

# ALOCAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE RISCOS DE IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS HIDROVIÁRIOS: CASO DO RIO TOCANTINS<sup>1</sup>

Ricardo da Silva Santana<sup>2</sup>

Lílian dos Santos Fontes Pereira Bracarense<sup>3</sup>

Joaquim José Guilherme de Aragão<sup>4</sup>

José Matsuo Shimoishi<sup>5</sup>

Este artigo aborda a importância de se fazer uma análise quantitativa, utilizando-se dados históricos de projetos reais, a respeito dos riscos inerentes a uma parceria público-privada (PPP) do tipo DBFMO (*design, build, finance, maintain, operate*) para o setor hidroviário, abordando o caso específico da hidrovia do Tocantins. A análise é guiada pelas etapas do gerenciamento de risco descritas pelo Project Management Institute (PMI), passando pela identificação e análise qualitativa de riscos e, posteriormente, a análise quantitativa. Aplicando-se a simulação de Monte Carlo com dados referenciais de contratos anteriores, foi obtido um valor monetário esperado (VME) da implantação da hidrovia, levando em consideração os riscos altos para esse empreendimento, em suas diversas fases de implantação.

**Palavras-chave:** análise de risco; hidrovia; simulação de Monte Carlo.

## ALLOCATION AND QUANTIFICATION OF RISKS IN WATERWAY PROJECTS: CASE OF TOCANTINS RIVER

This paper discusses the importance of a quantitative risk analysis in a public private partnership DBFMO type (*design, build, finance, maintain, operate*) applied to the waterway sector, addressing the specific case of the waterway of the Tocantins. The analysis is guided by risk management steps described by PMI, through identification and qualitative risk analysis and quantitative analysis. Applying Monte Carlo simulation with data from previous contracts, expected monetary value (VME) of the waterway was retrieved, including the high risks for this enterprise, in their various stages of deployment.

**Keywords:** risk analysis; waterway; Monte Carlo simulation.

## ASIGNACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE RIESGOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS HIDROVIARIOS: CASO RIO TOCANTINS

Este documento discute la importancia de un análisis de riesgo cuantitativo en un tipo DBFMO de Asociación Pública Privada (Proyecto, Construcción, Finanzas, Mantenimiento, Operación) aplicada al sector de la vía fluvial, abordando el caso específico de la vía fluvial de Tocantins. El análisis se guía por los pasos de gestión de riesgos descritos por PMI, a través de la identificación y análisis

---

1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/ppp58art9>

2. Engenheiro civil. *E-mail:* <[ricsilva901@gmail.com](mailto:ricsilva901@gmail.com)>.

3. Professora doutora da Universidade Federal do Tocantins (UFT). *E-mail:* <[lilianfontes@uft.edu.br](mailto:lilianfontes@uft.edu.br)>.

4. Professor doutor da Universidade de Brasília (UnB). *E-mail:* <[joaquim.jg.aragao@gmail.com](mailto:joaquim.jg.aragao@gmail.com)>.

5. Professor doutor da UnB. *E-mail:* <[matsuo@unb.br](mailto:matsuo@unb.br)>.

de riesgos cualitativos y análisis cuantitativos. Aplicando la simulación Monte Carlo con datos de contratos anteriores, se recuperó el Valor Monetario Esperado (VME) de la vía fluvial, incluidos los altos riesgos para esta empresa, en sus diversas etapas de implementación.

**Palabras clave:** análisis de riesgo; vía fluvial; simulación Monte Carlo.

**JEL:** R42.

## 1 INTRODUÇÃO

As parcerias público-privadas (PPPs) têm surgido como novas formas de viabilizar a realização de grandes empreendimentos que beneficiam a sociedade. Sendo um modelo de contrato, as PPPs devem definir bem o papel de cada parceiro, concentrando-se nas melhores habilidades de cada um. De forma geral, o parceiro público concentra-se no seu papel regulador enquanto o privado foca a prestação de determinados serviços (Pasin, 2012). Diante das várias formas de parceria, a escolha do tipo de PPP é baseada nas razões que motivam a cooperação, nos diversos parceiros envolvidos, as necessidades do governo e a transferência de riscos.

Uma característica importante das PPPs é a transferência dos riscos entre os parceiros. Segundo o Project Management Institute (PMI, 2013), os riscos são eventos ou condições incertas que, se ocorrerem, afetam os resultados esperados do projeto. Os riscos podem estar no ambiente interno do empreendimento, como os de construção, projeto e planejamento, como também nas relações externas, ligadas às condições políticas, sociais e econômicas.

O estudo sobre o gerenciamento dos riscos é importante para a modelagem de um contrato de PPP e para obter o sucesso do projeto com menor margem de custo, pois o conhecimento dos riscos diminuirá as incertezas do projeto (Yescombe, 2007). Em projetos de infraestrutura – que demandam grandes investimentos, fornecem serviços necessários para sociedade e possuem longo prazo de maturação –, a gestão de riscos torna-se ainda mais relevante para o sucesso do investimento.

Em termos de infraestrutura de transportes, destaca-se no Brasil o potencial hidroviário, ainda subexplorado. Entraves econômicos, políticos e sociais não têm permitido que o transporte hidroviário brasileiro se desenvolva na velocidade que seria interessante para o país (Pompermayer, Campos Neto e Paula, 2014). No tocante às formas de investimento, o modelo PPP ainda tem sido pouco explorado no sistema hidroviário, assim como os estudos sobre o gerenciamento de riscos para obras desse modal. Uma melhor compreensão a respeito dos possíveis riscos existentes nas obras da hidrovía Tocantins-Araguaia auxiliará as entidades públicas e privadas ao investir em futuras obras relacionadas ao sistema hidroviário.

Diante desse contexto, tem-se a necessidade de analisar os riscos em obras do modo hidroviário e os métodos para obtenção de um valor estimado de empreendimentos referentes a esse modo, ambos para o auxílio da estruturação de contratos de PPP.

Este estudo compreende uma análise quantitativa à respeito dos riscos inerentes a uma PPP do tipo DBFMO (*design, build, finance, maintain, operate*) para a hidrovia do Tocantins. A análise é guiada pelas etapas do gerenciamento de risco descritas pelo PMI. Posteriormente, obtém-se um valor monetário esperado (VME) da implantação da hidrovia, levando em consideração os riscos altos para esse empreendimento. O método estatístico adotado para o cálculo do VME é a simulação de Monte Carlo. Especial atenção é dada à análise quantitativa, devido à sua contribuição para tomada de decisão de investimento e em relação aos mecanismos de gerenciamento dos riscos. Utilizou-se de análise de projetos executados no setor aquaviário como base de referência para quantificação de impacto dos riscos, contribuindo para refinar valores teóricos utilizados na literatura.

## 2 O TRANSPORTE HIDROVIÁRIO NO CENÁRIO TOCANTINENSE

O Brasil possui uma extensão total de 63.672 km de cursos d'água fluviais e lacustres – desses, 22.037 km são economicamente utilizados (CNT, 2016). As principais hidrovias que compõem a rede são: Amazônica (17.651 km), Tocantins-Araguaia (1.360 km), Paraná-Tietê (1.359 km), Paraguai (591 km), São Francisco (576 km) e Sul (500 km).

A hidrovia do Tocantins percorre os estados de Goiás, Mato Grosso, Tocantins, Maranhão e Pará. Segundo a Antaq (2013), a hidrovia tem 2.250 km de extensão (somente 1.360 km economicamente navegáveis), mas com potencial para alcançar 3 mil quilômetros. Tal potencial é justificável pelos longos trechos navegáveis e a sua posição geográfica, que favorece o escoamento de grãos e minérios. A hidrovia apresenta alguns obstáculos naturais, como bancos de areias, pedrais e travessões, o que restringe sua navegabilidade a seis meses do ano (Brasil, 2013a).

Em 2014, a participação da região hidrográfica do Tocantins no transporte de cargas por navegação interior foi 26,2 % da movimentação total no Brasil, ficando atrás somente da região Amazônica (Antaq, 2016). O produto mais transportado pela hidrovia é a carga geral solta (41,9%), ficando à frente da carga geral contêinerizada (27,6%), do granel líquido (14,2%) e sólido (0,5%) (Antaq, 2013). O Plano Hidroviário Estratégico de 2013, realizado pelo Ministério dos Transportes, prevê para o ano de 2031 uma movimentação de cerca de 50 milhões de toneladas no rio Tocantins. Esse potencial é reflexo da grande produção da indústria siderúrgica do Marabá, que exporta aço, carvão, ferro e manganês e as importações e exportações de commodities agrícolas, como soja, milho e fertilizantes, realizadas pelo Tocantins (Brasil, 2013b).

Num plano de outorgas realizado pela Antaq (2013), foram identificadas, na bacia, oito áreas propícias para implantação de terminais, analisando cenários até 2030. Em 2013 foram autorizados recursos para o Programa Transporte Hidroviário (que inclui obras do Programa de Aceleração do Crescimento), no qual estão incluídas obras de melhoria da navegabilidade do rio Tocantins-Araguaia.

### 3 GESTÃO DE RISCO

Alencar e Schmitz (2006) definem o risco como qualquer evento que possa prejudicar, total ou parcialmente, as chances de o projeto realizar o que foi proposto dentro do prazo e fluxo de caixa estabelecidos. O PMI (2013) completa a definição, afirmando que risco é um evento ou condição incerta o qual, se ocorrer, provocará um efeito positivo ou negativo em um ou mais objetivos do projeto, tais como escopo, cronograma, custo e qualidade.

Segundo Andery e Ferreira (1998), análise de risco é uma ferramenta de planejamento utilizada durante a fase de projeto que visa diminuir a probabilidade de que fatores imprevisíveis venham a ocorrer e diminuir o desempenho do projeto. Basicamente, este processo consiste em identificar e avaliar os riscos envolvidos, definir quais os responsáveis assumirão determinados riscos, além de estabelecer medidas preventivas ou eliminativas.

A importância da análise de risco bem estruturada consiste na obtenção de alternativas otimizadas quanto à entrega de projeto com um *Value for Money* mais preciso. A avaliação dos riscos melhora a estrutura do contrato ao permitir que os riscos sejam transferidos para a parte mais capacitada.

O *Guia PMBOK* (PMI, 2013) fornece uma visão geral das etapas do processo de gerenciamento de riscos em projetos, que consistem em: i) planejar o gerenciamento dos riscos, definindo como conduzir suas respectivas atividades em um projeto; ii) identificar os riscos, documentando suas características e fornecendo à equipe do projeto a capacidade de antecipar os eventos; iii) realizar a análise qualitativa dos riscos estabelecendo-se o grau de prioridade, por meio da avaliação e combinação da probabilidade de ocorrência e impacto de cada risco; iv) realizar a análise quantitativa dos riscos, gerando informações numéricas que respaldem a tomada de decisão, a fim de reduzir o grau de incerteza de projeto; e v) planejar as respostas aos riscos, desenvolvendo opções e ações para aumentar as oportunidades e reduzir as ameaças ao projeto. Ao final do processo, é possível abordar os riscos por prioridades, injetando recursos e atividades no orçamento, no cronograma e no plano de gerenciamento.

A avaliação de riscos é de extrema importância, sobretudo em PPPs, nas quais os riscos são compartilhados. Além disso, existe uma grande variedade de riscos

possíveis em um projeto e identificá-los previamente permite estabelecer um plano de gerenciamento eficaz.

De acordo com Yescombe (2007), por princípio, o risco deve ser transferido àquele com melhores condições de controlá-lo a um menor custo, tendo liberdade para lidar com o risco como melhor lhe convier. Sendo assim, é apropriado que ao setor público sejam transferidos riscos que o setor privado não consegue controlar, mantendo a relação custo-eficácia.

Diversos autores têm se dedicado a investigar as melhores práticas de alocação de riscos, e alguns resultados podem nortear estudos futuros. Por meio de entrevista, Chung, Hensher e Rose (2010) estudaram as percepções de riscos das partes interessadas numa PPP de projetos de rodovias com pedágio na Austrália e suas influências na alocação final dos riscos. Os autores concluíram que o setor privado é o mais capacitado para gerir os riscos que envolvem decisões econômicas, enquanto que o poder público deve ser o responsável pelos riscos sociais e não mensuráveis. Os resultados permitiram identificar pontos de percepções diferentes diante dos riscos: um nível alto corresponde a um risco que envolve ambas as partes, enquanto um nível baixo indica maior chance de mitigação.

Cruz e Marques (2012) se dedicaram aos estudos relacionados a concessões de terminais portuários, buscando responder quais são e como balancear os principais riscos, além de quais os instrumentos que a autoridade portuária pode usar para gerir esses riscos. Os autores concluem que os riscos mais inerentes ao setor público são os de planejamento e projeto, ambiental, acessibilidade, político, além de decisões unilaterais e de força maior. Porém, argumentam que os riscos de planejamento e projeto à medida que se tornam preocupantes seriam mais adequados ao setor privado (que opera), o qual tem maior capacidade de planejar o desenvolvimento da infraestrutura. Os riscos assumidos totalmente pela concessionária são os de construção e os operacionais. Os riscos financeiros e legais permitem, de alguma forma, a participação pública. Os riscos de manutenção são alocados igualmente em ambas as partes – no “lado água” (canal de acesso), mantido pela administração pública, e no “lado terra”, (infra e superestrutura) a cargo da concessionária. Com relação ao risco de demanda e competição de mercado, não foi obtida uma alocação bem definida na matriz. Contudo, os autores afirmam que a concorrência está no controle do setor público e que qualquer alteração unilateral no contrato acarretaria em uma compensação à concessionária. Já os riscos de demanda envolvem tanto o aumento da receita das concessionárias como as taxas cobradas pela administração, logo, os riscos devem ser compartilhados por meios de taxas de concessão, afirmam os autores.

Confrontando as análises de Cruz e Marques (2012) e Chung, Hensher e Rose (2010), observa-se que apesar dos tipos de risco serem semelhantes em projetos

de infraestrutura de transportes, algumas especificidades de cada projeto/modo de transporte podem influenciar na decisão de alocação do risco. Essa inferência é verificada por Vanelslander *et al.* (2014) ao buscarem semelhanças entre projetos de PPPs dos setores de transporte urbano (linha de bonde), rodoviário (anel rodoviário) e portuário (eclusa), no que se refere à transferência de riscos entre os setores públicos e privados. Em relação à alocação dos riscos nos diferentes setores, a categoria mais contrastiva foi a dos riscos de exploração: principalmente privado para o setor portuário; totalmente privada para transporte urbano; e mais privada para o rodoviário. Sobre os riscos comerciais, os resultados também foram bem diferentes, variando de totalmente público para o projeto portuário e totalmente privado para o transporte urbano. Os autores concluem que tais diferenças ocorrem devido à cobrança das taxas de utilização. No caso da linha de bonde e o anel rodoviário, devido aos contratos abrangerem todo o sistema de transporte e às taxas serem cobradas sobre todo o sistema, fica mais fácil para o setor privado gerir os riscos. Já no porto, as taxas são cobradas sobre todo o sistema, mas como o contrato abrange apenas uma parte do sistema (a comporta) fica difícil para o setor privado gerir todo o risco. Nos demais riscos a alocação foi semelhante entre os projetos.

Para um mesmo risco, no mesmo modo de transporte, diferentes autores podem propor a alocação de forma distinta entre os setores público e privado. É o que ocorre em relação ao risco de demanda no modo rodoviário. Na visão de Bertozzi (2015), todo o sistema é dimensionado com base na demanda, e sua variação afeta a qualidade do serviço, ou na sustentabilidade econômica. Na maioria dos contratos de transporte público, o risco de demanda é compartilhado por meio de medidas mitigadoras. Porém, para Chung, Hensher e Rose (2010), o parceiro privado deve buscar a proteção contra o risco no escopo do projeto, pensando na integração do produto com outras partes da rede e na maximização do fluxo na rodovia, em vez de buscar soluções em termos financeiros. Essa variação mostra a multiplicidade de arranjos possíveis, não havendo uma solução única. No entanto, a busca das melhores práticas deve ser incentivada por meio da análise de casos de sucesso e insucesso, resguardadas as especificidades de cada projeto.

Após a avaliação qualitativa dos riscos, deve ser feita a avaliação quantitativa, na qual se busca mensurar o impacto do risco em termos monetários. A análise quantitativa contribui para a tomada de decisão acerca do projeto e ajuda a definir as formas de gerenciamento dos riscos. Apesar de sua importância, sua aplicação depende de dados confiáveis e detalhados, sendo específica para cada projeto.

## 4 METODOLOGIA

Para quantificar os riscos mais significativos num contrato do tipo DBFMO para obras hidroviárias, foi proposta uma metodologia fundamentada nas seguintes etapas: i) identificação dos riscos; ii) categorização dos riscos; iii) análise qualitativa; e iv) análise quantitativa. De modo geral, essas etapas convergiram para a formação de uma base de dados para aplicação do método de Monte Carlo e, por meio dele, foram calculados os prováveis custos totais do projeto. A seguir são apresentadas as principais etapas de desenvolvimento.

### 4.1 Identificação e categorização dos riscos

Nessa etapa foram identificados os riscos que podem afetar a implantação do empreendimento sob o modelo de contrato DBFMO. Para isso, por meio de uma pesquisa bibliográfica, foram procurados os riscos em projetos de infraestrutura de transportes sob qualquer modelo de contrato, dando preferência por riscos em infraestruturas hidroviárias e em PPPs. Foram utilizados também relatórios técnicos e contratos de outros projetos que envolvem o assunto em questão.

Inicialmente foram analisados os trabalhos realizados por Chung, Hensher e Rose (2010), Bertozzi (2015), Antunes, Duarte e Aragão (2015) e Cruz e Marques (2012). Os riscos identificados foram registrados com as informações de: categoria, fator de risco, descrição, impacto, probabilidade de ocorrência, modo de transporte relacionado e fonte bibliográfica.

Os riscos encontrados precisaram ser recategorizados a fim de que todos estivessem em um padrão de nomenclatura. A classificação adotada para padronizar os riscos encontrados foi a de Antunes, Duarte e Aragão (2015), uma vez que estes realizaram uma análise qualitativa dos riscos endógenos da hidrovía do Rio Tocantins, mesmo objeto de estudo, baseando-se em relatórios técnicos da hidrovía e em informações obtidas com especialistas e profissionais locais.

### 4.2 Análise qualitativa

Nesta etapa os riscos foram avaliados quanto aos seus níveis de impacto e probabilidade de ocorrência. Para isso foi preciso definir a matriz de probabilidade e impacto, identificar os níveis de impactos e probabilidade dos riscos identificados e aplicá-los à matriz. A matriz final teve como base os riscos, probabilidades e impactos levantados por Antunes, Duarte e Aragão (2015) e, a partir da análise de estudos técnicos da hidrovía, foram verificadas a presença desses riscos já levantados no projeto em questão.

Neste estudo foi utilizada a matriz de probabilidade e impacto, proposta pelo PMI (2013), que classifica os níveis de risco em alto, moderado e baixo, de acordo com o cruzamento das classificações de probabilidade e de impacto, ambas

divididas em cinco classes, variando de muito baixo a muito alto. Não foram analisadas as oportunidades, somente as ameaças. Somente foram analisados nas etapas seguintes os riscos altos, sendo estes os de maior urgência e que causam maior aumento no custo total do projeto.

Com os riscos categorizados, a fim de se construir uma matriz final, foi preciso determinar as probabilidades de ocorrência de cada risco, tendo como referência a análise de Antunes (2015), bem como os estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental (EVTEA) e seus respectivos impactos, com base nos registros de outras obras hidroviárias do Brasil. Como recomenda o PMI (2013), as porcentagens de aumento no custo ligadas aos níveis de impacto foram ajustadas baseando-se em dados de projetos reais. Esses aumentos foram determinados com base em ocorrências, aditivos contratuais, multas, auditorias e outros dados que relatam o aumento do custo previsto em obras hidroviárias no Brasil. Foram utilizados dados de: Companhia Docas do Rio de Janeiro (CDRJ), Companhia Docas do Estado de São Paulo (Codesp), Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf) e Portal do Tribunal de Contas da União (TCU).

Com as ocorrências encontradas e seus valores de custo associado, foram calculados os percentuais de acréscimo sobre o valor inicial previsto, relacionando-se às ocorrências os riscos identificados na etapa anterior. Para as ocorrências com mais de um risco relacionado, dividiu-se o acréscimo percentual pelo seu respectivo número de riscos associados, obtendo-se um valor de aumento médio no custo por risco.

Após a validação dos valores de probabilidade e a determinação dos aumentos médios nos custos, foi obtida a seguinte classificação dos níveis de impacto:

- impacto: 0,80 → muito alto, aumento  $\geq 4\%$  do custo do projeto;
- impacto: 0,40 → alto,  $2 \leq$  aumento  $< 4\%$  do custo do projeto;
- impacto: 0,20 → moderado,  $1 \leq$  aumento  $< 2\%$  do custo do projeto;
- impacto: 0,1 → baixo,  $0,05 \leq$  aumento  $< 1\%$  do custo do projeto; e
- impacto: 0,05 → muito baixo, aumento  $< 0,05\%$  do custo.

Alguns riscos não puderam ser associados em nenhuma ocorrência por falta de clareza nos dados disponíveis, como nos aditivos contratuais, no qual não há, em sua maioria, o motivo de tal necessidade. Nos riscos cujos impactos não puderam ser determinados por algum dado divulgado, foram utilizados os valores obtidos nos estudos bibliográficos, assim como a análise do EVTEA da hidrovia.

### 4.3 Análise quantitativa

Inicialmente foram calculados os valores médios esperados (VME) iniciais dos riscos avaliados na etapa anterior, aplicando-se a equação proposta pela Altus Helyar Cost Consulting (2007):

$$VME_R (\text{R}\$) = C_{\text{BASE}} (\text{R}\$) \times P \times I, \quad (1)$$

em que o valor monetário esperado de cada risco ( $VME_R$ ) é o produto de um custo base ( $C_{\text{BASE}}$ ), probabilidade de ocorrência ( $P$ ) e impacto ( $I$ ) do risco. A variável “ $I$ ” remete aos níveis de impacto da análise qualitativa e, neste estudo, foram utilizados os percentuais de aumento no custo que foram associados aos riscos, os quais foram chamados de impacto financeiro ( $I_F$ ). Assim o valor monetário esperado do risco ficou da seguinte forma:

$$VME_R (\text{R}\$) = C_{\text{BASE}} (\text{R}\$) \times P \times I_F, \quad (2)$$

em que  $C_{\text{BASE}}$  é o valor inicial dos custos de investimento antes da execução dos serviços;  $P$  é a probabilidade de ocorrência, variando de 0,1 a 0,9;  $I_F$  é o impacto financeiro (%), sendo a média dos acréscimos por risco, feita para cada risco.

Os custos base (quadro 1) têm como origem os documentos de elaboração EVTEA da hidrovia do Tocantins, publicados no estudo de caso da hidrovia do Tocantins realizado por Aragão *et al.* (2016). Os custos de manutenção e operação foram estimados com os dados das eclusas de Tucuruí, a partir de uma relação de custo por metro de desnível que foi aplicada às eclusas de Lajeado e Estreito. Para auxiliar nos cálculos, foi utilizada a relação entre as categorias de risco e seus respectivos custos base num contrato do tipo DBFM, proposta pela Altus Helyar Cost Consulting (2007). Os valores são referentes a um contrato de trinta anos, sendo quatro para implantação da hidrovia (incluindo projeto).

QUADRO 1  
Custos base da hidrovia do rio Tocantins

Serviços – custos base				Riscos relacionados
Item	Código	Descrição	Valor (R\$)	
1	TC	Total do contrato	15.475.155.274,02	Relacionamento
1.1	P&C	Projeto e construção	2.736.750.626,41	
1.1.1	P	Projeto	47.789.142,19	Terreno, socioambientais, financeiro, projeto, construção
1.1.2	C	Construção	2.688.961.484,23	Terreno, socioambientais, financeiro, projeto, construção
1.1.2.1	DR	Dragagem	574.739.615,89	Projeto
1.1.2.2	DE	Derrocamento	1.808.748.754,97	Projeto
1.1.2.3	S	Sinalização	305.473.113,36	Projeto
1.2	O&M	Operação e manutenção	12.738.404.647,60	

(Continua)

(Continuação)

Serviços – custos base				Riscos relacionados
Item	Código	Descrição	Valor (R\$)	
1.2.1	M	Manutenção	915.421.238,42	Financeiro, demanda, operação e manutenção, rede
1.2.2	O	Operação	11.822.983.409,18	Financeiro, demanda, operação e manutenção, rede

Fonte: Adaptado de Aragão *et al.* (2016).

Os VME iniciais dos riscos foram utilizados para a definição de cada um dos três casos para simulação:

- mais provável: VME dos riscos obtido dos estudos e registros de obras hidroviárias;
- máximo: VME baseado na probabilidade imediatamente superior ao mais provável; e
- mínimo: VME baseado na probabilidade imediatamente inferior ao mais provável.

Em seguida foi calculado o VME total dos riscos ( $R_{TOTAL}$ ) para cada caso, que consiste na soma de todas as categorias de risco, e em seguida o valor total da hidrovia ( $VME_{TOTAL}$ ), dado por:

$$VME_{TOTAL} = VME_{RISCOS} + TC, \quad (3)$$

em que  $VME_{TOTAL}$  é o valor monetário esperado da hidrovia;  $VME_{RISCOS} = \sum_{i=1}^n$  é o valor monetário esperado do risco, sendo “n” o número de riscos altos; e TC, o valor base da hidrovia, que consiste no valor total do contrato.

#### 4.4 Modelo de distribuição de probabilidade

Conforme Fernandes (2005), devido ao teorema do limite central, a função de distribuição acumulada da soma de variáveis aleatórias e independentes se aproxima de uma função de distribuição acumulada de uma variável gaussiana (normal), apesar da possibilidade de as variáveis aleatórias individuais estarem longe de serem gaussianas. A simulação foi feita para cada categoria de risco e tipo de serviço, agregando-se os riscos que afetam cada serviço. Com isso minimiza-se o efeito de uma possível dependência entre variáveis, que na simulação são consideradas independentes, e a distribuição da probabilidade acumulada dessas somatórias ( $VMERiscos$ ) será igual a uma distribuição normal.

Como explica Fernandes (2005), para casos de ausência de dados históricos, o modelo de distribuição triangular pode ser usado, por necessitar de somente três valores de dados: um valor para o qual o risco é máximo, outro para o risco mínimo

e um terceiro para o qual o risco é mais provável. Nesse caso, é importante se ter cuidado e critério para obtenção desses parâmetros, para que a análise não seja comprometida. Neste estudo, os três valores são os VMEcategoria (por categorias).

#### 4.5 Simulação

A simulação de um projeto utiliza um modelo que converte as incertezas especificadas e detalhadas em possível impacto nos seus objetivos. As simulações são tipicamente executadas usando a técnica de Monte Carlo. Em uma simulação, o modelo do projeto é calculado várias vezes (iterado), com os valores de entrada (por exemplo, estimativas de custos ou durações das atividades) selecionados aleatoriamente para cada iteração das distribuições de probabilidades dessas variáveis. Um histograma (por exemplo, custo total ou data de término) é calculado a partir das iterações. Para uma análise de riscos de custos, a simulação utiliza estimativas de custos.

A simulação foi feita utilizando o suplemento (*add-in*) *NtRand 3.3* da *Numerical Technologies Inc.* para *Microsoft Excel*. O *NtRand* é um suplemento baseado no *Merseine Twister*, um algoritmo gerador de números aleatórios que tem sido considerado como mais confiável que a função *aleatório* do *Excel* (L'Ecuyer, 2001) e ideal para o método de Monte Carlo.

O suplemento requer que sejam fornecidos um par de valores, chamados de sementes, geradores de números aleatórios, para que se inicie a geração dos  $N$  valores estipulados. Para isso foram escolhidos, para cada variável (VMEcategoria), dois valores aleatórios de riscos. Conforme explica Fernandes (2005), a simulação de Monte Carlo fornece uma estimativa do valor de um custo esperado e um erro para essa estimativa, que é inversamente proporcional ao número de iterações. Sendo assim, para minimizar o erro, é necessário um grande número de iterações para garantir um bom resultado da simulação.

#### 4.6 Alocação dos riscos

Na alocação dos riscos, seguiram-se tanto os critérios de alocação ao parceiro mais capacitado levantados por Pereira (2014) como os estudos bibliográficos. Considerou-se ainda que, sendo a PPP do tipo DBFMO, é mais adequado que o parceiro privado se responsabilize pela maioria dos riscos de projeto, construção, financiamento, manutenção e operação. Os critérios de alocação estão descritos abaixo.

- 1) Os riscos devem ser alocados à parte que, a um custo mais baixo, pode reduzir as chances de que o evento indesejado se materialize ou aumentar as chances de que o evento desejável ocorra.

- 2) Os riscos devem ser alocados junto à parte que tiver maior capacidade de gerenciar as consequências danosas caso o evento indesejado se materialize.
- 3) Quando há a possibilidade de contratação de seguro, a solução mais recomendada é que o risco seja alocado junto ao concessionário, visto que o seguro permitirá uma repartição social do risco de forma mais eficiente.
- 4) Quando não for possível celebrar contrato de seguro, a alocação preferencial deve se dar junto à Administração Pública, uma vez que, caso contrário, o montante necessário para o gerenciamento do risco seria repassado pelo concessionário aos usuários do serviço e/ou à própria Administração Pública.

## 5 RESULTADOS

A partir dos riscos levantados na análise bibliográfica e em observância aos EVTEA da hidrovia do rio Tocantins, foram identificados os riscos apresentados no quadro 2, associados à implantação da hidrovia do Tocantins.

Com a determinação dos valores de impacto e probabilidade determinados para o projeto, foi possível realizar a análise na matriz de impacto e probabilidade proposta pelo PMI (2013), cujos resultados são apresentados na tabela 1.

TABELA 1  
Matriz de probabilidade e impacto dos riscos

	Impacto				
	0,05	0,10	0,20	0,40	0,80
0,90	20,25	11	5	3, 27	12, 15
0,70			1, 4, 6	2, 18, 19, 29, 33, 42	
0,50	35	37, 38	41, 45	16, 17, 23, 28, 30, 34, 36, 43	22, 39
0,30		7, 14		8, 9, 13, 21, 24, 26, 31, 32, 40, 44, 46	
0,10				10	47

Fonte: PMI (2013).

Elaboração dos autores.

Obs.: A matriz apresenta os identificadores (ID) dos riscos, que se classificam de acordo com o produto do impacto esperado pela probabilidade de ocorrência.

Foram definidos 21 riscos altos, dezoito médios e somente oito baixos. O quadro 2 apresenta os valores de probabilidade e impacto presentes na literatura pesquisada, tomando-se como principal referência o trabalho de Antunes (2015), que apresenta esses valores, a partir de entrevistas com especialistas, tendo como

objeto a própria hidrovia do Tocantins. No entanto, os valores de probabilidade foram reavaliados de acordo com as informações presentes nos documentos de elaboração do EVTEA da hidrovia e os valores de impacto foram calculados com base em casos de outras obras hidroviárias como descrito anteriormente, calculando-se também o equivalente impacto financeiro como percentual do valor contratado da etapa de implantação à qual o risco se relaciona. Os resultados mostraram uma importante variação em relação aos valores de impacto obtidos na literatura, além de se mostrarem mais aplicáveis, visto que se basearem em dados reais.

**QUADRO 2**  
**Riscos identificados**

ID	Categoria	Descrição	Literatura			Adotado		Calculado	
			P	I	Fonte	P	Fonte	I <sub>F</sub> (%)	I
1	Terreno	Atrasos na aquisição de terrenos	0,7	0,4	Antunes (2015)	0,7	Antunes (2015)	1,00	0,2
2		Sobrecusto devido a variações no valor previsto de aquisição de terrenos ou compensações socioeconômicas	0,7	0,4	Antunes (2015)	0,7	Antunes (2015)	3,00	0,4*
3		Estruturas existentes inadequadas para sustentar a nova demanda ou, mesmo, melhorias e expansões	0,9	0,4	Antunes (2015)	0,9	Antunes (2015)	3,00	0,4*
4		Atrasos na qualificação de terrenos	0,7	0,4	Antunes (2015)	0,7	Antunes (2015)	1,00	0,2
5	Socioambientais	Atrasos na obtenção de licenças e/ou autorizações	0,9	0,8	Antunes (2015)	0,7	Autor**	1,00	0,2
6		Atraso por oposições ambientalistas e protestos públicos	0,9	0,4	Antunes (2015)	0,7	Autor**	1,00	0,2
7		Contaminação do solo ou água durante a construção	0,3	0,1	Antunes (2015)	0,3	Antunes (2015)	0,53	0,1*
8		Contaminação do solo ou água durante o tempo da parceria	0,3	0,4	Antunes (2015)	0,3	Antunes (2015)	3,00	0,4*
9		Contaminação de terrenos próximos ao projeto	0,3	0,4	Antunes (2015)	0,3	Antunes (2015)	3,00	0,4*
10		Aumento de custos e atrasos associados com descobertas históricas, geológicas e arqueológicas ou outras atinentes ao patrimônio cultural	0,7	0,4	Antunes (2015)	0,1	Autor**	3,00	0,4*
11		Sobrecusto devido a compensações socioambientais	0,7	0,4	Antunes (2015)	0,9	Autor**	0,50**	0,1
12		Atrasos ou alterações no projeto para viabilizar uso de terras indígenas	0,9	0,8	Antunes (2015)	0,9	Antunes (2015)	4,00	0,8*

(Continua)

(Continuação)

ID	Categoria	Descrição	Literatura			Adotado		Calculado	
			P	I	Fonte	P	Fonte	I <sub>F</sub> (%)	I
13	Financeiro	Não obtenção do encerramento financeiro por questões de financiamento	0,3	0,4	Antunes (2015)	0,3	Antunes (2015)	3,00	0,4*
14		Insuficiência de recursos para pagar a auditoria por razões não imputáveis ao associado	0,3	0,1	Antunes (2015)	0,3	Antunes (2015)	0,53	0,1*
15		Alteração das condições de financiamento ou refinanciamento	0,9	0,4	Antunes (2015)	0,9	Antunes (2015)	4,77	0,8
16		Atraso ou ausência de pagamento da contraprestação pecuniária ao associado	0,5	0,4	Antunes (2015)	0,5	Antunes (2015)	3,45	0,4
17	Projeto	Previsões hidrológicas que ocasionem implantação de elevado número de obras para garantir lâmina d'água mínima	0,9	0,4	Antunes (2015)	0,5	Autor**	3,00	0,4*
18		Variações no volume de dragagem projetado no curso do rio	0,9	0,4	Antunes (2015)	0,7	Autor**	3,90	0,4
19		Variações no volume de dragagem projetado nos terminais hidrovias e nos serviços de balizamento	0,9	0,4	Antunes (2015)	0,7	Autor**	3,90	0,4
20		Aumento do número de derrocamentos	0,9	0,4	Antunes (2015)	0,9	Antunes (2015)	0,05	0,05
21		Necessidade de criar canais laterais para a realização de eclusas	0,9	0,4	Antunes (2015)	0,3	Autor**	3,00	0,4*
22		Mudanças no projeto devido a imprevistos construtivos	0,5	0,8	Antunes (2015)	0,5	Antunes (2015)	4,00	0,8*
23		Exigências de criação de obras solicitadas pela autoridade ambiental posteriores à expedição da licença/ autorização por razões não imputáveis ao associado	0,7	0,4	Antunes (2015)	0,5	Autor**	3,00	0,4*
24		Ausência de concorrentes suficientemente capacitados para a realização do projeto	0,3	0,8	Antunes (2015)	0,3	Antunes (2015)	3,00	0,4*
25		Projeto ser inadequado para provimento adequado dos serviços	0,9	0,8	Antunes (2015)	0,9	Antunes (2015)	0,03	0,05
26		Construção	Obsolescências técnica e tecnológica no método construtivo que podem alterar o tempo ou a escolha do método	0,3	0,4	Antunes (2015)	0,3	Antunes (2015)	3,72
27	Sobrecusto devido ao aumento da quantidade de trabalho		0,9	0,4	Antunes (2015)	0,9	Antunes (2015)	2,93	0,4
28	Sobrecusto devido à variação de preços/indisponibilidade, local de insumos, tecnologia e mão de obra		0,5	0,4	Antunes (2015)	0,5	Antunes (2015)	3,15	0,4
29	Sobrecusto devido a obras específicas de grande complexidade, como o caso do Pedral do Lourenço, Funil		0,7	0,4	Antunes (2015)	0,7	Antunes (2015)	3,00	0,4*
30	A indisponibilidade de insumos e mão de obra local		0,5	0,4	Antunes (2015)	0,5	Antunes (2015)	3,00	0,4*

(Continua)

(Continuação)

ID	Categoria	Descrição	Literatura			Adotado		Calculado	
			P	I	Fonte	P	Fonte	I <sub>F</sub> (%)	I
31	Demanda	Sobre demanda que ocasione uma prestação inadequada do serviço	0,3	0,4	Antunes (2015)	0,3	Antunes (2015)	3,00	0,4*
32		Redução de tráfego permanente em razão do desvio para nova via ou novo modal concorrente construído pelo parceiro público	0,7	0,4	Miyabukuro (2011)	0,3	Autor**	3,00	0,4*
33		Variação nas receitas mínimas como resultado de mudanças na demanda	0,7	0,4	Cormagdalenalena (2015)	0,7	Cormagdalenalena (2015)	3,00	0,4*
34	Relacionamento	Cisões na Sociedade de Propósito Específico	0,5	0,4	Antunes (2015)	0,5	Antunes (2015)	3,00	0,4*
35		Empresas com inexperiência em PPP	0,5	0,4	Antunes (2015)	0,5	Antunes (2015)	0,05	0,05
36		Inclusão de obrigações não previstas no Edital	-	-	-	0,5	Autor**	2,32	0,4
37		Distribuição inadequada de responsabilidade ou autoridade	0,5	0,4	Antunes (2015)	0,5	Antunes (2015)	0,05	0,1
38	Relacionamento	Ações judiciais contra ou por terceiros	0,5	0,4	Antunes (2015)	0,5	Antunes (2015)	0,05	0,1
39	Operação e manutenção	Especificações técnicas estarem incoerentes com a realidade	0,3	0,4	Antunes (2015)	0,5	Autor**	4,00	0,8
40		Risco de órgão regulador do contrato modificar o plano de investimento ou as especificações do serviço	0,3	0,4	Antunes (2015)	0,3	Antunes (2015)	3,72	0,4
41		Disponibilidade hídrica incoerente com previsões de projeto	0,5	0,4	Antunes (2015)	0,5	Antunes (2015)	1,50	0,2
42		Sobrecusto por conta de variação nos preços para a prestação dos serviços operacionais, de assistência às atividades de navegação e dragagem	0,7	0,4	Antunes (2015)	0,7	Autor**	2,34	0,4
43	Rede	Quando os serviços contratados ou sistema de prestação desses serviços são afetados por outra infraestrutura, serviços ou sistemas de entrega dos serviços contratados	-	-	-	0,5	-	3,00	0,4
44	Regulatório	Mudanças na legislação	0,5	0,4	Cormagdalenalena (2014)	0,3	Autor**	3,00	0,4*
45		Impostos e câmbios	0,5	0,4	Cormagdalenalena (2014)	0,5	Cormagdalenalena (2015)	1,50	0,2
46		Variação na regulamentação especial ou na regulamentação ambiental	0,5	0,4	Cormagdalenalena (2014)	0,3	Autor**	3,00	0,4*
47		Alterações na taxa em relação à taxa inicialmente combinada no contrato	0,5	0,1	Cormagdalenalena (2014)	0,1	Autor**	6,08	0,8

Elaboração dos autores.

Obs.: 1. \* fonte idem à literatura; \*\* a partir da análise do EVTEA da hidrovía do rio Tocantins.

2. ID (identificador do risco); P (probabilidade); I (impacto); I<sub>F</sub> (impacto financeiro); em destaque no quadro, os riscos considerados altos.

Os riscos altos de terreno e socioambientais tratam-se do aumento do valor do terreno, compensações socioambientais e socioeconômicas, atrasos na obtenção de licenças e uso de terras indígenas. Os riscos financeiros referem-se a possíveis mudanças nas condições de financiamento e atrasos de pagamento. Os riscos de projeto e construção estão ligados ao aumento da quantidade de trabalho e preços, indisponibilidade de insumos e dados hidrológicos deficientes. De forma geral, esses riscos também são incluídos em outros estudos como relevantes, porém nesse caso estão especificamente relacionados aos serviços hidroviários. O risco de reduzir a receita por diminuição da demanda mostrou-se uma condição presente em sistemas de transportes, pois a demanda é essencial para o dimensionamento. Assim como em outros modos de transportes, esse risco é alto na hidrovia.

Pela observância dos acórdãos emitidos pelo TCU acerca de obras hidroviárias, viu-se a comum ocorrência de posterior inclusão de obrigações não previstas no edital, como contratações de serviços fora do plano de trabalho para melhoria da hidrovia do rio São Francisco. Esse tipo de ocorrência gera multas aos seus respectivos responsáveis, além de ser considerado um risco alto.

Quanto à operação e manutenção (O&M), há a possibilidade de variação nas especificações dos serviços, sendo que essas duas categorias estão relacionadas às atividades de dragagem, sinalização e derrocamento. O risco de rede é identificado em relação à integração modal e às rodovias existentes com previsão de ampliação na área de influência da hidrovia.

Com a identificação dos riscos altos, foi possível seguir o processo para calcular os valores monetários esperados dos riscos. Utilizando a equação (3), foram obtidos os valores mais provável, máximo e mínimo. Os riscos altos relacionados à implantação da hidrovia (terreno, socioambientais, projeto e construção) afetaram os serviços de projeto e construção. Já os riscos ligados à pós-construção da hidrovia afetaram os serviços de operação e manutenção. Os riscos financeiros e de relacionamento afetam todos os serviços porque envolvem financiamentos para construção, pagamentos na fase de operação e relações contratuais necessárias.

A tabela 2 exibe os acréscimos sobre os valores iniciais dos serviços nos três casos: mínimo, mais provável e máximo. As porcentagens de acréscimos foram calculadas dividindo-se uniformemente o valor esperado dos riscos (por categoria) entre os serviços afetados em cada categoria. Observa-se que o acréscimo sobre o valor total do investimento varia de 9,74% a 18,66%. Nos três casos, os custos de projeto e construção foram os mais afetados, isso devido ao fato de que a maioria dos riscos incide sobre o projeto e a construção da hidrovia. Em valores absolutos, o acréscimo sobre os custos de operação e manutenção é significativo, impactando o valor final da hidrovia.

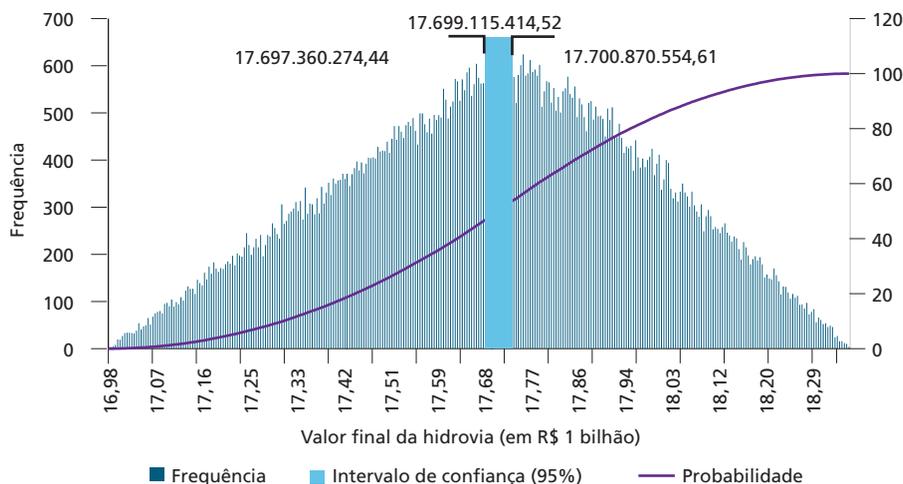
**TABELA 2**  
**Acréscimos sobre os valores dos serviços nos três casos**

Serviço	Cbase	Mínimo			Mais provável			Máximo		
		VMERisco (Em R\$ 1 milhão)	VMEServiço (Em R\$ 1 milhão)	Aumen-to (%)	VMERisco (Em R\$ 1 milhão)	VMEServiço (Em R\$ 1 milhão)	Aumen-to (%)	VMERisco (Em R\$ 1 milhão)	VMEServiço (Em R\$ 1 milhão)	Aumen-to (%)
Projeto	47,79	9,44	57,23	19,76	13,86	61,65	29,01	17,74	65,53	37,12
Dragagem	574,74	123,14	697,88	21,42	180,37	755,11	31,38	231,39	806,13	40,26
Derrocamento	1.808,75	321,53	2130,28	17,78	463,24	2.271,98	25,61	573,67	2.382,42	31,72
Serviço	305,47	58,02	363,49	18,99	84,11	389,58	27,53	105,58	411,06	34,56
Construção	2.688,96	502,69	3191,65	18,69	727,71	3.416,68	27,06	910,64	3.599,60	33,87
Projeto e construção	2.736,75	512,13	3248,88	18,71	741,58	3.478,33	27,10	928,38	3.665,13	33,92
Manutenção	915,42	71,5	986,92	7,81	110,59	1.026,01	12,08	140,81	1.056,23	15,38
Operação	11.822,98	923,46	12746,45	7,81	1428,28	13.251,26	12,08	1818,57	13.641,55	15,38
Operação e manu-tenção	12.738,40	994,97	13733,37	7,81	1538,87	14.277,27	12,08	1959,38	14.697,78	15,38
<b>Total</b>	<b>15.475,16</b>	<b>1507,1</b>	<b>16982,25</b>	<b>9,74</b>	<b>2280,44</b>	<b>17.755,60</b>	<b>14,74</b>	<b>2887,76</b>	<b>18.362,91</b>	<b>18,66</b>

Elaboração dos autores.

Aplicando-se a simulação de Monte Carlo com 100.000 iterações, foram calculados os valores monetários esperados da hidrovia. O valor médio encontrado foi R\$ 17.699.115.414,52, correspondente a um valor esperado dos riscos de R\$ 2.223.960.140,50 (14,37% do valor da hidrovia) para implantação e operação e manutenção durante trinta anos. Com 100.000 iterações foi possível estimar os valores com 0,31% de erro (R\$ 895.485,28). Os resultados da simulação são apresentados no gráfico 1.

**GRÁFICO 1**  
**Histograma e curva de distribuição acumulada**



Elaboração dos autores.

Considerando um intervalo de confiança de 95% ( $\pm$  R\$ 1.755.140,08), o valor médio obtido pela simulação (R\$ 17.699.115.414,52) apresentou uma diferença de 0,31% para o valor do caso mais provável calculado inicialmente (R\$ 17.754.665.175,32).

Observa-se um aumento de 14,37% no total do contrato, porém, analisando os resultados por serviço (tabela 3), identifica-se uma variação maior nas etapas de implantação, com a variação máxima de 30,93% no valor do serviço de dragagem. Já as etapas de manutenção e operação apresentam as menores variações (11,76%), o que contribui para a redução da variação total, visto que o maior custo se refere ao valor agregado dos trinta anos de operação.

TABELA 3  
Acréscimos sobre os valores dos serviços

Serviço	Valor inicial (Em R\$ 1 milhão)	VMRisco (Em R\$ 1 milhão)	VMEServiço (Em R\$ 1 milhão)	Aumento (%)
Projeto	47,79	13,65	61,44	28,56
Dragagem	574,74	177,79	752,53	30,93
Derrocamento	1.808,75	452,77	2.261,52	25,03
Sinalização	305,47	82,48	387,95	27,00
Construção	2.688,96	713,04	3.402,00	26,52
Projeto e construção	2.736,75	726,69	3.463,44	26,55
Manutenção	915,42	107,66	1.023,09	11,76
Operação	11.822,98	1.390,52	13.213,50	11,76
Operação e manutenção	12.738,40	1.498,18	14.236,59	11,76
<b>Total</b>	<b>15.475,16</b>	<b>2.224,87</b>	<b>17.700,03</b>	<b>14,38</b>

Elaboração dos autores.

Para a etapa de alocação de riscos foram considerados apenas os riscos altos. A proposta é apresentada no quadro 3, em que é possível observar que o parceiro privado ficou integralmente responsável pelos riscos de terreno e de construção. Os riscos alocados ao parceiro público foram: atrasos ou alterações no projeto para viabilizar uso de terras indígenas; atraso ou ausência de pagamento da contraprestação pecuniária ao associado; exigência de criação de obras solicitadas pela autoridade ambiental posteriores à expedição da licença/autorização por razões não imputáveis ao associado; ausência de concorrentes suficientemente capacitados para a realização do projeto; e risco de órgão regulador do contrato modificar o plano de investimento ou as especificações do serviço.

Os riscos de demanda, de forma geral, são compartilhados, assim como recomendam as literaturas, cabendo ao setor privado somente a responsabilidade de sobre demanda que ocasione prestação inadequada dos serviços. Os riscos de força maior foram igualmente divididos, cabendo ao parceiro público os riscos que não podem ser suportados pela contratação de seguros.

**QUADRO 3**  
**Alocação de riscos altos**

Categoria	Descrição	Alocação		
		Público	Privado	Compartilhado
Terreno	Sobrecusto devido a variações no valor previsto de aquisição de terrenos ou compensações socioeconômicas.		x	
	Estruturas existentes inadequadas para sustentar a nova demanda, ou mesmo melhorias e expansões.		x	
Socioambientais	Atrasos na obtenção de licenças e/ou autorizações.			x
	Atrasos ou alterações no projeto para viabilizar uso de terras indígenas.	x		
Financeiro	Alteração das condições de financiamento ou refinanciamento.		x	
	Atraso ou ausência de pagamento da contraprestação pecuniária ao associado.	x		
Projeto	Previsões hidrológicas que ocasionem implantação de elevado número de obras para garantir lâmina d'água mínima.		x	
	Variações no volume de dragagem projetado no curso do rio.		x	
	Variações no volume de dragagem projetado nos terminais hidroviários e nos serviços de balizamento.		x	
	Mudanças no projeto devido a imprevistos construtivos.		x	
	Exigência de criação de obras solicitadas pela autoridade ambiental posteriores à expedição da licença/autorização por razões não imputáveis ao associado.	x		
Construção	Sobrecusto devido ao aumento da quantidade de trabalho.		x	
	Sobrecusto devido à variação de preços/indisponibilidade local de insumos, tecnologia e mão de obra.		x	
	Sobrecusto devido a obras específicas de grande complexidade, como o caso do Pedral do Lourenço, Funil.		x	
	A indisponibilidade de insumos e mão de obra local.		x	
Demanda	Varição nas receitas mínimas como resultado de mudanças na demanda.			x
Relacionamento	Cisões na Sociedade de Propósito Específico (SPE).			x
	Inclusão de obrigações não previstas no edital.	x		
Operação e manutenção	Especificações técnicas estarem incoerentes com a realidade.		x	
	Sobrecusto por conta de variação nos preços para a prestação dos serviços operacionais, de assistência às atividades de navegação e dragagem.		x	
Rede (integração)	Quando os serviços contratados ou sistema de prestação desses serviços são afetados por outra infraestrutura, serviços ou sistemas de entrega dos serviços contratados.			x

Elaboração dos autores.

Analisando monetariamente os riscos altos da hidrovia, é possível observar (tabela 4) que o parceiro privado é responsável pela maioria dos riscos (41,47 %), além dos que são compartilhados. Um resultado condizente com o modelo de contrato considerado, pois o parceiro privado é responsável pela elaboração do projeto, construção, operação e manutenção do sistema.

TABELA 4  
Valor monetário esperado dos riscos por parceiro

	Público	Privado	Compartilhado	VMERiscos
Em R\$ 1 milhão	584,96	922,33	716,66	2.223,96
Percentual (%)	26,30	41,47	32,22	100

Elaboração dos autores.

## 6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste estudo possibilitou a identificação dos diferentes tipos de riscos existentes em um contrato de serviços para implantação e operação de uma hidrovia. Viabilizou também um levantamento dos valores dos serviços mais comuns em obras hidroviárias de diversos locais do país, assim como as ocorrências que levaram ao aumento dos valores iniciais previstos. A partir desses dados foi possível determinar uma estimativa de aumento no custo devido à ocorrência de situações adversas num sistema hidroviário.

Na determinação da probabilidade e impacto dos riscos, este estudo traz uma abordagem com critérios baseados em dados históricos para definir os impactos, contrapondo-se a técnicas tradicionais de consulta a especialistas. Devido à inexistência de dados locais, os dados históricos de outros projetos tornaram-se de grande importância para refletir possíveis ocorrências nas obras da hidrovia, visto que este é um empreendimento novo. No entanto, foi possível observar que muitos documentos, como aditivos contratuais, traziam pouca explicação dos fatos que desencadearam a necessidade de alteração no contrato inicial. A presença de mais detalhes nesses documentos é fundamental para se construir uma base de dados relevante para análises de risco como a deste estudo. Em contrapartida, as informações disponibilizadas pelo TCU e pelas companhias docas das hidrovias observadas foram satisfatórias para a determinação dos impactos. Para dar prosseguimento às análises quantitativas, o uso de dados históricos se mostrou importante para maior confiabilidade dos parâmetros utilizados no modelo.

Da matriz de probabilidade e impacto pode-se concluir que riscos ligados ao terreno, meio ambiente e meio social são de grande preocupação no caso da hidrovia do rio Tocantins. Isso reflete a influência do rio para algumas comunidades indígenas e populações ribeirinhas que sobrevivem da pesca. Além desses, riscos financeiros mostraram-se altos, visto que os valores foram projetados para um contrato de

trinta anos e, por se tratar de um período longo, há uma probabilidade considerável de modificações nessas condições ao longo do período. Outro motivo para o risco ser classificado como alto é a grande quantia necessária para investimento na hidrovia, resultando em maior impacto caso ocorra. Já os riscos relacionados às especificações técnicas de projeto, operação e manutenção compõem a maioria dos riscos altos. Daí a necessidade de concentrar esforços para determinar informações mais precisas para elaboração de projeto e demais especificações técnicas.

A partir da identificação e avaliação qualitativa dos riscos, este estudo avançou para a modelagem quantitativa, com aplicação da simulação de Monte Carlo, que é uma ferramenta para auxiliar a tomada de decisões frente a diferentes tipos de gestão, seja ela conservadora ou mais arriscada. O valor médio do investimento, considerando os riscos da hidrovia, foi de R\$ 17,7 bilhões, elevando em 14,4 % o custo total do investimento base. Este acréscimo é bem superior à taxa reservada para riscos, seguros e garantias contratuais descrita no EVTEA da hidrovia (0,82%), porém inferior ao limite de acréscimo (25%), estabelecido pela Lei nº 8.666/93. Ressalta-se, então, a importância da utilização de métodos estatísticos no processo de planejamento e gestão de projetos com grandes investimentos, permitindo uma destinação de recursos mais assertiva.

Outro ponto de atenção nos contratos de PPP é a alocação dos riscos entre os parceiros público e privado. No estudo realizado, seguiram-se os critérios básicos de alocação ao parceiro mais capacitado. Considerou-se também que é mais adequado que o parceiro privado se responsabilize pela maioria dos riscos de projeto, construção, financiamento, manutenção e operação. Com isso, o parceiro privado seria responsável pela maioria dos riscos (41,47 %), correspondendo a R\$ 922,33 milhões, além dos riscos a serem compartilhados entre ambos os parceiros. Esses números retratam a importância da otimização de todos os processos dentro da vida útil da hidrovia, buscando diminuir possíveis custos excessivos.

A partir do estudo realizado pode-se dar sequência ao processo de gerenciamento de riscos, analisando as formas de evitá-los ou mitigá-los, verificando quais dos riscos podem ser segurados e, conseqüentemente, reduzindo o valor esperado do investimento.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, A. J.; SCHMITZ, E. A. **Análise de risco em gerência de projetos**. Rio de Janeiro: Editora Brasport, 2006.
- ALTUS HELYAR COST CONSULTING. **DBFM Risk analysis and risk matrix**. Ontario, 2007. 26 p.
- ANDERY, P. R. P.; FERREIRA, A. C. A. **Análise de riscos em sistemas de concessão de serviços públicos**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18., 1998, Niterói, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Abepro, 1998.

ANTAQ – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. **Relatório executivo – Bacia do Tocantins-Araguaia**: plano nacional de integração hidroviária. Brasília: Antaq, 2013. 48 p.

\_\_\_\_\_. **Estatístico aquaviário 2015**. Brasília: Antaq, 2016. 37 p.

ANTUNES, G. A. **Análise qualitativa dos riscos de uma PPP** – estudo de caso da hidrovia do tocantins. (Monografia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

ANTUNES, G. A.; DUARTE, J.; ARAGÃO, J. J. G. Análise qualitativa dos riscos de uma parceria público-privada – estudo de caso da hidrovia do rio Tocantins. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET, 29., Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: Anpet, 2015. p. 2370-2381.

ARAGÃO, J. J. G. *et al.* A conceptual model of fiscal feasibility assessment applied to waterway projects. In: CONFERÊNCIA QUADRIENAL DE ENGENHARIA COSTEIRA E PORTUÁRIA EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO, 9., 2016, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Pianc-Copedec, 2016.

BERTOZZI, P. P. O gerenciamento de riscos em projetos de novos sistemas de transporte público sobre trilhos através de Parceria Público-Privada (PPP): estudo de caso do metrô de Curitiba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO, 20., Santos. **Anais...** Santos: ANTP, 2015.

BRASIL. Ministério dos Transportes. **Plano Hidroviário Estratégico** – Produto 3: relatório de diagnóstico e avaliação. Brasília: Ministério dos Transportes. 2013a.

\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes. **Plano Hidroviário Estratégico** – Produto 4: relatório de elaboração e avaliação de estratégias. Brasília: Ministério dos Transportes, 2013b.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Portos. **Plano Nacional de Logística Portuária 2015** – Diagnóstico. Brasília, 2015. 71 p.

CHUNG, D.; HENSHER, D. A.; ROSE, J. M. Toward the betterment of risk allocation : Investigating risk perceptions of Australian stakeholder groups to public e private-partnership tollroad projects. **Research in Transportation Economics**, v. 30, n. 1, p. 43-58, 2010.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Boletim estatístico CNT** – janeiro 2016. Brasília: CNT, 2016. 3 p.

CODEVASF – COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA. Contrato nº 0.117.00/2010. Operações de Dragagem na Hidrovia do São Francisco nos Município de Ibotirama/Juazeiro no estado da Bahia. 2010.

CORMAGDALENA. Contrato de APP nº 001, de 2014. Asociación público privada de iniciativa pública para el proyecto de “Recuperación de la navegabilidad en el rio Magdalena”. Bogotá: República de Colômbia, 2014.

CRUZ, C. O.; MARQUES, R. C. Risk-Sharing in Seaport Terminal Concessions. **Transport Reviews**, v. 32, n. 4, p. 455-471, July 2012.

FERNANDES, C. A. B. A. **Gerenciamento de riscos em projetos**: como usar o Microsoft Excel para realizar a simulação de Monte Carlo. Curitiba: UTFPR, 2005.

L'ECUYER, P. **Software for uniform random number generation**: distinguishing the good and the bad. Montreal: Université de Montréal, 2001.

MIYABUKURO, S. B. **Riscos em project finance de infraestrutura: a participação público-privada em rodovias**. 2011. 98 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PASIN, J. A. B. Caminhos e desafios das PPPs patrocinadas no Brasil. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 38, p. 51–84, 2012.

PEREIRA, A. C. M. **Alocação de riscos nos contratos de concessão e PPP**: um mecanismo rumo à eficiência na implantação de infraestruturas no Brasil. Brasília: Anape, 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2TVEDpI>>. Acesso em: 4 maio 2017.

POMPERMAYER, F. M.; CAMPOS NETO, C. A. S.; PAULA, J. M. P. **Hidrovias no Brasil**: perspectiva histórica, custos e institucionalidade. Rio de Janeiro: Ipea, 2014. (Texto para Discussão, n. 1931).

PMI – PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK®)**. 5. ed. Pennsylvania: Project Management Institute Inc., 2013.

VANESLANDER, T. *et al.* Cross-sectoral comparison of concessions in transport. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 4, n.1, p. 22-39, 2014.

YESCOMBE, E. R. **Public-private partnerships** – principles of policy and finance. Elsevier, UK, 2007.

Data da submissão em: 8 jan. 2019.

Primeira decisão editorial em: 19 set. 2019.

Última versão recebida em: 11 out. 2019.

Aprovação final em: 4 nov. 2019.

