

Aplicação do modelo binomial na formação de preço de títulos de dívida corporativa no Brasil

Implementation of binomial model to Brazilian corporate debt securities valuation

José Roberto Securato*

Liliam Sanchez Carrete**

Resumo

Este artigo consiste em uma aplicação do modelo binomial na formação de preços de títulos de dívida e seus componentes – *call*, conversibilidade, subordinação, senioridade – para uma empresa brasileira. O principal objetivo do trabalho é a adaptação do modelo à realidade brasileira. Os resultados obtidos consistem em estimativas dos preços dos títulos de dívida e da empresa em estudo e comparações com os preços de mercado, procurando identificar oportunidades de compra ou venda desses ativos. Dos seis títulos estudados, três deles apresentaram preços acima do valor de mercado, indicando que o mercado estaria subavaliando o preço desses títulos, enquanto dois outros títulos obtiveram preços abaixo do mercado e um dos títulos praticamente igualou-se ao preço de mercado. O modelo apresentado e suas adaptações indicam a possibilidade de sua aplicação na formação de preço de contratos incompletos avaliando cada uma de suas contingências.

Palavras-chave: modelo binominal; avaliação de dívidas; opções reais.

Abstract

This article presents the implementation of binomial option pricing model to evaluate corporate debt instruments and its components such as call options, convertibility options, seniority and subordination to a Brazilian company. The major results consist of debt securities valuation and its comparison to secondary market prices in order to identify investments opportunities. The paper evaluated six debt securities which have secondary market prices and three of them presented prices above market, two of them were below market price and one of them had the same price of the market. The presented model and its adjustments to Brazilian market allow evaluating corporate debt securities and its components, evaluating the impact of new debt issues in the existing ones and comparing debt model and book values.

Keywords: binomial model; corporate debt; debt components.

* Engenheiro, Matemático com Mestrado em Matemática e Doutorado em Finanças. Livre-Docente da FEA/USP, Professor Titular da PUC-SP, e Professor Associado do Departamento de Administração da FEA/USP, Coordenador do Laboratório de Finanças da FIA. Foi Coordenador do MBA-Finanças da FIA/FEA-USP de 1997 a 2003 e diretor de corretoras e bancos, bem como consultor de empresas do setor financeiro.

Rua Prof. Luciano Gualberto, 908, sala G116 – Cidade Universitária – São Paulo, SP – CEP 05508-900. E-mail: securato@fea.br

** Administradora de Empresas pela FEA/USP, Mestrado em Administração de Empresas, Concentração em Finanças – EAESP/FGV. Professora do Laboratório de Finanças da FIA. Foi gerente de operações internacionais e da área de produtos em moeda estrangeira em bancos.

Rua Prof. Luciano Gualberto, 908, sala G116 – Cidade Universitária – São Paulo, SP – CEP 05508-900. E-mail: lscarrete@labfin.com.br

Introdução

As empresas levantam recursos financeiros por meio das mais variadas fontes, entre elas as dívidas bancárias, por contratos entre as partes, e as dívidas por emissão de títulos e valores mobiliários, tais como debêntures, notas promissórias e outros instrumentos.

Um dos grandes problemas existentes, de interesse dos investidores e dos gestores das empresas, consiste em determinar o preço da dívida na data de hoje, seja para comparação com o preço de mercado para títulos de liquidez, seja para comparar com o valor contabilizado em balanço, e até mesmo para estimar o valor presente nos casos em que o título não seja negociado no mercado secundário.

Nos casos de títulos de dívida que são negociados a mercado, podemos comparar o preço a mercado com o preço obtido por modelos, como, por exemplo, o modelo de precificação¹ de opções.

Entre os vários modelos para precificação de dívidas, podemos citar Brennan e Schwartz (1980), Fabozzi (1993), Finnerty (1999) e Barth *et al.* (2000), entre outros. Particularmente focamos este texto nas idéias de Barth *et al.* (2000) que utilizam o modelo binomial para captar o valor de opções embutidas nessas dívidas que podem explicar preços de mercado ou indicar oportunidades de compra ou venda de títulos.

Este trabalho aplica a metodologia proposta por Barth *et al.* (2000) para a dívida da Petrobrás e compara os resultados obtidos com os valores de mercado dos títulos e com o valor contábil dessas dívidas.

Objetivos

Apresentar a metodologia proposta por Barth *et al.* (2000) de precificação de títulos de dívida corporativa para as empresas, adaptando a metodologia para a realidade brasileira. Estudar o caso da Petrobrás procurando estabelecer evidências da aplicabilidade do método e explicitar os valores de opções de compra e de conversão de dívida em ações, cláusulas de senioridade e subordinação que podem estar embutidas nas dívidas.

A formação de dívida corporativa

A idéia de observarmos a empresa como uma opção de compra (*call*) já foi tratada por Merton (1974) na qual

os credores da empresa, detentores dos títulos de dívida, podem ser entendidos como comprados nos ativos da empresa e vendidos em uma *call*, enquanto os acionistas estariam comprados nesta *call*. Dessa forma, no vencimento da dívida, os acionistas só pagarão se o valor dos ativos da empresa estiver acima do valor da dívida. Caso contrário, os acionistas não exercem a *call*, e os credores pedem a falência da empresa recebendo seus ativos.

Além de associar a opção de compra na visão da estrutura de capital da empresa, também podemos considerar que a própria emissão de títulos de dívida pode embutir vários tipos de opções em sua estrutura. Podemos considerar os casos em que os títulos de dívida são compostos de:

- opção de compra, para a empresa, antes do vencimento do título;
- opção de venda, para o credor, antes do vencimento do título;
- direito de converter a dívida em ações da empresa;
- emissão de títulos com senioridade de pagamento-prioridade de pagamento – em relação aos demais passivos tornando os demais passivos subordinados aos títulos sêniores.

Diante desse quadro, Barth *et al.* (2000) consideram que, quando uma empresa emite um novo título, ficam alterados os valores dos títulos já emitidos. Assim, os títulos de dívida de uma empresa devem ser precificados em conjunto levando em conta as possíveis opções embutidas nos títulos. Para tanto, propõe-se que a avaliação dos preços dos títulos de dívida corporativos sejam obtidos pelo modelo binomial de precificação de opções, conforme a metodologia que passamos a tratar.

O modelo binomial aplicado ao valor dos ativos da empresa e as opções sobre seus títulos de dívida

A árvore binomial

Barth *et al.* (2000) aplicam o modelo binomial para estimar o valor dos ativos da empresa nos períodos seguintes, até o ano de vencimento do título de dívida mais longo da empresa. Considera-se que os demais títulos que vencem antes do título mais longo são renovados nas condições originais. Parte-se da premissa de que todos os passivos vencem no último ano do período binomial.

¹ O termo precificação está sendo utilizado no sentido de apreçamento, ou seja, determinação do preço de um ativo.

Para a construção da árvore binomial (Figura 1), parte-se do valor inicial dos ativos da empresa, na data que se quer precificar, como sendo o valor contábil do passivo exigível somado ao valor de mercado do patrimônio líquido

da empresa. Os valores totais dos ativos da empresa dos demais períodos são calculados aplicando-se os multiplicadores dos estados de alta e de baixa, respectivamente, u e d , utilizando a volatilidade histórica das ações para sua determinação.

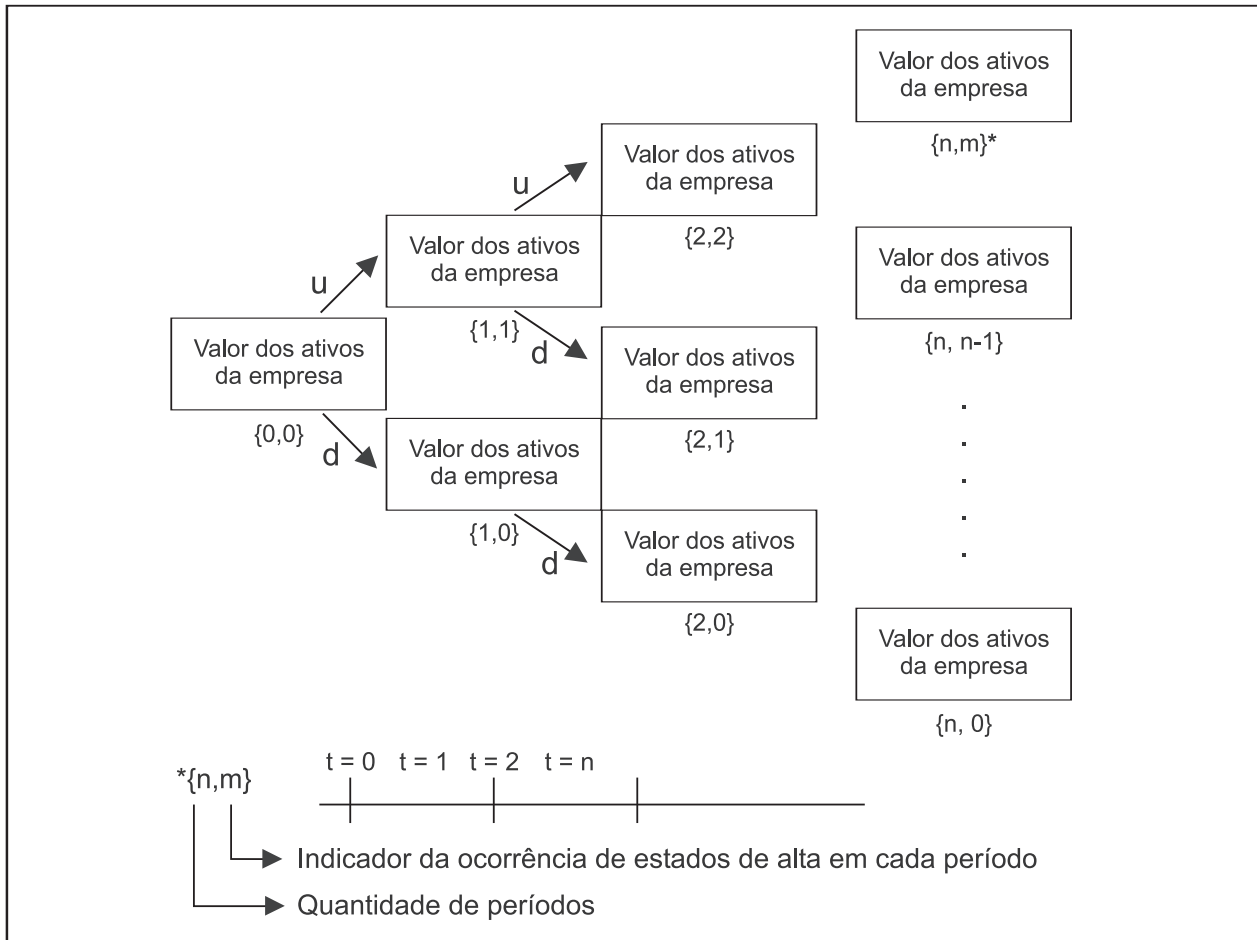


Figura 1. Representação da árvore binomial do valor dos ativos da empresa.

Sabemos que u e d são obtidos a partir dos estudos de Cox, Ross e Rendleman (1979) e dados por:

$$u = \exp\left(\frac{\mu}{T} + \frac{\sigma}{\sqrt{T}} \times \sqrt{\frac{1-P}{P}}\right) \quad d = \exp\left(\frac{\mu}{T} - \frac{\sigma}{\sqrt{T}} \times \sqrt{\frac{1-P}{P}}\right)$$

$$e \quad P = \frac{R_t - d}{u - d}$$

Estas expressões podem ser aproximadas, conforme Rendleman e Barth (1979), por:

$$u = \exp\left(\frac{R_t}{n} - \frac{1}{2} \frac{\sigma^2 t}{n} + \frac{\sigma \sqrt{t}}{\sqrt{n}}\right) \quad e \quad d = \exp\left(\frac{R_t}{n} - \frac{1}{2} \frac{\sigma^2 t}{n} - \frac{\sigma \sqrt{t}}{\sqrt{n}}\right)$$

- onde:
- μ : taxa média de variação do ativo
 - σ : volatilidade do ativo
 - p : probabilidade de risco neutro
 - R_t : taxa livre de risco do período t
 - t : medida de tempo de cada período
 - n : número de subperíodo por período

Precificação do título

Para precificarmos um dos títulos da dívida da empresa, devemos, inicialmente, selecionar um título de dívida que indicaremos por título A, considerando os demais passivos exigíveis como um segundo título de dívida \bar{A} . Em seguida, para cada um dos valores do último período da árvore binomial, o valor do ativo da empresa será dividido em três partes:

- valor do título que se quer precificar;
- valor dos demais passivos exigíveis;
- valor do capital próprio: resultado da subtração do valor do ativo da empresa pelos passivos exigíveis.

Então, a partir do último nó da árvore binomial, calculamos o valor presente do título dado por:

$$VP_{t,j} = \frac{VP_{t+1,j+1}P + VP_{t+1,j}(1-P)}{r}$$

onde,

$VP_{t,j}$ = valor presente do título no período t

$V_{t+1,j+1}$ = valor do título no período $t+1$, e $j+1$ estados de alta

$V_{t+1,j}$ = valor do título no período $t+1$ e j estados de alta

$r = 1 +$ taxa de juros livre de risco

$P =$ fator de probabilidade de risco neutro

Estes cálculos são repetidos para cada período da árvore como aparece na figura 2:

Em seguida seleciona-se um segundo título para ser precificado, título B, considerando os demais passivos exigíveis como um segundo título de dívida B (incluindo o título A já precificado). E repetimos o processo precificando o título B e, da mesma forma, todos os outros passivos contingenciais que possam existir.

Volatilidade dos ativos

Para cada um dos títulos de dívida, obtemos o seu preço na data de hoje que pode ser comparado com o respectivo preço do mercado. Se substituirmos o preço do título a mercado e calcularmos a volatilidade; devemos obter o que costuma ser chamado de volatilidade, implícita. No caso teríamos uma volatilidade implícita para cada título de dívida, o que não faz sentido.

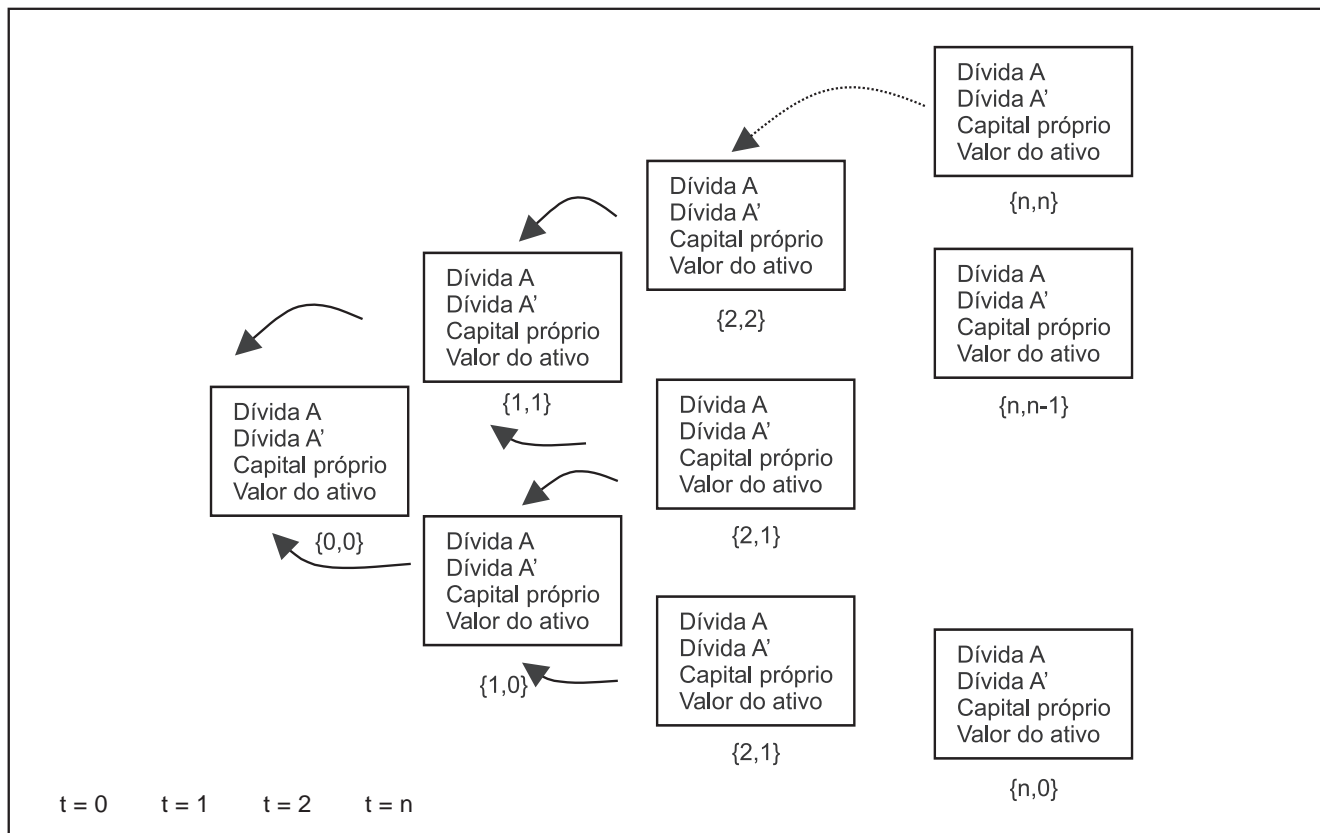


Figura 2. Representação da precificação dos títulos.

Consideremos, então, a soma dos erros quadráticos entre os preços a mercado e do modelo dos títulos de dívida, dada por

$$T = \sum_{j=1}^n \left(\frac{P_{\text{mercado}_j}}{P_{\text{modelo}_j}} - 1 \right)^2, \text{ onde}$$

P_{mercado} = preço de mercado do título

P_{modelo} = preço do título estimado pelo modelo

Daí procuramos o valor da volatilidade que minimiza o valor de T e consideramos esta volatilidade, induzida pelo modelo, nossa melhor estimativa para a volatilidade dos ativos. É com ela que voltamos a precificar cada um dos títulos de dívida e obter os prêmios dos elementos contingenciais dos contratos.

Critério de decisão do valor do passivo

Em cada um dos períodos estimados pela árvore binomial, o valor do título depende de contingências existentes nos títulos de dívida. O critério de decisão aplicado neste trabalho abrange os componentes opção de compra, opção de conversão, senioridade e subordinação. Vejamos o tratamento para cada caso.

a) Opção de compra

Se o título oferecer uma opção de compra para o emissor, então este exercerá a opção caso o valor de recompra seja menor que o valor de manter o título no mercado. O valor de recompra é definido no lançamento do título e o valor de manutenção do título é obtido pelo valor presente calculado pela equação $VP_{t,j}$, observando que, ao final do período, no vencimento, a opção torna-se nula.

Caso o título apresente ainda a opção de conversão, então, aplica-se o critério de conversão descrito a seguir. E, por último, verifica-se o valor total do ativo da empresa; caso não seja suficiente para pagamento integral do passivo exigível, então, aplica-se para o critério de *senioridade* e *subordinação* que também é examinado a seguir.

b) Opção de conversibilidade

Se o título possuir opção de conversão para o investidor, então, compara-se o valor nominal somado aos juros com o valor convertido em ações e registra-se o maior valor, uma vez que o investidor busca maximizar sua riqueza. Se o valor do ativo não for suficiente para pagamento integral do passivo, então, aplica-se o critério de senioridade e subordinação.

c) Cláusulas de senioridade e subordinação

- Se o valor total do ativo da empresa for maior que o valor nominal somado aos juros devidos dos títulos de dívida, então registra-se o valor nominal do título somado aos juros devidos.
- Se o valor total do ativo da empresa for menor que o valor nominal dos títulos de dívida, então:
 - a) Se o título de dívida for subordinado, o valor do título será o valor total do ativo da empresa subtraído do valor nominal + juros dos passivos exigíveis seniores;
 - b) Se o título de dívida tiver a mesma prioridade de pagamento à dos demais passivos, registra-se a proporção da dívida que está sendo precificada sobre a dívida total multiplicada pelo valor do ativo da empresa;
 - c) Se o título de dívida for sênior, com prioridade de pagamento aos demais passivos, registra-se o valor nominal do título somado aos juros se o valor do ativo da empresa for suficiente. Caso contrário, registra-se somente o valor do ativo da empresa.

Apreçamento das opções embutidas nos títulos

As opções embutidas nos títulos de dívida podem ser precificadas subtraindo o valor do título sem a opção do valor do título com a opção. Por exemplo, considere um título com opção *call* e o mesmo título sem a opção, subtraindo os valores presentes, chega-se ao valor da opção *call* embutida no título. No caso de um mesmo título apresentar mais de uma opção, deve-se considerar o valor da interdependência entre os dois títulos.

Os passivos exigíveis que não são títulos de dívida

Os passivos exigíveis que não são títulos de dívida que correspondem aos passivos tributários, fornecedores, passivos trabalhistas, provisão para contingências, serão considerados como um único título com pagamento de juros periódicos. Para cálculo dos preços desses passivos, considera-se o valor contábil como o valor nominal do título, incluindo pagamento de juros periodicamente ao longo da árvore binomial. A taxa de juros pode ser estimada por meio do custo de capital de terceiros com base em dados de mercado.

Uma das formas para esta estimativa pode ser vista em Minardi e Sanvicente (2003), que, conforme o perfil dos passivos e do tamanho da empresa, consiste em supor

que os recursos podem ser captados à própria taxa livre de risco.

Estudo do caso Petrobrás –
Petróleo Brasileiro S.A.

Dados de endividamento

O valor de mercado da Petrobrás de 30/6/2003 (Fonte: Economática) era de R\$ 55,814 bilhões. O valor contábil do passivo exigível era de R\$ 57,265 bilhões, referente à soma do passivo circulante e passivo exigível a longo prazo de acordo com o Balanço Patrimonial (Fonte:

Economática). Assim a estimativa do valor inicial do ativo total era de R\$ 113,079 bilhões. Com base na TJLP mais spread de 13% a.a. e estimando inflação de 5% a.a., consideramos uma taxa de juros real de 8% a.a. A volatilidade histórica é de 57,77% a.a. baseada nas variações trimestrais do preço da ação.

A tabela 1 apresenta os títulos de dívida emitidos pela Petróleo Brasileiro S.A., porém os títulos em moeda nacional referem-se às debêntures simples emitidas no mercado de capitais local e os títulos em moeda estrangeira referem-se aos títulos emitidos nos mercados internacionais e têm prioridade de pagamento em relação às debêntures do mercado doméstico.

Tabela 1. Títulos de dívida da Petrobrás

	Moeda – R\$	Valor de Face	Emissão	Vencimento	Juros	Valor contábil (R\$ milhões)	Valor de (R\$)	Mercado %
(A)	Debênture simples	R\$ 775 milhões*1 (corrigido pelo IGP-M: R\$ 930,830 milhões)	1/10/2002	1/10/2010	10,30% (anual)	1.000,291	859.621	92,350
(B)	Debênture simples	R\$ 750 milhões*1 (corrigido pelo IGP-M: R\$ 943,803 milhões)	30/8/2002	1/8/2012	11% (anual)	1.037,259	943.047	99,920
(C)	Debênture simples	R\$ 430 milhões (corrigido pelo IGP-M: R\$ 837,037)	15/2/1998	15/2/2015	TJLP + 2,5% (semestral) Taxa real: 8,5%	702,850	Na	Na
	Moeda – R\$	Valor de Face	Emissão	Vencimento	Juros	Valor contábil (R\$ milhões)	Valor de (R\$)	Mercado %
(D)	Notas seniores	US\$ 250 milhões (R\$ 750 milhões)	17/10/1996	17/10/2006	10% (semestral)	732,713	838.125	111,750
(E)	Notas seniores	Y 30 bilhões (R\$ 751 milhões)	11/9/1997	11/9/2003	4,10% (semestral)	728,984	751.177	99,999
(F)	Notas seniores	ITL 260 bilhões (R\$ 463 milhões)	3/11/1997	5/11/2007	6,625% (semestral)	463,817	422.376	91,0833
(G)	Notas seniores	ATS 1,25 bilhão (R\$ 313 milhões)	31/10/1996	31/12/2004	9% (semestral)	314,208	318.421	101,500

Fonte: www.petrobras.com.br

*1 Valor de face corrigido pelo IGP-M até 30/6/03, conforme definido no lançamento do título (fonte:www.debentures.com.br)

Obs.: (1) As taxas de juros dos títulos domésticos são consideradas taxas reais.

(2) Foi suposto que as variações cambiais das moedas acompanhem a inflação em reais.

Os títulos em moeda estrangeira – dólar – foram convertidos para reais à taxa de US\$/R\$ 3,00. Entende-se que as notas seniores têm prioridade de pagamento aos demais passivos da Petrobrás.

Aplicação do modelo

a) *Árvore binomial da empresa*

Valor inicial: 113.079.000.000

Cálculo dos elementos da árvore binomial:

$$u = \exp \left(\frac{\ln(1+0,06)}{1} - \frac{\frac{1}{2} \cdot 0,5777^2 \times 1}{1} + \frac{0,5777\sqrt{1}}{\sqrt{1}} \right) \cong 1,5985$$

$$u = \exp \left(\frac{\ln(1+0,06)}{1} - \frac{\frac{1}{2} \cdot 0,5777^2 \times 1}{1} - \frac{0,5777\sqrt{1}}{\sqrt{1}} \right) \cong 0,50$$

$$P = \frac{1,06 - 0,50}{1,60 - 0,50} = 0,5082$$

A árvore binomial dos ativos da Petrobrás é estimada como se segue:

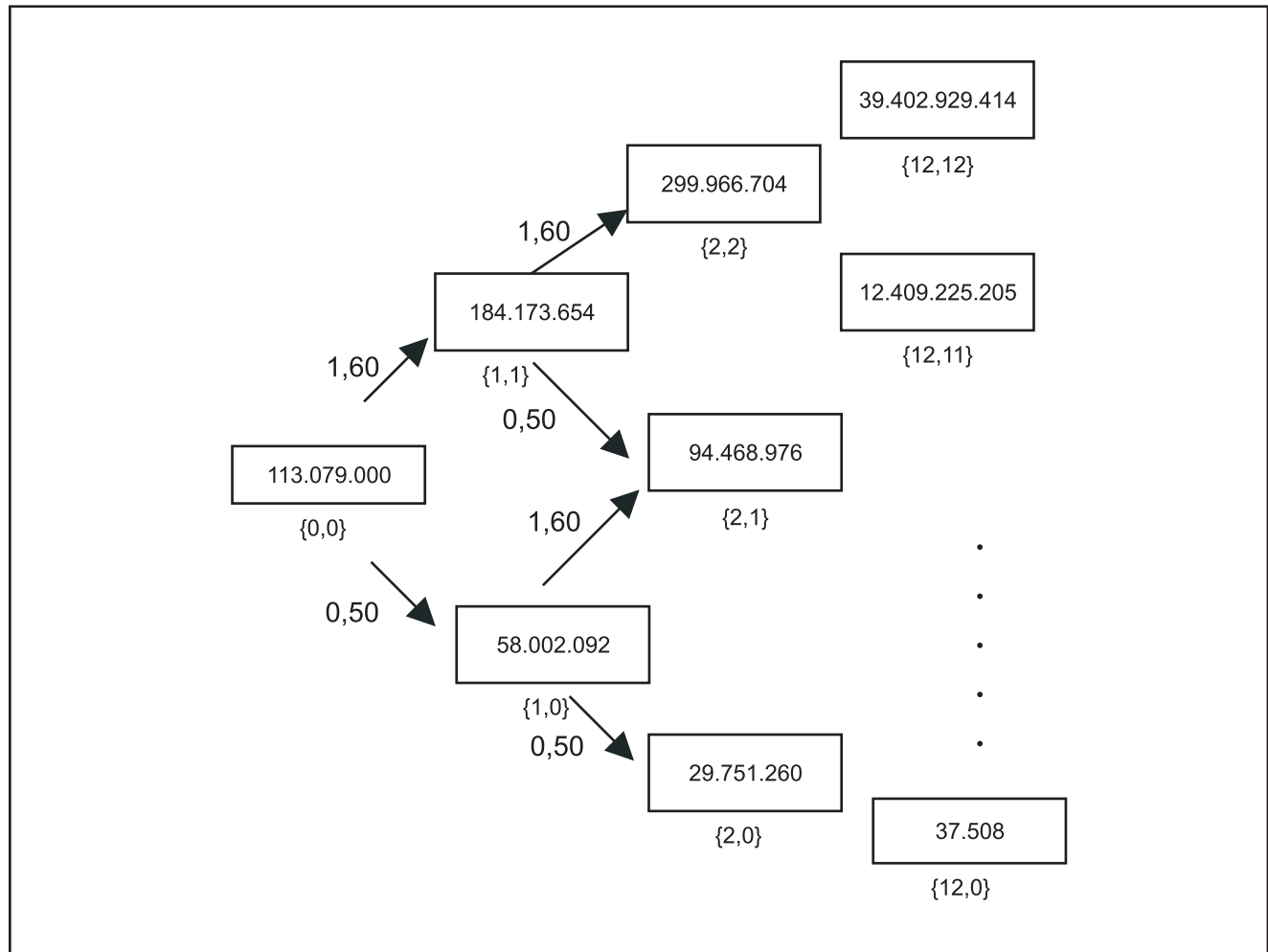


Figura 3. *Árvore binomial dos ativos da Petrobrás – Em R\$ mil.*

b) Apreçamento dos títulos

Iniciaremos pela separação do título B, a debênture simples da tabela 1. No período {12,12}, o valor dos ativos da empresa será dividido em:

(1) Valor nominal do título (+) juros = 943,802 + 103,818 = R\$ 1.047,620 milhões.

(2) Valor dos demais passivos exigíveis representado pelo título teórico dado por: valor contábil + valor nominal dos demais títulos + pagamento de juros dos títulos

A estimativa de custo dos passivos não representativos dos títulos de dívidas será considerada de 8% a.a., taxa real. Serão tratados como um único título com pagamento

de juros de 8% a.a., com vencimento no último ano tratado pela árvore binomial.

(3) Capital próprio – diferença do valor total da empresa menos os passivos exigíveis.

O valor total dos ativos da empresa do último ano, período {12,12} de 39.402.929.414 será dividido em:

Tabela 2. Valor dos passivos em {12,12} – em R\$ mil

Título de dívida a precificar	1.047.620
Demais passivos exigíveis	60.838.232
Capital próprio	39.341.043.562
Valor total da empresa	39.402.929.414

No período {11,11}, o valor presente do título será

$$VP_{\{11,11\}} = \frac{1.047,620 \times 0,5082 + 1.047,620 \times (1 - 0,5082)}{1,08} + 103,818 = 1.073,837$$

Note que, entre os títulos da Petrobrás, a única contingência que existe é a de senioridade e subordinação dos títulos. Como o título que estamos precificando é um título subordinado, então só será pago se os demais passivos exigíveis forem completamente liquidados.

Aplicando a fórmula de valor presente a partir do último ano da árvore binomial até a data atual, para o título (B) de vencimento em 8/2012, chegou-se ao valor presente de R\$ 687,913 milhões conforme representado abaixo:

$$VP_{\{0,0\}} = \frac{904,013 \times 0,5082 + 576,494 \times (1 - 0,5082)}{1,08} = 687,913$$

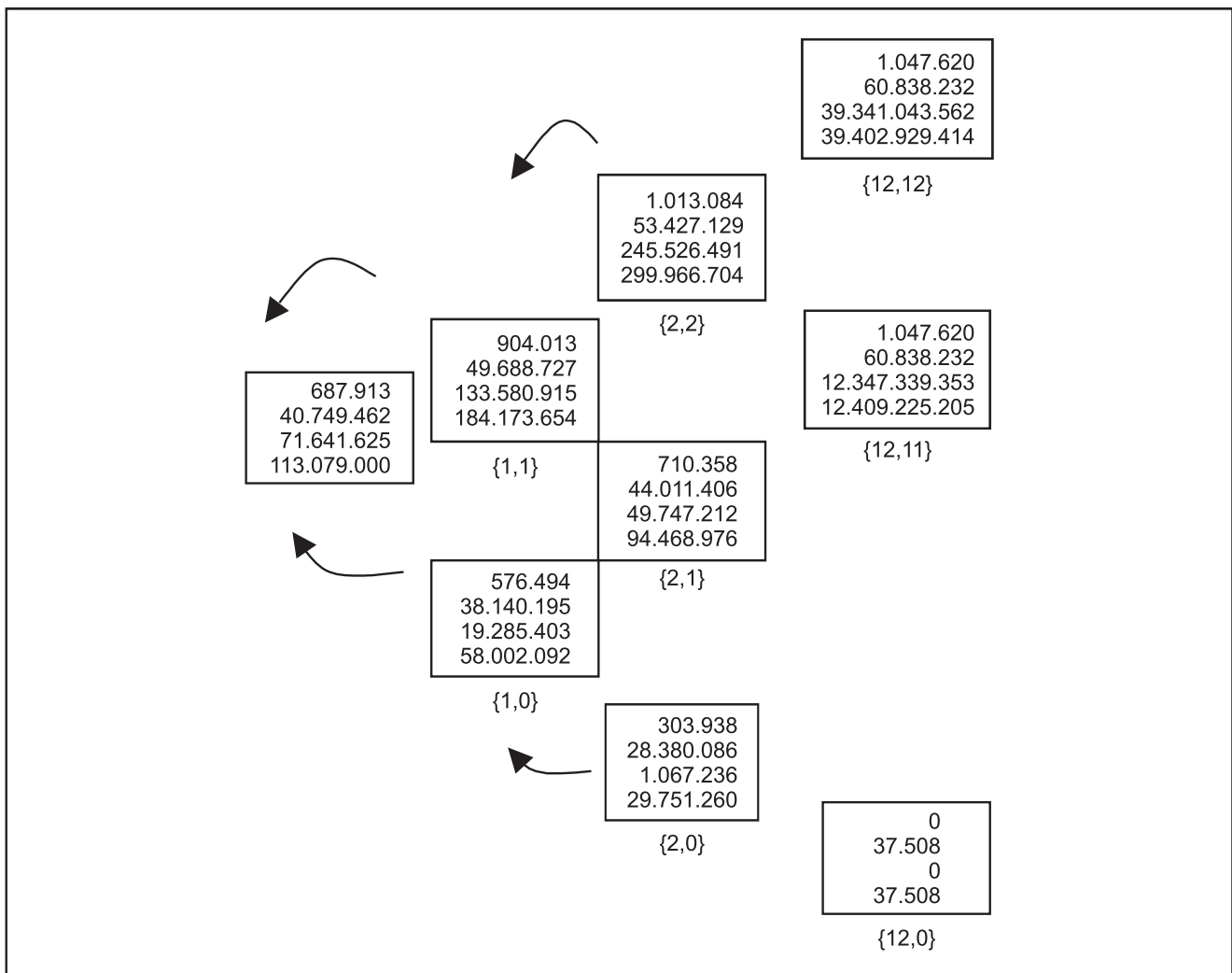


Figura 4. Valor presente do título (em R\$ mil).

Repetindo o mesmo método para todos os títulos, calculam-se os preços dos demais títulos.

Tabela 3. Preços dos títulos de dívida

Títulos (em R\$ milhões)	Modelo	Mercado	Contábil	Valor Nominal
(A) Debênture simples 10/10	643,637	859,621	1.000,291	930,830
(E) Debênture sênior iene	350,308	751,177	728,984	751,252
(B) Debênture simples 08/12	687,913	943,047	1.037,259	943,802
(F) Debênture sênior lira	291,615	422,376	463,817	463,725
(D) Debênture sênior dólar	634,619	838,125	732,713	750,000
(G) Debênture sênior ATS	282,503	318,421	314,208	313,716
(C) Debênture simples 02/15	453,529	Não há	702,850	837,037

Comparando-se os preços estimados e os do mercado, temos que os preços dos títulos de dívida apresentam-se abaixo do preço de mercado, indicando que o mercado estaria sobrevalorizando os títulos de dívida:

Tabela 4. Preços em percentuais dos títulos de dívida

Títulos	Preços em percentuais sobre valor de face em \$Reais			Modelo/contábil
	Modelo	Mercado	Contábil	
(A) Debênture simples 10/10	69,15%	92,35%	107,46%	64,34%
(E) Debênture sênior iene	46,63%	99,99%	97,04%	48,05%
(B) Debênture simples 8/12	72,89%	99,92%	109,90%	66,32%
(F) Debênture sênior lira	62,89%	91,08%	100,02%	62,87%
(D) Debênture sênior dólar	84,62%	111,75%	97,70%	86,61%
(G) Debênture sênior ATS	90,05%	101,50%	100,16%	89,91%

Ajustando a volatilidade histórica de modo a minimizar o quadrado das diferenças entre os valores calculados pelo modelo e os valores de mercado dos títulos e do capital próprio, chega-se a uma volatilidade implícita de 27,66% a.a. e o valor inicial da empresa mantém-se em R\$ 113,079 bilhões.

Com a volatilidade implícita, recalcula-se a árvore binomial do valor do total de ativos da empresa e obtendo os novos preços dos títulos:

Tabela 5. Preços dos títulos de dívida

Títulos (em R\$ milhões)	Modelo	Mercado	Contábil	Valor nominal
(A) Debênture simples 10/10	932,025	859,621	1.000,291	930,830
(E) Debênture sênior iene	506,541	751,177	728,984	751,252
(B) Debênture simples 8/12	990,217	943,047	1.037,259	943,802
(F) Debênture sênior lira	399,651	422,376	463,817	463,725
(D) Debênture sênior dólar	834,409	838,125	732,713	750,000
(G) Debênture sênior ATS	335,492	318,421	314,208	313,716
(C) Debênture simples 02/15	677,750	Não há	702,850	837,037

Comparando-se os preços estimados e os do mercado, teremos:

Tabela 6. Preços em percentuais dos títulos de dívida

Títulos	Preços em percentuais sobre valor de face em reais			Modelo/contábil
	Modelo	Mercado	Contábil	
(A) Debênture simples 10/10	100,13%	92,35%	107,46%	93,18%
(E) Debênture sênior iene	67,43%	99,99%	97,04%	69,49%
(B) Debênture simples 08/12	104,92%	99,92%	109,90%	95,46%
(F) Debênture sênior lira	86,18%	91,08%	100,02%	86,17%
(D) Debênture sênior dólar	111,25%	111,75%	97,70%	113,88%
(G) Debênture sênior ATS	106,94%	101,50%	100,16%	106,77%

Os preços dos títulos aumentaram, porém os títulos (E) e (F) continuam a situar-se abaixo do preço de mercado. O título (D) quase que se iguala ao preço de mercado e os títulos (A), (B) e (G) passaram a apresentar preços acima do mercado, indicando que o mercado está subavaliando tais títulos.

Avaliação dos preços das opções embutidas

Os títulos emitidos pela Petróleo Brasileiro S.A. – empresa controladora – não apresentam opções embutidas em contrato, entretanto, existem contingências que podem ser entendidas como opções que estão implícitas em contratos.

Se considerarmos que o título (B) tenha uma *call* que dá o direito ao emissor de recomprar o título ao valor de face, então o valor presente passará de R\$ 990,217 milhões para R\$ 931,476 milhões, ou seja, o custo *call* será de (R\$ 58,742 milhões).

Considere, agora, que o título não tenha uma *call*, mas sim uma opção de conversão pelo investidor na proporção do valor da dívida sobre o capital próprio da empresa que corresponde a aproximadamente 1%. Então o investidor tomaria a decisão de converter o título em ações em qualquer período da árvore binomial que o valor de conversão for maior que o valor de manutenção do título. O valor presente do título com conversão passaria de R\$ 990,217 milhões para R\$ 1.618,596 bilhão, ou seja, o valor da opção de conversão seria de R\$ 628,378 milhões.

Um título com ambas as opções, em que o emissor decide resgatar o título antecipadamente ao vencimento

se o valor de manter for maior que o valor de resgate e se o valor de resgate for menor que o valor de conversão, o investidor que decide exercer seu direito de conversão passaria a ter um valor de R\$ 931,529 milhões (Tabela 7). Tem-se então que o valor de interdependência entre as duas opções é de (R\$ 628,326 milhões).

Tabela 7. Preços em percentuais dos títulos de dívida

Componentes	Preço (em R\$ milhões)
Debênture com pagamento de juros	990,217
Valor de conversão isolada	628,378
Valor de <i>call</i> isolada	-58,742
Valor conjunto de <i>call</i> + conversão	-628,326
Valor do título com <i>call</i> + conversão	931,529

Análise dos resultados

Quando examinamos os preços das dívidas obtidos pelo modelos e dos demais passivos exigíveis, com a melhor estimativa de volatilidade, podemos comparar o valor do ativo a mercado e pelo modelo (Tabela 8) obteve-se o seguinte valor do ativo:

Verificamos então que o modelo nos fornece a informação de que o valor das dívidas é menor que o percebido pelo mercado, fazendo com que o valor do capital próprio seja maior que o de mercado. Significando que um investidor deveria vender dívidas e comprar ações desta empresa, desde que aceite o modelo.

Tabela 8. Valor dos ativos totais da empresa

Valor total dos ativos	Valor em R\$ milhões	
	Modelo	Mercado
(A) Debênture simples 10/10	932,025	859,621
(E) Debênture sênior iene	506,541	751,177
(B) Debênture simples 08/12	990,217	943,047
(F) Debênture sênior lira	399,651	422,376
(D) Debênture sênior dólar	834,409	838,125
(G) Debênture sênior ATS	335,492	318,421
Subtotal – títulos com valor de mercado	3.998,336	4.132,768
(C) Debênture simples 02/15	677,750	677,750
Demais passivos exigíveis	51.259,075	51.259,075
Capital próprio	56.092,751	55.814,000
Valor total dos ativos	112.027,911	111.883,593

Considerações finais

Como vimos, o modelo serve para precificar os títulos de dívida, suas contingências e ações de uma empresa, possibilitando a tomada de decisão de investimento entre dívida e ações de uma empresa. Adicionalmente, pode ser utilizado para avaliar o impacto nos preços dos títulos de dívida quando a empresa decide captar novos recursos. E, finalmente, é um instrumento que possibilita a comparação do valor contábil das dívidas e seu valor real.

Um estudo que nos parece interessante consiste na utilização do modelo para avaliação de empresas que não tenham ações no mercado mas que possuam títulos de dívidas. Nesta direção é que propomos aplicações e adequações futuras do modelo.

Referências bibliográficas

BARTH, M.; LANDSMAN, W.; RENDLEMAN, R. Option pricing-based bond value estimates and a fundamental components approach to account for corporate debt. *The Accounting Review*, v. 73, n. 1, 1998.

BARTH, M.; LANDSMAN, W.; RENDLEMAN, R. Implementation of an optionpricing-based bond valuation model for corporate debt and its components. *Accounting Horizons*, v. 14, n. 4, 2000.

BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, v. 81, 1973.

BRENNAN, M.; SCHWARTZ E. Analysing convertible bonds. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, v. XV, n. 4, 1980.

BODIE, Z.; KANE, A.; MARCUS, A. Investments. 4th ed. New York: Irwin McGraw-Hill, 2000.

COPELAND T.; WESTON J. Financial theory and corporate policy. 3rd ed. New York: Addison-Wesley Publishing Company, 1988.

COX, J.; ROSS, S.; RUBINSTEIN, M. Option pricing: a simplified approach. *Journal of Financial Economics*, v. 7, 1979.

COX, J.; RUBINSTEIN, M. Options markets. Englewood Cliffs. NJ: Prentice-Hall, 1985.

ELTON, E. et al. *Modern portfolio theory and investment analysis*. 6th ed. New York: John Wiley & Sons.

FABOZZI, F. A simplified model for valuing debt options. *Journal of Portfolio Management*, v. 15, n. 3, 1989.

FABOZZI, F.; KALOTAY, A.; WILLIAMS, G. A model for valuing bonds and embedded options. *Financial Analysts Journal*, 1993.

FABOZZI, F. *Bond markets, analysis and strategies*. 4th ed. Upper Saddle River. NJ: Prentice Hall, 2000.

FINNERTY, J. Adjusting the binomial model for default risk. *Journal of Portfolio Management*, v. 25, n. 2, 1999.

FRANCIS, J. Investments analysis and management. 5th ed. McGraw-Hill.

GONÇALVES, F.; BARROS, M. Pricing the option-adjusted spread of brazilian eurobonds. *The Journal of Portfolio Management*, v. 24, n. 3, 1998.

HULL, J. Options, futures and other derivatives. 4th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000.

JARROW, R. A.; TURNBULL S. Pricing derivatives on financial securities subject to credit risk. *The Journal of Finance*, v. 50, 1995.

KALOTAY, A.; WILLIAMS, G.; FABOZZI, F. A model for valuing bonds and embedded options. *Financial Analysts Journal*, v. 49, n. 3, 1993.

- KING, D. An empirical examination of call option values implicit in U.S. corporate bonds. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, v. 37, n. 4, 2002.
- LONGSTAFF, F.; SCHWARTS A. simple approach to valuing risky fixed and floating rate debt. *The Journal of Finance*, v. 50, 1995.
- MCCONNELL, J.; SCHWARTZ E. LYON Taming. *The Journal of Finance*, v. 41, n. 3, 1996.
- MERTON, R. Theory of rational option pricing. *Journal of Economics and Management Science*, v. 4, pp. 449-470, 1974.
- MINARDI, A.G.; SANVICENTE, A. *Estimação do custo médio de capital de empresas sob processo de regulação econômica no Brasil*. III Encontro Brasileiro de Finanças, São Paulo, 2003.
- RENDELMAN, R.; BARTTER, B. Two-state option pricing. *The Journal of Finance*, v. 34, n. 5, 1979.

Artigo recebido para publicação em 10/10/2003
e aprovado em 20/11/2003