

MANUAL DE CÁLCULO DOS TÚNEIS DE OPÇÕES

SUMÁRIO

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | METODOLOGIA DOS TÚNEIS DE OPÇÕES..... | 4 |
| 2 | INSUMOS UTILIZADOS..... | 5 |
| 2.1 | VOLATILIDADE..... | 5 |
| 2.2 | PREÇOS DO ATIVO OBJETO..... | 5 |
| 2.3 | CHOQUE DE VOLATILIDADE..... | 11 |
| 2.4 | CHOQUE DO ATIVO OBJETO..... | 11 |
| 3 | FÓRMULAS UTILIZADAS PARA DETERMINAÇÃO DOS TÚNEIS DE LEILÃO E REJEIÇÃO..... | 12 |
| 4 | AMPLITUDE MÍNIMA DE BANDA..... | 14 |
| 5 | OPÇÕES SOBRE D11, D12, D13 E D14..... | 15 |

INTRODUÇÃO

O presente documento, denominado “Manual de Cálculo dos Túneis de Opções”, tem por objetivo a consolidação dos cálculos utilizados na obtenção dos túneis de leilão e rejeição para opções sobre ações, ETF, Índice e futuros.

A metodologia descrita está de acordo com o ofício circular 039/2017-DP, de 30 de junho de 2017 e 049/2018-DP, de 26 de setembro de 2018.

1 METODOLOGIA DOS TÚNEIS DE OPÇÕES

Na metodologia dos túneis de negociação de opções sobre ações, ETF, futuros e índice, para determinar o limite inferior do túnel de leilão, será inserido na fórmula de precificação de opções do tipo calls o valor mínimo de seu ativo objeto apurado em uma janela de tempo, e para opções do tipo put será inserido o valor máximo do seu ativo objeto apurado em uma janela de tempo. A volatilidade inserida na fórmula de precificação tanto para opções do tipo call quanto para opções do tipo put sofrerá um choque para baixo. O mesmo método se aplica para determinar limite inferior do túnel de rejeição, utilizando um choque de volatilidade diferente do utilizado para o túnel de leilão.

Para determinar o limite superior do túnel de leilão, será inserido na fórmula de precificação de opções do tipo calls o valor máximo de seu ativo objeto apurado em uma janela de tempo, e para opções do tipo put será inserido o valor mínimo do seu ativo objeto apurado em uma janela de tempo. A volatilidade inserida na fórmula de precificação tanto para opções do tipo call quanto para opções do tipo put sofrerá um choque para cima. O mesmo método se aplica para determinar limite superior do túnel de rejeição, utilizando um choque de volatilidade diferente do utilizado para o túnel de leilão.

2 INSUMOS UTILIZADOS

2.1 VOLATILIDADE

As superfícies de volatilidades são disponibilizadas pela Gerência de Preços e Taxas Referenciais no site da B3, pelo link: http://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/servicos-de-dados/market-data/historico/boletins-diarios/pesquisa-por-pregao/pesquisa-por-pregao/, arquivos: “Mercado de Ações – Superfície de Volatilidade em Delta” para opções sobre ações, ETF e índice e “Mercado de Derivativos – Delta Opções Padronizadas” para opções sobre futuros. As volatilidades podem ser atualizadas durante a sessão de negociação pela B3.

2.2 PREÇOS DO ATIVO OBJETO

É realizado o acompanhamento dos preços mínimos e máximos do ativo objeto no pregão corrente em uma janela de tempo. Por exemplo, durante uma janela de 30 (trinta) minutos é apurado o valor mínimo e o valor máximo em que o ativo objeto negociou. Esses valores mínimos e máximos são utilizados na determinação dos túneis de negociação (leilão e rejeição).

A apuração do preço dos ativos objetos possuem diferentes metodologias para diferentes tipos de instrumentos. As descrições das metodologias utilizadas seguem abaixo:

a) Opções sobre ações e ETF

Opções sobre ações e ETF utilizaram o preço negociado do seu respectivo ativo objeto durante a sessão de negociação.

b) Opções sobre derivativos

Para apuração do preço do ativo objeto para opções sobre derivativos é utilizada a seguinte metodologia: para cada contrato é definido um ou mais “meses pivôs”, isto é, o mês de vencimento mais líquido. Será então apurado o preço de ajuste de cada vencimento e calculado as diferenças

entre os preços de ajuste com o preço de ajuste do mês pivô. Por fim, para os meses que são pivôs serão utilizados como valor do ativo objeto os seus respectivos preços negociados durante a sessão de negociação e para os outros meses do contrato serão somadas as diferenças calculadas anteriormente ao preço que for negociado o mês pivô.

