

# Metodologia para Estimativa de Custo de Capital Próprio em Projetos de Investimento: Uma Abordagem Independente de Ações Negociadas em Bolsa de Valores

ELIAS CAVALCANTE-FILHO (\*)  
RODRIGO DE-LOSSO (\*\*)  
FELIPE SANDE (\*\*\*)

## Resumo

Esta nota técnica propõe uma abordagem para mensuração de custo de capital próprio e a avaliação de risco em projetos de investimento. As vantagens desta abordagem são a estimação do risco do projeto independentemente da existência de ações negociadas na bolsa de valores para o setor analisado e a consideração de riscos específicos em conjunção com a adição de novos componentes de incerteza ao projeto. Em avaliações de projeto, a estimativa do beta, para mensurar risco, é tipicamente realizada usando ações de empresas similares negociadas em bolsas de valores. Essa prática presume que o risco das ações escolhidas como referência representa o risco inerente ao projeto analisado. No entanto, essa premissa dificilmente é válida, nem pode ser testada na prática, já que projetos envolvem variáveis exclusivas certamente não capturadas pelo comportamento dessas ações. A abordagem deste artigo supera essas premissas e estima o beta com base no risco específico do projeto a partir das incertezas en-

volvidas no próprio fluxo de caixa livre, via mensuração da volatilidade de sua rentabilidade média usando simulações de Monte Carlo.

## 1 Introdução

Este artigo propõe uma abordagem para a precificação do risco no âmbito de avaliações de viabilidade econômico-financeira de projetos de investimento.

A abordagem consiste em um método de estimação do parâmetro de risco (beta) do Capital Asset Pricing Model (CAPM) a partir das próprias premissas utilizadas para estimação do fluxo de caixa livre de análise. A proposta sensibiliza o custo de oportunidade a cada componente do projeto, tornando a avaliação de viabilidade mais robusta e personalizada de acordo com suas características.

As avaliações de projetos de investimento tipicamente envolvem a mensuração do fluxo de caixa livre para posterior comparação da sua Taxa Interna de Retorno (TIR) com o custo de oportunidade ou cálculo

do seu Valor Presente Líquido (VPL).

O fluxo de caixa livre é determinado a partir de premissas específicas do projeto que refletem as expectativas de seus resultados. No entanto, a consideração do risco inerente ao negócio e os potenciais desvios da expectativa são tarefas tipicamente atribuídas ao custo de oportunidade, o beta do CAPM, estimado com parâmetros de mercado, mas desconsidera as características singulares do projeto analisado.

O CAPM é uma abordagem amplamente aplicada em avaliações de projetos e determina o custo de oportunidade do capital próprio como o resultado da soma entre:

- Taxa Livre de Risco e
- Prêmio de Risco do projeto.

A Taxa Livre de Risco reflete a rentabilidade que um investidor esperaria receber ao investir em um ativo livre de risco. Por sua vez o **prêmio de risco do projeto**

reflete a rentabilidade adicional necessária para compensar seus riscos.

O prêmio de risco do projeto é resultado da multiplicação dos seguintes componentes:

- **Prêmio de Risco de Mercado:** esse parâmetro expressa o preço do risco e busca refletir a rentabilidade adicional tipicamente obtida pelos investimentos em ativos arriscados acima do ativo livre de risco.
- **Beta:** esse parâmetro reflete a quantidade risco do investimento analisado. Ele é mensurado como uma relação entre o nível de risco do investimento em análise em relação ao risco típico dos ativos arriscados. Um beta igual unitário representa um nível de risco compatível com o padrão de mercado; o beta superior a 1, algo mais arriscado que o padrão de mercado; e um beta menor que 1, um investimento de menos risco que o de mercado.

As estimações tanto da Taxa Livre de Risco como do prêmio de risco de mercado são feitas de maneira relativamente objetiva e não variam a depender do projeto analisado. A taxa livre de risco tipicamente é baseada em dados públicos de títulos de dívida de baixo risco,

como títulos do governo. Nesse mesmo sentido, o Prêmio de Risco de Mercado pode ser calculado com base em médias históricas das taxas de retorno da carteira de mercado, que tendem a ser dados bastante sólidos e amplamente utilizados.

