

**TEXTO PARA DISCUSSÃO**

**2872**

**AVALIAÇÃO DOS CONDICIONANTES  
DE ABANDONO CONTRATUAL E  
VIABILIDADE ECONÔMICA DA  
RELICITAÇÃO EM CONCESSÕES DE  
INFRAESTRUTURA PELA ABORDAGEM  
DAS OPÇÕES REAIS**

**FELIPE AMARAL COSTA**

**AVALIAÇÃO DOS CONDICIONANTES  
DE ABANDONO CONTRATUAL E  
VIABILIDADE ECONÔMICA DA  
RELICITAÇÃO EM CONCESSÕES DE  
INFRAESTRUTURA PELA ABORDAGEM  
DAS OPÇÕES REAIS**

**FELIPE AMARAL COSTA<sup>1</sup>**

---

1. Pesquisador do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Diset/Ipea); e pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Transportes da Universidade de Brasília (PPGT/UnB).

**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**

CARLOS HENRIQUE LEITE CORSEUIL

**Diretor de Estudos Internacionais**

FÁBIO VÉRAS SOARES

**Chefe de Gabinete**

ALEXANDRE DOS SANTOS CUNHA

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

ANTONIO LASSANCE

**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/porta/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: H43; H54.

DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td2872-port>

# SUMÁRIO

SINOPSE	
ABSTRACT	
1 INTRODUÇÃO.....	6
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	8
2.1 Término antecipado de concessões .....	8
2.2 Opções reais e o método MQOMC .....	11
2.3 Abandono em projetos e a TOR .....	14
3 METODOLOGIA .....	17
3.1 Modelagem do tráfego.....	18
3.2 Abordagem neutra ao risco .....	19
3.3 Modelagem da opção de abandono .....	20
3.4 Indenização pelos investimentos em bens reversíveis .....	25
3.5 Passivo contingente esperado ( $PC_T$ ) .....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
4.1 Cenário base .....	27
4.2 Análise de sensibilidade sobre o valor da indenização .....	31
4.3 Simulações de desconto no <i>bid</i> .....	33
4.4 Análise de sensibilidade à volatilidade do tráfego .....	35
4.5 Amortização do investimento (método linear <i>versus</i> consumo da curva de tráfego) .....	35
4.6 Análise da duração da opção .....	38
4.7 Análise da concessão sem a segunda fase de investimentos...39	
4.8 Análise da opção de abandono com investimentos por gatilho .....	44
4.9 Análise para diferentes modalidades de leilão.....	52
4.10 Análise da opção de abandono em diferentes modelagens...62	
5 CONCLUSÕES.....	67
REFERÊNCIAS.....	71
APÊNDICE – <i>SCRIPT</i> PARA A UTILIZAÇÃO DO MQOMC .....	76

## SINOPSE

O objetivo do estudo é apresentar um modelo, a partir da aplicação da Teoria das Opções Reais (TOR), para o aprimoramento regulatório da metodologia de cálculo de indenizações relativas aos investimentos em bens reversíveis em caso de extinção antecipada de concessões rodoviárias por meio de devolução amigável (Lei nº 13.448/2017), buscando-se chegar ao seu “justo valor”. Para tanto, uma série de análises de sensibilidades foi realizada para aquelas variáveis que exercem maior influência no comportamento da opção. Além disso, avaliou-se a sua dinâmica em diferentes arranjos contratuais, modalidades de leilão e métodos de quantificação de indenização e precificação de opções. Por meio da análise de sensibilidade, majorando as cifras reembolsáveis, evidenciou-se a tendência de alta no valor da opção, na probabilidade de exercício e no contingenciamento necessário para as verbas indenizatórias. O estímulo à adoção de estratégias hiperagressivas por parte dos licitantes também é uma possível consequência adversa que se pode ter com a flexibilização das hipóteses para o término dos contratos, caso lhes seja assegurada a garantia de retorno sobre parte dos investimentos realizados. O trabalho demonstrou que a opção de abandono é sensivelmente afetada pelo desconto aplicado à tarifa base do leilão: quanto maior o deságio, mais valiosa se torna a opção e mais certa é a extinção prematura do contrato.

**Palavras-chave:** concessões de infraestrutura; relicitação; opções reais.

## ABSTRACT

The objective of the study is to present a model, based on the application of the Theory of Real Options (TRO), for the regulatory improvement of the methodology for calculating restitutions related to investments in reversible assets in the event of early termination of road concessions through devolution friendly (Law No. 13,448/2017), seeking to reach its “fair value”. To this end, a series of sensitivity analyzes were carried out for those variables that exert the greatest influence on the behavior of the option. In addition, its dynamics in different contractual arrangements, auction modalities and methods of quantification of indemnity and pricing of options were evaluated. By means of the sensitivity analysis, increasing the reimbursable figures, an upward trend in the value of the option, in the probability of exercise and in the necessary contingency for the indemnity funds was evidenced. Encouraging the adoption of hyper-aggressive strategies by bidders is also a possible adverse consequence that can be had with the flexibility of hypotheses for the termination of contracts, if they are assured of a guarantee of return on part of the investments made. The work demonstrated that the abandonment option is significantly affected by the discount applied to the auction's base rate: the greater the discount, the more valuable the option becomes and the more certain is the premature termination of the contract.

**Keywords:** infrastructure concessions; rebidding; real options.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil possui 13 mil quilômetros de rodovias federais administradas sob regime de concessão. Essa extensão equivale a 19,8% da malha federal.<sup>1,2</sup> A transferência para a iniciativa privada da operação e dos investimentos em infraestrutura rodoviária teve início na década de 1990, seguindo uma tendência global da redução do papel estatal na provisão de infraestrutura (Abdeldayem e Dulaimi, 2019). Esse movimento intensificou-se nos últimos anos, com a diminuição do espaço fiscal para aportes públicos, sobretudo por parte do governo federal, desde a recessão econômica de 2013.

Para os próximos anos, prevê-se a concessão de 17 mil quilômetros adicionais de rodovias em doze projetos já qualificados pelo Programa de Parcerias e Investimentos (PPI).<sup>3</sup> Todavia, ao mesmo tempo que se intensifica o número de novas concessões, vivencia-se o colapso de outras, como é o caso das BR-040/DF/GO/MG, BR-163/MS e BR-060-153-262/DF/GO/MG.

Para lidar com esses projetos em situação de insolvência, o governo federal, por meio da Lei nº 13.448/2017, instituiu o instrumento de relicitação via devolução amigável dos contratos de parceria (Brasil, 2017b). A questão basilar nesses casos é a determinação do “justo valor” da indenização, equilibrando relações de interesses conflituosos e antagonicos entre as partes.

Por um lado, o concessionário anseia ser ressarcido pelos investimentos realizados em bens reversíveis, o que, na sua inexistência, poderia beneficiar injustamente a administração pública; por outro, a indenização pode ser interpretada como uma garantia concedida pela administração pública, que reverte para o poder concedente parte dos riscos contratualmente alocados ao ente privado.

No caso específico das concessões rodoviárias, após um amplo debate entre agentes governamentais e privados, a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) publicou a Resolução nº 5.860/2019, que estabelece a metodologia para o cálculo dos valores de indenizações relativos aos investimentos vinculados a bens reversíveis não depreciados ou amortizados, em caso de extinção antecipada (ANTT, 2019a).

---

1. Disponível em: <<https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/rodovias/informacoes-gerais>>. Acesso em: 27 out. 2022.

2. Disponível em: <<http://servicos.dnit.gov.br/dnitcloud/index.php/s/oTpPRmYs5AAAdiNr>>. Acesso em: 27 out. 2022.

3. Novos projetos em rodovia. Disponível em: <<https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/rodovias/novos-projetos-em-rodovias/>>. Acesso em: 27 out. 2022.

Nesse contexto, é importante que se apontem possíveis consequências inesperadas que podem ser geradas pelo atual modelo. Por exemplo, a assimetria de informações entre as partes durante o processo de relicitação enseja o provável incentivo ao concessionário em inadimplir com as obrigações contratuais para forçar o término antecipado ou auferir lucros indevidos, além do descompasso entre a qualidade do serviço prestado e o pagamento de tarifa por parte dos usuários.

Deve-se ponderar, ainda, sobre questões relacionadas ao risco regulatório e à insegurança jurídica, causadas por discussões judiciais e pela contestação dos órgãos de controle sobre a matéria, como ocorrido com a manifestação do Tribunal de Contas da União (TCU) acerca do pedido de relicitação da rodovia BR-040/DF/GO/MG (Amora, 2020).

O objetivo geral do projeto é desenvolver um modelo, a partir da aplicação da Teoria das Opções Reais (TOR), para o aprimoramento regulatório, sobretudo voltado para a metodologia de cálculo de indenizações relativas aos investimentos em bens reversíveis em caso de extinção antecipada de concessões rodoviárias, buscando-se chegar ao seu “justo valor”.

A devolução amigável é uma flexibilidade gerencial introduzida em contratos de parceria. A TOR busca incorporar as dinâmicas de mudanças nos projetos de capital, que podem trazer novas alternativas para o tomador de decisão e agregar valor ao empreendimento (Trigeorgis, 1993).

Este primeiro produto da pesquisa objetiva, especificamente, propor um modelo de avaliação da viabilidade econômica pela abordagem das opções reais, capaz de capturar o valor adicionado às concessões rodoviárias, incorporado pelo mecanismo de relicitação. O modelo é aplicado ao caso do fluxo de caixa de um projeto ainda em fase de licitação. O trabalho analisa também a dinâmica da opção em diferentes contextos, por meio de análises de sensibilidade e da avaliação de arranjos contratuais, métodos de depreciação, modalidades de leilão e metodologias de precificação distintas.

Os resultados aqui apresentados servirão de subsídio para o melhor entendimento dos aspectos relacionados ao abandono contratual. Dessa maneira, os próximos produtos buscarão propor alternativas e soluções para o aprimoramento do modelo regulatório voltado para a metodologia de cálculo dos valores de indenizações em caso de extinção antecipada das concessões rodoviárias, essenciais e estratégicas para o desenvolvimento nacional. É uma contribuição inovadora para a qualificação do debate público quanto aos rumos do desenvolvimento do país e da ação do Estado.

Desse modo, vale destacar que este *Texto para Discussão* é composto de cinco seções. Esta primeira apresenta a contextualização e os objetivos propostos para o projeto de pesquisa. Em seguida, a segunda seção faz uma revisão da bibliografia de referência. A terceira, por sua vez, descreve a metodologia adotada para a formulação do modelo de avaliação por opções reais. Em sequência, a quarta seção reserva-se à descrição das análises realizadas e à apresentação e discussão dos resultados. Ao final, na quinta, é apresentada uma breve conclusão, resumindo os principais achados e pontos de atenção.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta seção visa, inicialmente, contextualizar e aprofundar a discussão sobre a devolução dos contratos de concessão, as indenizações e a análise dos instrumentos legais. Na sequência, realiza-se uma breve introdução sobre as opções reais (OR) e os princípios básicos que norteiam o método dos mínimos quadrados ordinários de Monte Carlo (MQOMC), adotado para a análise das opções do tipo americana. Por fim, apresenta-se uma análise da literatura sobre a aplicação da TOR e o abandono de projetos.<sup>4</sup>

### 2.1 Término antecipado de concessões

A partir de meados da década de 1980, verificou-se uma tendência crescente na desestatização de alguns serviços públicos e a provisão da infraestrutura por meio de parcerias público-privadas (PPPs) (Abdeldayem e Dulaimi, 2019). Nos mais de trinta anos, apesar do número expressivo de experiências exitosas, alguns desses projetos sofreram reveses e tiveram de ser encerrados antes do prazo inicialmente previsto em contrato.

Dados do Banco Mundial para países em desenvolvimento demonstram que 334 dos 4.874 (6,85%) projetos de infraestrutura na modalidade de parceria entre entes públicos e privados foram terminados prematuramente entre 1984 e 2010 (Xiong, Zhang e Chen, 2016). No caso de concessões rodoviárias, esse percentual ficou em 6,76% de um total de 695 empreendimentos financiados no período. Geograficamente, as parcerias na América Latina e Caribe fracassaram em 8,95% dos casos, ficando abaixo somente da África Subsaariana, com 9,35%.

---

4. Parte das informações apresentadas nesta seção foi resultado de pesquisas anteriores realizadas pelo autor. Todos esses dados estão compilados em Costa (2020). Mais detalhes e informações sobre a revisão bibliográfica a respeito do término antecipado em concessões podem ser encontrados no referido trabalho.



Além da distribuição por segmento e região geográfica, constata-se que o término precoce desses contratos pode ocorrer em fases distintas, mas, tipicamente, a maioria acaba sendo encerrada na fase de operação (Liu, Gao e Cheah, 2017).

Silva Neto *et al.* (2016) apontam como uma tendência para os estudos voltados para as PPPs a análise de questões relacionadas ao término e à renegociação dessas parcerias, sobretudo em função das dificuldades vivenciadas por governos e pelo setor privado na gestão desses projetos de alta complexidade. Encontram-se na literatura diversos casos de concessões rodoviárias encerradas prematuramente em diferentes países, sejam elas motivadas pela vontade do poder concedente ou concessionário (Song *et al.*, 2017; Xiong e Zhang, 2014).

No Brasil, situação semelhante ocorre com alguns projetos no setor. Por exemplo, a BR-153, trecho Anápolis (Goiás) até Aliança do Tocantins (Tocantins), concedida em 2014, foi declarada caduca em 2017 (Brasil, 2017a). Posteriormente, a concessionária responsável pela BR-040, trecho Brasília (Distrito Federal) a Juiz de Fora (Minas Gerais), declarou interesse em abandonar o contrato, já nos termos da devolução amigável, alegando dificuldades financeiras em virtude da movimentação de veículos aquém do previsto.<sup>5</sup> Além da modalidade rodoviária, parcerias no setor aeroportuário se tornaram insustentáveis e estão em processo de relicitação. É o caso dos aeroportos de São Gonçalo do Amarante (Rio Grande do Norte), Viracopos (São Paulo) e Galeão (Rio de Janeiro).<sup>6</sup>

O término antecipado de uma concessão quase sempre é associado à materialização de um ou mais riscos que, de alguma forma, frustram as expectativas iniciais de uma ou ambas as partes e as levam ao abandono. Geralmente, o término antecipado é precedido por renegociações contratuais e medidas para solucionar o problema acordadas entre os entes públicos e privados. Quando as renegociações falham, os governos se veem forçados a rescindir os contratos por meio da relicitação ou recompra dos projetos (Song *et al.*, 2017).

Segundo Britto e Rocha (2020), a possibilidade de devolução de uma concessão passa necessariamente por uma análise aprofundada do negócio, a partir de suas demonstrações financeiras (que informam sobre o passado e expectativas futuras, sobretudo de demanda) e dos custos de saída e indenização.

5. Disponível em: <<http://via040.com.br/pages/vamosaosfatos>>.

6. Disponível em: <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/noticias/curtas-infraestrutura/2017/05/minfra-recebe-processos-com-pedidos-de-relicitacao-dos-aeroportos-de-natal-e-campinas>>.

Os custos de saída consistem em despesas necessárias para se encerrar um negócio, incluindo multas por quebra de contrato, débitos remanescentes por atrasos em investimentos e/ou *performance* no fornecimento dos serviços e despesas irre recuperáveis de capital. Como são, em geral, pagos pelo concessionário, um custo de saída pode adiar a decisão de abandono.

Nos casos de término antecipado, a determinação da adequada indenização é um aspecto sensível para ambas as partes (Liu, Gao e Cheah, 2017; Song *et al.*, 2018; Xiong, Zhang e Chen, 2016). Mesmo em situações de término por inadimplência do operador, a inexistência de uma compensação financeira para a parte privada pode beneficiar injustamente a administração pública. A questão, no entanto, volta-se para determinar o valor da compensação “justa” (Colín, Soliño e Galera, 2017).

Países como Reino Unido, Austrália, Coreia do Sul (Liu, Gao e Cheah, 2017) e Espanha (Vassallo, Ortega e Baeza, 2012) normatizaram a questão da compensação em manuais para estruturação de contratos ou por meio de legislação específica. De modo geral, os critérios para compensação podem ser sintetizados de acordo com a parte geradora do fato (Song *et al.*, 2018).

Caso a extinção seja causada por inadimplência das obrigações assumidas pelo governo ou pela recompra voluntária, o parceiro privado deve ser recompensado pela perda de lucro no período restante da concessão, pelos débitos remanescentes e pelos custos adicionais em decorrência do cancelamento do contrato. Se o término for por causa do parceiro privado, a ele será devido a devolução de parte do investimento inicial. Na situação em que o término não é oriundo de nenhuma das partes, as perdas financeiras devem ser divididas entre o ente público e o privado, este último deve ser parcialmente compensado pelos prejuízos.

A Lei nº 8.987/1995 (Brasil, 1995), que dispõe sobre o regime de concessão, define que o processo aplicável para o caso da extinção contratual advinda da inadimplência do parceiro privado é o de caducidade. A legislação define genericamente que será devida a indenização das parcelas das inversões vinculadas a bens reversíveis. Segundo os procedimentos definidos no dispositivo, a declaração de caducidade envolve a necessidade da instauração de processo administrativo, que, muitas vezes, acaba por culminar em longos litígios com perdas significativas para ambas as partes (Oliveira, 2018).

Oliveira (2018), ao comparar a relicitação com a prerrogativa de decretação da caducidade, avalia ser mais eficiente ao poder público optar pela primeira. Trata-se de um instrumento eficiente quando usado como medida para sanar situações em que o inadimplemento decorre de fatos alheios ao controle do concessionário e que o leva a uma situação de incapacidade comprovada de cumprimento das suas obrigações.

Sob a ótica do poder público, mostra-se um instrumento eficiente quando a situação de anormalidade que gera a inviabilidade leva à necessidade de alteração de premissas e diretrizes regulatórias a serem aplicadas e à própria modelagem do ajuste para resultar em um novo contrato.

Para lidar com a realidade de algumas concessões brasileiras, sobretudo as rodovias da terceira etapa, leiloadas entre 2013 e 2014, foi publicada a Lei nº 13.448/2017 (Brasil, 2017b), que institui o instrumento da relicitação e amplia as hipóteses de extinção antecipada, mediante o pagamento de indenização. Esse instrumento resultou de uma iniciativa para flexibilizar e tornar mais célere o processo de encerramento dessas parcerias problemáticas. Os contratos dessa etapa foram severamente afetados pelas condições econômicas desfavoráveis advindas da crise iniciada a partir de 2013.

Na esteira dos fatos, o Decreto nº 9.957/2019 regulamentou o procedimento para relicitação dos contratos de parceria nos setores rodoviário, ferroviário e aeroportuário de que trata a Lei nº 13.448/2017.

Posteriormente, a ANTT publicou a Resolução nº 5.860/2019 (ANTT, 2019a), estabelecendo a metodologia para o cálculo dos valores de indenizações relativos aos investimentos vinculados a bens reversíveis não depreciados ou amortizados em caso de extinção antecipada de concessões rodoviárias federais, conforme atribuição definida no art. 17 § 2º, da Lei nº 13.448/2017.

A resolução classifica como “reversíveis” os bens utilizados pela concessionária na prestação de serviços de conservação, manutenção, monitoração e operação rodoviários, bem como a própria infraestrutura rodoviária. Todavia, eles só serão considerados reversíveis caso: i) contribuam para a continuidade da prestação do serviço público; ii) sejam de propriedade da concessionária; e iii) possuam prazo de vida útil remanescente, a depender do caso.

Nos termos da legislação brasileira, depreende-se que as duas formas existentes para extinção podem ser entendidas como uma opção real de abandono, na qual o parceiro privado tem o direito de vender a concessão ao poder concedente, sendo remunerado por parte dos investimentos realizados. Distingue-se o fato de que na hipótese de devolução amigável foi estabelecida uma metodologia de cálculo da indenização, utilizada neste trabalho para quantificação da opção.

## 2.2 Opções reais e o método MQOMC

O abandono contratual representa uma opção tácita inerente às concessões (Igrejas, Cordeiro e Brandão, 2017). Opção é um direito, e não uma obrigação (Myers, 1983; Trigeorgis, 1991). A TOR é uma extensão da teoria das opções financeiras aplicada a ativos reais e projetos

(Rakić e Radenović, 2014). Elas são capazes de captar o valor de flexibilidades gerenciais em investimentos irreversíveis e sob incerteza (Dixit e Pindyck, 1994).

A possibilidade de devolução introduz uma alternativa em projetos de capital. O valor presente líquido (VPL) do investimento com opções reais, diferente do VPL tradicional, é expresso pela relação  $VPL_{OR} = VPL_T + V_{OR}$ . Em que  $VPL_{OR}$  é o VPL do investimento flexível,  $VPL_T$  é o VPL tradicional e  $V_{OR}$  é o valor da opção real.

Para Kensinger (1980), a extinção antecipada constitui uma opção de venda (*put*) do tipo americana. Ao contrário das europeias, que podem ser exercidas somente na sua data de vencimento (data de expiração), as americanas podem ser exercidas antes do seu vencimento. Trata-se de uma opção de venda porque o projeto é vendido de volta para o poder concedente.

Um dos maiores desafios para a avaliação de opções – sejam financeiras ou reais – é a quantificação do exercício ótimo de derivativos do tipo americano, particularmente quando mais de um fator afeta o seu valor. Longstaff e Schwartz (2001) propuseram uma abordagem para quantificar essa classe de opções por simulação – chamado de MQOMC.<sup>7</sup>

Segundo os autores, a simulação é uma alternativa vantajosa em relação à quantificação, ao gerenciamento de riscos e ao exercício ótimo para opções americanas. É uma técnica que agrega simplicidade, transparência e flexibilidade à sua precificação. Por exemplo, a simulação é perfeitamente aplicável quando o valor depende de vários fatores, podendo ser utilizada para precificar opções do tipo *path-dependent*. Ela também permite a quantificação quando as variáveis de incerteza seguem processos estocásticos quaisquer, como a difusão por saltos ou processos não markovianos.

O MQOMC se baseia no fato de o detentor da opção americana comparar de forma otimizada o *payoff* do exercício imediato com o esperado da continuação. A antecipação só ocorre se o retorno imediato exceder o valor da continuidade. Caso contrário, opta-se por mantê-la viva. A expectativa condicional do exercício antecipado pode ser estimada a partir da informação transversal na simulação usando o método dos mínimos quadrados ordinários.

Especificamente, aplica-se a regressão aos *payoffs* realizados *ex post* da continuidade em função dos valores das variáveis de estado. O resultado ajustado desta regressão fornece uma estimativa direta da função de expectativa condicional da continuidade. Ao estimá-la para cada

7. Tradução livre de Least Square Monte Carlo (LSM).

## TEXTO para DISCUSSÃO

data de exercício, obtém-se uma aproximação para a regra otimizada, que maximiza o valor de uma opção americana.

Nesse sentido,  $C(\omega; s; t; T)$  representa a notação para os fluxos de caixa gerados pela opção, condicionados ao seu não exercício no período  $t$  e ao portador seguir a estratégia de otimização para cada instante  $s$ , em que  $t < s \leq T$ . O objetivo do algoritmo do MQOMC é prover uma aproximação para a estratégia que maximize o *payoff* da opção americana.

Na data de vencimento ( $T$ ), o investidor exercerá o direito se a opção estiver *in-the-money*.<sup>8</sup> Em qualquer instante  $t_n$  anterior à  $T$ , o portador deve escolher entre o exercício imediato ou carregar a opção até o período seguinte ( $t_{n+1}$ ), momento em que novamente faz a mesma decisão.

No período  $t_n$ , o fluxo de caixa do exercício imediato da opção é conhecido pelo investidor, mas o da continuidade não. A teoria de avaliação de ativos sem arbitragem indica que o valor da continuidade é dado pela expectativa dos fluxos de caixa remanescentes  $C(\omega; s; t; T)$ , considerando uma medida  $\mathcal{Q}$  de precificação neutra a risco. O valor da continuidade  $F(\omega; t_n)$ , no período  $t_n$ , pode ser expresso por:

$$F(\omega; t_n) = E_{\mathcal{Q}} \left[ \sum_{i=n+1}^N \exp \left( - \int_{t_n}^{t_i} r(\omega, s) ds \right) C(\omega; t_i; t_n; T) | \mathcal{F}_{t_n} \right] \quad (1)$$

Em que:

- $r(\omega, s)$  é igual à taxa de desconto livre de risco (possivelmente estocástica); e
- $\mathcal{F}_{t_n}$  é igual ao conjunto de informações disponíveis em  $t_n$  para a tomada de decisão.

O MQOMC aplica recursivamente o método dos mínimos quadrados para obter uma aproximação da função de expectativas condicionadas. Em  $t_{n-1}$ , assume-se que a forma desconhecida da função  $F(\omega; t_{n-1})$  na equação (1) pode ser representada por uma combinação linear do conjunto de  $F_{m-1}$  funções de base mensuráveis.

Essa premissa pode ser justificada quando a expectativa condicional é um elemento contido no espaço das funções integrais quadráticas  $L^2$ , em relação a alguma medida. Como  $L^2$  é um espaço de Hilbert, existe um número finito de bases ortonormais, e a expectativa condicional pode ser representada como uma função linear dos elementos da base. Assim, o valor de  $F(\omega; t_{n-1})$  pode ser expresso por:

8. Quando o valor intrínseco da opção é maior que zero. Em qualquer momento  $t$  o valor intrínseco de uma opção de venda é dado por  $\max [X.e^{-rt} - S; 0]$ .

$$F(\omega; t_{n-1}) = \sum_{i=0}^{\infty} a_i L_i(X) \quad (2)$$

Os coeficientes  $a_i$  são constantes. As funções básicas podem ser polinômios de Laguerre, Hermite, Legendre, Chebyshev, Gegenbauer, Jacobi, entre outros. Para aplicar o MQOMC, aproxima-se  $F(\omega; t_{n-1})$  usando o conjunto de  $M$  ( $M < \infty$ ) funções básicas. Essa aproximação é denominada  $\hat{F}_M(\omega; t_{n-1})$  e é estimada pela regressão dos valores descontados de  $C(\omega; s; t_{n-1}; T)$  nas funções básicas em que as trajetórias estão *in-the-money* em  $t_{n-1}$ . O resultado ajustado da regressão  $\hat{F}_M(\omega; t_{n-1})$  converge para  $F(\omega; t_{n-1})$  à medida que o número de trajetórias *in-the-money* tende a infinito.<sup>9</sup>

Uma vez que se obtém a função de estimativa em  $t_{n-1}$ , pode-se determinar se o exercício imediato neste instante é ótimo para uma trajetória *in-the-money* ( $\omega$ ). Para tanto, compara-se o seu valor com  $\hat{F}_M(\omega; t_{n-1})$ , e, assim, é repetido para as demais trajetórias *in-the-money*. Quando a decisão sobre o exercício é identificada, os fluxos de caixa da opção  $C(\omega; s; t_{n-2}; T)$  podem ser aproximados e, desse modo, repetidos para todos os demais períodos em que a opção se encontrar válida. Na subseção 3.3 de metodologia, serão apresentados o procedimento para a aplicação do MQOMC e a quantificação da opção de abandono.