Segue abaixo um exemplo dos cálculos do ativo objeto com os futuros de dólar onde o vencimento DOLK17 é o pivô:

| Tabela – Preço dos ativos objetos para opções sobre dólar | | | | |
|---|-----------------------|----------|-------------------------|---|
| Dólar Futuro | Preço do ativo objeto | Ajuste | Diferença entre ajustes | Observações |
| DOLK17 | 3135,00 | 3161,297 | | O preço do ativo objeto é o preço do último negócio de DOLK17 |
| DOLM17 | 3159,38 | 3185,677 | 24,38 | O preço do ativo objeto é a diferença dos ajustes adicionada ao preço do último negócio de DOLK17 (3135+24,38) |
| DOLN17 | 3180,59 | 3206,892 | 45,59 | O preço do ativo objeto é a diferença dos ajustes adicionada ao preço do último negócio de DOLK17 (3135+45,59) |
| DOLQ17 | 3199,73 | 3226,026 | 64,73 | O preço do ativo objeto é a diferença dos ajustes adicionada ao preço do último negócio de DOLK17 (3135+64,73) |
| DOLU17 | 3220,90 | 3247,202 | 85,90 | O preço do ativo objeto é a diferença dos ajustes adicionada ao preço do último negócio de DOLK17 (3135+85,90) |
| DOLV17 | 3236,84 | 3263,135 | 101,84 | O preço do ativo objeto é a diferença dos ajustes adicionada ao preço do último negócio de DOLK17 (3135+101,84) |
| DOLX17 | 3254,47 | 3280,766 | 119,47 | O preço do ativo objeto é a diferença dos ajustes adicionada ao preço do último negócio de DOLK17 (3135+119,47) |

c) Opções sobre IDI e ITC

Para o cálculo do ativo objeto de opções sobre IDI e ITC é adotada a fórmula descrita abaixo, utilizando as taxas DI1 (para opções sobre IDI) e OC1 (para opções sobre ITC) negociadas na sessão corrente e utilizando o índice Spot:

$$IDI/ITC_f = IDI/ITC_s \times (1 + r_{DI/OC1})^{DU/252}$$

Onde IDI/ITC_f corresponde ao Índice *Forward* de referência (ativo objeto das opções), IDI/ITC_s corresponde ao Índice *Spot*, $r_{DI/OC1}$ a taxa considerada e DU o número de dias úteis até a data do vencimento.

Segue abaixo um exemplo do cálculo do ativo objeto para opções sobre IDI com vencimento em setembro de 2017:

$$IDI_{f\ SET/17} = IDI_s \times (1 + r_{DI1\ SET/17})^{DU/252}$$

$$IDI_{f\ SET/17} = 233.669,55 \times (1 + 0,10165)^{92/252}$$

$$IDI_{f\ SET/17} = 242.075,806$$

d) Opções sobre Ouro

Opções sobre ouro utilizam como ativo objeto os preços negociados do disponível OZ1D.

a) Opções sobre índice

A metodologia para o cálculo do preço do ativo objeto das opções sobre índice é similar à metodologia do cálculo do preço do ativo objeto para opções sobre derivativos: calculamos a diferença entre os ajustes dos

índices futuros com o índice pivô (mês de maior liquidez) e somamos essa diferença ao preço do último negócio do índice pivô.

Para calcular o preço do ativo objeto de um índice com vencimento em um mês ímpar, devemos interpolar os ajustes entre os dois índices com vencimentos mais próximos a este e realizar a metodologia descrita acima.

Exemplo:

| Tabela – Preço dos ativos objetos para opções sobre dólar | | | | | | |
|---|---------------|-----------------------|----------|----------------------------|-----------------|---|
| Vencimento | Índice futuro | Preço do ativo objeto | Ajustes | Diferença entre os ajustes | Dias úteis (DS) | Comentários |
| 17/05/2017 | INDK17 | 64.955 | | -414,5 | 16 | Preço do ativo objeto é a soma da diferença entre os ajustes e o preço do último negócio de INDM17 (-414,5+65370) |
| 14/06/2017 | INDM17 | 65.370 | 64.509,0 | | 36 | Preço do ativo objeto é o preço de último negócio do INDM17 |
| 12/07/2017 | INDN17 | 65.785 | 64.923,5 | 414,5 | 55 | Preço do ativo objeto é a soma da diferença entre os ajustes e o preço do último negócio de INDM17 (414,5+65370) |
| 16/08/2017 | INDQ17 | 66.334 | 65.473,0 | 964,0 | 80 | Preço do ativo objeto é a soma da diferença entre os ajustes e o preço do último negócio de INDM17 (964+65370) |
| 13/09/2017 | INDU17 | 66.707 | 65845,9 | 1336,9 | 99 | Preço do ativo objeto é a soma da diferença entre os ajustes e o preço do último negócio de INDM17 (1336,9+65370) |
| 18/10/2017 | INDV17 | 67.181 | 66320,0 | 1811,0 | 123 | Preço do ativo objeto é a soma da diferença entre os ajustes e o preço do último negócio de INDM17 (1811+65370) |

O índice INDM17 é pivô e os índices INDK17, INDN17 e INDU17 são índices ímpares sintéticos. Para encontrar os ajustes de INDK17, INDN17 e INDU17 foi realizada interpolação log-linear entre os ajustes e dias para o saque mais próximos, por exemplo, para encontrar o ajuste do INDN17 foi realizada interpolação log-linear entre os ajustes e dias para o saque (DS) de INDM17 e INDQ17.

