

Rocha, Katia; Marques, Naielly Lopes

## Working Paper

# Ao novo modelo de compartilhamento de riscos de demanda da ANTT e análise das carteiras eficientes de garantias e potenciais deságios tarifários

Texto para Discussão, No. 3102

### Provided in Cooperation with:

Institute of Applied Economic Research (ipea), Brasília

*Suggested Citation:* Rocha, Katia; Marques, Naielly Lopes (2025) : Ao novo modelo de compartilhamento de riscos de demanda da ANTT e análise das carteiras eficientes de garantias e potenciais deságios tarifários, Texto para Discussão, No. 3102, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília,  
<https://doi.org/10.38116/td3102-port>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/316164>

### Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

### Terms of use:

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*



<https://creativecommons.org/licenses/by/2.5/br/>

**TEXTO PARA DISCUSSÃO**

**3102**

**O NOVO MODELO DE  
COMPARTILHAMENTO DE RISCOS  
DE DEMANDA DA ANTT E ANÁLISE  
DAS CARTEIRAS EFICIENTES DE  
GARANTIAS E POTENCIAIS  
DESÁGIOS TARIFÁRIOS**

**KATIA ROCHA  
NAIELLY LOPES MARQUES**



**AO NOVO MODELO DE  
COMPARTILHAMENTO DE RISCOS  
DE DEMANDA DA ANTT E ANÁLISE  
DAS CARTEIRAS EFICIENTES  
DE GARANTIAS E POTENCIAIS  
DESÁGIOS TARIFÁRIOS**

**KATIA ROCHA<sup>1</sup>  
NAIELLY LOPES MARQUES<sup>2</sup>**

---

1. Técnica de planejamento e pesquisa na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Diset/Ipea). *E-mail:* [katia.rocha@ipea.gov.br](mailto:katia.rocha@ipea.gov.br).

2. Bolsista do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diset/Ipea. *E-mail:* [naielly.lopes@iag.puc-rio.br](mailto:naielly.lopes@iag.puc-rio.br).

**Governo Federal**

**Ministério do Planejamento e Orçamento**

**Ministra** Simone Nassar Tebet

**ipea** Instituto de Pesquisa  
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento e Orçamento, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

**Presidenta**

**LUCIANA MENDES SANTOS SERVO**

**Diretor de Desenvolvimento Institucional**

**FERNANDO GAIGER SILVEIRA**

**Diretora de Estudos e Políticas do Estado,  
das Instituições e da Democracia**

**LUSENI MARIA CORDEIRO DE AQUINO**

**Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas**

**CLÁUDIO ROBERTO AMITRANO**

**Diretor de Estudos e Políticas Regionais,  
Urbanas e Ambientais**

**ARISTIDES MONTEIRO NETO**

**Diretora de Estudos e Políticas Setoriais,  
de Inovação, Regulação e Infraestrutura**

**FERNANDA DE NEGRI**

**Diretor de Estudos e Políticas Sociais**

**RAFAEL GUERREIRO OSÓRIO**

**Diretora de Estudos Internacionais**

**KEITI DA ROCHA GOMES**

**Chefe de Gabinete**

**ALEXANDRE DOS SANTOS CUNHA**

**Coordenadora-Geral de Imprensa e  
Comunicação Social**

**GISELE AMARAL**

**Ouvidoria:** <https://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

**URL:** <https://www.ipea.gov.br>

# Texto para Discussão

Publicação seriada que divulga resultados de estudos e pesquisas em desenvolvimento pelo Ipea com o objetivo de fomentar o debate e oferecer subsídios à formulação e avaliação de políticas públicas.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2025

Rocha, Katia

Ao Novo modelo de compartilhamento de riscos de demanda da ANTT e análise das carteiras eficientes de garantias e potenciais deságios tarifários / Katia Rocha, Naielly Lopes Marques. – Rio de Janeiro: Ipea, 2025.

31 p.: il., gráfs. – (Texto para Discussão ; n. 3102).

Inclui Bibliografia.

ISSN 1415-4765

1. Mecanismo de Compartilhamento de Riscos. 2. Garantia. 3. cap e floor. 4. Concessões Rodoviárias. 5. Brasil. I. Marques, Naielly Lopes. II. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. III. Título.

CDD 388.1

Ficha catalográfica elaborada por Elizabeth Ferreira da Silva CRB-7/6844.

**Como citar:**

ROCHA, Katia; MARQUES, Naielly Lopes. **Ao novo modelo de compartilhamento de riscos de demanda da ANTT e análise das carteiras eficientes de garantias e potenciais deságios tarifários.** Rio de Janeiro: Ipea, abr. 2025. 31 p.: il. (Texto para Discussão, n. 3102). DOI: <https://dx.doi.org/10.38116/td3102-port>

**JEL:** M21, M48, R42, R48 e G32.

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos).

Acesse: <https://repositorio.ipea.gov.br/>.

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento e Orçamento.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

# SUMÁRIO

SINOPSE	
ABSTRACT	
1 INTRODUÇÃO .....	6
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	10
2.1 Concessões rodoviárias e o compartilhamento de risco de demanda .....	10
2.2 Aplicações de opções reais em concessões rodoviárias .....	11
2.3 Métricas de risco-retorno .....	13
3 MODELO.....	14
3.1 Aplicação numérica .....	16
4 RESULTADOS .....	17
4.1 Impacto de <i>cap</i> e <i>floor</i> para a concessionária.....	17
4.2 Antecipação das garantias e potenciais deságios tarifários.....	20
4.3 Impactos do <i>cap</i> e <i>floor</i> para o poder concedente.....	21
4.3 Fronteira de garantias equivalentes .....	22
5 CONCLUSÃO.....	23
REFERÊNCIAS.....	25
APÊNDICE – SENSIBILIDADES DO MODELO PROPOSTO .....	28

## SINOPSE

A Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) do Brasil lançou, no final de 2022, audiência pública sobre um novo modelo de compartilhamento de riscos de demanda/receita nos contratos de concessão de infraestrutura rodoviária. Este *Texto para Discussão* ilustra, a partir da metodologia de opções reais, como o mecanismo modifica as estruturas de risco x retorno da concessão e influencia a decisão de investimento na concessão e potenciais deságios tarifários, entendidos como o prêmio da opção devido aos mecanismos de compartilhamento de risco com o poder concedente, seguindo determinadas regras e parâmetros. O trabalho sinaliza, ainda, que existe uma fronteira ótima de carteiras eficientes (bandas x gatilhos) que mantém semelhantes estruturas de risco x retorno, com diferentes deságios, cabendo ao poder concedente a decisão estratégica sobre o *trade-off* entre maiores deságios tarifários em potencial (prêmio) à custa de maiores desembolsos médios esperados. Recomenda-se análise baseada em métricas de risco assimétricas (ômega ou Var) devido a importantes não linearidades introduzidas no modelo de garantias. Desse modo, o estudo é pertinente à análise de políticas públicas e impactos regulatórios, contribuindo para a literatura sobre aplicações de opções reais, em especial sobre mecanismos de compartilhamento de risco e seus impactos nas decisões de investimentos em projetos de infraestrutura.

**Palavras-chave:** mecanismo de compartilhamento de riscos; garantia; cap e floor; concessões rodoviárias; Brasil.

## ABSTRACT

At the end of 2022, Brazil's National Land Transport Agency (ANTT) launched a public hearing on the proposal for a new risk allocation model in road infrastructure concession contracts. This study illustrates, using the real options methodology, how the proposed design modifies the concession's risk-return structures and influences the investment decision in the concession and the expected value of the upside risk sharing mechanism (cap) and downside (floor). Our analysis allows the granting authority to calculate the trade-off between the establishment of cap and floor bands, flexibility of Capex triggers (anticipation of the start of the risk sharing mechanism) and potential tariff discounts. The study shows that there is an optimal frontier of efficient portfolios (bands x triggers) that maintains the same risk-return structure and, consequently, discounts. In this sense, the granting power can allocate itself wherever it most desires depending on the concession object, which can be useful for analyzing regulatory impacts caused by this mechanism. This research contributes to the literature on the applications of real options in infrastructure projects, showing how the clauses governing managerial flexibilities in contracts must be carefully designed to achieve the objectives of the government and the private investor.

**Keywords:** risk sharing mechanism; guarantee; cap and floor; road concessions; Brazil.

## 1 INTRODUÇÃO

Os projetos de concessão rodoviária envolvem incertezas diversas: nas despesas de capital (capital expenditure – capex) e construção, na projeção da demanda por longos períodos (normalmente cerca de trinta anos); no perfil temporal das receitas dissociadas das despesas, entre outras específicas do setor, no aspecto ambiental, geológico, de desapropriações etc. O setor rodoviário é conhecido por ensejar grande número de incidências em renegociações de contratos (Guasch, *et al.*, 2014).

Atualmente, dos cerca de 13 mil quilômetros da malha rodoviária federal administrados por meio de concessões no âmbito da Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT),<sup>1</sup> praticamente um terço apresenta problemas, com obras paralisadas há anos, em processo de devolução ou relicitação, em especial as realizadas na terceira etapa do Programa de Concessão de Rodovias Federais (Procrofe) em 2013-2014, cujas estimativas de demanda foram frustradas, a partir da crise econômica de 2014-2016.<sup>2</sup>

É consenso que inúmeras divergências interpretativas e indefinições sobre a matriz de risco têm gerado, consistentemente, vários conflitos judiciais, arbitrais e administrativos, em especial a cada revisão, quando diversos pleitos de recomposição de equilíbrio econômico-financeiro são requeridos.