### 2.3 Abandono em projetos e a TOR

No caso das concessões, as opções reais derivam naturalmente da interpretação das cláusulas dos contratos, que regulam direitos e obrigações das partes. Nesse tipo de arranjo, é possível antecipar, retardar ou expandir um determinado investimento. Citam-se igualmente os mecanismos existentes para o compartilhamento de risco de demanda, como o prazo variável, o estabelecimento de limites máximos e mínimos de tráfego ou o pagamento de pedágio sombra. Todas essas flexibilidades são exemplos de opções.

O uso da TOR na avaliação financeira de concessões rodoviárias é amplamente disseminado na literatura (Cheah e Liu, 2006; Chiara, Garvin e Vecer, 2007; Galera e Soliño, 2010; Rose, 1998). Contudo, o mesmo não se pode afirmar sobre a opção de abandono dessa categoria de projeto, que conta com um número mais restrito de trabalhos.

O direito de antecipar o término contratual confere ao operador privado a flexibilidade para minimizar custos afundados (*sunk costs*) sob condições adversas de mercado (Dixit e Pindyck, 1994).

9. A demonstração dessa propriedade pode ser encontrada nos apêndices do trabalho de Longstaff e Schwartz (2001).

**TEXTO para DISCUSSÃO**

Por sua vez, essa possibilidade pode representar um ônus ao governo, ao passo que requer a previsão de uma contingência orçamentária e pode ser um incentivo ao parceiro privado a inadimplir arbitrariamente com suas obrigações e comprometer e/ou suspender a prestação de um serviço público.

Muitas vezes, essa opção não é devidamente quantificada nos estudos de viabilidade econômico-financeira com técnicas convencionais de *valuation* (Igrejas, Cordeiro e Brandão, 2017).

Sob essa perspectiva, alguns autores estudaram a devolução contratual juntamente com algum outro tipo de opção real (Ho e Liu, 2002; Huang e Chou, 2006). Outros estudaram exclusivamente o abandono. Os principais trabalhos identificados são discutidos a seguir.

Robichek e Horne (1967) foram os primeiros a reconhecer a necessidade de lidar com essa possibilidade explicitamente em projetos de capital. Segundo os autores, algumas iniciativas possuem significativos valores de saída ao longo de sua vida econômica e tal fato deveria ser levado em consideração no cálculo do VPL e da taxa de retorno. A simulação Monte Carlo foi aplicada para avaliar as incertezas nos fluxos de caixa e incorporar os efeitos da decisão sobre o investimento, definida, em cada cenário, como o momento em que os fluxos de caixa esperados eram inferiores à monta residual.

Duas críticas derivam da aplicação dessa regra. A primeira diz respeito à possibilidade de abandono futuro, que não é captado, e pode ser mais valioso do que a renúncia imediata. Os autores enfatizaram que, via de regra, o período ótimo para o exercício do direito não ocorre no primeiro momento em que o montante residual supera o dos fluxos de caixa. A opção, em cada período, deve reconhecer que, se o projeto não for descontinuado, a firma permanece com o direito de exercê-lo no futuro, o que pode aumentar o seu valor (Dyl e Long, 1969).

A segunda questão diz respeito à taxa de desconto. Ao dissertarem sobre o tema, Robichek e Horne (1967) reconheceram que a possibilidade de o concessionário abandonar o projeto em condições adversas reduz o nível de risco do investimento. Todavia, os autores não conseguiram quantificar a variação que a nova exposição traria à taxa de desconto.

Bonini (1977) foi também uma das primeiras referências a estudar o abandono em projetos de capital. Similarmente ao trabalho de Robichek e Horne (1967), o autor assumiu que um empreendimento pode ser descontinuado a qualquer momento se os fluxos de caixa futuros (apropriadamente descontados) não excederem o valor da saída. No entanto, considerou-se que o direito futuro pode ser melhor do que o seu exercício no presente, valendo-se da análise recursiva com programação dinâmica em tempo discreto. O trabalho aplicou o custo de capital como taxa de desconto.

Essas questões foram resolvidas somente anos depois com o desenvolvimento da TOR, inicialmente proposta por Tourinho (1979). Os primeiros trabalhos que aplicaram a TOR para estudar a descontinuidade de projetos de investimento incluem Kensinger (1980) e Myers e Majd (1983; 1990). Ambos exploraram a analogia da opção de abandono com a de venda (financeira).

Kensinger considerou como variáveis estocásticas o valor do projeto e o de liquidação, aplicando um movimento geométrico browniano (MGB), processo estocástico cuja aplicação é consagrada em finanças e economia. O autor modelou o abandono como uma opção do tipo europeia, assumindo que a decisão poderia ser tomada somente em momentos específicos (o que não é realístico na prática). Myers e Majd (1983; 1990) consideraram igualmente os valores do projeto e da saída como variáveis estocásticas. Contudo, os autores modelaram a flexibilidade como uma opção de venda americana – exercida a qualquer momento dentro da sua validade.

Uma das primeiras aplicações da TOR para quantificar o abandono em concessões pode ser atribuída à Brandão (2002). O autor propôs uma metodologia para avaliação de opções reais com a aplicação de ferramentas de análise de árvores de decisão (Decision Tree Analysis). O modelo foi aplicado em um projeto rodoviário no qual foram avaliados o término antecipado e a expansão da infraestrutura. Segundo as premissas definidas, a devolução poderia ocorrer nos anos quatro, sete e dez, sendo considerada uma indenização de 70% do valor contábil da *capital expenditure* (Capex), ou despesa de capital, em tradução livre, prevista em R\$ 300 milhões. Nessas condições, a flexibilidade aumentou o VPL do investimento em cerca de 30%.

Blank *et al.* (2016) também quantificaram o valor acrescido pela opção de extinção prematura de contratos de parceria. Nas condições de contorno definidas, com a possibilidade de exercício durante toda sua vigência e sem indenização pela venda do ativo, o resultado esperado aumentou em quase 50%.

Galera (2006) avaliou a extinção antecipada para a concessão da Autopista Eje Aeropuerto, na Espanha. De acordo com a estrutura do contrato, o autor modelou a devolução como uma opção do tipo europeia, chegando ao valor de € 1,96 milhão, 1% do VPL estático. Colín, Soliño e Galera (2017) avaliaram a possibilidade de insolvência de uma PPP rodoviária, com a garantia de abandono conferida pela administração pública. Os autores consideraram a indenização como o Capex menos a depreciação do ativo e 5% do investimento inicial, a título de multa contratual pela extinção antecipada. Esse percentual é a exigência mínima de garantia prevista na legislação espanhola. O exercício da opção foi definido a partir do terceiro ano, totalizando € 58,4 milhões, o que representa 17,8% do montante aportado.



Huang e Pi (2014) e Igrejas, Cordeiro e Brandão (2017) avaliaram o impacto de multas e incentivos contratuais sobre a devolução de projetos de PPP.

Ambos concluíram que a opção de término garante ao concessionário a flexibilidade para gerenciar incertezas de mercado capazes de agregar valor, mas é reduzida ao passo que se aumentam os níveis das garantias e multas.

Liu, Gao e Cheah (2017) examinaram os mecanismos de precificação para o término antecipado em PPPs utilizando a TOR. Segundo os autores, o preço da compensação é definido pelo fluxo de caixa do empreendimento, pelo montante investido e pelo poder de barganha das partes.

### 3 METODOLOGIA

O abandono contratual pode ser modelado como uma opção real. Nessa situação, é dado ao concessionário o direito de vender o ativo ao poder concedente, sendo remunerado por parte dos investimentos realizados. Essa flexibilidade pode ser bastante valiosa para o seu proprietário no caso de condições desfavoráveis de mercado, que ameaçam a viabilidade do projeto. A volatilidade dos retornos está intimamente relacionada às variações de demanda do mercado, entre outras incertezas.

A precificação da opção de abandono neste trabalho é realizada por meio do MQOMC, proposto por Longstaff e Schwartz (2001). Para fins de modelagem, a devolução é considerada como uma opção de venda do tipo americana, que pode ser exercida a qualquer momento dentro da sua validade.

O método foi aplicado ao fluxo de caixa do projeto<sup>10</sup> de uma concessão real, ainda em fase de licitação, fornecido no estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental (EVTEA). Mais informações sobre o escopo e detalhes sobre a modelagem do contrato são apresentados juntamente com os pressupostos metodológicos usados no desenvolvimento do trabalho nas próximas subseções, bem como na seção seguinte sobre resultados e discussão.

---

10. Fluxo de caixa desalavancado, obtido antes das despesas financeiras (juros sobre a dívida). Também é conhecido como fluxo de caixa disponível da empresa (FCDE) ou *free cash flow to the firm* (FCFF).

### 3.1 Modelagem do tráfego

O risco de demanda foi assumido como a única fonte de incerteza e considerado como uma variável estocástica. Esse risco é extremamente crítico no caso de concessões rodoviárias, cujas receitas dependem, em quase sua totalidade, do pagamento de tarifas por parte dos usuários.

A evolução da demanda ao longo do tempo foi modelada como um processo estocástico de difusão seguindo um MGB, expresso genericamente pela equação (3). Esse processo é frequentemente utilizado pela literatura na análise de opções reais em projetos de infraestrutura (Brandão e Saraiva, 2007; Galera, 2006; Martins, Marques e Cruz, 2015).

$$ds = \mu \cdot S \cdot dt + \sigma \cdot S \cdot dz \quad (3)$$

Em que:

- $S$  é igual ao valor ativo subjacente;
- $\mu$  é igual à taxa de crescimento;
- $dz$  é igual ao incremento de Wiener padrão,  $\varepsilon \cdot \sqrt{dt}$ ,  $\varepsilon \sim N[0,1]$ ; e
- $\sigma$  é igual à volatilidade.

A solução da equação para intervalos de tempo anuais utilizada para modelagem estocástica do volume de tráfego ( $\theta$ ) é dada pela equação (4).

$$\theta_{t+1} = \theta_t \cdot e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma \cdot \varepsilon \cdot \Delta t} \quad (4)$$

Em que:

- $\theta_{t+1}$  é igual ao volume de tráfego no período  $t+1$ ;
- $\theta_t$  é igual ao volume de tráfego no período  $t$ ; e
- $\Delta t$  é igual ao intervalo de tempo.

Em geral, existe certo consenso em relação ao otimismo inicial sobre a demanda em projetos de infraestrutura (Colín, 2016). Encontram-se na literatura estudos empíricos voltados para a análise do risco de demanda em projetos de transportes (Bain, 2009; Flyvbjerg, Holm e Buhl, 2005;

Lana, 2014). Os estudos demonstram haver uma forte dispersão entre o tráfego real e o projetado no primeiro ano e apontam para a existência de um viés de superestimação do tráfego inicial nos estudos de viabilidade nos empreendimentos explorados pela iniciativa privada.

Em estudos semelhantes com aplicação da TOR (Brandão *et al.*, 2012; Colín, Soliño e Galera, 2017; Galera, 2006), o tráfego foi modelado prevendo-se uma dispersão inicial em função do viés de otimismo dos estudos de demanda. Diferentemente das referências mencionadas, o objetivo proposto para este trabalho é avaliar exclusivamente o valor da opção de abandono conferida pela Lei de Relicitação. Pondera-se que a modelagem dos vieses de estimativa seria responsável pela incorporação de uma variável adicional extrínseca à questão da devolução contratual, que certamente aumentaria o seu retorno. Por essa razão, optou-se, a princípio, por não o considerar, embora se faça relevante o registro do fenômeno.

### 3.2 Abordagem neutra ao risco

A TOR se baseia na abordagem neutra ao risco e, por esse motivo, a questão da escolha da taxa de retorno do projeto é eliminada. Em outras palavras, esse pressuposto deduz o prêmio pelo risco assumido da taxa de retorno do ativo subjacente. Dessa forma, no ambiente neutro a risco a taxa de retorno esperada é aquela livre de risco.

Na ausência de opções, em tese, os resultados obtidos pela análise convencional dos fluxos de caixa descontados e pela análise neutra a risco são rigorosamente os mesmos. O *drift* da taxa de crescimento do processo de difusão do ativo subjacente – também chamado de prêmio de risco ( $\lambda$ ) – compensa o desconto do fluxo de caixa por uma taxa de retorno menor. A equação de difusão da demanda adaptada à condição de neutralidade é expressa por:

$$dS_{ajustado} = (\mu - \lambda) \cdot S_{ajustado} \cdot dt + \sigma \cdot S_{ajustado} \cdot dz \quad (5)$$

Sendo  $S_{ajustado}$  o valor do ativo subjacente neutro ao risco.

Definido o processo neutro a risco, pode-se determinar a equivalência da variável tráfego na abordagem neutra a risco  $\theta_{ajustado}$ , dado pela equação a seguir.

$$\theta_{t+1}^{ajustado} = \theta_t^{ajustado} \cdot e^{(\mu - \lambda - \frac{\sigma^2}{2})\Delta t + \sigma \cdot \varepsilon \cdot \Delta t} \quad (6)$$

No caso de ativos regularmente negociados em mercado, o prêmio de risco pode ser obtido diretamente ou por meio do modelo *capital asset pricing model* (CAPM). Contudo, para ativos não negociados, devem-se utilizar métodos indiretos, sendo o proposto por Freitas e Brandão

(2010), adotado neste trabalho. De acordo com os autores, os valores do fluxo de caixa descontado sob o processo de difusão verdadeiro e o esperado pela abordagem neutra a risco sob o processo de difusão devem ser os mesmos para um projeto sem opções. Tem-se, dessa forma:

$$E \left[ \sum_{i=1}^n \frac{f(\theta)}{(1 + \mu)^i} \right] = E \left[ \sum_{i=1}^n \frac{f(\theta_{ajustado})}{(1 + \mu - \lambda)^i} \right] \quad (7)$$

Em que:

- $d\theta$  é igual a  $\mu.\theta.dt + \sigma.\theta.dz$ , que significa processo verdadeiro de difusão da demanda de tráfego;
- $d\theta_{ajustado}$  é igual a  $(\mu - \lambda).\theta_{ajustado}.dt + \sigma.\theta_{ajustado}.dz$ , que significa processo neutro a risco da difusão da demanda de tráfego;
- $\lambda$  é igual ao prêmio de risco de tráfego;
- $f(\theta)$  é igual aos fluxos reais de caixa do projeto; e
- $f(\theta_{ajustado})$  é igual aos fluxos de caixa do projeto neutro a risco.

Considerando que os valores remanescentes da equação (7) são conhecidos,  $\lambda$  pode ser determinado com o uso da ferramenta Goal Seek do Excel, no fluxo de caixa neutro a risco, assumindo como alvo o resultado do fluxo de caixa real.

### 3.3 Modelagem da opção de abandono

Seja um projeto de concessão com  $N$  anos de duração, no qual é possível encerrá-lo prematuramente no período  $T$  (sendo  $T < N$ ) e a indenização pelos investimentos em bens reversíveis é expressa por  $I_T$ . Nesse caso, a extinção ocorre somente quando  $I_T$  supera o valor presente da continuidade ( $V_T$ ), dado pelos fluxos de caixa remanescentes. Nessa condição, em que o projeto é tido como não mais viável, o valor da opção de abandono ( $P_T$ ) é definido por:

$$P_T = \begin{cases} 0 & \text{se } I_T \leq V_T \\ I_T - V_T & \text{se } I_T > V_T \end{cases} \quad (8)$$

Para qualquer período  $t$  ( $0 < t < N$ ), tem-se

$$P_t = \frac{E[P_T]}{(1 + r_f)^{T-t}} \quad (9)$$

## TEXTO para DISCUSSÃO

Em que:

- $P_t$  é igual ao valor da opção de abandono em  $t$ ;
- $E[PT]$  é igual ao valor esperado da opção de abandono em  $T$ ;
- $rf$  é igual à taxa de juros livre de risco; e
- $T$  é igual ao período em que a opção pode ser exercida.

Os fluxos de caixa livre em cada período  $t$  ( $FCL_t$ ) são expressos em função do volume de tráfego ( $\theta_t$ ), de tal forma que  $FCL_t = f(\theta_t)$ . O valor da continuidade do projeto<sup>11</sup> no período  $T$  é definido na equação (10). A indenização  $I_T$  vinculada aos bens reversíveis da concessão será discutida na subseção seguinte.

$$V_T = \sum_{i=T+1}^N \frac{FCL_i(\theta_t^{ajustado})}{(1 + r_f)^{i-T}} \quad (10)$$

Com relação à indenização, assumiu-se que o montante de liquidação em todos os períodos é conhecido e fixo com relação ao fluxo de caixa. Essa mesma premissa foi adotada por Robichek e Horne (1967), embora nada impeça que ela seja definida por meio de uma função de probabilidade (Dyl e Long, 1969). Com essa premissa, o valor esperado da indenização em cada período do projeto é conhecido *a priori* e permite a sua comparação com os resultados esperados dos fluxos de caixa futuros.

Na hipótese de o abandono depender do momento ótimo, incorpora-se uma nova possibilidade no binário de decisões: descontinuar o projeto imediatamente ou mantê-lo até o término da vigência contratual. A nova condição permite ao concessionário deixar de exercer a opção imediatamente e carregá-la até um momento futuro, prévio ao seu término, que lhe seja economicamente mais vantajoso.

Partindo da premissa de que o término antecipado pode ocorrer em qualquer período dentro da duração do contrato ( $T < N$ ), a opção pode ser modelada utilizando o MQOMC. O seu objetivo é fornecer uma aproximação para a regra do exercício ótimo da opção americana – aquela que maximiza o seu valor.

11. Assumindo que o abandono ocorre no último dia útil de  $T$ , logo, o valor remanescente do projeto considera o período de  $T+1$  até  $N$ .

Na data de vencimento, a estratégia ótima ocorre quando ela se encontra *in-the-money*. Nos períodos intermediários, no entanto, a estratégia se baseia na comparação entre o *payoff* da antecipação com os fluxos de caixa esperados da continuidade, devendo o seu portador exercê-la somente quando o exercício imediato é mais valioso.

A questão primordial do método reside na identificação do valor da continuidade, aproximada por meio das funções de expectativa obtidas da análise transversal dos resultados simulados. A avaliação do algoritmo é feita recursivamente – do último em direção ao primeiro período em que é possível o exercício da opção –, o que demanda a avaliação de uma série de matrizes intermediárias. O processo de aplicação do algoritmo MQOMC adotado neste trabalho pode ser resumido em sete etapas, a seguir descritas.<sup>12</sup>

- 1) Gera-se uma trajetória randômica, 10 mil iterações ao todo, do tráfego  $\theta_t^{ajustado}$  para cada um dos  $N$  anos da concessão (equação 6). Obtém-se, na sequência, os respectivos fluxos de caixa associados aos volumes de tráfego encontrados em cada iteração, considerando  $FCL_t = f(\theta_t)$ .
- 2) Calcula-se para todas as trajetórias o *payoff* da opção no período de seu vencimento, ano  $N$  do projeto, de acordo com o definido pela equação (8).
- 3) Em seguida, no período  $N-1$ , deve-se decidir sobre o benefício do exercício antecipado em detrimento de carregar a opção até  $N$ . A continuidade em  $N-1$  é obtida regredindo os vetores  $Y$ ,  $X$  e  $X^2$ . A variável dependente representa os fluxos de caixa descontados do resultado da opção em  $N$ , condicionado ao seu não exercício em  $N-1$ . A variável  $X$  corresponde ao valor do ativo subjacente no período  $N-1$ . É equivalente à continuidade do projeto ( $V_{N-1}$ ), expressa pela equação (10). Somente os caminhos em que a opção se encontra *in-the-money* no período avaliado são usados na regressão.<sup>13</sup>
- 4) Substitui-se, em cada trajetória, o valor do ativo subjacente  $V_{N-1}(X)$  na função de expectativa condicional de modo a se obter o valor da continuidade ( $Y$ ). Na sequência, esse resultado é comparado com o valor do exercício imediato ( $I_{N-1} - V_{N-1}$ ). Nas trajetórias em que se verifica o exercício imediato como ótimo, atribui-se o valor da opção ( $I_{N-1} - V_{N-1}$ ) e zero nas demais células. Esse vetor é então adicionado à matriz de fluxos de caixa da opção, na coluna correspondente ao período em análise. Registra-se que quando ela é exercida em  $N-1$ , o valor do fluxo de caixa

12. Mais detalhes sobre a aplicação prática do método dos mínimos quadrados podem ser encontrados no exemplo apresentado no trabalho de Longstaff e Schwartz (2001).

13. Focando nos caminhos *in-the-money*, limita-se a região sobre a qual a expectativa condicional deve ser estimada, o que reduz a necessidade de mais funções de base para obter uma aproximação precisa para a função de expectativa condicional (Longstaff e Schwartz, 2001).

no período seguinte retorna nulo. Isso ocorre porque a opção pode ser exercida somente uma vez e, assim feito, cessam-se os fluxos futuros.

- 5) Procede-se com a avaliação recursiva do momento de abandono ótimo, repetindo os procedimentos listados em 3 e 4 para  $N-2$ ,  $N-3$ , ...,  $N-k$ , correspondente ao primeiro período em que o exercício da opção é possível.
- 6) Uma vez identificados os fluxos de caixa gerados pela opção, desconta-se o valor de cada trajetória para o período que se deseja avaliar, conforme a equação (9). O seu valor corresponde ao valor esperado de todas as trajetórias.
- 7) Conhecida a estratégia de exercício ótimo, registra-se, para cada iteração, o período em que a opção é exercida. O resultado médio é então calculado e considerado como ano esperado em que ocorre o encerramento do projeto.<sup>14</sup>

A simulação estocástica do tráfego e os respectivos fluxos de caixa foram gerados em planilhas eletrônicas em Excel e com o uso do *software @risk*. Os resultados serviram como dados de entrada para um *script* na linguagem *R*, que automatizou a aplicação do MQOMC para o cálculo da opção de abandono. O *script* pode ser visualizado no apêndice.

Quanto às demais variáveis necessárias para calcular o valor da opção, a taxa de crescimento do tráfego utilizada foi a taxa anualizada aplicada na estruturação do fluxo de caixa, calculada em 2,29%.

A taxa de desconto livre de risco ( $rf$ ) foi obtida a partir dos dados fornecidos pela Secretaria do Tesouro Nacional e aplicados na composição da taxa de desconto adotada no modelo econômico-financeiro do EVTEA do projeto (STN, 2015).

O documento considera a taxa livre de risco a partir do histórico dos retornos nominais dos títulos de longo prazo do Tesouro norte-americano, cujo retorno médio ficou em 4,33%. A esse resultado adicionou-se a taxa de risco país, estimada em 4,18% (mediana do EMBI+). Os retornos nominais foram descontados pela taxa de inflação média americana de 2,33%, resultando em uma taxa livre de risco real de 6,04%.

No tocante à volatilidade do tráfego, dada a indisponibilidade de dados históricos do tráfego na rodovia analisada que pudessem servir de base para projeções e análises, foi necessário

---

14. Os caminhos em que o exercício da opção não é verificado como ótimo são desconsiderados na formação dessa média.

recorrer a inferências indiretas sobre a volatilidade do tráfego. Essa foi estimada com base no índice da ABCR (2019).

O índice da Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias (ABCR) tem grande relevância na análise conjuntural da economia brasileira. Trata-se de um indicador de alta frequência e que se correlaciona com indicadores econômicos relevantes, como o produto interno bruto (PIB), a produção na indústria, as vendas no comércio varejista, os salários, entre outros.

Segundo Galera (2006), a volatilidade é expressa como o desvio-padrão do logaritmo dos retornos (crescimento) do tráfego (equação 11). A série histórica do índice ABCR é apresentada na tabela 1 entre 1999 e 2019, juntamente com as taxas de crescimento e os log-retornos do crescimento do tráfego. A volatilidade encontrada foi de 2,93%.

$$c_t = \ln\left(\frac{\varphi_t}{\varphi_{t-1}}\right) \quad (11)$$

Sendo  $c_t$  o log-retorno no índice no período  $t$ , e  $\varphi$  a média anual do índice ABCR para os períodos  $t$  e  $t-1$ .

**TABELA 1**

**Série histórica do índice ABCR e volatilidade do tráfego**

Ano	Índice ABCR anual	Crescimento (%)	$c_t$
1999	100,00	-	-
2000	98,73	-1,27	-0,012796288
2001	99,46	0,74	0,007403354
2002	101,06	1,61	0,015973807
2003	99,14	-1,90	-0,019224291
2004	103,05	3,94	0,038685582
2005	105,53	2,41	0,023801324
2006	107,49	1,86	0,018381558
2007	113,99	6,04	0,058679265
2008	120,91	6,07	0,058961165
2009	123,60	2,23	0,022031636
2010	133,12	7,70	0,074187861
2011	141,44	6,25	0,060641655
2012	147,97	4,62	0,04512655
2013	153,59	3,80	0,037257132
2014	157,23	2,37	0,023449606

(Continua)



## TEXTO para DISCUSSÃO

(Continuação)

Ano	Índice ABCR anual	Crescimento (%)	$c_t$
2015	154,25	-1,90	-0,019166938
2016	148,85	-3,50	-0,035606183
2017	151,51	1,78	0,017687297
2018	150,44	-0,71	-0,007078068
2019	155,88	3,62	0,035515148
Volatilidade ( $\sigma$ )			2,93%

Fonte: ABCR (2019).

### 3.4 Indenização pelos investimentos em bens reversíveis

Os valores da indenização relativos aos investimentos vinculados a bens reversíveis para cada período  $t$  foram calculados a partir dos dados disponíveis no fluxo de caixa do projeto. Segundo o art. 6º da resolução ANTT nº 5.860/2019 (ANTT, 2019a), o valor a ser ressarcido deve ser calculado pelo custo histórico, descontados os tributos recuperados, despesas financeiras, depreciação e amortização.

Sob a perspectiva das concessões, o ativo intangível deve ser amortizado dentro da vigência contratual. A sua estimativa se dá de acordo com o padrão de consumo do benefício econômico por ele gerado, usualmente em função da curva de demanda. No entanto, a aplicação da curva de amortização pode se basear em expectativas distintas sobre o tráfego ou as operadoras podem aplicar diferentes políticas contábeis. Essas questões podem impactar diretamente a estimativa da indenização (ANTT, 2019b).

Por esse motivo, o art. 11 da referida resolução define que “as taxas de depreciação ou amortização utilizadas serão lineares, considerando o prazo entre o momento em que o ativo estiver disponível para uso e a sua vida útil” (ANTT, 2019a). No caso da infraestrutura física do sistema rodoviário, o parágrafo único do artigo dispõe que a sua vida útil “considerará o prazo final da concessão pelo advento do seu termo definido em contrato” (ANTT, 2019a). Assim, por simplificação da modelagem, assumiu-se que os investimentos realizados em cada período ( $\omega_i$ ) e a sua disponibilização para uso previstos no fluxo de caixa ocorrem no início do mesmo período. A amortização linear em cada período  $t$  da concessão ( $A_t$ ), para um projeto de duração de  $N$  anos, é fornecida pela equação (12).

$$A_t = \sum_{i=1}^t \frac{\omega_i}{(N - i + 1)^i} \quad (12)$$

Para os fins propostos neste trabalho, considerou-se o montante de indenização como a diferença entre os resultados acumulados dos fluxos de investimentos e depreciação/amortização.