A coluna Diferença entre os Ajustes é a diferença de ajuste entre o vencimento desejado e o vencimento pivô, por exemplo, a diferença entre ajustes de INDN17 é igual ao seu ajuste subtraído do ajuste do mês pivô INDM17 ($65.785 - 65.370 = 414,5$).

As diferenças entre ajustes encontradas devem ser somadas ao preço do último negócio do índice pivô e ser utilizado na precificação das opções como o ativo objeto. Por exemplo, para obter o ativo objeto de uma opção de IBOV11 que vence no mês de Setembro de 2017, deve-se somar 1336,90 ao preço do último negócio de INDM17 e utilizar esse valor ($1336,9 + 65.370 = 67.181,00$).

Observações:

- Formula da interpolação log-linear utilizada:

$$p(x, y) = y_0 * \left(\frac{y_1}{y_0}\right)^{\frac{x-x_0}{x_1-x_0}}$$

- Onde:

- y_0 representa o ajuste do índice anterior
- y_1 representa o ajuste do índice posterior
- x representa os dias para o saque do índice que desejamos encontrar o ajuste
- x_0 representa os dias para o saque do índice anterior
- x_1 representa os dias para o saque do índice posterior

- Caso exista um vencimento ímpar anterior ao vencimento pivô, utilizamos o negativo da diferença entre o ajuste do próximo vencimento par com o ajuste do mês pivô. Exemplo:

| Tabela – Preço dos ativos objetos para opções sobre dólar | | | | | | |
|---|---------------|-----------------------|----------|----------------------------|-----------------|---|
| Vencimento | Índice futuro | Preço do ativo objeto | Ajustes | Diferença entre os ajustes | Dias úteis (DS) | Comentários |
| 17/05/2017 | INDK17 | 64.955 | | -414,5 | 16 | Preço do ativo objeto é a soma da diferença entre os ajustes e o preço do último negócio de INDM17 (-414,5+65370) |
| 14/06/2017 | INDM17 | 65.370 | 64.509,0 | | 36 | Preço do ativo objeto é o preço de último negócio do INDM17 |
| 12/07/2017 | INDN17 | 65.785 | 64.923,5 | 414,5 | 55 | Preço do ativo objeto é a soma da diferença entre os ajustes e o preço do último negócio de INDM17 (414,5+65370) |

2.3 CHOQUE DE VOLATILIDADE

Define-se por choque de volatilidade a adição ou subtração de um valor à volatilidade de uma opção. Caso o choque seja percentual, deve-se calcular esse percentual em relação à volatilidade da opção e somar e/ou subtrair esse valor à volatilidade. Os valores de choque de volatilidade para leilão inferior e superior e para rejeição inferior e superior podem ser diferentes entre si.

Exemplo do cálculo de choque de volatilidade:

- Choques parametrizados para determinada opção:

| Opção | Volatilidade | Choque de leilão inferior | Choque de leilão superior | Choque de rejeição inferior | Choque de rejeição superior |
|---------|--------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| IBOVJ38 | 39,36 | 10% | 20% | 40% | 50% |

Valores da volatilidade utilizada para determinar os túneis de leilão e rejeição com os choques parametrizados conforme tabela acima:

| Volatilidade Leilão Inferior | Volatilidade Leilão Superior | Volatilidade Rejeição Inferior | Volatilidade Rejeição Superior |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 35,42 (39,3 - 39,3*10%) | 47,23 (39,36 + 39,3*20%) | 23,62 (39,36 - 39,36*40%) | 59,04 (39,36 + 39,36*50%) |

2.4 CHOQUE DO ATIVO OBJETO

Define-se por choque do ativo objeto a adição ou subtração de valores absolutos ou percentuais sobre os preços mínimos e máximos do ativo-objeto em determinado intervalo de tempo.

