

Rocha, Katia; Marques, Naielly Lopes

Working Paper

Incentivos regulatórios para investimentos em infraestrutura: Opções reais e a metodologia de indenização de ativos

Texto para Discussão, No. 2838

Provided in Cooperation with:

Institute of Applied Economic Research (ipea), Brasília

Suggested Citation: Rocha, Katia; Marques, Naielly Lopes (2023) : Incentivos regulatórios para investimentos em infraestrutura: Opções reais e a metodologia de indenização de ativos, Texto para Discussão, No. 2838, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, <https://doi.org/10.38116/td2838>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/284894>

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

2838

**INCENTIVOS REGULATÓRIOS
PARA INVESTIMENTOS EM
INFRAESTRUTURA – OPÇÕES REAIS
E A METODOLOGIA DE INDENIZAÇÃO
DE ATIVOS**

**KATIA ROCHA
NAIELLY LOPES MARQUES**



**INCENTIVOS REGULATÓRIOS PARA
INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA –
OPÇÕES REAIS E A METODOLOGIA DE
INDENIZAÇÃO DE ATIVOS¹**

KATIA ROCHA²

NAIELLY LOPES MARQUES³

1. 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 (Ipea).

2. Técnica de planejamento e pesquisa na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura (Diset) do Ipea. *E-mail*: <katia.rocha@ipea.gov.br>.

3. Pesquisadora do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) no Ipea. *E-mail*: <naielly.lobes@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 (substituta)
LUCIANA MENDES SANTOS SERVO

Diretor de Desenvolvimento Institucional (substituto)
SÉRGIO VINÍCIUS MARQUES DO VAL CÔRTEZ

**Diretor de Estudos e Políticas do Estado,
das Instituições e da Democracia (substituto)**
BERNARDO ABREU DE MEDEIROS

**Diretor de Estudos e Políticas
Macroeconômicas (substituto)**
FRANCISCO EDUARDO DE LUNA ALMEIDA SANTOS

**Diretor de Estudos e Políticas Regionais,
Urbanas e Ambientais (substituto)**
BOLÍVAR PÊGO FILHO

**Diretor de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação,
Regulação e Infraestrutura (substituto)**
EDISON BENEDITO DA SILVA FILHO

Diretora de Estudos e Políticas Sociais (substituta)
ANA LUIZA MACHADO DE CODES

Diretor de Estudos Internacionais (substituto)
FERNANDO JOSÉ DA SILVA PAIVA RIBEIRO

Coordenador-Geral de Imprensa e Comunicação Social
JOÃO CLÁUDIO GARCIA RODRIGUES LIMA

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>
URL: <http://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** 2023

Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 1990-

ISSN 1415-4765

1. Brasil. 2. Aspectos Econômicos. 3. Aspectos Sociais.
I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 330.908

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos).
Acesse: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

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.

JEL: L51, L9, L98.

DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td2838>

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO	7
2 A LACUNA DE INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA NO BRASIL	10
3 RENEGOCIAÇÕES E CANCELAMENTOS EM PPPs: REFERENCIAL TEÓRICO E ESTATÍSTICAS.....	15
4 OPÇÕES REAIS E INCENTIVOS PARA INVESTIMENTO EM INFRAESTRUTURA	23
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	30
APÊNDICE A	38

SINOPSE

Este estudo explora como o desenho de incentivos regulatórios propostos pelo poder concedente tem potencial de impactar as decisões de investimentos do concessionário na participação no certame, no valor potencial das outorgas e na solicitação de processo de relicitação ou devolução da concessão. Tais incentivos embutem valores contingentes semelhantes ao de uma *opção real*. O modelo proposto analisa a decisão de investimento em uma concessão típica (*call*) e o respectivo impacto da Lei das Relicitações (*put*), sob diferentes metodologias de indenização de investimentos não depreciados ou amortizados (*payoff* de resgate), no comportamento dos investidores. Trata-se de uma opção composta do tipo americana (uma *call* de uma *put*), e se diferencia da maioria dos trabalhos por analisar a decisão de investimento (opção) anterior ao certame. Seu exercício implica receber o ativo e os respectivos fluxos de caixa futuros da concessão com a respectiva opção de devolução, mediante pagamento do Capex (preço de exercício). Os resultados ilustram bem o *trade-off* entre atratividade da concessão e política indenizatória. A adoção de metodologias de indenização que resultam em valores mais elevados – custo histórico ou valor novo de reposição, em detrimento do valor justo de mercado – implica maior atratividade da concessão, maior incentivo na participação no certame e maior potencial de outorgas. Quanto maior a incerteza da demanda, maior a aversão ao risco do investidor – exige uma alta demanda para a decisão de investimento e suporta maior frustração de demanda para a devolução da concessão. Essa dinâmica representa uma região de histerese, usual em modelos de opções reais. Penalidades podem ser incluídas no modelo com o objetivo de desincentivar comportamentos oportunistas de devolução. Os resultados servem de ponto de atenção ao formulador de política pública e regulador, especialmente na estruturação de projetos e na análise de impactos regulatórios de concessões e parcerias público-privadas (PPPs) não atrativas – valor do projeto (VPL) baixo ou com alta incerteza de demanda, justamente onde a metodologia de opções reais produz maior impacto, ao potencializar investimentos. Nesse sentido, sublinhamos que o melhor desenho pode não ser, necessariamente, o que isenta financeiramente a administração pública, mas, sim, o que viabiliza o projeto.

Palavras-chave: concessões e PPPs; lei das relicitações; metodologias de cálculo de indenização de investimentos; opções reais.

ABSTRACT

This study explores how the design of regulatory incentives proposed by the granting authority has the potential to impact the concessionaire's investment decisions regarding participation in the bidding process, the potential value of grants and the request for a re-bidding process or concession devolution. Such incentives intrinsically embody contingent values similar to those of a Real Option. The proposed model analyzes the investment option in a typical concession (*call*), from which we investigate the impacts of the *Lei das Relicitações* and the concession devolution (*put*) under different indemnification methodologies of investments linked to non-depreciated or amortized reversible assets on the behavior of investors (redemption payoff). It is a type of compound option (a *call* of a *put*). The results clearly illustrate the tradeoff between the attractiveness of the concession and compensation policy. The adoption of indemnification methodologies that result in higher values – historical cost or new replacement value, to the detriment of fair market value –

implies greater incentive to participate in the bidding process, greater potential for grants and better attractiveness of the concession itself. The greater the demand uncertainty, the greater the investor's aversion to participating in the event, requiring high demand to commit to investments, and supporting greater demand frustration before the concession devolution – hysteresis region. By including penalties for the exercise of devolution, the proposed model allows analyzing compensation policies to stimulate the attractiveness of concessions and also discuss ways to discourage opportunistic devolution behavior. The results serve as a point of attention for the public policy maker and regulator, especially in the structuring of projects and analysis of regulatory impacts of unattractive concessions and PPPs – low NPV or with high demand uncertainty, precisely where the real options methodology produces greater impact by leveraging investments. We emphasize that the best design may not be the one that exempts the government, but rather the one that makes the project viable.

Keywords: concessions and PPPs; *Lei das Relicitações*; methodologies of calculation on indemnification of investments; real options.

1 INTRODUÇÃO

A infraestrutura inadequada, seja em termos de estoque, seja de qualidade, é atualmente uma das principais barreiras ao crescimento e ao desenvolvimento econômico brasileiro. No Brasil, investimentos públicos e privados em infraestrutura econômica¹ corresponderam, respectivamente, a 0,72% e 1,13% do produto interno bruto (PIB) ao ano (a.a.), em média, na última década, perfazendo um total de 1,85% do PIB a.a. na média.² Tal volume situa-se abaixo da meta, estimada entre 4% e 5%, para um crescimento sustentável, e enseja uma lacuna de no mínimo 2% do PIB a.a.³ Estimativas recentes do Plano Integrado de Longo Prazo da Infraestrutura (Pilpi) projetam a necessidade de investimentos de cerca de R\$ 300 bilhões a.a. até 2050 (CIP-Infra, 2021).

Esse panorama ilustra o senso de urgência do Brasil, que precisa aprimorar a eficiência e a qualidade do investimento público e, ao mesmo tempo, mobilizar o capital privado em escala e ritmo, tendo, portanto, de gerar as condições necessárias para incentivar substancialmente o investimento privado em infraestrutura.

Atualmente, o debate sobre a preservação do investimento público em um ambiente de ajuste fiscal é objeto de grande relevância (Ardanaz *et al.*, 2021), e, dada a limitação fiscal do Estado brasileiro, a participação dos investidores privados aparece como uma importante fonte de recursos de longo prazo para o setor de infraestrutura nas próximas décadas.

O desafio requer ação simultânea em várias frentes, seja no equilíbrio macroeconômico, seja no arcabouço regulatório, seja no planejamento institucional, seja nas políticas de financiamento.

A primeira frente, sobre equilíbrio macroeconômico, é condição básica para crescimento econômico e social de toda economia, afetando principalmente o usuário final, que, em última instância, financia a infraestrutura via tarifas indexadas à inflação.

A segunda frente, sobre arcabouço regulatório, abrange o fortalecimento constante das agências reguladoras, estabilidade regulatória com segurança jurídica, transparência nos reequilíbrios econômicos e financeiros dos contratos, de forma a reforçar os mecanismos de responsabilização das instituições e dos gestores públicos.

1. Na literatura, tal definição abrange os setores de energia elétrica, transportes, água e saneamento e resíduos.

2. Para mais informações, consultar a plataforma Infralatam, disponível em: <<https://bit.ly/3uYtMKk>>; e a página eletrônica The World Bank, disponível em: <<https://bit.ly/3BDZX50>>.

3. Para mais informações, consultar a plataforma Infrastructure Outlook, disponível em: <<https://bit.ly/2Thw2XK>>.

A terceira frente, sobre aprimoramentos no planejamento institucional, reforça o papel das parcerias público-privadas (PPPs) no plano nacional de infraestrutura e no desenvolvimento estratégico nacional de longo prazo, incentivando maior integração dos projetos com as prioridades de investimento do governo.

Finalmente, a quarta frente relaciona-se às estruturas de financiamento dos projetos. Esse recorte abrange melhorias quanto à repactuação de contratos de concessão, com vistas à transferência de controle e continuidade na prestação dos serviços públicos; a criação de mecanismos para o desenvolvimento e a ampliação do mercado de debêntures de infraestrutura; o financiamento pelo modelo *project finance*; o aumento da base de investidores, incluindo questões sobre emissões internacionais e estímulos a investidores institucionais; e o desenvolvimento da infraestrutura como uma classe de ativos financeiros.

Do ponto de vista regulatório, o governo federal, ao longo dos anos, vem se empenhando na consolidação de um arcabouço regulatório propício aos investimentos em infraestrutura com maior segurança jurídica e perseguindo maior eficiência e qualidade na prestação de serviços. Desde 2016, diversas iniciativas importantes foram logradas, como a Lei das Agências Reguladoras, a Lei das Estatais, o Programa de Parcerias de Investimento (PPI), a Lei de Ambiente de Negócios e Liberdade Econômica, o novo marco legal de saneamento, as novas leis do gás, cabotagem, ferrovias, entre outras.