É importante salientar que, a princípio, não foi aplicada qualquer espécie de desconto ao valor indenizável a título de eventuais multas contratuais, dívidas e demais despesas relacionadas ao processo de relicitação. Posteriormente, na seção de resultados e análises, realizou-se uma análise de sensibilidade para avaliar os efeitos que os descontos exercem sobre a opção real.

Outra consideração importante a se fazer com relação à indenização trata sobre a regulamentação do Imposto de Renda (IR) (Brasil, 2018), quanto ao início da depreciação. O art. 31, § 2º considera a depreciação dedutível a partir da época em que o bem é instalado, posto em serviço ou em condições de produzir. Esse montante poderá ser computado como custo ou encargo a cada período de apuração.

Assim, para fins de cálculo da indenização, da mesma forma que foi definido no fluxo de caixa do EVTEA, estabeleceu-se como premissa que o Capex para cada ano entra em disponibilidade no início do período, assim como a sua depreciação. Eventuais variações que essa premissa possa causar no valor reembolsável e seu impacto na OR foram analisados por meio da análise de sensibilidade, cujos resultados serão apresentados mais adiante.

### 3.5 Passivo contingente esperado ( $PC_T$ )

O processo de relicitação pode ser interpretado como uma espécie de garantia que o poder concedente oferece ao concessionário, comprando de volta o ativo em casos de insolvência (Colín, 2016). Independentemente de o ônus ser coberto pelos cofres do governo ou repassado para o operador seguinte, como prevê a Lei nº 13.448/2017, art. 15A, III, é importante incorporar à avaliação em questão a necessidade de previsão orçamentária para arcar com os eventuais custos da devolução, o que se denomina neste trabalho de passivo contingente ( $PC_T$ ).

O  $PC_T$  corresponde ao montante da indenização por investimentos em bens reversíveis trazido a valor presente, descontado pela taxa livre de risco, nas trajetórias da simulação Monte Carlo em que se identifica o exercício da opção em  $T$  (equação 13). Nas demais, o resultado é nulo. O valor esperado de  $PC_T$  representa indenização média diante das incertezas inerentes ao projeto, modeladas a partir de um processo estocástico.

$$PC_T = \frac{I_T}{(1 + r_f)^T} \quad (13)$$

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, inicialmente, se discute a formulação do cenário base de avaliação da opção real de abandono contratual. Os resultados obtidos foram, posteriormente, usados como referência para a comparação com as demais simulações realizadas, alterando-se as variáveis e aspectos de maior relevância na formação do preço da OR.

### 4.1 Cenário base

O cenário base seguiu as mesmas premissas e custos definidos no EVTEA do edital da concessão (ANTT, 2019c). Registra-se que as únicas alterações em relação ao fluxo de caixa original ocorreram, primeiramente, com a previsão de receita, que considerou o crescimento anualizado do tráfego em 2,29% ao ano (a.a.). Essa premissa se fez necessária para a comparação do fluxo de caixa estático do projeto com o fluxo dinâmico, que considerou a variável tráfego seguindo um MGB.

A segunda alteração se deu com relação às tarifas cobradas. O contrato, originalmente, prevê a diferenciação tarifária para segmentos em pista simples (PS) e pista dupla (PD), respectivamente R\$ 8,54 e R\$ 11,10 por eixo equivalente. Na modelagem, as receitas foram previstas com a cobrança da tarifa diferenciada em cada praça de pedágio, seguindo o cronograma de duplicações do projeto.

O cenário base, no entanto, simplificou o fluxo original dividindo o projeto em três fases para fins de tarifas praticadas. Durante a primeira fase, prevista entre o 2º e o 8º ano e coincidente com o primeiro ciclo de duplicações, foi considerada uma tarifa única para PS de R\$ 8,54. Na segunda fase, do 9º ao 20º ano, adotou-se a média entre o praticado em PS e PD, de R\$ 9,82. Por fim, a terceira fase, do 21º ao 30º ano, considerou toda concessão em PD e a tarifa praticada em todas as praças de R\$ 11,10.

A partir das modificações descritas, a avaliação tradicional, pelo fluxo de caixa estático, forneceu um VPL de R\$ 84,05 milhões e uma taxa interna de retorno (TIR) de 9,56%. A título de comparação, o fluxo de caixa original do EVTEA resultou em um VPL residual de R\$ 113 mil e TIR de 9,20%, o mesmo custo de capital.

As demais premissas consideradas para o cenário base foram:

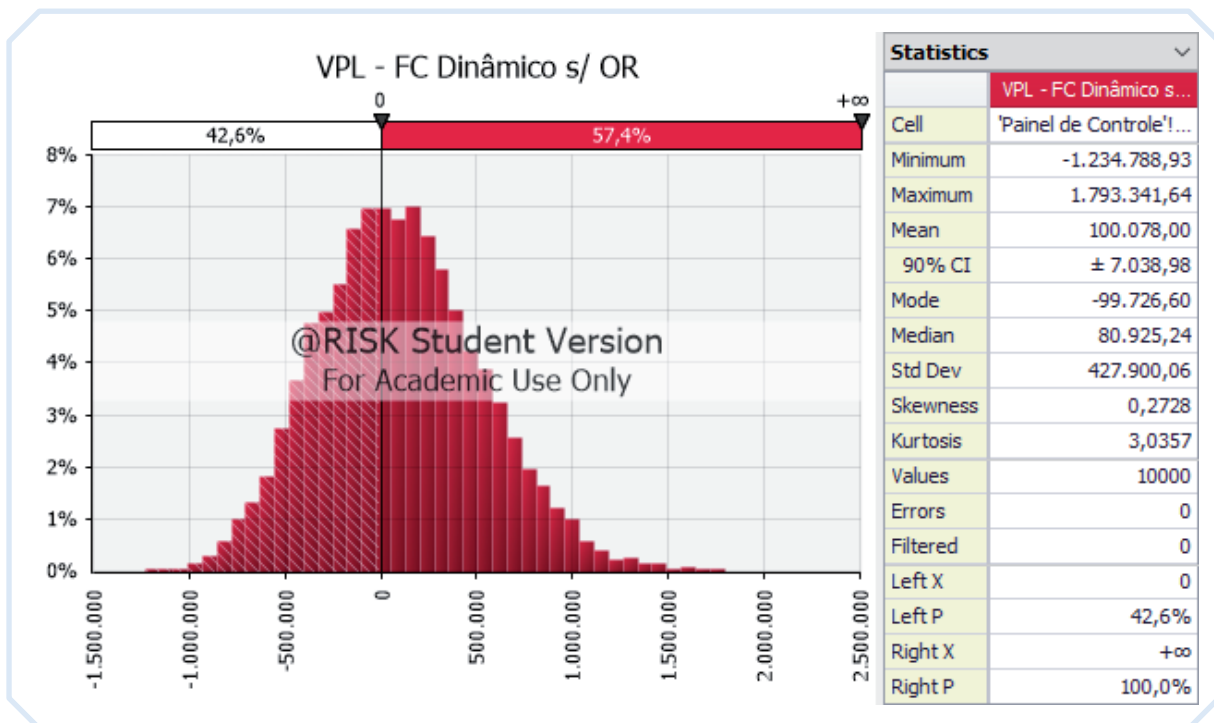
- percentual de desconto *bid* é igual a 0%;
- custo capital (WACC) é igual a 9,20%;

- taxa livre de risco ( $r_f$ ) é igual a 6,04%;
- taxa de crescimento do tráfego ( $\mu$ ) é igual a 2,29%;
- volatilidade do tráfego ( $\mu$ ) é igual a 2,93%;
- Porcentagem de multa por inadimplência é igual a 0%;
- validade da opção é igual do 2º ao 29º ano; e
- indenização calculada com base na amortização linear do investimento.

De acordo com os pressupostos apresentados, foi possível calcular o fluxo de caixa dinâmico do projeto, ainda sem qualquer tipo de opção real, via simulação Monte Carlo. O valor esperado do VPL foi de R\$ 100,08 milhões, com a probabilidade de um resultado positivo em 57,4% das simulações (figura 1). A TIR esperada foi de 9,56% (figura 2).

### FIGURA 1

#### Análise do VPL do projeto sem opções – cenário base

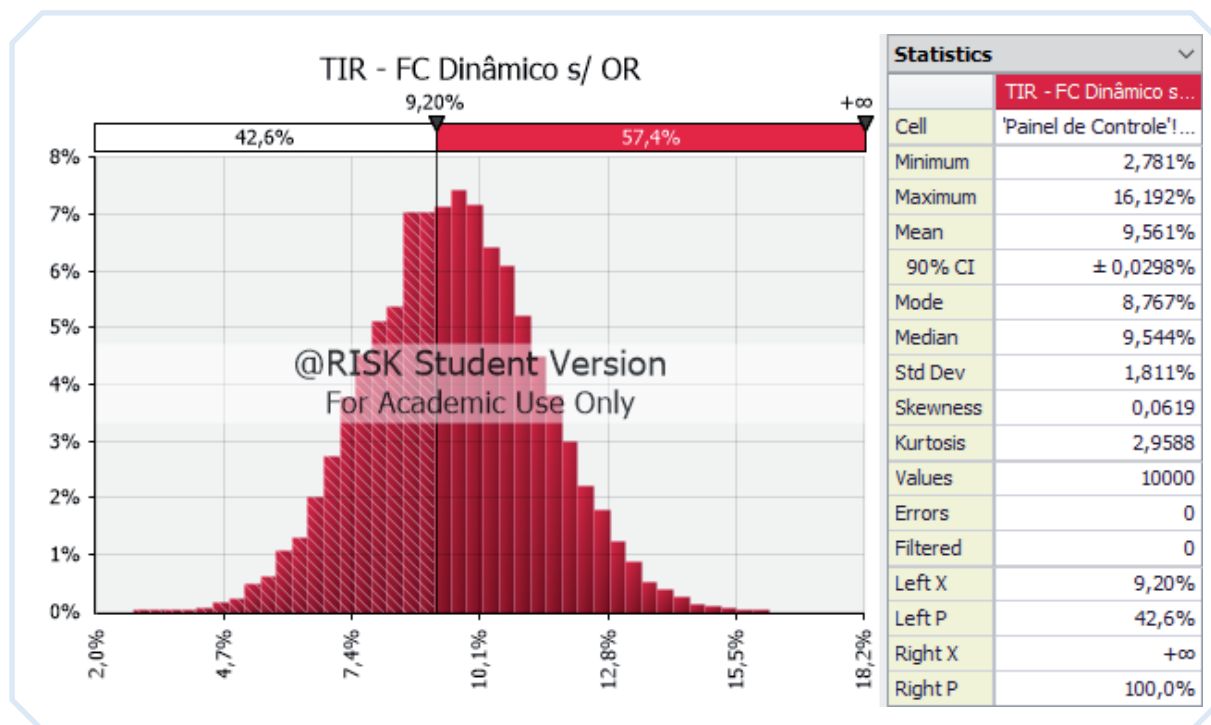


Elaboração do autor.

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

**FIGURA 2**

Análise da TIR do projeto sem opções – cenário base

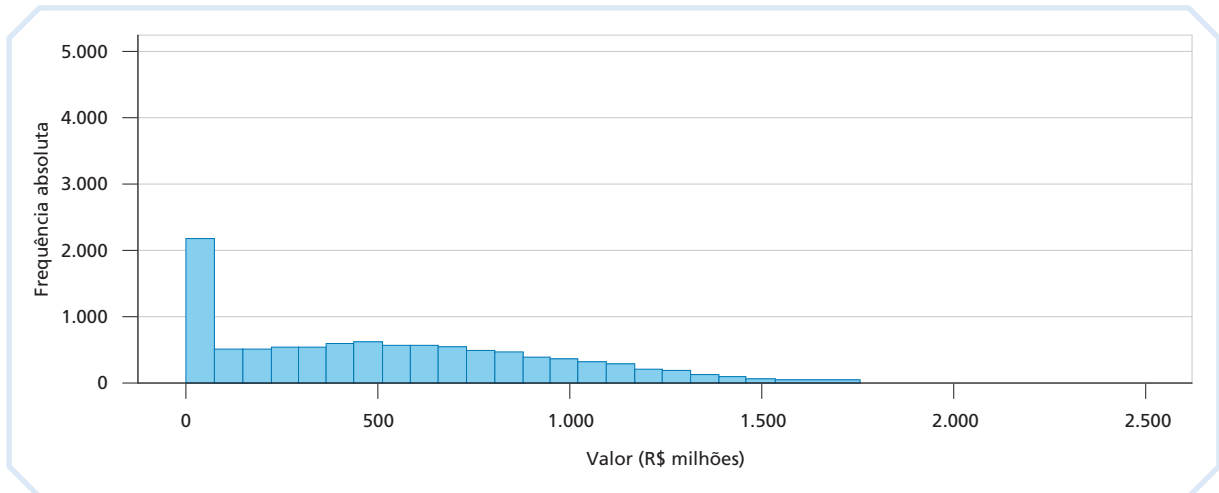


Elaboração do autor.

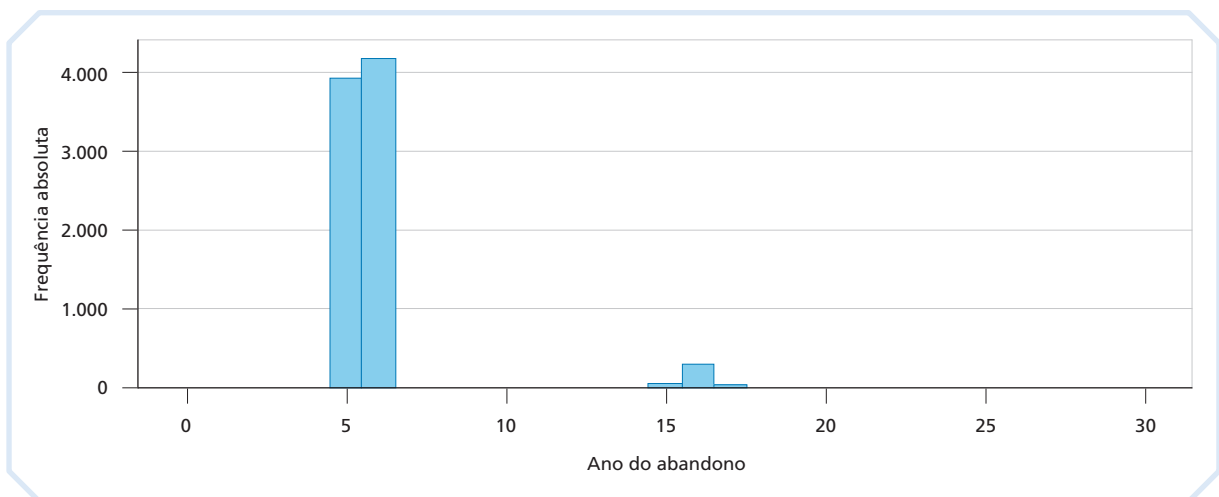
Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

A avaliação da medida neutra em relação ao risco, obtida igualando-se o fluxo de caixa estático ao neutro a risco, indicou que o prêmio do risco de tráfego ( $\delta$ ) era igual a 1,21% e o VPL neutro a risco, R\$ 87,34 milhões. Quando avaliado o projeto com a opção de abandono, verificou-se que esta possui um valor esperado de R\$ 497,70 milhões. O histograma apresentado no gráfico 1 mostra a distribuição dos resultados.

No que tange ao exercício da opção, os resultados demonstraram que em 84,53% das simulações o contrato é descontinuado. Entre os períodos em que se prevê o abandono, a maior parte ocorreu no sexto ano do projeto (aproximadamente 42% dos casos). O ano esperado foi 5,93 anos (gráfico 2).

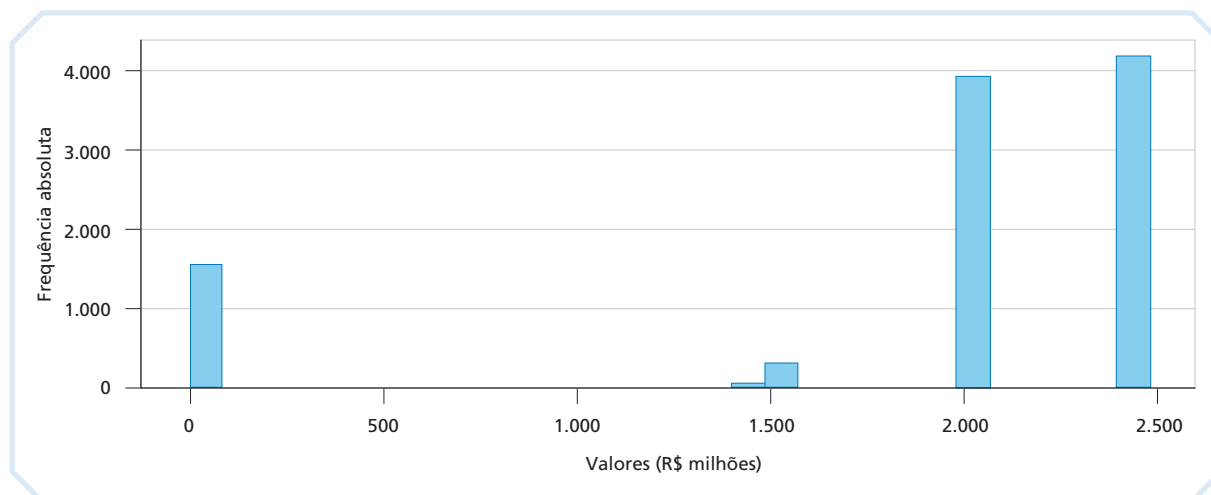
**GRÁFICO 1****Análise do valor da opção de abandono – cenário base**

Elaboração do autor.

**GRÁFICO 2****Ano esperado para o abandono do projeto – cenário base**

Elaboração do autor.

O valor esperado do  $PC_7$  no cenário base foi igual a R\$ 1,88 bilhão (gráfico 3).

**GRÁFICO 3** **$PC_T$  esperado – cenário base**

Elaboração do autor.

**4.2 Análise de sensibilidade sobre o valor da indenização**

Essa análise buscou simular o valor da opção mediante diferentes percentuais de desconto e acréscimo sobre a indenização, possíveis por fatores distintos, como será visto a seguir.

O Decreto nº 9.957/2019 (Brasil, 2019) determina, em seu art. 11, que, da indenização destinada a remunerar o concessionário pelo investimento não amortizado, será descontado o montante excedente de receitas tarifárias auferidas por ele, geradas pela contabilização de investimentos não realizados no cálculo da tarifa de pedágio. Multas e outras somas de natureza não tributária devidas pelo contratado também devem ser contabilizadas e subtraídas da compensação.

Portanto, a primeira análise de sensibilidade voltou-se para o possível desconto ao valor indenizável em virtude de multas e outras despesas relacionadas ao processo de relicitação. O cenário base considerou a dedução de 0%. Novas simulações foram feitas até 40% de desconto, em incrementos de 10%. Os resultados são apresentados na tabela 2.

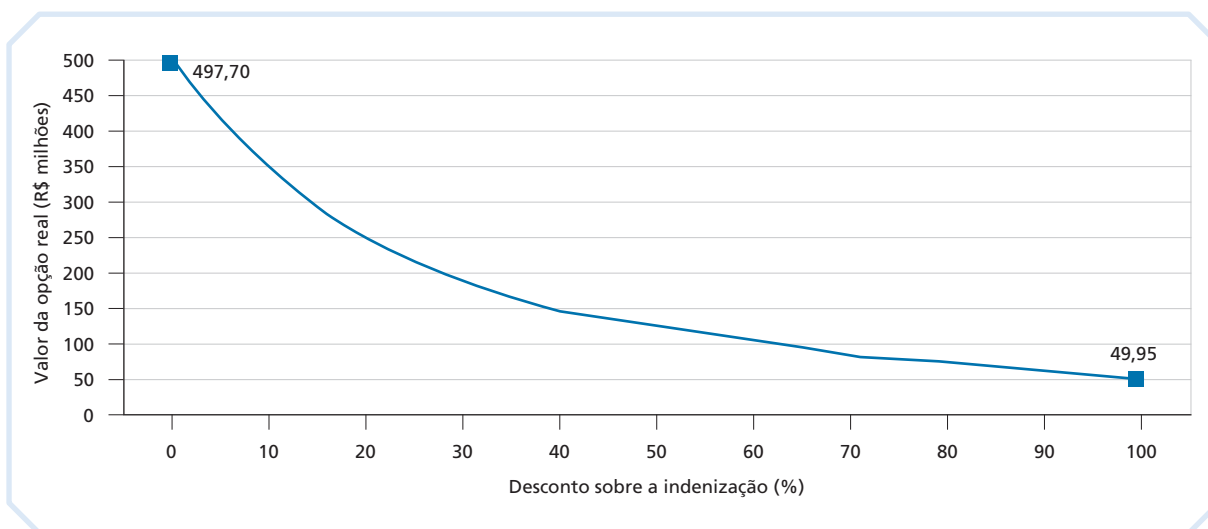
**TABELA 2****Análise de sensibilidade à taxa de desconto sobre a indenização**

Desconto sobre indenização (%)	0 <sup>1</sup>	-10	-20	-30	-40
Valor OR (R\$ milhões)	497,70	345,29	249,02	190,12	147,38
Probabilidade de exercício do abandono (%)	84,53	72,41	59,27	48,89	41,23
Ano esperado do abandono	5,93	5,22	4,30	3,13	2,63
Ano mais provável do abandono (probabilidade)	6 (41,91%)	5 (43,21%)	4 (55,15%)	3 (48,30%)	3 (25,14%)
PC <sub>T</sub> esperado (R\$ milhões)	1.880,70	1.170,62	687,14	333,88	199,25

Elaboração do autor.

Nota: <sup>1</sup> Cenário base.

Ainda sobre o comportamento da OR, o gráfico 4 complementa a análise anterior estressando a sensibilidade até o desconto de 100%, ou seja, na hipótese de não haver indenização pelos investimentos em bens reversíveis. Importa registrar que, mesmo nesse cenário extremo, a opção de interromper o projeto ainda possui valor, R\$ 49,95 milhões. Isso porque, em expectativas pessimistas quanto aos fluxos de caixa futuros, a possibilidade de encerrá-lo é ainda mais interessante do que realizar um possível prejuízo, especialmente em iterações cujo VPL sem flexibilidade se mostre negativo. Nessa situação, a probabilidade de término do projeto foi de 19,57%.

**GRÁFICO 4****Valor da opção de abandono de acordo com os diferentes percentuais de desconto sobre a indenização**

Elaboração do autor.



## TEXTO para DISCUSSÃO

A segunda hipótese que pode influenciar a indenização diz respeito à questão de partes relacionadas e à assimetria de informações. Em contratos negociados entre partes relacionadas para a provisão de infraestrutura, faz-se necessário verificar se os custos com obras estão dentro do aprovado pelos acionistas das concessionárias. Essa questão pode gerar eventuais discussões e pleitos adicionais solicitados pela construtora que podem impactar o ativo intangível.

A outra questão está ligada à aderência dos contratos com partes relacionadas aos preços de mercado. Uma vez que esses montantes são utilizados como base para determinação do valor indenizável existe uma dificuldade em se aferir a razoabilidade dos custos incorridos, o que gera uma assimetria de informações. Analogamente à análise de sensibilidade para a hipótese de despesas e multas, simplificou-se a questão de partes relacionadas e da assimetria de informações em uma análise de sensibilidade, majorando o percentual devido de indenização para a avaliação da OR. Os resultados são apresentados a seguir.

**TABELA 3**

**Análise da sensibilidade de desconto sobre preço (partes relacionadas)**

Desconto sobre preço (%)	0 <sup>1</sup>	10	20	30	40
Valor OR (R\$ milhões)	497,70	706,87	938,79	1.184,26	1.439,11
Probabilidade de exercício do abandono (%)	84,53	93,15	97,20	99,23	99,80
Ano esperado do abandono	5,93	6,27	6,28	6,53	6,83
Ano mais provável do abandono (probabilidade)	6 (41,91%)	6 (90,67%)	6 (81,96%)	6 (98,71%)	6 (99,61%)
PC <sub>t</sub> esperado (R\$ milhões)	1.880,70	2.512,49	2.899,68	3.276,90	3.621,39

Elaboração do autor.

Nota: <sup>1</sup> Cenário Base.

### 4.3 Simulações de desconto no *bid*

O critério escolhido para o certame do projeto estudado foi o de leilão híbrido, com uma combinação de menor tarifa e de maior outorga como critério de desempate. Por esse motivo, buscou-se analisar o comportamento do abandono mediante diferentes cenários para o desconto tarifário aplicado pelo potencial vencedor do leilão (% desconto *bid*). Considerou-se, dessa maneira, as projeções de receita tarifária calculadas para um determinado período *t* no fluxo de caixa, conforme a expressão seguinte.

$$RT_t = \theta_t \cdot T_t \cdot (1 - \% \text{ Desconto } bid) \quad (14)$$

Sendo  $RT_t$  a receita tarifária total em  $t$ ;  $\theta_t$  o volume equivalente anual de veículos em  $t$ ; e  $T_t$  a tarifa de pedágio equivalente em  $t$ .

Embora o edital do projeto estipule um deságio máximo sobre a tarifa de 12%, a simulação buscou estressar o modelo, calculando o desconto de 0% a 50%, em incrementos de 10%. Os resultados são apresentados na tabela 4.

**TABELA 4**  
**Análise de sensibilidade de desconto no *bid***

Desconto no <i>bid</i> (%)	0 <sup>1</sup>	10	20	30	40	50
VPL <sub>sem OR<sup>2</sup></sub> (R\$ milhões)	84,05	-420,46	-940,55	-1.446,30	-1.962,06	-2.474,66
Valor OR (R\$ milhões)	497,70	825,00	1.207,88	1.605,22	2.023,97	2.455,89
VPL <sub>com OR</sub> (R\$ milhões)	581,75	404,54	267,33	158,92	61,91	-18,77
Probabilidade de exercício do abandono (%)	84,53	95,11	99,19	99,95	100	100
Ano esperado de abandono	5,93	5,05	4,75	4,01	3,70	2,99
Ano mais provável de abandono (probabilidade)	6 (41,91%)	5 (94,39%)	5 (73,93%)	4 (98,57%)	4 (70,11%)	3 (99,99%)
PC <sub>7</sub> esperado (R\$ milhões)	1.880,70	1.917,60	1.863,80	1.475,33	1.319,36	969,58

Elaboração do autor.

Notas: <sup>1</sup> Cenário base.

<sup>2</sup> VPL neutro a risco.

