

6

Opções Reais no Contexto de *Project Finance* e PPP

6.1

Opções Reais em *Project Finance*

O *project finance* é um instrumento presente em projetos de larga escala e, por isso, a aplicação dos conceitos de opções reais é de extrema importância para sua correta avaliação econômica.

Segundo Finnerty (2007), qualquer projeto que envolva etapas sequenciais de coleta de informações e tomada de decisões, como ocorre naqueles de larga escala onde a estrutura de *project finance* pode estar presente, deve ter sua avaliação sujeita à aplicação das técnicas de opções reais.

Tomem-se, por exemplo, projetos de desenvolvimento de recursos naturais. Finnerty (2007) utiliza como exemplo o desenvolvimento de um campo de petróleo, o qual consiste de quatro estágios: estudo geológico, etapa de exploração, fase de avaliação e a etapa de produção propriamente dita. Neste caso, a cada estágio do projeto, os patrocinadores obtêm informações adicionais valiosas, permitindo que avaliem se devem continuar ou abandonar o projeto na etapa seguinte.

Este conceito nada mais é do que a possibilidade de se exercer uma opção a cada ponto de decisão no tempo. O projeto apresenta duas fontes principais de incerteza: a quantidade de reservas – relacionada a uma incerteza técnica – e o preço futuro do petróleo – relacionado a uma incerteza econômica. O autor avalia o problema utilizando a modelagem binomial de árvore de decisão, considerando opções tais como a de abandono do projeto a cada estágio e a do momento do início do projeto.

Esta decisão de investir em um projeto de desenvolvimento de campo de petróleo, bem como o momento em que este investimento deve ser realizado, também são tratadas como opções por Esty (1999). Ele menciona a necessidade de se utilizar a abordagem da de opções reais e ferramentas como simulação de Monte Carlo para avaliar o valor do patrimônio dos acionistas em projetos de

grande escala envolvendo *project finance* em que as altas taxas de alavancagem podem variar ao longo do tempo e em que há presença de flexibilidades.

A análise estática do projeto utilizando o fluxo de caixa descontado e calculando o VPL (Valor Presente Líquido) desconsidera o valor das opções e subestima o valor do projeto, que poderia ser erroneamente considerado inviável.

Segundo Esty (2004), alguns pontos podem fazer com que a avaliação de projetos desta natureza se torne difícil, entre eles: a presença de riscos não-tradicionais; a existência de opcionalidades intrínsecas; a presença de fluxos de caixa subsidiados e garantidos; e a utilização de altas taxas de alavancagem que variam ao longo do tempo.

Em dois outros casos de utilização de *project finance*, Esty (2004) ilustra como a presença de opcionalidades pode influenciar as decisões de investimento e as decisões estratégicas. O primeiro caso envolve a negociação contratual no mercado de energia na Inglaterra entre a *Enron Europe* e o *The Eastern Group* no *Sutton Bridge Project*, incluindo opções de operação de plantas de energia e de conversão de gás natural em eletricidade e instrumentos de *hedge*⁴⁴. O segundo caso é o famoso leilão de Antamina, uma mina de cobre no Peru oferecida em leilão como parte da privatização da empresa estatal de mineração peruana, Centromin. Além da incerteza de mercado acerca dos preços do cobre e zinco, havia grande incerteza técnica sobre o tamanho e a qualidade e produtividade dessa mina, de forma que o leilão envolvia valores referentes a opções de *timing* de investimento em exploração.⁴⁵

Alcântara (2002), em sua Dissertação de Mestrado, destaca três elementos do *project finance* que podem ser influenciados pela existência de opções reais.

⁴⁴ Instrumentos de *hedge* são mecanismos de proteção contra oscilações inesperadas nos preços de mercado dos ativos.

⁴⁵ Para maiores detalhes sobre os estudos de caso abordados, consultar Esty (2004), Capítulos 13 e 14.

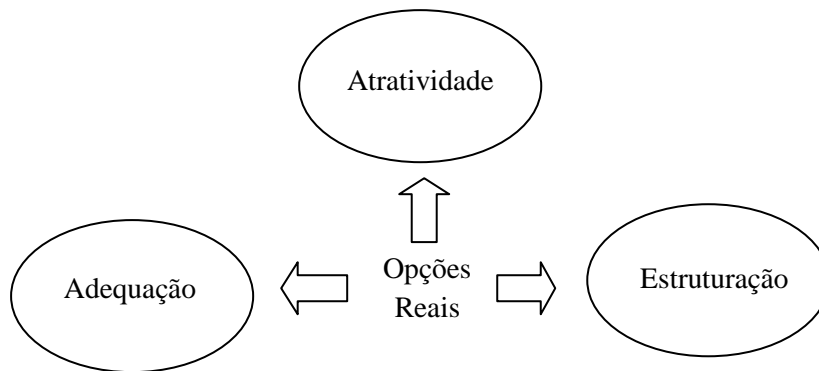


Figura 2: Elementos do *project finance* influenciados por opções reais

Fonte: Alcântara (2002)

O primeiro se refere à atratividade do projeto, relacionada ao seu valor, de forma que a existência de opções reais pode fazer com o que projeto passe a ser economicamente viável, como destacado por Finnerty (2007) e Esty (2004).

O segundo elemento está relacionado com a adequação do uso do *project finance* a um determinado projeto. Podem existir, por exemplo, claras opções de abandono que façam com que o *project finance* seja inviável do ponto de vista dos credores ou claras opções de expansão que façam com que o crédito através do *project finance* se torne mais barato.

O terceiro elemento se refere à própria estruturação operacional e financeira do *project finance*, considerando o conjunto de contratos envolvido no processo. A existência de direitos e obrigações contratuais pode configurar oportunidades de criação ou destruição de opções. Garantias que normalmente criam direitos para alguma parte podem ser modeladas sob a ótica de opções reais.

Ao analisar o *project finance* sob a ótica da Teoria das Opções Reais, ficam mais claros os motivos pelos quais os participantes optam por utilizar este instrumento de financiamento (Pollio, 1998). As análises tradicionais são incapazes de isolar os motivos que realmente expliquem a decisão pelo uso do *project finance*, mas quando se introduzem conceitos de opções reais, é possível entender que o gerenciamento de risco é o principal fator para explicar a escolha.

Segundo Pollio (1998), entendendo o *project finance* de forma estratégica, os riscos de término do projeto podem ser transferidos dos patrocinadores para os credores. Os patrocinadores podem continuar a pagar o empréstimo ou simplesmente entrar em inadimplência e abandonar o projeto. Em um projeto

tradicional, utilizando conceitos de opções reais, a flexibilidade adicional estaria na possibilidade implícita de abandono, a partir da qual o *payoff* da opção seria:

$$\max(\text{valor de liquidação} - \text{valor do projeto}, 0)$$

No caso de um *project finance*, em que o projeto fosse financiado com dívida sujeita a garantia limitada (ou *limited recourse*), o *payoff* de abandono seria:

$$\max(\text{valor do projeto} - \text{valor da dívida remanescente}, 0)$$

de forma que os patrocinadores teriam, a cada momento de pagamento do serviço da dívida, a opção (e não a obrigação) de recomprar os ativos do projeto. Desta forma, o *project finance* pode ser visto como uma estrutura de dívida atrelada a uma série de opções de compra.

Pollio (1998) avalia esta opção segundo o modelo de precificação de Black e Scholes (1973). Sejam D o valor da dívida, S o valor do patrimônio, V o valor do projeto, X o valor de face da dívida, T o prazo da dívida, σ^2 a variância dos retornos dos ativos do projeto e r a taxa livre de risco. O patrimônio poderia ser calculado como:

$$S = VN(d_1) - e^{-rT} XN(d_2) \quad (6.1)$$

$$\text{onde } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{V}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \text{ e } d_2 = \frac{\ln\left(\frac{V}{X}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

Sendo $V = D + S$, tem-se para o valor da dívida:

$$\begin{aligned} D &= V[1 - N(d_1)] + e^{-rT} XN(d_2) \\ \therefore D &= VN(-d_1) + e^{-rT} XN(d_2)^{46} \end{aligned} \quad (6.2)$$

de forma que:

⁴⁶ Fórmula alterada a partir de Pollio (1998)

$$S = S(V, X, T, \sigma^2, r) \quad e \quad D = D(V, X, T, \sigma^2, r)$$

No Brasil, há uma aplicação conhecida de opções reais a um projeto envolvendo *project finance*, feita pela Petrobras, em 1998, no projeto do Campo de Marlim. Esta foi a primeira demanda gerencial da empresa por aplicação de opções reais (Dias, 2005).

Segundo Dias (2005), o desafio era elaborar a estratégia mais justa de remuneração do risco do negócio, refletido na parcela do patrimônio (*equity*). As propostas iniciais vinculando a remuneração ao desempenho de produção ou de receita limitavam a flexibilidade da Petrobras na alocação ótima dos recursos. Isto seria ruim tanto do ponto de vista da empresa, que deveria assumir obrigações, quanto do ponto de vista dos investidores, que estariam gerando custos de monitoramento mais elevados para a empresa sem evitar problemas de assimetria de informação⁴⁷. A abordagem de questões relacionadas a opções reais, de custos de transação e de agência mostraram que a flexibilidade de gerenciamento da Petrobras deveria ser mantida. Considerou-se que a remuneração da Petrobras ficaria vinculada apenas ao preço do petróleo⁴⁸, e não à receita ou à produção, de forma que a estruturação financeira não reduziria a flexibilidade operacional da Petrobras, mantendo total liberdade de alocação de recursos críticos⁴⁹. Esta estruturação evitaria custos de agência, tais como de monitoramento e auditoria do desempenho do projeto, além de anular a assimetria de informação entre as partes, já que preços de petróleo são totalmente transparentes, ao contrário de indicadores relacionados ao desempenho do projeto tais como a receita.

Além da opção real proveniente da flexibilidade gerencial da Petrobras, outras opções podem ser destacadas do conjunto de contratos presentes na estrutura de *project finance* do Campo de Marlim, sendo elas: opções de compra e venda de ações e opções de vencimento antecipado de obrigações por parte da Petrobras e da SPE (Alcântara, 2002).

⁴⁷ A Petrobras permaneceria tendo mais informações sobre o projeto e sobre os recursos, não diminuindo a possibilidade de desconfiança por parte dos investidores.

⁴⁸ O processo estocástico utilizado para o preço do petróleo foi de reversão à média com saltos, denominado pelo autor como Modelo de Marlim.

⁴⁹ A empresa não seria obrigada a priorizar um poço de Marlim se ele parasse e precisasse de manutenção de sonda, por exemplo. Preserva-se, assim, a avaliação da melhor oportunidade de seu portfólio de projetos.

6.2 Opções Reais em Concessões Rodoviárias

A abordagem de opções reais para análise de projetos de concessões rodoviárias tem sido bem extensa nos últimos anos.

Um dos métodos mais utilizados para viabilizar a participação do setor privado em projetos de infra-estrutura é o conhecido BOT (*Build-Operate-Transfer* ou Construir-Operar-Transferir). Entretanto, a entrada do ente privado nestes projetos está condicionada à mitigação de riscos que possam inviabilizar economicamente o projeto. O fluxo de caixa proporcionado pelo projeto precisa ser suficiente para fornecer um retorno adequado aos investidores (Yescombe, 2002).

O setor público também tem interesse na rentabilidade do investidor privado, uma vez que seu objetivo é fazer com que este seja um mecanismo de viabilização de projetos de infra-estrutura no longo prazo e acaba provendo alguns benefícios e incentivos. Tendo em vista a importância da adequada alocação e do gerenciamento dos riscos e a influência que o risco de mercado, no caso da demanda, exerce na fase operacional, a correta avaliação econômico-financeira do projeto deve passar por critérios de opções reais (Garvin *et al*, 2002).

Além das abordagens referentes aos casos em que o governo se compromete com benefícios para viabilizar os projetos, as concessões que apresentam boa atratividade em termos de retorno podem e devem ser avaliadas segundo a ótica das opções reais, tendo em vista as incertezas e flexibilidades presentes.

É possível identificar algumas opções presentes neste tipo de projeto, dentre elas:

- Opção de abandono
- Opção de expansão
- Opção de contração
- Opção de exploração de receitas adicionais (como desenvolvimento da área no entorno da rodovia)

Brandão (2002) avalia uma concessão rodoviária no Brasil com flexibilidade gerencial, utilizando uma metodologia em tempo discreto com algoritmo próprio aplicado a modelo de árvore de decisão. São consideradas

opções de abandono e de expansão, considerando risco de demanda, risco político e riscos macroeconômicos.

Garvin *et al* (2002) propõem o uso de opções reais para analisar concessões de auto-estradas, dada a combinação de incertezas e flexibilidades presentes nestes projetos. Eles avaliam o projeto da *Dulles Greenway*, uma extensão da rodovia existente de saída do Aeroporto Internacional de Dulles na Virginia, nos Estados Unidos, comparando a tanto o modelo tradicional de VPL quanto o modelo binomial considerando a presença de incerteza na demanda e flexibilidade de decisão, como a opção de esperar para construir a rodovia durante os primeiros cinco anos de concessão.

Este projeto é novamente objeto de exemplo de técnicas de avaliação de investimentos em infra-estrutura no artigo de Garvin e Cheah (2004). Eles abordam as limitações dos modelos tradicionais e consideram as modelagens em tempo contínuo e discreto para avaliação das opções. No modelo contínuo, é proposta a estocasticidade no valor do projeto, seguindo um Movimento Geométrico Browniano (MGB) ou um processo genérico de Itô⁵⁰. No caso de opções reais, mais especificamente no volume de tráfego de uma rodovia, os autores ressaltam que supor o comportamento seguindo MGB não seria correto, pois o volume não tem distribuição lognormal em determinados momentos do tempo. Eles mencionam que o melhor seria considerar um processo que incorporasse múltiplos estágios de crescimento, mas, dadas as complexidades, um analista preferiria representar a evolução do tráfego através de uma árvore binomial.

Bowe e Lee (2004) também abordam a avaliação de um projeto real, a *Taiwan High-Speed Rail Project*, na presença de opções reais. O projeto envolvia a construção e operação do sistema ferroviário de Taiwan, incorporando tecnologia avançada, gerenciamento de zonas de desenvolvimento de negócio e de áreas de estação. A avaliação utilizando conceitos de opções reais não apenas fez sentido devido à presença de flexibilidades, mas foi necessária para justificar a viabilidade econômica do projeto. As opções presentes eram a de adiar, abandonar, expandir e contrair o projeto, considerando o valor individual de cada uma, bem como a interação entre elas.

⁵⁰ Um processo de Itô, também conhecido como processo Browniano Generalizado, é definido por $dx = a(x, t)dt + b(x, t)dz$

Zhao, Sundararajan e Tseng (2004) desenvolvem a abordagem das opções reais para o processo de decisão ótima no desenho, na operação, na reabilitação e na expansão de auto-estradas. Eles abordam opções como de expansão e de reabilitação, modelando três incertezas: o tráfego, o preço do terreno no entorno da rodovia e a qualidade do serviço da auto-estrada.

O processo estocástico do tráfego é modelado da seguinte forma, apresentado o termo de tendência (*drift*) variável:

$$\frac{d\theta}{\theta} = \mu(\theta, t)dt + \sigma dz \quad (6.3)$$

O processo estocástico do preço do terreno segue o mesmo conceito. A qualidade de serviço, por sua vez, apresenta uma distribuição discreta. É modelada ainda a correlação entre o tráfego e o preço do terreno, dado que um aumento do tráfego pode influenciar o uso do terreno e, por conseguinte, o seu preço.

Já Wei-hua e Da-shuang (2006) consideram como incerteza, além do tráfego e do preço do terreno, a inflação e o risco de completar a construção, representado pela incerteza no investimento. Tanto o tráfego quanto o preço do terreno e a taxa de inflação seguem um MGB. O risco no valor do investimento total de construção é representado por uma distribuição triangular. As opções presentes no projeto são de ajuste do preço da concessão, de forma a compensar a inflação em determinadas situações, a opção de desenvolver o terreno ao redor da região onde o projeto se localiza e a opção de expandir a capacidade do projeto. São avaliadas também as opções individualmente e a interação entre elas.

6.3

Opções Reais em PPP

A PPP se apresenta como um mecanismo em que benefícios oferecidos pelo governo a empreendimentos de infra-estrutura aumentam a atratividade desses projetos para investidores privados. Cheah e Liu (2006) ressaltam que estes benefícios podem ser oferecidos sob forma de subsídios, garantias ou outros mecanismos de suporte de modo a incentivar a participação do setor privado.

No caso brasileiro, a impossibilidade de realização de investimentos em infra-estrutura por parte do Estado, dada a escassez de recursos, traz a PPP como uma alternativa para viabilização de projetos a serem assumidos pelo setor privado. Casos práticos de PPP no Brasil têm sido analisados na área de transportes, especificamente em concessões rodoviárias, tanto na esfera federal quanto na estadual (www.planejamento.gov.br/ppp). A mitigação de riscos em casos de concessões rodoviárias também é bastante presente internacionalmente.

Irwin (2003) aborda alguns instrumentos possíveis de suporte do governo a projetos de infra-estrutura, incluindo garantias de riscos sob o controle do governo e fora do controle dele, além de outros instrumentos como subsídios em dinheiro e benefícios fiscais. Segundo o autor, a medição do custo fiscal destas garantias do ponto de vista do governo é normalmente difícil, levantando a necessidade de se estabelecer uma forma quantitativa correta para avaliar cada caso. Em meados dos anos 1990, por exemplo, o governo colombiano aplicou técnicas de precificação de opções para medir o custo estimado dos riscos assumidos em três projetos de infra-estrutura junto ao setor privado, incluindo o caso da rodovia pedagiada de *El Cortijo – Vino*.

Chiara, Garvin e Vecer (2007) ressaltam que uma opção real sob forma de garantia nestes projetos pode ter um valor significativo. Caso não seja corretamente avaliada, pode tanto levar o governo a fornecer um subsídio enorme desproporcional ao risco como levar o acionista a subestimar o valor do projeto. Segundo Cheah e Liu (2006), elementos relativos a flexibilidades devem ser avaliados de forma correta de modo que haja equilíbrio entre risco e retorno nos acordos e contratos.

Na bibliografia consultada referente à área da concessões rodoviárias com benefícios governamentais, destacam-se alguns tipos de opções reais presentes, dentre as quais:

- Postergação de pagamentos de taxa de concessão
- Término antecipado da concessão
- Garantia de tráfego mínimo ou de receita mínima
- Pagamento de excedente sobre tráfego máximo ou de receita máxima
- Permissão contratual de abandono na fase de construção
- Garantia de ajuste de tarifas

- Garantia de valor máximo de juros a ser pago em financiamento

Rose (1998) e Alonso-Conde *et al.* (2007) analisam um famoso projeto de um complexo de rodovias pedagiadas na Austrália, conhecido como *Transurban City Link*, envolvendo financiamento, construção, operação e manutenção. A concessão foi estruturada para 37 anos com benefícios dados pelo governo para o concessionário de forma a limitar o risco dos retornos e tornar o investimento mais atrativo para investidores acionistas. Na estrutura contratual do projeto, há claramente duas flexibilidades presentes.

A primeira é o direito dado ao concessionário de postergar os pagamentos contratuais ao governo. Contratualmente, o concessionário deve efetuar pagamentos anuais relativos à taxa de concessão (*concession fee*). Entretanto, o governo oferece em conjunto o benefício de que o pagamento seja adiado até o final do período de concessão, caso, até aquele ano, a TIR (taxa interna de retorno) do projeto seja inferior a um determinado valor suficientemente baixo. Este benefício corresponde a uma opção de venda.

A segunda flexibilidade é a que o governo tem de cancelar antecipadamente a concessão, retomando o controle do projeto, caso a TIR supere um valor suficientemente alto. Este benefício tem valor para o governo e seu desenho corresponde à situação em que a empresa vende uma opção de compra.

Desta forma, na terminologia financeira, diz-se que o concessionário está *comprado em* uma opção de venda e *vendido em* uma opção de compra. Os autores analisam ainda a interação entre as opções.

No projeto analisado, a principal fonte de incerteza na fase de operação é o tráfego e na estrutura contratual há claramente duas flexibilidades presentes. Rose (1998) considera ainda a incerteza sobre a taxa de juros da economia. O problema é modelado utilizando simulação de Monte Carlo sob o princípio de neutralidade ao risco. O processo estocástico do tráfego é o MGB e a taxa de juros segue um Movimento de Reversão à Média (MRM), de forma que:

$$\frac{d\theta}{\theta} = mdt + sdz^1 \quad (6.4)$$

$$dr = a(b - r)dt + \sigma\sqrt{r}dz^2 \quad (6.5)$$

onde θ representa o tráfego

r representa a taxa de juros da economia

m é a taxa de crescimento esperada do tráfego

s é a volatilidade do tráfego

a é a taxa de reversão da taxa de juros

b é a taxa de juros de longo prazo

σ é a volatilidade da taxa de juros

dz^1 e dz^2 são processos de Wiener

Para simulação do tráfego, o autor utiliza como estimativa para o volume inicial e para a taxa de crescimento os valores constantes do prospecto do projeto, sendo a volatilidade estimada de 5% a.a. As simulações de tráfego e taxa de juros são realizadas para se obter a simulação do fluxo de caixa.

As opções consideradas por Alonso-Conde *et al.* (2007) são as mesmas, tendo em vista que constam do contrato de concessão. Neste caso, é utilizada a modelagem binomial, considerando, entretanto, que as opções são dependentes do caminho.⁵¹

Outra opção abordada em vários artigos e trabalhos (Irwin, 2003 e 2007; Wibowo, 2004; Huang e Chou, 2005; Cheah e Liu, 2006; Brandão e Cury, 2006; Galera, 2006; Chiara, Garvin e Vecer, 2007; Brandão e Saraiva, 2007) é a de demanda mínima garantida ou, no caso de concessões rodoviárias, tráfego ou receita mínimos garantidos. Esta opção é modelada das mais diversas formas.

Irwin (2003) aborda, dentre outros mecanismos de subsídio governamental, este instrumento de mitigação de risco de demanda. O autor menciona que no caso da rodovia colombiana de *El Cortijo – Vino* o governo ofereceu uma garantia de receita caso o tráfego caísse abaixo de um determinado valor.

⁵¹ Os autores destacam que as opções com as quais estão trabalhando são dependentes do caminho, ou “*path dependent*”, de forma que argumentam que o modelo de Cox, Ross e Rubinstein (1979) não é aplicável. Destacam outros modelos que podem ser utilizados neste caso. Para mais detalhes, consultar Alonso-Conde *et al.* (2007).

Para avaliação⁵², a garantia é modelada como um pagamento feito à empresa privada caso a receita caia abaixo de um determinado valor, de forma que seu *payoff* na expiração $t=T$ é:

$$G_T = \max(0, K - R_T) \quad (6.6)$$

onde K é a receita garantida

R_T é a receita real auferida no instante T

Trata-se de uma opção europeia de venda, cujo *payoff* só é positivo se a receita do concessionário for menor do que K . Simplificadamente, assume-se que a garantia cobre apenas um período, mas em caso de mais períodos poder-se-ia considerar uma seqüência de opções de venda europeias.

A variável de risco, no caso a receita, é modelada seguindo um MGB⁵³, de forma que:

$$\frac{dR}{R} = \alpha dt + \sigma dz \quad (6.7)$$

onde α é a taxa de crescimento esperada para a receita

σ é a volatilidade da receita

dz é um processo de Wiener

Para tanto, são necessárias algumas premissas sobre taxa esperada de crescimento e volatilidade. Segundo o autor, se o negócio já existe, pode-se utilizar dados passados para estimar tais parâmetros. Se for um novo projeto, é indicado utilizar dados de projeção de receita para estimativa da taxa de crescimento e avaliação de negócios similares para determinar uma faixa adequada para a volatilidade.

O valor da garantia envolve o cálculo do valor de uma opção e, portanto, deve estar sujeito ao conceito de neutralidade ao risco. Neste caso, a metodologia utilizada é a abordada por Hull (2006) no cálculo do prêmio de risco a partir do preço de mercado do risco da receita.

⁵² A modelagem é novamente abordada em trabalho mais recente do autor. Para maiores informações, consultar Irwin (2007).

⁵³ Irwin (2003) ressalta que, com este movimento, a análise se torna relativamente simples e plausível, mas que esta não é a única alternativa de modelagem.

Desta forma, o MGB neutro ao risco é dado por:

$$\frac{dR}{R} = (\alpha - \lambda\sigma)dt + \sigma dz \quad (6.8)$$

onde α é a taxa de crescimento esperada para a receita

σ é a volatilidade da receita

dz é um processo de Wiener

O parâmetro λ é o preço de mercado do risco da receita dado por:

$$\lambda = \rho \left(\frac{E[R_m] - r}{\sigma_m} \right) \quad (6.9)$$

onde ρ é a correlação entre a variação da receita e os retornos da carteira de mercado

$E[R_m]$ é o retorno esperado da carteira de mercado

σ_m é o desvio padrão dos retornos da carteira de mercado

r é a taxa de juros livre de risco

Chiara, Garvin e Vecer (2007) propuseram um novo formato de garantia de receita “dinâmica”. Eles identificam que a garantia de receita pode ser determinada por dois elementos: o número de direitos de exercício e o número de datas de possíveis exercícios. Segundo os autores, os trabalhos realizados por terceiros (no caso, Irwin, 2003; Dailami *et al*, 1999) pressupõem o número de direitos de exercício como sendo igual ao número de datas de possíveis exercícios. Assim, o governo estaria proporcionando uma garantia de cobertura total de risco e retirando um grau adicional de flexibilidade de decisão por parte do concessionário.

A proposta de modelagem considera que o concessionário detém um número de opções de garantia anuais menor do que o número de anos de duração da concessão. Desta forma, apenas uma política ótima de exercício pode gerar lucro máximo para o concessionário, que deverá decidir durante a fase

operacional em que momentos exercer as garantias de receita. Eles utilizam um método numérico para modelar esta opção real chamada de opção simples de múltiplos exercícios (ou opção australiana⁵⁴, como denominam no artigo), baseado no método LSM⁵⁵ (*Least Square Method*), e aplicam a metodologia em um caso hipotético.⁵⁶

Huang e Chou (2005) avaliam também uma garantia de receita mínima, mas em conjunto com a opção de abandonar um projeto de infra-estrutura do tipo BOT durante a fase de construção. As suposições realizadas são tais que os autores propõem uma solução analítica para o valor das opções.

Ao incorporar o conceito de neutralidade ao risco para o movimento estocástico da receita (no caso MGB) nesta modelagem, é considerada uma “taxa de escassez”, análoga à taxa de conveniência de *commodities*, entre a taxa de desconto ajustada ao risco do projeto e a taxa de crescimento esperada da receita.⁵⁷ A receita é a variável estocástica e segue um MGB, de forma que:

$$\frac{dR}{R} = \alpha dt + \sigma dz = (\mu - \delta_R)dt + \sigma dz \quad (6.10)$$

onde α é a taxa de crescimento esperada para a receita

σ é a volatilidade da receita

dz é o incremento de Wiener

μ é a taxa de desconto ajustada ao risco do projeto

δ_R é a taxa de conveniência esperada da receita

A opção de garantia de receita é modelada como uma série de opções europeias. Para um determinado período t_i , o nível de receita mínima garantida definido é dado por:

⁵⁴ Opção Australiana, ou opção simples de múltiplos exercícios, definida como aquela que pode ser exercida M vezes em N datas especificadas durante sua vida (onde $N \geq M$). Caso mais geral da opção Bermuda, que pode ser exercida uma vez dentre N datas especificadas.

⁵⁵ Trata-se do *Least Square Method* de Longstaff e Schwartz. Para maiores informações, consultar Longstaff e Schwartz (2001) e Chiara, Garvin e Vecer (2007).

⁵⁶ Chiara, Garvin e Vecer (2007) ressaltam que a representação mais realista da evolução da receita ao longo do tempo requer um modelo estocástico mais complexo do que o MGB, como um modelo de multifatores.

⁵⁷ Huang e Chou (2005) mencionam que esta taxa representa um custo de oportunidade por manter uma opção viva.

$$\frac{dM_{t_i}}{M_{t_i}} = \varepsilon dt = (\mu - \delta_M)dt \quad (6.11)$$

onde δ_M é a taxa de conveniência do nível de garantia⁵⁸

Definindo Q_{t_i} como o valor da i -ésima garantia de receita mínima, eles obtêm a EDP para cada opção de garantia e é apresentada a solução analítica a partir de um método de transformação de variáveis⁵⁹. A fórmula da solução é bastante parecida com a solução de Black & Scholes, tendo em vista as características do problema.

A modelagem utilizada para a opção de abandono é a mesma, considerando o investimento necessário para a construção do projeto, e é avaliada a interação entre elas.

Cheah e Liu (2006) também avaliam a opção de garantia de receita mínima (no caso de fluxo de caixa mínimo) de forma a minimizar o impacto negativo do risco de demanda por parte do concessionário. O caso utilizado como exemplo é a Malasia-Singapura *Second Crossing*, uma ponte funcionando como segunda conexão entre os dois países. Contrariando as expectativas, o volume de tráfego ficou muito abaixo do projetado inicialmente, tanto pelas altas tarifas quanto pela própria localização da ponte.

⁵⁸ Assim como no caso da receita, Huang e Chou (2005) consideram esta como uma taxa de “escassez” referente à garantia, representando um custo de oportunidade. Ou seja, se o nível de garantia for determinístico, então $\varepsilon = 0$, de forma que $\delta_M = \mu$

⁵⁹ Para maiores detalhes sobre a EDP, consultar Huang e Chou (2004). Para maiores detalhes sobre o método de transformação de variáveis que leva a solução analítica, consultar McDonald e Siegel (1986). A EDP e a solução do problema são:

$$\frac{1}{2} \frac{\partial^2 Q_{t_i}}{\partial R^2} \sigma^2 R^2 + (r - \delta_R) R \frac{\partial Q_{t_i}}{\partial R} + (r - \delta_M) M \frac{\partial Q_{t_i}}{\partial M} + \frac{\partial Q_{t_i}}{\partial t} - r Q_{t_i} = 0$$

com condição de contorno $Q_{t_i} = \max(M_{t_i} - R_{t_i}, 0)$

$$Q_{t_i}(t = 0) = M_{t_i}^0 N(-d_2) - R_{t_i}^0 N(-d_1)$$

$$\text{onde } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{R_{t_i}^0}{M_{t_i}^0}\right) + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right) t_n}{\sigma\sqrt{t_n}} \text{ e } d_2 = \frac{\ln\left(\frac{R_{t_i}^0}{M_{t_i}^0}\right) - \left(\frac{\sigma^2}{2}\right) t_n}{\sigma\sqrt{t_n}}$$

Para avaliação é considerado o fluxo de caixa aos acionistas. Como em vários projetos de rodovias pedagiadas, o tráfego cresce ao longo dos anos e as incertezas consideradas estão no seu volume, tanto no valor inicial e quanto na taxa de crescimento. Foi considerado um tráfego inicial com distribuição lognormal e uma taxa de crescimento inicial com distribuição normal. A estocasticidade é considerada para os valores iniciais destas variáveis e a taxa de crescimento se mantém a mesma inicial até o décimo ano de operação, caindo para a metade a partir de então, até que se atinja a capacidade máxima de tráfego permitida. Além disso, foi considerada também uma capacidade máxima para a rodovia, o que faz sentido em termos práticos.

As opções avaliadas são a garantia de fluxo de caixa mínimo, caso o tráfego seja abaixo de projetado, e a compensação para o governo caso o tráfego fique acima do projetado.

A garantia foi modelada como uma opção de venda sobre o fluxo de caixa de cada período, a partir do quarto ano da concessão até o final. Ou seja, o *payoff* da garantia em cada período é dado por:

$$G_i = \max(FC_{ip} - FC_{ir}, 0) \quad (6.12)$$

onde G_i é subsídio pago pelo governo no período i

FC_{ip} é o fluxo de caixa projetado para o período i

FC_{ir} é o fluxo de caixa real no período i

Neste caso, o risco é totalmente coberto, pois o governo garante 100% do fluxo de caixa projetado. A garantia total é estimada por:

$$G_T = \sum_{i=4}^{30} \frac{G_i}{(1+r)^i} \quad (6.13)$$

onde G_T é subsídio total estimado

r é a taxa livre de risco

A compensação para o governo foi modelada como uma opção de compra sobre o fluxo de caixa, sendo o fluxo de caixa máximo determinado de tal forma que o concessionário tenha um teto no retorno. A suposição do retorno máximo é

refletida em uma suposição para a taxa de crescimento máxima inicial do tráfego de 20%. Deste modo, a modelagem é similar à da garantia, mas, nesse caso, o governo tem direito a um excesso de fluxo de caixa que pode se converter em redução de tarifas.

Brandão e Cury (2006) propõem uma modelagem híbrida para concessões rodoviárias utilizando ferramentas de opções reais, com aplicação prática na rodovia BR-163. Em linha com o conceito das PPPs, eles propõem que a concessão tenha uma receita mínima garantia pelo governo, associada a um percentual do tráfego esperado em cada ano, bem como uma transferência de parte da receita, proveniente de um tráfego excedente máximo, em que o governo limita a receita anual do concessionário.

Os autores modelam o valor do patrimônio (*equity*) da concessão como um MGB, de forma que:

$$\frac{dV}{V} = \mu dt + \sigma dz \quad (6.14)$$

onde μ é a taxa de desconto ajustada ao risco do projeto

σ é a volatilidade da receita

dz é o incremento de Wiener

A taxa μ é suposta igual a 15% a.a., sendo este o retorno esperado pelos acionistas. Para determinação da volatilidade do valor da concessão, o fluxo de caixa é simulado por Simulação de Monte Carlo, supondo como variável de risco o tráfego, cujo processo estocástico é dado por:

$$\frac{d\theta}{\theta} = \alpha_t dt + s dz \quad (6.15)$$

onde α_t é a taxa de crescimento variável esperada a cada ano do período de concessão

s é a volatilidade do tráfego

dz é o incremento de Wiener

A volatilidade do tráfego é suposta como 6%, a mesma volatilidade do PIB (Produto Interno Bruto) da região e as taxas de crescimento em cada período, que

determinam o termo de tendência variável do processo, são estimadas a partir das projeções para o tráfego esperado a cada ano.

As taxas de crescimento são bem altas no início do período de concessão, refletindo a absorção de volume por parte da rodovia a partir das grandes melhorias realizadas. Ao longo da concessão, as taxas de crescimento vão decaindo, se mantendo estável nos últimos anos.

O valor do projeto é modelado segundo a árvore binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979), com parâmetros adequados para representar o MGB no limite de uma distribuição contínua. Em seguida, é modelada uma árvore binomial para os fluxos de caixa a cada ano, supondo o fluxo de caixa a cada período como um percentual do valor do projeto no período correspondente.

A garantia de receita mínima a cada ano é construída como uma garantia de fluxo de caixa mínimo. A partir do modelo binomial, avalia-se o exercício da opção a cada período de forma que o valor do projeto em cada ano t no estado i da árvore binomial é dado por:

$$V_{t,i} = \max \left(FC_{t,j} + \frac{pV_{t+1,j} + (1-p)V_{t+1,j+1}}{1+r}, P_{t,j} + \frac{pV_{t+1,j} + (1-p)V_{t+1,j+1}}{1+r} \right) \quad (6.16)$$

onde $FC_{t,j}$ é o fluxo de caixa no tempo t , no estado j

$P_{t,j}$ é o fluxo de caixa correspondente ao piso de tráfego pré-determinado no tempo t

p é a chamada probabilidade neutra ao risco obtida a partir do modelo binomial

$V_{t+1,j}$ é o valor do projeto no tempo $t+1$, no estado j

$V_{t+1,j+1}$ é o valor do projeto no tempo $t+1$, no estado $j+1$

r é a taxa de juros livre de risco

O valor total das garantias é calculado subtraindo-se o valor do projeto sem garantia do valor do projeto com garantia. De forma análoga, a análise é estendida

para o estabelecimento de um limite de tráfego máximo, acima do qual as receitas são transferidas, total ou parcialmente, para o governo.

Brandão e Saraiva (2007) modificam a modelagem, novamente utilizando como exemplo o caso da Rodovia BR-163. As opções são avaliadas diretamente sobre a receita, utilizando Simulação de Monte Carlo. Sendo a tarifa constante, a receita segue o mesmo processo do tráfego (com *drift* variável), de modo que:

$$\frac{dR}{R} = \alpha_t dt + s dz \quad (6.17)$$

onde α_t é a taxa de crescimento esperada a cada ano do período de concessão

s é a volatilidade do tráfego

dz é um processo de Wiener

Para realizar a simulação de Monte Carlo no conceito de neutralidade ao risco, é calculado o preço mercado do risco da receita com base no retorno exigido pelos acionistas e na volatilidade do fluxo de caixa do projeto.

Com base na metodologia de Hull (2006), o preço de mercado do risco da receita e do projeto (no caso do valor da concessão para os acionistas, ou seja, do *equity*) é considerado o mesmo, já que a única fonte de incerteza é dada pelo tráfego. Desta forma:

$$\lambda = \frac{\mu - r}{\sigma} = \frac{\alpha_t - r}{s} \quad (6.18)$$

É então calculado o valor de λ a partir de dados do projeto, ou seja, supondo que o retorno μ exigido pelos acionistas é de 16% a.a. e estimando a volatilidade do valor do *equity* através de uma simulação de Monte Carlo aplicada ao fluxo de caixa sem considerar a presença de opções. A volatilidade da receita é igual a do tráfego, e, por conseguinte, estimada como a volatilidade do PIB da região, no caso 6% a.a. O movimento neutro ao risco da receita utilizado é:

$$\frac{dR}{R} = (\alpha_t - \lambda s) dt + s dz \quad (6.19)$$

A garantia de receita mínima é caracterizada como uma opção europeia de venda presente em cada ano do prazo de concessão e seu *payoff* é dado por:

$$G(t) = \max(0, P_t - R_t) \quad (6.20)$$

onde P_t é a receita garantida

R_t é a receita real auferida no instante t

O valor de todas as garantias é calculado como uma soma de opções europeias, descontando-se os valores das garantias a taxa de livre de risco, dada a simulação neutra ao risco. De forma análoga, é calculado também o valor da concessão para os acionistas considerando o repasse de receita no caso de ultrapassar determinado limite pré-definido como teto.

São considerados adicionalmente limites máximos de desembolsos do governo de forma a diminuir sua exposição ao risco. Dada a natureza probabilística do tráfego, existe o risco para o governo de o valor desembolsado ser muito maior do que o valor esperado calculado das opções. Assim, uma vez atingido o limite de volume financeiro previamente estipulado, não é mais válida a garantia de receita mínima para os períodos subsequentes.

A garantia total pode ser escrita como:

$$Garantia\ Total = \min\left(\sum_{t=1}^n G(t), \text{limite financeiro}\right) \quad (6.21)$$

onde n é o prazo da concessão

Galera (2006) desenvolve na sua Tese de Doutorado um modelo de valoração de concessões rodoviárias na Espanha baseado na Teoria das Opções Reais, com validação a partir da análise de séries históricas de dados de tráfego nas concessões existentes. Entre várias outras opções analisadas em concessões rodoviárias, ele considera também as de tráfego mínimo detidas pelo concessionário e de tráfego máximo detidas pelo governo. Dadas as premissas do modelo, as soluções são obtidas analiticamente.

O processo estocástico suposto para o tráfego é o MGB, de forma que:

$$\frac{d\theta}{\theta} = \alpha dt + \sigma dz \quad (6.22)$$

onde α é a taxa de crescimento esperada a cada ano do período de concessão

σ é a volatilidade do tráfego

dz é o incremento de Wiener

A opção de garantia é escrita sobre o tráfego, supondo que a garantia a cada período é dada como um percentual do tráfego esperado, assim como nos modelos de Brandão e Cury (2006) e Brandão e Saraiva (2007).

É aplicada e resolvida a equação de Black, Scholes e Merton para a opção em cada período do prazo de concessão. No caso da de tráfego mínimo:

$$\frac{1}{2} \frac{\partial^2 P_i}{\partial \theta^2} \sigma^2 \theta^2 + (r - \delta) \theta \frac{\partial P_i}{\partial \theta} + \frac{\partial P_i}{\partial t} - r P_i = 0 \quad (6.23)$$

onde P_i é o valor da opção correspondente ao ano i da concessão

r é a taxa livre de risco

δ é a taxa de conveniência do tráfego

A condição de contorno principal no vencimento de cada opção, ou seja, a cada ano do período de concessão, é dada pelo seu *payoff*, de modo que:

$$P_i = p_i \max(\theta_{gi} - \theta_i, 0) \quad (6.24)$$

onde θ_{gi} é o tráfego garantido⁶⁰

θ_i é o tráfego real ocorrido no período $t = i$

p_i é o pedágio cobrado no período $t = i$

Como parâmetros, o autor utiliza também o conceito de preço de mercado do risco do tráfego. De forma análoga aos conceitos dos mercados financeiros, o

⁶⁰ Pode-se expressar o tráfego garantido θ_{gi} como $\pi_i \bar{\theta}_i$, ou seja, um percentual sobre o tráfego esperado.

autor demonstra a equivalência entre os modelos para valoração de derivativos que dependam de variáveis não financeiras e que não sejam objeto de negociação.

Considerando a taxa de crescimento esperada α do tráfego e uma taxa de conveniência δ análoga ao dividendo de um ativo, o autor escreve o prêmio de risco do tráfego λ como:

$$\begin{aligned}\pi &= (\alpha + \delta) - r = \lambda\sigma \\ \therefore r - \delta &= \alpha - \lambda\sigma\end{aligned}\quad (6.25)$$

Ou seja, como visto no Capítulo 5, há duas formas de escrever a tendência neutra ao risco de crescimento do tráfego, sendo que, na prática, o entendimento da expressão $\alpha - \lambda\sigma$ é mais intuitivo, pois expressa um prêmio de risco sendo subtraído da tendência real de crescimento. Pelo CAPM e pelas analogias para o caso de variáveis reais levantadas pelo autor, também se pode escrever o prêmio de risco como:

$$\pi = \lambda\sigma = \beta_\theta (E[\check{R}_m] - r) \quad (6.26)$$

onde $E[\check{R}_m]$ é o retorno esperado da carteira de mercado, o Índice Geral da Bolsa de Madrid (IGBM) neste caso
 r é a taxa de juros livre de risco

Deste modo, a partir de séries históricas, é calculado o parâmetro β_θ entre a variação do tráfego de cada rodovia pedagiada do sistema de transporte espanhol e os retornos da carteira de mercado da bolsa espanhola (índice IGBM – Índice Geral da Bolsa de Madrid), bem como um β_θ consolidado das concessões.

$$\beta_\theta = \frac{COV[R_\theta, R_m]}{\sigma_m^2} \quad (6.27)$$

onde σ_m^2 é a variância dos retornos da carteira de mercado

Considerando a neutralidade ao risco, tem-se que:

$$\alpha_\theta^{ajustado} = \alpha - \beta_\theta (E[\check{R}_m] - r) = r - \delta \quad (6.28)$$

Sendo a garantia uma *put*, a solução apresentada para o seu valor em cada ano é dada por:

$$P_i = p_i [\theta_{gi} e^{-rT_i} N(-d_2) - \theta_0 e^{-\delta T_i} N(-d_1)] \quad (6.29)$$

$$\text{onde } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{\theta_0}{\theta_{gi}}\right) + \left(r - \delta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$\text{e } d_2 = \frac{\ln\left(\frac{\theta_0}{\theta_{gi}}\right) + \left(r - \delta - \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

O valor total da garantia é dado pelo somatório das opções calculadas em todos os anos de concessão.

Para o caso do estabelecimento de um tráfego máximo, o raciocínio é análogo, sendo que, neste caso, o governo detém opções de compra, e o valor de exercício é definido como onde $\theta_{max\ i}^{61}$, de forma que a solução para o valor da opção em cada ano é dada por:

$$C_i = p_i [\theta_0 e^{-\delta T_i} N(d_1) - \theta_{max\ i} e^{-rT_i} N(d_2)] \quad (6.30)$$

$$\text{onde } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{\theta_0}{\theta_{gi}}\right) + \left(r - \delta + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$\text{e } d_2 = \frac{\ln\left(\frac{\theta_0}{\theta_{gi}}\right) + \left(r - \delta - \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

Outras opções como forma de mitigar o risco de demanda também podem estar presentes, como a de estender ou contrair o prazo contratual da concessão ou adiar pagamentos devidos ao governo, segundo Brandão e Saraiva (2007).

Wibowo (2004) considera em seu trabalho cinco opções referentes a possíveis garantias governamentais baseadas no processo do governo da Indonésia de desenvolvimento de nova regulação para possibilitar o suporte a projetos privados de infra-estrutura. Em alguns casos durante a década de 90, o governo

⁶¹ Pode-se expressar o tráfego máximo $\theta_{max\ i}$ como $\gamma_i \bar{\theta}_i$, ou seja, um percentual sobre o tráfego esperado.

indonésio chegou a acordar garantias, apesar de posteriormente cancelá-las por razões diversas. São avaliadas opções como: receita mínima garantida, no caso de a receita real ser menor do que um determinado percentual da receita projetada projetado; tráfego mínimo garantido, análogo ao caso da receita (considerando que a tarifa pode variar); garantia de ajuste de tarifa segundo índice de preço de consumo; garantia de dívida, na qual o governo assume a dívida ao final do período de concessão; e garantia de valor máximo de juros, caso a taxa de juros da economia utilizada para indexação do financiamento seja superior a determinado valor.

De uma forma geral, em todos os modelos abordados na bibliografia referenciada neste capítulo, a principal (ou única em alguns casos) variável estocástica é o tráfego. As soluções passam por diferentes metodologias, algumas analíticas, outras por métodos numéricos, outras por simulação sob neutralidade ao risco. As metodologias dependem das suposições acerca dos movimentos e das próprias opções embutidas.

6.4

Mecanismos de Mitigação de Risco de Demanda

A literatura aborda diversos mecanismos de mitigação de risco de demanda. No caso de concessões rodoviárias, a grande fonte de incerteza está no tráfego e o desafio na alocação deste risco entre as partes envolvidas – o setor público e o setor privado.

Apesar de ser uma forma de atrair o financiamento privado para projetos de infra-estrutura, Irwin (2007) destaca que a utilização de garantias governamentais levanta dúvidas importantes quanto à alocação do risco de demanda, às estimativas e projeções associadas ao projeto, à avaliação correta do valor da garantia, ao valor de comprometimento máximo do governo em caso de o projeto não ser bem sucedido, entre outras. Historicamente, há casos de sucesso, como alguns projetos no Chile, e de total fracasso, como na Coreia, além de outros exemplos citados por Irwin (2007).

Vários mecanismos de mitigação de risco de tráfego já foram testados – sendo o Chile um país pioneiro neste sentido, como apresentado no Capítulo 4. Estes mecanismos podem ser classificados segundo três critérios: a variável de

acompanhamento usada para medir a mitigação deste risco, que pode ser o próprio tráfego, a receita, ou até a TIR (taxa interna de retorno); a alocação deste risco entre as partes, envolvendo limites mínimos e/ou máximos destas variáveis; e a forma de compensação adotada, que pode ser um subsídio do governo, uma mudança do pedágio cobrado ou ainda uma alteração no prazo do contrato (Vassalo, 2006).

Tomando-se estes critérios, Vassalo (2006) destaca três principais abordagens na prática analisando contratos de concessão em vários países. A primeira enfatiza a garantia do equilíbrio econômico da concessão, tendo como base níveis pré-definidos de TIR para o projeto. A segunda se baseia na garantia de tráfego ou receita, envolvendo normalmente limites mínimos e máximos destas variáveis utilizados na alocação de risco entre as partes. Já a terceira trabalha com o conceito de adequar o prazo da concessão, que passa a ser variável, ao momento em que o tráfego ou a receita atinge um nível pré-determinado entre as partes.

Algumas condições propiciam uma melhor decisão por parte do governo no que se refere à aplicação de garantias, envolvendo uma correta avaliação da necessidade de fornecer garantias a um determinado projeto, uma estimativa bem feita acerca do custo desta garantia e a avaliação da relação custo-benefício em cada caso (Irwin, 2007).

A Teoria das Opções Reais se apresenta como uma ferramenta importante na avaliação de exposição ao risco, tendo em vista as características de opcionalidade presentes nos mais variados tipos de garantias.

6.5

Caso Real: PPP da Linha 4 do Metrô de São Paulo

A PPP da Linha 4 do Metrô de São Paulo foi a primeira a ser concretizada no Brasil, tendo o contrato sido assinado em novembro de 2006. (http://www.planejamento.sp.gov.br/ppp/Down/PRESS_RELEASE.pdf)

Algumas características⁶² obtidas a partir do edital de concessão em questão (São Paulo, 2006) envolvem uma receita adicional ou um repasse de receita dependendo do nível da demanda. A proposta é mitigar o risco de demanda, pois o

⁶² Constam do contrato também outros mecanismos de mitigação de risco, abrangendo o risco cambial por conta de financiamento externo, e o risco de construção, por conta do atraso da obra por parte do governo após a compra dos equipamentos pelo parceiro privado.

modelo é muito sensível a esta variável e, sem a divisão deste risco entre o parceiro privado e o governo, pode se tornar inviável obter o financiamento necessário.

Como o projeto é dividido em duas fases, o mecanismo foi definido para ser aplicado somente durante a primeira fase e durante os 6 primeiros anos da segunda fase.

Existirá uma faixa de demanda “sem proteção” para variação (de até $\pm 10\%$ da demanda projetada). A partir daí, existem duas faixas de “proteção”⁶³ (a primeira entre $\pm 10\%$ até $\pm 20\%$ da demanda projetada e a segunda após $\pm 20\%$ ⁶⁴). Definem-se, assim, dois pisos e dois tetos de tráfegos para os quais há pagamento adicional do governo ao concessionário ou repasse de receita do concessionário ao governo de um determinado percentual da demanda esperada, dependendo da faixa em que a demanda real se encontrar (www.metro.sp.gov.br/expansao/sumario/ppp/pdf/linha4apresentacao.pdf).

Simplificando a situação para considerar a mesma tarifa para todos os usuários, a mitigação do risco de demanda é descrita a seguir conforme constante no edital (São Paulo, 2006)⁶⁵, considerando as fórmulas lá apresentadas. Sejam D_i a demanda real do período i , \bar{D}_i a demanda projetada para o período i e p a tarifa única por usuário⁶⁶. Então:

- Caso a demanda real contabilizada esteja entre 90% e 110%, inclusive, da demanda projetada para o período, não haverá nenhum ajuste nas receitas, sendo esta uma banda sem proteção.

⁶³ O termo “proteção” é utilizado nas informações consultadas, se referindo tanto à proteção do concessionário quanto do governo. Ou seja, trata-se da receita que será recomposta pelo governo ao concessionário ou da receita excedente que será repassada pelo concessionário ao governo.

⁶⁴ Esta faixa é limitada a $\pm 40\%$ da demanda esperada, mas esta informação não vai ser tratada aqui para facilitação do entendimento do modelo, sem perda da característica principal. O que ocorre é que, caso a demanda real contabilizada esteja abaixo de 60% ou acima de 140% da demanda projetada para o período, caberá a recomposição do equilíbrio econômico-financeiro.

⁶⁵ Para mais informações e detalhes das cláusulas contratuais referentes à mitigação do risco de demanda, consultar o Edital da PPP (São Paulo, 2006), cláusulas 11.1 (Risco de não realização da demanda projetada).

⁶⁶ Os dados de demanda são considerados trimestrais.

- Caso a demanda real contabilizada esteja entre 80% e 90%, inclusive, da demanda projetada para o período, as receitas serão reajustadas para mais mediante a aplicação da seguinte fórmula:

$$Md = [0,6 \cdot (0,9\bar{D}_i - D_i)] \cdot p \quad (6.31)$$

Nesta faixa, a proteção é de 60%, de forma que o governo recompõe 60% do valor que faltar para 90% da demanda projetada.

- Caso a demanda real contabilizada esteja abaixo de 80%, inclusive, da demanda projetada para o período, as receitas serão reajustadas para mais mediante a aplicação da seguinte fórmula:

$$Md = \{0,06\bar{D}_i + [0,9 \cdot (0,8\bar{D}_i - D_i)]\} \cdot p \quad (6.32)$$

Nesta faixa, a proteção é de 90%, de forma que o governo recompõe 90% do valor que faltar para 80% da demanda projetada, considerando o “degrau” da faixa anterior.

- Caso a demanda real contabilizada esteja entre 110% e 120%, inclusive, da demanda projetada para o período, as receitas serão reajustadas para menos mediante a aplicação da seguinte fórmula:

$$Md = [0,6 \cdot (D_i - 1,1\bar{D}_i)] \cdot p \quad (6.33)$$

Nesta faixa, a proteção é de 60%, de forma que o concessionário repassa ao governo 60% do valor que exceder 110% da demanda projetada.

- Caso a demanda real contabilizada esteja acima de 120%, inclusive, da demanda projetada para o período, as receitas serão reajustadas para menos mediante a aplicação da seguinte fórmula:

$$Md = \{0,06\bar{D}_i + [0,9 \cdot (D_i - 1,2\bar{D}_i)]\} \cdot p \quad (6.34)$$

Nesta faixa, a proteção é de 90%, de forma que o concessionário repassa ao governo 90% do valor que exceder 120% da demanda projetada, considerando o “degrau” da faixa anterior.

Graficamente, para facilitar o entendimento, a situação pode ser representada da seguinte forma, considerando valores hipotéticos para a demanda:

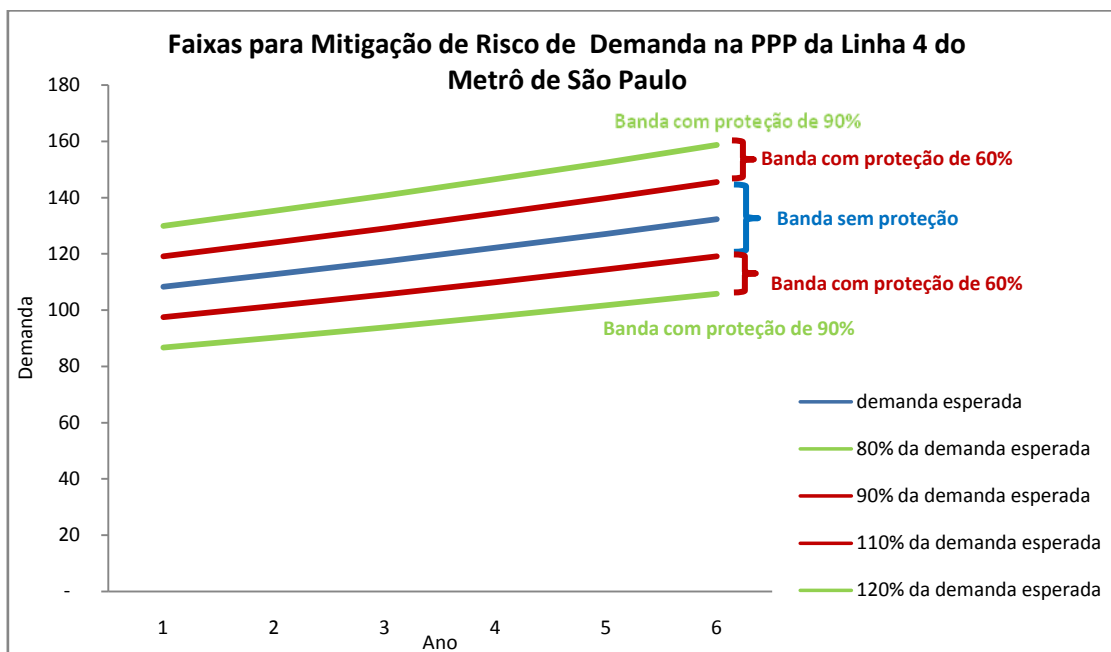


Figura 3 – Faixas de mitigação de risco de demanda na PPP da Linha 4 do Metrô de São Paulo

Tais condições para os pisos e tetos de tráfego podem ser modeladas como uma composição de opções de venda e de compra, cujas fórmulas ficam mais fácil de serem compreendidas.

Para demandas abaixo de 90% da demanda projetada, o concessionário detém duas *puts*, que deverão ser exercidas por ele simultaneamente, dependendo do valor da demanda real, e cujos valores deverão ser somados.

$$\text{Put 1: Preço de exercício: } K_1 = 0,9\bar{D}_i \quad (6.35)$$

$$\text{Payoff em demanda: } P_1 = 0,6 \max(K_1 - D_i, 0) \quad (6.36)$$

$$\text{Payoff em receita: } Md_1 = P_1 \cdot p \quad (6.37)$$

$$\therefore Md_1 = [0,6 \max(0,9\bar{D}_i - D_i, 0)]p \quad (6.38)$$

$$\text{Put 2: Preço de exercício: } K_2 = 0,8\bar{D}_i \quad (6.39)$$

$$\text{Payoff em demanda: } P_2 = 0,3 \max(K_2 - D_i, 0) \quad (6.40)$$

$$\text{Payoff em receita: } Md_2 = P_2 \cdot p \quad (6.41)$$

$$\therefore Md_2 = [0,3 \max(0,8\bar{D}_i - D_i, 0)]p \quad (6.42)$$

Desta forma, a receita a ser recebida será dada por:

- Se $D_i \geq 0,9\bar{D}_i$ então $Md_1 = 0$ e $Md_2 = 0$

$$Md = Md_1 + Md_2 = 0$$

- Se $0,9\bar{D}_i < D_i \leq 0,8\bar{D}_i$, então $Md_1 = [0,6(0,9\bar{D}_i - D_i)]p$ e $Md_2 = 0$

$$Md = Md_1 + Md_2 = [0,6(0,9\bar{D}_i - D_i)]p$$

- Se $D_i < 0,8\bar{D}_i$, então $Md_1 = [0,6(0,9\bar{D}_i - D_i)]p$

$$\text{e } Md_2 = [0,3(0,8\bar{D}_i - D_i)]p$$

$$Md = Md_1 + Md_2 = [0,6(0,9\bar{D}_i - D_i)]p + [0,3(0,8\bar{D}_i - D_i)]p$$

$$Md = [0,6(0,8\bar{D}_i + 0,1\bar{D}_i - D_i)]p + [0,3(0,8\bar{D}_i - D_i)]p$$

$$= \{0,06 \bar{D}_i + [0,6(0,8\bar{D}_i - D_i)] + [0,3(0,8\bar{D}_i - D_i)]\} p$$

$$= \{0,06 \bar{D}_i + [0,9(0,8\bar{D}_i - D_i)]\} p$$

que são equivalentes às fórmulas constantes do contrato.

Deste modo, para cada faixa de demanda, o governo recompõe um percentual diferente da receita, pagando a diferença ao concessionário.

Para demandas acima de 110% da demanda projetada, o concessionário está vendido em duas *calls*, que deverão ser exercidas pelo governo simultaneamente, dependendo do valor da demanda real, e cujos valores deverão ser somados.

$$\text{Call 1: Preço de exercício: } X_1 = 1,1\bar{D}_i \quad (6.43)$$

$$\text{Payoff em demanda: } C_1 = -0,6 \max(D_i - X_1, 0) \quad (6.44)$$

$$\text{Payoff em receita: } Md_1 = C_1 \cdot p \quad (6.45)$$

$$\therefore Md_1 = -[0,6 \max(D_i - 1,1\bar{D}_i, 0)]p \quad (6.46)$$

$$\text{Call 2: Preço de exercício: } X_2 = 1,2\bar{D}_i \quad (6.47)$$

$$\text{Payoff em demanda: } C_2 = -0,3 \max(D_i - X_2, 0) \quad (6.48)$$

$$\text{Payoff em receita: } Md_2 = C_2 \cdot p \quad (6.49)$$

$$\therefore Md_2 = -[0,3 \max(D_i - 1,2\bar{D}_i, 0)]p \quad (6.50)$$

Desta forma, a receita a ser repassada será dada por:

- Se $D_i \leq 1,1\bar{D}_i$ então $Md_1 = 0$ e $Md_2 = 0$
 $Md = Md_1 + Md_2 = 0$
- Se $1,1\bar{D}_i < D_i \leq 1,2\bar{D}_i$ então $Md_1 = -[0,6(D_i - 1,1\bar{D}_i)]p$ e $Md_2 = 0$
 $Md = Md_1 + Md_2 = -[0,6(D_i - 1,1\bar{D}_i)]p$
- Se $D_i > 1,2\bar{D}_i$ então $Md_1 = -[0,6(D_i - 1,1\bar{D}_i)]p$
 $e Md_2 = -[0,3(D_i - 1,2\bar{D}_i)]p$
 $Md = Md_1 + Md_2 = -[0,6(D_i - 1,1\bar{D}_i)]p - [0,3(D_i - 1,2\bar{D}_i)]p$
 $Md = -[0,6(D_i - 1,2\bar{D}_i + 0,1\bar{D}_i)]p + [0,3(D_i - 1,2\bar{D}_i)]p$
 $= -\{0,06\bar{D}_i + [0,6(D_i - 1,2\bar{D}_i)] + [0,3(D_i - 1,2\bar{D}_i)]\}p$
 $= -\{0,06\bar{D}_i + [0,9(D_i - 1,2\bar{D}_i)]\}p$

que são equivalentes às fórmulas constantes do contrato.

Deste modo, para cada faixa de demanda, o concessionário repassa um percentual diferente da receita, pagando a diferença para o governo.

Um exemplo numérico facilita a compreensão do mecanismo. Para um determinado período, considerando valores hipotéticos, sejam os seguintes dados:

$$p = \$ 2 \text{ (tarifa)}$$

$$\bar{D}_i = 100 \text{ (demanda esperada no período)}$$

- Se a demanda real for 95 ($D_i = 95$), nenhuma das partes paga nada, pois este valor está na faixa sem proteção (entre 90% e 100% da demanda esperada).

- Se a demanda real for 85 ($D_i = 85$), apenas o primeiro nível de garantia é exercido pois este valor está na primeira banda de proteção (entre 80% e 90% da demanda esperada). Desta forma, o governo deverá pagar de receita adicional:

$$Md = [0,6(0,9\bar{D}_i - D_i)]p = [0,6(90 - 85)].2 = 6$$

- Se a demanda real for 75 ($D_i = 75$), os dois níveis de garantia são exercidos pois este valor está na segunda banda de proteção (abaixo de 80% da demanda esperada). Desta forma, o governo deverá pagar de receita adicional:

$$\begin{aligned} Md &= [0,6(0,9\bar{D}_i - D_i)]p + [0,3(0,8\bar{D}_i - D_i)]p = \\ &= [0,6(90 - 75)].2 + [0,3(80 - 75)].2 = 18 + 3 = 21 \end{aligned}$$

- Se a demanda real for 105 ($D_i = 105$), nenhuma das partes paga nada, pois este valor está na faixa sem proteção (entre 100% e 110% da demanda esperada).
- Se a demanda real for 115 ($D_i = 115$), apenas o primeiro nível de repasse é exercido pois este valor está na primeira banda de proteção (entre 110% e 120% da demanda esperada). Desta forma, o concessionário deverá repassar a receita excedente de:

$$Md = -[0,6(D_i - 1,1\bar{D}_i)]p = -[0,6(115 - 110)].2 = -6$$

- Se a demanda real for 125 ($D_i = 125$), os dois níveis de garantia são exercidos pois este valor está na segunda banda de proteção (acima de 120% demanda esperada). Desta forma, o concessionário deverá repassar a receita excedente de:

$$\begin{aligned}Md &= -[0,6(D_i - 1,1\bar{D}_i)]p - [0,3(D_i - 1,2\bar{D}_i)]p = \\ &= -[0,6(125 - 110)].2 - [0,3(125 - 120)].2 = -18 - 3 \\ &= -21\end{aligned}$$

Esta modelagem será utilizada neste trabalho na avaliação de um projeto hipotético como exemplificação da presença de opções em um concessão rodoviária envolvendo estrutura de *project finance* e PPP.