Fazem parte desse pacote a Lei das Relicitações (Lei nº 13.448/2017)⁴ e as respectivas resoluções sobre metodologia de indenização de investimentos vinculados a bens reversíveis

4. A Lei de Concessões (Lei nº 8.987/1995) estabelece que, em cada contrato, conste a respectiva política de reversão de ativos não amortizados em caso de extinção antecipada. Em contrapartida ao processo de caducidade, moroso e de grandes disputas judiciais, com penalizações sobre a continuidade da prestação do serviço e aos usuários finais; a Lei das Relicitações visa dar celeridade a esse processo, com benefícios à continuidade do projeto, aos usuários finais, à administração pública e à empresa prestadora. Trata sobre prorrogação dos contratos (antecipadamente ou na iminência de término do prazo original) e procedimento administrativo de extinção amigável dos contratos, com posterior relicitação. Abrange contratos federais e os setores rodoviário, ferroviário e aeroportuário, bem como serve de diretriz geral para os demais entes federativos e os demais setores. Cabe mencionar que, desde a sua regulamentação, nenhuma relicitação saiu do papel e uma dezena de processos de rodovias e aeroportos ainda aguardam decisão do Tribunal de Contas da União (TCU).

não depreciados ou amortizados.⁵ Tais regramentos visam ao aumento da segurança jurídica e à maior previsibilidade dos investimentos privados em infraestrutura, trazendo mais clareza sobre os procedimentos e as regras de prorrogação e indenização.

Para o formulador de políticas públicas (principal), é fundamental o entendimento de como tais iniciativas impactam e condicionam o comportamento dos concessionários (agentes) em presença de incertezas. Tais dispositivos, bem como as políticas de incentivos, subsídios e garantias dadas aos projetos, afetam a matriz de risco e retorno do projeto e embutem valores contingentes ao projeto – dependem de forma não linear de alguma variável de estado incerta do projeto, como a demanda pelo serviço – semelhantes aos de uma opção real (Dixit e Pindyck, 1994; Trigeorgis, 1996).

Este estudo explora a metodologia de opções reais para explicitar o comportamento do licitante/concessionário em presença de diversos incentivos e regramentos, usuais em uma concessão ou PPP, com objetivo de identificar pontos de atenção e auxiliar o poder concedente na formulação de políticas públicas e análises de impactos regulatórios. Possibilita entender como o desenho de incentivos regulatórios pode impactar as decisões do concessionário, seja na participação no certame, seja no preço potencial das outorgas, seja na decisão de investimento, seja na de devolução da concessão. Tais impactos são mais evidentes em concessões de baixa atratividade, ou seja, de baixo valor do projeto –VPL (fora do dinheiro) ou com alta incerteza de demanda, uma vez que, no Brasil, as rodovias federais mais atrativas já foram concedidas (Brasil, 2022). O desafio atual, portanto, é estabelecer diretrizes para estimular o investimento em concessões não rentáveis nesse setor, como as apresentadas neste trabalho. Nesse sentido, sublinhamos que o melhor desenho pode não ser, necessariamente, o que isenta financeiramente a administração pública, mas, sim, o que viabiliza o projeto.

O modelo proposto segue Armada, Pereira e Rodrigues (2012) e analisa a opção de investimento em uma concessão típica (*call*), a partir do qual são investigados os impactos da Lei das Relicitações (*put*), sob diferentes metodologias de indenização de investimentos vinculados a bens

5. A metodologia para cálculo do valor das indenizações é disciplinada em ato normativo do órgão competente, atribuindo às respectivas agências reguladoras essa competência. Cada agência possui um regramento específico para o cálculo de indenização de ativos. A Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT), por exemplo, se baseia no custo histórico atualizado do ativo (valor contábil); a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), por seu turno, se baseia na metodologia de valor novo de reposição; e a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) realizou em 2021 tomada de subsídios para o processo de elaboração da norma de referência de indenização de ativos para os segmentos de água e esgoto a ser implementada nos estados e municípios. Para mais detalhes sobre todo o arcabouço normativo, sugerimos a consolidação recente feita pela KPMG (2020). A discussão sobre regras de indenização é geral para todos os setores de infraestrutura.

reversíveis não depreciados ou amortizados – custo histórico, valor novo de reposição e valor justo de mercado⁶ –, no comportamento dos investidores. Trata-se de uma opção composta (uma *call* de uma *put*), e se diferencia da maioria dos trabalhos por analisar a decisão de investimento (opção) anterior ao certame. Seu exercício implica receber o ativo da concessão com a respectiva opção de devolução, mediante pagamento do Capex (preço de exercício).

Estamos no início de um ciclo de grandes programas de concessões e PPPs e políticas públicas que estimulem uma maior participação privada, eficiente e dinâmica com o ente público. Setores como saneamento e transportes, que, no Brasil, respondem pelas maiores lacunas de infraestrutura e cuja incidência de renegociações/cancelamentos contratuais permanece elevada em diversos países emergentes, como veremos nas próximas seções, podem ser estimulados a partir da metodologia proposta.

O trabalho se organiza da seguinte forma. A próxima seção apresenta um panorama da lacuna de investimentos em infraestrutura no Brasil, sublinhando a participação privada como importante fonte de recursos nos últimos anos. Na seção 3, apresentamos o referencial teórico sobre renegociações e cancelamentos de contratos no ambiente de PPPs, com estatísticas disponíveis no âmbito global e local. Na seção 4, descrevemos o modelo proposto de opções reais e de como políticas de incentivo, como a Lei das Relicitações e as metodologias de indenização da base de investimentos, modificam o comportamento e as decisões do concessionário, seja na participação do certame, seja no preço potencial das outorgas, seja na decisão de devolução da concessão. Por fim, na seção 5, concluímos e propomos sugestões de pesquisas futuras.

2 A LACUNA DE INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA NO BRASIL

No Brasil, os setores público e privado, juntos, responderam por 1,85% do PIB a.a. (cerca de US\$ 39 bilhões a.a.), na média anual, no período 2008-2020, como ilustra o gráfico 1.

6. De forma reduzida, o modelo valor contábil consiste no cálculo da indenização dos investimentos não amortizados com base nos valores históricos registrados em demonstrativos contábeis; o modelo valor novo de reposição se baseia na estimativa dos custos necessários para a completa reposição do ativo; e o modelo valor justo é determinado por meio de uma avaliação econômico-financeira, realizada na data-base do término antecipado de contrato, por meio do método de fluxo de caixa descontado. Mais detalhes em KPMG (2017; 2020), World Bank Group (2019) e Epec (2013).

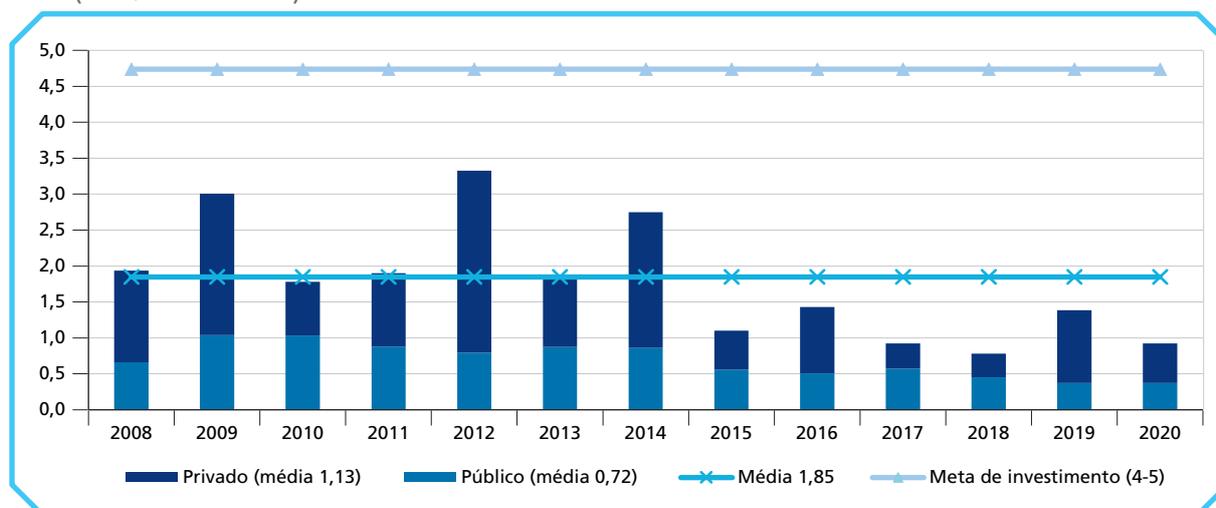
TEXTO para DISCUSSÃO

Tal valor situa-se abaixo do alvo necessário, estimado entre 4% e 5% do PIB a.a.,⁷ e enseja uma lacuna de no mínimo 2% do PIB a.a. (cerca de R\$ 150 a R\$ 200 bilhões a.a. ano).

GRÁFICO 1

Evolução dos investimentos em infraestrutura no Brasil (2008-2020)

(Em % do PIB a.a.)



Fontes: Infratam (disponível em: <<https://bit.ly/3uYtMKk>>); e PPI Database (disponível em: <<https://bit.ly/3BDZX50>>).
 Elaboração das autoras.

Importante observar que o investimento público brasileiro em infraestrutura, na última década, foi de 0,72% do PIB a.a. em média (cerca de US\$ 15 bilhões a.a.), como ilustra o gráfico 2. Tal valor é sistematicamente inferior aos pares comparáveis da América Latina, de acordo com a base Infratam.⁸ Atualmente, o debate sobre a preservação do investimento público em um ambiente de ajuste fiscal é objeto de grande relevância, como ilustra Ardanaz *et al.* (2021).⁹

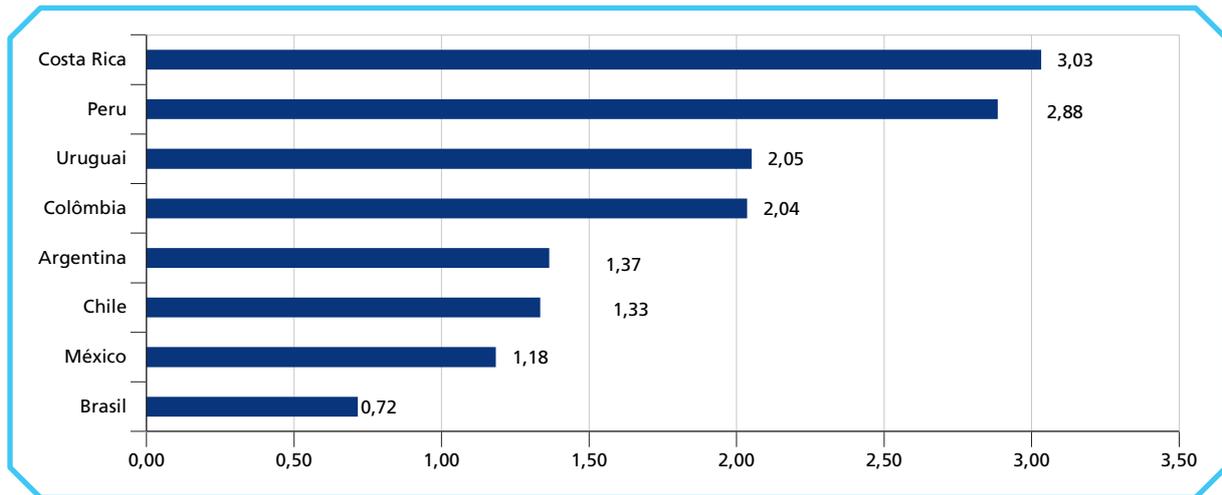
7. As estimativas do Global Infrastructure Outlook apontam para uma necessidade de investimentos no setor de 4,74% do PIB a.a. até 2040 para alcançarmos metas de universalização. Para mais informações, a plataforma Infrastructure Outlook, disponível em: <<https://bit.ly/2Thw2XK>>.

8. Os dados da base compilam o investimento público em infraestrutura econômica em diversos países da América Latina e incluem empresas públicas não financeiras, nos setores de energia elétrica, transporte aéreo, portuário e rodoviário, água e saneamento e telecomunicações, nas esferas federal, estadual e municipal. Para mais informações, consultar a plataforma Infratam, disponível em: <<https://bit.ly/3uYtMKk>>.