O Beta, por sua vez, é um parâmetro que deve refletir características próprias do projeto analisado. Normalmente é calculado a partir da seleção de ações de empresas negociadas em bolsas, presumindo-se que o risco das ações escolhidas como referência mimetiza o risco inerente ao projeto analisado.<sup>1</sup> No entanto, essa premissa não é necessariamente válida nem pode ser geralmente testada na prática, já que projetos frequentemente envolvem variáveis exclusivas, cujos riscos dificilmente são capturados pelas ações selecionadas. Tudo isso torna o beta uma estimativa bastante simplista sobre o risco do projeto.

Frente a esse contexto, a abordagem apresentada neste artigo visa a superar essas limitações, proporcionando uma avaliação personalizada do risco inerente ao projeto, levando em consideração suas particularidades e as variáveis que mais afetam seu desempenho financeiro.

A abordagem consiste na avaliação do risco potencial do projeto via a mensuração da volatilidade de sua

rentabilidade média por meio de simulações de Monte Carlo, considerando as premissas que fundamentam o fluxo de caixa livre analisado.

Para a apresentação da abordagem o presente artigo é organizado da seguinte forma: seção 2 resume o modelo CAPM com destaque ao modo como é estimado o beta e sua relação com a volatilidade do investimento analisado e a volatilidade padrão de mercado; seção 3 apresenta como considerar a volatilidade esperado para o projeto em análise com a volatilidade esperada para rentabilidade média do projeto (TIR).

## 2 Modelo CAPM e Interpretação do Beta

Nesta seção é apresentado o modelo CAPM com destaque para a intuição do seu valor.

O CAPM é um modelo tradicional da teoria de finanças e fornece um método para determinar o custo de oportunidade do capital próprio.

O CAPM é baseado na seguinte equação:

$$R_i = R_f + \beta_i(R_m - R_f)$$

em que:

$R_i$ : representa o retorno esperado de um investimento e compatível com o seu risco.

$R_f$ : é a taxa livre de risco, que reflete a rentabilidade de um investimento livre de risco.

$\beta_i$ : é a quantidade de risco do modelo para o investimento analisado.

$R_m$ : é o retorno típico esperado de ativos arriscados.

$(R_m - R_f)$  é o prêmio de risco de mercado, que indica a remuneração adicional necessária para investir em ativos mais arriscados em comparação com investimentos livres de risco.

A seguinte fórmula define o valor do beta:

$$\beta_i = \frac{Cov(R_i, R_m)}{Var(R_m)}$$

Para entender a intuição do beta é preciso entender o significado de cada um dos seus componentes.

No numerador, tem-se a covariância entre retorno do ativo e retorno de mercado. Essa estimativa visa mensurar quanto do retorno do investimento está associado com o retorno da carteira de mercado, ou qual o nível de variação conjunta dos retornos<sup>2,3</sup> do investimento em comum com a carteira de mercado.

Por sua vez, no denominador tem-se a variância de mercado, a qual quantifica a volatilidade padrão ou de referência observada no mercado de ativos arriscados, no caso, o mercado de ações.

Desse modo, a fórmula que define o beta pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\beta_i = \frac{Cov(R_i, R_m)}{Var(R_m)} = \frac{\text{Volatilidade do ativo } i}{\text{Volatilidade padrão de mercado}}$$

Assim sendo, um beta igual a 1 indica que o ativo tem volatilidade equivalente ao padrão de mercado, ao

passo que valores diferentes de 1 indicam volatilidades maiores ou menores que a do padrão de mercado.

Tradicionalmente, o mercado de ações é utilizado como referência sobre qual seria o comportamento típico de um investimento arriscado e a partir de seus dados observados é feita a estimação do modelo CAPM.

Nesse sentido, a estimação do beta é comumente realizada com base em ações de empresas negociadas em bolsas de valores. Portanto, tipicamente o beta é estimado pela razão entre a volatilidade do ativo em análise e a volatilidade padrão de mercado.

### 3 Proposta de Estimação do Beta com Base nas Premissas do Fluxo de Caixa Livre

Esta seção apresenta a metodologia proposta para estimação do beta para análise de projetos de investimento a partir de premissas sobre o próprio fluxo de caixa livre em análise.

Para a aplicação da metodologia é necessária a execução de três passos: i) estimação da volatilidade para rentabilidade média do investimento/projeto analisado; ii) estimação da volatilidade padrão de mercado para o horizonte analisado; iii) estimação do beta do projeto a partir dos componentes estimados nos passos anteriores. A seguir, é explicado como proceder para a estimação de cada um desses componentes.

#### 3.1 Mensuração da Volatilidade Esperada para o Investimento Analisado

A abordagem para estimar a volatilidade esperada no rendimento de um projeto envolve a análise de sensibilidade da rentabilidade do fluxo de caixa livre do projeto por meio da aplicação do método de Monte Carlo. Essa técnica estatística permite simular uma ampla gama de cenários possíveis para o projeto ana-

lisado, levando-se em consideração a incerteza inerente às premissas do projeto.

A seguir, são descritos os passos propostos para essa estimação:

### I) Definição das Premissas do Fluxo de Caixa Livre (FCL):

envolve identificar e quantificar todas as variáveis que afetam o desempenho financeiro do projeto, como investimentos, custos operacionais, receitas, tributação, necessidades de capital de giro e despesas de financiamento.

### II) Montagem das Distribuições de Probabilidade:

consiste em definir para cada variável do FCL uma distribuição de probabilidade que reflita a incerteza em torno de seu valor. Essas distribuições podem ser baseadas em dados históricos, estimativas especializadas ou julgamento de especialistas. Também pode ser pertinente considerar a variabilidade e a correlação entre as variáveis.

### III) Simulações de Monte Carlo:

nesta etapa, a partir das distribuições de probabilidade estabelecidas na etapa anterior, é possível realizar simulações de Monte Carlo. Nesse processo, deve-se gerar uma grande quantidade de cenários possíveis, combinando os valores das variáveis do FCL de acordo com suas distribuições

de probabilidade. Cada simulação resulta em uma estimativa da rentabilidade do projeto.

### IV) Estimativa da Volatilidade:

por fim, a partir da distribuição das rentabilidades simuladas, é possível calcular a volatilidade (desvio-padrão) do projeto. Isso é feito por meio da análise estatística da variabilidade dos resultados.

#### 3.2 Mensuração da Volatilidade de Padrão de Mercado

A estimação do prêmio de risco de mercado é normalmente realizada com base em dados históricos das taxas de retorno do mercado de ações. O prêmio de risco de mercado é calculado como a diferença entre o retorno médio dos ativos arriscados e a taxa livre de risco. Historicamente, o valor do prêmio de risco de mercado tem oscilado em torno de 5% e 8% ao ano.

No entanto, para a estimação do beta não se deve atentar para a rentabilidade média do mercado, mas para sua volatilidade. Nesse sentido, os dados históricos revelam que seu desvio-padrão oscila em torno de 20% ao ano. Isso significa que o prêmio de risco de mercado pode variar consideravelmente de ano para ano, refletindo as condições econômicas, políticas e financeiras em constante mudança.

Contudo, antes de comparar a volatilidade do retorno do mercado com a volatilidade do projeto, é necessário fazer um ajuste para alinhar a frequência em que esses dados estão sendo analisados. A volatilidade do rendimento das ações de mercado é analisada anualmente, enquanto a volatilidade da rentabilidade do projeto é expressa em termos do horizonte analisado (10, 15, ..., ou 35 anos). Portanto, mesmo que ambas sejam expressas em termos médios anuais, a volatilidade de mercado reflete a volatilidade esperada em um ano, enquanto a volatilidade do projeto reflete a volatilidade do rendimento médio no horizonte analisado.

Dessa forma, a volatilidade de mercado medida em horizontes anuais deve ser ajustada para ser compatível com o horizonte do projeto. Este ajuste é simples: basta multiplicar o desvio-padrão do retorno de mercado anual por  $\sqrt{N}$ , em que  $N$  é o número de anos do projeto.<sup>4</sup>

O ajuste decorre do fato de que, apesar de a volatilidade anual ser elevada, no longo prazo a rentabilidade de projetos arriscados converge para o valor esperado, sendo o desvio em torno do valor esperado cada vez menor à medida que se observam períodos mais longos.

Desse modo, se para intervalos de um ano o desvio-padrão é de 20%,

para intervalos de, por exemplo, 30 anos, o desvio-padrão esperado é de 3,7% ( $= 20\%/\sqrt{30}$ ).

### 3.3 Estimação do Beta do Projeto

Por fim, para a estimação do beta do projeto, basta considerar as mensurações da volatilidade para o projeto analisado e a volatilidade de mercado esperada. Essa estimação é feita pela aplicação da seguinte fórmula:

$$\beta_i = \frac{\sigma_{MC}^2}{\frac{\sigma_{mercado}^2}{N}}$$

em que:

$\sigma_{MC}^2$ : é a variância da rentabilidade de projeto estimada pelo procedimento de Monte Carlo conforme descrito na subseção 3.1.

$\sigma_{mercado}^2$ : é a variância estimada com histórico de retorno de mercado, conforme descrito na subseção 3.2.

$N$ : é o horizonte de investimento do projeto analisado.

Assim sendo, supondo desvio-padrão de mercado de 20% ao ano e horizonte de investimento de 30 anos, a tabela a seguir demonstra o beta estimado a depender da volatilidade estimada para o projeto ( $\sigma_{M.c.}$ ).

	Desvio-padrão do projeto						
$\sigma_{mc}$	2,9%	3,2%	3,4%	3,7%	3,9%	4,2%	4,4%
$\beta$	0,63	0,74	0,87	1,00	1,14	1,29	1,45

## 3 Conclusões

Em síntese, a metodologia proposta neste estudo para a mensuração do custo de capital próprio e a avaliação

de risco em projetos de investimento apresentam uma série de vantagens no âmbito da análise financeira e econômica de investimentos. As vantagens da metodologia aqui delineada são de natureza fundamental e têm implicações de grande alcance para a prática da análise de projetos.

As vantagens da metodologia proposta podem ser resumidas da seguinte forma:

**I) Independência de Ações de Mercado:** Ao eliminar a dependência da existência de ações negociadas em bolsa de valores como referência, a metodologia torna-se aplicável a uma ampla gama de projetos que não possuem equivalentes diretos no mercado de ações. Isso amplia o escopo de aplicação da metodologia e a torna altamente flexível.

**II) Consideração de Riscos Específicos:** A abordagem proposta permite a incorporação de riscos específicos ao projeto, bem como a análise dos impactos da adição de novos componentes de incerteza no fluxo de caixa (por exemplo, inclusão de risco de câmbio, demanda, juros, ou qualquer outro componente de risco). Isso é particularmente relevante para projetos complexos e diversificados, nos quais os riscos não podem ser adequadamente representados pelo comportamento de ações de empresas negociadas em bolsas de valores. Isso significa que o risco inerente ao projeto é considerado de forma precisa, levando em conta suas particularidades e as variáveis que mais influenciam seu desempenho financeiro.

**III) Maior Robustez na Avaliação de Projetos:** A metodologia oferece uma análise de risco mais sólida e resistente, resultando em uma avaliação de viabilidade econômico-financeira mais confiável e embasada. Isso, por sua vez, contribui para uma tomada de decisão mais informada em relação a investimentos, minimizando os riscos associados à subestimação ou superestimação do custo de capital próprio.

#### IV) Preservação das Premissas

**Tradicionais:** a metodologia proposta mantém todas as demais premissas do modelo tradicional de estimação do custo de capital próprio com o *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) intactas. As premissas relativas à taxa livre de risco e ao prêmio de risco de mercado permanecem inalteradas. **A única modificação reside no método de estimação do beta.** Isso garante que a metodologia seja compatível e comparável com os métodos convencionais de avaliação de projetos de investimento, sem a necessidade de redefinir toda a estrutura de avaliação de projetos.

Em suma, a abordagem proposta representa uma contribuição para a área de avaliação de projetos de investimento e finanças corporativas. Ela aborda as limitações das metodologias tradicionais de estimação do custo de capital próprio e oferece uma estrutura robusta para a análise de risco em projetos, garantindo uma base para a tomada de decisões financeiras estratégicas.

O presente artigo traz abordagem semelhante a Kruschwitz e Löffler (2006), que, ao mesmo tempo que criticam a prática de se tratar a taxa de desconto em avaliações de projetos como um componente

exógeno, apresentam definição teórica da taxa de desconto como uma função dos fluxos de caixa esperados no futuro.

Além disso, a abordagem proposta tem inspiração na Hipótese de Negação do Ativo Negociado (MAD ou Market Asset Disclaimer) de Copeland e Antikarov (2001) e no Teorema de Samuelson (1965). A Hipótese de Negação do Ativo Negociado é aplicada na avaliação de projetos de investimento com opções reais e afirma que o valor do projeto representa a melhor estimativa de seu valor de mercado, considerando-o como um ativo negociado. Por sua vez, o Teorema de Samuelson estabelece que a rentabilidade do investidor tem como valor esperado a taxa de custo de oportunidade, com desvios decorrentes exclusivamente dos riscos materializados.

Por fim, é importante ressaltar que este método é apropriado quando é necessário estimar o custo do capital próprio. Assim, ele não é útil em situações em que esse parâmetro pode ser obtido diretamente, como por exemplo, ao consultar os próprios acionistas. No entanto, o método se torna relevante quando não há informações objetivas disponíveis sobre o parâmetro, como no caso de estruturações de projetos de concessões, quando o poder

público precisa inferir o custo do capital próprio para precificar adequadamente esse parâmetro.

#### Referências

- COPELAND, Tom; ANTIKAROV, Vladimir. **Opções reais: um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos.** Rio de Janeiro: Campus, 2001.
- KRUSCHWITZ, L.; LÖFFLER, A. **Discounted cash flow: a theory of the valuation of firms.** John Wiley & Sons, 2006.

- 1 Essa prática parte da hipótese econômica de não existência de oportunidade de arbitragem (Lei do preço único). Essa hipótese implica que investimentos de mesmo risco devem ter mesma rentabilidade esperada. Essa hipótese é basilar na teoria de finanças e amplamente aceita na literatura econômica.
- 2 No modelo do CAPM, a volatilidade do ativo pode ser decomposta em volatilidade sistêmica (não diversificável) e volatilidade idiossincrática (volatilidade diversificável). Aqui e no restante do artigo, a volatilidade do investimento refere-se à volatilidade sistêmica. Esta consiste na volatilidade que afeta todo um sistema financeiro, em oposição à volatilidade específica de ativos individuais.
- 3 No CAPM, apenas a volatilidade sistêmica é considerada ao determinar o prêmio de risco, ou seja, apenas a volatilidade sistêmica tem relação com o prêmio de risco de mercado. Isso ocorre por causa da suposição fundamental do modelo, que é a diversificação eficiente. A diversificação eficiente parte do pressuposto de que os investidores são racionais e buscam otimizar sua carteira de investimentos, diversificando-a para

eliminar o risco idiossincrático, também chamado de risco específico. O risco idiossincrático é aquele que afeta apenas um ativo ou um pequeno grupo de ativos e pode ser eliminado por meio da diversificação dos investimentos.

- 4 Este ajuste é um procedimento padrão em estatística, abordado em qualquer livro-texto sobre o assunto. Ele é usado para calcular a variância da média de uma variável a partir da volatilidade da amostra e do número de observações, assumindo que a variável é independente e identicamente distribuída (IID). A intuição por trás do ajuste é que quanto menos volátil a variável e quanto mais dados são observados, mais precisa (ou seja, menos volátil) é a média calculada para a variável. No contexto de investimentos em ativos arriscados, a ideia é que, embora o retorno médio em horizontes mais curtos seja mais incerto, quanto maior o horizonte analisado, maior a chance do retorno se aproximar do valor esperado.

*(\*) Fundação Getúlio Vargas. (E-mail: [elias.filho@fgv.br](mailto:elias.filho@fgv.br)).*

*(\*\*) Universidade de São Paulo. (E-mail: [delosso@usp.br](mailto:delosso@usp.br)).*

*(\*\*\*) Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (Fipe).  
(E-mail: [fsande@fipe.org.br](mailto:fsande@fipe.org.br)).*