



## Resumo

Os projetos de infraestrutura têm como principais características o longo prazo de maturação e os elevados investimentos de capital. Eles apresentam incertezas que impactam a viabilidade econômico-financeira. Os métodos tradicionais de avaliação de projetos falham em não capturar flexibilidades gerenciais que agregam valor a tais empreendimentos. Torna-se relevante a utilização de métodos de otimização sob incerteza, que complementam a análise tradicional. Neste estudo, foi desenvolvido um modelo para tomada de decisão de expansão de um terminal portuário de contêineres no Brasil. Além de permitir uma visão ampliada do setor portuário no país, o artigo tem como contribuição desenvolver um modelo flexível de apuração por opções que pode ser adaptado a outras modelagens de projetos de infraestrutura, permitindo o exercício ótimo de expansão.

**Palavras-chave:** Avaliação econômico-financeira. Infraestrutura. Opções reais. Flexibilidade gerencial. Terminal portuário.

## Abstract

*Infrastructure projects are characterized by long maturity and high capital investments. These projects present uncertainties that impact the economic and financial viability. Traditional methods of valuation fail to capture managerial flexibilities that add value to such projects. It becomes relevant to use optimization methods under uncertainty, which complement the traditional analysis. In this study a model was developed for decision making of expansion of a container port terminal in Brazil. In addition to providing a broader view of the port sector in Brazil, its contribution is the development of a flexible option pricing model, which can be adapted to other infrastructure project modeling, allowing the optimal expansion exercise.*

**Keywords:** *Economic and financial assessment. Infrastructure. Real options. Managerial flexibility. Port terminal.*

## Introdução

Os investimentos em terminais portuários privados estão sujeitos a inúmeras incertezas, que afetam diretamente a viabilidade de tais empreendimentos. Os investimentos no setor podem gerar multiplicadores positivos, em razão da intensa conexão com demais modais de transporte, desenvolvimento tecnológico, ampliação de empregos e também melhorias na infraestrutura das cidades em que se localizam e seus arredores. O planejamento de investimentos em portos, além de contribuir para o desenvolvimento econômico e social, permite o desenvolvimento e ampliação do comércio exterior.

A crise econômica que o Brasil vivencia desde 2018 impactou os investimentos em infraestrutura. Ela afeta a capacidade do governo de manter gastos com construção e manutenção de infraestruturas e com o desenvolvimento de novos projetos, que geralmente são altamente intensivos em capital. Segundo De Britto e outros (2015), a Lei 12.815, de 5 de junho de 2013 (BRASIL, 2013), estendeu a participação privada no setor portuário ao eliminar restrições à constituição de terminais e portos privados. Mesmo com alterações regulatórias recentes, ainda existem muitos desafios para alavancar investimentos no setor portuário no Brasil.

Os portos são tipicamente projetos de longo prazo, sujeitos a diversas incertezas, tais como: avanços tecnológicos, flutuações econômicas, mudanças políticas, demanda e custos de construção. As incertezas impactam direta ou indiretamente o equilíbrio econômico-financeiro, ao longo da vida do projeto (HERDER *et al.*, 2011; CRUZ; MARQUES, 2013). Há até mesmo incertezas operacionais e ambientais, que podem interromper a prestação de serviços (HULTIN *et al.*, 2004).

O crescimento mundial do volume transportado, entretanto, foi uma das principais razões para o aumento dos investimentos observados no setor portuário (MARQUES; FONSECA, 2010). Nesse contexto, é crucial buscar métodos capazes de aprimorar a avaliação econômico-financeira dessa classe de projetos (DE NEUFVILLE, 2002). Tais métodos têm o potencial de promover a atratividade financeira em certames promovidos pelo poder concedente, por meio de estímulos ao retorno financeiro dos arrendatários.

A fim de promover a atratividade econômico-financeira de projetos de infraestrutura portuária, o presente estudo pretende responder à seguinte questão: quais os impactos de incorporar métodos de tomada de decisão sob incerteza na avaliação econômico-financeira de um projeto de expansão portuária no Brasil? Em meio a um cenário de incerteza de demanda, que atinge diretamente a viabilidade econômico-financeira de concessões e arrendamentos no país, este artigo propõe a adoção da Teoria de Opções Reais (TOR) como um método alternativo para tomada de decisão de expansão, abandono e adiamento de investimentos em terminais portuários no Brasil.

O estudo tem como principal justificativa a necessidade de incorporar flexibilidades contratuais em concessões de operações portuárias, permitindo adaptação progressiva às mudanças nas condições de mercado e a mitigação de riscos que afetam esses investimentos (MARTINS *et al.*, 2013).

No Brasil, a TOR já foi aplicada anteriormente em projetos de infraestrutura, incluindo rodovias (BRANDÃO; CURY, 2006), aeroportos e metrô (BRANDÃO *et al.*, 2012; MARQUES; TEIXEIRA BRANDÃO; GOMES, 2019). O presente estudo amplia a literatura existente, apresentando como principal contribuição um modelo de avaliação por aproximação binomial para opção americana de

expansão, simultânea à opção de abandono no setor de portos. Para análise empírica, o modelo é aplicado a um porto privado no Brasil.

O artigo está organizado da seguinte forma: a segunda seção compreende uma revisão da literatura sobre o uso de TOR e aplicações no setor portuário; a terceira é relativa a aspectos metodológicos; a quarta expõe o caso aplicado, utilizando a metodologia e abordando os principais resultados; e a quinta seção destaca as principais conclusões.

## Referencial teórico

### Incertezas em decisões de investimento em terminais portuários

Os portos constituem infraestrutura fundamental para a economia brasileira, uma vez que são responsáveis pelo escoamento de mais de 90% do comércio exterior, segundo dados de Antaq (2019).

O desenvolvimento tecnológico no transporte de contêineres e os aprimoramentos no transporte global contribuem para um aumento na demanda portuária (ALDERTON, 1999; NOTTEBOOM; RODRIGUE, 2009). Segundo análise contida no relatório de portos do Conselho Administrativo de Defesa Econômica (Cade), um dos efeitos das fusões e aquisições entre armadores foi o aumento de capacidade dos navios porta-contêineres no Brasil (CADE, 2017).

No entanto, existem diversos fatores de incerteza que afetam o planejamento dos portos (BENDALL; STENT, 2005). A imprevisibilidade da demanda, a limitação de capacidade nos portos, as constantes mudanças regulatórias e o aumento da atividade econômica são variáveis de incerteza que exigem mudanças significativas na infraestrutura portuária (TANEJA; LIGTERINGEN; WALKER, 2011).

Essas incertezas muitas vezes impactam a tomada de decisões de investimentos em portos no Brasil. Espera-se que a entrada em operação dos navios de grande porte – na casa de 20.000 TEU (do inglês *twenty-foot equivalent unit*) – desloque navios atualmente em uso nas principais rotas mundiais (Estados Unidos da América-Ásia e Europa-Extremo Oriente), com capacidade de 12.000 TEU a 15.000 TEU, para rotas que atendem a portos brasileiros. Tais navios exigem canais de acesso dos portos de pelo menos 14 metros (m) de profundidade (GRANTHAM, 2017).

Atualmente, os portos de Itaguaí (RJ), Suape (PE) e Pecém (CE), que respondem por aproximadamente 15% da carga containerizada movimentada nos portos brasileiros, seriam os únicos com condições de receber tais navios, o que indica a necessidade de investimentos na melhoria da infraestrutura portuária do país (GRANTHAM, 2017).

## Avaliação de projetos sob condições de incerteza

As principais métricas de análise de viabilidade econômico-financeira de projetos baseiam-se no método do Fluxo de Caixa Descontado (FCD), o qual utiliza *payback*, taxa de retorno e valor presente líquido (VPL) como critérios de avaliação (ROSS; WESTERFIELD; JAFFE, 2006).

A avaliação de projetos por opções reais tem como principal contribuição incorporar a modelagem de incertezas e flexibilidades aos métodos tradicionais de viabilidade baseados no FCD. O método ampliado por opções reais parte da avaliação tradicional usando o FCD, do qual se obtém o valor esperado do projeto. Nesse ponto da análise, observa-se apenas um cenário determinístico refletindo o que, na avaliação dos investidores, acontecerá no

empreendimento. Uma vez que os fluxos de caixa do projeto estão sujeitos a inúmeras incertezas, algumas se destacam como capazes de influenciar mais significativamente a geração de caixa e, portanto, o valor do projeto.

A segunda etapa da abordagem envolve modelar matematicamente o comportamento das incertezas presentes no projeto, identificando o processo estocástico de tais variáveis. Na terceira etapa, procuram-se reconhecer as flexibilidades de decisão, disponíveis para os gestores do projeto. À medida que o tempo passa, revelam-se novos cenários para o projeto e, tendo os gestores a flexibilidade de decidir entre caminhos alternativos à luz de maiores e melhores informações, o projeto pode apresentar maior valor. Dessa forma, é possível, por exemplo, que, diante da incerteza da capacidade, seja melhor investir em capacidade menor no início do projeto. É possível, ainda, que a opção de abandonar um projeto que esteja extremamente deficitário seja a melhor alternativa. Assim como estas, há outras flexibilidades gerenciais, todas com a oportunidade de tomar diferentes e melhores decisões, à medida que novas informações são reveladas.

Vale observar que uma simples análise de cenários não consegue capturar o impacto das decisões de um projeto; ao usar a TOR, no entanto, adiciona-se ao modelo o impacto do maior ou menor risco que pode resultar dessas decisões. Essa abordagem permite superar uma importante limitação dos métodos tradicionais, que têm como base a metodologia do FCD e a análise de decisão usando cenários. Ao fim da análise, consegue-se mensurar o impacto que as flexibilidades gerenciais proporcionam ao processo de avaliação, e essas flexibilidades representam a oportunidade de exercer opções ao longo da vida do projeto.

Para que um projeto apresente valor de opção, no entanto, três condições são necessárias (DIXIT; PINDYCK, 1994): (i) o investimento ser total ou pelo menos parcialmente irreversível; (ii) a flexibilidade ser suficiente no projeto para permitir ao gerente operar o projeto de forma diferenciada (adiando, suspendendo, ampliando, abandonando etc.), dependendo do estado da natureza que venha a ocorrer no futuro; e (iii) haver incerteza sobre o nível dos fluxos de caixa futuros que esse projeto poderá gerar.

A TOR tem sido aplicada em um crescente número de publicações tanto no exterior quanto no Brasil. Desde a tese de doutorado pioneira de Tourinho (1979), inúmeros autores, tais como Brenann e Schwartz (1985), McDonald e Siegel (1986), Paddock, Siegel e Smith (1988), Trigeorgis (1993), Kulatilaka (1993), Kemna (1993), Dixit e Pindyck (1994), Roll (1994), Ross (1995) e Amram (2000), discorrem sobre a importância e complementaridade da abordagem pela TOR com relação à avaliação tradicional por FCD.

A avaliação de flexibilidades gerenciais por opções reais, em projetos de infraestrutura, é amplamente observada na literatura. Rose (1998) avaliou, por simulação de Monte Carlo, múltiplas flexibilidades (*calls* e *puts*) embutidas em um contrato entre o governo e o concessionário de um projeto de rodovia na Austrália e observou que ignorar as flexibilidades gerenciais poderia subestimar consideravelmente o valor do projeto. Rus e Nombela (2003) avaliaram flexibilidades na concessão de garantias por opções reais e utilizaram a Teoria dos Leilões para examinar estratégias em contratos de infraestrutura, considerando incertezas de demanda. Bowe e Lee (2004) analisaram opções de expansão, adiamento, redução e abandono em um projeto de construção de um trem de alta velocidade em Taiwan. Cheah e Liu (2006) propuseram um modelo

por opções reais, usando simulação de Monte Carlo para apreçar a garantia de receita mínima, como mecanismo de incentivo flexível para o projeto de uma ponte pedagiada na Malásia. Huang e Chou (2006) também utilizaram uma abordagem por opções reais para avaliar a garantia de receita mínima, mas, nesse caso, com foco na opção de abandonar, em um projeto de trem de alta velocidade em Taiwan. Chiara, Garvin e Vecer (2007) propuseram um modelo de avaliação para concessões *built-operate-transfer* (BOT) usando garantia de receita mínima, com apreçamento por opções do tipo bermudas e australianas. Alonso-Conde, Brown e Rojo-Suarez (2007) utilizaram a Teoria de Opções como instrumento para avaliar garantias contratuais em uma concessão na Austrália.

Já Brandão e Saraiva (2008) usaram garantias de tráfego mínimo com limites de gastos (*caps*) para atrair investimentos privados e limitar a exposição do governo em uma estrada pedagiada no Brasil. Brandão e outros (2012) avaliaram o impacto dos incentivos governamentais por garantias de tráfego mínimo com níveis de cobertura, na concessão da Linha 4 do Metrô de São Paulo. Kruger (2012) analisou a opção de expansão de uma rodovia na Suécia e as flexibilidades criadas, a partir da Teoria dos Contratos Incompletos.

De forma diferenciada, Rocha Armada, Pereira e Rodrigues (2012) propuseram um modelo por subsídios de investimentos e receitas, além de garantias de demanda mínima, com opção de extensão de prazo contratual em um projeto de infraestrutura.

Martins, Marques e Cruz (2014) desenvolveram um modelo para tomada de decisão tanto nas fases de estruturação e investimento quanto na fase operacional dos projetos, utilizando a metodologia de opções reais. De forma simplificada, Rakić e Radenović (2014) avaliaram o impacto de opções de abandono em projetos de par-

ceria público-privada para rodovias pedagiadas, utilizando árvore binomial. Os autores demonstraram que a probabilidade de exercer o abandono do projeto ao longo dos primeiros cinco anos de construção tende a ser maior do que depois de passado esse período. Nesse caso, os contratos com maior flexibilidade gerencial seriam mais valiosos para os investidores privados.

Por outro lado, Xiong e Zhang (2014) propuseram o uso de opções reais como mecanismo de aprimoramento das renegociações contratuais em projetos de infraestrutura. Os autores enfatizam a importância da modelagem das flexibilidades contratuais para auxiliar o aumento das recompensas em jogos estratégicos de barganha.

Feng, Zhang e Gao (2015) desenvolveram um modelo para avaliar garantia mínima de receita, garantia mínima de tráfego e garantia de compensação de preço, determinando, assim, o preço ótimo de pedágio em projetos rodoviários. Blank e outros (2016) modelaram o valor do abandono do concessionário em um projeto de infraestrutura, utilizando níveis de garantias de receita com uma proposta similar à de Brandão e outros (2012).

Attarzadeh e outros (2017) avaliaram garantias de receita em projetos de infraestrutura, utilizando lógica *fuzzy* para modelar as incertezas. Buyukyoran e Gundes (2018) modelaram garantia de receita mínima em rodovia, identificando os limites superiores e inferiores das barreiras das opções. Carbonara e Pellegrino (2018) avaliaram limites ótimos de piso e teto de receita, de forma a criar uma condição “ganha-ganha” para concessionário e governo em projetos de infraestrutura.

No setor portuário, a disseminação da abordagem de avaliação de projetos por opções reais tem se mostrado relevante, mesmo considerando que existem ainda poucos estudos. Casasús e outros (2002)

modelaram garantia de receita mínima como opção americana, na avaliação de um projeto portuário em Valência, na Espanha.

Bendall e Stent (2005) modelaram a decisão do operador do navio como uma opção para trocar um fluxo de receita arriscado entre várias alternativas estratégicas, à medida que a incerteza é resolvida. Taneja, Ligteringen e Walker (2011) avaliaram a construção do porto de Rotterdam em etapas, incorporando ao contrato a flexibilidade de parada ótima e a interrupção do programa de expansão, caso a demanda não aumentasse conforme o esperado. Martins e outros (2017) modelaram a expansão do terminal de contêiner de Ferrol na Espanha como opção americana. Para contornar as limitações dos métodos tradicionais, os autores propõem uma estrutura flexível de avaliação por opções reais. Randrianarisoa e Zhang (2019) avaliaram a opção de espera, com adaptação aos efeitos da mudança climática e competição entre portos. Balliauw, Kort e Zhang (2019) modelaram opções com jogos e o impacto da competição entre dois portos na tomada de decisão destes em investir em aumento de capacidade, tendo a flexibilidade de postergar investimentos. Os autores identificaram que o aumento da competição entre portos reduz o valor da opção de adiamento.

De forma diferenciada em relação à literatura citada sobre modelagem de portos por opções reais, no presente estudo a flexibilidade de antecipar ou postergar a expansão de capacidade do terminal portuário foi modelada por árvore binomial com desconto de dividendos, característica necessária para o apreçamento de opções do tipo americanas. O modelo permitiu ainda incorporar a avaliação da flexibilidade de abandono do projeto, caso o cenário se revele desfavorável para a continuidade do arrendamento. Ele foi aplicado ao caso real de um terminal de contêineres no Brasil, segmento do setor portuário sobre o qual houve poucos estudos em opções reais.

## Modelagem

Nesta seção, é detalhado o modelo proposto no presente estudo para avaliação financeira de terminais portuários, seguindo Cox, Ross e Rubinstein (1979). O modelo por binomial para cálculo de opções europeias foi adaptado, contemplando dividendos.

O ganho relativo a dividendos, somado ao ganho de capital, leva à mensuração do retorno total do investimento sobre o ativo real (terminal portuário). Nesse caso, o projeto pode se valorizar ou desvalorizar de acordo com incertezas de mercado e também com os ganhos com dividendos. No caso de ativos reais, tais ganhos com dividendos podem ser representados por fluxos de caixa que são provenientes do projeto.

A adaptação da binomial com dividendos desenvolvida no presente estudo, para avaliação de expansão portuária, deriva da abordagem proposta por Copeland e Antikarov (2001) para o cálculo de opções americanas. Por essa abordagem, a tomada de decisão de expansão é modelada a cada etapa na árvore binomial, e não somente em uma data específica ao longo da vida útil do projeto (por opções europeias), como se observa na prática em um grande número de contratos de concessões e arrendamentos no Brasil.

Ao utilizar um modelo binomial com cálculo de dividendos, busca-se incorporar à modelagem, por exemplo, a flexibilidade de exercício antecipado de expansão ou a postergação a qualquer tempo (BLACK; SHOLES, 1973; MERTON, 1973). A cada nó binomial, obter uma aproximação para o cálculo de opções americanas atende ao conceito de gatilho também observado por Dias (2015).

Para o desenvolvimento do modelo de avaliação, foram analisados dados históricos referentes à taxa de crescimento e volatilidade da demanda de carga containerizada da região na qual se encontra o

porto utilizado a título de aplicação do modelo. Tendo em vista que o porto em questão está localizado na região Nordeste do Brasil, observou-se o volume de movimentação histórica de cargas do Nordeste segundo dados de Antaq (2019). Assim, foi utilizada a série histórica mensal de movimentação de contêineres mais longa disponível, a qual se refere ao período de 2010 a 2018.

A série histórica de movimentação analisada revelou indícios de um processo estocástico do tipo movimento geométrico browniano (MGB), cujos retornos são normalmente distribuídos e, ao serem projetados, tendem a apresentar crescimento exponencial. Tal fato é corroborado pela expectativa de especialistas no setor, que preveem o crescimento do volume de navios para os portos brasileiros nos próximos anos (GRANTHAM, 2017).

O MGB também é conhecido como um processo de caminho aleatório, cuja formulação diferencial é dada por:

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz$$

Em que  $S$  é o valor da variável modelada,  $\mu$  é a taxa de crescimento de  $S$ ,  $\sigma$  é o parâmetro de volatilidade de  $S$ ,  $dt$  é o incremento de tempo e  $dz$  é o incremento-padrão de Wiener, proporcional a  $\sqrt{dt}$  e com distribuição normal.

A modelagem da incerteza do projeto pode ser simplificada ao adotar o método binomial para apreçamento das opções. Nesse caso, com a extração do parâmetro de volatilidade  $\sigma$  da série de retornos da variável de incerteza, o valor presente (VP) do projeto sem opção pode ser calculado em uma árvore binomial de eventos. Ao utilizar o modelo de Cox, Ross e Rubinstein (1979), os movimentos ascendentes e descendentes ( $u$  e  $d$ ) são observados como:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (1)$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = \frac{1}{u} \quad (2)$$

Em que  $\Delta t$  é o intervalo de tempo do processo. O presente estudo considerou a tomada de decisão de investimento ou abandono anual podendo ocorrer a cada ano, a depender das condições de mercado para a continuidade do empreendimento. Para tanto, estabeleceu-se o  $\Delta t$  igual a um ano.

Na árvore binomial, a cada cenário possível, em cada nó, a probabilidade influencia a avaliação final do projeto. A probabilidade de cada resultado, em um primeiro momento, é determinada para o fluxo de caixa determinístico do projeto, sendo:  $q = \frac{e^k - d}{u - d}$  e  $1 - q = \frac{u - e^k}{u - d}$ , em que  $q$  é a probabilidade. As variáveis de entrada do modelo são seu custo de capital ajustado ao risco  $k$  e sua volatilidade  $\sigma$ , sendo as probabilidades objetivas  $q$  e  $(1 - q)$ .

Por se tratar de uma árvore binomial com desconto de dividendos em  $t$  ( $Div_t$ ), houve a necessidade de calcular o valor presente *ex-ante* dividendos ( $VPa_t$ ) e o valor presente *ex-post* dividendos ( $VPp_t$ ). Para todos os períodos de projeção, devem ser obtidos os fluxos de caixa ( $FC$ ) projetados e devem ser calculados os  $VPs$ , observando que:

$$FC_1 = VPp_1 - VPp_0 \dots FC_n = VPp_n - VPp_{n-1} \quad t=0, \dots, n \quad (3)$$

O vetor de taxas de dividendos ( $\delta$ ) passa a ser definido como:

$$\delta_1 = FC_1 / VPp_1 \dots \delta_n = FC_n / VPp_n \quad (4)$$

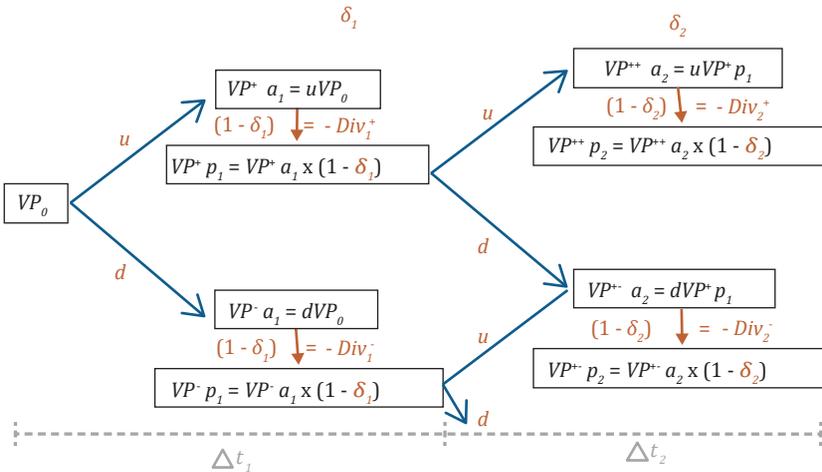
Em que: (i)  $VPa_t$  é o  $VP$  antes de dividendos e antes da opção em  $t$ ; e (ii)  $VPp_t$  é o  $VP$  após desconto de dividendos e antes da opção em  $t$ .

O  $VPp_t$  é igual a  $VPa_t(1 - \delta_t)$ , e a taxa de dividendos observada considera:

$$Div_t = VPa_t - VPp_t = VPp_t \times (1/(1 - \delta_t) - 1) = VPp_t \times \delta_t / (1 - \delta_t)$$

A árvore de eventos projetada a partir do desconto de dividendos está representada na Figura 1, na qual são ilustrados os dois primeiros períodos da árvore binomial. A árvore binomial construída dessa forma pressupõe taxas de desconto  $k$  diferenciadas a cada nó binomial, de acordo com o risco em cada etapa, na medida em que o exercício de opções altera o risco do projeto.

Figura 1 • Binomial projetada com desconto de dividendos e sem opção



Fonte: Elaboração própria, com base em Copeland e Antikarov (2003) e Cox, Ross e Rubinstein (1979).

Por outro lado, para que não seja necessário utilizar diferentes taxas de desconto a cada passo da binomial, utiliza-se a abordagem neutra a risco. A abordagem neutra a risco simula o que aconteceria se o

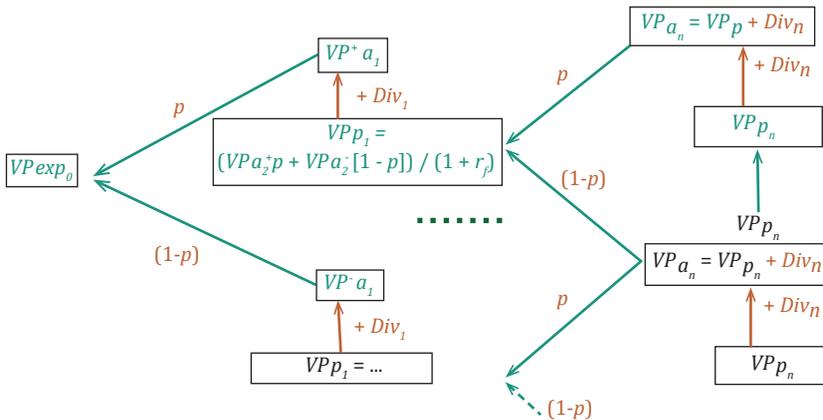
risco fosse eliminado em todos os nós de decisão e faz o  $VP$  ser sempre o mesmo daquele obtido pela árvore binomial com risco.

Dessa forma, assume-se o resultado livre de risco, uma vez que o  $VP$  do projeto seja um estimador de seu valor de mercado, considerando o mercado completo e a solução do problema por meio de probabilidades neutras ao risco. Sendo  $r_f$  a taxa livre de risco, definem-se as chamadas de probabilidades neutras ao risco  $-p$  e  $(1-p)$ :

$$p = \frac{e^{r_f} - d}{u - d} \text{ e } (1-p) = \frac{u - e^{r_f}}{u - d} \quad (5)$$

Não havendo oportunidade de ganhos livres de risco, o valor presente expandido do projeto na data zero ( $VP_{EXP0}$ ) com opções pode ser descontado à taxa livre de risco  $r_f$ , como mostra a Figura 2.

Figura 2 • Binomial de VPs descontada com dividendos



Fonte: Elaboração própria, com base em Copeland e Antikarov (2003) e Cox, Ross e Rubinstein (1979).

A avaliação da opção pela árvore binomial seguindo Cox, Ross e Rubinstein (1979) torna o resultado do valor da opção independente

das probabilidades objetivas  $q$  e  $(1-q)$  e permite que se utilize a taxa livre de risco como taxa de desconto em todos os nós da árvore binomial. Assim, as opções reais podem ser modeladas na árvore binomial, a partir do passo final desta, ao calcular o *payoff* de trás para frente, descontando-se a taxa livre de risco, período a período, até o valor inicial, para obter o valor presente expandido do projeto na data zero.

O valor da opção  $VPp_0$  é dado por:

$$VPp_0 = VP_{EXPO} - VP_0 \quad (6)$$

Para chegar a esse valor expandido em  $t = 0$ , a cada instante e nó binomial é utilizada a regra de maximização entre o exercício das opções de expansão, abandono e continuidade simultaneamente. O valor das opções ( $\xi$ ), na data zero, será determinado por:

$$\xi_0^{Call+Put} = \sum_{t=1}^n \left( \max \left( VP_{PÓS-DIV}^+ \cdot \mathcal{X}_E - I; VP_{ABANDONO}; \right. \right. \\ \left. \left. \left( VP_{PÓS-DIV}^+ \cdot p + VP_{PÓS-DIV}^- \cdot (1-p) \right) \cdot e^{-r_f} \right) \right)$$

Em que o  $VP_{PÓS-DIV}^+ = VPp_{tX} \delta_t / (1 - \delta_t)$  é multiplicado pela expectativa de crescimento do fluxo de caixa expandido, nesse caso visto como o fator de expansão do fluxo de caixa de  $\mathcal{X}_E$ . A regra de otimização também avalia a flexibilidade de abandono do empreendimento, cujo  $VP_{ABANDONO}$  é obtido pelo valor residual dos investimentos realizados, descontados a cada ano do valor depreciado, já incluindo a penalidade do destrato contratual. O modelo incorpora a cada nó binomial a regra de maximização entre a opção de adiar o investimento, a partir do valor presente do adiamento descontado em tempo contínuo ( $e^{-r_f}$ ), e os demais valores de expansão ou abandono pós-desconto de dividendos.

## Aplicação do modelo e resultados

O modelo de avaliação proposto foi aplicado à análise de um arrendamento de terminal de contêineres portuário privado, atualmente em operação e localizado no Nordeste do Brasil. De acordo com dados públicos disponibilizados pela Companhia Docas do Estado da Bahia (Codeba), esse arrendamento recebeu um aditivo contratual em novembro de 2016 que contemplou sua prorrogação antecipada, passando o encerramento, anteriormente previsto para 2025, a ser considerado para 2050 (CODEBA, 2016).

O contrato de concessão facultava ao próprio concessionário a flexibilidade de prorrogação do prazo contratual, tendo como contrapartida a obrigação de realizar investimentos de expansão do terminal, com base em marcos estabelecidos pelo poder concedente.

O compromisso de realizar a expansão inicialmente contemplava um aumento da área de armazenagem em 28.159 m<sup>2</sup> e posteriormente em 88.803 m<sup>2</sup>, além do aumento do cais principal em 423 m, e também a aquisição de equipamentos de movimentação de cargas, segundo Codeba (2016). Essa ampliação permitiria navios maiores, com cerca de 366 m, passarem a ancorar nesse porto.

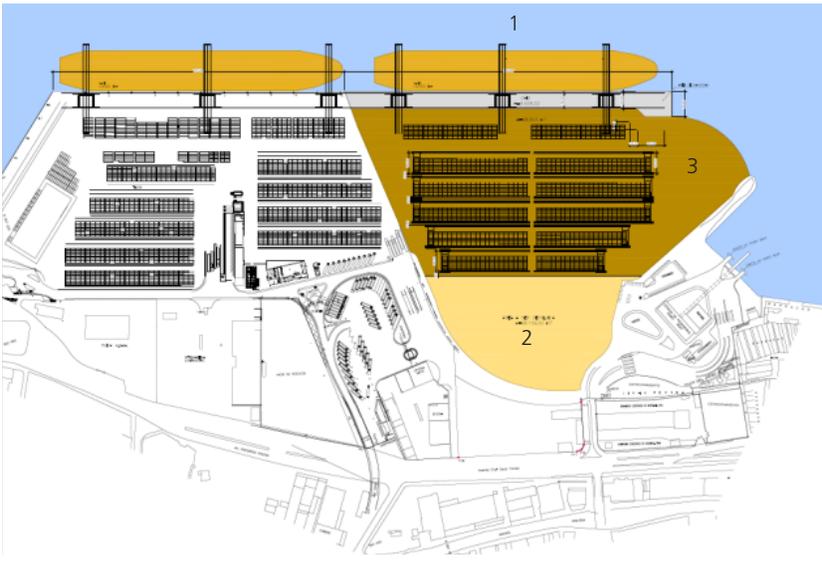
Segundo relatório do Ministério da Infraestrutura (MI), a movimentação do Complexo Portuário de Salvador e Aratu-Candeias, quando somada, correspondeu a 302.000 TEU em 2016, que foi o maior valor observado nos últimos anos (BRASIL, 2018). Entre 2012 e 2016, a movimentação de contêineres no complexo aumentou, em média, 4,1% ao ano. O tipo de navegação predominante é a de longo curso, com participação relativa de 63% na movimentação em 2016. No relatório do MTPA, a projeção de demanda de movimentação

de cargas até 2060 deve impactar positivamente o crescimento da movimentação de contêineres a uma taxa média de 1,9% ao ano, atingindo 715.000 TEU no fim do período.

## O projeto de expansão

Os investimentos, como constam no segundo aditivo ao contrato firmado com a Codeba, são divididos em três fases principais (1, 2 e 3) – cada estágio representando um aumento na capacidade e determinado investimento. Para a aplicação preliminar do modelo proposto neste estudo, os investimentos são trazidos a valor presente de 2019. O contrato define os prazos para investimentos: 2020, 2030 e 2034, respectivamente. A Figura 3 ilustra as etapas de expansão previstas no aditivo celebrado em 2016 para o contrato.

Figura 3 • Plano de expansão do terminal



Fonte: Adaptado de WS (2017).

As receitas e custos de operação foram precificados em TEU, que representa uma medida-padrão muito utilizada para cálculo de movimentação, baseada no volume de um contêiner. Tais valores foram estimados por meio de referências do setor em dezembro de 2018 e obtidos com base no *benchmark* das operações existentes em portos com condições operacionais semelhantes. O Quadro 1 ilustra as premissas principais utilizadas para estruturar o modelo-base do projeto.

Quadro 1 • Premissas do projeto de expansão

Condições	Detalhes
<b>Condições gerais de expansão do projeto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>operado pelo grupo Wilson Sons;</li> <li>segundo aditivo ao contrato de arrendamento assinado em novembro de 2016 prorrogou o arrendamento por mais 25 anos (até 2050);</li> <li>ampliação do cais principal: 423 m;</li> <li>fase 1 – aumento de capacidade: 314.000 TEU;</li> <li>fase 2 – aumento de capacidade: 35.000 TEU;</li> <li>fase 3 – aumento de capacidade: 141.000 TEU.</li> </ul>
<b>Custos de expansão/abandono</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>fase 1: R\$ 345,6 milhões em 2020;</li> <li>fase 2: R\$ 38 milhões – área de armazenagem, até 2030;</li> <li>fase 3: R\$ 154,8 milhões – ampliação de área de armazenagem, até 2034;</li> <li>abandono: ressarcimento de 10% dos investimentos não amortizados.</li> </ul>
<b>Demais dados da projeção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>receita média em TEU: R\$ 713;</li> <li>movimentação de contêiner, 2018: 295.758 TEU;</li> <li>movimentação de contêiner, 2019: 301.377 TEU;</li> <li>crescimento de carga estimado: 1,9% ao ano;</li> <li>custo variável: R\$ 389 (média em TEU);</li> <li>custo fixo: aproximadamente 20% da receita.</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria, com base em WS (2016) e Codeba (2016).

No cenário-base, considera-se a avaliação do projeto pela metodologia do FCD, estimando a taxa de crescimento de demanda conforme Brasil (2018), na medida em que os investimentos ocorrerão necessariamente como previstos, sem considerar eventuais flexibilidades gerenciais.

Essa abordagem está alinhada ao planejamento comumente observado para projetos de infraestrutura, utilizando a metodologia do FCD, e cujo plano de expansão de terminais portuários segue um cronograma fixo de investimentos.

Seguindo a metodologia tradicional do FCD, o VPL do projeto de expansão, ao utilizar o novo horizonte contratual, traria um valor positivo de R\$ 92,4 milhões. Esse valor, ainda que positivo, é relativamente baixo, quando comparado ao capital total de R\$ 539 milhões previstos para investimentos na expansão.

Adicionalmente, ao analisar a taxa interna de retorno (TIR) de 10,2% ao ano obtida por meio dos fluxos de caixa do projeto e compará-la ao custo de capital de 9,4% ao ano, percebe-se que possíveis variações nos fluxos de caixa futuros poderão tornar o projeto pouco atrativo. Uma vez que a TIR é uma variável relevante a ser considerada em concessões ou arrendamentos pelo poder concedente, esse pequeno diferencial entre taxas poderia resultar em necessidade de reequilíbrio econômico-financeiro do contrato ou até mesmo na descontinuidade dos planos de expansão.

O fato de o cenário-base ter uma taxa de retorno relativamente baixa, em meio ao atual ambiente econômico e custos envolvidos (em despesas operacionais e de capital), demonstra que o projeto apresentaria um perfil de risco elevado.

## Avaliação do projeto com flexibilidades

Ao avaliar o projeto de expansão do terminal como uma flexibilidade, e não como uma obrigação contratual, o modelo proposto incorpora a modelagem da incerteza de demanda e as opções de postergar e/ou realizar a expansão apenas em cenários favoráveis. Caso a regra de decisão ótima demonstre que a expansão não deve

ser realizada em nenhum cenário futuro e que ela não traz valor significativo, o modelo também incorpora a flexibilidade de descontinuidade das atividades do porto (abandono).

Ao realizar a expansão do porto, estima-se que a receita possa ser ampliada em, ao menos, 20%. A opção de abandono considera o ressarcimento de 10% dos investimentos não amortizados, estimativa conservadora, caso a União retomasse o porto e houvesse uma situação de reequilíbrio econômico-financeiro. Tanto a possibilidade de antecipar os investimentos de expansão quanto o ressarcimento em caso de desequilíbrio podem ser identificados em leitura do segundo aditivo, em Codeba (2016).

Para modelagem da incerteza de demanda do projeto, foi utilizada a série histórica mais longa disponível referente à movimentação mensal de contêineres no Nordeste do Brasil, entre 2010 e 2018 (ANTAQ, 2019). Foram extraídos dessa série parâmetros de taxa de crescimento da movimentação de carga ( $\alpha$ ) e volatilidade ( $\sigma$ ), com os quais foram calculados os movimentos de subida ( $u$ ) e descida ( $d$ ), bem como as probabilidades ( $p$  e  $1-p$ ), que são utilizadas no modelo binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979). A Tabela 1 sintetiza os dados.

Tabela 1 • Informações para o cenário flexível

Itens	Valores
Demanda inicial (ano zero: 2019)	301.000 TEU
Taxa de crescimento da movimentação de carga ( $\alpha$ )	1,9%
Volatilidade ( $\sigma$ )	46,65%
Movimento de subida ( $u$ )	1,5945
Movimento de descida ( $d$ )	0,6272
Probabilidade ( $p$ )	0,4516
Taxa livre de risco ( $r_f$ )	5,0%
Custo médio ponderado de capital (WACC, na sigla em inglês)	9,40%

Fonte: Elaboração própria, com base em Codeba (2016), MI (2018) e WS (2016).

Ao estruturar o modelo binomial com os parâmetros observados, o VPL expandido do projeto com flexibilidades atingiu o valor de R\$ 255,6 milhões e R\$ 163,2 milhões acima do caso-base, no qual o VPL foi de R\$ 92,4 milhões. O projeto com flexibilidade agrega, portanto, 177% ao projeto original, sem flexibilidade.

O valor incremental observado é significativo e pode representar um indicativo importante para suportar discussões em que se busque demonstrar a relevância de cláusulas contratuais flexíveis – que contenham opções. Tais cláusulas diferenciam contratos de infraestrutura dos que tradicionalmente focam em impor obrigações, que na prática podem retirar valor significativo de tais empreendimentos.

Em modelos de avaliação econômico-financeira, observa-se que algumas variáveis podem sofrer significativa variação ao longo do tempo. Por esse motivo, foi feita uma análise de sensibilidade sobre o parâmetro volatilidade ( $\sigma$ ) do modelo, o qual foi extraído de uma série histórica de dados de movimentação de carga. Para tanto, foram consideradas variações de 20% sobre o valor obtido de 46,65% ao ano. O impacto dessa variação na avaliação por opções reais pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2 • Análise de sensibilidade à volatilidade

<b>Cenários</b>	<b>Valor presente líquido (-20% vol.)</b>	<b>Valor presente líquido com opções</b>	<b>Valor presente líquido (+20% vol.)</b>
<b>Valor presente líquido expandido (R\$ milhões)</b>	167,7	255,6	341,8
<b>Valor da opção (R\$ milhões)</b>	75,3	163,2	249,4
<b>Incremento (%)</b>	81,5	176,6	269,9

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 2 demonstra que o valor do projeto com flexibilidades (opções reais) é muito sensível a possíveis variações de demanda. Esse resultado, apesar de esperado, indica a representatividade da demanda de cargas como principal incerteza para viabilidade econômico-financeira do projeto de expansão do porto. Tal incerteza impacta tanto o projeto de ampliação do pátio para movimentação e armazenagem quanto a área de atracação.

## Considerações finais

O planejamento da infraestrutura portuária no Brasil demanda estudos que compreendam novas modelagens contratuais e flexibilidades em contratos. Considerando as diversas incertezas que impactam um projeto de infraestrutura, uma ferramenta para avaliação das mais relevantes pode ser um fator decisivo para a viabilidade financeira de tais empreendimentos.

A dinâmica do comércio marítimo, as novas tecnologias, a consolidação de cargas dos grandes armadores e a pressão comercial dos portos são aspectos que tendem a impactar a incerteza da demanda de movimentação de carga. Além disso, os investimentos em terminais são intensivos em capital, e a incerteza sobre a demanda (carga) pode impactar de forma significativa a viabilidade desses projetos. Por essa razão, o presente estudo concentrou a análise sobre a incerteza de carga.

Nesse contexto, a abordagem tradicional de avaliação de projetos mostra-se incompleta para avaliar flexibilidades. Ao observar ainda o uso de obrigações contratuais de investimento com datas predefinidas, tais projetos podem se tornar financeiramente inviáveis. As condições contratuais de compromissos de investimento em infraestrutura de terminais no Brasil, ao serem substituídos por

cláusulas flexíveis, permitem agregar valor a tais empreendimentos e, indiretamente, podem contribuir para mitigar riscos.

Para ilustrar essa abordagem, o modelo de apreçamento por opções reais foi aplicado ao caso de um terminal de contêineres no Nordeste do Brasil. O VPL expandido do projeto com flexibilidades atingiu o valor de R\$ 255,6 milhões, o que representou um valor de R\$ 163,2 milhões acima do caso-base, no qual o VPL foi de R\$ 92,4 milhões. Os resultados demonstram que, ao incorporar as flexibilidades contratuais pela TOR na análise de viabilidade econômico-financeira de arrendamentos portuários no Brasil, reitera-se a hipótese de que a metodologia impacta diretamente no processo de decisão financeira de projetos. Tendo em vista que a tomada de decisão sob incerteza da demanda por movimentação de contêineres não é capturada pelo FCD, a adoção dessa metodologia pode contribuir para o aprimoramento de estudos mais robustos em infraestrutura e promover a atratividade econômico-financeira de projetos no setor. É importante observar que a relação contratual pode ser uma situação “ganha-ganha”. Se o projeto com opções apresentar um VPL maior, então a outorga exigida poderia ser revista pela autoridade portuária. Na perspectiva do arrendatário, a flexibilidade de quando investir, se necessário, diminuirá o risco global do projeto.

A análise de sensibilidade realizada na variável crítica (volatilidade da demanda) destacou a relevância que erros de previsão ou desalinhamentos de demanda podem ter nesse tipo de projeto, impactando seu valor.

Cabe ressaltar que há algumas limitações no modelo aplicado. Ainda que diversas flexibilidades tenham sido avaliadas (expandir, adiar e abandonar), como esse tipo de projeto de expansão é realizado em etapas, as etapas de expansão poderiam ser avaliadas

como opções sequenciais de expansão para uma precificação mais consistente com a dinâmica de mercado. Destaca-se, ainda, que o modelo de avaliação por opções reais utilizou a taxa de volatilidade da demanda de carga containerizada na região na qual se encontra o porto. Essa taxa é, na verdade, do ativo objeto, e não a taxa da opção propriamente dita. Embora essa limitação seja encontrada em grande parte da literatura, futuros estudos poderiam adotar técnicas de simulação da volatilidade para modelagem da incerteza de forma mais aprofundada.

Além das limitações do modelo, observam-se limitações na própria TOR para ampla aplicação. Em função do arcabouço quantitativo exigido e da necessidade de incorporar condições de contorno específicas de cada projeto, a TOR ainda é pouco explorada na prática em projetos de infraestrutura no Brasil.

Por outro lado, em função da pandemia em 2020, o Ministério de Infraestrutura sinalizou haver necessidade de alteração nos editais de concessões de infraestrutura. Tais mudanças buscam incorporar outorga variável flexível e *hedge* cambial, por exemplo, como mecanismos de garantia para os concessionários, em meio ao cenário de incertezas. Esses mecanismos apresentam características de opções reais e precisarão ser adequadamente apreçados em valor, para os concessionários, e em risco, para o governo.

Para futuros estudos, podem ser desenvolvidas modelagens que incorporem outras variáveis de incerteza (custos, aspectos regulatórios e taxas de crescimento), bem como outras flexibilidades. Quanto ao apreçamento de flexibilidades gerenciais em arrendamentos portuários, entende-se que há um vasto campo para desenvolvimento de novos estudos, a começar pela própria flexibilidade atualmente existente em contratos de concessão vigentes nos seg-

mentos de portos e ferrovias, por exemplo, que permitem a prorrogação automática da concessão pelo arrendatário, não tratada até então na literatura. A renovação automática da concessão altera o risco do projeto e pode ser ainda mais impactada por incertezas regulatórias, que podem ser modeladas como incertezas adicionais em um modelo bivariado (duas incertezas).

Além disso, futuros estudos podem avaliar outros métodos de apreciação, como simulação de Monte Carlo e curva de gatilho. A contribuição do primeiro método está relacionada a conveniência e rapidez; já a do segundo, à avaliação do momento ótimo de investimento em tempo contínuo. Vislumbra-se, por fim, um amplo campo de estudos de opções reais sequenciais no setor de portos. Entende-se que poderiam ser avaliadas opções de renovações antecipadas de contratos de infraestrutura, com investimentos por fases, incluindo paradas temporárias.

## Referências

ALDERTON, P. *Management and operations: Lloyd's Practical Shipping Guides*. London, 1999.

ALONSO-CONDE, A. B.; BROWN, C.; ROJO-SUAREZ, J. Public private partnerships: Incentives, risk transfer and real options. *Review of Financial Economics*, University of New Orleans, New Orleans, v. 16, n. 4, p. 335-349, 2007. Disponível em: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-36249025839&partnerID=40&md5=bb8265627ea6ce62bb5a5d56f7a8f792>. Acesso em: 10 dez. 2019.

AMRAN, M. Strategy and shareholder value creation: the real options frontier. *Journal of Applied Corporate Finance*, Columbia Business School, New York, v. 13, n. 2, p. 15-28, 2000.

ANTAQ – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. *Estatístico Aquaviário*. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/anuario/>. Acesso em: 5 maio 2019.

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

BALLIAUW, M.; KORT, P. M.; ZHANG, A. Capacity investment decisions of two competing ports under uncertainty: a strategic real options approach. *Transportation Research Part B: Methodological*, Amsterdam, v. 122, p. 249-264, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85062231169&doi=10.1016%2fj.trb.2019.01.007&partnerID=40&md5=ff2e3c94a25ddb4ae9908f760eac4770>. Acesso em: 10 dez. 2019.

BENDALL, H. B.; STENT, A. F. Ship investment under uncertainty: valuing a real option on the maximum of several strategies. *Maritime Economics & Logistics*, California, v. 7, n. 1, p. 19-35, 2005.

BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, University of Chicago, Chicago, v. n. 81, May-Jun. 1973.

BLANK, F. F. *et al.* Economic valuation of a toll road concession with traffic guarantees and the abandonment option. *Production*, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, v. 26, n. 1, p. 39-53, 2016.

BOWE, M.; LEE, D. L. Project evaluation in the presence of multiple embedded real options: evidence from the Taiwan High-Speed Rail Project. *Journal of Asian Economics*, Shanghai, v. 15, n. 1, p. 71-98, 2004. Disponível em: <http://ideas.repec.org/a/eee/asieco/v15y2004i1p71-98.html>. Acesso em: 10 dez. 2019.

BRANDÃO, L. E. T. *et al.* Incentivos governamentais em PPP: uma análise por opções reais. *Rev. adm. empres. [on-line]*, v. 52, n.1, p. 10-23, 2012. Disponível em: <https://rae.fgv.br/rae/vol52-num1-2012/incentivos-governamentais-em-ppp-analise-por-opcoes-reais>. Acesso em: 10 dez. 2019.

BRANDÃO, L. E. T.; CURY, M. V. Q. Modelagem híbrida para concessões rodoviárias com o uso da Teoria das Opções Reais: o caso da rodovia BR-163. *Gestão.Org*, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, v. 4, n. 2, p. 121-140, maio-ago. 2006.

BRANDÃO, L. E. T.; SARAIVA, E. C. G. The option value of government guarantees in infrastructure projects. *Construction Management and Economics*, v. 26, n. 11, p. 1.171-1.180, 2008. Disponível em: <http://www.informaworld.com/10.1080/01446190802428051>. Acesso em: 10 dez. 2019.

BRASIL. *Lei n. 12.815*, de 5 de junho de 2013. Dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União de portos e instalações portuárias e sobre as atividades

desempenhadas pelos operadores portuários; altera as Leis nºs 5.025, de 10 de junho de 1966, 10.233, de 5 de junho de 2001, 10.683, de 28 de maio de 2003, 9.719, de 27 de novembro de 1998, e 8.213, de 24 de julho de 1991; revoga as Leis nºs 8.630, de 25 de fevereiro de 1993, e 11.610, de 12 de dezembro de 2007, e dispositivos das Leis nºs 11.314, de 3 de julho de 2006, e 11.518, de 5 de setembro de 2007; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2013/Lei/L12815.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12815.htm). Acesso em: 29 set. 2020.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura (MI). *Plano Mestre do Complexo Portuário de Salvador e Aratu-Candeias*. v. 1. Brasília, DF, dez. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/vp27v2-pdf>. Acesso em: 5 maio 2019.

BRENNAN, M. J.; SCHWARTZ, E. S. Evaluating natural resource investments. *The Journal of Business*, UK, v. 58, n. 2, p. 135-157, 1985. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/2352967>. Acesso em: 10 dez. 2019.

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

CADE –CONSELHO ADMINISTRATIVO DE DEFESA ECONÔMICA. Departamento de Estudos Econômicos do CADE. *Cadernos do CADE: Mercado de serviços portuários*. Brasília, DF, Brasil 2017. Disponível em: <http://www.cade.gov.br/aceso-a-informacao/publicacoes-institucionais/dee-publicacoes-anexos/CadernosdoCadePortos26092017.pdf>. Acesso em: 5 maio 2019.

CARBONARA, N.; PELLEGRINO, R. Public-private partnerships for energy efficiency projects: A win-win model to choose the energy performance contracting structure. *Journal of Cleaner Production*, Amsterdam, v. 170, p. 1.064-1.075, 2018.

CASASÚS, T. *et al. Optimal investment management in a port project*. Valencia: University of Valencia, 2002.

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

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

CODEBA – COMPANHIA DOCAS DA BAHIA. *Ofício n. 744/2016-GM/MTPA*. Segundo termo aditivo ao contrato de arrendamento 12/2000. Brasília, dez. 2016. Disponível em: [http://www.codeba.com.br/eficiente/repositorio/Porto\\_de\\_Salvador/contratos\\_de\\_exploracao\\_de\\_areas\\_e\\_instalacoes\\_portuarias/tecon/11724.pdf](http://www.codeba.com.br/eficiente/repositorio/Porto_de_Salvador/contratos_de_exploracao_de_areas_e_instalacoes_portuarias/tecon/11724.pdf). Acesso em: 5 maio 2019.

COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. A. *Real options: a practitioner's guide*. New York: Texere, 2003.

COX, J. C.; ROSS, S. A.; RUBINSTEIN, M. Option pricing: a simplified approach. *Journal of Financial Economics*, UK, v. 7, n. 3, p. 229-263, 1979. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0304405X79900151>. Acesso em: 10 dez. 2019.

CRUZ, C. O.; MARQUES, R. C. Flexible contracts to cope with uncertainty in public-private partnerships. *International Journal of Project Management*, UK, v. 31, n. 3, p. 473-483, 2013. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786312001202>. Acesso em: 10 dez. 2019.

DE BRITTO, P. A. P. *et al.* Promoção da concorrência no setor portuário: uma análise a partir dos modelos mundiais e aplicação ao caso brasileiro. *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 49, n. 1, p. 47-72, 2015.

DE NEUFVILLE, R. *Architecting/designing engineering systems using real options*. USA: MIT, 2002. (Working paper series). Disponível em: <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/102737>. Acesso em: 10 dez. 2019.

DIAS, M. *Análise de investimentos com opções reais-teoria e prática com aplicações em petróleo e em outros setores*. Volume 1: Conceitos básicos e opções reais em tempo discreto. Rio de Janeiro: Interciência, 2015.

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

FENG, Z.; ZHANG, S.-B.; GAO, Y. Modeling the impact of government guarantees on toll charge, road quality and capacity for build-operate-transfer (BOT) road projects. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, UK, v. 78, p. 54-67, 2015.

GRANTHAM, R. Armadores: alianças e fusões – qual o impacto no Brasil? *Portos e Navios*, Rio de Janeiro, 29 maio 2017. Disponível em: <https://www.portosenavios.com.br/artigos/artigos-de-opiniao/armadores-aliancas-e-fusoes-qual-o-impacto-no-brasil>. Acesso em: 5 maio 2019.

- HERDER, P. M. *et al.* Buying real options – valuing uncertainty in infrastructure planning. *Futures*, UK, v. 43, n. 9, p. 961-969, 2011.
- HUANG, Y. L.; CHOU, S. P. Valuation of the minimum revenue guarantee and the Option to abandon in BOT infrastructure projects. *Construction Management and Economics*, UK, v. 24, n. 5, p. 379-389, 2006.
- HULTIN, J. M. *et al.* *Securing the port of New York and New Jersey: Network-centric operations applied to the campaign against terrorism*. Hoboken: Stevens Institute of Technology, 2004.
- KEMNA, A. G. Z. Case studies on real options. *Financial Management*, Florida, v. 22, n. 3, p. 259-270, 1993.
- KRÜGER, N. A. To kill a real option – incomplete contracts, real options and PPP. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, UK, v. 46, n. 8, p. 1.359-1.371, 2012. Disponível em: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84863838853&partnerID=40&md5=c46a9b8b42fc43b077bef70c0cc11789>. Acesso em: 10 dez. 2019.
- KULATILAKA, N. The value of flexibility: the case of a dual-fuel industrial steam boiler. *Financial Management*, Florida, v. 22, n. 3, p. 271-280, 1993. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/3665944>. Acesso em: 10 dez. 2019.
- MARQUES, N. L.; TEIXEIRA BRANDÃO, L. E.; GOMES, L. L. The Rio de Janeiro international airport privatization: a problem of overbidding? *Latin American Business Review*, Rio de Janeiro, v. 20, n. 3, p. 249-268, 2019.
- MARQUES, R. C.; FONSECA, Á. Market structure, privatisation and regulation of Portuguese seaports. *Maritime Policy & Management*, London, v. 37, n. 2, p. 145-161, 2010.
- MARTINS, J.; MARQUES, R. C.; CRUZ, C. O. Maximizing the value for money of PPP arrangements through flexibility: An application to airports. *Journal of Air Transport Management*, UK, v. 39, n. 0, p. 72-80, 2014. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969699714000507>. Acesso em: 10 dez. 2019.
- MARTINS, J.; MARQUES, R. C.; CRUZ, C. O. Real options in infrastructure: revisiting the literature. *Journal of Infrastructure Systems*, University of Delaware, USA, v. 21, n. 1, 2013. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000188](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000188). Acesso em: 10 dez. 2019.

- MARTINS, J. *et al.* Flexibility in planning and development of a container terminal: an application of an American-style call option. *Transportation Planning and Technology*, New York, v. 40, n. 7, p. 828-840, 2017.
- MCDONALD, R.; SIEGEL, D. The value of waiting to invest. *The Quarterly Journal of Economics*, Oxford, v. 101, n. 4, p. 707-728, 1986. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/1884175>. Acesso em: 10 dez. 2019.
- MERTON, R. C. Theory of rational option pricing. *Bell Journal of Economics and Management Science*, USA, v. 4, n. 1, p. 141-183, 1973.
- NOTTEBOOM, T.; RODRIGUE, J.-P. The future of containerization: perspectives from maritime and inland freight distribution. *GeoJournal*, Amsterdam, v. 74, n. 1, p. 7, 2009.
- PADDOCK, J. L.; SIEGEL, D. R.; SMITH, J. L. Option valuation of claims on real assets: the case of offshore petroleum leases. *Quarterly Journal of Economics*, Oxford, v. 103, n. 3, p. 479-508, 1988.
- RAKIĆ, B.; RADENOVIĆ, T. Real options methodology in public-private partnership projects valuation. *Economic Annals*, University of Nis, School of Economics, Serbia, v. LIX, n. 200, 2014.
- RANDRIANARISOA, L. M.; ZHANG, A. Adaptation to climate change effects and competition between ports: Invest now or later? *Transportation Research Part B: Methodological*, UK, v. 123, p. 279-322, 2019.
- ROCHA ARMADA, M. J.; PEREIRA, P. J.; RODRIGUES, A. Optimal subsidies and guarantees in public-private partnerships. *European Journal of Finance*, UK, v. 18, n. 5, p. 469-495, 2012. Disponível em: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84865625795&partnerID=40&md5=ecc3b0bbca437a83c76727ae334783a4>. Acesso em: 10 dez. 2019.
- ROLL, R. What every CO should know about scientific progress in financial economics: what is known and what remains to be resolved. *Financial Management*, Florida, v. 10, n. 2, p. 69-75, 1994.
- ROSE, S. Valuation of interacting real options in a tollroad infrastructure project. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, UK, v. 38, n. 3, Part 2, p. 711-723, 1998. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1062976999800982>. Acesso em: 10 dez. 2019.
- ROSS, S. A. Uses, abuses, and alternatives do the net-present-value rule. *Financial Management*, Florida, v. 24, n. 3, p. 96-102, 1995.

- ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R.; JAFFE, J. *Corporate Finance*. New York: McGraw-Hill/Irwin, 2006. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=tDixAAAAIAAJ>. Acesso em: 10 dez. 2019.
- RUS, G. D.; NOMBELA, G. *Variable-term concessions for road construction and operation*. Munich: University Library of Munich, 2003.
- TANEJA, P.; LIGTERINGEN, H.; WALKER, W. E. Flexibility in port planning and design. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, TUDelft, Netherlands, v. 12, n. 1, p. 66-87, 2011. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-83455223782&doi=10.18757%2fejtir.2012.12.1.2950&partnerID=40&md5=280a04faddb39e0074fdde49d53d0191>. Acesso em: 10 dez. 2019.
- TOURINHO, O. A. F. *The valuation of reserves of natural resources: an option pricing approach*. PhD in Business Administration Dissertation (Doctoral) – University of California, Berkeley, 1979.
- TRIGEORGIS, L. The nature of option interactions and the valuation of investments with multiple real options. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Cambridge, v. 28, n. 1, p. 1-20, 1993. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/2331148>. Acesso em: 10 dez. 2019.
- WS – WILSON SONS. *Relação com Investidores (2016)*. Relatório de expansão Tecon Salvador. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://ri.wilsonsons.com.br/publicacoes/apresentacoes/>. Acesso em: 5 maio 2019.
- WS – WILSON SONS. *Apresentação Institucional*. Dezembro 2017 (English only). [S.l.], 19 dez. 2017. Disponível em: <https://ri.wilsonsons.com.br/publicacoes/apresentacoes/>. Acesso em: 5 maio 2019.
- XIONG, W.; ZHANG, X. Concession renegotiation models for projects developed through public-private partnerships. *Journal of Construction Engineering and Management*, Reston, v. 140, n. 5, 2014. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000843](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000843). Acesso em: 10 dez. 2019.