9. No estudo, que considera 44 países emergentes e 26 desenvolvidos, em 40 anos, os autores concluem que, quando o investimento público é penalizado em relação aos gastos do governo, um ajuste fiscal de 1% do PIB reduz o produto em 0,7% dentro de três anos após o choque fiscal. Em contrapartida, a proteção do investimento público de cortes orçamentários pode neutralizar os efeitos contracionistas dos ajustes fiscais e estimular o crescimento no médio prazo.

GRÁFICO 2**Investimento público médio em infraestrutura (2008-2019)**

(Em % do PIB a.a.)

Fonte: Infratam. Disponível em: <<https://bit.ly/3uYtMKk>>.

No tocante à participação privada, a tabela 1 ilustra que o Brasil conseguiu se manter entre as três primeiras posições em relação aos pares emergentes de baixa e média renda, segundo dados do Banco Mundial, atraindo cerca de 23% dos investimentos totais de cerca US\$ 1,3 trilhão e 14% dos 4.762 projetos entre 2008 e 2021 (PPI, 2021). Percebe-se que a participação privada está se tornando, gradativamente, protagonista nos investimentos de infraestrutura, em especial após a crise global de 2008, que potencializou a classe de ativos de infraestrutura como uma oportunidade de investimento atrativa e rentável.¹⁰

TABELA 1**Ranking de participação privada em infraestrutura (2008-2021)**

1A – Investimento

País	US\$ 1 bilhão	%
Brasil	310	23
Índia	224	17
China	150	11
Turquia	123	9
México	57	4

(Continua)

10. Estimções presentes em Rocha (2020), por meio de painel de efeito fixo de 18 emergentes, concluem que a importância do ambiente regulatório para a alocação do capital privado em infraestrutura aumentou após a crise financeira de 2008, indicando uma quebra estrutural na dinâmica dos investidores privados em direção a uma melhor qualidade regulatória.

TEXTO para DISCUSSÃO

(Continuação)

País	US\$ 1 bilhão	%
Rússia	57	4
Indonésia	46	3
Colômbia	34	3
Filipinas	29	2
Peru	28	2
Vietnã	23	2
Tailândia	23	2
Paquistão	22	2
Lao	21	2
África do Sul	20	1
Malásia	11	1
Outros	175	13
Total	1.353	100

1B – Projetos

País	Quantidade	%
China	1.109	23
Índia	798	17
Brasil	667	14
Turquia	220	5
México	188	4
Vietnã	117	2
Peru	102	2
África do Sul	93	2
Tailândia	92	2
Filipinas	90	2
Rússia	80	2
Paquistão	73	2
Argentina	67	1
Bulgária	67	1
Indonésia	66	1
Colômbia	65	1
Outros	868	18
Total	4.762	100

Fonte: PPI (2021).

No Brasil, o volume médio de investimentos com participação privada, no período entre 2008 e 2020, correspondeu a cerca de US\$ 18 bilhões a.a. e 50 projetos a.a., como ilustra a tabela 2. Note que o setor elétrico foi responsável por 69% dos projetos, seguido pelo setor de transporte (rodovias, ferrovias, aeroportos e portos), com 13%, e água e saneamento com 12%.

TABELA 2**Participação privada setorial em infraestrutura (2008-2020)**

Setor	Média de projetos por ano	Média de projetos por ano (%)	Investimento médio por ano (US\$ 1 bilhão)	Investimento médio por ano (%)
Eólicas	11	22	2,1	12
Hidro < 500mw	4	8	0,2	1
Biomassa	4	8	0,3	2
Hidro > 500mw	2	4	3,0	17
Solar	2	4	0,3	2
Resíduos	1	3	0,1	1
Diesel	1	2	0,1	1
Gás natural	1	2	0,6	3
Carvão	0	1	0,3	2
Biogás	0	0	0,0	0
Transmissão elétrica	8	15	1,6	9
Água e saneamento	6	12	1,0	6
Rodovias/estradas	3	6	3,1	17
Portos	2	3	0,4	2
Aeroportos	1	3	2,0	11
Ferrovias	1	1	0,6	3
Resíduos sólidos	2	5	0,9	5
Gás natural (transmissão/distribuição)	0	1	1,1	6
Telecomunicações	0	0	0,2	1
Total	50	100	18	100

Fonte: PPI (2021).

O Pilpi consolida essas informações referentes à lacuna de investimentos em infraestrutura, no Brasil, e reconhece a necessidade de implementar um planejamento integrado que aumente a atratividade à participação privada bem como a qualidade do gasto público, de modo a evitar a recorrência de problemas como renegociação e cancelamento de projetos (CIP-Infra, 2021).

3 RENEGOCIAÇÕES E CANCELAMENTOS EM PPPs: REFERENCIAL TEÓRICO E ESTATÍSTICAS

Ocorrências de renegociações são esperadas e, de certa forma, necessárias para o bom funcionamento de concessões e PPPs, dada a natureza incompleta dos contratos e a inviabilidade da previsão *ex-ante* de todas as contingências contratuais que podem afetar o acordo no longo prazo (Guasch *et al.*, 2014; Ribeiro, 2011; 2020; Ribeiro e Pinto, 2019).

Uma alta incidência de renegociações, no entanto, levanta questionamentos sobre a credibilidade do modelo e do respectivo programa de concessão, impactando, até mesmo, o efeito competitivo do leilão, em que o concessionário selecionado passa a ser o “especialista em renegociações”, em vez do operador mais eficiente. Isso incentiva comportamentos oportunistas, com impactos fiscais potenciais nas despesas do governo e na percepção dos agentes econômicos e sociais, resultando em atrasos e/ou reduções nas obrigações de investimentos e/ou aumentos na tarifa. Como consequência, observa-se a diminuição dos benefícios do programa e do bem-estar dos usuários finais.

O referencial teórico sobre determinantes de renegociações a partir de características endógenas e exógenas do contrato e/ou do país e a respectiva associação a um aumento (+) ou a uma redução (–) na probabilidade de renegociações está sintetizado no quadro 1. De forma geral, setores de transporte, água e saneamento apresentam maior incidência de renegociação. Além disso, melhores características institucionais, presença de arcabouço regulatório expressos em lei (em oposição aos expressos apenas nos contratos) e melhores indicadores de qualidade institucional da regulação, do controle de corrupção e do aparato legal do país diminuem a incidência de renegociações. Em contrapartida, maior obrigação de investimentos no contrato (regulação por meios, em oposição à regulação por incentivo+s), maior parcela de risco alocada ao operador, desenhos de menor tarifa em detrimento dos de maior outorga (*lock-in effect*), modelos fortes de incentivos do tipo *price-cap*¹¹ (em especial em países de maior volatilidade macro), maior competição no certame e choques macroeconômicos (recessão e desvalorização cambial) aumentam a incidência de renegociação, em especial após eventos de eleições.

11. Guasch, Laffont e Straub (2008) pontua que as renegociações constantes acabam transformando regulações do tipo *Price cap* de maior incentivo em taxas de retornos, em especial, em países com maior volatilidade como os da América Latina. Sugere reconsiderações sobre sistema de taxa de retorno ou esquemas regulatórios híbridos (um limite e cláusulas de repasse de custos).

QUADRO 1**Determinantes de renegociações de contratos: referencial teórico**

	Determinantes das renegociações	Impactos nas renegociações	Referências
Características institucionais	Maior qualidade regulatória e maior efetividade da governança	Redução	Guasch, Lafont e Straub (2003; 2007; 2008); e Guasch e Straub (2009)
	Maior controle de corrupção e maior aparato legal	Redução	Guasch, Lafont e Straub (2003; 2007; 2008); e Guasch e Straub (2009)
Modelo e desenho da concessão	Setor transporte, água e saneamento	Aumento	Guasch, Lafont e Straub (2003; 2007; 2008)
			Guasch e Straub (2009)
			Guasch (2004)
	Menor tarifa	Aumento	Guasch, Lafont e Straub (2003; 2007; 2008); e Guasch e Straub (2009)
	Maior outorga	Redução	Guasch, Lafont e Straub (2003; 2007; 2008); e Guasch e Straub (2009)
	Investimentos requeridos no contrato (regulação por meios)	Aumento	Guasch (2004); e Guasch, Lafont e Straub (2008)
	Indicadores de <i>performance</i> (regulação de incentivos)	Redução	Guasch (2004); e Guasch, Lafont e Straub (2008)
Arcabouço regulatório	<i>Price cap</i>	Aumento	Guasch, Lafont e Straub (2003; 2008)
			Guasch (2004)
	<i>Rate of return</i>	Redução	Guasch, Lafont e Straub (2003; 2008)
Arcabouço regulatório existente	Redução	Guasch, Lafont e Straub (2003; 2008)	
		Guasch (2004)	

(Continua)

TEXTO para DISCUSSÃO

(Continuação)

	Determinantes das renegociações	Impactos nas renegociações	Referências
Arcabouço regulatório	Arcabouço regulatório na lei	Redução	Guasch, Lafont e Straub (2003; 2008)
			Guasch (2004)
	Arcabouço regulatório no contrato	Aumento	Guasch, Lafont e Straub (2003; 2008)
			Guasch (2004)
Outros	Eleições	Aumento	Guasch, Lafont e Straub (2003; 2007; 2008); e Castro e Silva Neto <i>et al.</i> (2016)
	Garantias governamentais	Aumento	Guasch, Lafont e Straub (2003; 2008)
	Falha na estruturação e modelagem do projeto	Aumento	Guasch (2004)
			Castro e Silva Neto <i>et al.</i> (2016)
Inadequada alocação de riscos	Aumento	Guasch, Lafont e Straub (2003; 2008); e Guasch (2004)	
Ambiente macro	Crescimento do PIB	Redução	Guasch, Lafont e Straub (2003; 2007; 2008); e Guasch e Straub (2009)
	Choque macro	Aumento	Guasch, Lafont e Straub (2003; 2008)

Elaboração das autoras.

As tabelas 3, 4 e 5 apresentam estatísticas disponíveis sobre renegociações no período entre 2005 e 2015.¹² Observa-se que as incidências de renegociações são frequentes, seja no âmbito global (33%), seja, especialmente, na América Latina e Caribe (58%), com predominância do setor de transporte (42%), seguido por água e saneamento (33%). A prevalência de renegociação alcança 20% dos projetos até o quarto ano após a assinatura do contrato.

12. Para mais informações, consultar a plataforma PPP Contract Management, disponível em: <<https://bit.ly/3VWLgCR>>.

TABELA 3
Desagregação de renegociações por região

Região	Projetos	Eventos de renegociação	%
Leste da Ásia	17	2	12
Europa	43	12	28
América Latina e Caribe	43	25	58
Oriente Médio e norte da África	8	1	13
América do Norte	5	2	40
Sul da Ásia	14	5	36
Sudeste da Ásia	8	1	13
Total	146	48	33

Fonte: Global Infrastructure Hub. Disponível em: <<https://bit.ly/3VWLgCR>>.

TABELA 4
Desagregação de renegociações por setores
(Em %)

Setorial	Incidência de renegociação
Transporte	42
Energia	24
Água/saneamento	33

Fonte: Global Infrastructure Hub. Disponível em: <<https://bit.ly/3VWLgCR>>.

TABELA 5
Estatísticas de renegociações
(Em %)

Tempo após assinatura	Prevalência cumulativa
Ano 1	7
Ano 2	10
Ano 3	15
Ano 4	20
Ano 5	22
Ano 6	23
Ano 7	29
Ano 8	32
Ano 9	45
Ano 10	46

Fonte: Global Infrastructure Hub. Disponível em: <<https://bit.ly/3VWLgCR>>.