A relação do máximo de desconto aplicado à tarifa que torna nulo o VPL do projeto com a opção de abandono foi outra análise apreciada. É possível verificar na tabela anterior que o patamar desejado está compreendido entre 40% e 50%, quando o VPL com a OR muda de sinal. Diferentes descontos foram testados dentro desse intervalo, procedendo-se com o cálculo do prêmio de risco e a estimativa do valor da opção. Aquele que mais se aproximou do VPL com OR nulo foi equivalente a um desconto de 48%. Os resultados encontram-se na tabela 5.

É importante destacar que esse procedimento é uma aproximação que se mostrou bem ajustada para compatibilizar a simulação estocástica para cálculo do valor opção e a análise determinística usada para determinar o prêmio de risco.

**TABELA 5****Resumo do cenário com VPL com opção real nulo**

Desconto (%)	48
VPL <sub>sem OR</sub> <sup>1</sup> (R\$ milhões)	-2.373,39
Valor OR (R\$ milhões)	2.369,81
VPL <sub>com OR</sub> (R\$ milhões)	-3,58
Probabilidade de exercício do abandono (%)	100
Ano esperado do abandono	3,03
Ano mais provável do abandono (probabilidade)	3 (99,68%)
PC <sub>T</sub> esperado (R\$ milhões)	971,22

Elaboração do autor.

Nota: <sup>1</sup> VPL neutro a risco

#### 4.4 Análise de sensibilidade à volatilidade do tráfego

O comportamento da OR foi testado mediante diferentes percentuais de volatilidade da demanda. O cenário base a considerou em 2,93%. Foram avaliados cenários com 6% e 9% de volatilidade, evidenciando que o valor da OR é positivamente afetado pelo aumento da incerteza de tráfego. Todavia, observou-se a redução na probabilidade de devolução do contrato. Os resultados são resumidos na tabela 6.

**TABELA 6****Análise de sensibilidade à volatilidade do tráfego**

%	2,93 <sup>1</sup>	6,00	9,00
Valor OR (R\$ milhões)	497,70	719,55	921,29
Probabilidade de exercício do abandono (%)	84,53	75,43	72,87
Ano esperado do abandono	5,93	6,05	6,24
Ano mais provável do abandono (probabilidade)	6 (41,91%)	5 (44,93%)	5 (44,47%)
PC <sub>T</sub> esperado (R\$ milhões)	1.880,70	1.608,54	1.481,70

Elaboração do autor.

Nota: <sup>1</sup> Cenário base.

#### 4.5 Amortização do investimento (método linear *versus* consumo da curva de tráfego)

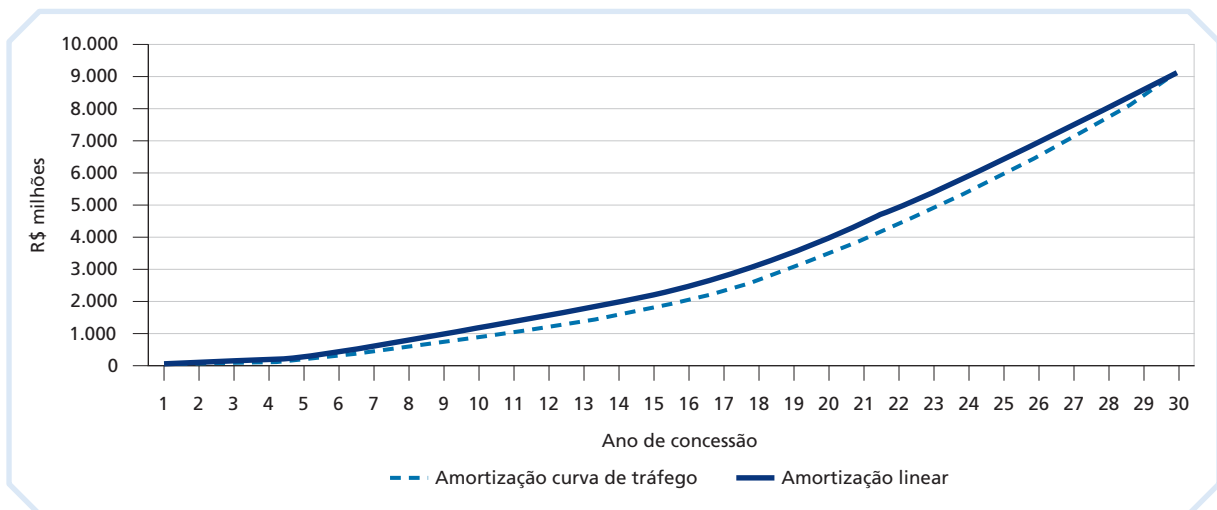
Conforme comentado na subseção 3.4, a Resolução nº 5.860/2019 (ANTT, 2019a) define que se utilizem taxas de depreciação ou amortização lineares para fins de indenização por investimentos em bens reversíveis não depreciados e amortizados em situações de relicitação.

Essa medida foi uma tentativa de se estabelecer um método único a ser utilizado para calcular a compensação, tendo em vista que as concessionárias podem utilizar diferentes políticas contábeis, formas de amortização e terem diferentes expectativas com relação ao consumo do benefício econômico no período remanescente do projeto. Assim, a utilização do método linear procura eliminar a subjetividade e trazer coerência para o cálculo do ativo não depreciado (ANTT, 2019b).

Portanto, buscou-se nesta subseção precificar a opção de abandono com a indenização calculada por diferentes métodos contábeis: a partir da depreciação linear do investimento (cenário base e definido pela resolução) e da amortização pelo consumo do benefício econômico do ativo concedido. Nesse sentido, o gráfico 5 reproduz o resultado acumulado do investimento amortizado pelos diferentes métodos ao longo da concessão.

### GRÁFICO 5

#### Amortização acumulada por diferentes métodos



Elaboração do autor.

Os resultados obtidos para a opção de abandono com a indenização calculada pelos dois métodos são resumidos na tabela 7.

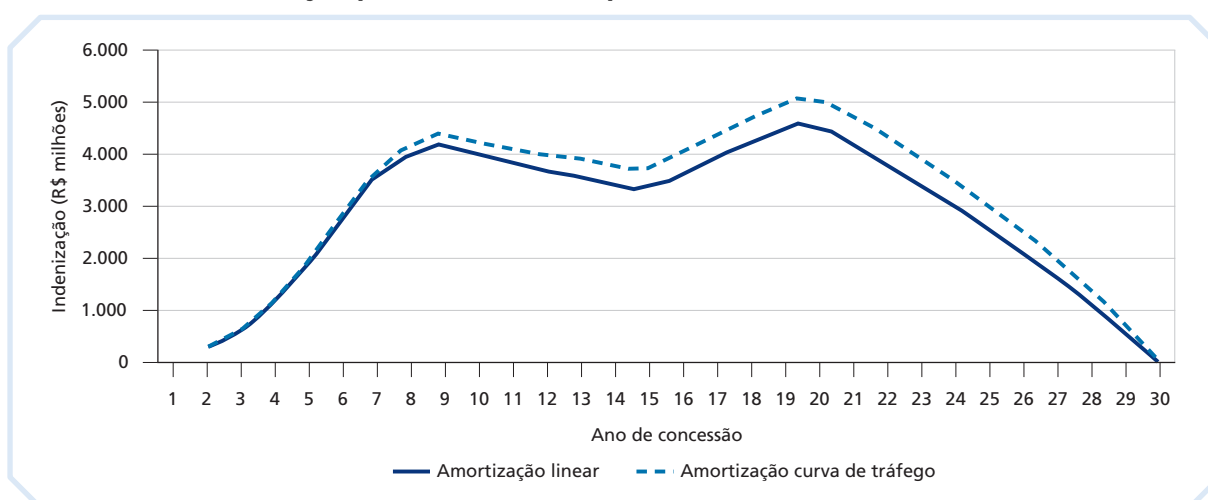
**TABELA 7****Análise comparativa da opção de abandono com diferentes formas de cálculo da indenização**

	Amortização linear investimento (cenário base)	Amortização pela curva de tráfego
Valor OR (R\$ milhões)	497,70	575,89
Probabilidade de exercício do abandono (%)	84,53	92,30
Ano esperado do abandono	5,93	9,43
Ano mais provável do abandono (probabilidade)	6 (41,91%)	6 (42,86%)
PC <sub>7</sub> esperado (R\$ milhões)	1.880,70	2.005,34

Elaboração do autor.

Conforme evidenciado no gráfico anterior, a amortização pela curva de tráfego reduziu o valor do ativo a uma taxa menos acelerada, em comparação com o método linear. Dessa maneira, o investimento não depreciado, calculado por esse primeiro, tendeu a ser mais elevado, culminando em patamares superiores de indenização. Essa condição pode ser visualizada no gráfico 6, que exibe a previsão para cada ano.

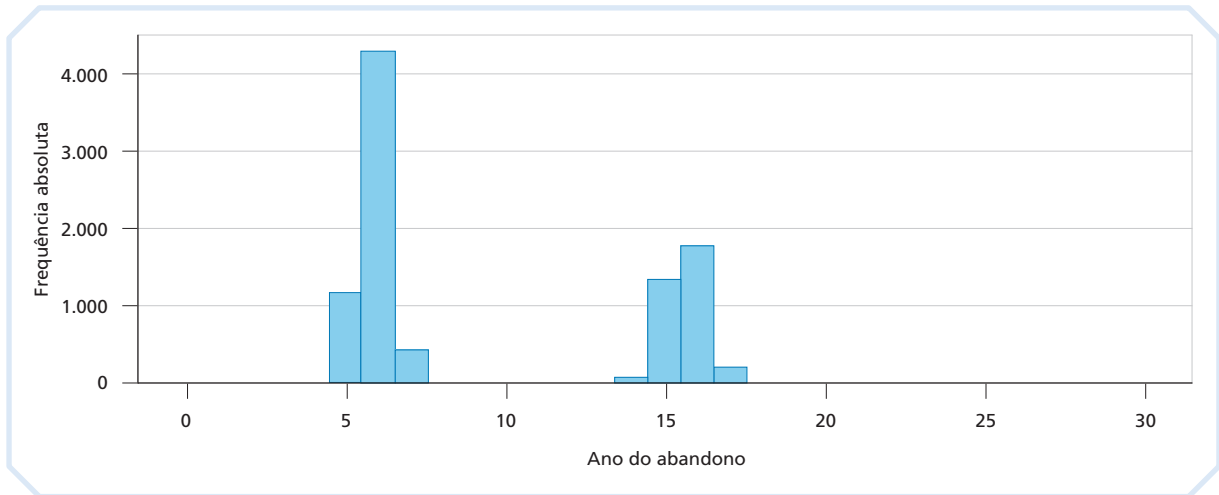
A análise do gráfico demonstra que, por volta do oitavo ano, as cifras indenizatórias obtidas pelos métodos tendem a se distanciar, convergindo novamente próximo ao 28º. Em ambos, o período mais provável para o abandono se deu no sexto ano. Todavia, verificou-se uma maior incidência da relicitação nos anos quinze a dezessete, na hipótese do ressarcimento calculado pela curva de tráfego (gráfico 7). Justifica-se, dessa maneira, o resultado crescente da opção quando o reembolso é calculado por esse critério.

**GRÁFICO 6****Valor da indenização por término antecipado**

Elaboração do autor.

**GRÁFICO 7**

Ano esperado para o abandono do projeto (indenização calculada pela curva de tráfego)



Elaboração do autor.

#### 4.6 Análise da duração da opção

O valor da devolução mediante diferentes cenários de duração da opção foi o objeto da análise apresentada nesta subseção. As cláusulas da minuta da concessão não impõem algum tipo de restrição sobre o período em que o abandono seria possível. Tampouco a Lei nº 13.448/2017 traz uma definição explícita nesse sentido. Somente em seu art. 14, § 1º é definido que compete ao poder concedente avaliar “a necessidade, a pertinência e a razoabilidade da instauração do processo de relicitação do objeto do contrato de parceria” (Brasil, 2017b).

Portanto, o cenário base considerou o término antecipado possível entre os anos 2 e 29. Nessas circunstâncias, os resultados indicaram que, na possibilidade do exercício a qualquer momento, a devolução é mais atrativa nos anos iniciais por dois fatores.

O primeiro deve-se ao intensivo aporte de capital com as obras de ampliação e melhoramento (primeira fase). Destaca-se também que, durante essa fase ou imediatamente após, o valor amortizado do investimento ainda é baixo. Essas duas constatações geram patamares mais elevados de indenização por bens reversíveis em períodos próximos ao término da primeira fase de Capex. O segundo aspecto diz respeito ao valor da compensação no tempo.

Pelos motivos apresentados, é importante que mecanismos para mitigar possíveis devoluções durante os ciclos iniciais de investimento sejam estudados. Essa possibilidade tende a ser mais onerosa ao poder concedente, sobretudo em um momento em que a demanda do projeto ainda

## TEXTO para DISCUSSÃO

não está totalmente consolidada, o chamado período de *ramp up*. Os cenários descritos a seguir mostram quantitativamente os possíveis efeitos sobre a atratividade e o valor da opção quando se impõem barreiras para a devolução.

- Cenário 1: corresponde ao cenário de base. Nele, o abandono é possível do ano 2 ao 29.
- Cenário 2: o exercício pode ocorrer somente após período de *ramp up* do projeto – ano 5 ao 29.
- Cenário 3: o exercício pode ocorrer somente após o término do primeiro ciclo de investimentos até o fim do contrato – ano 9 ao 29.

Os resultados encontrados são resumidos a seguir.

### TABELA 8

#### Análise de sensibilidade do período de exercício da opção

	Cenário 1 ano 2 ao 29	Cenário 2 ano 5 ao 29	Cenário 3 ano 9 ao 29
Valor OR (R\$ milhões)	497,70	497,70	381,93
Probabilidade de exercício do abandono (%)	84,53	84,53	81,95
Ano esperado de abandono	5,93	5,93	11,16
Ano mais provável de abandono (probabilidade)	6 (41,91%)	6 (41,91%)	9 (53,96%)
$PC_T$ esperado (R\$ milhões)	1.880,70	1.880,70	1.690,29

Elaboração do autor.

Ao eliminar a possibilidade da devolução do contrato, ao menos durante a primeira onda de investimentos, reduziu-se o valor da opção em cerca de 23%, e o  $PC_T$  esperado, em R\$ 190 milhões (-10%). Os resultados indicaram, também, que não há diferença em termos do comportamento da OR em restringir o abandono até o quinto ano. Isso representa que até esse período a estratégia ótima é mantê-la viva. Portanto, eventuais ações voltadas para a mitigação do término antecipado devem ser elaboradas, se possível, visando atuar sobre os períodos em que a OR se revela atrativa.

### 4.7 Análise da concessão sem a segunda fase de investimentos

De acordo com o Programa de Exploração Rodoviária (PER) da concessão, a segunda fase de investimentos tem o seu início previsto no 15º e conclusão no 20º ano do projeto. Prevê-se, nessa etapa, a duplicação do trecho restante, além da implantação de terceiras faixas e vias marginais

e da construção e adequação de interseções, ao custo total de R\$ 2,83 bilhões. O cronograma de desembolsos da segunda fase é representado na tabela 9.

**TABELA 9**  
**Cronograma de investimentos da segunda fase**  
(Em R\$ 1 mil)

Ano 15 (2034)	Ano 16 (2035)	Ano 17 (2036)	Ano 18 (2037)	Ano 19 (2038)	Ano 20 (2039)
321.312	562.546	562.546	562.546	574.072	243.296

Elaboração do autor.

Conforme discutido previamente, durante os períodos intensivos em Capex, notou-se um aumento substancial do montante devido de indenização, o que acabou por refletir na opção. A subseção anterior avaliou uma possível estratégia para atenuar a sua atratividade durante a primeira fase do investimento, que seria limitar o abandono para períodos fora desse ciclo. Por sua vez, esta subseção buscou considerar os efeitos que a segunda etapa de inversões exerce sobre a OR. Para tanto, foi avaliado um projeto equivalente, sem a segunda onda.

O primeiro passo para montagem desse cenário foi a retirada do escopo da segunda fase do PER. Sem a duplicação de todo o trecho, a tarifa da terceira (R\$ 11,10) não foi mais aplicada ao fluxo de caixa, prevalecendo o preço intermediário de R\$ 9,82 do ano 8 ao 30, equivalente à cobrança de 50% das praças de pedágio em PD e a outra metade em PS. Na nova configuração de fluxo de caixa, o VPL estático do projeto aumentaria para R\$ 485,88 milhões, ainda mantido o horizonte de trinta anos.

A etapa seguinte buscou diminuir a duração do contrato de modo que o VPL retomasse ao nível do cenário base – ou o mais próximo possível –, mantendo as tarifas previstas em edital. Essa condição foi obtida com o encerramento ocorrendo no vigésimo ano, com um VPL estático igual a R\$ 31,89 milhões.

A probabilidade de um VPL dinâmico positivo no cenário base (sem opção e taxa de desconto de 9,20%) ficou em torno de 54% e o desvio-padrão em R\$ 555,26 milhões. No projeto, sem a segunda fase de Capex e com vinte anos de duração, esse valor situou-se próximo dos 53%, com desvio-padrão de R\$ 305,72 milhões, como mostra a figura 3.

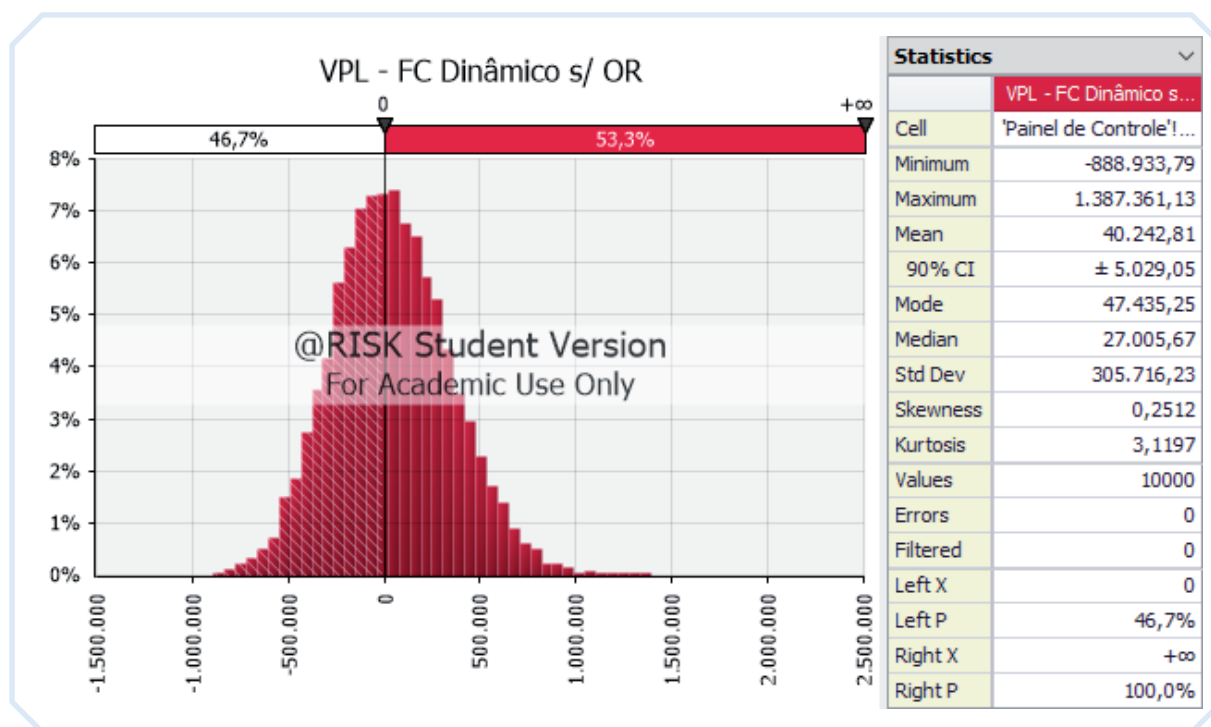
Na sequência, aplicou-se o procedimento para o cálculo da opção de abandono, considerando possível o seu exercício entre os anos 2 e 19. A tabela 10 mostra os resultados para os dois cenários.



## TEXTO para DISCUSSÃO

**FIGURA 3**

VPL sem opção real (projeto sem a segunda fase de investimentos)



Elaboração do autor.

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

**TABELA 10**

Comparativo da opção de abandono com e sem segunda fase de investimento

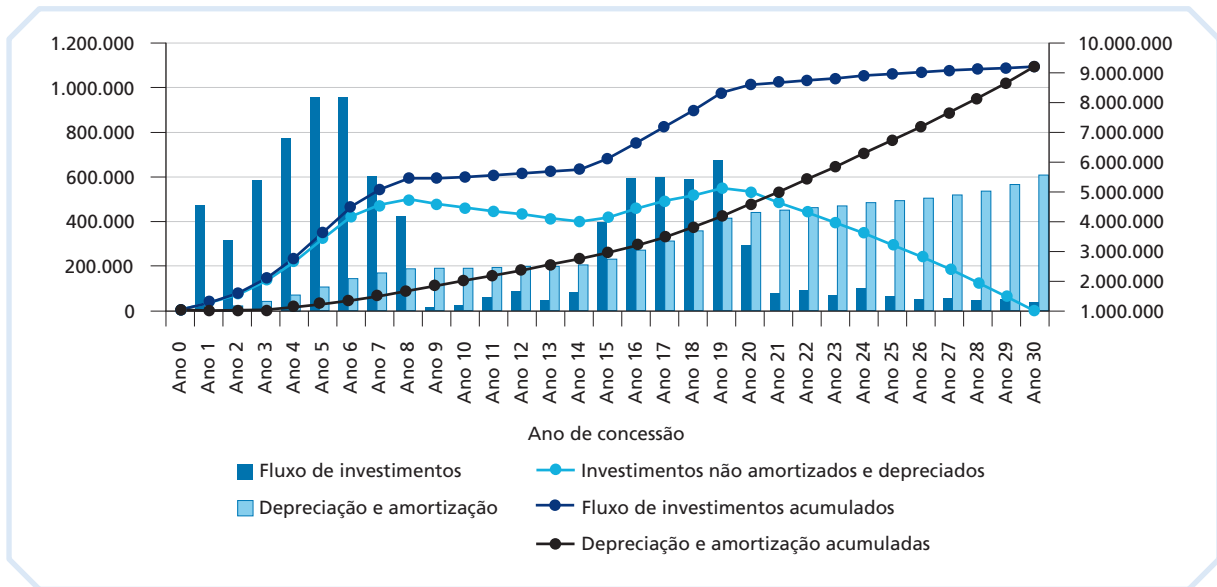
	Com segunda fase de investimento (Cenário base)	Sem segunda fase de investimento
Duração da concessão	30	20
Valor OR (R\$ milhões)	497,70	422,46
Probabilidade de exercício do abandono (%)	84,53	88,87
Ano esperado do abandono	5,93	5,00
Ano mais provável do abandono (probabilidade)	6 (41,91%)	5 (88,20%)
$PC_T$ esperado (R\$ milhões)	1.880,70	1.696,74

Elaboração do autor.

Com relação ao investimento não depreciado e amortizado, os resultados para as duas configurações de projeto e o consequente valor devido de indenização por extinção antecipada são evidenciados nos gráficos 8 e 9.

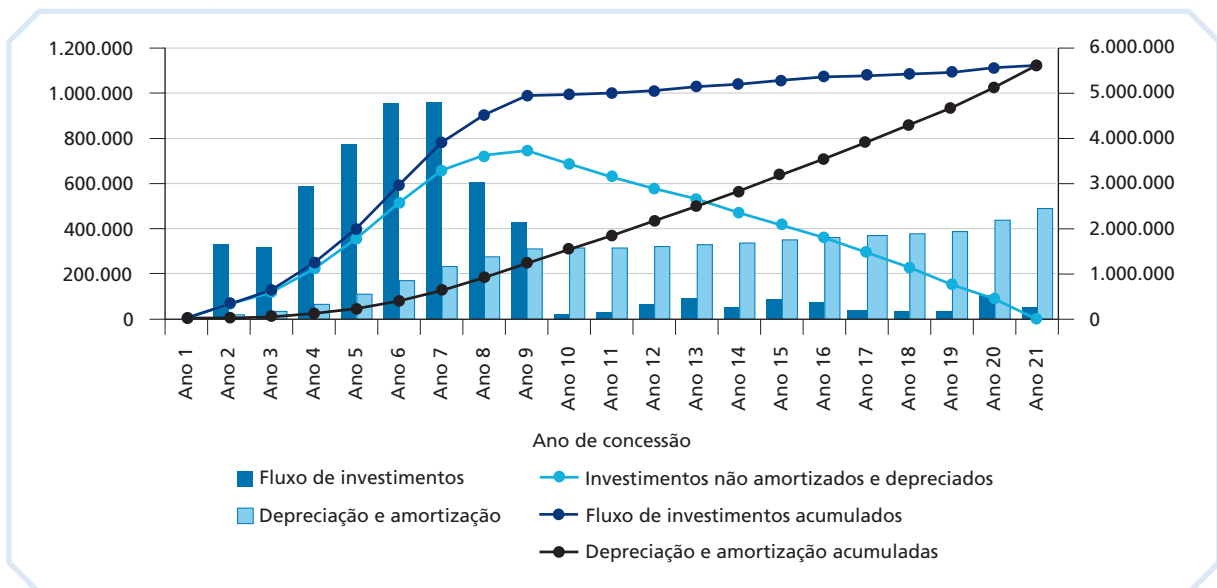
**GRÁFICO 8**

**Fluxos de investimento e depreciação (com a segunda fase de investimentos)**  
(Em R\$ 1 mil)



**GRÁFICO 9**

**Fluxos de investimento e depreciação (sem a segunda fase de investimentos)**  
(Em R\$ 1 mil)



A seguir, são resumidas as principais considerações sobre os cenários.

## TEXTO para DISCUSSÃO

- 1) O Capex do projeto reduziu de R\$ 9,12 bilhões para R\$ 5,62 bilhões com a exclusão da segunda fase.
- 2) Embora as probabilidades de um VPL estático maior do que zero terem se mostrado próximas em ambos os cenários, o desvio-padrão encontrado para o projeto com vinte anos de duração foi consideravelmente menor. Demonstrou-se uma alternativa de contrato com exposição a risco mais baixa.
- 3) A eliminação da segunda fase de inversões reduziu o valor da opção de abandono em R\$ 75,24 milhões. No entanto, o novo desenho contratual aumentou a sua probabilidade de exercício em cerca de 4%.
- 4) O  $PC_T$  esperado do novo cenário reduziu em R\$ 183,96 milhões.
- 5) A supressão da segunda fase de Capex eliminou o “platô” formado pelos investimentos não depreciados e amortizados no período entre as fases. Logo, reduziram-se as quantias devidas de indenização.
- 6) Essa última constatação pode diminuir sobremaneira o valor da OR, se, de alguma forma, a admissão de pedidos de relicitação durante o primeiro ciclo de inversões for evitada. Caso, por exemplo, a validade da opção se inicie no nono ano, o contrato sem a segunda fase terá o valor da OR reduzido em 54%. A análise comparativa dos dois cenários com o exercício possível a partir do nono ano é apresentada na tabela 11.