3 FÓRMULAS UTILIZADAS PARA DETERMINAÇÃO DOS TÚNEIS DE LEILÃO E REJEIÇÃO

a) Opções sobre ações, ETF e Ouro

A fórmula utilizada para determinar dos tuneis de leilão e rejeição das opções sobre ações, ETF e Ouro é o Black-Scholes:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) * (t)}{\sigma * \sqrt{t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma * \sqrt{t}$$

Preço de opção do tipo call:

$$C(S, t) = SN(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2)$$

Preço de opção do tipo put:

$$P(S, t) = Ke^{-rt}N(-d_2) - SN(-d_1)$$

Onde:

- S representa o preço do ativo objeto
- K representa o preço de exercício da opção
- r representa a taxa de juros
- σ representa a volatilidade da opção
- t representa o tempo de expiração da opção
- $N(d_1)$ e $N(d_2)$ representam distribuição normal padrão acumulada

b) Opções sobre futuros e índice

A fórmula utilizada para determinar dos tuneis de leilão e rejeição das opções sobre futuros e índice é o Black-76:

$$d_1 = \frac{\log\left(\frac{S}{K}\right) + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right) * (t)}{\sigma * \sqrt{t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma * \sqrt{t}$$

Preço de opção do tipo call:

$$C(S, t) = e^{-rt}(SN(d_1) - KN(d_2))$$

Preço de opção do tipo put:

$$C(S, t) = e^{-rt}(KN(-d_2) - SN(-d_1))$$

Onde:

- S representa o preço do ativo objeto
- K representa o preço de exercício da opção
- r representa a taxa de juros
- σ representa a volatilidade da opção
- t representa o tempo até a expiração da opção
- $N(d_1)$ e $N(d_2)$ representam distribuição normal padrão acumulada

c) Opções sobre IDI e ITC

Para determinar os túneis de leilão e rejeição de opções sobre IDI e ITC é utilizada a fórmula do Black-76 como descrito acima e é aplicada no valor encontrado a seguinte fórmula:

$$\frac{1}{(1 + r)^{\frac{DU}{252}}}$$

Onde r é a taxa de juros e DU são os dias úteis até o vencimento da opção.

4 AMPLITUDE MÍNIMA DE BANDA

São determinados dois valores absolutos (denominados AMB): um para o túnel de leilão e outro para o túnel de rejeição. Estes valores são somados ao preço de referência da opção (média aritmética do túnel de leilão inferior e do túnel de leilão superior obtidos com o choque de volatilidade e preço mínimo e máximo do ativo objeto) para obter os túneis de leilão e rejeição superiores e subtraídos ao preço de referência da opção para obter os túneis de leilão e rejeição inferiores.

Após o cálculo dos túneis pelo AMB, deve-se compará-los com os túneis obtidos com o choque de volatilidade e preço máximo e mínimo do ativo objeto (metodologia descrita neste documento) e considerar os túneis com maior amplitude. São comparados os túneis de leilão pelo choque de volatilidade e mínimo e máximo do ativo objeto e pelo AMB, e são comparados os túneis de rejeição pelo choque de volatilidade e mínimo e máximo do ativo objeto e pelo AMB, ou seja, podemos ter um túnel de leilão obtido pelo choque de volatilidade e mínimo e máximo do ativo objeto e um túnel de rejeição obtido pelo AMB por exemplo.

Exemplo:

- Túneis calculados com o choque de volatilidade e preço mínimo e máximo do ativo objeto para determinada opção:

| Túnel de rejeição inferior | Túnel de leilão inferior | Preço de referência* | Túnel de leilão superior | Túnel de rejeição superior |
|----------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------------|
| 0,01 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 |

*Preço de referencia: média aritmética do túnel de leilão inferior e do túnel de leilão superior:

$$\text{Preço de referencia da opção: } \frac{0,10 + 0,30}{2} = 0,20$$

- AMB's parametrizados para a mesma opção:

| AMB de rejeição | AMB de leilão |
|-----------------|---------------|
| 0,25 | 0,05 |

Túneis calculados com o AMB:

| Túnel de rejeição inferior com AMB | Túnel de leilão inferior com AMB | Túnel de leilão superior com AMB | Túnel de rejeição superior com AMB |
|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 0,01 (0,20-0,25) | 0,15 (0,20-0,05) | 0,25 (0,20+0,05) | 0,45 (0,20+0,25) |

Neste exemplo, serão utilizados os túneis de leilão obtidos com o choque de volatilidade e preço mínimo e máximo do ativo objeto e serão utilizados os túneis de rejeição com o AMB, pois possuem maiores amplitudes.

5 OPÇÕES SOBRE D11, D12, D13 E D14

Para opções sobre futuros de DI utilizamos os prêmios das opções divulgados no site da B3 pelo link: http://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/servicos-de-dados/market-data/historico/boletins-diaricos/pesquisa-por-pregao/pesquisa-por-pregao/, arquivo: Mercado de Derivativos - Prêmio de Referência para Opções.

São aplicadas porcentagens nestes preços de referência que quando somadas e subtraídas dos mesmos, são obtidos os túneis de leilão e rejeição dessas opções.