TEXTO para DISCUSSÃO

Aumentos nos custos de construção e operação, mudanças na regulamentação e na política do governo, além de falhas na estimativa da demanda ou falhas de projeto, foram as causas mais citadas das renegociações, como ilustra a tabela 6.

TABELA 6
Causas de renegociações
(Em %)

Causas da renegociação	Prevalência
Aumentos nos custos de construção	21
Mudanças na política do governo	19
Regulação/mudança na tarifa	16
Aumento dos custos operacionais	9
Erros de estimativa do projeto	9
Erros de estimativa da demanda	7
Outros	19

Fonte: Global Infrastructure Hub. Disponível em: <<https://bit.ly/3VWLgCR>>.

Um desafio para coleta de dados consiste na dificuldade de separação entre uma renegociação usual de outra provocada por mudanças nos termos e nas condições contratuais originais. O quadro 2 esclarece e exemplifica algumas definições.

QUADRO 2
Tipificação de renegociações

Implica renegociação	Exemplos
Mudanças na atribuição da matriz de risco e/ou nas condições do contrato inicial	Redução do nível de serviços (aeroportos).
	Adiar ou adiantar investimentos por vários anos.
	Prorrogação do prazo do contrato.
	Redução das garantias (títulos financeiros).
	Aumento da garantia do governo (pagamento dos credores).
	Atrasos no cronograma de redução de tarifas (pedágios).
	Redução no equilíbrio econômico do contrato.
Mudanças no escopo do projeto (não regulamentado no contrato)	Solicitação de novos investimentos pelo governo.
	Redução de taxas para o governo.
	Evitar a falência da operadora, mudanças no escopo do contrato.

(Continua)

(Continuação)

Implica renegociação	Exemplos
Não implica renegociação	Exemplos
	Reajustes tarifários definidos em contratos (indexados por inflação etc.).
	Gatilhos são ativados e eventuais investimentos tornam-se obrigatórios.
	Pagamentos à operadora se forem regulamentados no contrato.
	Correções de erros no contrato, que não criam obrigações, compromissos ou contingências.

Fonte: Guasch *et al.* (2014).

Caso não logre êxito no processo de renegociação, a concessão pode ser devolvida e o contrato, cancelado. Dados de cancelamento de projetos de PPPs, disponíveis no Banco Mundial para economias de baixa e média renda, são apresentados nas tabelas 7 e 8. Observa-se que a incidência total de término antecipado é de 5,8% do total de projetos, considerando que, na América Latina, esse índice atinge 9,4% e no Brasil, apenas 1,4% no período analisado (2000-2020). Os cancelamentos ocorreram em diversos setores, especialmente no de transporte, com 24,7%, seguido de transmissão e distribuição de gás natural, com 18%, e água e saneamento, com 12,6%.

TABELA 7
Cancelamento de projetos por região (2000-2020)

Região	Projetos cancelados	Total de projetos	Cancelamento (%)
Latin America and the Caribbean (Latam)	369	3.927	9,40
Europe and Central Asia (ECA)	41	1.275	3,20
East Asia and the Pacific (EAP)	104	2.990	3,50
South Asia (SA)	43	1.576	2,70
Sub-Saharan Africa (SSA)	59	664	8,90
Middle East and North Africa (Mena)	7	236	3,00
Brasil	27	1.979	1,40
Total	623	10.668	5,80

Fonte: PPI Database. Disponível em: <<https://bit.ly/3BDZX50>>.

TABELA 8
Cancelamentos de projetos por setor (2000-2020)

Setor	Projetos cancelados	Total de projetos	Cancelamento (%)
Eletricidade	214	5.274	4,10
Rodovias	75	1.292	5,80
Aeroportos	15	227	6,60
Portos	15	647	2,30
Ferrovias	30	302	9,90
Distribuição de água	48	510	9,40
Tratamento de água	32	1.002	3,20
Gás natural (transmissão/distribuição)	135	748	18,00
ICT	59	557	10,60
Resíduos sólidos	0	109	0,00
Total	623	10.668	5,80

Fonte: PPI Database. Disponível em: <<https://bit.ly/3BDZX50>>.

Referente ao Brasil, o quadro 3 apresenta os 16 projetos com *status* de cancelados entre 2000 e 2021, catalogados na base do Banco Mundial entre 2000 e 2021, com respectivo controlador e país de origem.

QUADRO 3
Projetos cancelados no Brasil (2000-2021)

Ano	Nome do projeto	Tipo	Setor	Localidade (estado)	Controlador	País
2001	Eletrobolt Power Plant	Greenfield	Energia	Rio de Janeiro	Enron	Estados Unidos
2001	Fafen Energia	Greenfield	Energia	Bahia	Electricidade de Portugal	Portugal
2001	Fafen Energia	Greenfield	Energia	Bahia	Electricidade de Portugal	Portugal
2002	Juiz de Fora Power Plant	Greenfield	Energia	Minas Gerais	Grupo Energisa	Brasil
2002	Macaé Power Plant	Greenfield	Energia	Rio de Janeiro	El Paso Corporation	Estados Unidos
2002	Parnamirim Power Plant	Greenfield	Energia	Rio Grande do Norte	Collett S.A.	Brasil

(Continua)

(Continuação)

Ano	Nome do projeto	Tipo	Setor	Localidade (estado)	Controlador	País
2002	Termobahia Power Plant	Greenfield	Energia	Bahia	Asea Brown Boveri (ABB)	Suíça
2002	Termoceara	Greenfield	Energia	Ceará	EBX Capital Partners, MDU Resources International	Brasil e Estados Unidos
2003	Maua Sewerage System	Brownfield	Saneamento	São Paulo	Odebrecht S.A.	Brasil
2006	Apertadinho Small Hydro Power Plant	Greenfield	Energia	Rondônia	Companhia Energética Serra da Carioca	Brasil
2011	Cacimbaes Thermal Power Plant	Greenfield	Energia	Espírito Santo	Thermes	Brasil
2011	Escolha Thermal Power Plant	Greenfield	Energia	Espírito Santo	Trana Construcoes Ltda, Thermes	Brasil
2011	Jose de Alencar Thermal Power Plant	Greenfield	Energia	Ceará	Grupo Bertin	Brasil
2011	Maracanau II Thermal Power Plant	Greenfield	Energia	Ceará	Thermes, Grupo Equipav, Grupo Bertin	Brasil
2012	Campinas Viracopos Airport	Brownfield	Aeroporto	São Paulo	Triunfo Participações e Investimentos, Egis Group, UTC Participações S.A.	Brasil
2014	Sao Paulo Metro - Orange Line 6	Greenfield	Ferrovia	São Paulo	Odebrecht S.A., Construtora Queiroz Galvão, UTC Participações S.A.	Brasil

Fonte: PPI Database. Disponível em: <<https://bit.ly/3BDZX50>>.

4 OPÇÕES REAIS E INCENTIVOS PARA INVESTIMENTO EM INFRAESTRUTURA

A metodologia de opções reais surgiu da necessidade de levar em conta a flexibilidade gerencial na avaliação de ativos reais, que não é contemplada por técnicas tradicionais, como o método de fluxo de caixa descontado – FCD (Copeland e Tufano, 2004). Essa nova abordagem adapta os modelos de precificação de opções financeiras seminais desenvolvidos por Black e Scholes (1973) e Merton (1973), permitindo o tratamento do investimento sob incerteza e flexibilidade.

Myers (1977) é creditado como um dos primeiros autores a usar opções reais para determinar o valor de ter flexibilidade e capacidade de investimento no futuro. Esse estudo mostrou que as empresas que têm um alto risco de dívida perderão oportunidades valiosas de investimento, enquanto as empresas que têm baixo risco de dívida poderão aproveitar as oportunidades futuras de investimento. Esse e outros trabalhos pioneiros e seminais constituem as referências clássicas sobre o tema, com aplicações em diversos setores (Tourinho, 1979; Brennan e Schwartz, 1985; Titman, 1985; McDonald e Siegel, 1986; Majd e Pindyck, 1987; Paddock, Siegel e Smith, 1988; Triantis e Hodder, 1990; Dixit e Pindyck, 1994; Trigeorgis, 1996). Desde a década de 1980, diversos trabalhos empíricos abrangem áreas de exploração e produção de recursos naturais (óleo e gás, mineração e florestas), compartilhamento de redes, setores regulados, entre outros. Para uma visão geral de referencial teórico e suas diversas aplicações, recomendamos Schwartz e Trigeorgis (2004).

As opções reais permitiram inferir diversos modelos teóricos de otimização sob incerteza no comportamento do agente, resultando em importantes aplicações na teoria de regulação econômica e de desenho de mecanismos e incentivos nos últimos anos (Alonso-Conde, Brown e Rojo-Suarez, 2007; Soliño, Galera e Colín, 2018; Song *et al.*, 2018). Alguns trabalhos recentes utilizam essa metodologia, visto que ela possibilita melhor compreensão de como políticas de incentivos, subsídios ou regramentos diversos impactam as decisões do concessionário (agente), seja na participação no certame, seja na formação do preço potencial de outorgas, seja, até mesmo, na decisão de devolução da concessão (Rose, 1998; Blank *et al.*, 2016; Brandão e Saraiva, 2008; Cheah e Liu, 2006; Chiara, Garvin e Vecer, 2007; Vassallo, 2006).

Um problema sensível ao poder concedente, com inúmeros impactos negativos tanto aos usuários quanto aos investidores, são as devoluções de contratos, como ilustrado na seção anterior (Huang e Chou, 2006; Colín, Soliño e Galera, 2017; Bowe e Lee, 2004; Huang e Pi, 2014; Rakić e Rađenović, 2014; Scandizzo e Ventura, 2010; Silaghi e Sarkar, 2021).

Neste trabalho, de forma simplificadora, seguimos o padrão da literatura e consideramos a demanda pela capacidade da infraestrutura a única fonte de incerteza (Armada, Pereira e Rodrigues, 2012; Blank *et al.*, 2016; Marques, Bastian-Pinto e Brandão, 2021; Galera e Soliño, 2010; Irwin, 2003). Essa incerteza pode corresponder à demanda de veículos, ao volume de veículos equivalente, ao número de passageiros no aeroporto, ao número de consumidores atendidos, dependendo do setor em questão, o que não modifica a análise.

O modelo proposto segue Armada, Pereira e Rodrigues (2012),¹³ que analisam a decisão de investimento (opção) em uma concessão típica (*call*), a partir da qual analisamos os impactos da Lei das Relicitações (*put*), sob diferentes metodologias de indenização de investimentos vinculados a bens reversíveis não depreciados ou amortizados, no comportamento dos investidores. Cada metodologia de indenização corresponde a um *payoff* (resgate) caso a opção de devolução (*put*) seja exercida. Trata-se, portanto, de uma opção composta do tipo americana perpétua (uma *call* de uma *put*), e se diferencia da maioria dos trabalhos por analisar a decisão de investimento (opção) anterior ao certame. Seu exercício implica receber o valor dos fluxos futuros esperados da concessão com a respectiva opção de devolução, mediante pagamento do Capex (preço de exercício).

Como é usual em modelos teóricos, esses fornecem boa intuição, à custa de hipóteses simplificadoras. O investidor, inicialmente, detém uma opção de investimento (*call*) em uma concessão típica, que apresenta uma opção de devolução (*put*). No exercício da primeira opção de investimento (*call*), o investidor participa do certame com *bid* vencedor. Nesse caso, ele recebe o *payoff*, qual seja, o VPL da concessão, que corresponde ao fluxo de caixa futuro descontado (incerto, uma vez que depende da demanda), mediante desembolso total do Capex (preço de exercício da *call*). Após esse primeiro exercício, o investidor adquire a concessão, isto é, ativo que gera fluxos de caixa futuros, com uma opção de abandono/devolução (*put*), que pode ser exercida a qualquer instante. É possível incluir penalidades pela devolução. No exercício da segunda opção (*put*), o investidor devolve a concessão e recebe a respectiva indenização – admitida como uma função do Capex. Metodologias de indenização de valor histórico/contábil correspondem, *grosso modo*, a uma maior proporção do Capex devolvido, enquanto metodologias de valor justo de mercado, a uma proporção menor do Capex. No limite do valor de mercado, o *payoff* da *put* é zero, uma vez

13. Esse modelo foi apresentado inicialmente em Dixit e Pindyck (1994).

TEXTO para DISCUSSÃO

que se devolve a concessão pelo seu valor contingente naquele estado. Indenizações intermediárias correspondem a metodologias do tipo valor novo de reposição.^{14,15}

Os momentos ótimos de exercício tanto da *call* quanto da *put* são calculados pelo modelo e dependem da demanda (variável estocástica) bem como de processos de otimização (condições de contorno de primeira e segunda ordem). Para demandas superiores a um valor de gatilho QI^* (calculado), a *call* é exercida; e, para demandas inferiores a um valor de gatilho QA^* (calculado), a *put* é exercida, em que $QI^* > QA^*$.

O modelo geral detalhado é apresentado no apêndice A, com as respectivas soluções para metodologias de indenização pelo valor histórico/contábil, valor novo de reposição e valor justo de mercado/*fair value*.

O valor do projeto/concessão $V(Q)$ com opção de devolução/indenização (*put*) é dado pela equação (1) – equação (A.17) no apêndice A, enquanto que o valor da opção de investimento $F(Q)$ no projeto/concessão (*call*) é dado pela equação (2) – equação (A.25) no apêndice A.

$$V(Q) = \begin{cases} \theta K - M; Q \leq Q_A^* \\ B_2 Q^{\beta_2} + \frac{RQ}{\delta}; Q > Q_A^* \end{cases} \quad (1)$$

14. Nada impede que a indenização assuma valores maiores que o Capex, como nos casos de encampação, em que o poder público extingue unilateralmente o contrato de forma antecipada e procede à indenização. A encampação (evento discricionário e incerto) não cabe na análise pela ótica do agente investidor, uma vez que esse não pode decidir devolver a concessão e receber a encampação. A decisão de encampação não é do investidor, mas, sim, do poder concedente; ou seja, a flexibilidade gerencial, ou a opção dessa decisão, não é do agente privado. Para sua modelagem, pode-se pensar em incluir uma variável de eventos discretos, do tipo *poisson*, no modelo.

15. Neste trabalho, não tratamos da discussão teórica de regulação por incentivos, que evidencia as fragilidades da metodologia de indenização pelo valor histórico/contábil. Apesar de essa metodologia poder causar incentivos perversos, como a participação de licitantes sem capacidade de gestão, estamos considerando somente o comportamento do agente, dadas as opções de devolução e resgate (indenização). Ainda, nossos resultados mostram que as regras de indenização por valor contábil tendem a gerar maior valor para o contrato e, conseqüentemente, torná-lo mais atrativo a um maior número de licitantes. Essa conclusão, contudo, nos permite questionar se isso pode provocar algum viés para cada tipo de licitante. Uma forma de tratar esse possível viés seria mediante a aplicação de modelos de *option games*, ou jogos sequenciais, que permitem considerar os perfis e as características de diferentes investidores, não contemplado neste estudo.

$$F(Q) = \begin{cases} H_1 Q^{\beta_1}; Q < Q_I^* \\ B_2 Q^{\beta_2} + \frac{RQ}{\delta} - K; Q \geq Q_I^* \end{cases} \quad (2)$$

O gráfico 3 ilustra o comportamento do investidor *vis à vis* diferentes políticas de indenização (θ) em um projeto inicial de VPL zero (caso-base exemplificando uma concessão não atrativa *a priori*).¹⁶ O valor da outorga (opção de investimento na concessão – *call*) depende da demanda incerta Q (eixo y). Existe uma demanda Q_I^* (gatilho de exercício da *call*), a partir da qual é ótimo a participação no certame e investimento imediato na concessão, e uma demanda Q_A^* (gatilho de exercício da *put*), a partir da qual a concessão é devolvida pelo respectivo valor de indenização (função do Capex K). A decisão sobre metodologias de cálculo da indenização, portanto, impacta o comportamento do investidor, seja por meio da participação no certame, seja no valor potencial da outorga/*bid*, seja na decisão de devolução da concessão. A indenização θ pode assumir valores entre 0% (limite típico da indenização do tipo valor de mercado/*fair value*) e 100% (limite típico da indenização do tipo contábil/histórico).¹⁷ Pontos intermediários correspondem a valor novo de reposição.

A curva azul representa o gatilho ótimo de investimento (Q_I^*), enquanto a vermelha indica gatilho ótimo para devolução da concessão (Q_A^*). Quanto maior a política de indenização (eixo x , representado por θ), maior será o incentivo para a participação no certame (curva azul decresce com θ), à custa de maior probabilidade de devolução¹⁸ no caso de uma frustração de demanda (a curva vermelha cresce com θ).

Dessa forma, observamos um *trade-off* entre atratividade da concessão e política indenizatória. Maiores incentivos de indenização (valor histórico/contábil ou novo de reposição), mais atrativo o valor da concessão e, por conseguinte, maior o número potencial de licitantes (competição) e valores de outorgas (especialmente para concessões não atrativas ou *fora do dinheiro*). Esse incentivo é alcançado à custa de maior probabilidade de devolução em caso de uma frustração de demanda.

16. Parâmetros adotados, detalhados no apêndice A, são: $R = 1$; $Q = 5$; $K = 100$; $\sigma = 20\%$; $r = \delta = 5\%$; e $M = 0$.

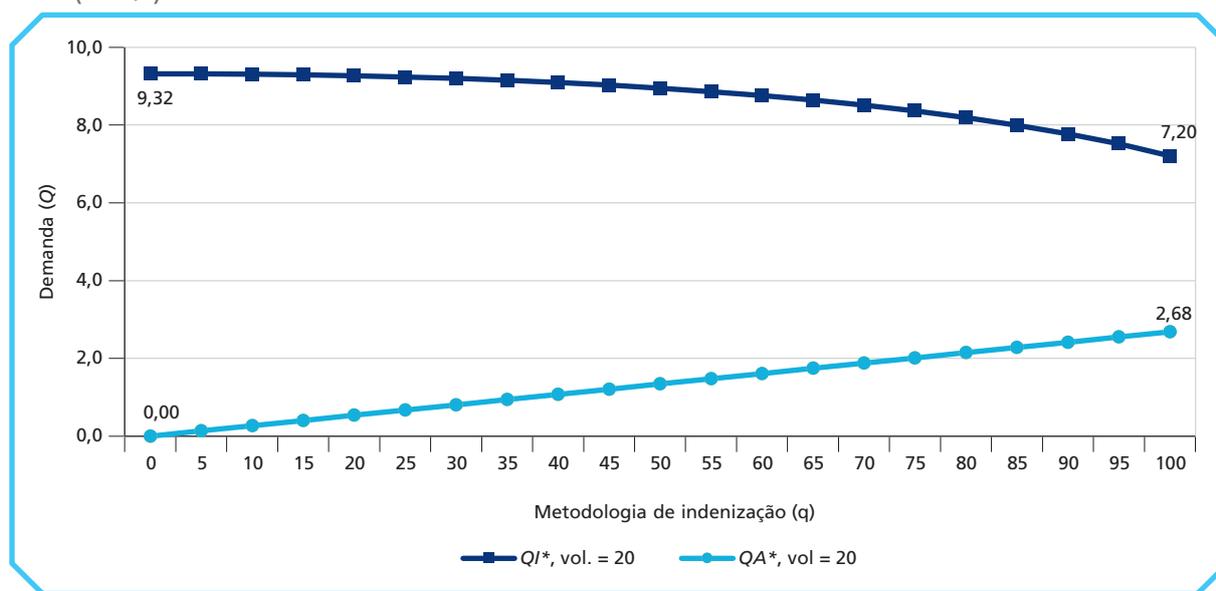
17. Ver nota de rodapé 11, sobre cenários de $>100\%$.

18. A probabilidade de devolução (ou a probabilidade de exercício da *put*) pode ser calculada por meio da distribuição *hitting time*. Quanto mais deslocada a curva de gatilho de devolução para cima, maior a densidade de eventos simulados de devolução. Para mais detalhes sobre o conceito de tempo de parada ou tempo do primeiro toque (*first hitting time*), sugerimos Karlin e Taylor (1975).

TEXTO para DISCUSSÃO

GRÁFICO 3

Gatilhos de investimento QI^* e devolução QA^* versus metodologias de indenização (θ)
(Em %)



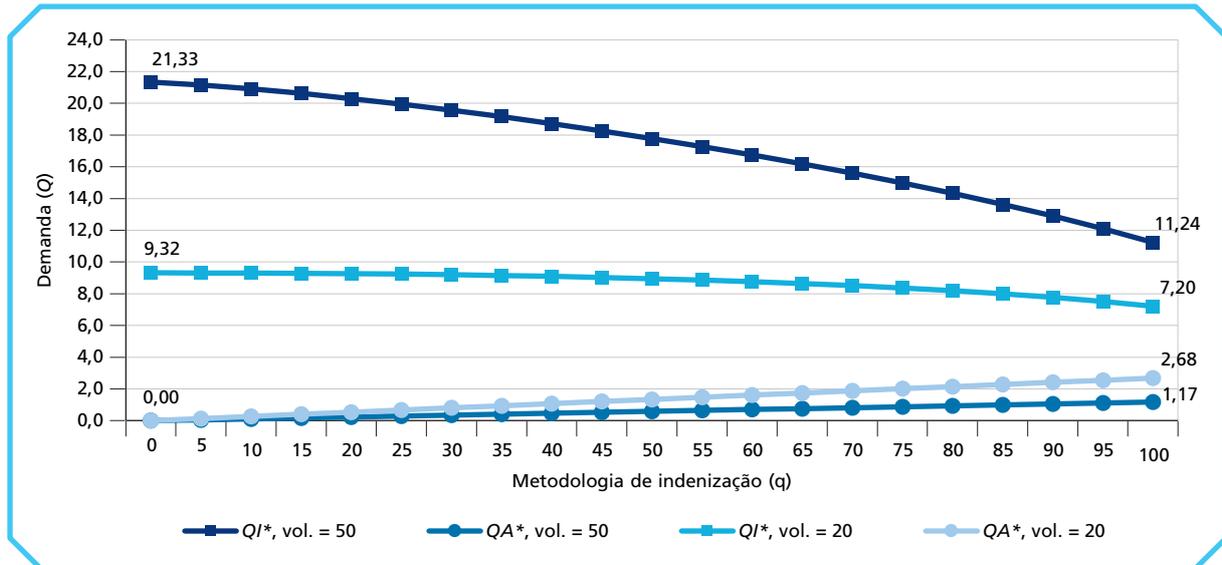
Elaboração das autoras.

Para uma política de indenização de valor de mercado/*fair value* (θ tendendo a zero), o investidor exige uma demanda extremamente alta (no exemplo, $Q = 9,32$) para participar do certame, que pode não se viabilizar no contexto de concessões de baixo VPL ou fora do dinheiro. Movendo-se no eixo horizontal para uma política de maior indenização – valor novo de reposição ou custo histórico (θ tendendo à unidade), a atratividade da concessão aumenta (o investimento é ótimo a partir de uma demanda mais baixa, $Q = 7,20$). A contrapartida é o aumento da probabilidade de devolução ($Q = 2,68$ aproximadamente).

O gráfico 4 analisa o impacto da incerteza da demanda (volatilidade, σ) nas curvas de gatilho QI^* e QA^* para casos de volatilidade (σ) 20% e 50% (maior incerteza). Observamos que um aumento na volatilidade desloca a curva de investimento QI^* para cima e a de devolução QA^* para baixo. Evidencia, portanto, uma maior área de histerese, o que indica uma aversão maior tanto para se comprometer inicialmente com os investimentos quanto para sua devolução.

GRÁFICO 4**Gatilhos de investimento QI^* e devolução QA^* versus metodologias de indenização (θ) e volatilidades**

(Em %)



Elaboração das autoras.

O gráfico 5 acrescenta ao modelo uma variável de penalidade/multa pela devolução ($M = 40$). Note que, ao adicionar a penalidade, deslocamos para baixo a curva de gatilho de devolução QA^* , fazendo que o investidor postergue mais para exercer a devolução (ilustrando, novamente, o efeito da histerese característico em opções reais). Em contrapartida, a curva de gatilho de investimento QI^* é deslocada para cima, fazendo que o investidor fique também mais avesso para se comprometer com o investimento inicial.

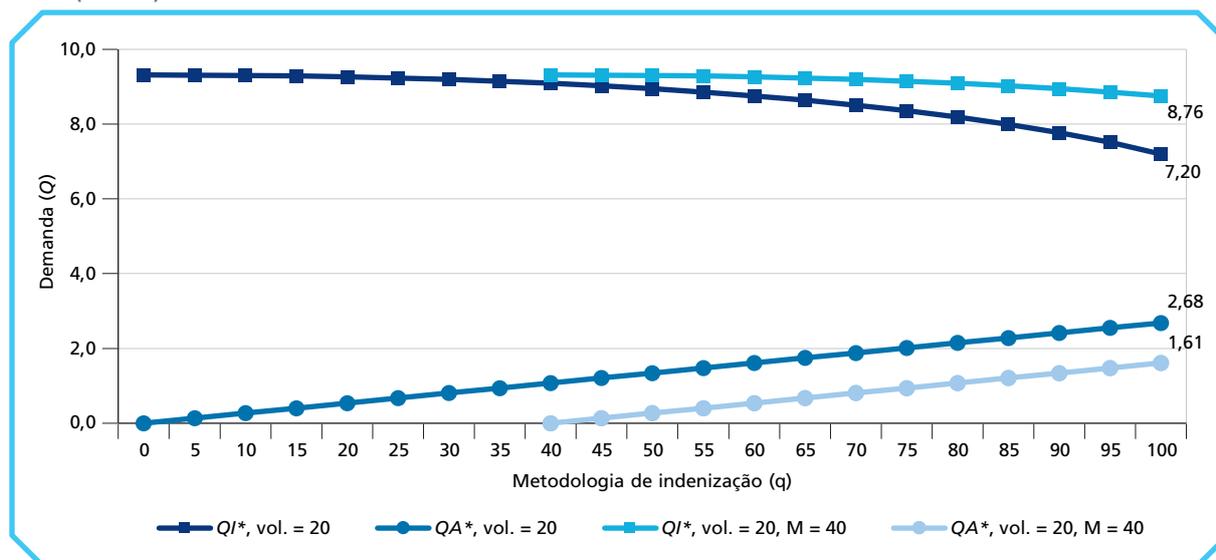
De forma resumida, o formulador de políticas públicas dispõe de instrumentos que modificam o comportamento do agente. Pode adotar metodologias de indenização que resultam em valores indenizatórios mais elevados (custo histórico ou valor novo de reposição, em detrimento do valor justo de mercado), que implicam maior VPL da concessão, maior incentivo para a participação no certame, maior potencial de outorgas, ou embutir penalidades, de forma a desincentivar comportamentos oportunistas no exercício da opção de devolução da concessão.

É importante analisar a atratividade da concessão $V(Q)$, e potenciais outorgas $F(Q)$, com a metodologia de indenização (θ). O gráfico 6 ilustra que, para qualquer demanda (Q), uma política de maior indenização leva a um aumento no valor da concessão e das respectivas outorgas, que deve ser levado em consideração como um instrumento de incentivo, especialmente para concessões não atrativas e fora do dinheiro.

TEXTO para DISCUSSÃO

GRÁFICO 5

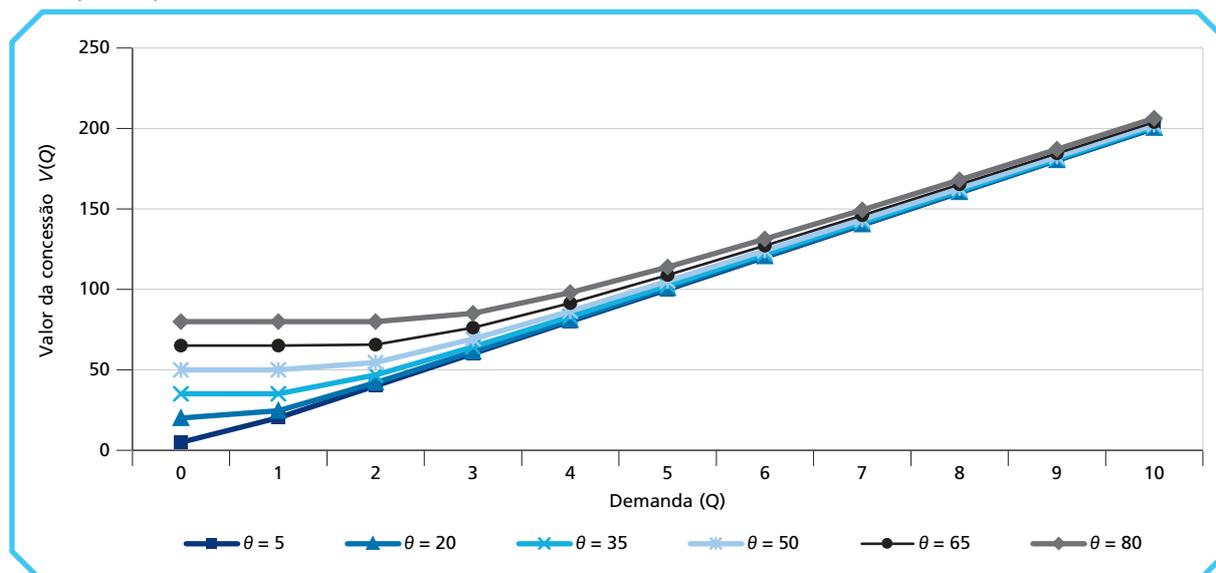
Gatilhos de investimento QI^* e devolução QA^* versus metodologias de indenização (θ) e penalidades para devoluções (Em %)



Elaboração das autoras.

GRÁFICO 6

Efeito da política de indenização (θ) no valor da concessão $V(Q)$ (Em %)



Elaboração das autoras.

Por fim, esclarecemos um último ponto de atenção sobre incentivos em contratos de concessão. Alguns argumentos ponderam que, no limite, uma estratégia possível seria o poder concedente

contratar uma obra de engenharia (construção) e administrar ou conceder sua administração. Pela teoria das opções, mesmo considerando tal estratégia, o poder concedente, além do custo do investimento (obra), estaria incorrendo em um custo extra, equivalente ao valor da opção de investimento (conforme calculado neste estudo), fazendo que o efeito financeiro esperado seja semelhante (mas não a distribuição de riscos). Armada, Pereira e Rodrigues (2012) argumentam que tal estratégia apresenta os mesmos custos líquidos envolvidos, especialmente no caso de uma frustração de demanda (em que a opção de devolução é exercida), o que, na prática, seria uma explicação para essa estratégia não ser usualmente adotada em concessões e PPPs.¹⁹

We have to remember that the net cost of the incentive structure is always the value of the option to defer. It would cost the same for the government to pay only the investment cost to the firm, so it builds the infrastructure that would be owned by the government, or to give this type of incentive structure, even if the firm abandons immediately after the construction, which is assumed here to be instantaneous. The rescue fraction required for certain demand levels is so high that, although the cost is the same as that for the previous incentive arrangements, it can explain why this is not common in PPP arrangements.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Como recomendações estruturais para diminuir a incidência de renegociações recorrentes, em especial nos setores de transporte e saneamento, em mercados emergentes, segundo Guasch, Laffont e Straub (2008), está a ênfase sobre o papel da qualidade regulatória e das instituições adequadas como um filtro dissuasor de renegociações oportunistas. Medidas que reduzam a probabilidade de renegociação, por meio de avanços na qualidade regulatória e no ambiente institucional, melhorando a previsibilidade e a alocação da matriz de retorno e risco, aumentando governança e segurança jurídica, devem ser consideradas.

Modelos regulatórios híbridos de *price-cap* e taxas de retorno (um limite e cláusulas de repasse de custos), por exemplo, podem ser efetivos para diminuir a incidência de renegociações, em especial em ambientes macroeconômicos desfavoráveis. Além disso, modelos de leilão híbrido ou de maior outorga, em detrimento de menor tarifa (associados a lances oportunistas), também podem ser boas opções para reduzir a quantidade de renegociações.

19. Adicionalmente, é oportuno lembrar que uma das principais razões da existência das concessões é justamente a dificuldade operacional de entes estatais no tocante à realização de investimentos com qualidade, preço e prazo esperados, como pontua Ribeiro (2015).

TEXTO para **DISCUSSÃO**

O ciclo político e os choques macroeconômicos também são determinantes e altamente significativos para a renegociação. Logo, incorporar aos contratos cláusulas de contingência e gatilhos bem como explicitar a matriz de risco aos agentes podem contribuir para a diminuição de renegociações. Além disso, a literatura recomenda a sinalização de política de não renegociação, de forma a dissuadir lances e comportamentos oportunistas, salvo ocorrências exógenas expressas na matriz de risco do contrato.

Este estudo explora como o desenho de incentivos regulatórios propostos pelo poder concedente tem potencial de impactar as decisões de investimento do concessionário na participação no certame, no valor potencial das outorgas e na solicitação de processo de relicitação ou devolução da concessão. Tais incentivos embutem, intrinsecamente, valores contingentes ao projeto semelhantes ao de uma *opção real*.

O modelo proposto analisa a opção de investimento em uma concessão típica (*call*) e o respectivo impacto da Lei das Relicitações (*put*), sob diferentes metodologias de indenização de investimentos não depreciados ou amortizados (*payoff* de resgate), no comportamento dos investidores. Cada metodologia de indenização – custo histórico, valor novo de reposição e valor de mercado – corresponde a um *payoff* caso a opção de devolução (*put*) seja exercida. Trata-se de uma opção composta do tipo americana (uma *call* de uma *put*), e se diferencia da maioria dos trabalhos por analisar a decisão de investimento (opção) anterior ao certame. Seu exercício implica receber o ativo e os respectivos fluxos de caixa futuros da concessão com a respectiva opção de devolução, mediante pagamento do Capex (preço de exercício).

Os resultados ilustram bem o *trade-off* entre atratividade da concessão e política indenizatória. A adoção de metodologias de indenização que resultam em valores mais elevados – custo histórico ou valor novo de reposição, em detrimento do valor justo de mercado – implica maior atratividade da concessão, maior incentivo na participação no certame e maior potencial de outorgas.

Quanto maior a incerteza da demanda, maior a aversão ao risco do investidor – exige uma alta demanda para a decisão de investimento e suporta maior frustração de demanda para a devolução da concessão. Essa dinâmica representa uma região de histerese, usual em modelos de opções reais. Penalidades podem ser incluídas no modelo com o objetivo de desincentivar comportamentos oportunistas de devolução.

Os resultados servem de ponto de atenção ao formulador de política pública e regulador, especialmente na estruturação de projetos e na análise de impactos regulatórios de concessões e PPPs não atrativas – VPL baixo ou com alta incerteza de demanda, justamente onde a metodologia de opções reais produz maior impacto, ao potencializar investimentos. No Brasil, as rodovias

federais mais atrativas já foram concedidas; nesse sentido, sublinhamos que o melhor desenho pode não ser, necessariamente, o que isenta financeiramente a administração pública, mas, sim, o que viabiliza o projeto.

Como sugestões para trabalhos futuros, recomendamos a análise de incentivos de compartilhamento de riscos, como a garantia de demanda mínima (GDM) ou a garantia de receita mínima (GRM), de forma a estimular a atratividade da concessão/PPPs (em especial naquelas de baixo VPL), minimizando sua probabilidade de devolução. por meio desses incentivos, o poder público se compromete a indenizar a concessionária caso a demanda/receita fique abaixo de um nível pré-estabelecido. Tais subsídios têm sido estudados e usados como mecanismos de mitigação de risco para viabilizar os investimentos em infraestrutura em diversos países, como Brasil – linha 4 do metrô de São Paulo, linha amarela (Brandão *et al.*, 2012), e ponte Salvador-Ilha de Itaparica (Sant’Anna *et al.*, 2022) –; China, Shuiguan Expressway (Song *et al.*, 2018) –; e Estados Unidos, Rodovia Capital Beltway (Liang e Ashuri, 2020) e, no Texas, Rodovia César Chávez (Aldrete, Bujanda e Valdez, 2012).

REFERÊNCIAS

- ALDRETE, R.; BUJANDA, A.; VALDEZ, G. A. Valuing public-sector revenue risk exposure in transportation public-private partnerships. **Transportation Research Record**, v. 2297, n. 1, p. 88-96, 2012.
- 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.
- ARDANAZ, M. *et al.* **Output effects of fiscal consolidations**: does spending composition matter? Washington, D.C.: IDB, 2021. (IDB Working Paper, n. 11857).
- ARMADA, M. J. R.; 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.
- BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. **Journal of Political Economy**, v. 81, p. 637-659, 1973.
- BLANK, F. F. *et al.* Economic valuation of a toll road concession with traffic guarantees and the abandonment option. **Production**, v. 26, n. 1, p. 39-53, 2016.
- 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. T.; SARAIVA, E. C. G. The option value of government guarantees in infrastructure projects. **Construction Management and Economics**, v. 26, n. 11, p. 1171-1180, 2008.

BRANDÃO, L. E. T. *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.

BRASIL. Ministério da Economia. **Nota Técnica SEI nº 3.046/2022/ME**. Brasília: SEI/ Ministério da Economia, 2022. Disponível em: <<https://bit.ly/3hvbw8i>>.

BRENNAN, M. J.; SCHWARTZ, E. S. Evaluating natural resource investments. **Journal of Business**, p. 135-157, 1985.

CASTRO E SILVA NETO, D. de. *et al.* Bibliometric analysis of PPP and PFI literature: overview of 25 years of research. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 142, n. 10, 2016.

CHEAH, C. Y. J.; LIU, J. Valuing governmental support in infrastructure projects as real options using Monte Carlo simulation. **Construction Management and Economics**, v. 24, n. 5, p. 545-554, 2006.

CHIARA, N.; GARVIN, M. J.; VECER, J. Valuing simple multiple-exercise real options in infrastructure projects. **Journal of Infrastructure Systems**, v. 13, n. 2, p. 97-104, 2007.

CIP-INFRA – COMITÊ INTERMINISTERIAL DE PLANEJAMENTO DA INFRAESTRUTURA. **Plano Integrado de Longo Prazo da Infraestrutura: 2021-2050**. Brasília: SE/PR, 2021. Disponível em: <<https://bit.ly/3FVjVeR>>.

COLÍN, F. C.; SOLIÑO, A. S.; GALERA, A. L. L. Default and abandonment option in motorway concessions. **Journal of Infrastructure Systems**, v. 23, n. 1, 2017.

COPELAND, T.; TUFANO, P. A real-world way to manage real options. **Harvard Business Review**, v. 82, n. 3, p. 90-99, 2004.

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

EPEC – EUROPEAN PPP EXPERTISE CENTRE. **Termination and force majeure provisions in PPP contracts: Review of current European practice and guidance**. European Union: Epec, Mar. 2013.

GALERA, A. L. L.; SOLIÑO, A. S. A real option approach for the valuation of highway concessions. **Transportation Science**, v. 44, n. 3, p. 416-427, 2010.

GUASCH, J. L. **Granting and renegotiating infrastructure concessions**: doing it right. Washington: The World Bank, 2004.

GUASCH, J. L.; STRAUB, S. Corruption and concession renegotiations: evidence from the water and transport sectors in Latin America. **Utilities Policy**, v. 17, n. 2, p. 185-190, 2009.

GUASCH, J. L.; LAFFONT, J. J.; STRAUB, S. **Renegotiation of concession contracts in Latin America**. Washington: World Bank Publications, 2003. (Working Paper, n. 3011).

_____. Concessions of infrastructure in Latin America: government-led renegotiation. **Journal of Applied Econometrics**, v. 22, n. 7, p. 1267-1294, 2007.

_____. Renegotiation of concession contracts in Latin America: evidence from the water and transport sectors. **International Journal of Industrial Organization**, v. 26, n. 2, p. 421-442, 2008.

GUASCH, J. L. *et al.* **The renegotiation of PPP contracts**: an overview of its recent evolution in Latin America. 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.

HUANG, Y. L.; PI, C. C. Real-option valuation of build-operate-transfer infrastructure projects under performance bonding. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 140, n. 5, 2014.

IRWIN, T. **Public money for private infrastructure**: deciding when to offer guarantees, output-based subsidies, and other fiscal support. Washington: The World Bank, 2003. (Working Paper, n. 10).

KARLIN, S.; TAYLOR, H. M. **A first course in stochastic processes**. 2nd ed. San Diego: Academic Press Limited, 1975.

KPMG. **Projeto PNUD – EPL**: ativos reversíveis em concessões rodoviárias e aeroportuárias (produto 1). São Paulo: KPMG, 2017.

_____. **Diagnóstico das metodologias de indenização no setor de saneamento no Brasil (produto 1)**. KPMG, nov. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3iW9r5G>>.

LIANG, Y.; ASHURI, B. Option value of contingent finance support in transportation public-private partnership projects. **Transportation Research Record**, v. 2674, n. 7, p. 555-565, 2020.

MAJD, S.; PINDYCK, R. S. Time to build, option value, and investment decisions. **Journal of Financial Economics**, v. 18, n. 1, p. 7-27, 1987.

MARQUES, N. L.; BASTIAN-PINTO, C. D. L.; BRANDÃO, L. E. T. Crossing the brownian bridge: valuing infrastructure capacity expansion policies as real options. **Construction Management and Economics**, v. 39, n. 3, p. 261-276, 2021.

MCDONALD, R.; SIEGEL, D. The value of waiting to invest. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 101, n. 4, p. 707-728, 1986.

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

MYERS, S. C. Determinants of corporate borrowing. **Journal of Financial Economics**, v. 5, n. 2, p. 147-175, 1977.

PADDOCK, J. L.; SIEGEL, D. R.; SMITH, J. L. Option valuation of claims on real assets: the case of offshore petroleum leases. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 103, n. 3, p. 479-508, 1988.

RAKIĆ, B.; RAĐENović, T. Real options methodology in public-private partnership projects valuation. **Economic Annals**, v. 59, n. 200, p. 91-113, 2014.

RIBEIRO, M. P. **Concessões e PPPs: melhores práticas em licitações e contratos**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2011.

_____. Novo pacote de infraestrutura do governo Dilma: 15 erros que precisam ser corrigidos. **Portugal Ribeiro Advogados**, versão preliminar nº 3, 21 jun. 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/3WliHPL>>.

_____. Equilíbrio econômico-financeiro de contratos e sincretismo metodológico. **JOTA**, 6 out. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3uVRpmR>>. Acesso em: 25 maio 2022.

RIBEIRO, M. P.; PINTO, M. B. Investimento privado em infraestrutura: diagnóstico e propostas. **Jota**, 13 ago. 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3WpSGOI>>. Acesso em: 25 maio 2022.

ROCHA, K. **Investimentos privados em infraestrutura nas economias emergentes: a importância do ambiente regulatório na atração de investimentos**. Rio de Janeiro: Ipea, 2020. (Texto para Discussão, n. 2584).

ROSE, S. Valuation of interacting real options in a tollroad infrastructure project. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, v. 38, n. 3, p. 711-723, 1998.

SANT'ANNA, R. L. *et al.* Liability cost of government guarantees in highway concession projects: case of the Salvador-Itaparica bridge. **Journal of Infrastructure Systems**, v. 28, n. 2, 05022003, 2022.

SCANDIZZO, P. L.; VENTURA, M. Sharing risk through concession contracts. **European Journal of Operational Research**, v. 207, n. 1, p. 363-370, 2010.

SCHWARTZ, E. S.; TRIGEORGIS, L. (Ed.). **Real options and investment under uncertainty: Classical readings and recent contributions**. The MIT Press, 2004.

SILAGHI, F.; SARKAR, S. Agency problems in public-private partnerships investment projects. **European Journal of Operational Research**, v. 290, n. 3, p. 1174-1191, 2021.

SOLIÑO, A. S.; GALERA, A. L. L.; COLÍN, F. C. Valuation of the option of early reversion in road concessions. **European Journal of Transport and Infrastructure Research**, v. 18, n. 2, p. 239-249, 2018.

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.

TITMAN, S. Urban land prices under uncertainty. **The American Economic Review**, v. 75, n. 3, p. 505-514, 1985.

TOURINHO, O. A. **The option value of reserves of natural resources**. Berkeley: University of California, 1979. (Working Paper, n. 94).

TRIANANTIS, A. J.; HODDER, J. E. Valuing flexibility as a complex option. **The Journal of Finance**, v. 45, n. 2, p. 549-565, 1990.

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

VASSALLO, J. M. Traffic risk mitigation in highway concession projects: the experience of Chile. **Journal of Transport Economics and Policy**, v. 40, n. 3, p. 359-381, 2006.

WORLD BANK GROUP. **Guidance on PPP contractual provisions**. Washington: World Bank Group, 2019.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Nota Técnica nº 3/2021/COCON/SEC**. Brasília: ANA, 2021. Disponível em: <<https://bit.ly/3j52EXx>>. Acesso em: 26 jul. 2022.

_____. **Tomada de subsídios nº 01/2021**. Brasília: ANA, 2021. Disponível em: <<https://bit.ly/3UYW7Lj>>. Acesso em: 25 maio 2022.

BRASIL. Resolução nº 5.860, de 3 de dezembro de 2019. Estabelece a metodologia para cálculo dos valores de indenização relativos aos investimentos vinculados a bens reversíveis não depreciados ou amortizados em caso de extinção antecipada de concessões rodoviárias federais. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 235, p. 55, 5 dez. 2019. Seção 1. Disponível em: <<https://bit.ly/3hpgi7h>>. Acesso em: 25 maio 2022.

MODELO híbrido de concessão torna projeto de rodovias mais atrativo, diz Tarcísio. **Gov.br**, 31 out. 2021. Disponível em: <<https://bit.ly/3WnTEeC>>. Acesso em: 4 jul. 2022.

ZAPATA QUIMBAYO, C. A.; MEJÍA VEGA, C. A.; MARQUES, N. L. Minimum revenue guarantees valuation in PPP projects under a mean reverting process. **Construction Management and Economics**, v. 37, n. 3, p. 121-138, 2019.

APÊNDICE A

1 MODELO GERAL – VALOR DA OPÇÃO DE INVESTIMENTO NO PROJETO/CONCESSÃO SEM OPÇÃO DE DEVOLUÇÃO OU INDENIZAÇÃO

Seja a demanda (Q) pela capacidade de infraestrutura descrita pelo processo estocástico apresentado na equação (A.1), em que α equivale à tendência esperada; e σ volatilidade no período dt e dz , o processo de Wiener padrão. Adotamos o movimento geométrico browniano (MGB) por ser o mais usual para modelagem da demanda (geralmente correlacionada com o produto interno bruto – PIB da área ou região) e, principalmente, por conduzir a fórmulas analíticas de fácil tratamento matemático (Irwin, 2007).

$$dQ = \alpha Q dt + \sigma Q dz \quad (A.1)$$

A opção de investimento (F) é descrita pela equação (A.2) como um valor contingente da demanda (Q), única fonte de incerteza *a priori*, em que r equivale à taxa livre de risco e δ , o custo de oportunidade do projeto.²⁰ Sua solução é dada pela equação (A.3) e as raízes da equação quadrática, apresentada em (A.2), representadas por β_1 e β_2 , são apresentadas nas equações (A.4) e (A.5).

$$\frac{1}{2} \sigma^2 Q^2 F_{QQ} + (r - \delta) Q F_Q - r F = 0 \quad (A.2)$$

$$F(Q) = A_1 Q^{\beta_1} + A_2 Q^{\beta_2} \quad (A.3)$$

$$\beta_1 = \frac{1}{2} - \frac{r - \delta}{\sigma^2} + \sqrt{\left(\frac{r - \delta}{\sigma^2} - \frac{1}{2}\right)^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} \quad (A.4)$$

$$\beta_2 = \frac{1}{2} - \frac{r - \delta}{\sigma^2} - \sqrt{\left(\frac{r - \delta}{\sigma^2} - \frac{1}{2}\right)^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} \quad (A.5)$$

20. Equivalente à demanda esperada subtraída do seu prêmio de risco, na medida equivalente neutra ao risco.

TEXTO para DISCUSSÃO

A partir das condições de contorno usuais de barreira, de investimento e suavidade no ponto de "gatilho ótimo" (Q^*), demanda a partir da qual ocorre o investimento, descritas pelas equações (A.6), (A.7) e (A.8),²¹ o valor da opção de investimento (F) pode ser descrito pela equação (A.9), com respectivos parâmetros pelas equações (A.10) e (A.11).

$$F(0) = 0 \rightarrow A_2 = 0. \quad (\text{A.6})$$

$$F(Q^*) = \frac{RQ^*}{\delta} - K. \quad (\text{A.7})$$

$$F_Q(Q^*) = \frac{R}{\delta}. \quad (\text{A.8})$$

$$F(Q) = \begin{cases} A_1 Q^{\beta_1}; Q < Q^* \\ \frac{RQ}{\delta} - K; Q \geq Q^* \end{cases}. \quad (\text{A.9})$$

$$Q^* = \left(\frac{\beta_1}{\beta_1 - 1} \right) \frac{\delta}{R} K. \quad (\text{A.10})$$

$$A_1 = \frac{K}{\beta_1 - 1} \frac{1}{Q^{*\beta_1}}. \quad (\text{A.11})$$

A intuição da solução apresentada pela equação (A.9) é que o investimento no projeto somente ocorre com demanda superior a Q^* (gatilho de investimento). Abaixo desse valor (demanda inferior a Q^*), o valor da opção possui um valor positivo, dado pela equação (A.9). A equação (A.10) estabelece o gatilho de demanda, a partir do qual o investimento é imediato. Indica que o momento ótimo do investimento ocorre apenas quando a demanda é alta suficiente acima de Q^* (gatilho), ou seja, quando o valor presente do fluxo de caixa do projeto (RQ/δ) supera o seu investimento K acrescido de uma cunha (que depende do processo estocástico subjacente da demanda). Tal solução corresponde ao comportamento do agente quando não existe opção de devolução com resgate. A próxima seção acrescenta ao modelo geral descrito a opção de "regaste", que corresponde à rescisão da concessão mediante um valor indenizatório.

21. Observe que o valor do projeto (VPL) equivale à diferença entre o valor presente do fluxo de caixa do projeto (RQ/δ), no caso um fluxo de caixa por cliente (R) em perpetuidade (R/δ) multiplicado pela demanda (Q), e seu investimento dado por K .

2 VALOR DA OPÇÃO DE INVESTIMENTO NO PROJETO/CONCESSÃO COM OPÇÃO DE DEVOLUÇÃO/INDENIZAÇÃO

A Lei das Relicitações bem como a metodologia de indenização de investimentos modificam o comportamento do agente, na medida em que o investimento na concessão lhe possibilita uma opção de devolução com respectivo resgate (que depende da metodologia de indenização adotada).

A opção de devolução com resgate, isto é, a possibilidade de entregar a concessão em troca de uma indenização, pode ser representada, genericamente, por uma proporção (θ) dos investimentos realizados (K). Variações nessa proporção (θ) correspondem às metodologias usuais adotadas para indenização de bens reversíveis não amortizados.

Entre as metodologias de indenização, temos, basicamente, a regra de indenização pelo valor contábil/histórico (limite superior), valor novo de reposição (limite intermediário) e valor justo/*fair value* (limite inferior sem opção de resgate).²²

2.1 O valor do projeto/concessão com opção de devolução/indenização

O valor do projeto (V) após o investimento (K) segue a equação diferencial (A.12), cuja solução geral é dada pela equação (A.13).

$$\frac{1}{2}\sigma^2 Q^2 V_{QQ} + (r - \delta)QV_Q - rV + RQ = 0. \quad (\text{A.12})$$

$$V(Q) = B_1 Q^{\beta_1} + B_2 Q^{\beta_2} + \frac{RQ}{\delta}. \quad (\text{A.13})$$

A partir das condições de contorno usuais de barreira, de valor e suavidade no gatilho de devolução QA^* , equações (A.14), (A.15) e (A.16), em que M equivale aos custos incorridos na devolução, o valor do projeto (V) é dado pela equação (A.17), com respectivos parâmetros apresentados pelas equações (A.18) e (A.19).

22. A metodologia de valor justo implica que não há opção de resgate, uma vez que o concessionário é reembolsado pelo próprio valor da concessão no respectivo estado da natureza do momento da rescisão e os resultados colapsam para os apresentados na seção anterior.

TEXTO para DISCUSSÃO

$$V(Q)_{Q \rightarrow \infty} < \infty \rightarrow B_1 = 0 \quad (A.14)$$

$$V(Q_A^*) = \theta K - M \quad (A.15)$$

$$V_Q(Q_A^*) = 0 \quad (A.16)$$

$$V(Q) = \begin{cases} \theta K - M; Q \leq Q_A^* \\ B_2 Q^{\beta_2} + \frac{RQ}{\delta}; Q > Q_A^* \end{cases} \quad (A.17)$$

$$Q_A^* = \left(\frac{\beta_2}{\beta_2 - 1} \right) \frac{\delta}{R} (\theta K - M) \quad (A.18)$$

$$B_2 = \left(\frac{-R}{\delta \beta_2} \right) Q_A^{*\beta_2} \quad (A.19)$$

A equação (A.17) representa o valor do projeto na devolução, quando a demanda cai abaixo de Q_A^* , que corresponde a um valor θ proporcional ao custo de investimento K menos o custo da devolução M . A equação (A.17) corresponde ao valor presente do projeto em operação. O primeiro termo corresponde ao valor da opção de devolução caso a demanda caia abaixo do gatilho (Q_A^*), e o segundo termo corresponde ao valor presente do fluxo de caixa múltiplo da demanda (RQ/δ) em perpetuidade, como na seção anterior.

2.2 O valor da opção de investimento no projeto/concessão com opção de devolução/indenização

Seguindo a mesma dinâmica apresentada no modelo geral, calcula-se o valor da opção de investimento com a opção de devolução/indenização ($\theta < 1$). A opção de investimento (F) pode ser escrita como um valor contingente da incerteza da demanda (Q) a partir da equação diferencial (A.20), cuja solução geral é dada pela equação (A.21):

$$\frac{1}{2} \sigma^2 Q^2 F_{QQ} + (r - \delta) Q F_Q - rF = 0 \quad (A.20)$$

$$F(Q) = H_1 Q^{\beta_1} + H_2 Q^{\beta_2} \quad (A.21)$$

A partir das condições de contorno usuais de barreira, de investimento e suavidade no gatilho de investimento QI^* (momento ótimo do investimento na concessão) e das equações (A.22), (A.23) e (A.24), obtemos o valor da opção de investimento (F), dado pela equação (A.25), com respectivos parâmetros dados pelas equações (A.26) e (A.27).

$$F(0) = 0 \rightarrow H_2 = 0 \quad (A.22)$$

$$F(Q_I^*) = V(Q_I^*) - K \quad (A.23)$$

$$F_Q(Q_I^*) = V_Q(Q_I^*) \quad (A.24)$$

Substituindo a solução de $V(Q)$ obtida na equação (A.17) nas equações (A.23) e (A.24), obtém-se H_1 e QI^* , por meio da solução das equações (A.26) e (A.27). A intuição é a mesma da seção anterior. Para valores abaixo de QI^* não há investimento, mas a opção tem valor positivo dado pela equação (A.25). Esse valor reflete a probabilidade eventual de o processo da demanda superar o gatilho QI^* . Para valores superiores a QI^* , ocorre o investimento com respectivo custo (K). O valor do projeto corresponde ao calculado anteriormente, ou seja, um valor de devolução, primeiro termo da equação (A.25), acrescido do valor presente do fluxo de caixa múltiplo da demanda (RQ/δ) em perpetuidade.

$$F(Q) = \begin{cases} H_1 Q^{\beta_1}; Q < Q_I^* \\ B_2 Q^{\beta_2} + \frac{RQ}{\delta} - K; Q \geq Q_I^* \end{cases} \quad (A.25)$$

$$H_1 Q_I^{*\beta_1} = B_2 Q_I^{*\beta_2} + \frac{RQ_I^*}{\delta} - K \quad (A.26)$$

$$\beta_1 H_1 Q_I^{*\beta_1-1} = \beta_2 B_2 Q_I^{*\beta_2-1} + \frac{R}{\delta} \quad (A.27)$$

Note que QI^* é a solução de uma equação não linear que deve ser encontrada numericamente por meio da equação (A.28).

$$(\beta_1 - \beta_2) H_2 Q_I^{*\beta_2} + (\beta_1 - 1) Q_I^* \frac{R}{\delta} - \beta_1 K = 0 \quad (A.28)$$

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Coordenação

Aeromilson Trajano de Mesquita

Assistentes da Coordenação

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

Supervisão

Camilla de Miranda Mariath Gomes

Everson da Silva Moura

Revisão

Alice Souza Lopes

Amanda Ramos Marques

Ana Clara Escórcio Xavier

Barbara de Castro

Clícia Silveira Rodrigues

Olavo Mesquita de Carvalho

Regina Marta de Aguiar

Reginaldo da Silva Domingos

Brena Rolim Peixoto da Silva (estagiária)

Nayane Santos Rodrigues (estagiária)

Editoração

Anderson Silva Reis

Cristiano Ferreira de Araújo

Danielle de Oliveira Ayres

Danilo Leite de Macedo Tavares

Leonardo Hideki Higa

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.

Ipea – Brasília

Setor de Edifícios Públicos Sul 702/902, Bloco C

Centro Empresarial Brasília 50, Torre B

CEP: 70390-025, Asa Sul, Brasília-DF

Missão do Ipea
Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.



ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DO
PLANEJAMENTO
E ORÇAMENTO