**TABELA 11**

**Comparativo da opção de abandono com e sem segunda fase de investimento e relicitação a partir do nono ano**

	Com segunda fase de investimento (cenário base)	Sem segunda fase de investimento
Duração da concessão (anos)	30	20
Valor OR (R\$ milhões)	381,93	175,33
Probabilidade de exercício do abandono (%)	81,95	70,47
Ano esperado do abandono	11,16	9,07
Ano mais provável do abandono (probabilidade)	9 (53,96%)	9 (69,98%)
$PC_T$ esperado (R\$ milhões)	1.690,29	1.421,28

Elaboração do autor.

#### 4.8 Análise da opção de abandono com investimentos por gatilho

Previamente à análise deste cenário, faz-se importante esclarecer alguns pontos sobre a minuta de contrato da concessão analisada. O documento define duas classes de intervenções previstas: “Obras de ampliação de capacidade e melhorias e da frente de serviços operacionais” e “Obras de manutenção de nível de serviço”.

Quanto à primeira classe, define-se que as obras deverão estar concluídas e em operação no prazo definido no PER. Este documento, por sua vez, prevê que parte da execução das obras de ampliação e melhoramento ocorra entre o 3º e 8º ano, e o restante, entre o 15º e 20º ano.

As obras de manutenção de nível de serviço correspondem àquelas voltadas para a ampliação da capacidade do sistema rodoviário, condicionadas ao volume de tráfego, cuja execução dependerá do atingimento de gatilhos volumétricos na forma prevista no contrato e PER. As obras consistem na implantação de faixas adicionais em PD ou pista tripla, caso alcançado determinado valor.

Em que pese o contrato não condicione os investimentos de ampliação a gatilhos volumétricos, é razoável supor que o poder concedente e o concessionário possam vir a renegociar o cronograma de inversões em função de condições da demanda de tráfego.

Na eventualidade de um volume aquém do esperado, se pleitearia a postergação do início das obras; ou, em um cenário mais remoto e otimista, a sua antecipação. É importante lembrar que nos moldes definidos, em tese, o parceiro privado tem um incentivo a adiantar as obras de duplicação em virtude da diferenciação tarifária.

Tendo em vista o que foi relatado e o seu possível impacto no valor da opção de abandono, definiu-se este cenário de análise com a inclusão da flexibilização para o início do segundo ciclo de investimentos de ampliação e melhoria da capacidade.

Originalmente, essa fase está prevista para ser iniciada no 15º ano do contrato, com cinco anos de duração. O gatilho de investimento que dispara a segunda fase foi definido como o volume de tráfego equivalente, no qual o VPL do projeto com e sem o gatilho é igual. Ambos foram avaliados na condição neutra a risco.

Essa situação foi analisada por iterações com diferentes níveis de tráfego e o que mais se aproximou da condição definida foi 109 milhões de veículos equivalentes (volume ajustado ao “tráfego real”).

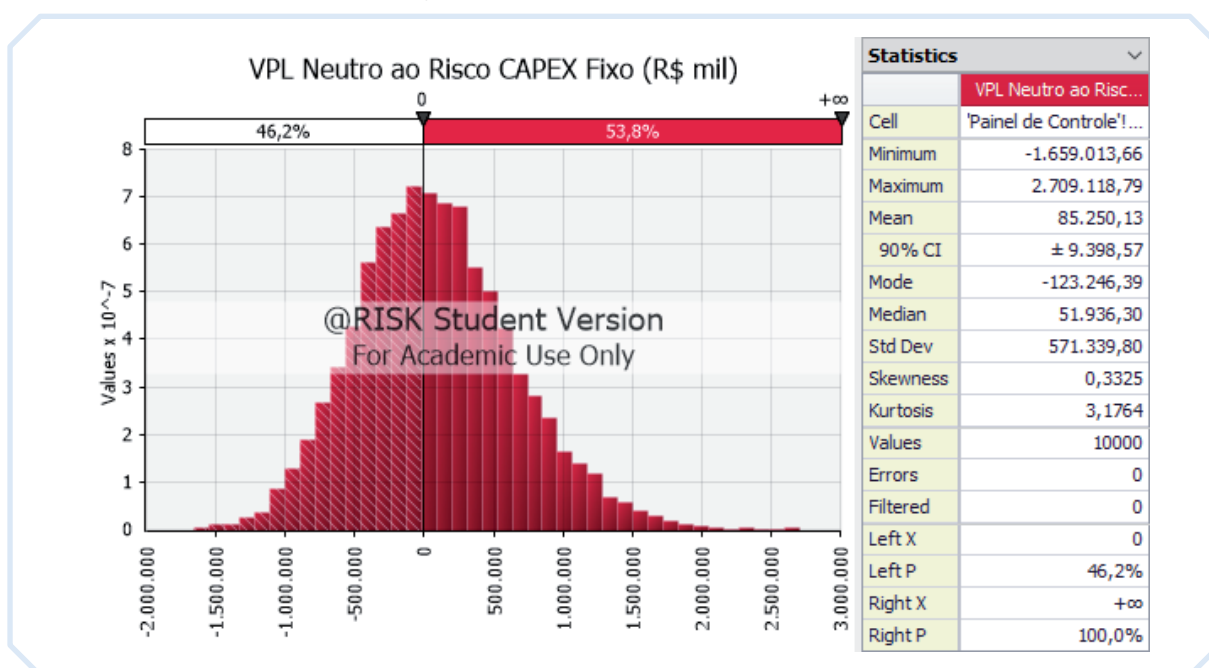
## TEXTO para DISCUSSÃO

Com relação à diferenciação da tarifa, manteve-se a cobrança de R\$ 8,54 entre o segundo e o oitavo ano. A partir do nono ano, o preço praticado aumentou para R\$ 9,82, dinamicamente mantido até o período do disparo do gatilho de investimento da segunda fase, mais cinco anos (prazo de execução das obras). Desse período em diante, o valor cobrado passou a ser R\$ 11,10.

Para a análise desse cenário, recorreu-se à avaliação de duas situações de referência “com flexibilidade”. O primeiro cenário avaliou o gatilho da segunda fase de ampliação do sistema viário. Em seguida, avaliou-se conjuntamente esse mecanismo e a opção de abandono.

A avaliação neutra a risco do projeto sem flexibilidade encontrou um VPL esperado de R\$ 85,25 milhões (resultado próximo ao VPL estático), como evidenciado na figura 4.

**FIGURA 4**  
VPL neutro a risco sem opções reais



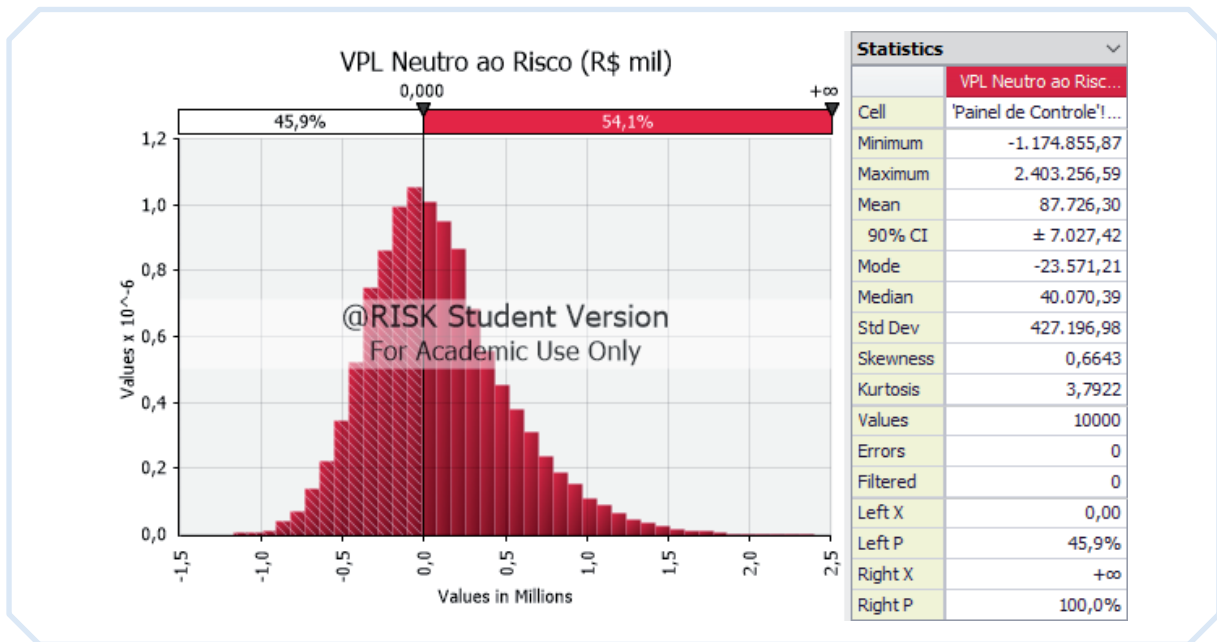
Elaboração do autor.

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

Na sequência, analisou-se o fluxo de caixa com o gatilho da segunda fase pela abordagem neutra a risco. O valor esperado nessa condição foi de R\$ 87,72 milhões (figura 5). Ou seja, o projeto, se executado com esse mecanismo, possui praticamente o mesmo resultado do que a situação de investimento fixo (premissa adotada para definir o nível de demanda). Importante

destacar que, embora tenham VPLs equivalentes, a situação com gatilho levou a um menor desvio-padrão (R\$ 427,20 milhões) em comparação ao outro cenário (R\$ 571,34 milhões).

**FIGURA 5**  
VPL neutro a risco com gatilho de investimento



Elaboração do autor.

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

A figura 6 exibe o ano de disparo do gatilho da segunda fase nas simulações realizadas. O valor médio esperado para o seu acionamento está no ano 15,45.

Faz-se importante a menção sobre a concentração de ocorrências no 31º ano, como consta no gráfico. De fato, essa situação se refere às simulações em que a segunda fase se iniciaria fora da vigência contratual.

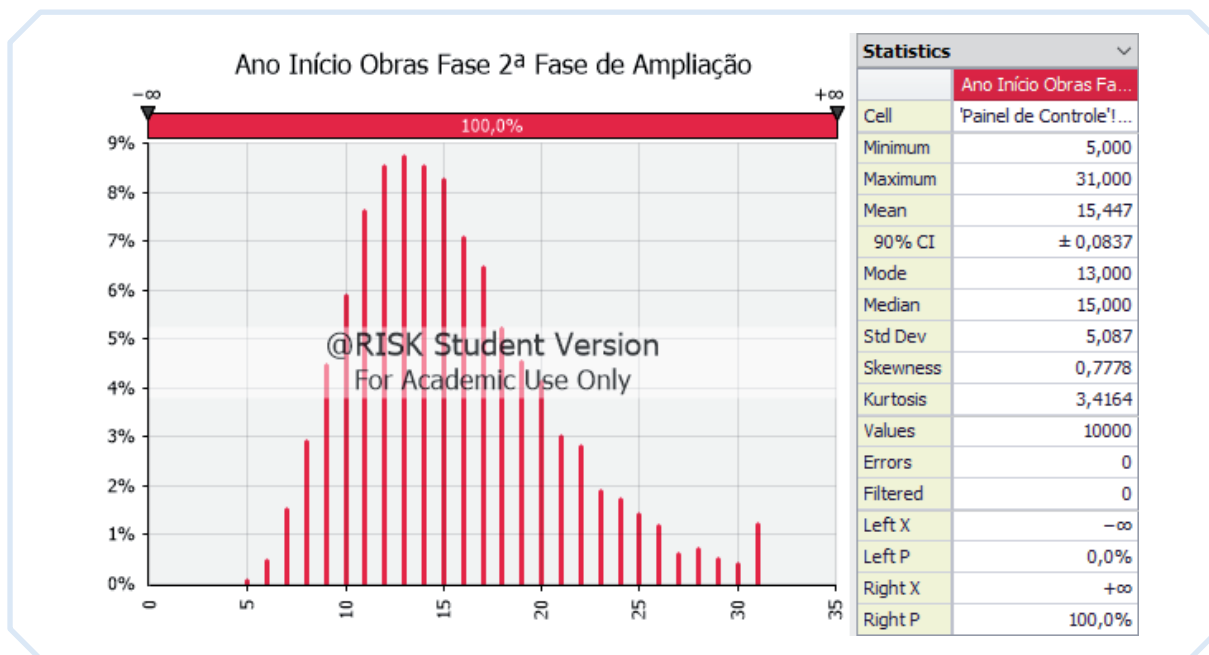
A programação do disparo do gatilho no Excel foi definida com a função CORRESP sobre o vetor com as trinta células da planilha dos volumes equivalentes por ano do projeto. Nas situações sem o acionamento, a planilha retomava automaticamente o valor subsequente ao tamanho do vetor do 31º ano, na ocasião. O valor, obviamente, é apenas um indicativo de que o investimento aconteceria fora do contrato (não ocorreria, de fato).

A quantificação da opção de abandono com base no fluxo de caixa, com o Capex da segunda fase definido estocasticamente, forneceu o valor de R\$ 470,84 milhões (gráfico 10).

## TEXTO para DISCUSSÃO

**FIGURA 6**

Ano de início das obras – segunda fase

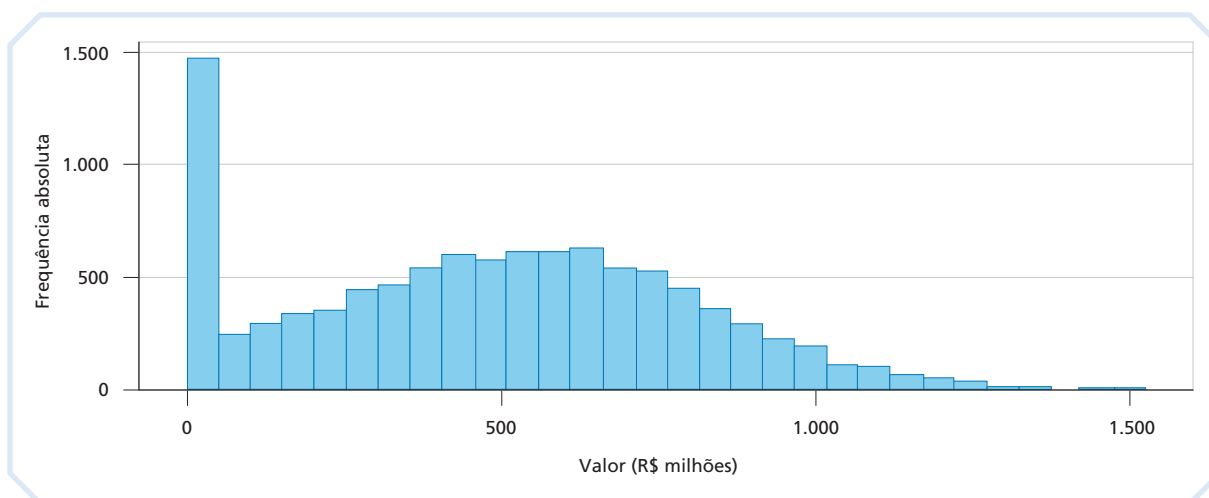


Elaboração do autor.

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

**GRÁFICO 10**

Análise do valor da opção de abandono – investimento por gatilho + abandono

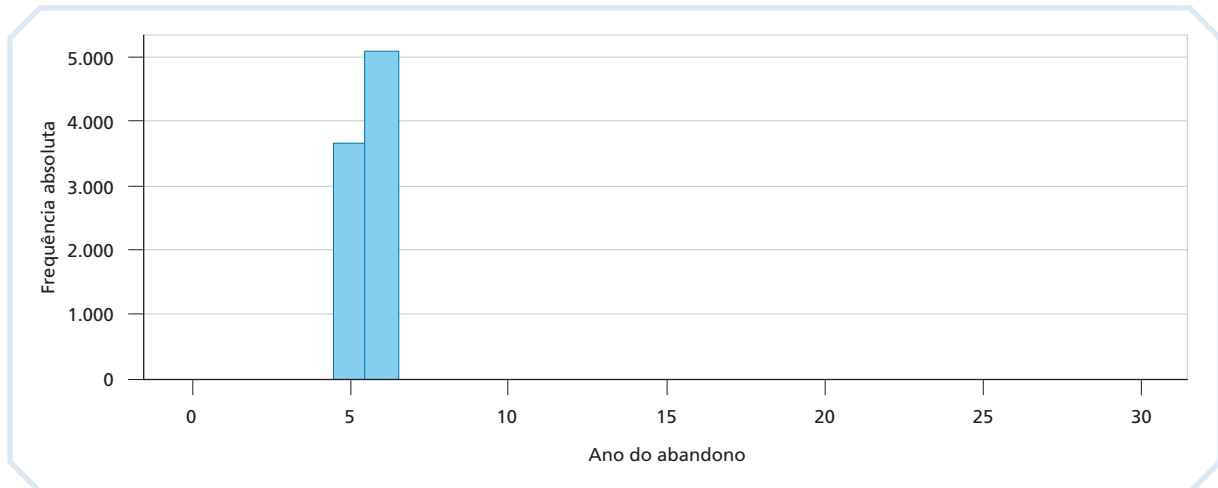


Elaboração do autor.

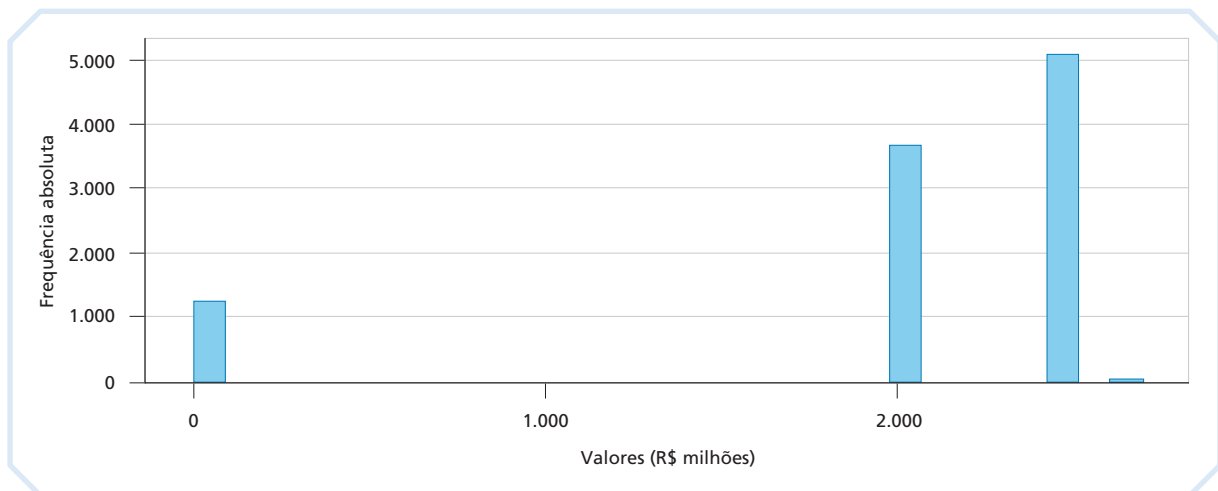
No cenário avaliado, o abandono ocorreu em 87,46% das simulações. O ano médio esperado foi de 5,58 anos (gráfico 11). O  $PC_7$  esperado foi de R\$ 2 bilhões (gráfico 12).

**GRÁFICO 11**

Ano esperado para o abandono do projeto – investimento por gatilho + abandono



Elaboração do autor.

**GRÁFICO 12** $PC_T$  esperado – investimento por gatilho + abandono

Elaboração do autor.

Evidenciou-se, pela análise do histograma da figura 6, a existência de situações em que o gatilho é acionado nos anos finais do contrato. Em termos práticos, essa situação limitaria o tempo necessário para o concessionário amortizar o investimento. Há também iterações em que a segunda fase de Capex ocorreu fora da sua vigência, o que não obedeceria ao escopo de obras previstas. Desse modo, foram simulados outros cenários com a imposição de datas limites para a realização das inversões.



## TEXTO para DISCUSSÃO

O primeiro definiu o início da segunda fase até o 25º ano do contrato. Posteriormente, foi analisada uma condição mais restritiva, que o limitou até o vigésimo ano, resguardando, assim, um prazo mínimo para a amortização do investimento. Incorporou-se a este uma data mínima (nono ano) para a sua realização, gerando um terceiro cenário.

O racional foi evitar a sobreposição acentuada de inversões entre o primeiro (segundo ao oitavo ano) e o segundo ciclo, situação pouco factível em termos práticos. A tabela 12 resume o comparativo da opção de abandono nos cenários propostos.

Considerando que a definição do gatilho que dispara a segunda fase foi alicerçada em uma simplificação da modelagem inicial do projeto, julgou-se necessário testar a sensibilidade do modelo para diferentes níveis de acionamento.

Portanto, a tabela 13 exhibe os resultados encontrados para variações de  $\pm 5\%$  e  $\pm 10\%$  do volume inicialmente proposto (0%), de 109 milhões de veículos equivalentes. Nessa avaliação considerou-se a segunda fase como possível do segundo ao trigésimo ano.

**TABELA 12**

**Comparativo da opção de abandono investimento fixo e por gatilho**

	Gatilho (sem restrições)	Gatilho (até o 25º ano)	Gatilho (até o 20º ano)	Gatilho (do 9º ao 20º ano)	Cenário base (sem gatilho)
Ano esperado do início da segunda fase de investimento	15,45	15,25	14,78	14,82	15,00
VPL <sub>com gatilho</sub> <sup>1</sup> (R\$ milhões)	87,72	74,82	67,53	75,49	-
Valor OR (R\$ milhões)	470,84	469,36	487,61	483,03	497,70
VPL <sub>com OR</sub> (R\$ milhões)	558,56	544,18	555,14	558,52	585,04
Probabilidade de exercício do abandono (%)	87,46	87,96	87,86	87,48	84,53
Ano esperado do abandono	5,58	5,57	5,57	5,58	5,93
Ano mais provável do abandono (probabilidade)	6 (50,92%)	6 (50,02%)	6 (50,37%)	6 (50,11%)	6 (41,91%)
PC <sub>7</sub> esperado (R\$ milhões)	1.999,13	2.005,05	1.996,02	2.004,53	1.880,70

Elaboração do autor.

Nota: <sup>1</sup> Neutro a risco.

**TABELA 13**

**Análise de sensibilidade do valor da opção de abandono ante variações nos valores de gatilhos de investimentos**

Variações nos gatilhos (%)	-10	-5	0	+5	+10
Ano esperado do início da segunda fase de investimento	10,77	13,15	15,45	17,50	19,38
VPL <sub>com gatilho</sub> <sup>1</sup> (R\$ milhões)	-103,34	0,54	87,72	163,67	239,73
Valor OR (R\$ milhões)	623,32	544,85	470,84	400,81	339,86
VPL <sub>com OR</sub> (R\$ milhões)	519,98	545,39	558,56	564,48	579,59
Probabilidade de exercício do abandono (%)	84,98	87,86	87,46	85,03	81,76
Ano esperado do abandono	5,19	5,59	5,58	5,59	5,72
Ano mais provável do abandono (probabilidade)	5 (68,98%)	6 (50,72%)	6 (50,92%)	6 (47,87%)	6 (43,07%)
PC <sub>T</sub> esperado (R\$ milhões)	1.796,31	2.012,58	1.999,91	1.936,04	1.841,63

Elaboração do autor.

Nota: <sup>1</sup> Neutro a risco.

A seguir, são apresentadas as considerações sobre a opção de abandono com investimentos definidos por gatilho.

#### 4.8.1 Restrição para o acionamento do gatilho

- 1) Verificou-se que o valor da opção de abandono, quando analisado isoladamente (cenário base), é superior a todos os cenários avaliados com o direito de abandono e o investimento por gatilho. O valor adicionado pelo mecanismo tendeu a anular a opção de abandono, o que acabou por diminuir a sua importância.
- 2) Nos cenários com gatilho, o valor da opção de abandono variou de R\$ 469 milhões a R\$ 488 milhões. Isso representou uma redução de 2% a 5% no seu resultado, se comparado ao cenário de referência.
- 3) Ao se analisarem unicamente os efeitos que o investimento dinâmico impõe ao projeto, notou-se que o seu valor tende a diminuir, à medida que restrições mais rígidas foram impostas ao prazo máximo para o início da segunda fase. No cenário sem restrição (do segundo ao trigésimo ano), o VPL neutro a risco encontrado foi de R\$ 87,72 milhões. Quando limitado o início da segunda fase até 25º e o 20º ano, o VPL foi, respectivamente, de R\$ 74,82 milhões e de R\$ 67,53 milhões.

- 4) Quando imposto o prazo mínimo para o início da segunda fase no nono ano, o valor do contrato teve um ligeiro aumento (R\$ 75,49 milhões), visto que as situações em que o disparo ocorre nos anos iniciais e compromete negativamente os fluxos de caixa nesse período foram eliminadas.
- 5) Comportamento oposto foi verificado com a opção de abandono, cujo resultado, como esperado, tendeu a ser maior nos cenários mais restritivos quanto ao acionamento dos investimentos. O valor da OR, considerando a segunda fase obrigatoriamente executada entre o nono e o vigésimo ano, foi de R\$ 483,03 milhões. Já no cenário entre o segundo e o trigésimo ano (sem restrições), o valor foi de R\$ 470,84 milhões.
- 6) Quanto à probabilidade de exercício do abandono, verificou-se que essa tende a ser maior nos cenários com gatilho, em torno de 3 pontos percentuais (p.p.) maior do que o cenário base.
- 7) Não foram verificadas diferenças significativas quanto ao ano esperado para abandono e o  $PC_7$  esperado. Contudo, em todos os cenários analisados com o gatilho, o passivo se mostrou superior ao cenário referencial.

#### 4.8.2 Sensibilidade do volume de acionamento do gatilho

- 1) Quanto mais elevado o volume para o acionamento do gatilho, maior o ano esperado para o seu acionamento. Conseqüentemente, o valor da concessão com essa flexibilidade foi superior.
- 2) O valor do projeto mostrou-se bastante sensível ao volume que dispara o investimento. O VPL encontrado no cenário base + 10% foi de R\$ 239,73 milhões, enquanto no cenário base – 10% o valor foi de R\$ -103,34 milhões.
- 3) A opção de abandono avaliada isoladamente tendeu a ser superior nos casos em que o volume de acionamento era mais baixo (início antecipado do investimento). A diferença entre os limites extremos da análise de sensibilidade revelou uma variação acima dos 80%.
- 4) Quando avaliada a concessão com a OR ( $VPL_{sem\ OR} + V_{OR}$ ), houve a inversão do comportamento. O resultado com a flexibilidade foi superior nas condições que favorecem o investimento tardio, podendo aumentar o valor do projeto em até 11%.

#### 4.9 Análise para diferentes modalidades de leilão

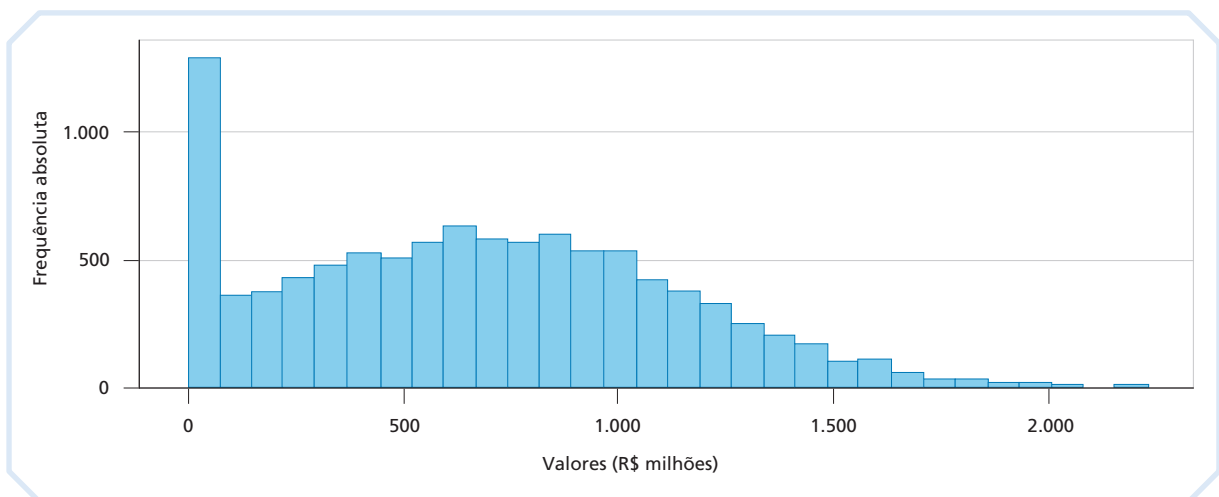
O objetivo desta subseção foi avaliar o comportamento da opção de abandono em diferentes modalidades de leilão, a saber: maior desconto na tarifa, maior outorga com pagamento no início do contrato e maior outorga paga anualmente.

O primeiro cenário proposto coincide com a modelagem original, que prevê, além do menor desconto, o pagamento de outorga variável equivalente a 6% da receita bruta, a partir do segundo ano. Para efeito desta análise, arbitrou-se inicialmente um desconto de 5% sobre a tarifa de referência do edital.

Nessas condições, o VPL estático foi de R\$ -172,42 milhões e a avaliação por opções reais indicou que o VPL neutro a risco era de R\$ -172,03 milhões (próximo ao estático) e o valor esperado da opção de abandono chegou a R\$ 658,82 milhões. Logo, o VPL com a OR foi de R\$ 486,79 milhões. A probabilidade de devolução atingiu 90,72%, o período esperado foi equivalente a 5,36 anos e o  $PC_7$  esperado, R\$ 1,90 bilhão. Os histogramas da simulação são apresentados nos gráficos 13 a 15.

#### GRÁFICO 13

##### Análise do valor da opção de abandono – desconto de 5% no *bid*

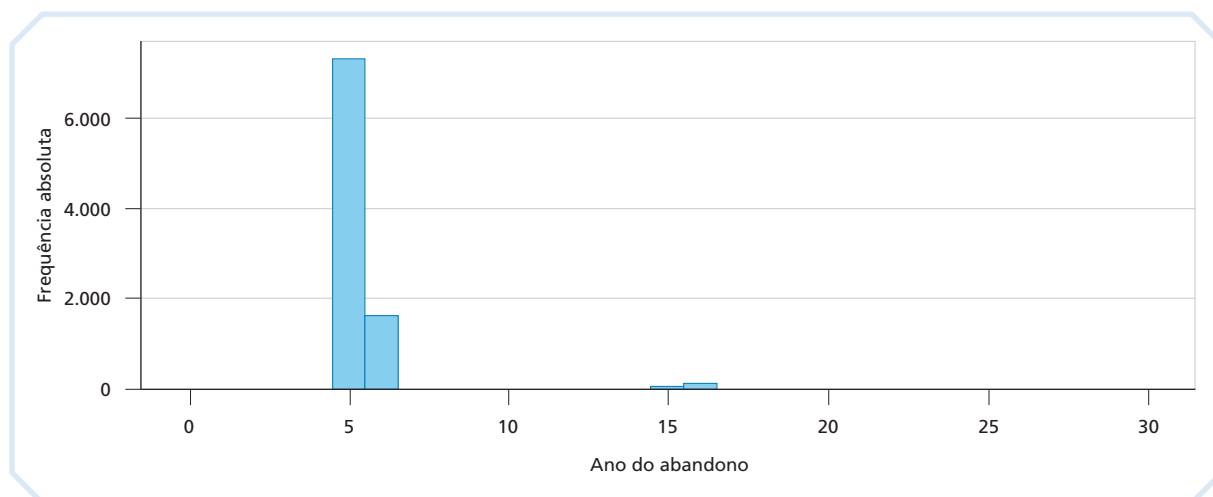


Elaboração do autor.

## TEXTO para DISCUSSÃO

### GRÁFICO 14

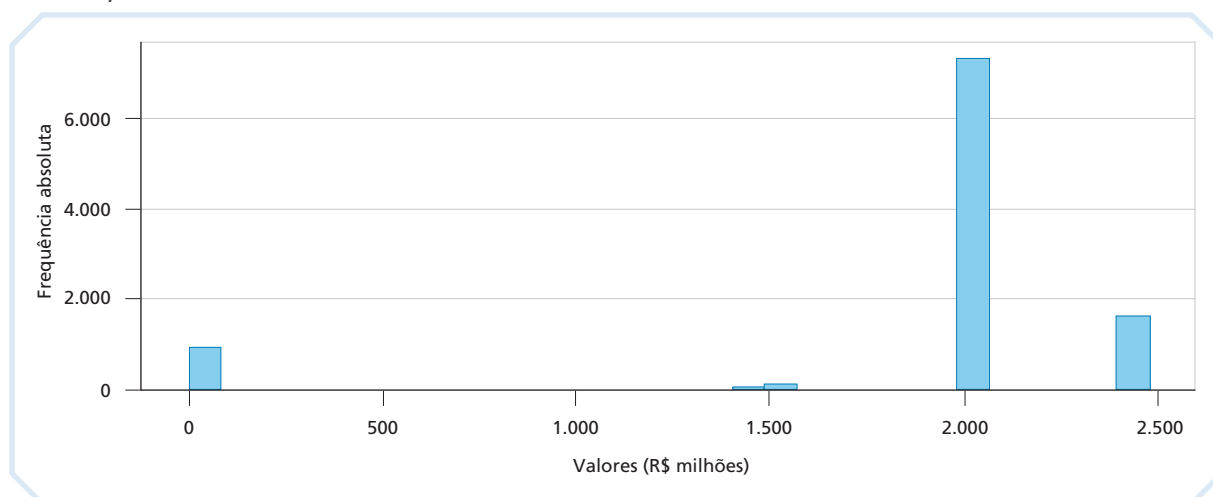
Ano esperado para o abandono do projeto – desconto de 5% no *bid*



Elaboração do autor.

### GRÁFICO 15

$PC_T$  esperado – desconto de 5% no *bid*



Elaboração do autor.

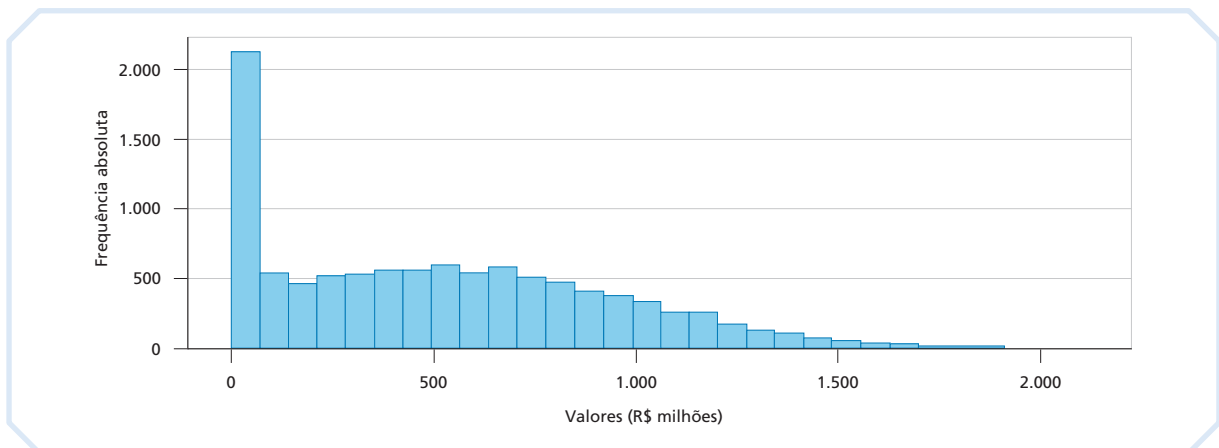
A modelagem dos dois cenários com a maior outorga foi feita de modo que ambos obtivessem o mesmo VPL estático do cenário com desconto de 5% na tarifa (R\$ -172,42 milhões). Dessa forma, foram estruturadas duas novas planilhas de fluxos de caixa adaptadas aos novos critérios de leilão. Manteve-se o pagamento da outorga variável de 6% e, ao invés do desconto aplicado sobre a tarifa base, aplicou-se a outorga fixa nas duas formas previstas. Os níveis de outorga foram encontrados por meio da aplicação da ferramenta Goal Seek do Excel.

Para o cenário com o pagamento de outorga fixa integralmente no primeiro período do contrato, o valor que torna equivalente os dois fluxos de caixa foi de R\$ 372,91 milhões. O montante para a outorga fixa paga anualmente foi de R\$ 38,54 milhões. Os resultados dos novos fluxos de caixa foram, então, utilizados como dados de entrada para a análise por opções reais.

O VPL neutro a risco para a outorga paga no início do contrato foi de R\$ -175,66 milhões. O valor esperado da opção de abandono chegou a R\$ 500,19 milhões (gráfico 16) e o VPL do projeto com a OR, R\$ 324,53 milhões. A probabilidade de exercício era 84,75%. O ano médio esperado para a devolução foi 6,06 anos (gráfico 17) e o  $PC_7$  esperado, R\$ 1,93 bilhão (gráfico 18).

### GRÁFICO 16

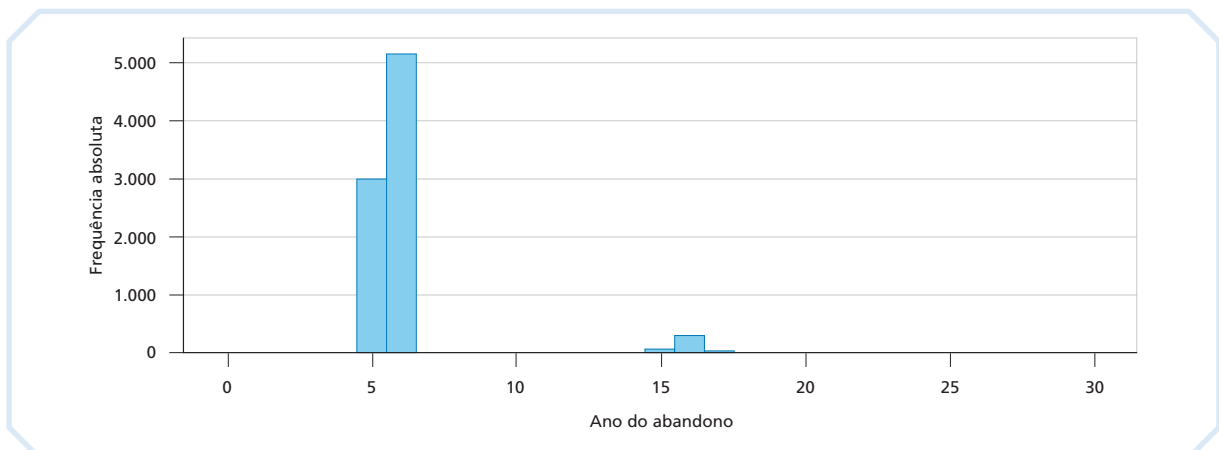
#### Análise do valor da opção de abandono – outorga fixa no início do contrato



Elaboração do autor.

### GRÁFICO 17

#### Ano esperado para o abandono do projeto – outorga fixa no início do contrato

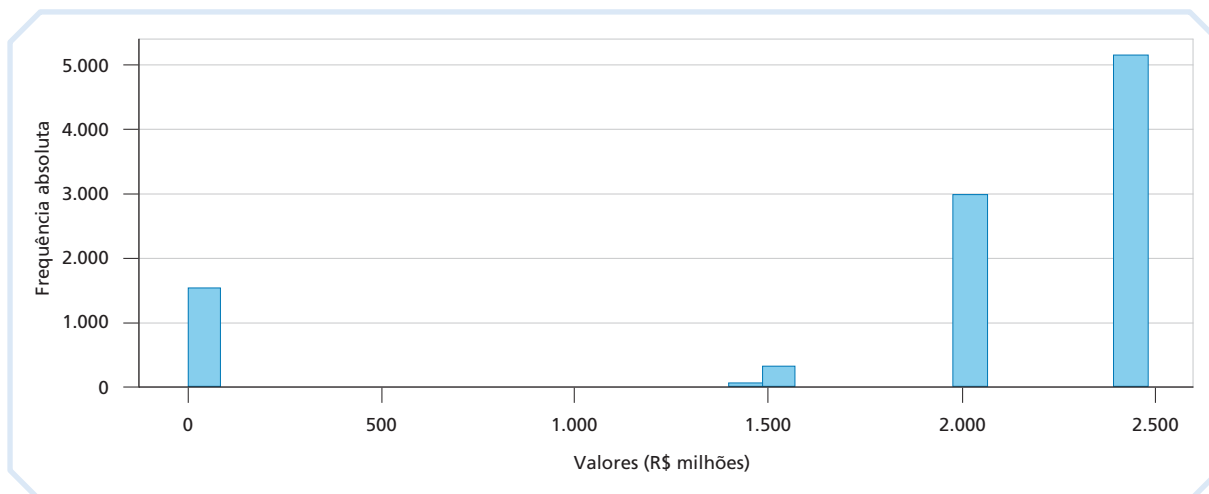


Elaboração do autor.

## TEXTO para DISCUSSÃO

### GRÁFICO 18

$PC_T$  esperado – outorga fixa no início do contrato

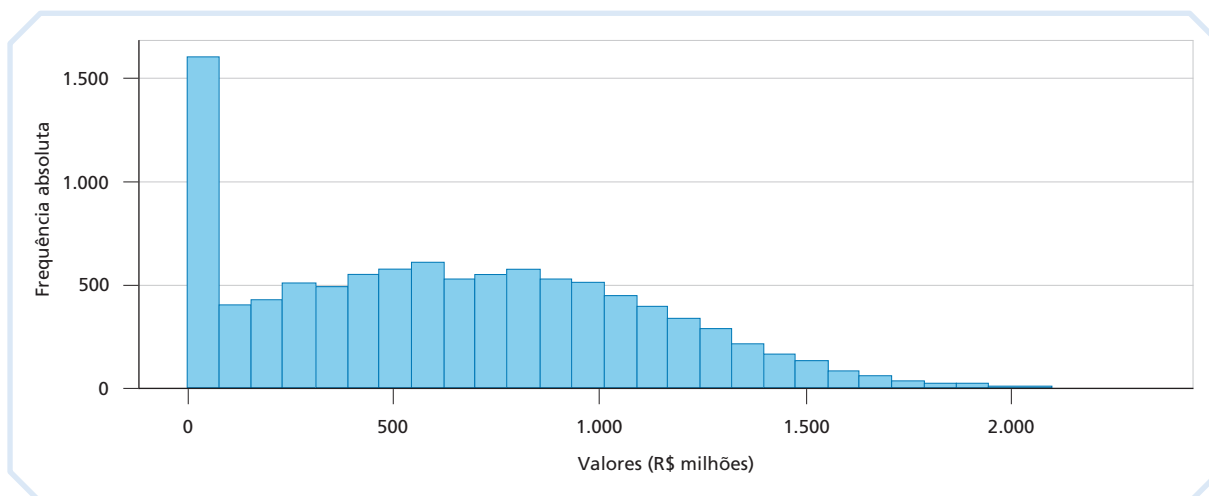


Elaboração do autor.

No cenário com o pagamento de outorga fixa anual, o VPL neutro a risco do contrato correspondeu a R\$ -170,93 milhões. O valor esperado da opção de abandono atingiu R\$ 626,16 milhões (gráfico 16) e o VPL do projeto com a OR alcançou R\$ 455,23 milhões. A probabilidade de exercício chegou a 88,49%, e o ano esperado para o término antecipado é de 5,27 anos (gráfico 17). O  $PC_T$  esperado foi de R\$ 1,82 bilhão (gráfico 18).

### GRÁFICO 19

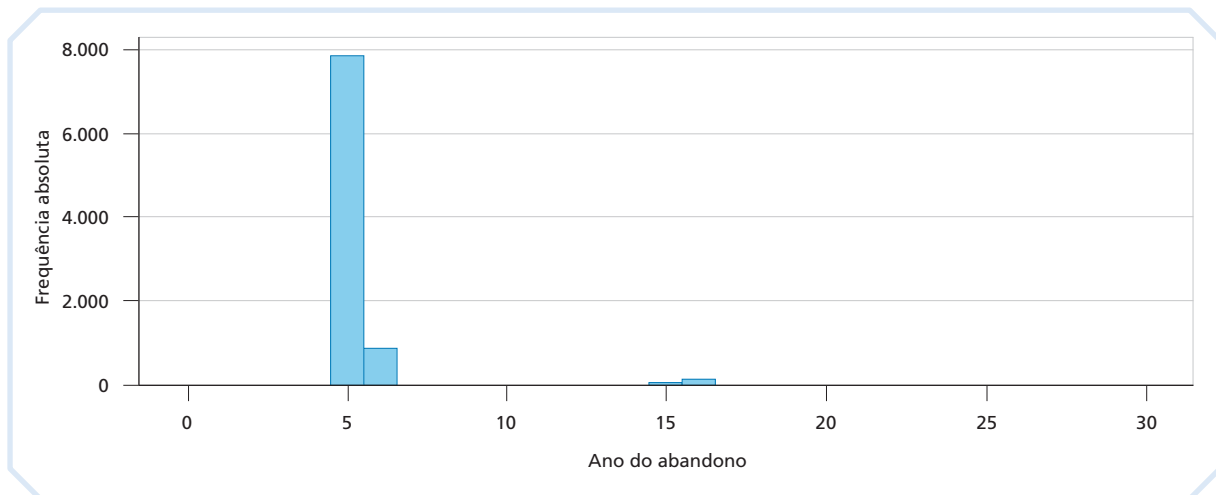
Análise do valor da opção de abandono – outorga fixa anualizada



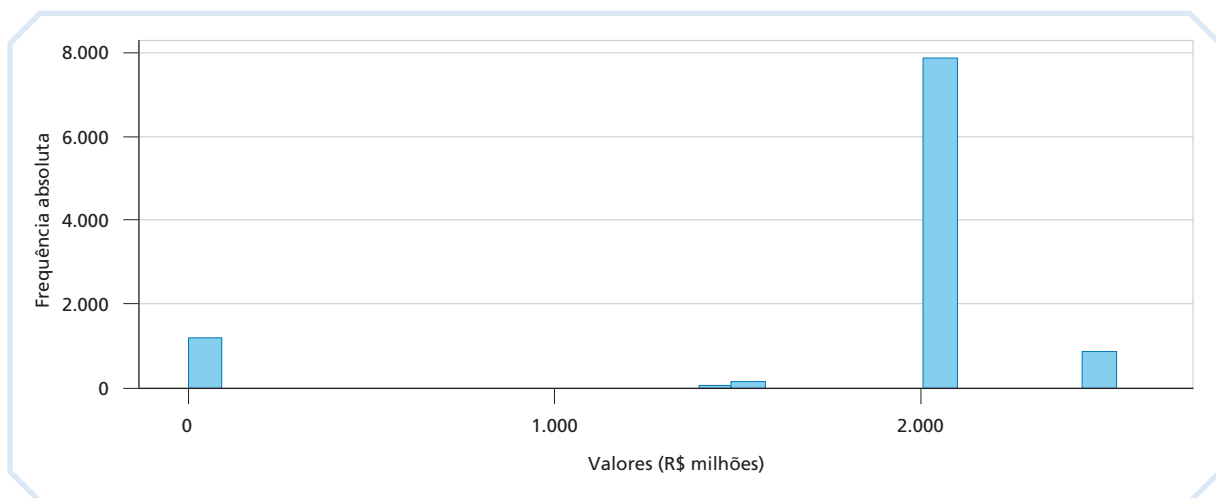
Elaboração do autor.

**GRÁFICO 20**

Ano esperado para o abandono do projeto – outorga fixa anualizada



Elaboração do autor.

**GRÁFICO 21** $PC_T$  esperado – outorga fixa anualizada

Elaboração do autor.

Os resultados encontrados são resumidos na tabela 14.



**TABELA 14****Análise de diferentes modalidades de leilão – desconto *bid* 5%**

	Cenário base (sem desconto)	Menor tarifa	Outorga fixa (início do contrato)	Outorga fixa (anual)
VPL <sup>1</sup> (R\$ milhões)	87,34	-172,03	-175,66	-170,93
Desvio-padrão <sup>1</sup> (R\$ milhões)	555,24	543,83	559,70	567,70
Valor OR (R\$ milhões)	497,70	658,82	500,19	626,16
Valor do projeto <sup>2</sup> (R\$ milhões)	585,04	486,79	324,53	455,23
Probabilidade de exercício do abandono (%)	84,53	90,72	84,75	88,49
Ano esperado do abandono	5,93	5,36	6,06	5,27
PC <sub>T</sub> esperado (R\$ milhões)	1.880,70	1.897,22	1.927,67	1.817,20

Elaboração do autor.

Notas: <sup>1</sup> Fluxo de caixa neutro a risco.

<sup>2</sup>  $VPL_{\text{neutro a risco}} + \text{Valor OR}$ .

Sob a perspectiva da OR, verificou-se que diferentes modalidades de leilão têm impactos distintos no valor e na probabilidade da devolução contratual. O leilão com menor tarifa foi a modalidade cuja opção de abandono se mostrou mais valiosa (R\$ 658,22 milhões), bem como obteve a maior probabilidade de exercício. Em seguida, ficou o pagamento da outorga fixa anual (R\$ 626,16 milhões), sucedido pelo seu pagamento integral no início do contrato (R\$ 500,19 milhões).

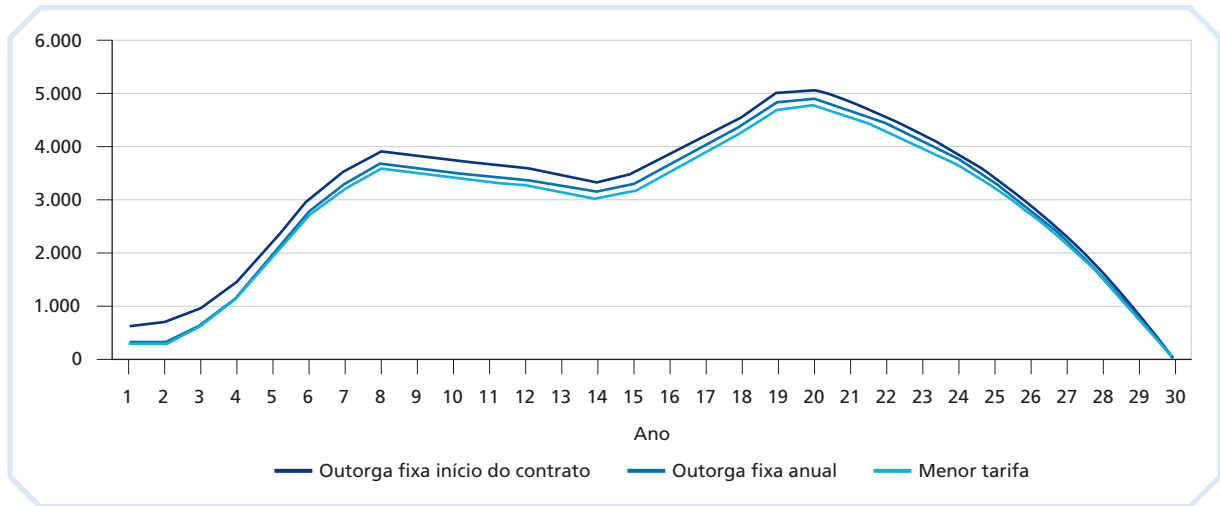
A condição verificada se baseia no fato de que o modelo por opções reais considera o ativo subjacente às expectativas futuras sobre o projeto. No caso do pagamento antecipado da outorga, teve-se um elevado custo afundado no período inicial do contrato. Assim, acabou por aliviar os fluxos de caixa futuros e aumentou o valor remanescente da concessão, em comparação com a outorga paga anualmente ou por desconto na tarifa. Desse modo, o exercício da opção se tornou menos atrativo, ainda que no cenário com o pagamento inicial da outorga essa probabilidade se situasse na casa dos 80%.

O gráfico 22 mostra ano a ano o valor remanescente do contrato<sup>15</sup> para cada uma das modalidades de leilão estudadas. Observou-se que a linha azul-escura – outorga fixa paga no início – situa-se ligeiramente acima das demais ao longo de praticamente toda a duração da concessão, o que demonstrou que o valor esperado da continuidade nessa condição era superior aos outros dois arranjos. Logo, menos valiosa era a OR. No outro extremo, a menor tarifa – em tom azul-claro – levou ao maior valor de opção de abandono.

15. Valor calculado a partir do fluxo de caixa estático do projeto.

**GRÁFICO 22**

**Valor remanescente do contrato – desconto 5%**  
(Em R\$ milhões)



Elaboração do autor.

Em contrapartida, embora o pagamento de outorga fixa tenha reduzido o valor e a probabilidade da devolução, essa modalidade aumentou o risco do projeto, associado à volatilidade dos retornos esperados. A simulação Monte Carlo do cenário de menor tarifa gerou um desvio-padrão de R\$ 543,83 milhões. Os cenários de outorga fixa com o pagamento na cabeça do contrato e o anualizado levaram, respectivamente, ao desvio-padrão de R\$ 559,70 milhões e de R\$ 567,70 milhões.

Importa destacar que essa análise avaliou somente a questão do abandono. Não foram consideradas questões relacionadas aos custos e à viabilidade do financiamento necessário para o pagamento da outorga fixa, bem como questões relacionadas à atratividade do investimento.

Além da análise para o cenário equivalente ao desconto de 5% no *bid*, foi realizada uma análise de sensibilidade para os descontos equivalentes a 10% e 15% sobre a tarifa. Os resultados estão resumidos nas tabelas 15 e 16.

No cenário com desconto de 10%, o VPL estático do projeto foi de R\$ -428,95 milhões. O montante equivalente de outorga fixa foi de R\$ 715,38 milhões e o da outorga anual, R\$ 76,99 milhões. Considerando o desconto de 15%, os valores de outorga se situaram, respectivamente, em R\$ 1.040,81 milhões e R\$ -115,33 milhões. O VPL estático neste último caso foi de R\$ -685,74 milhões.

**TABELA 15****Análise das diferentes modalidades de leilão – desconto *bid* 10%**

	Cenário base (sem desconto)	Menor tarifa	Outorga fixa (início do contrato)	Outorga fixa (anual)
VPL <sup>1</sup> (R\$ milhões)	87,34	-420,46	-431,96	-432,52
Desvio-padrão <sup>1</sup> (R\$ milhões)	555,24	517,02	561,48	583,13
Valor OR (R\$ milhões)	497,70	825,00	467,43	770,77
Valor do projeto <sup>2</sup> (R\$ milhões)	585,04	404,54	35,47	338,25
Probabilidade de exercício do abandono (%)	84,53	95,11	82,67	91,73
Ano esperado do abandono	5,93	5,05	6,93	5,04
PC <sub>T</sub> esperado (R\$ milhões)	1.880,70	1.917,60	1.948,43	1.845,07

Elaboração do autor.

Notas: <sup>1</sup> Fluxo de caixa neutro a risco.<sup>2</sup>  $VPL_{\text{neutro a risco}} + \text{Valor OR}$ .**TABELA 16****Análise das diferentes modalidades de leilão – desconto *bid* 15%**

	Cenário base (sem desconto)	Menor tarifa	Outorga fixa (início do contrato)	Outorga fixa (anual)
VPL <sup>1</sup> (R\$ milhões)	87,34	-684,26	-683,97	-679,93
Desvio-padrão <sup>1</sup> (R\$ milhões)	555,24	499,81	574,42	590,81
Valor OR (R\$ milhões)	497,70	1.016,05	434,77	908,30
Valor do projeto <sup>2</sup> (R\$ milhões)	585,04	331,79	-249,20	228,37
Probabilidade de exercício do abandono (%)	84,53	97,87	81,22	94,27
Ano esperado do abandono	5,93	4,98	8,06	4,85
PC <sub>T</sub> esperado (R\$ milhões)	1.880,70	1.958,86	1.810,26	1.818,13

Elaboração do autor.

Notas: <sup>1</sup> Fluxo de caixa neutro a risco.<sup>2</sup>  $VPL_{\text{neutro a risco}} + \text{Valor OR}$ .

Assim como relatado anteriormente, a diferença entre os valores remanescentes dos fluxos de caixa futuros nas diferentes modalidades de leilão esteve diretamente associada ao comportamento da opção de abandono. Os gráficos 23 e 24 mostram as diferentes curvas de valores remanescentes<sup>16</sup> do contrato nos casos das modalidades de leilão, equivalentes, respectivamente, a um desconto de 10% e 15% sobre a tarifa básica.

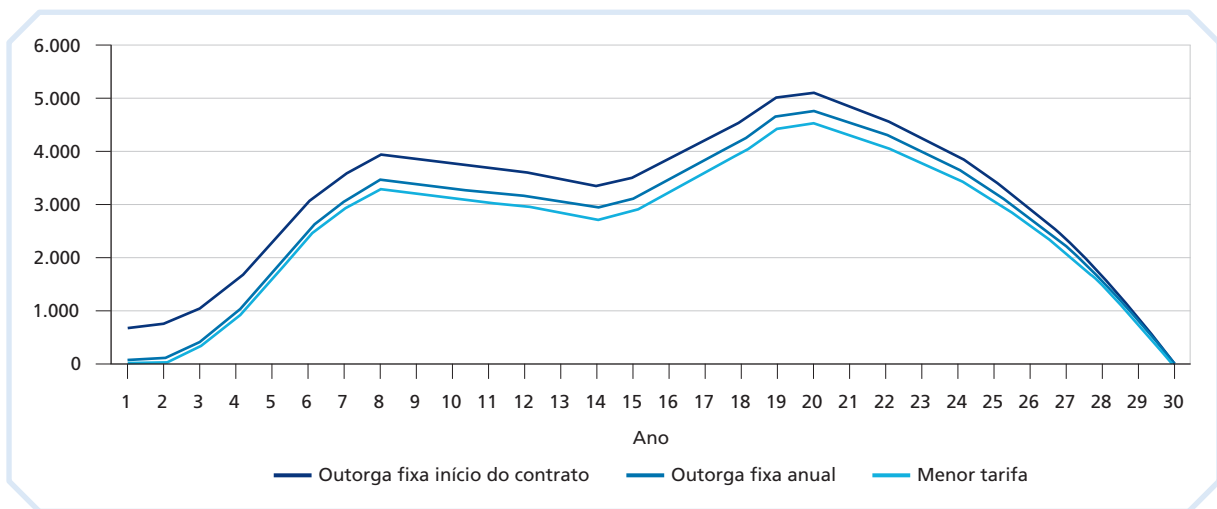
Fica evidente, a partir da análise dos gráficos, que, à medida que o desconto aumenta, a distância entre as curvas de outorga fixa paga no início (azul-escuro) cresceu em relação às demais

16. Calculados a partir do fluxo de caixa estático do projeto.

modalidades. No caso da curva de outorga fixa, ela permaneceu praticamente constante, visto que o pagamento da outorga na cabeça do contrato não alterou significativamente as expectativas dos fluxos de caixa futuros; enquanto nas demais modalidades o oposto ocorreu.

### GRÁFICO 23

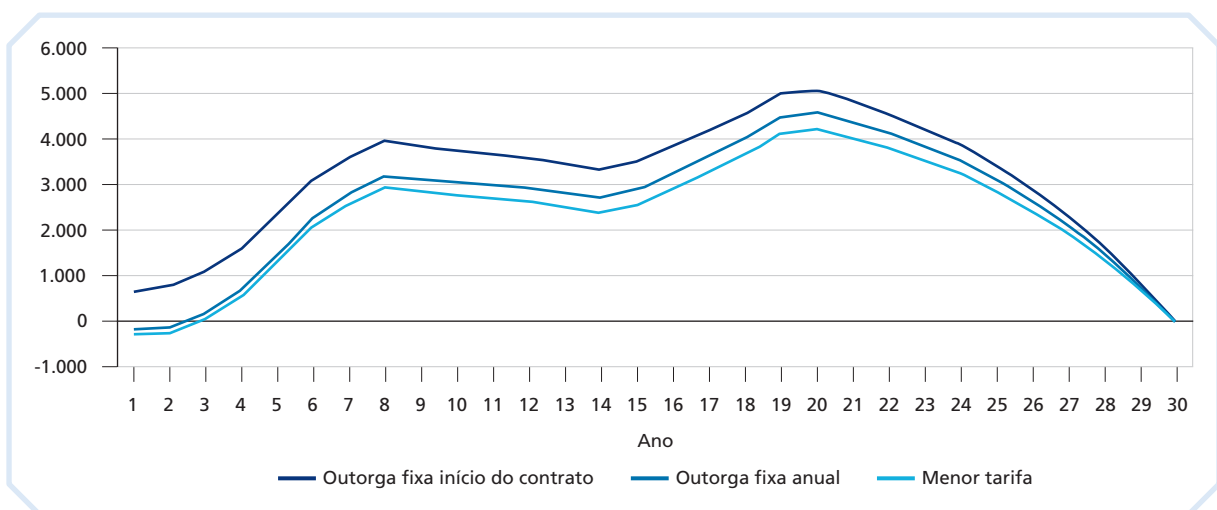
Valor remanescente do contrato – desconto 10%  
(Em R\$ milhões)



Elaboração do autor.

### GRÁFICO 24

Valor remanescente do contrato – desconto 15%  
(Em R\$ milhões)



Elaboração do autor.

## TEXTO para DISCUSSÃO

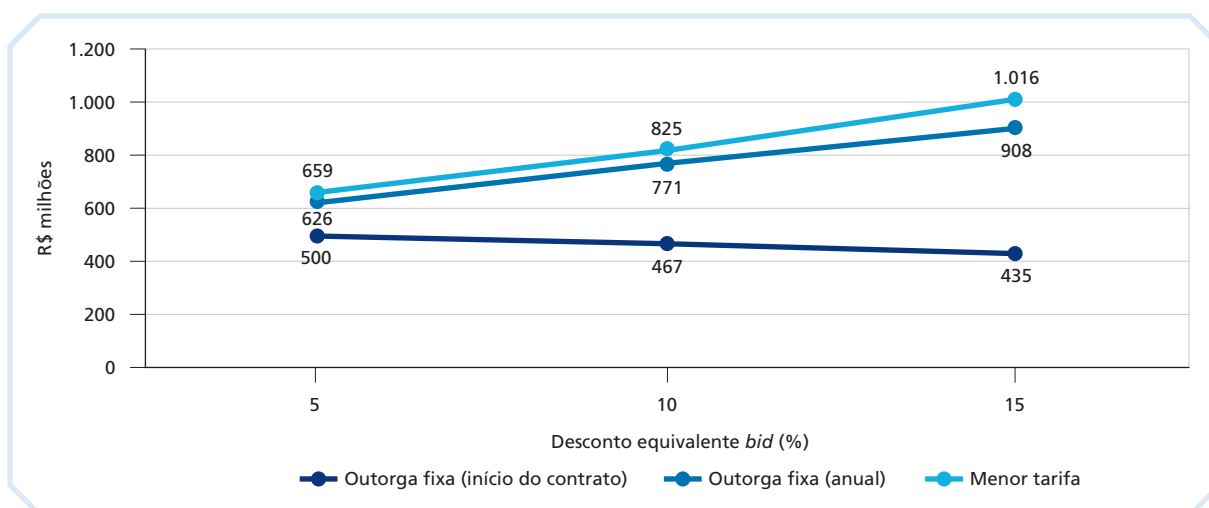
O gráfico 25 resume graficamente os resultados encontrados para as modalidades de leilão e descontos analisados. Para as categorias de menor tarifa e outorga fixa anual, o valor da OR tendeu a aumentar ao passo que se elevou o desconto equivalente no *bid*, atingindo o seu patamar máximo (R\$ 1,02 bilhão) para o desconto de 15% aplicado sobre a tarifa.

Na situação com a outorga paga no início do contrato, o valor da opção reduziu parcialmente com o aumento do desconto equivalente. A princípio, poder-se-ia considerar que as expectativas sobre os fluxos de caixa futuros permanecessem constantes após o pagamento da outorga, independentemente do valor. Contudo, o regime de pagamento de IR, por meio da recuperação de prejuízos nos exercícios subsequentes, influenciou esse comportamento.

De acordo com a legislação brasileira, os prejuízos fiscais podem ser compensados, observando em cada período de apuração o limite de 30% do lucro líquido ajustado,<sup>17</sup> independentemente do prazo. Portanto, o provável prejuízo obtido no início do contrato com o pagamento da outorga gerou proporcionalmente um abatimento do imposto devido nos períodos seguintes. Conseqüentemente, isso elevou as expectativas sobre os fluxos de caixa futuros, reduzindo o valor da opção.

### GRÁFICO 25

#### Valor da opção de abandono em diferentes modalidades de leilão e descontos



Elaboração do autor.

17. Decreto nº 9.580/2018, art. 227, § 2º.

#### 4.10 Análise da opção de abandono em diferentes modelagens

Colín (2016) utilizou a simulação Monte Carlo para precificar a opção de abandono em concessões rodoviárias na Espanha. O autor, diferentemente da abordagem proposta neste trabalho, argumentou que a empresa controladora não poderia abandonar o projeto a qualquer momento, mas somente durante períodos predeterminados na vigência contratual.

Ao contrário de outras categorias de projetos de capital, em que seria viável a saída a qualquer instante, uma concessão trata da prestação de um serviço de natureza pública, o que, na interpretação do autor, poderia ser abandonado somente no momento em que fosse constatada a sua inviabilidade.

Ou seja, a condição estabelecida para a devolução contratual em um determinado período considera que o valor presente dos fluxos de caixa esperados seja inferior ao de abandono. Assim, o autor modelou a flexibilidade como uma série de opções europeias.

Embora se possa argumentar sobre a impraticabilidade de abandonar um projeto a qualquer momento, a legislação brasileira, especificamente no caso da Lei nº 13.448/2017, em nenhum dos seus dispositivos prevê restrições ao encerramento via extinção amigável.

A lei define, em seu art. 13, que o processo de relicitação visa assegurar a continuidade da prestação dos serviços públicos, em casos de descumprimento ou na impossibilidade de adimplir com as obrigações contratuais ou financeiras assumidas originalmente. No art. 14, § 1º, é estabelecido que compete ao poder concedente avaliar a pertinência, a necessidade e a razoabilidade para instauração do processo de extinção.

Sob o ponto de vista legal, fica claro não existir impeditivos por parte do concessionário para entrar com o pedido de devolução do contrato em um momento que lhe seja financeiramente mais vantajoso. Trazendo a discussão para a perspectiva financeira, Dyl e Long (1969) afirmaram que, via de regra, o momento ótimo para se abandonar um investimento não ocorre no primeiro período em que o seu valor residual supera o valor presente dos fluxos de caixa esperados remanescentes.

A cada período em que o abandono não é exercido, a firma detém a opção de abandoná-lo no futuro, o que pode adicionar valor ao negócio. Os autores demonstraram quantitativamente que o ato de aguardar o melhor momento para o exercício agrega um resultado adicional de 17% ao projeto, se comparado com o realizado no primeiro momento.<sup>18</sup> Rakić e Radenović (2014)

18. O trabalho não aplicou a TOR, que seria desenvolvida quase uma década depois. A comparação foi feita com a aplicação da simulação Monte Carlo sob os fluxos de caixa esperados para o projeto, descontados pelo custo de capital.

**TEXTO para DISCUSSÃO**

estimaram um aumento de 20% para uma opção americana quando comparada a uma europeia em uma mesma concessão na hipótese de término antecipado.

Dessa maneira, esta subseção tem por finalidade comparar o abandono contratual modelado com uma opção do tipo americana – como proposto neste trabalho –, ou com uma série de opções europeias.

O procedimento utilizado por Colín (2016) para modelar o abandono contratual é resumido a seguir.

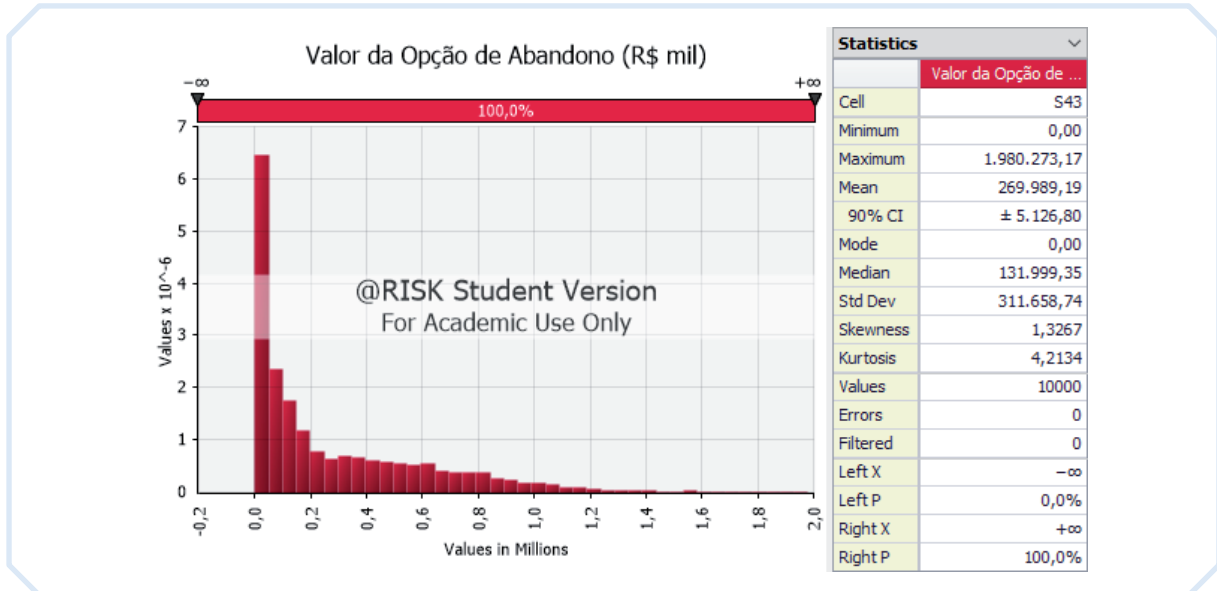
- 1) Gerou-se uma trajetória de valores aleatórios expressos de modo a determinar o tráfego ajustado,  $\theta_t^{ajustado}$ , para cada período  $t$  da concessão (equação 4).
- 2) Em cada trajetória gerada, foi observado o primeiro momento  $t$  em que a opção de abandono poderia ser exercida ( $I_t - V_t > 0$ ). Em cada período da concessão, foi verificado se a condição de abandono é satisfeita, podendo a trajetória ser interrompida (exercício do direito) ou o projeto continuado (não exercício).
- 3) Os dois primeiros passos anteriores foram repetidos em várias simulações, contando para cada período  $t$  o número de trajetórias em que o direito foi exercido e o seu respectivo *payoff*.
- 4) A taxa livre de risco foi usada para obter o valor presente da opção em um determinado período de tempo  $t$ .
- 5) A probabilidade de exercício pôde ser obtida para cada período da concessão. Levou-se em consideração que o abandono em um determinado período é condicionado à sua não ocorrência no anterior. Considerou-se, assim, o número de vezes em que o contrato foi descontinuado para cada período, dividindo esse resultado pelo total de iterações.

Em suma, a principal diferença entre o método descrito e a metodologia considerada neste trabalho residiu no fato de essa primeira considerar o abandono no primeiro momento em que a condição que o valor da indenização excede o esperado para os fluxos de caixa futuros.

Considerando o abandono possível do 2º ao 29º ano do projeto, a análise por opções europeias revelou que esta possui o valor de R\$ 269,99 milhões (figura 7). O ano esperado para o abandono foi de 2,99 anos (figura 8) e o  $PC_T$  esperado foi de R\$ 620,18 milhões (figura 9).

**FIGURA 7**

Valor da opção de abandono – série opções europeias

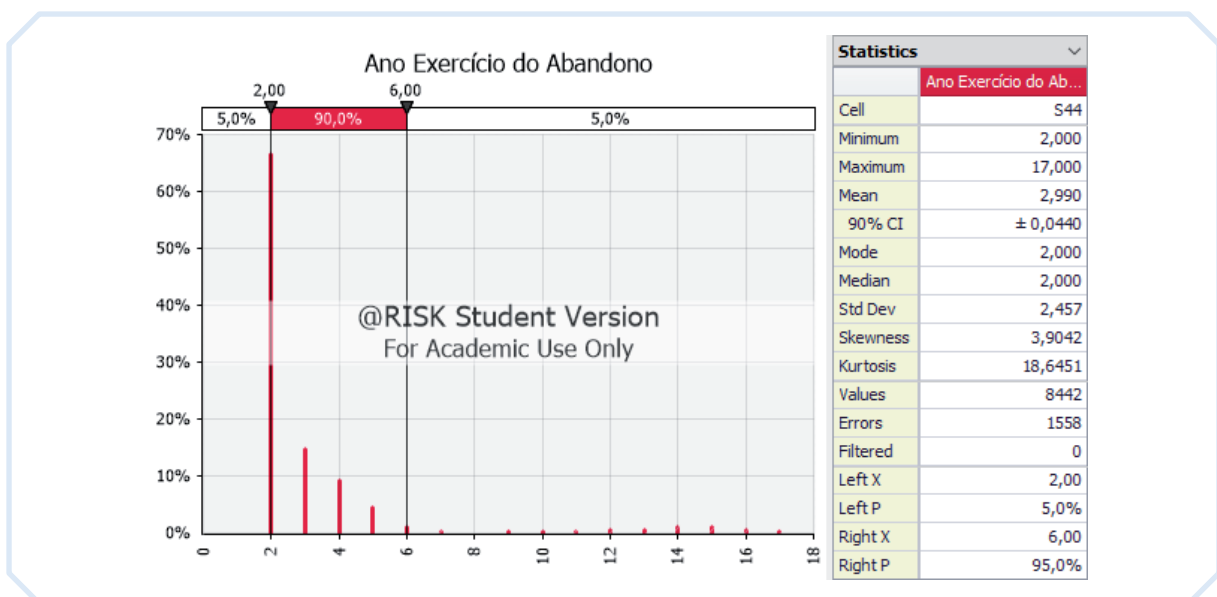


Elaboração do autor.

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

**FIGURA 8**

Ano esperado de exercício de abandono – série opções europeias



Elaboração do autor.

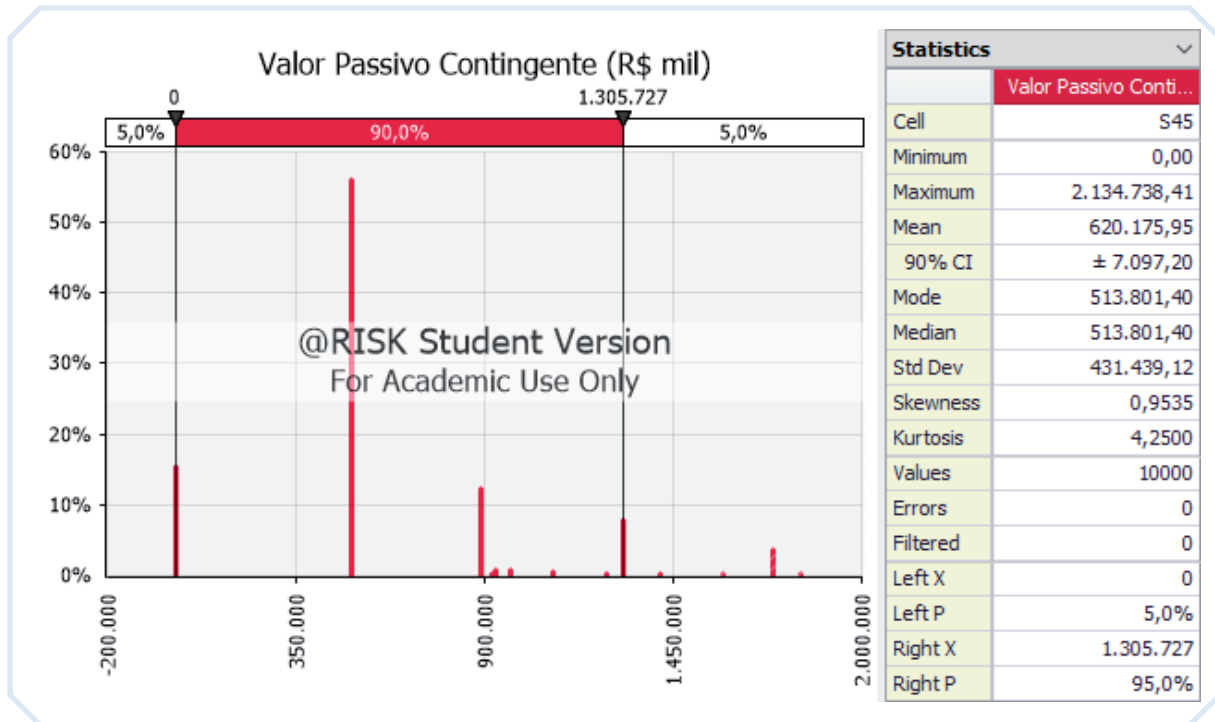
Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).



## TEXTO para DISCUSSÃO

**FIGURA 9**

$PC_T$  esperado – série opções europeias



Elaboração do autor.

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

O resultado encontrado vai ao encontro da discussão sobre o valor da possibilidade de espera. Evidenciou-se, dessa forma, que a flexibilidade da controladora em esperar o momento mais adequado para solicitar o pedido de relicitação agrega um valor significativo ao projeto. Ao incluir a possibilidade de aguardar o melhor momento para o abandono, o concessionário aumenta o *payoff* da opção em 84%.<sup>19</sup>

Todavia, o abandono no início do projeto parece pouco factível de ocorrer na prática e, como abordado anteriormente, deve ser evitado pelo ônus gerado. Mesmo não havendo óbices para que a controladora entre com tal pleito, a avaliação da razoabilidade do pedido ficaria comprometida por parte do poder concedente, que poderia ser, inclusive, objeto de questionamentos de órgãos de controle.

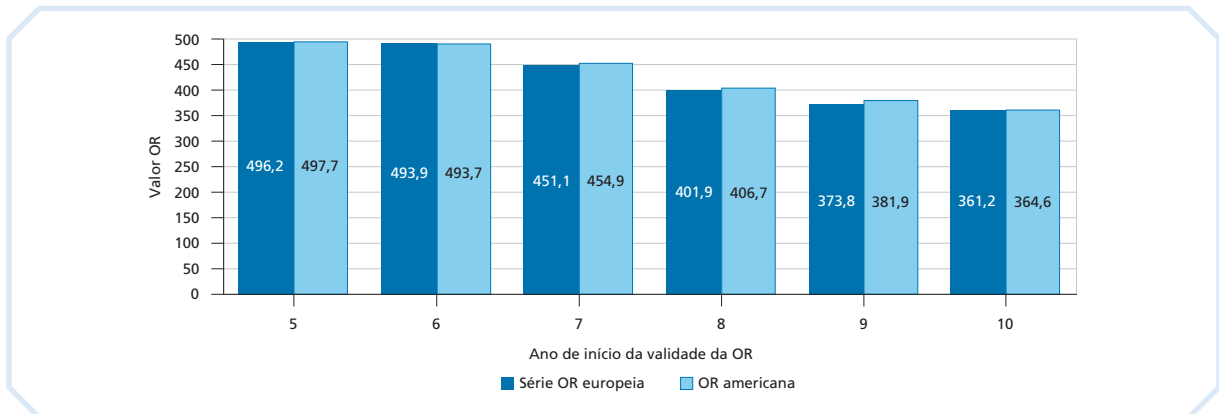
Dessa maneira, estabelecendo-se o período de *ramp up* como proibitivo para o pedido de devolução, notou-se que os resultados entre os dois métodos tendem a convergir a partir de

19. O valor da opção de abandono no cenário base (opção americana) é de R\$ 497,70 milhões.

determinado período do contrato. O gráfico 26 mostra o valor da opção considerando diferentes durações para o seu exercício, calculado pelos dois métodos. O gráfico considera o período de maturação variando do quinto ao décimo ano.

### GRÁFICO 26

Valor da opção de abandono com diferentes durações (quinto ao décimo ano) – casos europeu e americano  
(Em R\$ milhões)

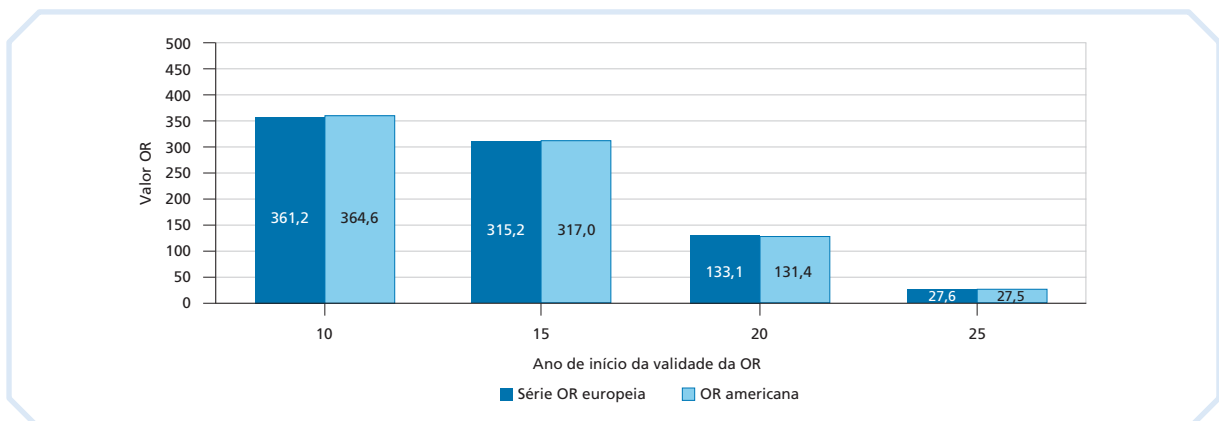


Elaboração do autor.

Constatou-se pela análise do gráfico que, via de regra, os valores da opção calculados pelos dois métodos mostram-se bastante próximos em todos os anos analisados. A maior diferença observada situa-se em torno de 2%. Essa tendência foi verificada, ainda, nos períodos posteriores ao décimo ano de contrato (gráfico 27).

### GRÁFICO 27

Valor da opção de abandono com diferentes durações (10º ao 25º ano)  
(Em R\$ milhões)



Elaboração do autor.

Portanto, considerando as premissas restritivas sobre a validade da OR abordadas nesta subseção e o fluxo de caixa avaliado, pode-se assumir que o abandono pode ser modelado tanto como uma opção do tipo americana como uma série de europeias. Passados os períodos iniciais do contrato, o valor da continuidade tendeu a diminuir à medida que a preferência pela devolução ocorreu nos anos iniciais da duração do direito. Logo, as duas abordagens mostraram certa equivalência.

Os resultados apresentados nesta subseção são de extrema importância para o trabalho por dois motivos. Primeiro, a avaliação do abandono pelas duas abordagens revelou dois momentos distintos no contrato.

Nos anos iniciais, quando a indenização devida não é expressiva, visto que os investimentos principais ainda estão em curso, o valor da continuidade era significativamente mais alto do que aquele a ser reembolsado, o que gerou diferenças entre a modelagem por opções europeias e americanas.

Posteriormente aos períodos de Capex elevado, o exercício imediato tendeu a se concentrar no primeiro período de validade, na grande parte dos casos. Sendo assim, as duas abordagens levaram a valores relativamente próximos, o que corrobora a sua validade.

O segundo ponto a ser considerado diz respeito à provável equivalência entre as duas abordagens. Uma vez que se evidencie que a convergência observada se aplica também a outros cenários, fluxos de caixa e concessões distintas, a abordagem por opções europeias pode se tornar uma alternativa válida para a precificação do direito de devolução em outras circunstâncias.

Tal opção torna-se possível principalmente nas fases seguintes do projeto, em que se pretende avaliar métodos para precificação do “justo” da indenização em caso de relicitação.

## 5 CONCLUSÕES

Este estudo analisou o caso da extinção contratual de uma concessão rodoviária na possibilidade da devolução amigável, instituída pela Lei nº 13.448/2017, aplicando a TOR para quantificar o valor adicionado pela flexibilização das hipóteses para o término das parcerias.

A opção de abandono foi precificada pela aplicação do MQOMC, tendo o risco de demanda como variável de incerteza. A metodologia foi aplicada ao fluxo de caixa de um projeto ainda em fase de licitação.

Além do valor da opção, o trabalho buscou analisar questões relacionadas à probabilidade do término antecipado, ao ano mais provável de ocorrência e ao valor esperado com o contingenciamento para o pagamento de indenizações.

Uma série de análises de sensibilidades foi realizada para aquelas variáveis que exercem maior influência no comportamento da opção. Além disso, avaliou-se a sua dinâmica em diferentes arranjos contratuais, modalidades de leilão e métodos de quantificação de indenização e precificação de opções.

O cenário base considerou a possibilidade do abandono como possível entre o 2º e o 29º ano. Os valores indenizatórios foram estimados pelo método linear de amortização dos investimentos, considerando o prazo entre o momento em que o ativo estivesse disponível para uso até o término da vigência contratual, tal como definido pela legislação vigente. Desconsiderou-se a aplicação de multas ou qualquer outro desconto sobre a compensação.

Nessas condições, a opção de abandono possui um valor de R\$ 497,70 milhões. É uma quantia significativa, considerando o VPL do projeto sem a OR de R\$ 84,05 milhões (incremento de quase 500%). A atratividade do seu exercício mostrou-se elevada, ocorrendo em 84% das simulações realizadas. Nesses casos, o ano esperado para a devolução foi de 5,93 anos e o  $PC_7$  esperado foi de R\$ 1,88 bilhão.

Considerando o possível desconto sobre o montante a ser ressarcido, referente à incidência de multas e outras despesas devidas pelo contratado, a exemplo dos custos de relicitação, verificou-se que a opção de abandono tem o seu valor e a sua atratividade reduzidos, ainda que se situem em patamares elevados. Por exemplo, para um desconto de 40% sobre a compensação, o valor da opção decresceu para R\$ 147,38 milhões e a probabilidade de devolução para 41%.

A assimetria de informações e a eventual dificuldade que o poder concedente possa encontrar ao calcular a indenização com base em custos contábeis, no entanto, podem levar ao seu aumento artificial. Por meio da análise de sensibilidade, majorando as cifras reembolsáveis, evidenciou-se a tendência de alta no valor da opção, na probabilidade de exercício e no contingenciamento necessário para as verbas indenizatórias.

O estímulo à adoção de estratégias hiperagressivas por parte dos licitantes é uma possível consequência adversa que se pode ter com a flexibilização das hipóteses para o término dos contratos. Nessas condições, os participantes do certame podem ser incentivados a apresentar propostas inexequíveis, uma vez que lhes seja assegurada a garantia de retorno sobre parte dos investimentos realizados.

**TEXTO para DISCUSSÃO**

Nesse sentido, o trabalho demonstrou que a opção de abandono é sensivelmente afetada pelo desconto aplicado à tarifa base do leilão. Quanto maior o deságio, mais valiosa se torna a opção e mais certa é a extinção prematura do contrato. A análise de sensibilidade mostrou que, até um desconto de 48% sobre a tarifa, o retorno esperado para o projeto é positivo.

A volatilidade da variável de incerteza, o tráfego, foi indiretamente obtida por meio da série histórica do índice ABCR, chegando à média de 2,93%. As análises de sensibilidade indicaram que a opção se torna mais valiosa em cenários de elevada incerteza. Considerando a volatilidade do tráfego em 6% e 9%, o valor esperado da OR aumenta, respectivamente, para R\$ 719,55 milhões e R\$ 921,29 milhões.

Sobre o  $PC_T$  esperado, é importante destacar dois aspectos que o influenciam. Primeiro, e mais evidente, ele se mostra diretamente relacionado à probabilidade de exercício do direito. O segundo diz respeito ao período em que ocorre a devolução. Foi demonstrado que a indenização tende a aumentar durante os períodos intensivos em Capex, sobretudo nos anos finais da primeira e da segunda fase, resultando em montantes mais elevados.

Ainda sobre os níveis de indenização, buscou-se também analisar a OR mediante diferentes políticas contábeis: pela depreciação linear (cenário base e definido pela resolução) e pela amortização pelo consumo do benefício econômico do ativo concedido. Este tende a depreciar o investimento a uma taxa menos acelerada do que o método linear. Essa característica resultou em maiores cifras a serem ressarcidas e, conseqüentemente, elevou o valor da opção.

Conforme citado anteriormente, a atratividade da OR é aumentada nos períodos intensivos em Capex. Por conseguinte, faz-se importante chamar atenção para medidas que possam inibir o abandono do projeto nesses intervalos. A análise dos resultados demonstrou, por exemplo, que, ao restringir a devolução amigável somente após o término da primeira fase de investimentos, o valor da opção é reduzido em torno de 23%.

Tendo em vista a influência do Capex na indenização, estudou-se uma modelagem alternativa de contrato sem o segundo ciclo de inversões. Essa nova estrutura foi acompanhada da redução da sua vigência, de modo que os retornos esperados nos dois modelos permanecessem em níveis equivalentes, o que resultou em uma concessão com a duração de vinte anos. A nova configuração reduziu o valor da opção em torno de 15%. Esse resultado pode chegar próximo aos 55%, se adotadas medidas para inibir o abandono durante o primeiro ciclo de investimentos.

A hipótese de a segunda fase ser acionada por gatilho também foi avaliada. Procurou-se simular uma possível renegociação do cronograma de investimentos em função do real comportamento

da demanda. Verificou-se, nesse caso, que o valor da opção é inferior ao cenário base em até 5%. A flexibilidade incorporada pelo mecanismo tende a anular a opção de saída, o que acaba por diminuir o seu valor. Foram também simulados cenários com restrições de prazo máximo e mínimo para o início das inversões e diferentes gatilhos de tráfego que as disparam.

A relação entre a opção de abandono e as diferentes modalidades de leilão – menor tarifa, maior outorga paga no ato de contratação e maior outorga paga anualmente – foi estudada. Estabeleceram-se cenários que tornassem os resultados dos projetos equivalentes e então analisados pela TOR. Constatou-se que o modelo por menor tarifa leva aos máximos valores da OR e da possibilidade do seu exercício. Na sequência, ficou o leilão por outorga fixa paga anualmente e, por último, a outorga fixa paga no início do contrato.

Por fim, o abandono contratual foi modelado por diferentes abordagens: como uma opção do tipo americana ou como uma série de opções europeias, conforme proposto por Colín (2016).

Nesse estudo, argumentou-se que o concessionário não pode abandonar o projeto a qualquer momento, mas somente em períodos predeterminados na vigência. A análise comparativa dos dois cenários evidenciou que a possibilidade de aguardar o melhor momento para o abandono (opção americana) aumenta o seu *payoff* em 84%.

O trabalho analisou também o comportamento das duas abordagens com a imposição de restrições para a extinção prematura. Na prática, parece pouco factível que se justifique a razoabilidade da relicitação logo nos anos iniciais.

Ao estabelecer o prazo mínimo de cinco anos para o abandono do projeto, verifica-se que os valores fornecidos pelos dois métodos tendem a convergir, visto que a devolução dentro do primeiro ciclo de investimentos é bastante atrativa. Os resultados encontrados são relevantes para a validação do modelo de avaliação proposto com o uso do MQOMC.

Este primeiro texto contribuiu para que se tenha um melhor entendimento, do ponto de vista quantitativo, sobre a relação entre as incertezas envolvidas nas concessões e as novas condições favorecidas pela legislação brasileira.

É importante que se tenha conhecimento prévio sobre o valor que a relicitação agrega aos contratos para que instrumentos eficazes sejam modelados para lidar com a relação dual imposta pela possibilidade do abandono, que, ao mesmo tempo, inibe o enriquecimento ilícito da administração pública às custas do parceiro privado e atua como uma garantia conferida a este.

Equilibrar ônus e ganhos de ambas as partes é vital para que se garanta o bom desempenho e a segurança jurídica das concessões existentes e futuras. Esse será o objeto de análise da segunda etapa deste projeto.

## REFERÊNCIAS

ABCR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONCESSIONÁRIAS RODOVIÁRIAS. **Índice ABCR**. São Paulo: ABCR, 2019. Disponível em: <<https://melhoresrodovias.org.br/indice-abcr/>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

ABDELDAYEM, M. M.; DULAIMI, S. H. A. Privatisation as a worldwide tool of economic reform: a literature review. **International Journal of Social and Administrative Sciences**, v. 4, n. 2, p. 66-84, 2019.

AMORA, D. Indenização de ativos para relícitar rodovia só por valor de mercado e com teto, decide TCU. **Agência Infra**, 2 out. 2020. Disponível em: <<https://www.agenciainfra.com/blog/indenizacao-de-ativos-para-relicitar-rodovia-so-por-valor-de-mercado-e-com-teto-decide-tcu/>>. Acesso em: 23 jul. 2021.

ANTT – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. Diretoria Colegiada. 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, nº 235, p. 55, 5 dez. 2019a. Seção 1.

\_\_\_\_\_. **Nota Técnica nº 016/2019/GEREF/SUNIF**. Brasília: ANTT, 2019b.

\_\_\_\_\_. **Minuta Edital Concessão Sistema Rodoviário BR-381/262/MG/ES (Audiência Pública 10/2019)**. Brasília: ANTT, 2019c. Disponível em: <[participantt.antt.gov.br/Site/AudienciaPublica/VisualizarAvisoAudienciaPublica.aspx?CodigoAudiencia=392](http://participantt.antt.gov.br/Site/AudienciaPublica/VisualizarAvisoAudienciaPublica.aspx?CodigoAudiencia=392)>. Acesso em: 6 ago. 2019.

BAIN, R. Error and optimism bias in toll road traffic forecasts. **Transportation**, v. 36, n. 5, p. 469-482, set. 2009.

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, jan./mar. 2016.

BONINI, C. P. Capital investment under uncertainty with abandonment options. **The Journal of Financial and Quantitative Analysis**, v. 12, n. 1, p. 39, mar. 1977.

BRANDÃO, L. E. T. **Uma aplicação da teoria das opções reais em tempo discreto para avaliação de uma concessão rodoviária no Brasil**. 2002. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

BRANDÃO, L. E. T. *et al.* Incentivos governamentais em PPP: uma análise por opções reais. **Revista de Administração de Empresas**, v. 52, n. 1, p. 10-23, fev. 2012.

BRANDÃO, L. E. T.; SARAIVA, E. C. G. Garantias governamentais em projetos de PPP: uma avaliação por opções reais. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 37, n. 3, p. 381-404, dez. 2007.

BRASIL. Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, Presidência da República, n. 32, p. 1, 14 fev. 1995. Seção 1.

\_\_\_\_\_. Decreto de 15 de agosto de 2017. Declara a caducidade da concessão de titularidade da Concessionária de Rodovias Galvão BR-153 SPE S.A. - BR-153/GO/TO. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2017a.

\_\_\_\_\_. Lei nº 13.448, de 5 de junho de 2017. Estabelece diretrizes gerais para prorrogação e relicitação dos contratos de parceria definidos nos termos da Lei nº 13.334, de 13 de setembro de 2016, nos setores rodoviário, ferroviário e aeroportuário da administração pública federal, e altera a Lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001, e a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 107, p. 1, 6 jun. 2017b. Seção 1.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 9.580, de 22 de novembro de 2018**. Regulamenta a tributação, a fiscalização, a arrecadação e a administração do Imposto sobre a Renda e Proventos de Qualquer Natureza. Brasília: Presidência da República, 2018.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 9.957, de 6 de agosto de 2019. Regulamenta o procedimento para relicitação dos contratos de parceria nos setores rodoviário, ferroviário e aeroportuário de que trata a Lei nº 13.448, de 5 de junho de 2017. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 151, p. 8, 7 ago. 2019. Seção 1.

BRITTO, P. A. P. de; ROCHA, C. H. Performance financeira de aeroportos concedidos de um país hipotético. **Revista Ciências Administrativas**, v. 26, n. 2, p. 1-11, 2020.

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, maio 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, jun. 2007.



COLÍN, F. C. **Application of the real options approach to the appraisal of motorway concessions: the abandonment option.** 2016. Tese (Doutorado) – Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2016.

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, mar. 2017.

COSTA, F. A. **Risco de demanda e abandono contratual: uma análise por opções reais da concessão da rodovia BR-381/262/MG/ES.** 2020. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

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

DYL, E. A.; LONG, H. W. Abandonment value and capital budgeting: comment. **The Journal of Finance**, v. 24, n. 1, p. 88-95, mar. 1969.

FLYVBJERG, B.; HOLM, M. K. S.; BUHL, S. L. How (in)accurate are demand forecasts in public works projects? The case of transportation. **Journal of the American Planning Association**, v. 71, n. 2, p. 131-146, 30 jun. 2005.

FREITAS, A.; BRANDÃO, L. E. T. Real options valuation of e-learning projects. **International Journal on E-Learning**, v. 9, n. 3, p. 363-383, jul. 2010.

GALERA, A. L. L. **Desarrollo de un modelo de valoración de concesiones de autopistas basado en la teoría de opciones reales, validación mediante el análisis de series históricas de datos de concesiones en servicio.** 2006. Tese (Doutorado) – Universidad Politécnica De Madrid, Madrid, 2006.

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

HO, S. P.; LIU, L. Y. An option pricing-based model for evaluating the financial viability of privatized infrastructure projects. **Construction Management and Economics**, v. 20, n. 2, p. 143-156, mar. 2002.

HUANG, Y.; CHOU, S. 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, abr. 2006.

HUANG, Y.; PI, C. Real-option valuation of build-operate-transfer infrastructure projects under performance bonding. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 140, n. 5, p. 04013068, maio 2014.

IGREJAS, R.; CORDEIRO, L.; BRANDÃO, L. E. When is abandonment not an option? Dealing with PPP contract and government interests. *In*: ZHANG, Z.; QUEIROZ, C.; WALTON, C. M. (Ed.). **Advances in public-private partnerships**. [s. l.]: ASCE Library, 2017. p. 486-498.

KENSINGER, J. W. **Project abandonment as a put option**: dealing with the capital investment decision and operating risk using option pricing theory. Dallas: Southern Methodist University, 1980. (Working Paper).

LANA, B. C. **Análise do fluxo de veículos e do cronograma de investimentos em concessões rodoviárias**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

LIU, J.; GAO, R.; CHEAH, C. Y. J. Pricing mechanism of early termination of PPP projects based on Real Option Theory. **Journal of Management in Engineering**, v. 33, n. 6, p. 04017035, nov. 2017.

LONGSTAFF, F. A.; SCHWARTZ, E. S. Valuing american options by simulation: a simple least-squares approach. **Review of Financial Studies**, v. 14, n. 1, p. 113-147, 1 jan. 2001.

MARTINS, J.; MARQUES, R. C.; CRUZ, C. O. Real options in infrastructure: revisiting the literature. **Journal of Infrastructure Systems**, v. 21, n. 1, p. 04014026, mar. 2015.

MYERS, S. C.; MAJD, S. **Calculating abandonment value using option pricing theory**. Massachusetts: Sloan School of Management; MIT, 1983. (Working Paper, n. 1462-83).

\_\_\_\_\_. Abandonment value and project life. **Advances in futures and options research**, v. 4, p. 1-21, 1990.

OLIVEIRA, C. Z. A. C. **Contratos administrativos complexos e de longo prazo**: a prorrogação antecipada e a relicitação na teoria dos contratos públicos. 2018. Dissertação (Mestrado) – Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2018.

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

ROBICHEK, A. A.; HORNE, J. C. V. Abandonment value and capital budgeting. **The Journal of Finance**, v. 22, n. 4, p. 577-589, 1967.

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, jan. 1998.

SILVA NETO, D. C. *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, p. 06016002, out. 2016.

SONG, J. *et al.* Using bargaining-game model to negotiate compensation for the early termination of BOT highway projects. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 105, p. 197-209, nov. 2017.

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

STN – SECRETARIA DO TESOURO NACIONAL. **Nota nº 02/2015/SEAE/MF**: revisão da taxa interna de retorno para certame das concessões rodoviárias federais no âmbito do Programa de Investimento em Logística 2. Brasília: STN, 2015.

TOURINHO, O. A. F. **The valuation of reserves of natural resources**: an option pricing approach. 1979. Tese (Doutorado) – University of California, Berkeley, 1979.

TRIGEORGIS, L. Real options and interactions with financial flexibility. **Financial Management**, v. 22, n. 3, p. 202-224, 1993.

VASSALLO, J. M.; ORTEGA, A.; BAEZA, M de los Á. Impact of the economic recession on toll highway concessions in Spain. **Journal of Management in Engineering**, v. 28, n. 4, p. 398-406, out. 2012.

XIONG, W.; ZHANG, X. Compensation approaches for early termination of PPP projects. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADVANCEMENT OF CONSTRUCTION MANAGEMENT AND REAL ESTATE, 17., 2014, Berlin, Germany. **Proceedings...** Berlin: Springer, 2014.

XIONG, W.; ZHANG, X.; CHEN, H. Early-termination compensation in public-private partnership projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 142, n. 4, abr. 2016.

## APÊNDICE

**Script para a utilização do MQOMC<sup>1</sup>**

```

### LSM_Rev_7
## Revisão dos histogramas

#Variáveis utilizadas no código
## FC = log do resultado da simulação monte carlo dos fluxos de caixa do projeto
## IT = Valor da indenização pelo término antecipado
## P = valor da opção de abandono (put)
## S = Valor do ativo subjacente
## r = taxa livre de riscos
## FCO = Fluxo de caixa da opção
## ti = período de início da validade da opção
## N = Duração do contrato

### Parâmetros de entrada do modelo
r<- 0.0604
ti<-2
multa.inadim<- 0.0
N<-30

### Lê os arquivos no formato csv

library(dplyr)
library(ggplot2)
setwd("C:/Users/Denise Deckers/Google Drive/03 - IPEA/07 - Script R/02 - Dados de Entrada")
FC<- read.csv("FC_Cenario_Base.csv", header=TRUE, ",", dec=",")
FC<-as.matrix(FC)
IT<- read.csv("IT_Deprecicao_Linear.csv",header = TRUE, ",", dec=",")
IT<-as.matrix(IT)*(1-multa.inadim)

### Análise em t=(N-1)
S <- FC[,N]/(1+r)
a <- matrix(rep(0,10000))
P <- pmax( IT[,N-1]-S,a)
FCO<-as.matrix(P)

### Análise em t=(N-2) até ti
for (k in (N-2):ti){
  t<-k

  ##### Faz a regressão
  Y<-FCO%*%(1/(1+r) ^ (1:(N-(t+1))))
  S<-FC[,t+1]:N] %*%(1/(1+r) ^ (1:(N-t)))
  P<-pmax( IT[,t]-S,a)
  df<-data.frame(Y,S,P)
  reg<-df %>%
    filter(P>0)
  reg<-reg[,-3]
  reg[,"S2"]<- reg$S ^ 2
  ifelse(all(is.na(reg[,"Y"])),
    coef<-c(0,0,0),
    coef<-coefficients(lm(Y~S+S2,data=reg)))

  ##### Calcula o valor da continuidade
  C<-cbind(rep(1,10000),S,S^2)%*%coef
  C<-ifelse(P>0,C,0)
  FCO1<-ifelse(P>C,P,0)

```

---

1. Método dos mínimos quadrados ordinários Monte Carlo.

## TEXTO para DISCUSSÃO

```

#### Incorpora o valor da opção no período t na matriz dos fluxos de caixa da opção
for(j in 1:(ncol(FCO))){
  for(i in 1:10000){
    ifelse(P[i]>C[i],FCO[i,j]<-0,FCO[i,j])
  }
}
FCO<-cbind(FCO1,FCO)
}

### Valor da opção
matriz.VOR<-FCO%*%(1/(1+r) ^ (ti:(N-1)))
media.VOR<-colMeans(matriz.VOR)
media.VOR
### Ano de exercício
matriz.ano.exercicio<-(as.numeric(FCO[1,]>0)%*%c(1:(N-ti)))
for(i in 2:10000){
  matriz.ano.exercicio<-rbind(matriz.ano.exercicio,(as.numeric(FCO[i,]>0)%*%c(1:(N-ti))))
}
matriz.ano.exercicio<-ifelse(matriz.ano.exercicio>0,matriz.ano.exercicio+(ti-1),NA)

media.ano.exercicio <-colMeans(matriz.ano.exercicio, na.rm = TRUE)
prob.abandono<-(10000-sum(as.numeric(is.na(matriz.ano.exercicio))))/10000
### Passivo Contingente Esperado
matriz.passivo.contingente<-as.numeric(FCO[1,]>0)%*%(IT[1,ti:(N-1)]*(1/(1+r) ^ (ti:(N-1))))
for(i in 2:10000){
  matriz.passivo.contingente<-rbind(matriz.passivo.contingente,
    (FCO[i,]>0)%*%(IT[i,ti:(N-1)]*(1/(1+r) ^ (ti:(N-1))))
)
}
media.passivo.contingente <-colMeans(matriz.passivo.contingente, na.rm = FALSE)

### Histograma do valor presente da opção
ggplot(data= as.data.frame(matriz.VOR/1000), aes(x=V1))+
  ggtitle("Valor da Opção de Abandono")+
  theme_classic(base_size = 10)+
  ylab("Frequência Absoluta") +
  xlab("Valor (R$ milhões)")+
  geom_histogram(fill = 'gray',color = 'black',
    breaks=seq(min(matriz.VOR/1000),max(matriz.VOR/1000),
      by = (max(matriz.VOR/1000)-min(matriz.VOR/1000))/30))+
  scale_y_continuous(#limits = c(0,8000),
    labels = scales::number_format(big.mark = ".",decimal.mark = ","))+
  scale_x_continuous(#breaks = seq(from = 0,to = 1500,by = 500),
    labels = scales::number_format(big.mark = ".",decimal.mark = ","))

### Histograma ano abandono
ggplot(data= as.data.frame(matriz.ano.exercicio), aes(x=V1))+
  ggtitle("Ano do Abandono")+
  theme_classic(base_size = 10)+
  ylab("Frequência Absoluta") +
  xlab("Ano do Abandono")+
  geom_histogram(fill = 'gray',color = 'black',binwidth = 1)+
  scale_y_continuous(#limits = c(0,3000),
    labels = scales::number_format(big.mark = ".",decimal.mark = ","))+
  scale_x_continuous(breaks = seq(from = 0,to = 30,by = 5))

### Histograma passivo contingente
ggplot(data= as.data.frame(matriz.passivo.contingente/1000), aes(x=V1))+
  ggtitle("Passivo Contingente Esperado")+
  theme_classic(base_size = 10)+
  ylab("Frequência Absoluta") +

```

```
xlab("Valores (R$ milhões)")+  
geom_histogram(fill = 'gray',color = 'black',  
  breaks=seq(min(matriz.passivo.contingente/1000), max(matriz.passivo.contingente/1000),  
             by = (max(matriz.passivo.contingente/1000)-  
min(matriz.passivo.contingente/1000))/30))+  
scale_y_continuous(#limits = c(0,8000),  
  labels = scales::number_format(big.mark = ".",decimal.mark = ","))+  
scale_x_continuous(#breaks = seq(from = 0,to = 3000,by = 500),  
  labels = scales::number_format(big.mark = ".",decimal.mark = ","))
```

# 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 Neves de Souza da Cruz

Bruna Oliveira Ranquine da Rocha

Carlos Eduardo Gonçalves de Melo

Elaine Oliveira Couto

Laize Santos de Oliveira

Luciana Bastos Dias

Rebeca Raimundo Cardoso dos Santos

Vivian Barros Volotão Santos

Débora Mello Lopes (estagiária)

Maria Eduarda Mendes Laguardia (estagiária)

### Editoração

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Mayana Mendes de Mattos

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**

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

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO