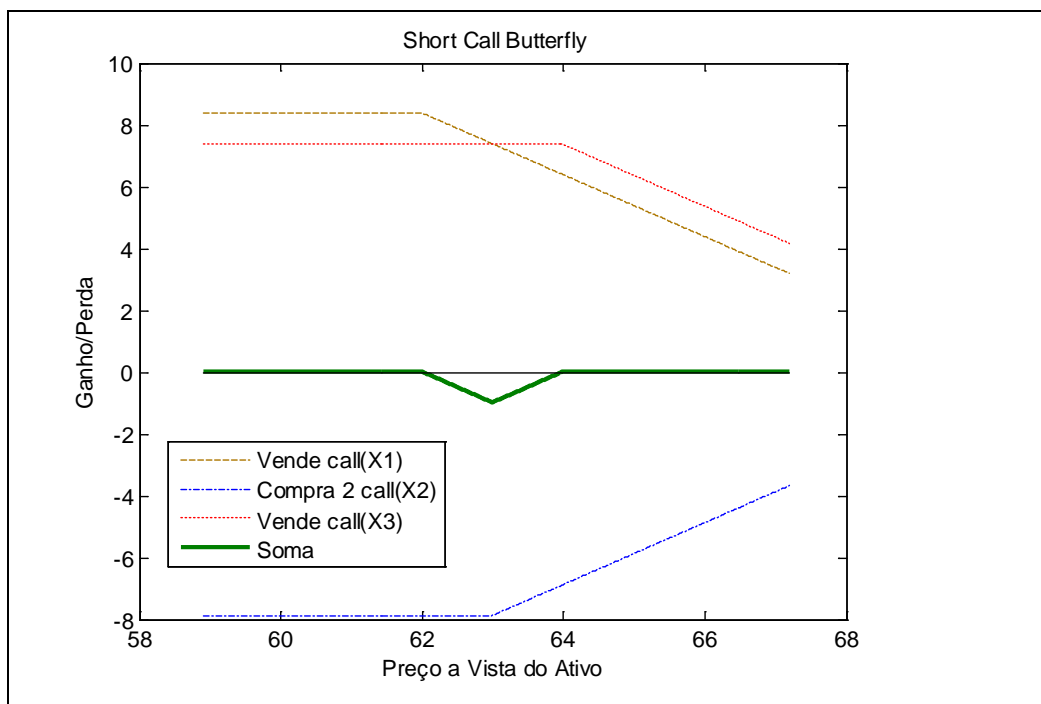
Ganho Máximo = 2,93573



b) *Short Call Butterfly* com c(62), c(63), c(64)

Perda Máxima = 0,97591

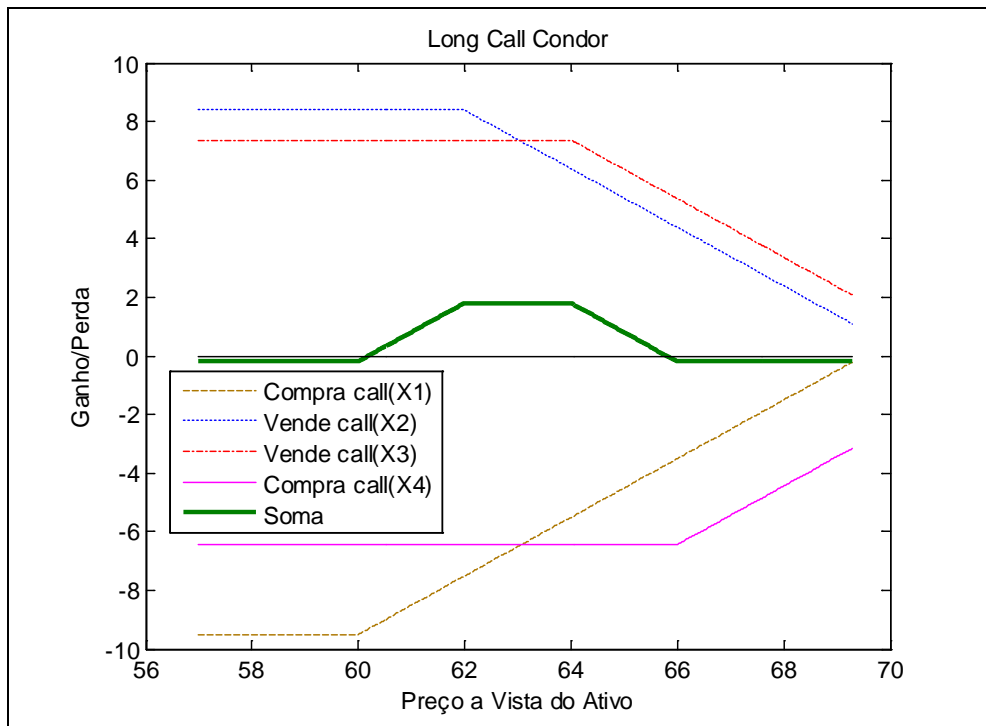
Receita da Estratégia = 0,02409



c) *Long Call Condor* com  $c(60)$ ,  $c(62)$ ,  $c(64)$ ,  $c(66)$

Custo da Estratégia = 0,19218

Ganho Máximo = 1,80782

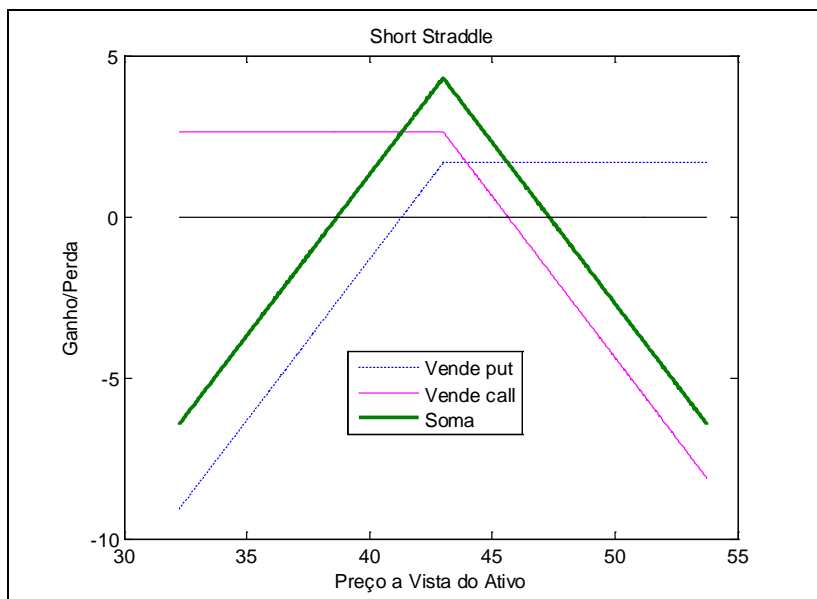


2. Os resultados das estratégias são:

a) *Short Straddle* com  $c(43)$  e  $p(43)$

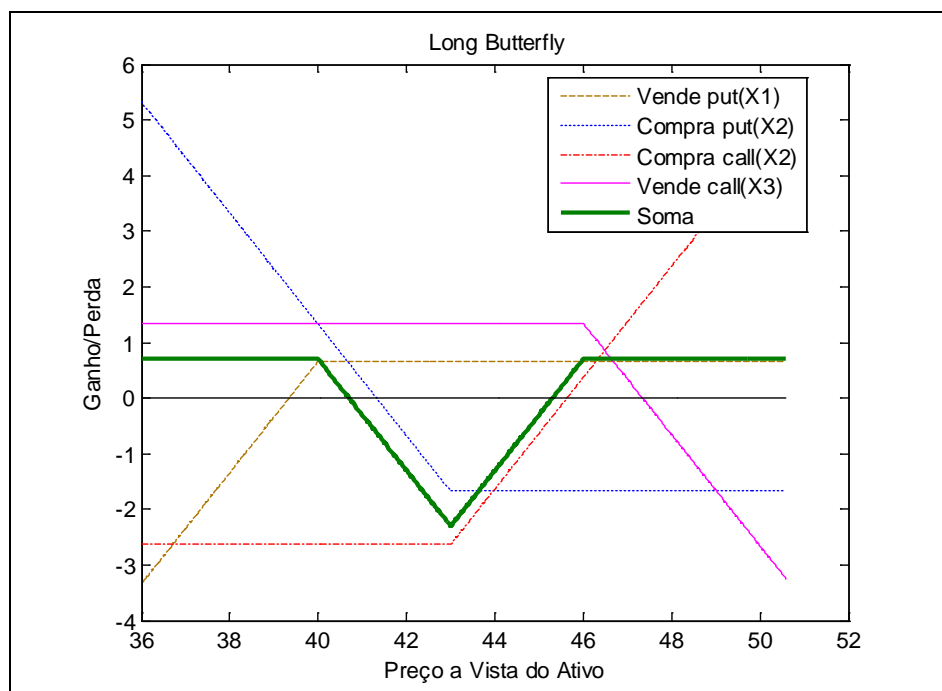
Receita da Estratégia = 4,30654

Perda Máxima = sem limite

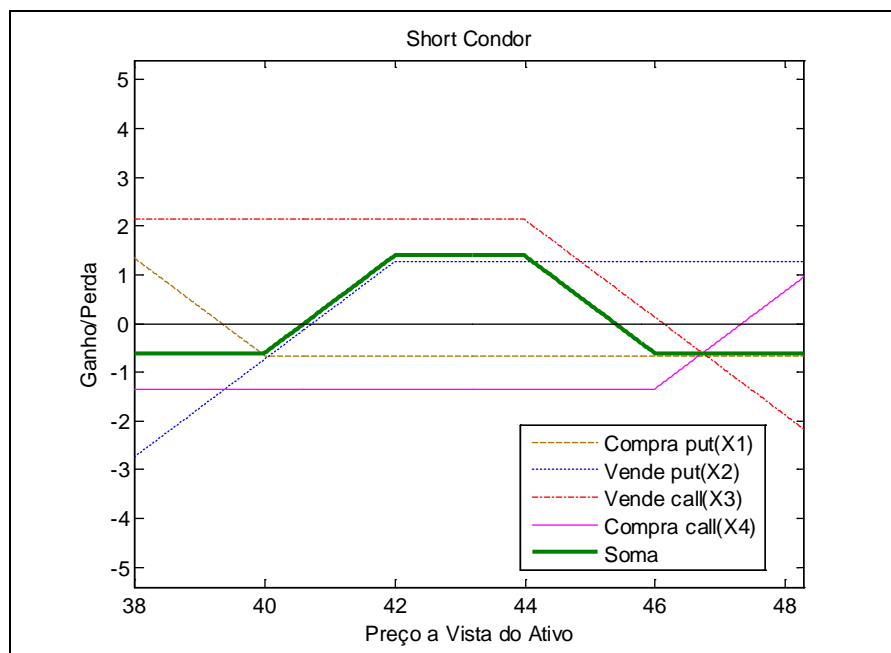


b) *Long Butterfly* com  $p(40)$ ,  $c(43)$ ,  $p(43)$ ,  $c(46)$

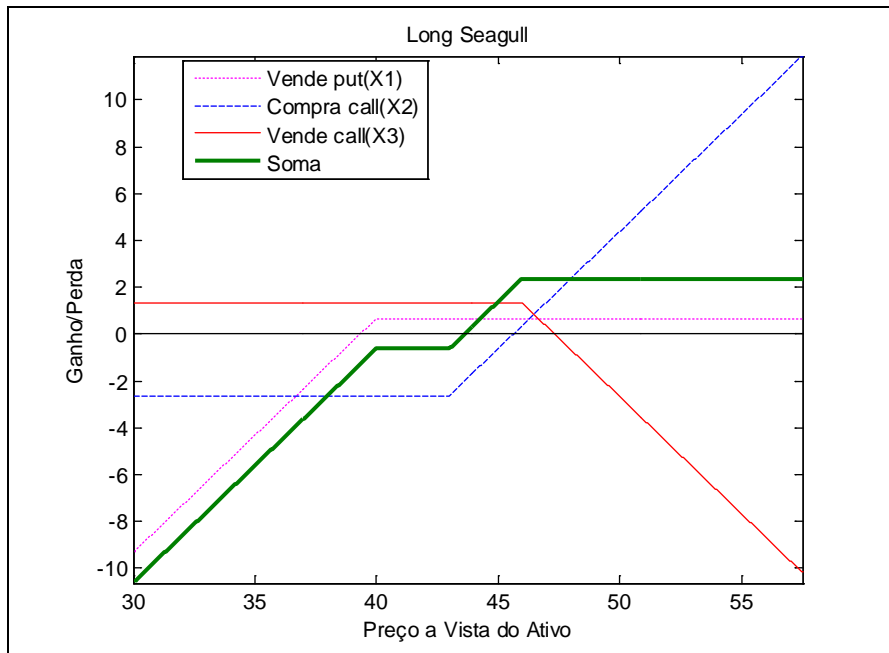
Custo da Estratégia = 2,30095  
Ganho Máximo = 0.69905



c) *Short Condor* com p(40), p(42), c(44), c(46)  
Perda Máxima = 0,60493  
Receita da Estratégia = 1,39507



d) *Seagull* com p(40), c(43) e c(46)  
Ganho Máximo = 2,3740  
Custo da Estratégia = 0,62603



3. As estratégias de venda de volatilidade são:

- long call butterfly*: investidor tem máximo ganho se o preço do ativo não se mover;
- short condor*: investidor tem máximo ganho se o preço do ativo ficar entre os dois preços de exercício intermediários (que são as opções vendidas)
- short straddle*: investidor tem máximo ganho se o preço do ativo não se mover e as duas opções foram vendidas ATM.

A estratégia d) *short put condor* é de compra de volatilidade e o investidor tem máximo ganho se o preço do ativo ficar fora do intervalo dos dois preços de exercício intermediários (que foram as opções compradas).

- O *long strangle* é mais caro, pois o *long condor* nada mais é do que uma forma de baratear o *long strangle* através da venda de uma *put* bem OTM e de uma *call* bem OTM.
- A compra da *call* e a venda da *put* com o mesmo preço de exercício trava um preço de compra para o ativo. No vencimento, se  $S(T) > X$ , o investidor exerce a *call* e não é exercido na *put*: compra portanto o ativo por  $X$ . Se  $S(T) < X$ , o investidor não exerce a *call* e é exercido na *put*, sendo obrigado a comprar o ativo por  $X$ . O caso  $S(T) = X$  pode ser colocado num dos casos acima.
- A compra da *put* e a venda da *call* com o mesmo preço de exercício trava um preço de venda para o ativo. No vencimento, se  $S(T) < X$ , o investidor exerce a *put* e não é exercido na *call*: vende portanto o ativo por  $X$ . Se  $S(T) > X$ , o investidor não exerce a *put* e é exercido na *call*, sendo obrigado a vender o ativo por  $X$ . O caso  $S(T) = X$  pode ser colocado num dos casos acima.
- Long Box* consiste em comprar uma *call* e vender uma *put* a um preço de exercício  $X_1$  e vender uma *call* e comprar uma *put* a um preço de exercício  $X_2$ ,  $X_2 > X_1$ , todas para um mesmo vencimento.



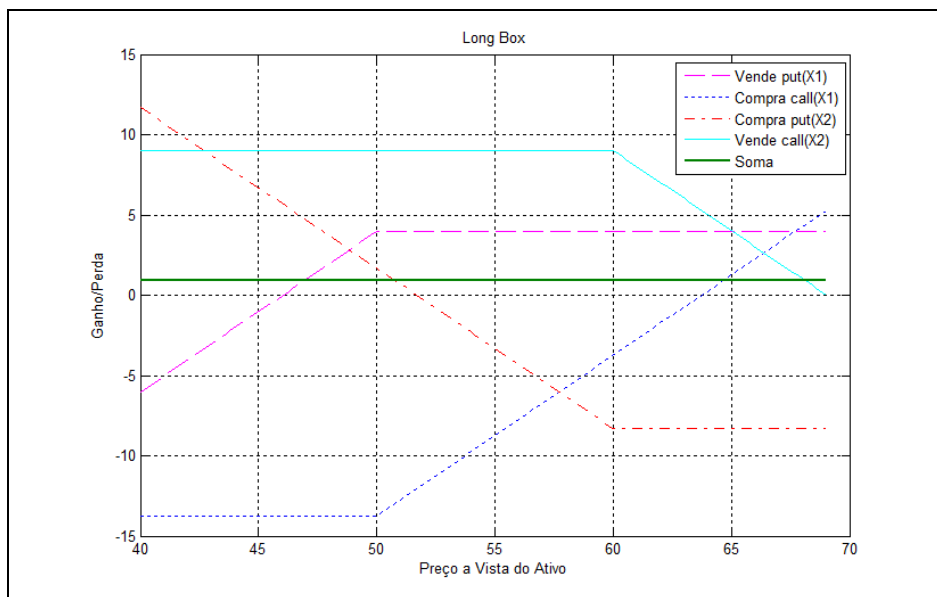
Custo da Estratégia = 9,0484.

No vencimento, a receita será constante e igual à diferença entre os preços de exercício, pois a compra da c (50) e venda da p (50) travam um preço de compra = 50 no vencimento; a venda da c (60) e compra da p (60) travam um preço de venda = 60 no vencimento.

Portanto  $\text{Ganho} = \text{Receita em } T - \text{Gasto em } t = (60 - 50) - 9,0484 = 0,9516$  constante qualquer que seja o preço do ativo no vencimento. Em particular é válido se  $S(T)=53$ .

Em termos percentuais, o ganho será  $g = \frac{60 - 50}{9,0484} - 1 = 10,52\%$  ou 10% em 1 ano em

taxa contínua ( $e^{0,1} - 1 = 10,52\%$ ). Esse resultado era o esperado, pois a estratégia replica uma aplicação em renda fixa à taxa de juros livre de risco.



## Cap. XIII – Modelos de Precificação de Opções

1. Precificação neutra ao risco consiste em achar o preço de uma opção usando o valor esperado do valor da opção no vencimento sob a hipótese de que a distribuição de probabilidade subjacente é aquela válida num mundo neutro ao risco e não a verdadeira distribuição empírica. Isso permite descontar esse valor esperado pela taxa de juros livre de risco e o investidor não tem de estimar um "prêmio de risco" para fazer o desconto.
2. Se o valor esperado for calculado usando uma distribuição de probabilidade neutra ao risco, é correto fazer o desconto pela taxa de juros livre de risco. Se o valor esperado for calculado usando a distribuição empírica (que embute um prêmio pela aversão ao risco do investidor), então será preciso estimar um prêmio de risco. Como isso é muito complicado, faz mais sentido trabalhar com as hipóteses do mundo neutro ao risco.

3. A equação de B&S para a *call* europeia é

$$c(t) = S(t)N(d1) - Xe^{-r(T-t)}N(d2)$$

Usando a relação  $N(-d) = 1 - N(d)$  e a paridade *put-call*:  $c = p + S - Xe^{-rT}$  chega-se à fórmula da *put* europeia:  $p(t) = Xe^{-r(T-t)}N(-d2) - S(t)N(-d1)$

4. Para calcular o preço da *put* europeia pelo modelo Black76 é preciso obter o preço futuro do dólar (R\$/1.000 US\$):

$$F = 1.000 \times 2,15 \times \frac{1,115^{42/252}}{1 + 0,035 \times \frac{60}{360}} = 2.176,66;$$

transformando a taxa de juros livre de risco em taxa contínua:  $r = \ln(1,115) = 10,89\%$ .

Usando na fórmula do Black76 os valores:  $F = 2.176,66$ ;  $X = 2.200$ ;  $\sigma = 15\%$ ;  $r = 10,89\%$ ; prazo =  $42/252$  chega-se ao preço 64,7432; multiplicando por 50 para ficar consistente com o tamanho do contrato de opção (US\$ 50 mil) chega-se a um preço da opção por contrato de R\$ 3.237,16.

O mesmo resultado é achado se na fórmula de Garman-Kohlhagen usarmos  $S = 2.150$ ;  $X = 2.200$ ;  $r_D = 10,89\%$ ;  $\sigma = 15\%$ ; prazo =  $42/252$  e

$$r_E = \frac{252}{42} \times \ln \left( 1 + 0,035 \times \frac{60}{360} \right) = 3,49\%.$$

5. Para calcular o preço da *call* americana é preciso obter o preço a vista descontando o valor presente do dividendo:  $S^* = 20 - 0,35xe^{-0,11 \times 18/252} = 19,6527$ ;

é preciso também subtrair o dividendo do preço de exercício:

$$X^* = 19 - 0,35 = 18,65$$

Usando, na fórmula de B&S,  $S^*$ ;  $X^*$ ;  $r = 11\%$ ;  $\sigma = 35\%$ ; prazo =  $42/252$ , chega-se ao preço da opção de compra americana = 1,8813.

6. O preço da *put* será dado por:

$$p = 75e^{-0,12 \times 45/252} \times (1 - N(d2)) - 70 \times (1 - N(d1)) = 5,5808$$

Apenas como complemento, a volatilidade "implícita" é 30%.

7. Usando na fórmula de B&S sem dividendo com os dados:  $S=144.000$ ;  $X=147.800$ ;  $r=\ln(1,08)$ ;  $\sigma=0,25\%$ ; prazo =  $85/252$ , obtém-se o preço da call = 77,2567. Alternativamente, pode-se usar a fórmula de Black76, fazendo

$$F = 144.000 \times 1,08^{85/252} = 147.787,05 \text{ e } PU = \frac{100.000}{1,08^{85/252}} = 97.437,50$$

8. A taxa do CDB equivale a 104,87% da taxa efetiva do DI futuro. Portanto o investidor deve negociar  $N = \frac{10.000.000}{144.000} \times 1,0487 \approx 73$  contratos de opção de compra sobre o IDI.

O gasto total do investidor será:  $10.000.000 + 77,2567 \times 73 = 10.005.639,74$

O ganho na posição de opções no vencimento será:

$$\text{ganho}_{\text{opção}} = \max(144.000 \times 1,09^{85/252} - 147.800, 0) \times 73 = 32.645,84$$

O ganho com o CDB será:  $10.000.000 \times (1,084^{85/252} - 1) = 275.795,02$

O ganho total fica:  $275.795,02 + 32.645,84 = 308.440,87$ ,

que equivale a 104,52% da taxa efetiva do DI observada, menor mas bem próxima da que existia no momento da operação.

9. Usando o mesmo raciocínio do exercício 7) acima, obtém-se o preço da put = 193,23

10. O CDB pós-fixado paga o equivalente a uma taxa prefixada efetiva de 3,9194% . O investidor deve negociar  $N = \frac{6.000.000}{143.250} \times 1,05 \approx 44$  contratos de opção de venda sobre o IDI.

O gasto total do investidor será:  $6.000.000 + 193,23 \times 44 = 6.008.502,15$

O ganho na posição de opções no vencimento será:

$$\text{ganho}_{\text{opção}} = \max(148.700 - 143.250 \times 1,07^{120/252}) \times 44 = 33.420,64$$

A taxa efetiva equivalente a 105% do DI observado será 3,4380%

O ganho com o CDB será:  $6.000.000 \times 0,03438 = 206.281,13$

O ganho total fica:  $33.420,64 + 206.281,13 = 239.701,77$

que equivale a uma taxa efetiva prefixada de 3,9894% (bem próxima da taxa prefixada do início da operação)

## Cap. XIV – Hedge com Opções

1. O delta da C(18) = 0,83582 significa que é necessário vender cerca de 84 ações para cada lote de 100 opções compradas a fim de se proteger das variações lineares no preço do ativo.
2. Significa que a passagem de um dia implica que a opção perde cerca de 1,2 centavos de valor, tudo o mais constante ( $-3,02425/252 = -0,012$ ).
3. O vega igual a 3,98439 significa que, se a volatilidade aumentar 1%, tudo o mais constante, o preço da opção sobe cerca de 3,98 centavos ( $3,98439 \times 0,01 = 0,0398$ ).

4. Delta Monetário:  $\$ \Delta = 100 \times 20 \times 0,83582 + 200 \times 20 \times 0,35927 = 3.108,72$  e significa que a carteira de opções "equivale" a uma carteira só com o ativo subjacente valendo R\$ 3.108,72.

Gama Monetário:  $\$ \Gamma = 100 \times 0,08248 \times \frac{20^2}{100} + 200 \times 0,12462 \times \frac{20^2}{100} = 132,69$  e significa que o delta da carteira deve variar R\$ 132,69 para cada 1% de variação no preço do ativo subjacente.

5. Os gregos da long call butterfly estão na tabela abaixo:

|          |         |          |         |          |
|----------|---------|----------|---------|----------|
| gasto    | delta   | gama     | teta    | vega     |
| 1,01962  | 0,04939 | -0,09769 | 1,76231 | -2,93083 |
| ro       | gmax    | gmin     |         |          |
| -0,00794 | 1,98038 | -1,01962 |         |          |

O delta é praticamente nulo, indicando que ela não tem risco direcional; o gama e o vega são negativos, indicando que ela é uma estratégia vendida em volatilidade: se a volatilidade subir, perde dinheiro, se cair ganha. A estratégia implica um gasto inicial de R\$ 1,01962 e permite um ganho máximo de R\$ 1,98038.

6. É preciso calcular o vega da carteira:

$$vega = 3 \times 2,47437 - 8 \times 3,73857 - 4 \times 2,56356 = -32,7397$$

Isso quer dizer que a estratégia é vendida em volatilidade e se essa cair 1%, a estratégia ganhará R\$ 0,327397.

7. Fazendo a aproximação delta-gama-vega, o novo preço estimado da opção será:

$$c_{novo} = 1,02681 + 0,47995x(-2) + \frac{1}{2} \times 0,13281x(-2)^2 + 3,98439 \times 0,05 = 0,5317$$

O verdadeiro preço nas novas condições é 0,4703.

8. É preciso calcular o teta da carteira:

$$\Theta = 3x(-3,15316) + 2x(-1,92314) = -13,3058$$

A variação no valor da carteira após ter decorrido um dia será:

$$-13,3058x \frac{1}{252} = -0,0528, \text{ ou seja, a carteira perderá cerca de 5 centavos.}$$

9. O delta da carteira é 3,3367. O gama da carteira é 1,0963. Para fazer o delta hedge é preciso vender 3,3367 unidades do ativo. Para fazer o delta-gama hedge é preciso vender 8,7973 da C(22) e vender 0,1761 unidades do ativo.

10. É preciso lembrar que o delta da *put* pode ser obtido a partir do delta da *call*:

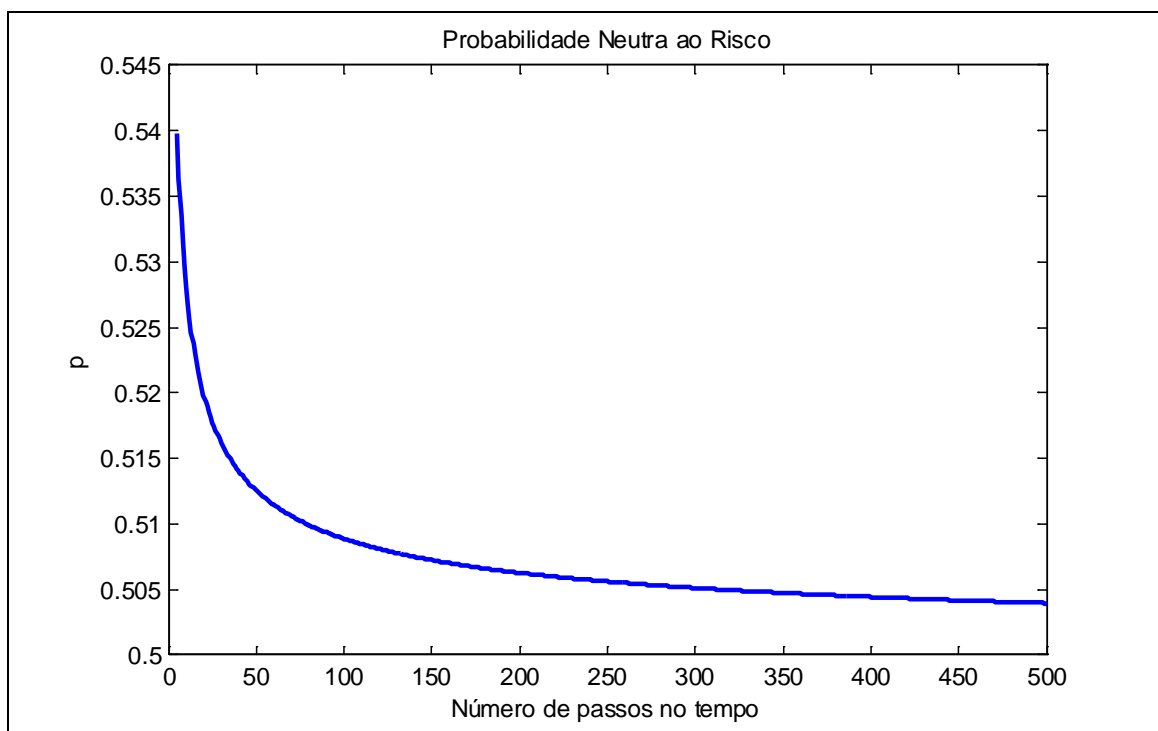
$$\Delta_p = \Delta_c - 1. \text{ Assim, o delta da carteira fica:}$$

$$\Delta_{carteira} = 20x(0,60834 - 1) + 50x(0,17349 - 1) = -49,1587$$

Portanto o delta hedge é feito comprando 49,1587 unidades do ativo.

## Cap. XV – Binomial

1. Probabilidade neutra ao risco ( $p$ ) mostra qual a probabilidade de se passar para um estado de alta no preço do ativo um passo adiante no tempo; seu complemento ( $1-p$ ) mostra a probabilidade de se passar para um estado de baixa. Ela é construída sob a hipótese de que estamos num mundo neutro ao risco. O fator de subida é o fator pelo qual deve-se multiplicar o preço do ativo atual para se chegar ao novo preço no momento seguinte, supondo que o preço do ativo tenha subido. O fator de descida é o fator multiplicativo para se chegar ao novo preço no momento seguinte, supondo que o preço do ativo tenha caído.
2. Simulando a construção de árvores binomiais com número diferente de passos no tempo chega-se ao gráfico abaixo, que mostra a convergência da probabilidade neutra ao risco para 0,5.



3. Probabilidade de alta  $p = 0,539827139616409$ ; fator de subida  $u = 1,057493726399012$ ; fator de descida  $d = 0,945632087487847$ .

4. A árvore do preço do ativo fica:

|         |         |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 40,0000 | 42,2997 | 44,7317 | 47,3035 | 50,0232 | 52,8992 |
|         | 37,8253 | 40,0000 | 42,2997 | 44,7317 | 47,3035 |
|         |         | 35,7688 | 37,8253 | 40,0000 | 42,2997 |
|         |         |         | 33,8241 | 35,7688 | 37,8253 |
|         |         |         |         | 31,9852 | 33,8241 |
|         |         |         |         |         | 30,2462 |

5. A árvore de preços da *put* europeia fica:

|        |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0,6939 | 0,2187 | 0,0167 | 0      | 0      | 0      |
|        | 1,2604 | 0,4585 | 0,0366 | 0      | 0      |
|        |        | 2,2177 | 0,9595 | 0,0799 | 0      |
|        |        |        | 3,7226 | 2,0039 | 0,1747 |
|        |        |        |        | 5,7875 | 4,1759 |
|        |        |        |        |        | 7,7538 |

6. A árvore de preços da *put* americana fica:

|        |        |        |               |               |        |
|--------|--------|--------|---------------|---------------|--------|
| 0,7723 | 0,2405 | 0,0167 | 0             | 0             | 0      |
|        | 1,4063 | 0,5061 | 0,0366        | 0             | 0      |
|        |        | 2,4808 | 1,0635        | 0,0799        | 0      |
|        |        |        | <b>4,1759</b> | <b>2,2312</b> | 0,1747 |
|        |        |        |               | <b>6,0148</b> | 4,1759 |
|        |        |        |               |               | 7,7538 |

os valores em negrito estão nos nós com exercício antes do vencimento

7. Delta da *put* americana = - 0,2606; gama da *put* americana = 0,0811.

8. O fator de subida será  $u=1,15$  e o fator de descida  $d = 0,87$ . A probabilidade de subida será:  $p = \frac{e^{0,12 \times 0,25} - 0,87}{1,15 - 0,87} = 0,573051906976846$ .

A árvore do preço do ativo fica:

|         |         |         |
|---------|---------|---------|
| 50,0000 | 57,5000 | 66,1250 |
|         | 43,5000 | 50,0250 |
|         |         | 37,8450 |

A árvore do preço da *call* europeia fica:

|        |        |         |
|--------|--------|---------|
| 4,9984 | 8,9777 | 16,1250 |
|        | 0,0139 | 0,0250  |
|        |        | 0       |

portanto o preço justo da *call* é 4,9984.

9. A árvore do preço da *put* europeia fica:

|        |        |         |
|--------|--------|---------|
| 2,0866 | 0      | 0       |
|        | 5,0362 | 0       |
|        |        | 12,1550 |

portanto o preço da *put* europeia é 2,0866.

Pela paridade *put-call*,  $c = 2,0866 + 50 - 50x e^{-0,12 \times 0,5} = 4,9984$ , confirmando a validade dessa relação.

## Cap. XVI – Volatilidade Histórica e Implícita

1. O preço da *call* (25) é 2,1119. Se o preço da *call* (25) for para 1,9, a volatilidade implícita será 30,60%.
2. A volatilidade implícita da *call* (27) é 42,14%. A volatilidade implícita da *call* (26), por interpolação linear, é 36,37%.
3. As volatilidades são  $\sigma_{25p} = 14,95\%$ ;  $\sigma_{25c} = 15,85\%$ ;  $\sigma_{atm} = 15\%$ .
4. Os preços de exercício são:  $X_{25p} = 2,135658146157318$ ;  $X_{atm} = 2,245144446083489$ ;  $X_{25c} = 2,368087160984953$ . Os deltas são:  $\Delta_{atm} = 0,496264027409570$ ;  $\Delta_{75p} = -0,742528054819138$ ;  $\Delta_{75c} = 0,742528054819138$ .

5. Os gregos e preços com volatilidade constante de 15% são:

|      | X                 | Vega              | Vanna              | Volga              | Preço  |
|------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------|
| Put  | 2,135658146157318 | 0,348782730998691 | -1,250544515738681 | 0,916974198402247  | 0,0257 |
| Call | 2,245144446083489 | 0,435557546107140 | 0,197980702775970  | -0,000000000000000 | 0,0624 |
| Call | 2,368087160984953 | 0,338317011225449 | 1,611281961620928  | 1,259892092107408  | 0,0221 |

6. Os gregos e preços com volatilidades implícitas  $\sigma_{25p} = 14,95\%$ ;  $\sigma_{atm} = 15\%$ ;  $\sigma_{25c} = 15,85\%$  são:

|      | X                 | Vega              | Vanna              | Volga              | Preço  |
|------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------|
| Put  | 2,135658146157318 | 0,348322234560465 | -1,257791610138044 | 0,925026307236427  | 0,0255 |
| Call | 2,245144446083489 | 0,435557546107140 | 0,197980702775970  | -0,000000000000000 | 0,0624 |
| Call | 2,368087160984953 | 0,348322234560464 | 1,494037593401280  | 1,098770310405161  | 0,0251 |

7. Usando as informações dos exercícios 5) e 6) acima e resolvendo o sistema de equações (12) do capítulo, chega-se à solução procurada.
8. O preço da *put* é 0,0084, a volatilidade implícita é 15,60% e o delta é -0,10.
9. O preço da *call* é 0,0087, a volatilidade implícita é 17,36% e o delta é 0,10.

10. Os preços, gregos e resultados da estratégia são:

| preços e gregos = |         |          |          |         |          |
|-------------------|---------|----------|----------|---------|----------|
|                   | Exerc   | preço    | delta    | gama    | teta     |
| put1              | 2,13566 | 0,02554  | -0,25000 | 1,92555 | -0,06309 |
| put2              | 2,24514 | 0,06853  | -0,49626 | 2,39977 | -0,04739 |
| call2             | 2,24514 | 0,06238  | 0,49626  | 2,39977 | -0,20085 |
| call3             | 2,36809 | 0,02507  | 0,25000  | 1,81621 | -0,14641 |
|                   | vega    | ro       | vanna    | volga   |          |
| put1              | 0,34832 | -0,14389 | -1,25779 | 0,92503 |          |
| put2              | 0,43556 | -0,29008 | 0,19798  | 0       |          |
| call2             | 0,43556 | 0,25735  | 0,19798  | 0       |          |
| call3             | 0,34832 | 0,13123  | 1,49404  | 1,09877 |          |
| Long VWB =        |         |          |          |         |          |



| receita | delta | gama     | teta     | vega | ro      | vanna    | volga   |
|---------|-------|----------|----------|------|---------|----------|---------|
| 0,06763 | 0     | -0,12067 | -0,01373 | 0    | 0,01691 | -0,10055 | 2,53064 |

A estratégia é de volga porque é o único grego significativamente diferente de zero. A estratégia é comprada (*long*) por ter o volga positivo (embora seja uma posição vendida nas opções).

A figura da VWB é:

