

MANUAL DE PRECIFICAÇÃO DE EVENTOS CORPORATIVOS

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	4
NOTAÇÃO	5
1 CÁLCULO DO PREÇO EX PARA EVENTOS SIMPLES	6
1.1 Eventos em recursos financeiros.....	6
1.2 Eventos em ativos sem alteração do ativo objeto	6
1.3 Eventos de cisão de BDR.....	6
1.4 Eventos de cisão de ação ou FII.....	7
1.5 Mais de um evento no mesmo dia.....	8
2 PREMISSAS GERAIS DE UMA SUBSCRIÇÃO	8
3 CÁLCULO DO PREÇO EX E DO DIREITO DE SUBSCRIÇÃO	10
3.1 Subscrição em ação ou fundo imobiliário.....	10
3.2 Subscrição em bônus de subscrição.....	11
3.3 Subscrição em ação ou FII e bônus de subscrição	11
3.4 Subscrição de letra financeira ou debênture	12
4 CÁLCULO DO PREÇO DO DIREITO E DO BÔNUS DE SUBSCRIÇÃO ..	13
4.1 Subscrição em ação negociável.....	13
4.2 Subscrição em bônus de subscrição.....	13
4.3 Subscrição em ação e bônus de subscrição.....	14
4.4 Subscrição de letra financeira ou debênture	14
4.5 Bônus de subscrição de ação ou FII negociável	15

5	CÁLCULO DO PREÇO PARA OUTROS PROVENTOS	15
5.1	Eventos de incorporação com bônus	15
5.2	Decretação de falência ou liquidação extrajudicial do emissor	15
5.3	Prêmio de opção de ativo não negociável	17
5.4	Evento com entrega de ativo não negociável	17
A.	FÓRMULAS COMPLEMENTARES	18
A.1	Volatilidade	18
A.2	Preço de referência de uma letra financeira ou debênture não conversível	19
A.3	Preço de referência de debênture conversível em ação	21
A.4	Valor de debênture perpétua conversível em ação	23
A.5	Modelo de Black&Scholes	24
	REGISTRO DE ALTERAÇÕES	25

INTRODUÇÃO

Neste Manual são apresentadas as metodologias para o cálculo dos principais eventos corporativos, com ênfase nos eventos considerados complexos, como por exemplo, subscrição com bônus ou subscrição em debêntures. São mostradas fórmulas usadas para diferentes momentos do cálculo. Um cálculo acontece na data de virada quando a ação passa a ser negociada ex do evento corporativo. Nesse cálculo é estimado simultaneamente o preço ex e o valor do direito de subscrição com o intuito de fornecer os valores de referência para abertura do pregão, para ajuste dos preços de exercício das opções listadas, das barreiras das opções flexíveis e para ajuste nas participações das ações nos Índices que a ação ex evento corporativo faz parte. Outro acontece na data de lançamento no sistema para liquidação financeira do direito de subscrição pelo tomador de uma posição de aluguel ao doador. Nesse segundo cálculo é estimado somente o preço do direito sendo o valor da ação já conhecido (valor de fechamento da ação). Também há outros momentos e eventos que demandam cálculos e serão explorados aqui como por exemplo um evento voluntário com outorga de bônus de subscrição como vantagem adicional.

NOTAÇÃO

- P_{com} : último preço com direito ao provento.
- P_{ex} : preço ex provento.
- w : percentual de subscrição.
- T : data do vencimento do exercício da subscrição.
- \tilde{T} : data final para o exercício do bônus de subscrição.
- $S(t)$: preço da ação, FII ou BDR na data t .
- K : preço de emissão da subscrição.
- K_b : preço de emissão do bônus.
- \tilde{K} : preço de exercício do bônus da subscrição
- $P(t)$: valor na data t do ativo da subscrição.
- q_b : quantidade de bônus por ação subscrita.
- q_a : quantidade de ações por bônus de subscrição.
- 1_b : função indicadora, assume o valor 1 quando b é verdadeiro e 0 caso contrário.
- VD : valor do direito de subscrição.
- σ_T : volatilidade do preço da ação para o prazo T .
- $Call()$: valor de uma opção de compra determinada pelo modelo de Black&Scholes (ver seção A.5).
- $E[]$: valor esperado de uma variável aleatória.

1 CÁLCULO DO PREÇO EX PARA EVENTOS SIMPLES

A premissa geral para a precificação do preço ex provento é preservar o financeiro do acionista na virada do fechamento da data com para o início da data ex.

1.1 Eventos em recursos financeiros

Contempla eventos como dividendos, juros sobre capital próprio, bonificações em recursos financeiros, restituição de capital e juros e rendimentos

$$P_{com} = P_{ex} + X \quad (1.1)$$

A solução da equação (1.1) retorna o valor do P_{ex} , ou seja, $P_{ex} = P_{com} - X$.

1.2 Eventos em ativos sem alteração do ativo objeto

Contempla eventos como grupamento, desdobramento e bonificação em ativos. Para bonificação com percentual B , a solução da equação (1.2) retorna o valor do P_{ex} . Para desdobramento e grupamento a solução vem da equação (1.3) onde Q é a proporção de grupamento ou desdobramento

$$P_{ex} = \frac{P_{com}}{(1+B)} \quad (1.2)$$

$$P_{ex} = \frac{P_{com}}{Q} \quad (1.3)$$

1.3 Eventos de cisão de BDR

A premissa geral para a precificação do preço ex provento é usar a informação disponível de negociação da ação lastro. Para o cálculo do preço na data da transição de com provento para ex provento é utilizada a sequência de cálculos a seguir conforme a informação disponível, denotando por TC a taxa de câmbio

da moeda na qual negocia a ação lastro para reais, F o fator de paridade e q a proporção de ações da nova companhia recebida para cada ação lastro

- i. A ação lastro da nova companhia pós cisão tiver preço P_{wi} de negociação na data de cálculo no modo “When issued”

$$P_{ex} = P_{com} - TC * F * q * P_{wi}$$

- ii. Caso não existir o preço do item 1 e a ação lastro tem preço P_{wi} de negociação na data de cálculo no modo “When issued”

$$P_{ex} = TC * F * P_{wi}$$

- iii. Caso não exista nenhum dos preços do modo “When issued” será avaliada a possibilidade de adiar a data de cálculo em um dia de negociação da ação lastro para ter insumos para a precificação. Nesse caso são aplicadas as fórmulas a seguir a depender a informação disponível (a aplicação de uma fórmula para o processo e desconsidera as seguintes)

- a. Preço da empresa nova está disponível

$$P_{ex} = P_{com} - TC * F * q * P_{new}$$

- b. Preço da empresa antiga está disponível

$$P_{ex} = TC * F * P_{old}$$

- iv. Caso não seja possível adiar a data do evento, a B3 avaliará caso a caso o tratamento a ser aplicado, podendo determinar $P_{ex} = P_{com}$

1.4 Eventos de cisão de ação ou FII

Quando houver cisão numa nova empresa não listada que tiver mercado líquido no ativo subjacente será descontado o preço do ativo lastro ajustado pelas proporções e taxas de câmbio conforme seja o evento

$$P_{ex} = P_{com} - \text{ativo subjacente ajustado}$$

Quando houver cisão numa nova empresa não listada e sem mercado subjacente ou sem liquidez suficiente do subjacente será usado o percentual de redução de capital ou patrimônio líquido declarado pela empresa

$$P_{ex} = P_{com} * \% \text{ de redução}$$

Quando houver cisão num FII não listado, será usado o valor da cota do novo FII declarado pelo gestor.

$$P_{ex} = P_{com} - q * FII_{novo}$$

sendo q a quantidade de FIIs novos que cada cotista recebe. Caso existir no evento a opção de não aderir ao novo FII, o preço do FII não sofrerá alteração, ou seja, $P_{ex} = P_{com}$.

1.5 Mais de um evento no mesmo dia

Quando houver mais de um evento no mesmo dia, o cálculo deverá ser recursivo seguindo a ordem do evento declarada pela empresa emissora. Os eventos em dinheiro, bonificação e subscrição no próprio ativo podem ser consolidados na fórmula a seguir (maiores detalhes do cálculo de subscrição podem ser vistos nas seções a seguir)

$$P_{ex} = \frac{P_{com} + w * K - X}{1 + w + B} \quad (1.4)$$

Sendo X o total dos eventos em dinheiro do dia e B o percentual de bonificação, as outras variáveis seguem a notação geral. Observa-se que se o resultado da equação (1.4) resultar em $P_{ex} \leq K$, então a subscrição será considerada não vantajosa e a fórmula de cálculo usada será

$$P_{ex} = \frac{P_{com} - X}{1 + B}$$

2 PREMISSAS GERAIS DE UMA SUBSCRIÇÃO

Pela premissa geral de manutenção do financeiro do acionista, o preço ex (P_{ex}) deve satisfazer a relação a seguir para o preço P_{com}

$$P_{com} = P_{ex} + w * E[g(P(S_T), K, T) * D(T)]$$

sendo que w é a proporção de subscrição por ação, a função g representa o payoff da subscrição e $P(S_T)$ o valor no vencimento do ativo a ser subscrito e $D(T)$ representa o fator de desconto pela taxa livre de risco no prazo T . De praxe essa função g é o máximo entre 0 e a diferença entre o valor do ativo subscrito e o valor de subscrição K , ou seja,

$$P_{com} = P_{ex} + w * E[máx(P(S_T) - K, 0) * D(T)].$$

Nesse caso, o valor esperado pode ser substituído pelo prêmio de uma opção de compra

$$P_{com} = P_{ex} + w * Call(P(P_{ex}), K, T).$$

Sob a premissa da subscrição vencer em no máximo um mês, o preço da Call de uma subscrição costuma ser aproximado pelo payoff, obtendo assim

$$P_{com} = P_{ex} + w * máx(P(P_{ex}) - K, 0) \quad (2.1)$$

Nas seguintes seções será aplicada a fórmula (2.1) para subscrição em diferentes tipos de ativos. As fórmulas apresentadas são aplicáveis para os eventos com as seguintes condições e premissas.

- A subscrição é vantajosa, ou seja, $P_{com} > K$ e $P(P_{ex}) > K$. Considera-se que o bônus somente impacta o preço ex e o preço do direito se a subscrição for vantajosa no ativo de subscrição;
- O prazo para exercício da subscrição é de no máximo um mês;
- Assume-se que a subscrição terá exercício total;
- Assume-se que companhia não pagará dividendos até a data do vencimento da subscrição ou do bônus de subscrição;
- Caso o bônus de subscrição tenha diferentes janelas ou períodos de exercício, é considerada a data mais longa como vencimento do bônus declarada e conhecida na data de cálculo;

- Para precificação dos ativos de subscrição considera-se a taxa de juros e o spread de crédito determinísticos;
- Para subscrições em cestas de ativos, nas fórmulas será substituída a variável de preço da ação pelo preço da cesta de ativos formado sinteticamente pela combinação dos preços dos ativos.

Observa-se que cada subscrição possui as suas próprias características que devem ser analisadas para avaliar a sua aderência com os modelos de cálculos apresentados nas seções 3 e 4. Caso as características da subscrição ou do bônus não apresentem coerência com as fórmulas e insumos de cálculo desse manual, a B3 poderá definir preço R\$0,00 tanto para o direito quanto para o bônus.

3 CÁLCULO DO PREÇO EX E DO DIREITO DE SUBSCRIÇÃO

3.1 Subscrição em ação ou fundo imobiliário

Nesse caso o ativo de subscrição é a própria ação ou fundo imobiliário (FII), ou seja, na fórmula (2.1) tem-se que $P(P_{ex}) = P_{ex}$. Logo,

$$P_{ex} = P_{com} - w * \max(P_{ex} - K, 0),$$

equivalentemente, assumindo que a subscrição é vantajosa (ou seja, $P_{com} > P_{ex} > K$),

$$P_{ex} = \frac{P_{com} + w * K}{1 + w} \quad (3.1)$$

A fórmula (3.1) define o preço ex do dia e o preço do direito VD é $\max(P_{ex} - K, 0)$.

Caso a ação ou o FII objeto da subscrição não for negociável, o valor de $P(P_{ex})$ e o modelo de apreçamento irão depender da informação divulgada pela companhia emissora. Podendo ser considerada como subscrição não vantajosa para efeitos de cálculo resultando em $P_{ex} = P_{com}$ e $VD = 0$.

3.2 Subscrição em bônus de subscrição

Nesse evento o ativo de subscrição é uma opção ou um bônus de subscrição, logo, pela fórmula (2.1) obtém-se

$$P_{com} = P_{ex} + w * \max(Call(q_a * P_{ex}, \tilde{K}, \tilde{T}) - K, 0). \quad (3.2)$$

A solução da equação (3.2) retorna o valor do P_{ex} , devido à característica não linear da função $Call(.)$ ela é resolvida por um método numérico que minimiza o problema de otimização

$$\min_{P_{ex}} (P_{com} - P_{ex} - w * \max(Call(q_a * P_{ex}, \tilde{K}, \tilde{T}) - K, 0))^2.$$

O preço do direito VD é dado pela equação a seguir obtida usando a relação

$$P_{com} = P_{ex} + w * VD$$

$$VD = \frac{P_{com} - P_{ex}}{w}. \quad (3.3)$$

3.3 Subscrição em ação ou FII e bônus de subscrição

Pelas premissas gerais, o preço ex deve satisfazer a relação

$$P_{com} = P_{ex} + w * \max(P_{ex} - K + q_b * \max(Call(q_a * P_{ex}, \tilde{K}, \tilde{T}) - K_b, 0), 0) * 1_{P_{com} > K} \quad (3.4)$$

Observa-se que, conforme declarado na seção 2, o bônus somente afeta o preço na situação em que seja vantajosa a subscrição padrão no ativo objeto da subscrição. A solução da equação anterior retorna o valor do P_{ex} ela é resolvida por um método numérico achando o P_{ex} que minimiza o problema de otimização

$$\min_{P_{ex}} (P_{com} - P_{ex} - w * \max(P_{ex} - K + q_b * \max(Call(q_a * P_{ex}, \tilde{K}, \tilde{T}) - K_b, 0), 0) * 1_{P_{com} > K})^2. \quad (3.5)$$

O preço do direito VD é dado pela equação (3.3).

No caso em que o bônus for em uma cesta de ações, a $Call$ é calculada sobre a cesta. A volatilidade é calculada formando uma série histórica do preço sintético da cesta conforme seção A.1. Se ambas as ações tiverem subscrição em ação com bônus de subscrição na cesta, o resultado dos preços ex é obtido como segue.

$$P_{com}^{ON} = P_{ex}^{ON} + w^{ON} * \max(P_{ex}^{ON} - K^{ON} + w^{ON} * q_b^{ON}, \max(Call(q_a^{ON} * P_{ex}^{ON} + q_a^{PN} * P_{ex}^{PN}, \tilde{K}, \tilde{T}) - w^{ON} * K_b^{ON}, 0), 0) * 1_{P_{com}^{ON} > K^{ON}}$$

$$P_{com}^{PN} = P_{ex}^{PN} + w^{PN} * \max(P_{ex}^{PN} - K^{PN} + w^{PN} * q_b^{PN}, \max(Call(q_a^{ON} * P_{ex}^{ON} + q_a^{PN} * P_{ex}^{PN}, \tilde{K}, \tilde{T}) - w^{PN} * K_b^{PN}, 0), 0) * 1_{P_{com}^{PN} > K^{PN}}$$

Denotando $P_{com}^{ON} = g(P_{ex}^{ON}, P_{ex}^{PN})$ e $P_{com}^{PN} = h(P_{ex}^{ON}, P_{ex}^{PN})$ a solução das equações acima é obtida pela solução da otimização na sequência

$$\min_{(P_{com}^{ON}, P_{com}^{PN})} (P_{com}^{ON} - g(P_{ex}^{ON}, P_{ex}^{PN}))^2 + (P_{com}^{PN} - h(P_{ex}^{ON}, P_{ex}^{PN}))^2 \quad (3.6)$$

3.4 Subscrição de letra financeira ou debênture

Nesse evento o ativo de subscrição é uma letra financeira ou uma debênture e o valor dele é denotado por PRD , a fórmula de cálculo é

$$P_{com} = P_{ex} + w * \max(PRD - K, 0). \quad (3.7)$$

A solução da equação (3.7) retorna o valor do P_{ex} e o preço do direito VD é dado pela equação (3.3).

No anexo desse manual são apresentados alguns modelos de apreçamento de debêntures.

4 CÁLCULO DO PREÇO DO DIREITO E DO BÔNUS DE SUBSCRIÇÃO

A presente seção trata do cálculo do direito e do bônus de subscrição principalmente para casos do sistema de contratação de empréstimo de ativos, mas as fórmulas podem ser aplicadas para outros eventos ou segmentos que demandem preço. Conforme o Manual de Procedimentos Operacionais da Câmara B3, para posições de empréstimo do ativo, pode ter eventos que sejam tratados por liquidação financeira do direito ou do bônus de subscrição, nesses casos os modelos utilizados são os declarados nessa seção.

A premissa geral para a precificação do direito é que no momento t do cálculo já é conhecido o valor da ação ou do FII, S_t , porque o evento ex de alteração do valor já aconteceu ou porque não terá preço ex. Conforme as premissas e o racional da seção 2, a fórmula geral de apreçamento do direito VD é

$$VD = \text{máx}(P(S_t) - K, 0) \quad (4.1)$$

Sendo $P(S_t)$ o valor do objeto de subscrição na data de cálculo.

4.1 Subscrição em ação negociável

O valor do direito para uma subscrição em ação ou FII fora da data de virada para ex provento é obtido pela equação (4.1) onde $P(S_t) = S_t$ e t a data de cálculo.

Caso a ação ou o FII de subscrição não seja negociável, o valor de $P(S_t)$ e o modelo de apreçamento, irão depender da informação divulgada pela companhia emissora. Podendo ser considerada como subscrição não vantajosa para efeitos de cálculo, resultando em $P_{ex} = P_{com}$ e $VD = 0$.

4.2 Subscrição em bônus de subscrição

O valor do direito para uma subscrição em bônus de subscrição é calculado como segue

$$P(t) = \frac{1}{1+w} * \text{Call}(S(t) + w * P(t), \tilde{K}, \tilde{T}). \quad (4.2)$$

4.3 Subscrição em ação e bônus de subscrição

O valor do direito para uma subscrição em ação com bônus de subscrição é dado pela solução da equação a seguir, obtida via solução numérica de um método de otimização similar aos apresentados na seção 3

$$P(t) = \frac{1}{1+w*q_a} \text{Call}(S(t) + w * P(t) + w * q_b * (Z - K_b), K, \tilde{T}) \quad (4.3)$$

onde, por simplificação, $Z = \text{Call}(q_a * S(t), \tilde{K}, \tilde{T})$.

Caso seja necessário precificar somente o bônus e o direito tiver sido negociado na data de cálculo com preço VD , pode ser assumido que $VD = q_b * \text{máx}(bônus - K_b, 0) + \text{máx}(S_t - K, 0)$ e por tanto o bônus será calculado como

$$bônus = \begin{cases} \frac{VD - \text{máx}(S_t - K, 0)}{q_b} + K_b, & \text{se } VD - \text{máx}(S_t - K, 0) > 0 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (4.4)$$

Se o direito de subscrição outorgar mais de um bônus, a fórmula acima pode ser utilizada para obter a soma de todos os bônus do direito. Caso o direito não for negociado na data de cálculo, o bônus seguirá a regra de cálculo da seção 4.5.

4.4 Subscrição de letra financeira ou debênture

Cálculo do preço de referência do direito de subscrição de debêntures é calculado a partir da equação (4.1) onde $P(t) = PRD$, sendo que PRD é o preço de referência da debênture.

4.5 Bônus de subscrição de ação ou FII negociável

Os eventos corporativos que entregam bônus de subscrição de ação ou FII podem demandar o preço à mercado dele em diferentes situações, por exemplo nas seguintes instâncias:

- 1- quando o bônus for negociável, será dado o preço de início de negociação;
- 2- quando o bônus for liquidado financeiramente para o doador de um contrato de aluguel de renda variável conforme declarado no Manual de procedimentos operacionais da Câmara B3.

Em qualquer evento que demandar preço o bônus será precificado pelo preço definido no call de fechamento. Caso não houver negociação no call, será precificado como uma opção de compra europeia $Call(q_a * S(t), K, T)$ usando o modelo de Black Scholes do Anexo A.5 e a volatilidade calculada conforme Anexo A.1. Como data de vencimento T será utilizada a data de vencimento mais longa informada e conhecida na data de cálculo.

5 CÁLCULO DO PREÇO PARA OUTROS PROVENTOS

5.1 Eventos de incorporação com bônus

Para precificar o bônus de uma incorporação com bônus onde as duas empresas (incorporada e incorporadora) são negociadas na B3, o preço do bônus é calculado como segue

$$bônus = P_{mãe}(t) - P_{filha}(t)$$

Sendo

$P_{mãe}$ = preço da empresa incorporadora na data de cálculo

P_{filha} = preço da empresa incorporada na data de cálculo

5.2 Decretação de falência ou liquidação extrajudicial do emissor

A presente seção traz os passos de como é realizada, em caso de falência de uma companhia listada na B3, a apuração do preço que será utilizado para

liquidar as posições em aberto de derivativos e de empréstimo, se houver, conforme Manual de Procedimentos Operacionais da Câmara B3. De acordo com o Manual de Procedimentos Operacionais de Negociação da B3, a B3 pode estabelecer leilão específico para determinação do preço de referência.

O preço do leilão $P_{lei}(t)$ será definido com base nos critérios abaixo.

- i. Caso o total negociado seja igual ou superior ao parâmetro de validade:

$$P_{lei}(t) = P_{neg}(t)$$

onde $P_{neg}(t)$ é o preço dos negócios realizados no leilão

- ii. Caso não seja possível definir o preço conforme o item i será considerado o preço médio das melhores ofertas de compra presentes no final do leilão que totalizam o parâmetro de validade, incluindo os negócios realizados:

$$P_{lei}(t) = \frac{q_{neg} * P_{neg}}{Q_{min}} + \frac{\sum_n q_n * P_n}{Q_{min}}$$

onde:

P_n é o preço das ofertas de compra do nível n do book;

Q_{min} parâmetro de validade;

q_{neg} quantidade de ações negociadas;

P_{neg} preço dos negócios do leilão;

$q_1 = \min\{Q_1, Q_{min} - q_{neg}\}$;

$q_n = \min\{Q_n, Q_{min} - q_{neg} - \sum_{j=1}^{n-1} q_j\}$, para $n > 1$;

Q_n é a quantidade de ações do nível n do book.

- iii. Caso não seja possível definir o preço conforme o item ii:

$$P_{lei}(t) = R\$ 0,00$$

O parâmetro de validade será expresso em quantidades de ações.

A B3 poderá definir túnel de preço máximo e mínimo para o leilão.

5.3 Prêmio de opção de ativo não negociável

Caso o ativo subjacente de uma opção não for mais habilitado para negociação, por exemplo por evento de OPA com intenção de cancelamento de registro ou decretação de falência, se as opções com posição forem tratadas por liquidação financeira, o preço P das opções será dado pelo *payoff*. Especificamente as fórmulas serão as que seguem

- Opção de compra, $P = \text{Máximo}(PA - PE, 0)$
- Opção de venda, $P = \text{Máximo}(PE - PA, 0)$

sendo

PA= preço do ativo para efeitos do tratamento financeiro das opções. No caso de inadimplência ou liquidação extrajudicial será o preço definido no leilão específico conforme seção 5.2. No caso de OPA com intenção de cancelamento será o preço declarado no edital seguindo as regras de atualização também declaradas no edital. Não havendo um leilão específico para a definição do preço do ativo, será usado o preço de fechamento do último dia com negociação do ativo;

PE= preço de exercício da série da opção.

5.4 Evento com entrega de ativo não negociável

Caso o evento entregue um ativo que não seja negociável e que não tenha mercado subjacente, o preço usado será o declarado pela empresa na comunicação do evento. Se o ativo tiver mercado subjacente, será usado o preço do mercado subjacente ajustado às características do ativo entregue.

A. FÓRMULAS COMPLEMENTARES

A.1 Volatilidade

Para cada cálculo que seja necessário utilizar volatilidade para um prazo T , denotada por σ_T , ela será calculada por um dos seguintes métodos.

- i. Caso o evento tiver preço de exercício definido, ou seja, um preço que tem comportamento análogo a um strike de uma opção de compra, a volatilidade será calculada seguindo a metodologia de estimação da volatilidade de opções listadas. Metodologia descrita no Manual de apreçamento de contratos de opções disponível no site da B3, www.b3.com.br, Market data e Índices, Serviços de dados, Market Data, Consultas, Metodologia.
- ii. Caso contrário, será estimada pela fórmula (A.1), sendo uma estimativa da volatilidade temporal de um modelo GARCH(1,1) com resíduos gaussianos

$$\sigma_T = \sqrt{252 V_T} \quad (\text{A.1})$$

para

$$V_T = V_L + \frac{1 - \exp(-\theta T \cdot 252)}{\theta T \cdot 252} (\hat{\sigma}^2(t+1) - V_L)$$

Sendo $\theta = \ln\left(\frac{1}{\alpha+\beta}\right)$ e os coeficientes ω , α , β estimados sobre a série de retornos $x(t)$ da ação por meio da técnica de máxima verossimilhança, conforme equação (A.2) e (A.3)

$$\hat{\sigma}^2(t) = \omega + \alpha x^2(t-1) + \beta \hat{\sigma}^2(t-1) \quad (\text{A.2})$$

$$x(t) = \sqrt{\hat{\sigma}^2(t)} z_t \quad (\text{A.3})$$

onde z_t segue uma distribuição gaussiana padrão e

$$V_L = \frac{\omega}{1-\alpha-\beta} \quad (\text{A.4})$$

Observa-se que para os ativos com baixa liquidez, o número de retornos nulos pode inviabilizar a estimação da volatilidade pelo modelo GARCH. Nesses casos será utilizada a volatilidade histórica estimada num período equivalente ao tempo entre a data de cálculo e a data de exercício ou será utilizada a volatilidade de uma ação similar na classificação por segmento.

A.2 Preço de referência de uma letra financeira ou debênture não conversível

O preço de referência da letra financeira ou da debênture será calculado conforme equação (A.5), considerando-se as variáveis de fechamento do mercado do dia de cálculo, desde que as características de emissão sejam aderentes com o modelo aqui proposto

$$PRD = \sum_{i=1}^N \frac{Juros_i \times VNU_i + PA_i \times VNU}{(1+r_i)^{pr_i} \times (1+spr_{cred})^{pr_i}} \quad (\text{A.5})$$

onde:

PRD: preço de referência da debênture ou da letra financeira.

i: indicador referente às datas de pagamento de juro e de amortização.

N: número de fluxo de pagamentos.

Juros_i: fator de juros remuneratórios pagos na data *i*, calculado conforme equação (A.6).

r_i: taxa prefixada para o prazo correspondente à data de pagamento *i*, calculada por meio da interpolação exponencial dos preços de ajuste do Contrato Futuro de Taxa Média de Depósitos Interfinanceiros de Um Dia (DI1).

VNU: valor nominal unitário de emissão.

VNU_i : valor nominal unitário na data i , que corresponde ao valor nominal unitário de emissão subtraído do percentual amortizado, conforme cronograma de amortização divulgado na escritura da letra financeira.

PA_i : percentual amortizado na data i , conforme cronograma de amortização divulgado na escritura da letra financeira.

pr_i : prazo em anos correspondente à data i , calculado a partir dos dias de saques do período.

spr_{cred} : spread de crédito, em base anual, referente às emissões com características de crédito e prazos semelhantes.

O fator de juros remuneratórios é determinado pelas equações (A.6) e (A.7)

$$Juros_i = (1 + p \times CDI_{Proj})^n - 1 \quad (A.6)$$

$$CDI_{Proj} = (1 + r_i)^{\frac{1}{252}} - 1 \quad (A.7)$$

onde:

n : quantidade de dias de saque correspondentes ao período de vigência do juro.

p : percentual da taxa CDI a ser pago.

A equação (A.6) é utilizada como proxy da equação

$$Juros_i = \prod_{s=0}^{i-1} \left(\left[(1 + r(s, s+1))^{1/252} - 1 \right] * p + 1 \right) - 1$$

para $r(s, s+1)$ a taxa entre o prazo s e o dia seguinte implícita nos preços de ajuste do Contrato Futuro de Taxa Média de Depósitos Interfinanceiros de Um Dia (DI1).

A.3 Preço de referência de debênture conversível em ação

O preço de referência da debênture será calculado a partir de uma árvore binomial, que avalia em cada dia, durante o período de conversão, sua conversão em ações, desde que as características de emissão sejam aderentes com o modelo aqui proposto. O *payoff* para avaliação da conversão é diferenciado para (i) data de vencimento, (ii) datas compreendidas no período de conversão e (iii) demais datas. O preço de referência da debênture é denotado por PRD e o preço na data T no cenário j por $PRD(T, j)$.

(i) Data de vencimento, pela premissa de conversão obrigatória no vencimento,

$$PRD(T, j) = S_c(T, j)Q_c(T, j) \quad (A.8)$$

onde

j : índice que representa o cenário do preço das ações em cada instante de avaliação.

T : é a data de vencimento da debênture.

$S_c(T, j)$: preço da ação no instante T e no cenário de preço j , calculado a partir da árvore binomial.

$Q_c(T, j)$: quantidade de ações recebidas por conta da conversão no instante T no cenário j , conforme parâmetros estabelecidos na escritura da debênture.

(ii) Datas compreendidas no período de conversão

A partir dos valores de $PRD(T, j)$ de cada cenário j , caminha-se na árvore do vencimento até a origem calculando os valores esperados das decisões de cada instante de tempo i , descontadas pela taxa de juros e spread de crédito.

$$PRD(i, j) = \max \left[\frac{p PRD(i+1, j+1) + (1-p) PRD(i+1, j)}{(1+r(T_{i-1}, T_i))^{\frac{1}{252}} (1+spr_{cred})^{\frac{1}{252}}}; S_c(i, j) Q_c(i, j) \right] \quad (A.9)$$

onde

i : índice que representa a data ou instante de avaliação, considera passos diários até a data de vencimento da debênture.

p : probabilidade associada ao preço de referência $PRD(i + 1, j + 1)$, calculada conforme equação (A.12).

$r(T_{i-1}, T_i)$: taxa entre T_{i-1} e T_i , calculada por meio da interpolação exponencial dos preços de ajuste dos Contratos Futuros de DI1.

spr_{cred} : spread de crédito. Pode ser usado o spread implícito no preço unitário da debênture.

(iii) Demais datas

Para as demais datas anteriores e posteriores à data de conversão, o preço de referência da debênture conversível, $PRD(i, j)$ é calculado a partir da equação

$$PRD(i, j) = \frac{p PRD(i+1, j+1) + (1-p) PRD(i+1, j)}{(1+r(T_{i-1}, T_i))^{\frac{1}{252}} (1+spr_{cred})^{\frac{1}{252}}} \quad (A.10)$$

Os choques aplicados aos preços dos ativos u e d são dados por

$$u = \exp(\sigma_T \sqrt{\delta}) \text{ e } d = \frac{1}{u} \quad (A.11)$$

onde

δ : intervalo de tempo para avaliação da opção de conversão, considerado 1 dia útil.

σ_T : volatilidade de cada ação, calculada pela equação (A.1)

A probabilidade p , utilizada na expressão (A.9) e (A.10), associada a cada caminho (i, j) é calculada pela equação a seguir

$$p = \frac{\exp(r(T_{i-1}, T_i)\delta) - d}{u - d} \quad (A.12)$$

A.4 Valor de debênture perpétua conversível em ação

O preço de referência da debênture perpétua conversível em ações é denotado por PNR e o valor nominal unitário da debênture por VNU . PNR é calculado considerando-se as seguintes premissas:

- a debênture perpétua pode ser convertida em ações a qualquer momento.
- para simular o efeito de perpetuidade é definido o prazo máximo T_M de 20 (vinte) anos.
- a remuneração da debênture na data t é denotada por Rem_t , essa remuneração pode ser atrelada a fluxos de percentual do lucro R_i da companhia, ou seja, $Rem_t = VNU + \sum_{i=t}^{T_M} R_i$ ou a remuneração pode ser pagamento de juros com amortização

$$Rem_t = \sum_{i=t}^N \frac{(Juros_i \times VNU_i + PA_i \times VNU)}{\left((1 + r(t, T_i))(1 + spr_{cred}) \right)^{(T_i - t)}}$$

Por outro lado, o preço da ação é gerado via uma simulação de um caminho aleatório diário dado pela expressão a seguir

$$S_t = S_{t-1} \cdot \left[\left(r - \frac{1}{2}\sigma^2 \right) \frac{1}{252} + \sqrt{\frac{1}{252}} \sigma \epsilon \right] ; \epsilon \sim N(0,1)$$

sendo

S_0 : o preço na data de cálculo da ação.

r : a taxa de juro prefixada (taxa contínua) para o prazo T_M .

$N(0,1)$: distribuição normal padrão.

$\sigma^2 = 252 V_L$ para V_L a volatilidade obtida conforme a equação (A.4).

Para cada data simulada, a conversão da debênture em ações acontece quando $\gamma S_t \geq Rem_t$, caso contrário, a debênture não é convertida. Considera-se γ o fator de conversão por ação.

O *PNR* é dado pela média do valor presente de todos os cenários simulados. Nos cenários em que há conversão, considera-se o valor presente da ação no prazo em que a conversão ocorre. Nos demais, considera-se o valor presente da debênture no prazo máximo estabelecido. O cálculo do valor presente considera, no fator de desconto, a taxa de juro prefixada e o spread de crédito referente à Companhia emissora.

A.5 Modelo de Black&Scholes

O modelo de precificação de opções de compra europeias usado nesse manual é o de Black&Scholes dado pela fórmula a seguir

$$Call = S \times N(d_1) - K \times e^{(-r_n T_n)} \times N(d_2)$$

onde:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma_T^2}{2}\right)T}{\sigma_T \sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma_T^2}{2}\right)T}{\sigma_T \sqrt{T}}$$

r : a taxa de juro prefixada (taxa contínua) para o prazo T .

N : distribuição normal padrão.

K : strike da opção.

S : preço do ativo subjacente da opção.

Registro de alterações

Versão	Item modificado	Modificação	Data
1	Versão original	--	1/12/2019
2	Seção 2	Inserção para generalização dos cálculos	01/02/2021
3	Título	Mudança da palavra complexos para corporativos	15/09/2022
	Seção 1	Inclusão da seção e alteração da numeração das seguintes	
	Seção 2	Inserção de primeiro parágrafo e simplificação da notação	
	Seção 3.3	Alteração das fórmulas da seção e inclusão do bônus de cesta	
	Seção 4	Alteração da fórmula (4.3) e (4.4) e inclusão de parágrafo geral explicando o uso dos preços	
	Seção 5	Incluída no manual	
4	Seção 1	Inclusão de variáveis nas fórmulas da seção 1.3	22/12/2022
5	Seção 5.2	Incluída no manual	09/01/2023
6	Seção 5.2	Inclusão de tipo de oferta no item ii	23/02/2023
7	Seção 5.2	Ajuste no texto e fórmula no item ii	09/03/2023
8	Seção 3.1	Inclusão parágrafo final	09/06/2023
	Seção 4.1	Inclusão parágrafo final	
	Seção 4.3	Ajuste no cálculo do bônus	
	Seção 5.3	Inclusão	
	Anexo A.1	Inclusão metodologia item i	
	Anexo A.5	Inclusão	
9	Seção 5.3	Correção incluindo o preço do call	26/06/2023
10	Geral	Ajustes na redação e digitação de fórmulas	15/12/2023

Versão	Item modificado	Modificação	Data
		e mudança da seção 5.3 para a seção 4.5	
	Seção 4.5	Inclusão, na versão anterior era a seção 5.3	
	Seção 1.4, 1.5, 5.3 e 5.4	Inclusão	

Manual disponível no site da B3, www.b3.com.br, Market data e Índices, Serviços de dados, Market Data, Consultas, Metodologia