Como forma de tratar essa questão, a ANTT lançou, no final de 2022, a Audiência Pública nº 013/2022, propondo um novo modelo de alocação de riscos nas concessões de infraestrutura rodoviária.<sup>3</sup> A iniciativa é essencial, visto que o setor concentra os maiores gargalos de investimento em infraestrutura no Brasil – 1,8% do produto interno bruto (PIB)/ano, segundo Raiser *et al.* (2017) –, com investimentos estimados pelo novo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) em R\$ 186 bilhões para os próximos anos.<sup>4</sup>

---

1. ANTT é a agência responsável pela regulação da infraestrutura ferroviária e rodoviária e pela prestação de serviços de transporte terrestre. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/rodovias/informacoes-gerais>.

2. Um importante avanço foi a criação da Secretaria de Controle Externo de Solução Consensual e Prevenção de Conflitos (SecexConsenso) a partir de 2023, como forma de viabilizar de forma colaborativa soluções para temas complexos da administração pública, como contratos de concessão em crise. Disponível em: <https://portal.tcu.gov.br/imprensa/noticias/voce-conhece-a-nova-sistematica-de-solucoes-consensuais-do-tcu.htm>.

3. Disponível em: <https://participantt,antt.gov.br/Site/AudienciaPublica/VisualizarAvisoAudienciaPublica.aspx?CodigoAudiencia=518>.

4. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/novopac/transporte-eficiente-e-sustentavel/rodovias>.

**TEXTO para DISCUSSÃO**

Vários aprimoramentos foram propostos para os contratos a partir da quinta rodada de concessão. No que diz respeito ao compartilhamento do risco de demanda, propôs-se um compartilhamento de risco de 50% do que ultrapassar uma banda simétrica de +10% e -10% da demanda esperada, entre a concessionária e o poder concedente, a partir do segundo ano e condicionadas à execução de pelo menos 90% das obrigações de investimento – obras de ampliação e melhorias previstas no Programa de Exploração da Rodovia (PER).<sup>5</sup> Proposições igualmente inovadoras são: a separação do impacto dos riscos específicos nas receitas (demanda) e nos custos (insumos, taxa de câmbio); a classificação dos riscos por temas (ambiental, gestão, engenharia etc.); a ampliação dos riscos compartilhados (ambientais, desapropriações etc.); e a consideração de riscos residuais (impacto nos custos).

O novo desenho proposto centra-se na matriz de risco do contrato, que, aliada aos tradicionais pilares de encargos (obrigações de investimento) e remuneração do serviço (receita de pedágio), é cada vez mais vista como parte fundamental do equilíbrio financeiro da concessão. Essa iniciativa melhora a previsibilidade na repartição dos riscos entre as partes, contribuindo para melhor governança, eficiência e segurança jurídica do contrato, além de estabelecer incentivos econômicos adequados entre os setores público e privado. Além disso, potencializa a participação de novos *players* nas licitações ao melhorar o acesso a opções de financiamento, incluindo o modelo de financiamento via estruturas de *project finance*.<sup>6</sup>

A partir da experiência nas etapas do Programa de Concessões Rodoviárias Federais, iniciado em meados da década de 1990, podemos compreender como surgiu o mecanismo de partilha de riscos. Inicialmente, os projetos não incorporaram conceitos de matriz de riscos. Durante a segunda etapa (2007-2008), eles foram gradativamente tratados de forma genérica e sucinta, com a incorporação de gatilhos de investimento vinculados à demanda. Mais detalhes desses conceitos foram dados a partir da terceira

---

5. Cabe mencionar que na proposta inicial a previsão de compartilhamento de risco versava sobre risco da receita, e ao Acórdão nº 768/2024 do Tribunal de Contas da União (TCU) relativo ao processo de desestatização da rodovia federal BR-381/MG, com recomendações à ANTT de substituição do compartilhamento de risco da receita pela demanda de tráfego visando maior controle, e, obrigatoriedade de realização de 100% das obras de ampliação e melhorias previstas no PER como requisitos prévios ao pleito de utilização do mecanismo de mitigação de risco de demanda. Segundo o desenho do mecanismo proposto, caso haja desvio maior do que 5% entre o tráfego previsto e o tráfego realizado, haverá compartilhamento dos ganhos ou perdas advindos da variação de tráfego, em que 80% serão alocados ao poder concedente e 20% alocados à concessionária.

6. A Nova Lei de Licitações (Lei nº 14.133/2021) destaca a matriz de riscos como uma cláusula contratual que define riscos e responsabilidades entre as partes e caracteriza o equilíbrio econômico-financeiro inicial do contrato de concessão.

e quarta etapas (2013-2014 e 2018), culminando nos contratos atuais da quinta etapa com as alocações compartilhadas do risco de demanda.<sup>7</sup> Além disso, em todas as fases, o risco de demanda foi quase inteiramente atribuído à concessionária. Como consequência, ocorreram diversos conflitos judiciais, arbitrais e administrativos, especialmente durante as revisões anuais.<sup>8</sup>

A necessidade de uma matriz de alocação de riscos previsível e eficiente faz parte das recomendações estruturais para a governança da infraestrutura da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE)<sup>9</sup> e de forma a reduzir a incidência de renegociações recorrentes segundo Guasch (2004).<sup>10</sup> Na literatura recomenda-se que o risco seja alocado à parte que tenha o menor custo para absorver o evento indesejado e que melhor mitigue ou gerencie suas consequências. Dado que deverão ser investidos cerca de R\$ 27,2 bilhões por ano até 2030 e que o Estado brasileiro apresenta restrições fiscais, há necessidade de atrair cada vez mais a participação privada em projetos de infraestrutura (CIP-Infra, 2021; ABDIB, 2022).

Para o formulador de políticas públicas (principal) é fundamental compreender como essas iniciativas impactam e condicionam o comportamento das concessionárias (agentes) diante das incertezas. Esses mecanismos, bem como as políticas de incentivos, subsídios e garantias dadas aos projetos, afetam o perfil de risco-retorno e, portanto, devem ser avaliados sob a abordagem de opções reais, proporcionando um melhor tratamento dos níveis de incerteza e da flexibilidade gerencial do projeto (Dixit e Pindyck, 1994; Trigeorgis, 1996).

Alguns trabalhos acadêmicos já utilizaram a metodologia das opções reais para avaliar o mecanismo denominado Garantia de Receita Mínima (Minimum Revenue Guarantee – MRG), em que o poder concedente se compromete a indenizar a concessionária

---

7. Além dos aprimoramentos nos mecanismos de alocação de risco, cabe menção à Política Nacional de Outorgas de 2023 com diretrizes para a modernização da modelagem dos projetos de concessão de rodovias, como um critério híbrido entre menor tarifas e outorgas, em que se prevê percentual máximo de deságio nos leilões com aportes caso haja superação desse percentual. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/noticias/2023/10/nova-politica-de-outorgas-rodoviaras-define-diretrizes-para-promover-sustentabilidade-contratual>.

8. Devido à grande frustração da demanda e às crises econômicas dos anos posteriores, as concessões da terceira etapa foram realizadas apenas 20% das obras previstas para os primeiros anos, o que resultou na declaração de caducidade, sendo objeto de relicitação dos bens relevantes.

9. Disponível em: <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0460>.

10. Outras recomendações enfatizam o papel da qualidade regulatória, de instituições adequadas, de modelos de leilões com outorgas mais elevadas em detrimento de tarifas mais baixas (associadas a licitações oportunistas), de melhores estudos estruturantes.

**TEXTO para DISCUSSÃO**

caso a receita (ou demanda) caia abaixo de um nível pré-estabelecido (Rocha Armada, Pereira e Rodrigues, 2012; Song *et al.*, 2018). Outros a usaram para analisar a ferramenta de compartilhamento de risco de receita/demanda chamada *cap* e *floor* (Vasudevan, Prakash e Sahu, 2018). Essas duas formas de mitigação de riscos têm sido utilizadas em contratos de concessão de infraestrutura em diversos países, como Brasil (Brandão *et al.*, 2012), China (Zhang *et al.*, 2021) e Índia (Iyer e Sagheer, 2011).

O objetivo deste estudo é propor um modelo baseado nas opções reais para analisar a nova metodologia de compartilhamento de risco de demanda/receita proposta na Audiência Pública nº 013/2022 da ANTT. A metodologia de compartilhamento de risco modifica a distribuição do valor presente líquido da concessão, melhorando sua atratividade e possibilitando potenciais deságios tarifários, que podem ser interpretados como o prêmio da opção.

O mecanismo proposto introduz importantes não linearidades, resultando em uma distribuição de valor presente líquido assimétrica e de caudas pesadas para a concessão. Dessa forma, métricas de risco x retorno, baseadas em distribuições simétricas (como o índice de Sharpe) devem ser preteridas em favor de métricas de risco com foco na assimetria (como a medida ômega e o *VaR*), mais apropriadas para a análise.

Ao estimar, conjuntamente, o valor esperado da partilha dos riscos de *upside* (*cap*, teto) e *downside* (*floor*, piso), o modelo é útil tanto ao poder concedente quanto ao investidor concessionário.

Ao poder concedente, o modelo auxilia na compreensão da dinâmica entre compartilhamento de riscos e potenciais deságios tarifários, sendo útil para decisões estratégicas sobre flexibilização do gatilho para o acionamento do mecanismo de compartilhamento (depende do percentual de capex investido) ou das próprias bandas (*caps* e *floors*). Essas flexibilizações aumentam a atratividade da concessão e o potencial de deságio tarifário, à custa de uma expectativa maior de valor a ser suportado pelo próprio poder concedente pela opção da garantia antecipada ou concedida.<sup>11</sup> Isso levanta questões relevantes ao poder concedente como a fronteira ótima de carteiras eficientes (gatilhos e bandas) que possuem semelhante métricas de risco x retorno. Cabe ao poder concedente a decisão estratégica sobre a definição dos parâmetros desse novo mecanismo, calculando o *trade-off* entre maiores deságios tarifários esperados, à custa de maiores desembolsos esperados.

11. A análise se mantém, mesmo no caso dos desembolsos do poder concedente poderem ser postergados por meio de uma extensão de prazo da concessão. O ato da postergação não modifica o seu valor presente esperado dos desembolsos nem sua distribuição de risco mantendo-se a análise.

Ao investidor, o modelo proposto permite avaliar decisões sobre participação no certame, estimar a atratividade da concessão mediante medidas de risco apropriadas à assimetria da distribuição e estimar o potencial deságio tarifário máximo no *bid*. A estratégia é condicional à definição dos parâmetros das bandas de demanda/receita (*caps e floors*) e ao momento do gatilho para acionamento das garantias. A avaliação do *trade-off* relativo ao risco negativo (*downside risk, floor*) *vis-à-vis* o risco positivo (*upside risk, caps*) é um fator relevante para sua tomada de decisão.

Após esta introdução, apresentamos uma revisão da literatura sobre concessões rodoviárias, aplicação da abordagem de opções reais nesses tipos de projetos e métricas de risco. Na seção 3, desenvolvemos um modelo de opções reais para avaliar o impacto do mecanismo de compartilhamento de riscos. Em seguida, na seção 4 apresentamos uma aplicação numérica e na seção 5 discutimos os resultados. As conclusões do estudo são apresentadas na seção 6. Ao fim do trabalho, um apêndice é destinado para maiores discussões e variações propostas sobre o modelo analisado.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Concessões rodoviárias e o compartilhamento de risco de demanda

Os projetos de infraestrutura são caracterizados por longos períodos de maturidade, elevados investimentos de capital e elevada incerteza – que criam riscos significativos e podem dificultar a obtenção de financiamento. Nas concessões rodoviárias brasileiras, o risco da demanda, visto como um dos principais nesse tipo de empreendimento, sempre foi alocado, total ou quase integralmente, à concessionária. Contudo, esse desenho não se mostra mais eficiente, uma vez que a maior parte desse risco está fora do controle do agente privado.

Nesse sentido, desde 2019, a ANTT vem estudando as melhores práticas para concessões rodoviárias no que diz respeito ao tema do compartilhamento do risco da demanda. A iniciativa mais recente ocorreu no final de 2022, quando a ANTT lançou a Audiência Pública nº 013/2022 para coletar sugestões e contribuições no que diz respeito ao novo modelo de alocação de riscos proposto, permitindo assim a construção de um novo modelo contratual de governança de riscos nos contratos de concessão de infraestrutura rodoviária.

Nessa audiência pública, a ANTT investigou um conjunto de inovações já promovidas nas matrizes de risco dos contratos celebrados de 2019 a 2022. Por exemplo, a iniciativa de compartilhamento de riscos relacionados a obras de manutenção e nível de serviço foi promovida nos contratos BR-101/290/386/448/RS, BR-364/365/MG/GO e BR-101/SC. O mecanismo de proteção cambial foi promovido nos contratos BR-116/101/SP/RJ, BR-116/465/493/RJ/MG e BR-040/495/MG/RJ. Neste último, também foram promovidos mecanismos de mitigação de riscos de receitas e partilha de riscos de condições de licença ambiental.

A utilização desses mecanismos procura tornar os investimentos em concessões rodoviárias mais atrativos para os agentes privados. Outras formas de mitigação de riscos em projetos de infraestrutura têm sido aplicadas na prática e discutidas na literatura. Uma delas é a MRG, em que o poder concedente se compromete a indenizar a concessionária caso a receita caia abaixo de um nível pré-estabelecido (Rocha Armada, Pereira e Rodrigues, 2012; Song *et al.*, 2018).

Outro esquema é o mecanismo *cap* e *floor*, em que, além de um MRG (*floor*), também é estabelecido um teto de receita, acima do qual a concessionária devolve ao poder concedente quaisquer ganhos obtidos acima do nível (*cap*) (Vasudevan, Prakash e Sahu, 2018). Essas duas formas de mitigação de riscos têm sido utilizadas em contratos de concessão de infraestrutura em diversos países, como Brasil (Brandão *et al.*, 2012), China (Zhang *et al.*, 2021) e Índia (Iyer e Saghee, 2011).

## 2.2 Aplicações de opções reais em concessões rodoviárias

A análise de investimentos em infraestrutura tem sido um campo ativo de pesquisa nas últimas décadas. O fluxo de caixa descontado (FCD) é o método mais comum para avaliar um projeto de infraestrutura. Contudo, graças ao trabalho seminal de Black e Scholes (1973) e Merton (1973) para a precificação de derivativos financeiros, foram desenvolvidos novos métodos que aplicaram esses conceitos à avaliação de ativos reais sob incerteza e flexibilidade, como a abordagem de opções reais.

Nos últimos anos, tal abordagem encontrou muitas aplicações em projetos de infraestrutura rodoviária. Alonso-Conde, Brown e Rojo-Suarez (2007), por exemplo, utilizam essa ferramenta para calcular as garantias governamentais estabelecidas no projeto Melbourne CityLink e analisar como afetam os incentivos ao investimento e as transferências de valor do setor público ao setor privado. Brandão e Saraiva (2008)

também avaliam garantias governamentais em um projeto de parceria público-privada (PPP). Para isso, os autores consideram dados de mercado do projeto da rodovia BR-163 e propõem um modelo de Garantia de Tráfego Mínimo (Minimum Traffic Guarantee – MTG) para avaliar o impacto das garantias governamentais sobre o risco do projeto e o valor esperado do passivo governamental resultante.

Huang e Chou (2006) complementam a análise do projeto trem de alta velocidade de Taiwan realizada por Bowe e Lee (2004), considerando um MRG e uma opção de abandono durante a fase de pré-produção e construção do projeto. Os seus resultados mostram que quando o nível do MRG aumenta, o valor da opção de abandono diminui e que, a um determinado nível do MRG, a opção de abandono se torna desprezível. Attarzadeh *et al.* (2017) também se concentram com a questão de mitigar efetivamente o impacto da incerteza das receitas em projetos Build-Operate-Transfer (BOT). Nesse sentido, propõem um modelo de cálculo de limites equitativos de receitas garantidas para o agente privado. Os autores aplicam o seu modelo a projetos de PPP rodoviárias e de centrais elétricas no Irã. As suas conclusões mostram que o mecanismo de negociação sistemática proposto oferece benefícios tanto para o setor público como para o privado.

Buyukyoran e Gundes (2018) propõem um modelo para avaliar o MRG em um projeto BOT de rodovia com pedágio, considerando que a demanda futura é o fator de risco mais crítico que afeta a viabilidade financeira do projeto. Nesse sentido, combinam uma abordagem de otimização com simulação de Monte Carlo para identificar os limites superiores e inferiores ótimos das garantias. Da mesma forma, Carbonara e Pellegrino (2018) desenvolvem um modelo para calcular os valores ótimos de piso e teto de receita, a fim de criar uma condição ganha-ganha para a concessionária e o governo. As autoras aplicam esse modelo ao caso da Ponte do Estreito de Messina e concluem que esse mecanismo pode apoiar o processo de tomada de decisão do governo na avaliação dos montantes de subsídios públicos necessários para tornar o projeto atraente para investidores privados.

Jin *et al.* (2021) abordam não apenas o problema da otimização do nível do MRG, mas também a questão da duração do período de concessão. Propõem um modelo de negociação baseado na abordagem de opções reais e mostram que a duração do período de concessão é inversamente proporcional ao nível de MRG, sendo essa correlação influenciada pela probabilidade de atingir a taxa de retorno exigida pela concessionária. De forma mais geral, Rouhani *et al.* (2018) analisam as principais abordagens de partilha de riscos de receitas desenvolvidas em todo o mundo que são

concebidas para mitigar o risco da concessionária e, assim, incentivar a participação privada nas concessões. Eles destacam que essas abordagens dependem da incerteza de demanda, das preferências de risco de ambos os parceiros e da natureza do projeto.

Finalmente, no âmbito nacional, relevantes aplicações de modelos de Real Option Valuation (ROV) têm sido utilizados em aperfeiçoamentos regulatórios de metodologias de indenização de investimentos/ativos não depreciados como em Rocha e Marques (2023), Costa e Pompermayer (2024) e Silva Filho, Borges e Bravo (2024).

### 2.3 Métricas de risco x retorno

Nesta seção apresentamos algumas métricas de risco x retorno. Nosso intuito não é apresentar todas as medidas existentes na literatura. Para isso, sugerimos a leitura do artigo de Jorion (1996) e das notas de Campani (2022a, 2022b) para o Investing.com.

Focamos apenas em três medidas: *value at risk* (valor em risco); índice de Sharpe (IS); e, medida ômega. Segundo Jorion (1996), o *value at risk* ( $VaR_\alpha$ ) foi proposto como o risco máximo em um nível  $\alpha$  de confiança. A definição de  $VaR_\alpha$  é apresentada na equação (1).

$$VaR_\alpha(X) = \inf\{m | P[X - m > 0] \leq \alpha\} = \inf\{m | P[X - m < 0] \leq 1 - \alpha\} \quad (1)$$

Em que  $X$  é a posição financeira,  $\alpha \in [0,1[$  e  $m \in \mathbb{R}$ .

Para selecionar um investimento, é necessário mensurar seu desempenho em termos de risco-retorno. Apesar de existir na literatura diversas outras propostas, a medida de desempenho desenvolvida por Sharpe (1966), tornou-se a medida de desempenho padrão da metodologia tradicional de análise de investimentos. Esse índice pode ser descrito conforme a equação (2).

$$IS = \frac{\mu_p - r_f}{\sigma_p} \quad (2)$$

A interpretação financeira do IS é que esse indicador mede o excesso de retorno da carteira em relação ao retorno do ativo livre de risco ( $\mu_p - r_f$ ) por unidade de risco, representado pelo desvio-padrão da carteira  $\sigma_p$ . De forma a trabalhar com valores monetários, consideramos que o numerador dessa fração será a média das simulações do resultado do valor presente líquido (VPL) de cada cenário em análise e que o denominador será o desvio-padrão dessas simulações.

Já a medida ômega ( $\Omega$ ), proposta por Keating e Shadwick (2002), tem como característica levar em consideração todos os momentos da distribuição dos retornos e não somente a média e variância, como ocorre com o IS.

Por essa razão, a medida ômega é uma métrica de desempenho universal que pode ser aplicado a qualquer carteira, independentemente da premissa adotada na modelagem dos retornos dos ativos. A medida Ômega indica uma relação dos ganhos em potencial, ponderada pelas perdas em potencial, sendo descrita pela fórmula desenvolvida por Kazemi, Schneeweis e Gupta (2004) na equação (3).

$$\Omega(L) = \frac{E[\max(r_p - L; 0)]}{E[\max(L - r_p; 0)]} \quad (3)$$

Em que  $\Omega(L)$  é a medida ômega de desempenho da carteira;  $L$  é o retorno mínimo requerido da carteira (parâmetro definido pelo investidor); e,  $r_p$  o retorno da carteira. De forma análoga, consideramos que o numerador dessa fração será a média das simulações do resultado de cada cenário de VPL da concessão acima do percentil 95% e que o denominador será a média dos valores simulados que estão abaixo do percentil 5%.

Ressaltamos que o IS, por envolver apenas o primeiro e o segundo momento da distribuição, é mais adequado a distribuições simétricas, enquanto as medidas de risco relacionadas as caudas,  $VaR_\alpha$  e ômega, são mais adequadas para quantificar assimetria. Essa característica é um ponto de atenção, uma vez que a incerteza da demanda (representada por uma distribuição lognormal, como sugerido pela literatura e será explicado detalhadamente na próxima seção) em conjunto com o mecanismo *cap* e *floor* introduzem assimetrias às distribuições do VPL das concessões.

### 3 MODELO

Como é padrão na literatura, consideramos que a principal fonte de incerteza que afeta o retorno da concessão e a decisão de investimento do agente privado é a demanda  $D_t$ , que assumimos seguir um movimento geométrico browniano (MGB), conforme mostrado na equação (4).

$$dD_t = \mu D_t dt + \sigma_D D_t dz_t \quad (4)$$

Em que  $dD_t$  é a mudança incremental na demanda durante o intervalo de tempo  $dt$ ;  $\mu$  representa a taxa de crescimento esperada da demanda;  $\sigma_D$  é a volatilidade da demanda; e  $dz_t = \varepsilon \sqrt{dt}$  representa o incremento padrão de Wiener, em que  $\varepsilon \approx N(0,1)$ .

## TEXTO para DISCUSSÃO

Para modelar essa incerteza, usamos a versão em tempo discreto do MGB. Por meio do processo Itô, definimos a equação (5), que considera períodos anuais discretos.

$$D_{t+1} = D_t e^{\left(\mu - \frac{\sigma_D^2}{2}\right)\Delta t + \sigma_D \varepsilon \sqrt{\Delta t}} \quad (5)$$

Como a receita (R) é função direta da demanda, podemos determiná-la a partir da equação (6).

$$R_t = D_t \times T \times \omega = f(D_t) \quad (6)$$

Em que  $R_t$  são receitas totais no ano  $t$ ;  $D_t$  é a demanda de tráfego no ano  $t$ ;  $T$  representa a tarifa de pedágio, que assumimos constante, e  $\omega$  é o fator multiplicador de veículos equivalentes (FMVE), que é usado para normalizar os dados de tráfego entre automóveis e veículos de carga. O fluxo de caixa é função da receita, dada pela equação (7).

$$F_t = [R_t(1 - \gamma_t) - \delta - \Gamma](1 - \pi) + \delta \quad (7)$$

Em que  $\gamma_t$  representa o índice de custo variável em relação a  $R_t$ ;  $\pi$  corresponde a alíquota de impostos;  $\Gamma$  representa os custos fixos e  $\delta$  é a depreciação, que é uma despesa de capital anual para a manutenção operacional da infraestrutura.

Para calcular o VPL do projeto, aplicamos a equação (8), que considera a abordagem neutra ao risco dado que vamos avaliar as opções reais derivadas do mecanismo de partilha de risco (apresentado em seguida), que alteram a matriz de risco e retorno do projeto.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} - \chi_t \quad (8)$$

Em que  $r$  é a taxa livre de risco e  $\chi_t$  representa o capex realizado a cada ano da concessão. Neste estudo, consideramos que o capex é diluído ao longo dos dez primeiros anos da concessão de forma linear.<sup>12</sup>

Conforme demonstrado por Brandão e Saraiva (2008), o mecanismo de partilha de risco (*cap e floor* ou *collar option*) pode ser modelado como um conjunto de opções europeias com maturidades entre um e  $n$  anos. Devido ao piso, a concessionária

12. Para efeito de análise, o modelo proposto assume a hipótese simplificadora de que os investimentos estabelecidos no PER, correspondem ao capex amortizado linearmente nos dez primeiros anos da concessão. Importante ressaltar que a amortização nas concessões deve ser feita de acordo com o padrão de consumo do benefício econômico gerado, que normalmente se dá em função da curva de demanda, conforme entendimento contábil aplicável às concessões.

detém uma série de opções de venda contra o governo, enquanto o teto fornece ao governo uma série de opções de venda contra a concessionária. Assim, assumimos que, em cada momento  $t$ , existe uma função que relaciona receita e demanda (equação 6) e duas barreiras absorventes (*cap* e *floor*), de mais ou menos 10% em relação à demanda projetada em  $t$  ( $D_t^{Max}$  e  $D_t^{Min}$ ), com compartilhamento de  $\theta\%$ , conforme mostrado na equação (9).<sup>13</sup>

$$R_t^{A*} = \begin{cases} f(D_t^{Max} + \theta \times (D_t - D_t^{Max})), & \text{caso } D_t > D_t^{Max} \\ f(D_t), & \text{caso } D_t^{Min} < D_t < D_t^{Max} \\ f(D_t + (1 - \theta) \times (D_t^{Min} - D_t)), & \text{caso } D_t < D_t^{Min} \end{cases} \quad (9)$$

Em que  $R_t^{A*}$  é a receita ajustada em  $t$ .

Dessa forma, a demanda em termos de Veículos equivalentes (VEQ) ajustada evolui de forma aleatória dentro da banda com a receita ajustada de acordo. Fora dessa banda, há o acionamento das garantias de compartilhamento de uma proporção  $\theta\%$ , seja em favor da concessionária (*floor*) ou do ente público (*cap*), com ajustes na diferença.<sup>14</sup> Com base nesse modelo, realizamos uma aplicação numérica, considerando um projeto hipotético de concessão rodoviária federal de trinta anos usando dados típicos praticados no Brasil, de forma a ilustrar os impactos das garantias nas estruturas de risco e retorno do projeto.

### 3.1 Aplicação numérica

Nesta aplicação numérica, assumimos, um projeto sem qualquer tipo de incentivos ou garantias (bandas de compartilhamento de demanda) como nosso cenário base. Na tabela 1 são apresentados os parâmetros adotados.

13. O modelo apresentado com  $\theta = 50\%$  se assemelha ao modelo proposto no anexo 14 do contrato de concessão da BR-277/373/376/476 e PR-418/423/427. Ressaltamos que barreiras assimétricas ou duplas, com maior compartilhamento de risco concedido pelo poder concedente para mitigação de possíveis eventos negativos (*downside risk*), seja nas receitas, seja nas demandas, podem fornecer incentivos corretos de mitigação de risco numa visão de contratos de incentivos. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/rodovias/novos-projetos-em-rodovias/br-277-373-376-476-pr-e-pr-418-423-427/arquivos-para-download/edital-e-anexos/anexos-contrato-parana-lote-1>.

14. O modelo assume um processo de mitigação de risco de demanda/receita com base em bandas simétricas de  $\theta\%$ . Essas hipóteses podem facilmente ser relaxadas na parametrização, ao fazer  $\theta$  uma função assimétrica.

**TABELA 1**

**Parâmetros e dados baseados em uma típica concessão de rodovia pedagiada no Brasil**

Prazo do contrato ( $n$ )	Trinta anos
Capex <sup>1</sup> ( $\chi$ )	R\$ 300 milhões
Custo fixo ( $\Gamma$ )	R\$ 30 milhões ao ano (a.a.)
Custo variável ( $\gamma$ )	35% das receitas
Imposto de renda ( $\pi$ )	34%
Depreciação ( $\delta$ )	R\$ 10 milhões a.a.
Taxa livre de risco ( $r_f$ )	4,08% a.a.
FMVE	2,2
Tarifa	R\$ 8,20/veículo
Demanda anual inicial, em $t = 0$ ( $D_0$ )	3.650.000 veículos
Taxa de crescimento esperada da demanda ( $\mu$ )	2,00% a.a.
Volatilidade ( $\sigma_D$ )	10,00% a.a.

Elaboração dos autores.

Nota: <sup>1</sup> Consideramos que o capex é realizado linearmente durante os dez primeiros anos da concessão.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Impacto de *cap* e *floor* para a concessionária

Os resultados a seguir apresentam a distribuição do VPL da concessão e respectivas métricas de risco x retorno, com a introdução dos mecanismos de compartilhamento de riscos: bandas absorventes de *caps* e *floors*, a partir de uma variação de  $\pm 10\%$  em relação à demanda média esperada, acionada a partir de certo montante investido de capex.

Para efeito da análise do estudo de caso proposto, apresentamos, o resultado para  $\theta = 0$ , que corresponde ao conceito de barreiras absorventes (*cap* e *floor*). Nesse caso, o risco de demanda acima do valor do *cap* ( $D_t^{Max}$ ) é inteiramente apropriado pelo agente público, e o risco de demanda abaixo do valor do *floor* ( $D_t^{Min}$ ) é inteiramente recompensado pelo agente público à concessionária, assegurando à concessionária realizações de demanda entre as bandas de barreiras absorventes.<sup>15</sup>

15. Variações para  $\theta = 50\%$  como proposto pela ANTT, podem ser facilmente simuladas, mas não serão realizadas neste exercício para efeitos de simplificação e análise das barreiras absorventes (*cap* e *floor*).

O gráfico 1 apresenta o histograma do VPL da concessão para cada modelo proposto. O modelo 0 seria o caso base sem nenhum mecanismo de compartilhamento de risco. O modelo 1 representa o caso de compartilhamento de risco acionado a partir de 90% do capex, ou seja, do ano nove até o final da concessão (ano trinta). No modelo 2, o acionamento do mecanismo de compartilhamento começa a partir de 50% do capex, ou seja, do ano cinco até o final da concessão (ano trinta). No modelo 3, o acionamento começa logo a partir do ano um.

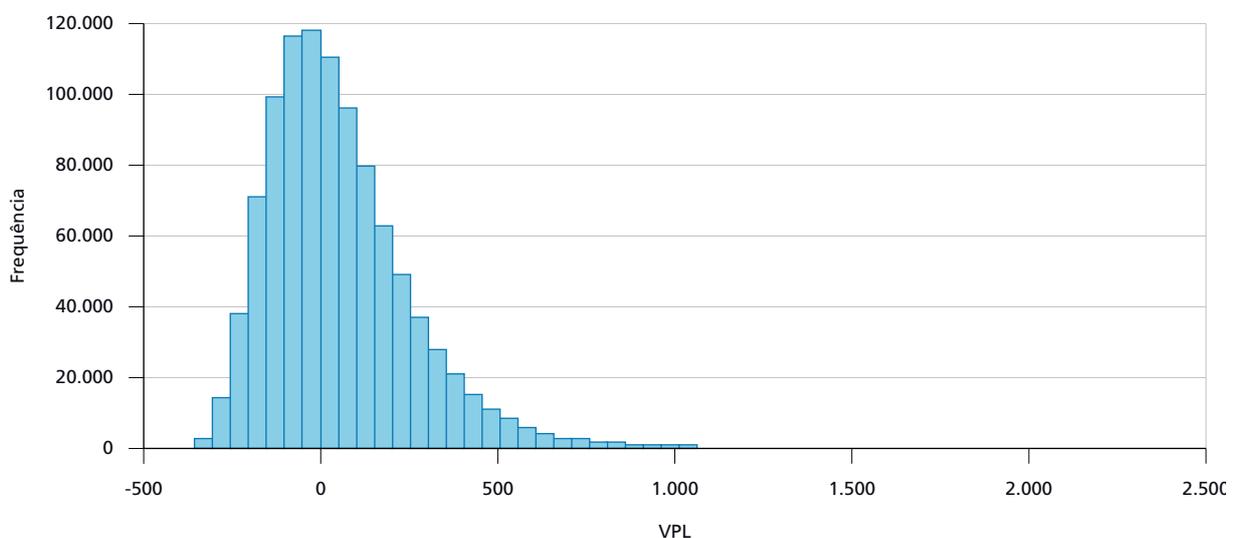
A tabela 2 apresenta uma estatística descritiva do VPL da concessão e respectivas métricas de risco x retorno em função do mecanismo de compartilhamento de risco de demanda adotado.

Quanto mais cedo as garantias forem sendo introduzidas na concessão, flexibilizando sua relação com o desembolso do capex, menos dispersa e mais assimétrica se torna a distribuição do VPL do projeto (concessão) e melhores são as métricas de risco x retorno obtidas (à medida que o  $\omega$  cresce e o  $Var5\%$  diminui). Essa constatação tende a eliminar medidas de riscos simétricas, como as baseadas no primeiro e segundo momento da distribuição (IS e outras), como potenciais candidatas para análise nesse contexto.

## GRÁFICO 1

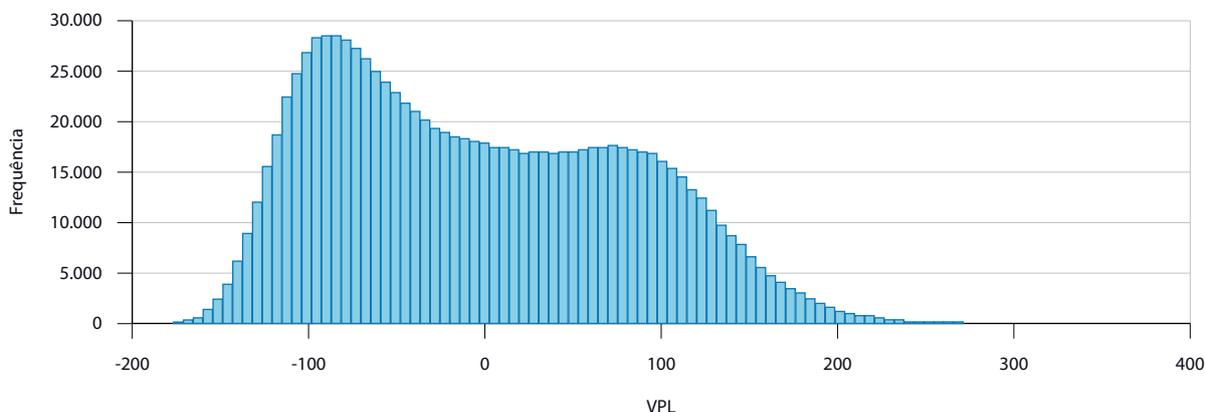
### Impacto do mecanismo *cap* e *floor* no VPL do projeto para a concessionária

#### 1A – Modelo M0

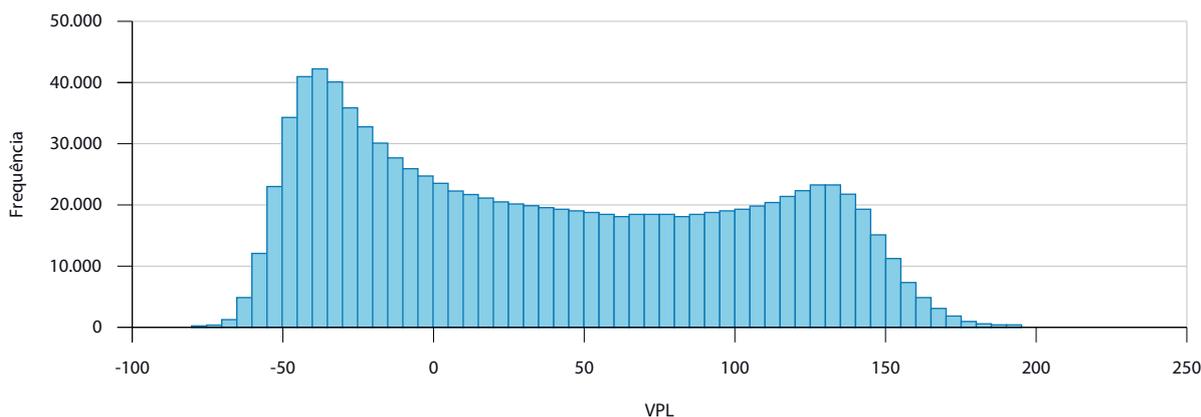


## TEXTO para DISCUSSÃO

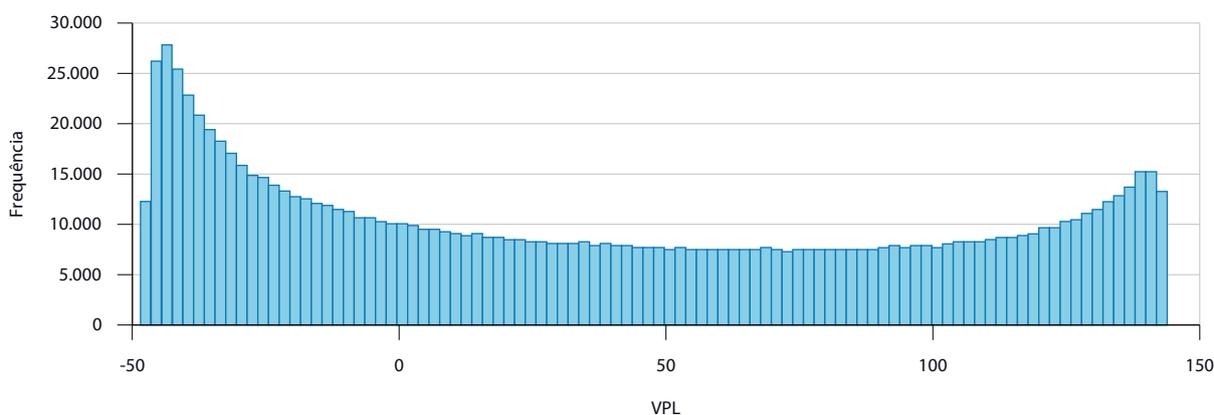
### 2A – Modelo M1



### 2A – Modelo M2



### 2A – Modelo M3



Elaboração dos autores.

Obs.: caso base (modelo M0) – projeto sem garantia; modelo M1 – *cap* e *floor* – do ano nove ao ano trinta (garantias a partir do ano nove, quando 90% do capex é realizado); modelo M2 – *cap* e *floor* – do ano cinco ao ano trinta (garantias a partir do ano cinco, 50% do capex é realizado); e, modelo M3 – *cap* e *floor* – do ano um ao ano trinta (garantias a partir do ano um, quando 10% do capex é realizado).

**TABELA 2**

**Estatística descritiva da distribuição e métricas de risco x retorno sobre a simulação de VPL do projeto para a concessionária**

Modelo	Média (R\$)	Mínimo (R\$)	Máximo (R\$)	Var <sub>5%</sub> (R\$)	Desvio-padrão (R\$)	IS	Ômega	Tarifa (R\$)
M0	50,16	-410,44	2.473,04	-204,64	197,00	0,25	2,38	8,20
M1	38,97	-130,82	401,45	-65,51	76,26	0,51	2,53	8,20
M2	37,63	-79,70	237,59	-48,60	65,14	0,58	2,84	8,20
M3	37,00	-46,03	142,72	-43,16	61,82	0,60	3,13	8,20

Elaboração dos autores.

#### 4.2 Antecipação das garantias e potenciais deságios tarifários

De forma a inferir o potencial deságio tarifário do investidor, decorrente de uma antecipação do gatilho para as garantias, criamos a restrição de que todos os cenários atinjam o mesmo ômega do caso base (modelo M0, sem garantias e, portanto, sem deságios), que é de 2,38.

A tabela 3 apresenta a estatística descritiva dos resultados e mostra o potencial deságio tarifário que poderia ser aplicado em cada cenário. Quanto mais cedo o mecanismo de garantia for inserido na concessão maior será o potencial desconto tarifário (equivale ao prêmio da opção).

Note que o cenário que promove o maior potencial de deságio (cerca de 1,83%) corresponde justamente ao modelo M3 – *cap* e *floor* do ano um ao trinta. O resultado é esperado, no sentido de que é justamente o cenário em que a garantia é introduzida mais cedo, proporcionando melhor distribuição de risco x retorno para a concessão, porém à custa de um maior valor esperado de desembolso pelo poder concedente que será analisado a seguir). Do ponto de vista das métricas de risco x retorno, os modelos, com as respectivas tarifas, são equivalentes para o investidor.

**TABELA 3**

**Deságio tarifário proporcionado pelo *cap* e *floor* a partir de uma restrição do  $\Omega$**

Modelo	Média (R\$)	Mínimo (R\$)	Máximo (R\$)	Desvio-padrão (R\$)	Ômega	Deságio na tarifa (%)	Tarifa (R\$)
M0	50,16	-410,44	2.473,04	197,00	2,38	0,00	8,20
M1	35,09	-139,27	379,93	75,78	2,38	-0,61	8,15
M2	30,06	-89,12	211,81	64,28	2,38	-1,22	8,10
M3	25,71	-55,81	129,49	60,61	2,38	-1,83	8,05

Elaboração dos autores.

O modelo nos permite analisar o *trade-off* entre a antecipação das garantias e respectivos deságios. Nota-se que, independentemente dos valores absolutos, bem próximos, o deságio potencial do modelo 1, de cerca de 0,6%, equivale a um terço do modelo 3, de 1,8% e, portanto, pode-se inferir que, para o projeto considerado, em termos relativos, o modelo 3 supera em grande monta os mecanismos de garantias do modelo 1.

Esse tipo de análise é fundamental para o poder concedente, uma vez que, ao antecipar garantias, melhora a estrutura de retorno e risco do projeto, favorecendo potenciais deságios, ainda que se coloque numa posição de maior risco, como veremos a seguir.

Ressaltamos que o resultado é dependente do projeto e respectivos dados utilizados na aplicação numérica. Enfatizamos também que os deságios podem ser dependentes da métrica de risco x retorno adotada. O uso de outras medidas de risco x retorno como condições para determinação do deságio tarifário e o uso apenas do *floor* como mecanismo de incentivo à participação do agente privado na concessão são apresentados no apêndice deste *Texto para Discussão*.

#### 4.3 Impactos do *cap* e *floor* para o poder concedente

De forma a analisar os impactos dos modelos de antecipação das garantias para o poder concedente, simulamos a distribuição da soma de perdas e ganhos para o governo (SPG). Essa distribuição difere da distribuição do VPL da concessão, uma vez que apenas os valores que ultrapassam as bandas são contabilizados.

Corresponde a distribuição de valores contra as perdas dada à concessionária pelo governo (*floor*) e dos ganhos obtidos pela devolução de receitas ao governo pela concessionária (*cap*). A análise é relevante para o poder concedente, principalmente considerando um contexto de restrição fiscal e de possibilidade de uso do risco de *upside* para outras PPPs não atrativas.

Verificamos que quanto mais cedo o mecanismo garantias for introduzido mais dispersa se torna a distribuição do SPG gerado para o poder concedente e há uma piora das métricas de risco x retorno (situação simétrica à observada na seção anterior sob a ótica da concessão). O racional é direto, uma vez que à medida que mais garantias (seguros) são fornecidas para a melhoria da distribuição de risco e retorno da concessão, potencializando maiores deságios tarifários, há uma piora na distribuição de valores de desembolsos do poder concedente.

A tabela 4 apresenta uma estatística descritiva dessa simulação e as métricas de risco x retorno aplicados ao SPG para o governo à medida que o mecanismo de garantia é inserido na concessão.

**TABELA 4**  
**Estatística descritiva e métricas de risco-retorno sobre a simulação de SPG para o governo**

Modelo	Média (R\$)	Mínimo (R\$)	Máximo (R\$)	VaR <sub>5%</sub> (R\$)	Desvio-padrão (R\$)	IS	Ômega	Tarifa (R\$)
M1	25,97	-678,83	4.987,84	-348,98	285,38	0,091	2,28	8,20
M2	29,05	-782,58	5.169,42	-379,12	327,48	0,089	2,21	8,20
M3	30,51	-846,59	5.216,58	-387,35	358,10	0,085	2,19	8,20

Elaboração dos autores.

A comparação das tabelas 2 e 4 indica que à medida que a concessão melhora suas métricas de risco x retorno, o poder concedente percebe uma piora (a medida ômega e o IS decrescem, enquanto o VaR aumenta a perda). O modelo 3 por exemplo, potencializa maiores deságios na concessão (tabela 3) devido à antecipação das garantias, mas implica em um VaR 5% negativo de 387 (tabela 4).

### 4.3 Fronteira de garantias equivalentes

A ferramenta proposta permite estimar combinações de garantias para que se atinja uma indiferença em termos de risco x retorno para o poder concedente. Dessa forma, podemos sugerir uma fronteira de garantias similares e condizente com a métrica de risco e retorno proposta.

Para exemplificar, analisamos como o poder concedente ficaria indiferente, em termos de risco x retorno, em antecipar a garantia, flexibilizando, por exemplo, o mecanismo de *floor* para um menor valor.

Criamos a restrição de que todos os cenários atinjam o VaR5% do ano nove (modelo M1) que é de R\$ 348,98 (negativo), vislumbrando a possibilidade de redução do *floor* – ou seja, um valor de garantia de piso inferior por parte do governo – e manutenção do *cap*. A tabela 5 apresenta a estatística descritiva dos resultados e mostra a porcentagem de redução do *floor* que poderia ser aplicada em cada cenário, de forma a termos carteiras equivalentes de risco e retorno para o poder concedente.

## TEXTO para DISCUSSÃO

Note que o poder concedente é indiferente à antecipação da garantia para o primeiro ano (modelo M3), caso reduza o *floor* em 3,76%, um valor pequeno e potencialmente viável para os potenciais deságios. Esse tipo de análise proporcionada por métricas de risco x retorno assimétricas permite estimar os impactos para o poder concedente de flexibilizações no mecanismo de compartilhamento de risco, uma vez que maiores incentivos (garantias) representam custos a serem considerados pelo poder concedente.

**TABELA 5**

**Deságio no *floor* e fronteiras de garantias equivalentes para poder concedente**

Modelo	Média (R\$)	Mínimo (R\$)	Máximo (R\$)	VaR <sub>5%</sub> (R\$)	Desvio-padrão (R\$)	Desconto no <i>Floor</i> (%)	Cap (%)	<i>Floor</i> (%)	Tarifa (R\$)
M1	25,97	-678,83	4.987,84	-348,98	285,38	0,00	110,00	90,00	8,20
M2	40,00	-759,77	4.420,29	-348,98	320,88	-2,82	110,00	87,46	8,20
M3	46,12	-796,16	4.515,92	-348,98	324,38	-3,76	110,00	86,61	8,20

Elaboração dos autores.

Outras condições podem ser analisadas, como por exemplo o aumento da porcentagem do *cap* (>110%) e manutenção do *floor* (90%) obedecendo a mesma restrição considerada anteriormente (VaR5% do modelo M1). O impacto para o governo do uso apenas do *floor* como mecanismo de incentivo à participação do agente privado na concessão consta no apêndice deste texto.

## 5 CONCLUSÃO

Este estudo visou apresentar um modelo fundamentado nas opções reais para analisar a inovadora metodologia de compartilhamento de risco de demanda/receita, proposta na Audiência Pública nº 013/2022 da ANTT. A metodologia em questão reformula a distribuição do VPL da concessão, tornando-a mais atrativa e abrindo espaço para potenciais descontos tarifários, interpretáveis como o prêmio da opção.

Contudo, destacou-se que esse mecanismo proposto introduz importantes não linearidades, resultando em uma distribuição assimétrica do VPL, com caudas pesadas para a concessão. Isso sugere que métricas de risco x retorno baseadas em distribuições simétricas, como o IS, devem ser substituídas por métricas de risco que abordem a assimetria, como o ômega e o VaR, que são mais adequadas para a análise.

Ressaltou-se também que, ao estimar o valor esperado da partilha dos riscos de *upside* (*cap*, teto) e *downside* (*floor*, piso) simultaneamente, o modelo é útil tanto para o poder concedente quanto para o investidor privado. Para o poder concedente, o modelo auxilia na compreensão da relação entre compartilhamento de riscos e descontos tarifários potenciais, ajudando nas decisões estratégicas sobre a flexibilização do gatilho para o acionamento do mecanismo de compartilhamento, que depende do percentual de capex investido, assim como das próprias bandas (*caps* e *floors*).

Ademais, essas flexibilizações aumentam a atratividade da concessão e o potencial de desconto tarifário, como também implicam uma expectativa maior de valor a ser suportado pelo poder concedente pela opção da garantia antecipada ou concedida. Isso levanta questões relevantes sobre a fronteira ótima de carteiras eficientes (gatilhos e bandas) com métricas de risco x retorno semelhantes, exigindo do poder concedente uma decisão estratégica sobre a definição dos parâmetros do novo mecanismo, considerando o *trade-off* entre maiores descontos tarifários esperados e maiores desembolsos esperados.

Por outro lado, para o investidor privado, o modelo proposto permite avaliar decisões sobre participação no certame, estimar a atratividade da concessão por meio de medidas de risco adequadas à assimetria da distribuição e calcular o potencial de desconto tarifário máximo no *bid*. A estratégia é condicional à definição dos parâmetros das bandas de demanda/receita (*caps* e *floors*) e ao momento do gatilho para acionamento das garantias. A avaliação do *trade-off* entre o risco negativo (*downside risk*, *floor*) e o risco positivo (*upside risk*, *caps*) é um fator relevante para sua tomada de decisão.

Portanto, acredita-se que este estudo fornece *insights* para a análise de políticas públicas e impactos regulatórios, contribuindo para a literatura sobre aplicações de opções reais, especialmente em relação a mecanismos de compartilhamento de risco e seus efeitos nas decisões de investimento em projetos de infraestrutura. Ressalta-se ainda que o foco principal desta pesquisa não é determinar os níveis ideais de *cap* e *floor*. No entanto, recomendamos esse tópico para pesquisas futuras, pois é algo que permanece inexplorado na literatura existente.

## REFERÊNCIAS

ABDIB – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INFRAESTRUTURA E INDÚSTRIAS DE BASE. **Livro azul da infraestrutura – edição 2022**. São Paulo: ABDIB, 2022. Disponível em: <https://www.abdib.org.br/livro-azul-da-infraestrutura-edicao-2022/>.

ALONSO-CONDE, A. B.; BROWN, C.; ROJO-SUAREZ, J. Public private partnerships: Incentives, risk transfer and real options. **Review of Financial Economics**, v. 16, n. 4, p. 335-349, 2007.

ATTARZADEH, M. *et al.* Options-based negotiation management of PPP–BOT infrastructure projects. **Construction Management and Economics**, v. 35, n. 11-12, p. 676-692, 2017.

BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. **Journal of Political Economy**, v. 81, n. 3, p. 637-654, 1973.

BOWE, M.; LEE, D. L. Project evaluation in the presence of multiple embedded real options: evidence from the Taiwan High-Speed Rail Project. **Journal of Asian Economics**, v. 15, n. 1, p. 71-98, 2004.

BRANDÃO, L. E. *et al.* Government supports in public–private partnership contracts: Metro line 4 of the São Paulo subway system. **Journal of Infrastructure Systems**, v. 18, n. 3, p. 218-225, 2012.

BRANDAO, L. E. T.; SARAIVA, E. The option value of government guarantees in infrastructure projects. **Construction Management and Economics**, v. 26, n. 11, p. 1171-1180, 2008.

BUYUKYORAN, F.; GUNDES, S. Optimized real options-based approach for government guarantees in PPP toll road projects. **Construction Management and Economics**, v. 36, n. 4, p. 203-216, 2018.

CAMPANI, C. H. As Doze Métricas de Risco Mais Importantes em Investimentos – Parte 1. **Investing.com**, 14 nov. 2022a. Disponível em: <https://br.investing.com/analysis/as-doze-metricas-de-risco-mais-importantes-em-investimentos--parte-1-200452684>. Acesso em: 23 jan. 2024.

CAMPANI, C. H. As Doze Métricas de Risco Mais Importantes em Investimentos – Parte 2. **Investing.com**, 28 nov. 2022b. Disponível em: <https://br.investing.com/analysis/as-doze-metricas-de-risco-mais-importantes-em-investimentos--parte-2-200453000>. Acesso em: 23 jan. 2024.

CARBONARA, N.; PELLEGRINO, R. Revenue guarantee in public–private partnerships: a win–win model. **Construction Management and Economics**, v. 36, n. 10, p. 584-598, 2018.

CIP-INFRA – COMITÊ INTERMINISTERIAL DE PLANEJAMENTO DA INFRAESTRUTURA. **Plano Integrado de Longo Prazo da Infraestrutura: 2021-2050**. Brasília: CIP-INFRA, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/comite-interministerial-de-planejamento-da-infraestrutura/relatorio-pilpi-consolidado-20211215-v2-sem-logogf.pdf>. Acesso em: 20 set. 2022.

COSTA, F.; POMPERMAYER, F. **Aplicação da análise por opções reais para o abandono contratual em concessões rodoviárias**: proposição de remédio regulatório sobre o valor da indenização por investimentos não amortizados. Brasília: Ipea, 2024. (Texto para Discussão, n. 2961).

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. **Investment under uncertainty**. Princeton: Princeton University Press, 1994.

GUASCH, J. L. **Granting and renegotiating infrastructure concessions: doing it right**. Nova Iorque: World Bank Publications, 2004.

GUASCH, J. L. *et al.* **The renegotiation of PPP contracts**: An overview of its recent evolution in Latin America. Washington: OECD; International Transport Forum, 2014. (Discussion Paper, n. 18).

HUANG, Y. L.; CHOU, S. P. Valuation of the minimum revenue guarantee and the option to abandon in BOT infrastructure projects. **Construction Management and Economics**, v. 24, n. 4, p. 379-389, 2006.

IYER, K. C.; SAGHEER, M. A real options based traffic risk mitigation model for build-operate-transfer highway projects in India. **Construction Management and Economics**, v. 29, n. 8, p. 771-779, 2011.

JIN, H. *et al.* Determining concession periods and minimum revenue guarantees in public-private-partnership agreements. **European Journal of Operational Research**, v. 291, n. 2, p. 512-524, 2021.

JORION, P. Risk2: Measuring the risk in value at risk. **Financial Analysts Journal**, v. 52, n. 6, p. 47-56, 1996.

KAZEMI, H.; SCHNEEWEIS, T.; GUPTA, B. Omega as a performance measure. **Journal of Performance Measurement**, v. 8, p. 16-25, 2004.

KEATING, C.; SHADWICK, W. F. A universal performance measure. **Journal of Performance Measurement**, v. 6, n. 3, p. 59-84, 2022.

MERTON, R. C. Theory of rational option pricing. **The Bell Journal of Economics and Management Science**, v. 4, n. 1, p. 141-183, 1973.

RAISER, M. *et al.* **Back to planning**: how to close Brazil's infrastructure gap in times of austerity. Washington D. C.: World Bank Group, 2017.

ROCHA ARMADA, M. J.; PEREIRA, P. J.; RODRIGUES, A. Optimal subsidies and guarantees in public-private partnerships. **The European Journal of Finance**, v. 18, n. 5, p. 469-495, 2012.

ROCHA, K.; MARQUES, N. **Incentivos regulatórios para investimentos em infraestrutura – Opções Reais e a Metodologia de Indenização de Ativos**. Brasília: Ipea, 2023. (Texto para Discussão, n. 2838).

ROUHANI, O. M. *et al.* Revenue-risk-sharing approaches for public-private partnership provision of highway facilities. **Case Studies on Transport Policy**, v. 6, n. 4, p. 439-448, 2018.

SILVA FILHO, E.; BORGES, D.; BRAVO, L. **Compartilhamento do risco de demanda em concessões rodoviárias**: experiências dos países emergentes e perspectivas para o Brasil. Brasília: Ipea, 2024. (Texto para Discussão, n. 3003).

SHARPE, W. F. Mutual fund performance. **The Journal of Business**, v. 39, n. 1, p. 119-138, 1966.

SONG, J. *et al.* Early termination compensation under demand uncertainty in public-private partnership projects. **International Journal of Strategic Property Management**, v. 22, n. 6, p. 532-543, 2018.

TRIGEORGIS, L. **Real options**: managerial flexibility and strategy in resource allocation. Cambridge: MIT Press, 1996.

VASUDEVAN, V.; PRAKASH, P.; SAHU, B. Options framework and valuation of highway infrastructure under real and financial uncertainties. **Journal of Infrastructure Systems**, v. 24, n. 3, p. 04018014, 2018.

ZHANG, S. *et al.* Revenue risk allocation mechanism in public-private partnership projects: Swing option approach. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 147, n. 1, p. 04020153, 2021.

## APÊNDICE

**SENSIBILIDADES DO MODELO PROPOSTO****Impacto do *cap* e *floor* para a concessionária****Desconto tarifário e o índice de Sharpe (IS)**

Como ilustração, programou-se o modelo proposto para que a restrição de que todos os cenários atinjam o IS do caso base (modelo M0), que é de 0,25. A tabela A.1 apresenta a estatística descritiva dos resultados e a porcentagem de desconto tarifário que poderia ser aplicado em cada cenário. Note que o cenário que promove o incentivo de compartilhamento de risco por mais tempo (modelo M3 – *cap* e *floor* do ano um ao trinta) segue sendo o que permite maior deságio. Contudo, destacamos que essa restrição promove descontos tarifários menores que a do VaR5%, que foram apresentados no texto.

**TABELA A.1****Deságio tarifário proporcionado pelo *cap* e *floor* a partir de uma restrição do IS**

Modelo	Média (R\$)	Mínimo (R\$)	Máximo (R\$)	Desvio-padrão (R\$)	IS	Deságio na tarifa (%)	Tarifa (R\$)
M0	50,16	-410,44	2.473,04	197,00	0,25	0,00	8,20
M1	20,12	-140,48	367,95	59,89	0,25	-3,05	7,95
M2	17,21	-100,70	199,04	59,76	0,25	-3,29	7,93
M3	14,34	-65,59	116,25	59,48	0,25	-3,66	7,90

Elaboração dos autores.

**Desconto tarifário e a medida VaR**

Como ilustração, programou-se o modelo proposto para que a restrição de que todos os cenários atinjam o VaR5% do caso base (modelo M0), que é de -204,64. A tabela A.2 apresenta uma estatística descritiva dos resultados e mostra a porcentagem de desconto tarifário que poderia ser aplicada em cada cenário.

**TABELA A.2**

**Deságio tarifário proporcionado pelo *cap* e *floor* a partir de uma restrição de VaR<sub>5%</sub>**

Modelo	Média (R\$)	Mínimo (R\$)	Máximo (R\$)	VaR <sub>5%</sub> (R\$)	Desvio-padrão (R\$)	Deságio na tarifa (%)	Tarifa (R\$)
M0	50,16	-410,44	2.473,04	-204,64	197,00	0,00	8,20
M1	-128,96	-254,30	136,51	-204,64	55,59	-27,07	5,98
M2	-143,42	-228,10	-13,14	-204,64	46,07	-29,27	5,80
M3	-151,37	-209,07	-77,87	-204,64	42,95	-30,49	5,70

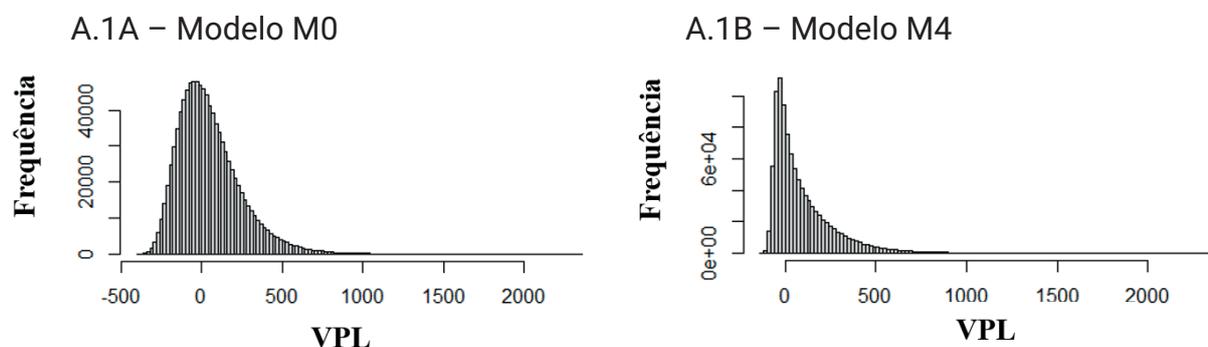
Elaboração dos autores.

### *Upside-risk*: barreira de *floor* e o impacto na concessão

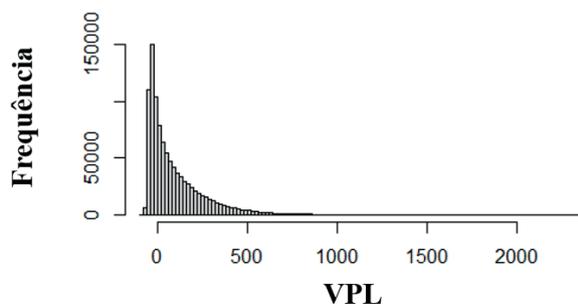
Incorporamos ao modelo uma barreira assimétrica com apenas o efeito do *floor* (piso) no valor do projeto para a concessionária. A figura A.1 apresenta a simulação de Monte Carlo; e a tabela A.3, uma estatística descritiva dessa simulação e as métricas de risco x retorno aplicadas ao valor presente líquido (VPL) do projeto para a concessionária à medida que o mecanismo é inserido na concessão. Os resultados mostram que quanto mais cedo o *floor* é introduzido na concessão menos dispersa se torna a distribuição do VPL do projeto e há uma melhoria nas métricas de risco x retorno. Note que nesse caso, apenas com o piso, a concessionária fica livre para atingir o *upside-risk* de receitas que ultrapassem o limite estabelecido pelo teto que foi extinto. Isso pode beneficiar tanto a concessionária como o governo, ao permitir a incorporação de uma opção para expandir a capacidade da estrada, além de potencializar deságios.

**FIGURA A.1**

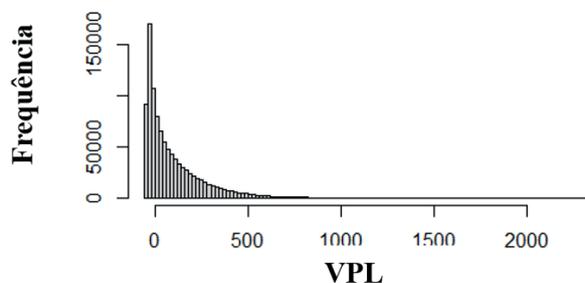
**Impacto do mecanismo *floor* no VPL do projeto para a concessionária**



A.1C – Modelo M5



A.1D – Modelo M6



Elaboração dos autores.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

### TABELA A.5

#### Estatística descritiva e métricas de risco-retorno sobre a simulação de VPL do projeto para a concessionária

Modelo	Média (R\$)	Mínimo (R\$)	Máximo (R\$)	$VaR_{5\%}$ (R\$)	Desvio-padrão (R\$)	IS	Ômega	Tarifa (R\$)
M0	50,00	-393,97	2.348,82	-204,20	197,16	0,25	2,39	8,20
M4	88,57	-129,63	2.348,82	-65,45	164,18	0,54	7,53	8,20
M5	92,20	-82,49	2.348,82	-48,58	161,39	0,57	10,63	8,20
M6	93,42	-46,03	2.348,82	-43,18	160,57	0,58	12,86	8,20

Elaboração dos autores.

Obs.: caso base (modelo M0) – projeto sem garantia; modelo M4 – *floor* – do ano nove ao trinta (*floor* a partir do ano nove, quando 90% das despesas de capital (capital expenditure – capex) é realizado); modelo M5 – *floor* – do ano cinco ao trinta (*floor* a partir do ano cinco, 50% do capex é realizado); e modelo M6 – *floor* – do ano um ao trinta (*floor* a partir do ano um, quando 10% do capex é realizado).

#### *Downside-risk: barreira de floor e o impacto para o poder concedente*

Por fim, analisamos apenas o que o *floor* (piso) pode gerar em termos de passivo contingente (PC) para o governo. Verificamos que quanto mais cedo o *floor* é introduzido na concessão, mais dispersa se torna a distribuição do PC gerada para o agente público e há uma piora das métricas de risco x retorno analisadas nesta pesquisa. A tabela A.6 apresenta uma estatística descritiva dessa simulação e as métricas de risco x retorno aplicados ao PC para o governo à medida que o mecanismo é inserido na concessão.

**TABELA A.6**

**Estatística descritiva e métricas de risco-retorno sobre a simulação de PC para o governo**

Modelo	Média (R\$)	Mínimo (R\$)	Máximo (R\$)	$VaR_{5\%}$ (R\$)	Desvio-padrão (R\$)	IS	Cap (%)	Floor (%)
M4	-89,86	-666,46	0,00	-349,09	119,02	-0,755	110,00	90,00
M5	-98,30	-754,55	0,00	-379,26	129,15	-0,761	110,00	90,00
M6	-101,16	-807,72	0,00	-387,88	132,11	-0,765	110,00	90,00

Elaboração dos autores.

Note que não é possível calcular a medida ômega dado que, nesses cenários, a distribuição dos resultados é limitada em zero, ou seja, não há valores positivos para o governo quando tratamos apenas do incentivo relacionado a garantia de piso. Outro ponto que deve ser considerado é que todos os IS apresentam valores negativos. Isso ocorre porque a média é negativa em todos os cenários.

# Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

## EDITORIAL

### Coordenação

Aeromilson Trajano de Mesquita

### Assistentes da Coordenação

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

### Supervisão

Aline Cristine Torres da Silva Martins

### Revisão

Bruna Oliveira Ranquine da Rocha

Carlos Eduardo Gonçalves de Melo

Crislayne Andrade de Araújo

Elaine Oliveira Couto

Luciana Bastos Dias

Rebeca Raimundo Cardoso dos Santos

Vivian Barros Volotão Santos

Luíza Cardoso Mendes Velasco (estagiária)

### Editoração

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Camila Guimarães Simas

Leonardo Simão Lago Alvite

Mayara Barros da Mota

### Capa

Aline Cristine Torres da Silva Martins

### Projeto Gráfico

Aline Cristine Torres da Silva Martins

*The manuscripts in languages other than Portuguese  
published herein have not been proofread.*

**Missão do Ipea**  
Qualificar a tomada de decisão do Estado e o debate público.



**ipea** Instituto de Pesquisa  
Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DO  
PLANEJAMENTO  
E ORÇAMENTO

