

5 Modelagem das Opções Reais

A fim de aplicar os conceitos de opções reais estudados e sua aplicabilidade a projetos que tenham sua estrutura de financiamento baseado em *Project Finance*, estrutura-se uma modelagem de um estudo de caso fictício de construção de um trecho de um gasoduto. Para tanto, serão utilizadas informações técnicas obtidas junto ao caso do Projeto Gasene (D’Almeida et al., 2010) e do Gasoduto Urucu-Coari-Manaus (ANP, 2011), assim como dados disponíveis nos mais diferentes meios de comunicação. Ambos os casos relatados foram gasodutos de grandes dimensões, utilizando o financiamento do tipo *Project Finance*.

A construção de um gasoduto em si é um projeto de baixo retorno financeiro, sendo assim despriorizado no portfólio de projetos de investimentos de uma empresa petrolífera, se comparado a outros projetos de exploração e produção de óleo. Estes últimos, geralmente, apresentam um retorno esperado altíssimo. Dessa forma, projetos de gasodutos devem buscar uma estrutura de financiamento própria, em que seu financiamento esteja devidamente apoiado somente no fluxo de caixa esperado para o mesmo, característico de *Project Finance*.

Assim, pretende-se modelar e precificar algumas opções que viabilizariam um projeto dessa natureza. A garantia de volume transportado mínimo de gás, dentro de um gasoduto, tem um valor. Esse volume transportado mínimo significaria uma receita mínima e, por conseguinte, a geração de um caixa mínimo ao projeto. Na esfera contratual, tal poderia ser dado por meio de um contrato de *Ship-or-pay*¹⁹, comum nesse tipo de construção.

¹⁹ *Ship-or-pay*: cláusula incluída nos contratos de transporte de gás natural, segundo a qual o consumidor final ou a concessionária, para quem está sendo feito o transporte, é obrigado a pagar pelo transporte do gás mesmo no caso de o gás não ser transportado. (PETROBRAS, 2004)

5.1 Dados do estudo de caso

5.1.1 Receita

A receita líquida do projeto, a cada período de tempo, seria dada pela seguinte fórmula:

$$R_t = pW_t d(1 - \tau)$$

Onde:

- p = tarifa de transporte do gás natural através do gasoduto.
- W_t = volume transportado de gás natural naquele determinado período.
- d = quantidade de dias relativos ao período considerado (365 para um ano).
- τ = alíquota de impostos federais e estaduais incidentes diretamente sobre a receita (ICMS, PIS, COFINS).

O preço do gás natural praticado no city gate é composto pelo preço da commodity mais o da tarifa de transporte. Segundo a FIRJAN (2011), desde 2008, quando foi adotada a chamada “nova política de preços” para contratos com as distribuidoras, o preço do gás natural que chega às mesmas é composto basicamente por duas parcelas: “Parcela variável” e “Parcela fixa”. A primeira atrelada diretamente a uma cesta de óleos referenciados internacionalmente, e a segunda a partir de um valor fixo, que é atualizado a partir da variação do IGP-M/FGV²⁰. Além dessas parcelas, compõem o preço final ao consumidor industrial, residencial, etc. a margem de distribuição e os tributos federais e estaduais.

Assim, para fins dessa modelagem considerar-se-á o preço constante, já que seu valor é apenas corrigido por um índice que varia segundo a inflação. Dessa forma, pode-se afirmar que os valores reais da tarifa de transporte de gás, dentro de um gasoduto, são constantes, mesmo que seu valor nominal sofra um reajuste indexado pelo IGP-M/FGV. Da mesma maneira, consideraram-se os custos e a taxa livre de risco constantes em valores reais ao longo do tempo.

O valor da tarifa de transporte considerada foi de R\$ 5/MMBtu. Este valor foi baseado no estudo FIRJAN (2011), que mostra os valores médios do preço do

²⁰ IGP-M/FGV: é o índice, calculado pela Fundação Getúlio Vargas, utilizado para balizar os aumentos da energia elétrica e dos contratos de aluguéis (FGV, 2012).

gás natural no Brasil. O valor da “Parcela fixa” ou transporte foi estimado em US\$ 2,66/MMBtu, que podendo se converter para o Real em valores aproximados para os R\$5/MMBtu utilizados no caso.

Item	US\$/MMBtu	Participação (%)
Parcela Variável ou Commodity	7,30	43,3%
Parcela Fixa ou Transporte	2,66	15,8%
Margem de Distribuição	3,16	18,8%
Impostos (PIS/COFINS/ICMS)	3,72	22,1%
Preço do Gás para o Consumidor Industrial	16,84	100,0%

Tabela 7 - Decomposição do preço do gás natural para o consumidor industrial no Brasil

Fonte: FIRJAN (2011)

O volume transportado de gás natural será modelado em milhares de metros cúbicos por dia (mil m³/dia). Para fins de conversão de dados, de acordo com o site de relacionamento com os investidores da Petrobras (PETROBRAS, 2012), um milhão de Btu's de gás natural são gerados aproximadamente a partir de 37,3 mil m³. Ou seja, $\frac{MMBtu}{mil\ m^3} = 37,3$.

A quantidade de dias considerada por período é de 365, já que está se considerando o período anual.

A alíquota de impostos (τ) impostos federais e estaduais incidentes diretamente sobre a receita (ICMS,PIS,COFINS) foi considerada em 22%.

Algumas considerações são relevantes:

- As receitas do projeto não são imediatas a partir dos anos iniciais. Os primeiros anos do fluxo de caixa somente contam com investimentos para a construção do gasoduto. As receitas somente entram após a finalização de alguns trechos.
- Os valores do investimento já vão ser considerados embutidos neles tanto a construção dos dutos, quanto a construção das estações de compressão, necessárias à manutenção da pressão dos dutos, num intervalo específico de quilômetros.

- O contrato de *Ship-or-pay* entre o transportador (empresa GASODUTO S.A.) e o carregador (empresa CARREGADORA S.A.) será de 20 anos. Este é o tempo usual para esse tipo de contrato, conforme ANP (2011). Os nomes fictícios das empresas citadas acima serão considerados neste modelo.

5.1.2 Modelagem do volume de gás transportado

A modelagem em projetos que envolvam a análise de projetos de gás natural, geralmente, baseia-se nos preços do gás, utilizando-o como variável estocástica. Esse é o caso de Castro (2000), Dias (2005) e Mendes (2007). Em Dias (2005), o preço do petróleo foi modelado segundo um Movimento de Reversão à Média com saltos de Poisson. Barros (2009) considerou que a “taxa de retorno para o proprietário de um campo de petróleo e gás” segue um MGB, onde essa taxa era dada pela divisão do retorno instantâneo para o concessionário da reserva pela multiplicação do volume de petróleo e gás da reserva por valor unitário da reserva desenvolvida, tudo num instante t . Já a modelagem do volume transportado de gás natural em gasodutos, através de processos estocásticos, foi difícil ser encontrada em trabalhos específicos sobre o tema. Nesse sentido, recorreu-se a trabalhos que modelassem tráfegos por meio de processos estocásticos. Nessa linha, foram encontrados diversos trabalhos de modelos de rodovias pedagiadas, que seguiam processos estocásticos e estudos de opções reais. Dentre estes, pode-se citar Blank (2008), Brandão e Saraiva (2007), Galera (2006), dentre outros. Todos estes consideram o tráfego de veículos através de um Movimento Geométrico Browniano (MGB). Da mesma forma, pode-se considerar que o volume transportado dentro de um gasoduto também segue o mesmo processo estocástico. Isso pode ser inferido pelos dados históricos dos volumes transportados pelo Gasoduto Brasil-Bolívia, obtidos junto ao site da ANP em seu Anexo do Boletim de Gás Natural (ANP, 2009). Os dados seguem uma tendência crescente, natural em um projeto de longas dimensões, chegando a um limite máximo da capacidade de transporte, que, no caso, é de aproximadamente 30 MM m³/dia.

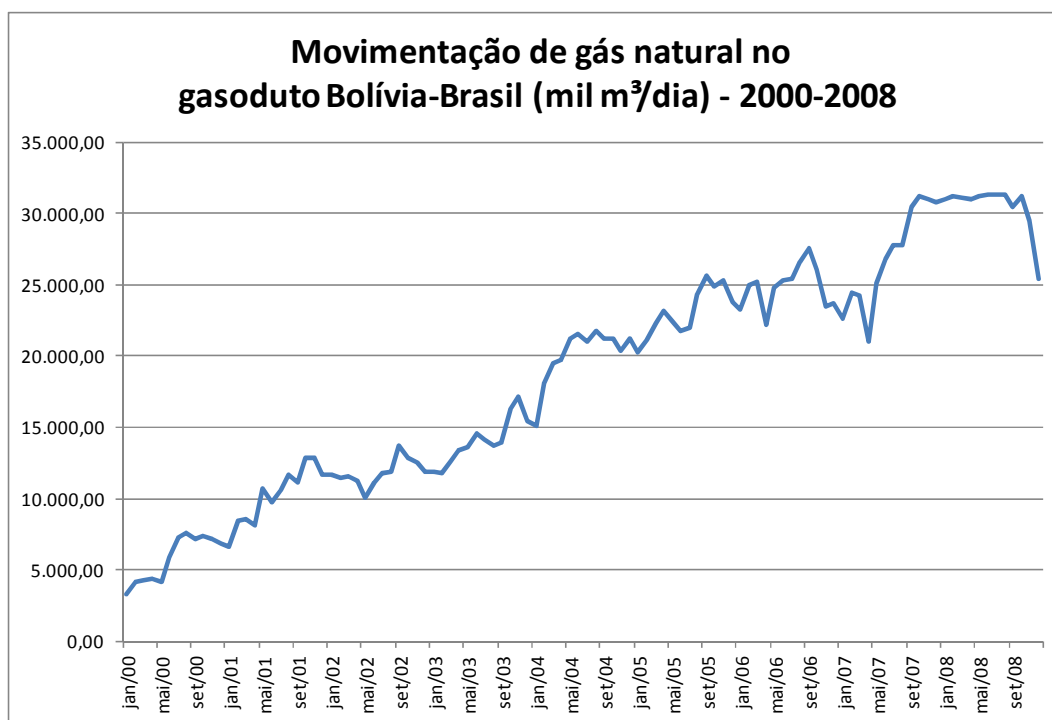


Figura 15 - Movimentação de gás natural no gasoduto Bolívia-Brasil (mil m³/dia) - 2000-2008

Além disso, os dados históricos do Balanço Energético Nacional mostram também que o consumo de gás natural, no país, segue uma tendência de crescimento nos últimos anos. Somado a isso, pode-se destacar a crescente produção de gás natural no país, proveniente das mais recentes descobertas de grandes campos petrolíferos. Muitos desses campos possuem óleo associado a gás, sendo, neste caso, “compulsório” o aumento da produção de gás, uma vez que não deve ser interrompida a produção de óleo de maneira alguma. Principalmente, em tempos do valor do barril de petróleo em torno dos US\$ 120,00 (OIL-PRICE.NET, 2012).

Esse crescimento na produção de petróleo, certamente, vai impulsionar, assim como já o está fazendo a indústria nacional. O mesmo por sua vez, tenderá a consumir mais energia, que pode ser gerada ou diretamente através do consumo de gás natural dentro da indústria (a depender do porte da mesma) ou através do consumo indireto de termoeletricas que fiquem adjacentes ao complexo fabril. Dessa forma, certamente, a indústria nacional tende a crescer, cada vez mais, seu consumo de gás natural e, para isso, estruturas de distribuição desse gás devem estar prontas para o mesmo. Gasodutos como o Gasene, o Urucu-Coari-Manaus,

dentre outros, são fundamentais à distribuição dessa commodity por todo o território nacional.

A fim de corroborar com a análise gráfica feita acima, pode-se determinar qual o movimento que se adéqua melhor a cada uma das distribuições através do teste da raiz unitária de Dickey-Fuller (Dias, 2011). Esse se dá através de uma regressão linear junto ao logaritmo dos valores no tempo (W_t =consumo da commodity no instante t), conforme a equação:

$$\ln W_t = a + b \ln W_{t-1} + \varepsilon_t \quad \text{Onde } \varepsilon_t \sim N\left(0, \frac{\sigma^2}{n}\right).$$

O teste diz que, se b ficar entre 0 e 1, há indícios de reversão à média. E, segundo Dias (2011), o MGB pode ser testado, por exemplo, checando a hipótese do coeficiente de $\ln(W_{t-1})$ da equação discreta (b) ser unitário. Ou seja, se $b=1$, há indícios do movimento ser geométrico browniano.

Para os dados da ANP (2009), a regressão nos fornece um $b \cong 0,9505$. Pelo teste de Dickey-Fuller, faz-se um teste de hipótese onde se considera como hipótese nula (H_0) $b=1$. Já que o "p-valor" do teste de Dickey-Fuller foi de 0,9898, podemos aceitar a existência de raiz unitária no processo. Desta forma, com os dados utilizados, pode-se afirmar que o método que melhor se ajusta aos dados é o MGB. Isso somente vem a corroborar com a análise gráfica previamente realizada.

Da mesma forma que Irwin (2003) apud Blank (2008) ressalta, talvez com essa modelagem, a análise se torne mais simples e plausível. Mas, certamente, não se trata da única alternativa de modelagem. Podem ser utilizados outros processos estocásticos, como por exemplo, o Movimento de Reversão à Média (MRM), não abordado durante este capítulo.

Neste projeto, será modelado o consumo de gás e, conseqüentemente, a receita, como um MGB, para que posteriormente sejam realizadas simulações de Monte Carlo, a fim de precificar as opções já explicitadas. Assim, o processo estocástico, que descreve o comportamento do consumo de gás natural nas diversas regionais por onde passa o gasoduto, é dado por:

$$\frac{dW}{W} = \alpha dt + \sigma dz$$

Onde:

- W = variável estocástica do consumo de gás natural
- α = taxa de crescimento esperada
- σ = volatilidade da variável estocástica
- dz = incremento de Wiener

Os valores esperados e variâncias do processo são descritos como (Dixit&Pindyck,1994):

$$E(W_t) = W_0 e^{\alpha t}$$

$$Var(W_t) = W_0^2 e^{2\alpha t} (e^{\sigma^2 t} - 1)$$

5.1.2.1 Estimativa dos parâmetros do volume transportado

Para a estimativa de parâmetros, foram utilizados os dados de volume transportado pelo gasoduto Brasil-Bolívia, obtidos junto ao site da ANP, em seu Anexo do Boletim de Gás Natural (ANP, 2009). Este leva em consideração a movimentação mensal de gás natural no gasoduto Bolívia-Brasil (mil m³/dia). Uma série de 108 dados, entre janeiro de 2000 e dezembro de 2008. Entretanto, de forma a ter uma série mais representativa de dados, considerou-se que esses dados eram trimestrais e refletiam bem o comportamento esperado do volume transportado de gás natural no gasoduto hipotético em estudo. A tabela completa pode ser observada no Apêndice 8.2.

Considerando que W_t , como o consumo da commodity no instante t , é possível calcular os parâmetros de cada série de preço pela regressão linear (Dixit&Pindyck,1994):

$$\ln W_t = a + \ln W_{t-1} + \varepsilon_t$$

Onde $\varepsilon_t \sim N(0, \frac{\sigma^2}{n})$.

Neste caso, $n=4$ já que os dados foram considerados trimestrais. Dessa forma, podem-se calcular os parâmetros σ e α como segue:

$$\widehat{\sigma^2} = n \text{ var } [\ln W_t - \ln W_{t-1}]$$

$$\hat{\alpha} = n \{E[\ln W_t - \ln W_{t-1}] + 0,5 \text{ var } [\ln W_t - \ln W_{t-1}]\}$$

Dessa forma, os valores calculados são:

Parâmetros MGB	
$\hat{\sigma}$	$\hat{\alpha}$
16,63%	9,05%

Com os parâmetros definidos, pode-se escrever $\frac{dW}{W} = \alpha dt + \sigma dz$ como:

$$\frac{dW}{W} = 0,0905 dt + 0,1663 dz$$

5.1.2.2 Volume transportado esperado

Possuindo os valores dos parâmetros do MGB calculados, pode-se lançar mão da fórmula do valor esperado, constante em Dixit & Pindyck (1994):

$$E[W_t] = W_0 e^{\alpha t}$$

Além disso, destaca-se que o valor de volume transportado inicial para o gasoduto é da ordem de 8 MM m³/dia (ou como vai aparecer nas tabelas do estudo, 8.000 mil m³/dia), mas que será considerado somente a partir do quinto ano, quando é iniciada a operação do duto. Outro ponto importante a ser destacado é a capacidade de transporte do gasoduto que, neste caso, foi considerada em 20 MM m³/dia (ou 20.000 mil m³/dia). Este valor é semelhante ao utilizado na construção do GASENE. Para que essa capacidade de transporte (vazão) seja adequadamente atingida, é necessário que alguns atributos técnicos sejam utilizados. Não é objetivo fim deste trabalho tal especificação, mas, na construção do GASENE, foram utilizadas as seguintes características (na maior parte dos trechos):

- Vazão: 20 MM m³/dia
- Estações de compressão: 8 unidades
- Capacidade das Estações de compressão: 220 mil HP
- Estações de entrega: 8 unidades
- Diâmetro do duto: 28 polegadas

Conforme anteriormente citado, os investimentos relativos a todas essas estações e dutos estão embutidos no valor do investimento considerado no problema. Assim, com esses dados, pode-se estimar, finalmente, que o volume transportado esperado para o gasoduto seja:

Ano	$E(W_t)$		
0	-	15	20.000,00
1	-	16	20.000,00
2	-	17	20.000,00
3	-	18	20.000,00
4	-	19	20.000,00
5	12.579,60	20	20.000,00
6	13.771,53	21	20.000,00
7	15.076,40	22	20.000,00
8	16.504,91	23	20.000,00
9	18.068,76	24	20.000,00
10	19.780,80	25	20.000,00
11	20.000,00	26	20.000,00
12	20.000,00	27	20.000,00
13	20.000,00	28	20.000,00
14	20.000,00	29	20.000,00
		30	20.000,00

Tabela 8 - Volume transportado esperado

Graficamente, com mais ou menos 2 desvios padrões, ou seja, num intervalo de confiança de aproximadamente 95%.²¹

²¹ O intervalo de confiança foi delimitado segundo Dias (2012), disponível em <http://www.puc-rio.br/marco.ind/stochast.html#forecasting>

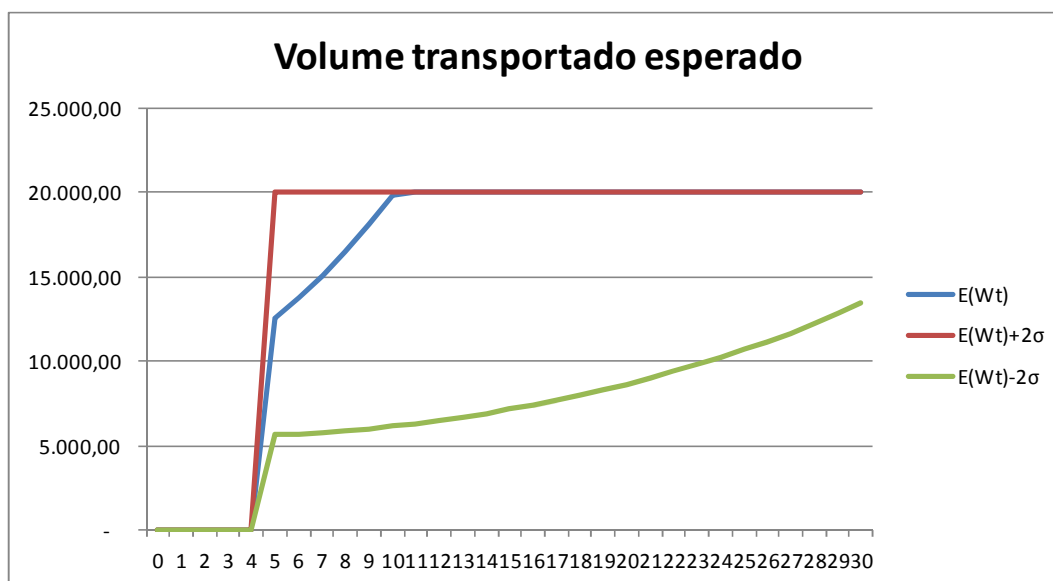


Figura 16 - Volume transportado esperado com Intervalo de confiança de 95 %

Considerando-se valores de volume transportado, com o risco embutido, pode-se dizer que esse valor pode ser estimado segundo:

$$W_t = W_0 e^{\left(\alpha - \frac{\sigma^2}{2}\right)t + \sigma \varepsilon \sqrt{t}}$$

Ou seja,

$$W_t = W_0 e^{0,077t + 0,166\varepsilon\sqrt{t}}$$

Onde $\varepsilon \sim N(0,1)$

5.1.2.3 Simulando valores do volume transportado

A fim de simular os valores de volume transportado e, por conseguinte, conseguir precificar o valor das opções, deve-se definir a equação em tempo discreto para o processo MGB. A equação que define a discretização para uma simulação real de um MGB é:

$$W_{t+\Delta t} = W_t e^{\left(\alpha - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma \varepsilon \sqrt{\Delta t}}$$

Onde $\Delta t = 1$ ano e $\varepsilon \sim N(0,1)$

Ou seja:

$$W_{t+1} = W_t e^{\left(\alpha - \frac{\sigma^2}{2}\right) + \sigma \varepsilon}$$

Entretanto, a simulação real depende da taxa de desconto real, dificilmente encontrada para a maioria dos casos. Nesse sentido, lança-se mão da modelagem neutra ao risco para esse tipo de derivativo, utilizando como taxa de desconto a

taxa “risk-free”, ou livre de risco (r). Assim, o termo de tendência α , no caso da modelagem do MGB, deve ser substituído por $r - \delta$. Já que a taxa de desconto ajustada ao risco pode ser escrita como:

$$\mu = \alpha + \delta$$

E também como:

$$\mu = r + \lambda\sigma$$

Pode-se escrever a seguinte relação, a partir das equações supracitadas:

$$r - \delta = \alpha - \lambda\sigma$$

Segundo Dias (2011), isto é semelhante à retirada do prêmio de risco da tendência.

Assim, substituindo na equação do movimento geométrico browniano, tem-se, em tempo contínuo, a equação neutra ao risco:

$$\frac{dW}{W} = (\alpha - \lambda\sigma) dt + \sigma dz$$

Onde λ^{22} é o preço de mercado do risco associado ao volume transportado de gás. Este pode ser calculado como:

$$\lambda = \frac{\rho_{W,m}}{\sigma_m} (\mu_m - r)$$

Sendo que:

- $\rho_{W,m}$ é a correlação entre o volume transportado de gás e um índice de mercado²³
- σ_m é a volatilidade esperada do índice de mercado
- μ_m é o retorno esperado do índice de mercado

Para o cálculo de λ foram considerados os seguintes dados:

²² A dedução desta fórmula é simples. Segundo Hull (2006) apud Blank (2008), essa dedução pode ser feita através do modelo do CAPM (Capital Asset Pricing Model). O prêmio de risco de um ativo será de:

$$\mu - r = \beta(\mu_m - r)$$

$$\beta = \frac{cov(\mu, \mu_m)}{\sigma_m^2} = \frac{\rho\sigma}{\sigma_m}$$

Logo

$$\mu - r = \frac{\rho\sigma}{\sigma_m} (\mu_m - r) = \lambda\sigma$$

$$\mu - r = \lambda\sigma = \pi$$

²³ Considera-se, geralmente, como índice de mercado, o Ibovespa.

- O volume transportado de gás no gasoduto Brasil-Bolívia, no período entre 2000 e 2008, considerando os dados do ponto de recepção EMED Corumbá.
- O índice Ibovespa para o mesmo período (BOVESPA, 2012)

Com estes dados, foram calculados e considerados os termos necessários ao modelo:

- $\rho_{W_t, m} = 0,8618$
- $\sigma_m = 20\%$
- $\mu_m = 12\%$
- $r = 6\%$

Assim, é possível calcular os seguintes dados do modelo:

- $\lambda = 25,85\%$
- $\pi = \lambda\sigma = 4,30\%$ (prêmio de risco)
- $\delta = 1,25\%$ (taxa de conveniência ou dividendo)

Tendo isso em consideração, representa-se, para fins de simulação neutra ao risco, a seguinte discretização de um MGB:

$$W_{t+\Delta t} = W_t e^{\left(\alpha - \lambda\sigma - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma\varepsilon\sqrt{\Delta t}}$$

Onde $\Delta t = 1 \text{ ano}$ e $\varepsilon \sim N(0,1)$

Ou seja:

$$W_{t+1} = W_t e^{\left(\alpha - \lambda\sigma - \frac{\sigma^2}{2}\right) + \sigma\varepsilon}$$

5.1.3 Investimentos e Custos

A fim de realizar o estudo de um caso fictício, foram utilizados os dados de dois grandes *Project Finances* de construção de gasodutos: O Gasene (D'Almeida et al., 2010) e Urucu-Coari-Manaus (ANP, 2011).

O investimento foi calculado a partir de um valor aproximado entre os custos por km construído de cada um dos casos base. A tabela a seguir mostra os dados levantados e os levados em consideração para o investimento.

	Investimento aproximado	Extensão (km)	Investimento por km
GASENE (Petrobras, 2005)	1300 MM US\$	1371	0,948 MM US\$/km
GASENE (D’Almeida et al., 2010)	4000 MM US\$	1400	2,857 MM US\$/km
Urucu-Coari- Manaus	4500 MM R\$	800	5,625 MM R\$/km
GASODUTO S.A.	3000 MM R\$	1000	3,000 MM R\$/km

Tabela 9 - Comparativo de Investimento por km na construção de gasodutos

Cabe ressaltar que o valor do investimento considerado (US\$ 1,3 bilhão) para o Gasene foi obtido a partir da Petrobras (2005), quando o projeto estava em iniciação. Ou seja, o valor era algo projetado na época. Já em D’Almeida et al (2010), num estudo realizado a posteriori, menciona-se que o projeto deve investimentos de cerca de US\$ 4 bilhões. Possivelmente, essa discrepância é dada por uma série de equívocos de previsão ou até por erros de gestão do projeto. O fato é que, para fins de parametrização da modelagem do caso, será utilizado o valor originalmente projetado, citado em Petrobras (2005).

A partir dos dados da tabela, é possível inferir que o investimento por km do gasoduto Urucu-Coari-Manaus foi diferente daquele praticado no Gasene. Provavelmente, tal se deu em função das características de construção do local, no meio da floresta amazônica, num clima hostil e de difícil acesso. Já o Gasene foi construído praticamente beirando a costa brasileira, em uma situação menos difícil aos trabalhadores e organizadores do empreendimento.

Dessa forma, foi considerado para a construção do GASODUTO S.A. o investimento de R\$ 3 MM R\$/km, numa extensão de 1000 km. Este investimento, portanto, totalizaria R\$ 3 bilhões, a serem gastos uniformemente ao longo dos cinco primeiros anos do empreendimento. Cabe ressaltar que estão considerados incluídos, nesse investimento, todas as etapas relativas a um empreendimento desse porte, como por exemplo:

- Obtenção de todo o licenciamento, junto aos mais diferentes órgãos da esfera federal, estadual e municipal (ex. licenciamento ambiental).
- Construção e instalação dos dutos.

- Ressarcimento dos proprietários das terras com a indenização pertinente à passagem dos dutos sobre suas propriedades
- Construção de estações de compressão e de entrega
- Provisão para gastos não previstos no empreendimento
- Dentre outros

A depreciação dos ativos envolvidos no projeto de investimento, foi considerada linear, ao longo de 20 anos.

A vida útil do projeto, para fins de estudo de viabilidade econômica, foi considerada em 30 anos.

O valor residual do projeto foi desconsiderado, uma vez que não seria economicamente viável desenterrar cerca de 1000 km de dutos para a revenda de seus componentes. Entretanto, em outros estudos, como o do projeto Urucu-Coari-Manaus, esse valor foi levado em consideração.

Os custos operacionais e de manutenção foram considerados em R\$ 5.000/(km.mês), o que totalizaria para o empreendimento R\$ 60 MM/ano. Estes custos começam a ser contabilizados a partir do primeiro ano de operação do gasoduto.

Os custos gerais e administrativos independem, praticamente, da extensão do duto. Nesse sentido, foi utilizado o valor de R\$ 20 MM/ano. Esses custos começam a ser contabilizados a partir do primeiro ano de operação do gasoduto.

5.1.4 Financiamento

O financiamento desse projeto de gasoduto fictício, dadas as suas características, será feito via *Project Finance*. Entretanto, somente uma parte do projeto será financiada, cabendo à empresa empreendedora o restante do investimento.

Naturalmente, a estrutura de *Project Finance* proposta será dada através da constituição de uma sociedade de propósito específico (SPE). Os riscos principais e os respectivos mecanismos de mitigação desses riscos estão expostos a seguir:

- Risco de utilização da capacidade instalada: por meio de um contrato de *Ship-or-pay* entre o transportador (empresa GASODUTO S.A.) e o carregador (empresa CARREGADORA S.A.) será estabelecido um valor mínimo de volume transportado diário de 18 MM m³/dia, que representa 90% da capacidade máxima do gasoduto. Esse valor é conhecido em

contratos dessa natureza como Quantidade Diária Contratada (QDC). Caso esse valor não seja consumido de fato, será depositada a receita referente a esse piso. Para tanto, será calculado o valor dessa opção de garantia de mínimo de receita, segundo os conceitos de opções reais. Esse contrato teria duração mínima de 20 anos, prorrogáveis por igual período. Este é o tempo usual para esse tipo de contrato, conforme ANP (2011). Os nomes fictícios das empresas citadas acima serão considerados neste modelo.

- Risco de completude: será estabelecida uma multa rescisória contratual entre a empresa empreendedora e a SPE. Entretanto, a modelagem do valor da opção de abandono do empreendimento não será realizada neste trabalho, dada a grande irreversibilidade de um projeto dessa natureza. Entretanto, o mesmo pode ser um aspecto abordado em um trabalho futuro sobre o tema.

Certamente, diversos outros riscos existentes são mitigados através de um arcabouço jurídico complexo, envolvendo a assinatura de diversos contratos.

Nesse caso, foi considerado que 70% do valor de investimento inicial do projeto seria financiado, sendo o desembolso constante e proporcional, durante o período de investimento do projeto. Ou seja, ao longo dos cinco primeiros anos dos projetos, haveria desembolsos anuais iguais a R\$ 600 MM.

A taxa de juros reais cobradas no financiamento foi de 8% a.a., com início de pagamento no primeiro ano de operação do projeto. O prazo de amortização considerado foi de 20 anos, por valores constantes. Dessa forma, fica claro que o modelo de pagamento utilizado foi o SAC – Sistema de Amortizações Constantes.

5.1.5 Fluxo de Caixa

O fluxo de caixa do estudo de caso é baseado na receita gerada, nos custos do projeto, nas taxas de juros acordadas, no prazo de financiamento, etc. Esse fluxo de caixa tenderá a ser alterado quando da entrada das opções, como a receita garantida. Ou seja, quando houver pagamento de verbas provenientes do contrato de *Ship-or-pay*, este será considerado em linha apropriada do fluxo. Desta forma, na tabela a seguir, apresenta-se a estrutura do fluxo de caixa utilizada no estudo de caso.

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	...
+ Receita GARANTIDA					
+ Receita "Natural"					
- ICMS+PINS+COFINS					
= Receita Líquida					
- Custos O&M					
- Custos G&A					
- Depreciação					
- Juros					
- IR					
= Lucro Líquido					
+ Depreciação					
- Amortização					
- Investimento					
= Fluxo de Caixa					

Tabela 10 - Fluxo de Caixa da modelagem

Os fluxos de caixa numéricos para algumas das situações mapeadas, no estudo de caso, estão disponíveis no Apêndice 8.3.

Algumas premissas adotadas foram:

- A alíquota de imposto de renda é de 34%, incidente sobre o lucro líquido, quando este for positivo.
- Para fins de cálculo do VPL, foi considerada como taxa de desconto a taxa livre de risco (r), uma vez que os valores do projeto (como receita e consumo) foram calculados segundo a modelagem neutra ao risco.
- A taxa livre de risco utilizada foi de 6% a.a.

5.2 Modelagem da opção de garantia por volume mínimo transportado

O estudo de caso em questão passa pela análise de opções reais, de forma a quantificar algumas decisões a serem tomadas pelos gestores do projeto. Primeiramente, faz-se uma análise do volume de gás transportado pelo gasoduto hipotético do caso. Na verdade, trata-se da garantia de uma receita mínima para o gasoduto, já que, através de um contrato de *Ship-or-pay*, modela-se que a empresa CARREGADORA S.A. vai custear, pelo menos, o valor estabelecido no contrato de gás natural, mesmo que o volume transportado real não chegue a esse piso. O limite superior, ou seja, o valor máximo a ser consumido é limitado pela

capacidade do gasoduto, que, para este modelo, será considerada de 20 MMm³/dia.

Como método de análise, será calculado o VPL do projeto com a opção de volume tranfegado mínimo, para diferentes tipos de contrato, e sem qualquer opção. Através da diferença entre esses valores, ter-se-á o valor da opção de garantia de tráfego. Para tanto, utilizar-se-á a modelagem analítica e também a simulação de Monte Carlo, ambas neutras ao risco, para o cálculo das variáveis estocásticas fundamentais à determinação do fluxo de caixa e, conseqüentemente, para o cálculo do VPL. Esse método de simulação, aplicado a variáveis estocásticas para o cálculo de opções reais, foi amplamente utilizado por diversos autores, como em Dias (2005), Blank (2008), Samanez & Costa (2011), Brandão e Saraiva (2007), Brandão et al (2012, dentre outros.

Muitos autores modelaram essa opção de garantia por um mínimo de tráfego, seja ele de que natureza for. A maioria dos trabalhos trata o tema como tráfego de veículos em rodovias, ou ainda, volume de pessoas em um meio de transporte como o metro. Entretanto, essa análise pode ser perfeitamente análoga ao volume transportado de gás natural por um gasoduto. Suas diferenças residem no fato de os mesmos contarem com modelos de parceria público-privadas (PPP) para viabilizar seu modelo de *Project Finance*, enquanto que a abordagem básica de *Project Finance* do projeto do gasoduto basear-se-á na assinatura de um contrato de *Ship-or-pay* entre o transportador e o carregador.

Assim, Brandão et al (2012), Blank(2008), Brandão e Saraiva (2007), Galera (2006) estão entre os trabalhos que modelaram garantias de tráfego mínimo, o que traria, portanto, uma receita mínima ao projeto. Para os casos em que o governo entraria como parceiro do projeto, nas conhecidas PPP, haveria ainda um repasse de verbas em caso de tráfego acima do esperado. Ou seja, a receita do projeto estaria limitada entre um mínimo garantido pelo governo e um máximo que, caso fosse ultrapassado, gerariam divisas para o Estado. Para a modelagem de um gasoduto, não há a possibilidade de o volume transportado diariamente exceder seu limite máximo de capacidade, valor muito próximo à QDC (quantidade diária contratada). Nesse sentido, este caso somente vai tratar da modelagem da garantia do piso de volume de gás natural transportado em um gasoduto.

A modelagem utilizada, neste trabalho, segue aquela utilizada por Galera (2006) e Blank (2008) que consideram parâmetros adicionais a uma receita de garantia. Esses parâmetros têm por finalidade não só analisar os diferentes tipos de contrato *Ship-or-pay* que poderiam ser realizados, mas também estimar seus respectivos valores contratuais para cada uma das combinações possíveis desses parâmetros.

Tais parâmetros são a_i que tem por objetivo ser um percentual que multiplica o QDC. O percentual deve ser menor ou igual a 100%. Para fins deste caso, serão analisadas as combinações com $a_1 = 100\%$, $a_2 = 90\%$ e $a_3 = 80\%$.

O outro parâmetro é b_j que tem por objetivo ser um percentual que multiplica a receita auferida pela garantia. O percentual deve ser menor ou igual a 100%. Para fins deste caso, serão analisadas as combinações com $b_1 = 100\%$, $b_2 = 90\%$ e $b_3 = 80\%$.

Assim, pode-se dizer que as opções de garantia por volume transportado mínimo, para cada ano de vigência do contrato, são modeladas segundo opções europeias de venda (*puts*), já que, para cada ano, compara-se o valor do volume real com o QDC. Quando o volume real trafegado for menor que o QDC, há um pagamento por parte do carregador para o transportador, compensando assim a ociosidade do duto em questão. Contratos como esse acabam por viabilizar econômica e financeiramente projetos desse porte. Caso fossem modelados os repasses de verbas por excedente de transporte, o que não faz muito sentido quando do estudo de um gasoduto, este seria modelado através de opções europeias de compra (*calls*).

Voltando ao estudo de caso em questão, a GASODUTO S.A. teria, portanto, 20 *puts* durante a vigência do contrato, uma para cada ano. O valor das garantias depende diretamente do tipo de quantificação feita: se analítica ou se simulada, conforme será visto a seguir.

Assim, pode-se dizer que o valor da Receita por garantia de volume transportado a cada período segue a fórmula:

$$RG_t = b_j \max(a_i QDC - W_t, 0) \cdot p.d. (1 - \tau)$$

Onde

- b_j = percentual da receita, estabelecida em contrato, que será repassada ao transportador.

- a_i = percentual da QDC estabelecido em contrato.
- QDC = quantidade diária contratada.
- p = tarifa de transporte do gás natural através do gasoduto.
- W_t = volume transportado de gás natural naquele determinado período.
- d = quantidade de dias relativos ao período considerado (365 para um ano).
- τ = alíquota de impostos federais e estaduais incidentes diretamente sobre a receita (ICMS, PIS, COFINS).

Segundo a análise de opções reais pode-se dizer ainda que:

- $a_i QDC$ = preço de exercício
- $b_j \max(a_i QDC - W_t, 0)$ = payoff em volume transportado
- $b_j \max(a_i QDC - W_t, 0) \cdot p \cdot d \cdot (1 - \tau)$ = payoff em receita = RG_t

Com isso, é possível perceber que serão realizadas, basicamente, 10 análises em cada uma das duas abordagens (analítica e por simulação):

1. Projeto sem opção
2. Projeto com a opção: $a_1 = 100\%$ e $b_1 = 100\%$
3. Projeto com a opção: $a_1 = 100\%$ e $b_2 = 90\%$
4. Projeto com a opção: $a_1 = 100\%$ e $b_3 = 80\%$
5. Projeto com a opção: $a_2 = 90\%$ e $b_1 = 100\%$
6. Projeto com a opção: $a_2 = 90\%$ e $b_2 = 90\%$
7. Projeto com a opção: $a_2 = 90\%$ e $b_3 = 80\%$
8. Projeto com a opção: $a_3 = 80\%$ e $b_1 = 100\%$
9. Projeto com a opção: $a_3 = 80\%$ e $b_2 = 90\%$
10. Projeto com a opção: $a_3 = 80\%$ e $b_3 = 80\%$

5.2.1 Modelagem analítica

Conforme já explicitado na seção 3.4.1, o valor de uma opção pode ser obtido de forma analítica pela fórmula de Black, Scholes e Merton (1973). A dedução formal dessa fórmula é explicitada no Apêndice 8.1. Entretanto, sua aplicabilidade para modelos de opção de garantia por volume transportado, foi

modelada por um Movimento Geométrico Browniano, em outro contexto, por Galera (2006) e Blank (2008).

Dessa forma, pode-se mostrar que a equação diferencial parcial neutro ao risco para um derivativo F de um volume W que siga um MGB é:

$$\frac{1}{2} \frac{\partial^2 F_i}{\partial W^2} \sigma^2 W^2 + (\alpha - \lambda \sigma) W \frac{\partial F_i}{\partial W} + \frac{\partial F_i}{\partial t} - r F_i = 0$$

Segundo Galera (2006), o valor da receita garantida para um determinado período, considerando a put de garantia de volume transportado mínimo, tendo como condição de contorno o payoff de receita em cada vencimento t e modelagem ij, é de:

$$RG_{ijt} = b_j [a_i QDC e^{-rt} N(-d_2) - W_0 e^{(\alpha - \lambda \sigma - r)t} N(-d_1)] \cdot p.d. (1 - \tau)$$

Onde:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{W_0}{a_i QDC}\right) + \left(\alpha - \lambda \sigma + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma \sqrt{t}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{W_0}{a_i QDC}\right) + \left(\alpha - \lambda \sigma - \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma \sqrt{t}}$$

Ou ainda, unindo os termos:

$$RG_{ijt} = b_j [a_i QDC e^{-rt} N\left(-\frac{\ln\left(\frac{W_0}{a_i QDC}\right) + \left(\alpha - \lambda \sigma - \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma \sqrt{t}}\right) - W_0 e^{(\alpha - \lambda \sigma - r)t} N\left(-\frac{\ln\left(\frac{W_0}{a_i QDC}\right) + \left(\alpha - \lambda \sigma + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma \sqrt{t}}\right)] \cdot p.d. (1 - \tau)$$

Assim, tem-se que o valor da garantia por volume transportado mínimo, em cada uma das ij análises no momento $t=0$, é dado pelo somatório das receitas garantidas de cada ano do contrato vigente. Ou seja, trata-se do somatório de 20 *puts*, uma de cada ano conforme a equação:

$$\text{Valor da Opção de Garantias } ij = VOG_{ij} = \sum_{t=5}^{24} RG_{ijt}$$

O valor de t para as garantias inicia em $t=5$, pois é quando o gasoduto entra em operação, após os primeiros anos de investimento.

Esse valor foi calculado, segundo um somatório, em função da discretização temporal feita neste trabalho. Entretanto, para modelos contínuos, conforme Brandão et al. (2012), deve-se lançar mão da integral:

$$\text{Valor da Opção de Garantias } ij = VOG_{ij} = \int_{t=5}^{24} RG_{ijt} dt$$

Este valor da opção de garantia deve ser analisado isoladamente, independentemente do valor do VPL do projeto. Isso, pois, seria um erro adicionar esse valor ao “VPL sem a opção”, uma vez que, como toda receita, a Receita de Garantia deve “sofrer” o pagamento de impostos. Para tanto, lançar-se-á mão da Simulação de Monte Carlo, mais adequada para o cálculo do real valor adicionado ao VPL de um projeto que contenha opções embutidas. Assim, pela subtração do valor com VPL com e sem a opção, obter-se-á o valor da opção, conforme explicitado na seção seguinte.

5.2.2 Modelagem por Simulação de Monte Carlo

Além da modelagem analítica do valor das opções, podem-se também calcular esses valores por métodos numéricos, como a simulação de Monte Carlo. Um ponto positivo desse método é a flexibilidade que este proporciona, já que pode ser utilizado para qualquer que seja o processo estocástico, desde que o mesmo seja passível de ser discretizado.

Conforme exposto no último parágrafo da seção anterior, o valor da opção pode ser estimado de mais de uma forma. Sendo o *payoff* de uma opção europeia, a despeito de W que expire em T , dado por $F(W_T, T)$, a forma tradicional para

valoração de um conjunto de opções em $t=0$ mostrado pela simulação de Monte Carlo, segundo McDonald (2006), é dado pela equação:

$$F(W_0, 0) = \frac{1}{n} e^{-rt} \sum_{i=1}^n F(W_T^i, T)$$

Onde:

- n = número de simulações
- W_T^i = são os i possíveis valores de W no instante T

Entretanto, neste trabalho, será utilizada a metodologia difundida por Trigeorgis (1996) de VPL expandido. Essa metodologia também pode ser encontrada em diversas publicações como as de Dias (2011), Blank (2008), Brandão et al.(2012). O conceito de VPL expandido é simples: O valor da opção, ou do somatório de opções, é dado pela simples diferença entre o VPL do projeto com as opções e o VPL do projeto sem as opções.

$$\begin{aligned} \text{Valor da Opção de Garantias } ij &= VOG_{ij} \\ &= VPL \text{ com opção}_{ij} - VPL \text{ sem opção} \end{aligned}$$

Para o cálculo do VPL com a opção, adicionar-se-á ao fluxo de caixa do projeto, a chamada “Receita GARANTIDA”, que trata dos valores recebidos em função do contrato de *Ship-or-pay*. Já para o caso do VPL sem a opção, a citada linha do fluxo de caixa permanecerá com todos os valores iguais a zero.

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	...
+ Receita GARANTIDA					
+ Receita "Natural"					
- ICMS+PINS+COFINS					
= Receita Líquida					
- Custos O&M					
- Custos G&A					
- Depreciação					
- Juros					
- IR					
= Lucro Líquido					
+ Depreciação					
- Amortização					
- Investimento					
= Fluxo de Caixa					

Tabela 11 - Fluxo de caixa com destaque para receita garantida

Essa metodologia garante, ainda que as deduções fiscais sejam realizadas, assim como todos os demais cálculos dependentes da receita bruta arrecadada. Ou seja, garante, inclusive, que, para períodos em que o LAIR (Lucro antes do Imposto de Renda) seja negativo, a incidência de imposto de renda seja nula. Essas nuances não são captadas no método proposto por McDonald (2006), tornando o método do VPL expandido de Trigeorgis (1996) mais adequado a este caso.

5.3 Resultados da modelagem

Nesta seção, são apresentados os resultados das metodologias de modelagem, previamente descritas para o cálculo do valor das garantias: Analítica e simulação de Monte Carlo. Além disso, são apresentados também resultados complementares da simulação de Monte Carlo neutra ao risco, como o cálculo de indicadores econômicos (VPL e TIR, por exemplo) e análises de sensibilidade frente aos diversos parâmetros apresentados no modelo.

Ressalta-se, ainda, que todas as modelagens realizadas consideraram o princípio da neutralidade ao risco, tendo assim como taxa de desconto a taxa livre de risco (“risk free”). Outra consideração importante é que todas as modelagens consideraram, como limite máximo de volume transportado de gás, a capacidade

supracitada do gasoduto, não sendo, em nenhum momento, considerada a possibilidade de ultrapassar essa capacidade.

5.3.1 Modelagem analítica

Para fins da modelagem analítica do valor da opção de garantia (VOG), foram consideradas as 20 opções de venda (ou *puts*), conforme as equações explicitadas na seção 5.2.1. Ou seja, para cada período em que o volume transportado de gás no gasoduto não atingisse os valores estabelecidos em contrato (QDC), seria repassada uma verba de acordo com os parâmetros estabelecidos na cláusula de *Ship-or-pay*. Assim, a cada ano, existiria um montante referente à Receita Garantida, naquele determinado período. O valor da garantia se daria pelo somatório dos valores de receitas garantidas ao longo do contrato.

Para fins da modelagem analítica, independe-se completamente dos valores aleatórios a serem considerados apenas na simulação de Monte Carlo. Nesta modelagem, considera-se o VOG como função apenas de:

$$VOG_{ij} = f(b_j, a_i, QDC, r, t, W_0, \alpha, \lambda, \sigma, p, d, \tau)$$

Em outras palavras, pode-se dizer que haverá nove valores diferentes de VOG no caso analítico, um para cada combinação de “a” e “b” do modelo. Neste modelo, considerou-se que os valores de “a” e “b” podem assumir os valores 100%, 90% e 80%.

Dessa forma, apresentam-se os seguintes resultados:

Percentual da receita repassado ao transportador (b_j)					
		80%	90%	100%	
Percentual do volume contratado (a_i)	80%	1.295.042.989,58	1.456.923.363,27	1.618.803.736,97	
	90%	1.751.534.654,79	1.970.476.486,64	2.189.418.318,49	
	100%	2.249.002.923,80	2.530.128.289,28	2.811.253.654,75	

Tabela 12 - Valor da Opção de Garantia - Método Analítico

Estes valores graficamente podem ser expostos como:

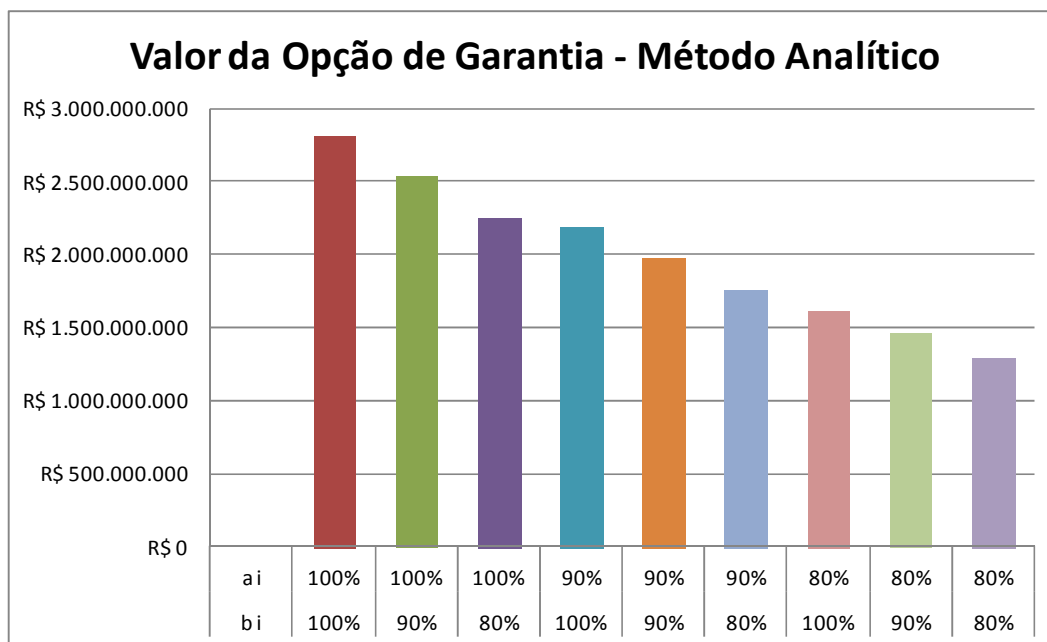


Figura 17 - Valor da Opção de Garantia - Método Analítico (i)

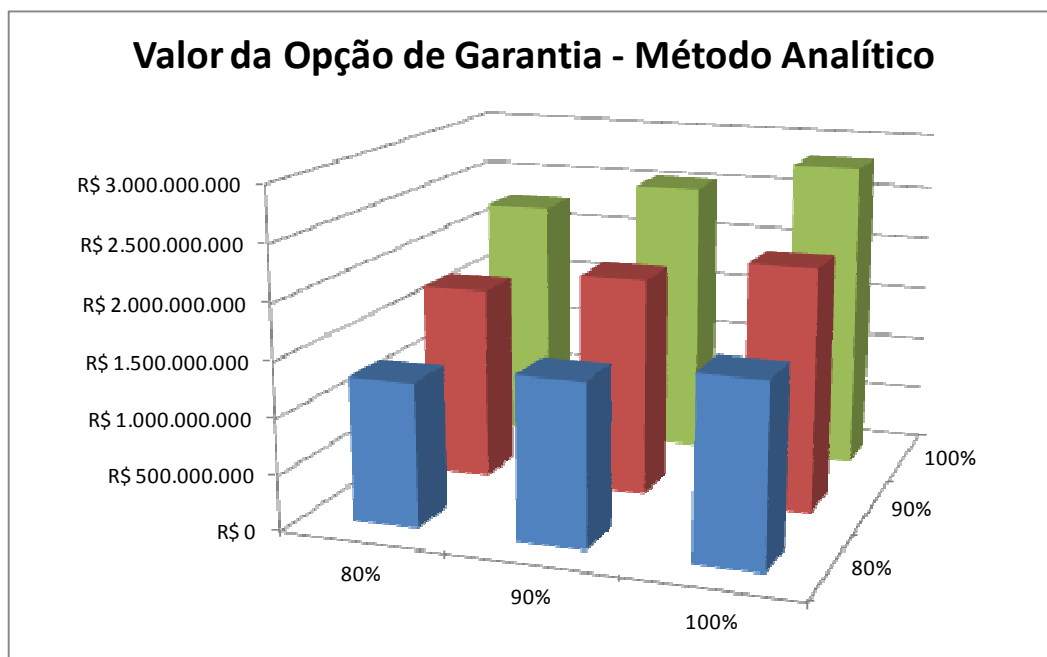


Figura 18 - Valor da Opção de Garantia - Método Analítico (ii)

Pela análise gráfica, torna-se nítido que quanto maiores forem os percentuais do volume contratado (a_i) e os percentuais da receita repassados ao transportador (b_j), maiores serão os valores das receitas garantidas a cada período.

Consequentemente, maior ainda será o valor da opção de garantia para cada um dos casos analisados.

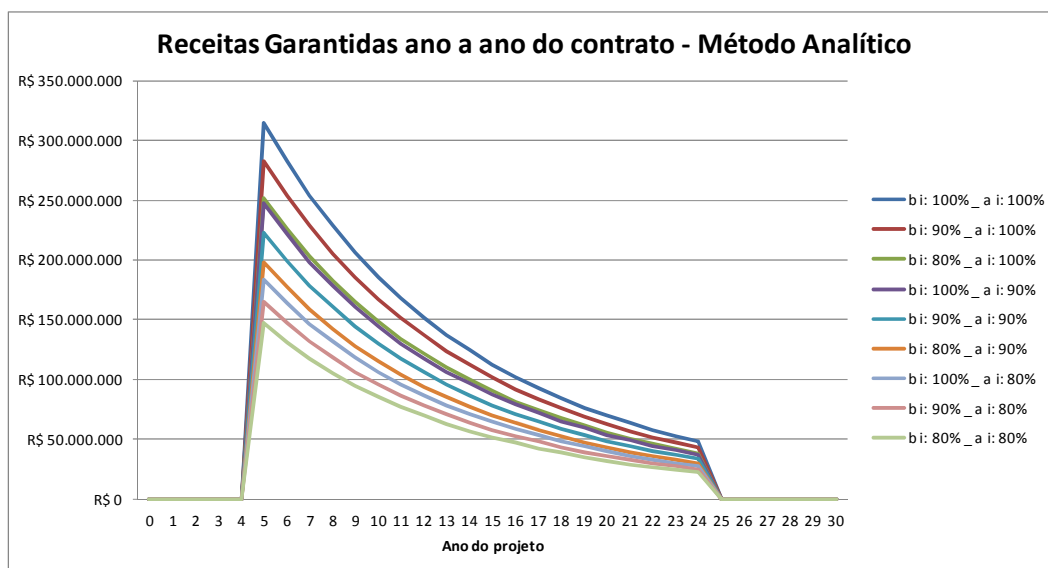


Figura 19 - Receitas Garantidas ano a ano do contrato - Método Analítico

O gráfico acima mostra o valor da receita garantida, a cada ano de contrato, para cada uma das nove combinações de “a” e “b” possíveis. Pode-se observar que esse valor decresce com o tempo, uma vez que, teoricamente, o volume transportado de gás esperado vai aumentando, conforme um movimento geométrico browniano neutro ao risco. Além disso, é possível observar que as receitas surgem apenas entre o ano 5 e o ano 24, período no qual estará vigente o contrato de *Ship-or-pay*. Os valores detalhados das receitas garantidas, ano a ano, do contrato podem ser observadas no Apêndice 8.3.1.

5.3.2 Modelagem por Simulação de Monte Carlo

A Simulação de Monte Carlo, utilizada neste modelo, lança mão das diferentes equações mostradas durante todo este capítulo. Através da utilização de um software de simulação chamado @Risk, conteúdo do pacote Palisade Decisions Tools, é possível estimar diferentes valores para o valor do erro aleatório $\varepsilon \sim N(0,1)$. Para cada valor do erro estimado ter-se-á, consequentemente, um valor para o volume transportado de gás naquele período, um valor para a o volume garantido por meio de contrato e, consequentemente, um valor diferente

de “Receita Garantida”. O conjunto de valores estimados, ao longo dos 30 anos de vida útil do gasoduto, forma os valores pertencentes a cada interação simulada. Cada interação contém um Fluxo de Caixa diferente e, conseqüentemente, um VPL diferente.

Nesse caso, serão feitas 5.000 interações para cada uma das dez possibilidades existentes: para o projeto sem opção e para cada uma das nove combinações de “a” e “b” do projeto com a opção de garantia.

5.3.2.1 Projeto sem opção

O projeto, sem a presença de opções, apresentou um VPL esperado de R\$ 287.793.300,00, ou seja, da ordem de R\$ 300 milhões. Além disso, mostrou também um grande desvio padrão de R\$ 1.594.524.000,00, ou seja, da ordem de R\$ 1,6 bilhões, o que significa ser o projeto, sem qualquer tipo de garantia, extremamente arriscado, além de fornecer um baixo retorno sobre o investimento. Isso, já que foram investidos cerca de R\$ 3 bilhões, e o projeto apresenta como VPL somente 10% do valor do investimento.

Tais afirmações podem ser observadas através dos histogramas de VPL e TIR abaixo:

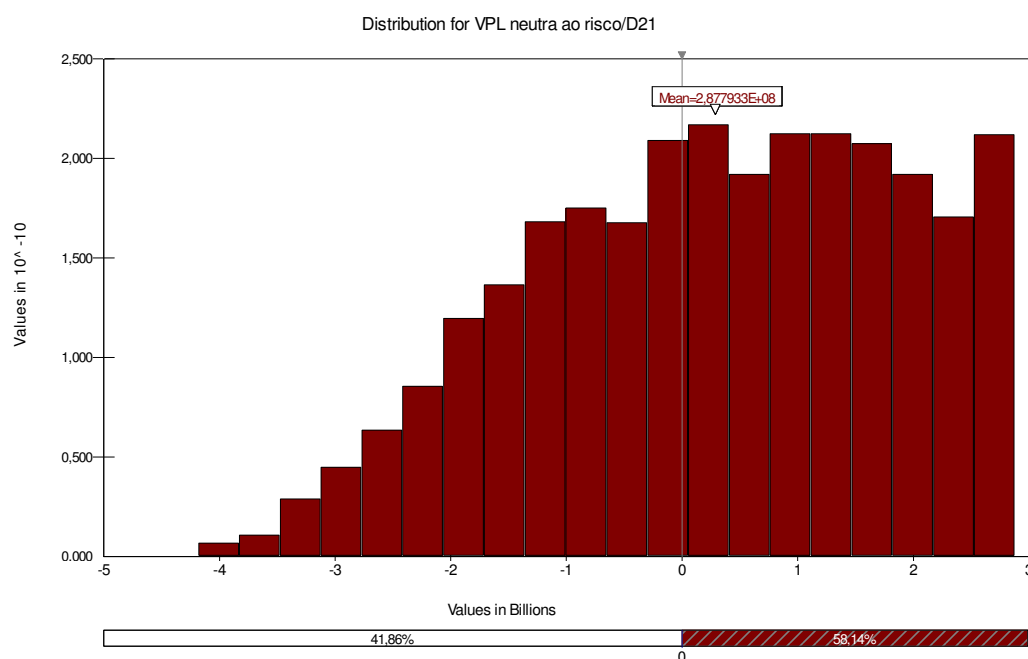


Figura 20 - Histograma do VPL do Projeto sem opção

No histograma acima, pode-se perceber que existe 41,86% de probabilidade do VPL ser negativo. Ou seja, trata-se de um projeto bastante arriscado, que, para se tornar atrativo a investidores, precisa de uma grande amarração jurídica. Esta pode ser feita com um conjunto de contratos, como por exemplo, um contrato de *Ship-or-pay*, constante em um modelo de financiamento do tipo *Project Finance*. Nesse sentido, mostrar-se-á a seguir um estudo com essa opção de volume mínimo de transporte garantido.

A distribuição da curva de VPL segue uma lognormalidade com um acúmulo de valores, no máximo, resultantes da limitação de capacidade do gasoduto. Ou seja, quando o valor calculado para o fluxo em um determinado ponto ultrapassar a capacidade, o próprio modelo atribui como valor. Por isso, o acúmulo de valores no canto direito do gráfico.

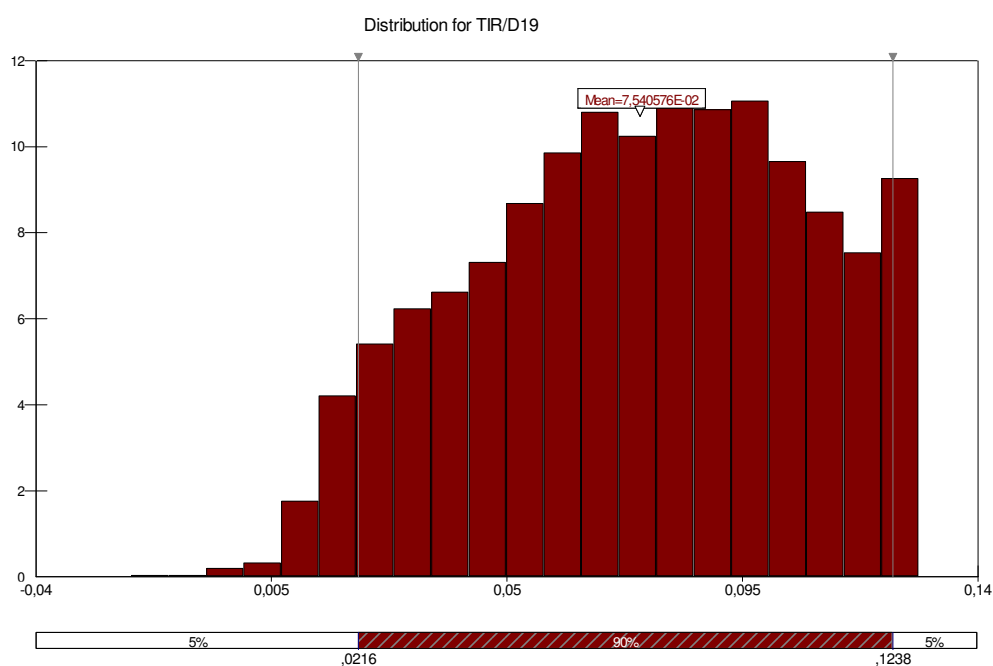


Figura 21 - Histograma da TIR do Projeto sem opção

E também pelos gráficos de sumários do volume transportado de gás e da receita abaixo:

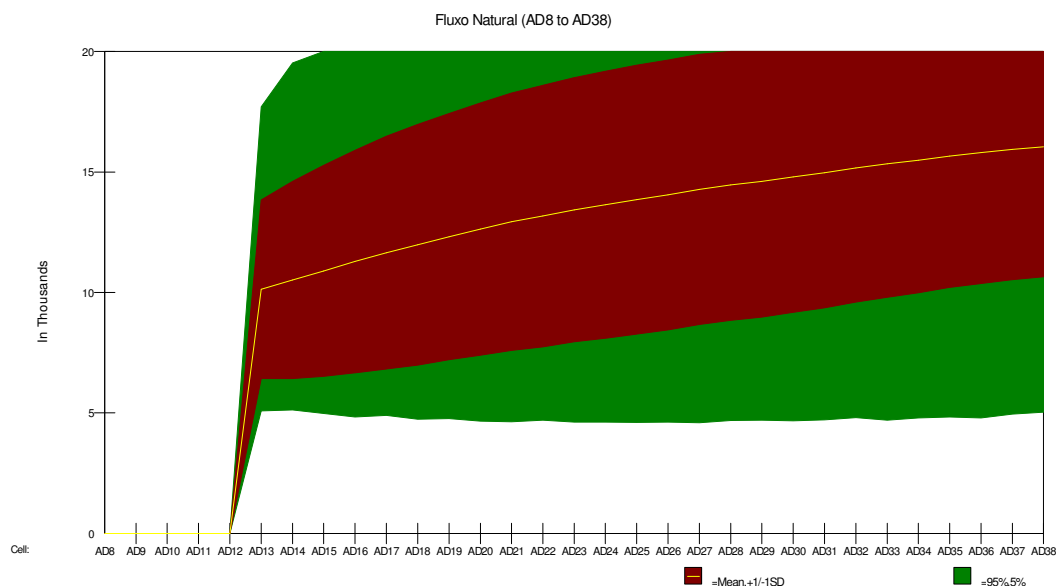


Figura 22 - Volume de gás transportado - Projeto sem opção

Conforme já citado anteriormente, o volume de gás transportado pelo modelo esbarra em seu limite superior, sendo este definido como a capacidade de transporte diário de gás. Nesse modelo, foi considerado para tal valor 20 MM m³/dia.

A linha amarela apresenta a média do volume de gás transportado ao longo da vida útil do projeto. Já a área marrom representa a área com um desvio padrão para cima e para baixo da média. A área verde representa a área com dois desvios padrões para cima e para baixo. A mesma análise pode ser feita para a Receita do projeto, obtida conforme gráfico abaixo.

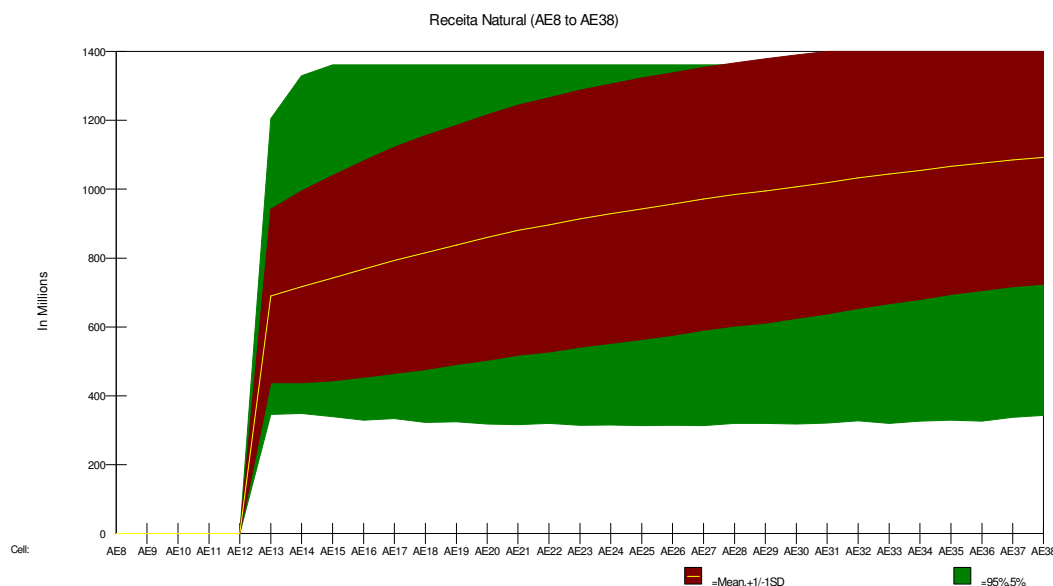


Figura 23 - Receita - Projeto sem opção

5.3.2.2 Projeto com opção

Conforme citado anteriormente neste capítulo, foram modeladas nove diferentes alternativas de opção para o volume mínimo transportado. Primeiramente, nesta seção será mostrado, como exemplo, o comportamento de um projeto com opção. Mostrar-se-ão os gráficos do projeto assim como o Valor da Opção de Garantia (VOG). Em seguida, serão feitas duas análises comparativas: a primeira entre os nove diferentes projetos modelados (com as diferentes combinações de “a” e “b”) e, posteriormente, entre o método de modelagem Analítico e o de Simulação de Monte Carlo.

Exemplo: Projeto com opção $a_1=100\%$ e $b_1=100\%$

O projeto com as melhores condições de opção ($a_1=100\%$ e $b_1=100\%$) apresentou um VPL esperado de R\$ 2.198.547.000,00, ou seja, da ordem de R\$ 2,2 bilhões. Além disso, mostrou também um desvio padrão de R\$ 357.006.000,00, ou seja, da ordem de R\$ 360 milhões. Isso significa que o projeto, com garantia completa, é bem menos arriscado, se comparado ao caso sem opções, além de fornecer um bom VPL esperado. Se descontado o valor do VPL do caso sem opção, tem-se que o Valor da Opção de Garantia (VOG), para este caso, é de R\$ 1.910.753.700,00, ou seja, da ordem de R\$ 1,9 bilhões.

(+)	VPL médio	2.198.547.000,00
(-)	VPL sem opção	287.793.300,00
(=)	VOG (i=1;j=1)	1.910.753.700,00
	<i>Desvio Padrão (VPL)</i>	<i>357.006.000,00</i>
	<i>TIR médio</i>	<i>11,492%</i>

Tabela 13 - Quadro resumo dos resultados: Projeto com opção $a_1=100\%$ e $b_1=100\%$

Estas afirmações podem ser observadas pelos histogramas de VPL e TIR abaixo:

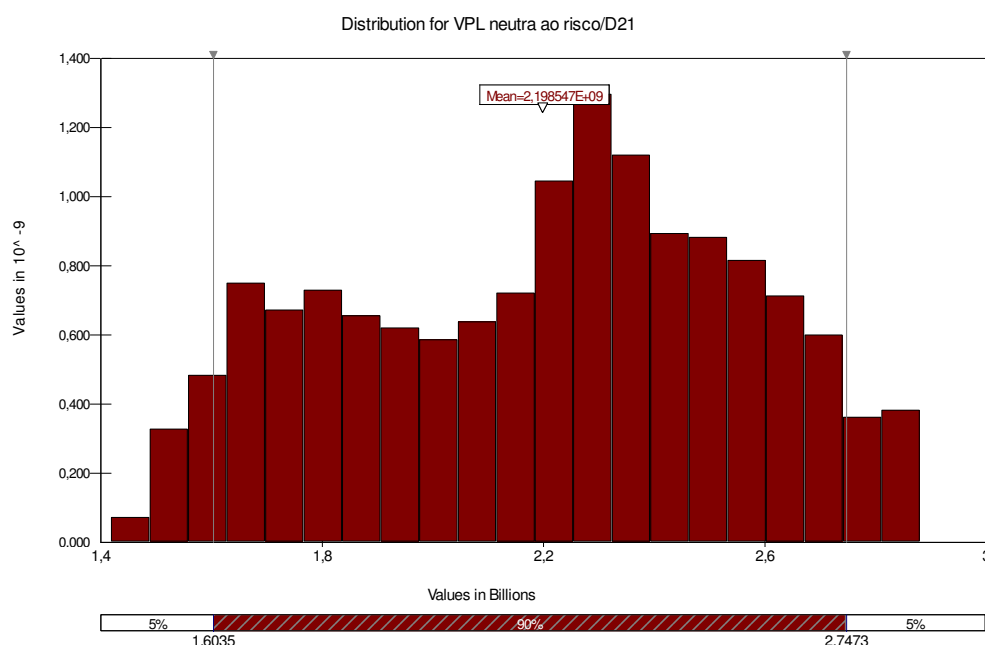


Figura 24 - Histograma de VPL: Projeto com opção $a_1=100\%$ e $b_1=100\%$

Pode-se observar, através do histograma, que existe cerca de 90% de probabilidade de um projeto desta natureza ficar com o VPL entre R\$ 1,6 bilhão e R\$ 2,7 bilhão. Isso confere ao projeto uma grande atratividade. Dessa forma, mostra-se que o contrato com a cláusula de *Ship-or-pay* é de grande valia para projetos dessa natureza. Toda a análise está sendo feita sob o ponto de vista do Transportador. Entretanto, para o carregador, esse contrato também é de extremo interesse pois garante a disponibilidade da infraestrutura de transporte de gás, e

consequentemente, garante a escoação da produção de campos petrolíferos, principalmente de gases associados.

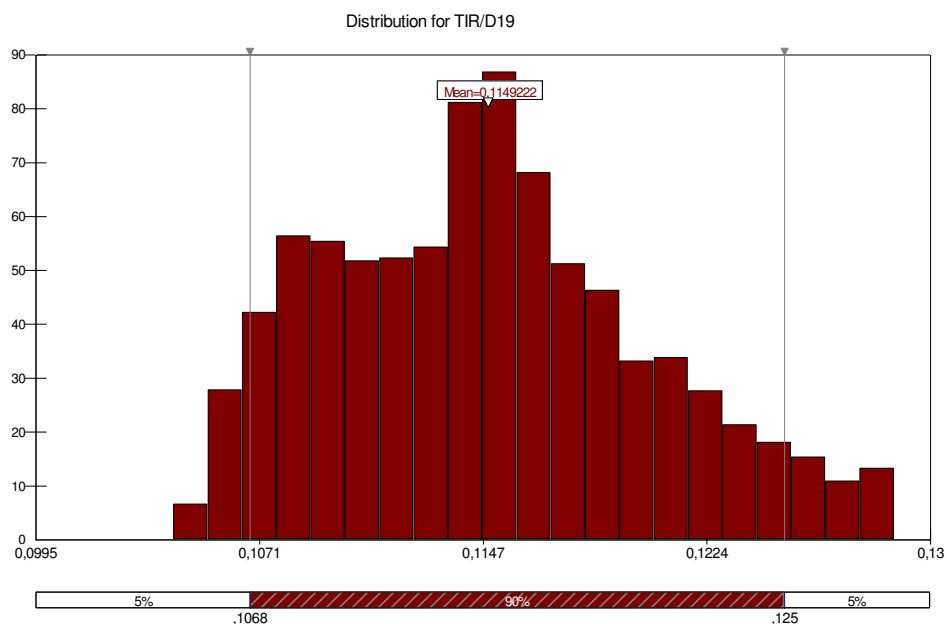


Figura 25 - Histograma de TIR: Projeto com opção $a_1 = 100\%$ e $b_1 = 100\%$

Pode-se observar, também, o comportamento do fluxo natural de gás e sua receita diretamente relacionada.

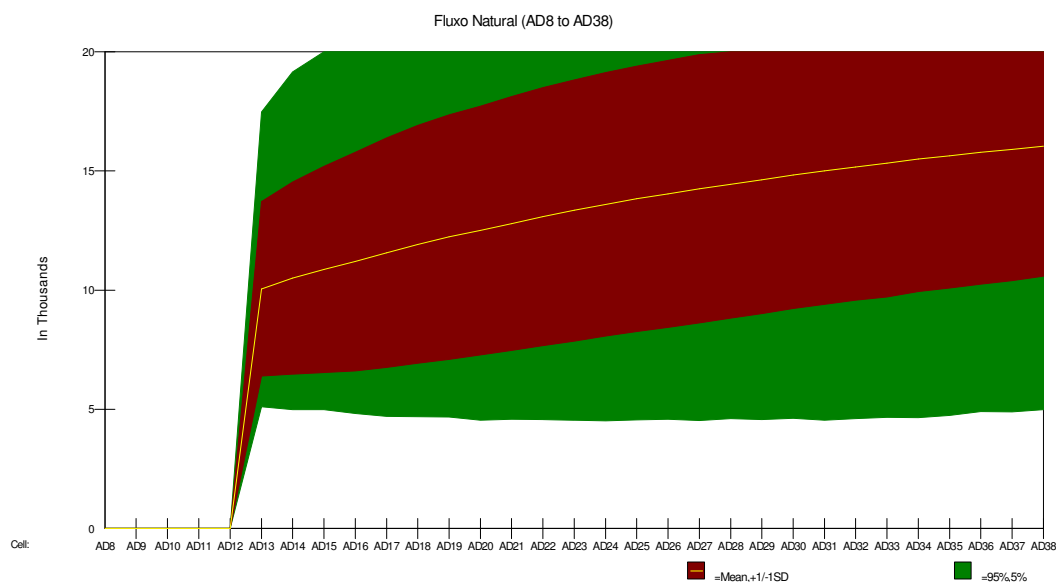


Figura 26 - Fluxo natural: Projeto com opção $a_1 = 100\%$ e $b_1 = 100\%$

Ou seja, a Receita, pelo fluxo natural, é a receita proveniente do transporte real de gás dentro do gasoduto ao longo do tempo, desconsiderando garantias etc.

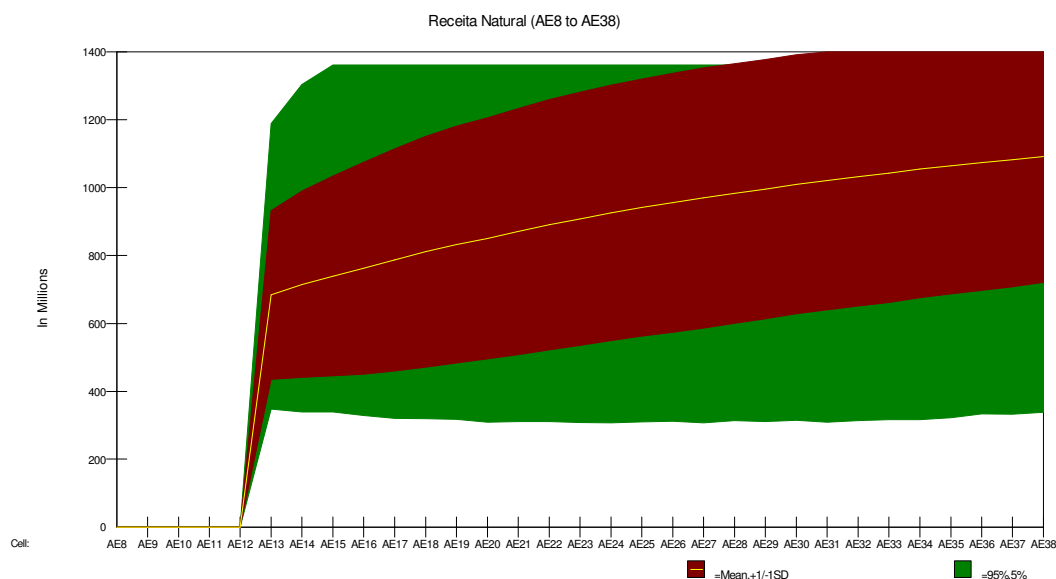


Figura 27 – Receita pelo fluxo natural: Projeto com opção $a_1 = 100\%$ e $b_1 = 100\%$

Entretanto, pelo contrato de *Ship-or-pay*, garante-se uma receita extra, ou aqui chamada de “Receita Garantida”, proveniente de um fluxo fictício garantido por contrato. Ou seja, quando o valor contratado não atinge a QDC (Quantidade Diária Contratada), não havendo, portanto, o “ship”, o carregador deve arcar com a diferença, aqui chamada de “Fluxo Garantido”, já convertido para valores financeiros, havendo, portanto, o “pay”. Este “pay” é chamado de “Receita Garantida”.

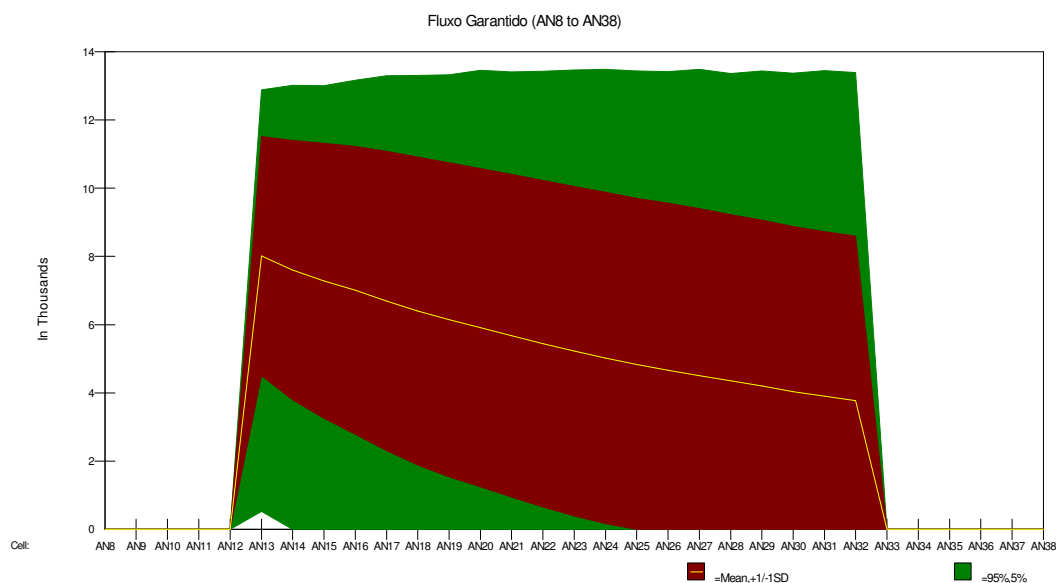


Figura 28 - Fluxo garantido: Projeto com opção $\alpha_1 = 100\%$ e $b_1 = 100\%$

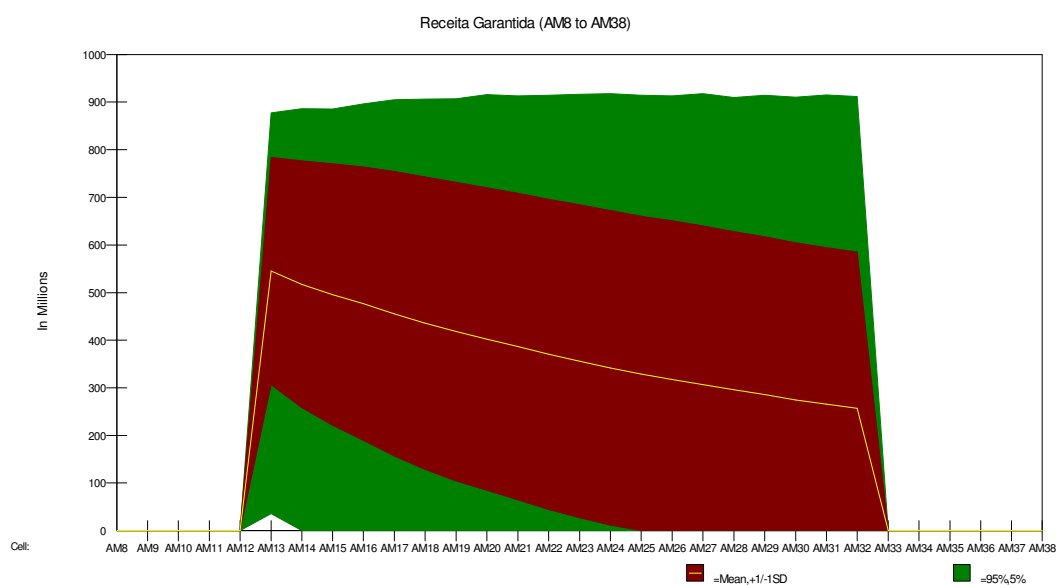


Figura 29 – Receita pelo fluxo garantido: Projeto com opção $\alpha_1 = 100\%$ e $b_1 = 100\%$

Adicionalmente a esta análise, pode-se analisar o fluxo de caixa do projeto. Observa-se que, durante a vigência do contrato (20 anos) de *Ship-or-pay*, a volatilidade do fluxo de caixa projeto é bem reduzida. Ou seja, o risco do projeto é pequeno. Entretanto, quando o contrato é encerrado, a volatilidade do fluxo de caixa é diretamente afetada, o que impacta diretamente no risco do projeto. Isso é bem nítido pelo gráfico abaixo.

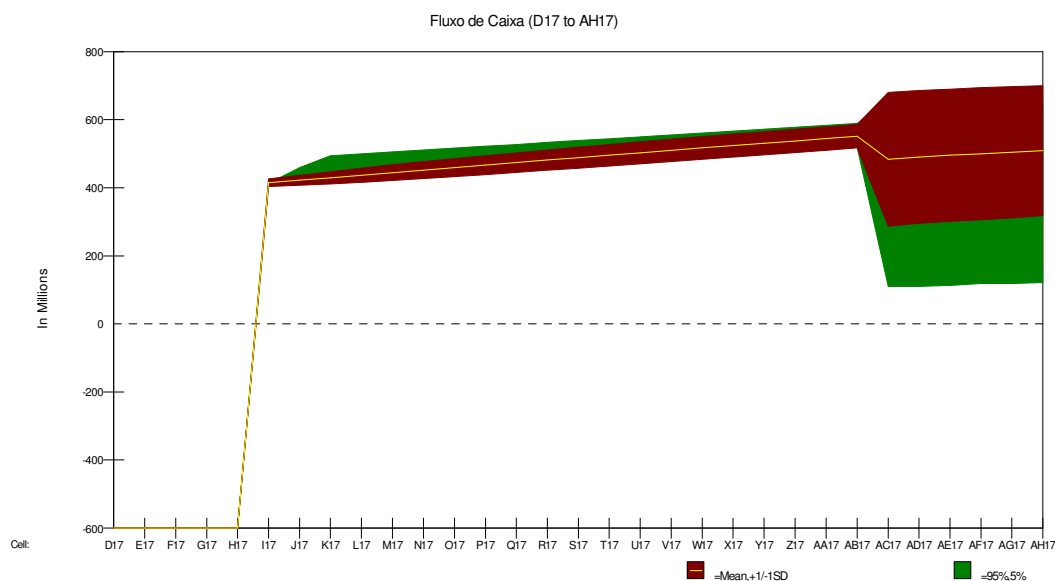


Figura 30 – Fluxo de Caixa: Projeto com opção $a_1 = 100\%$ e $b_1 = 100\%$

Análise comparativa: Valor da Opção de Garantia

Conforme explicitado na seção 5.2.2, o valor da opção de garantia é calculado através da fórmula:

$$VOG_{ij} = VPL \text{ com opção}_{ij} - VPL \text{ sem opção}$$

Em outras palavras, pode-se dizer que se terão nove valores diferentes de VOG no caso analítico, um para cada combinação de “a” e “b” do modelo. Neste modelo, considerou-se que os valores de “a” e “b” podem assumir os valores 100%, 90% e 80%.

Dessa forma, apresentam-se os seguintes resultados:

Percentual da receita repassado ao transportador (b_j)				
		80%	90%	100%
Percentual do volume contratado (a_i)	80%	882.273.700,00	999.137.700,00	1.109.215.700,00
	90%	1.196.625.700,00	1.330.655.700,00	1.489.438.700,00
	100%	1.541.523.700,00	1.721.659.700,00	1.910.753.700,00

Tabela 14 - Valor da Opção de Garantia - Método de Simulação de Monte Carlo

Estes valores graficamente podem ser expostos como:

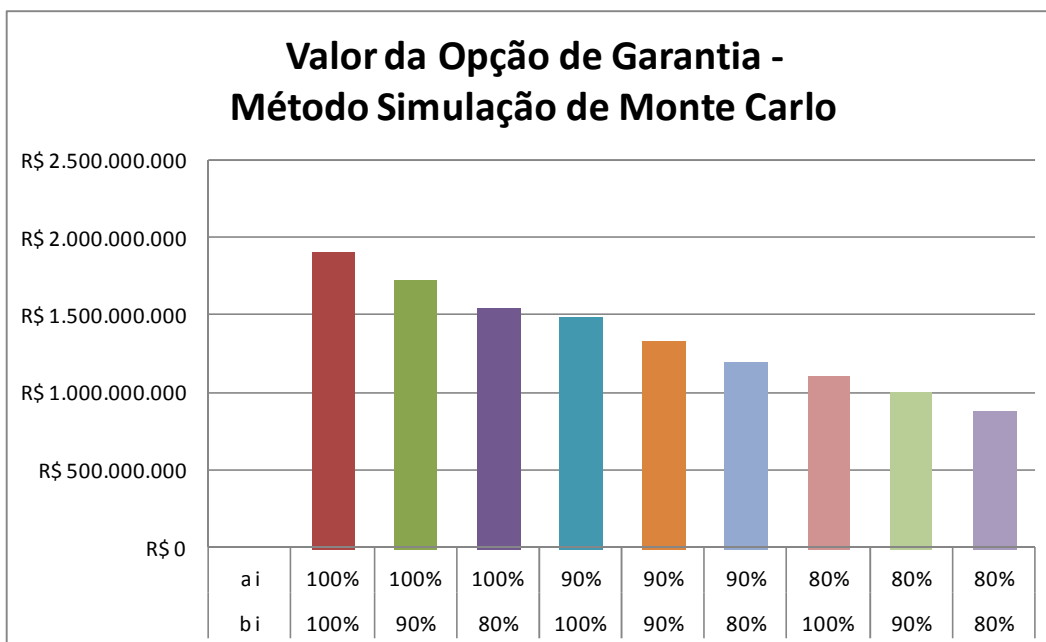


Figura 31- Valor da Opção de Garantia - Método de Simulação de Monte Carlo (i)

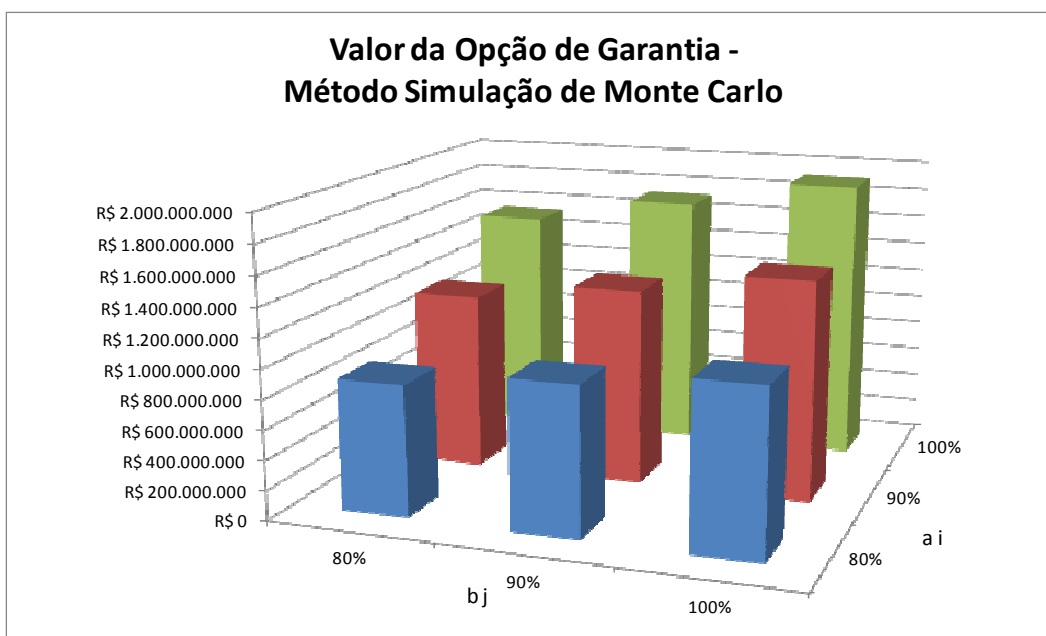


Figura 32 - Valor da Opção de Garantia - Método de Simulação de Monte Carlo (ii)

Pela análise gráfica, torna-se nítido que quanto maiores forem os percentuais do volume contratado (a_i) e os percentuais da receita repassados ao transportador (b_j), maiores serão os valores das receitas garantidas a cada período.

Consequentemente, maior ainda será o valor da opção de garantia, para cada um dos casos analisados.

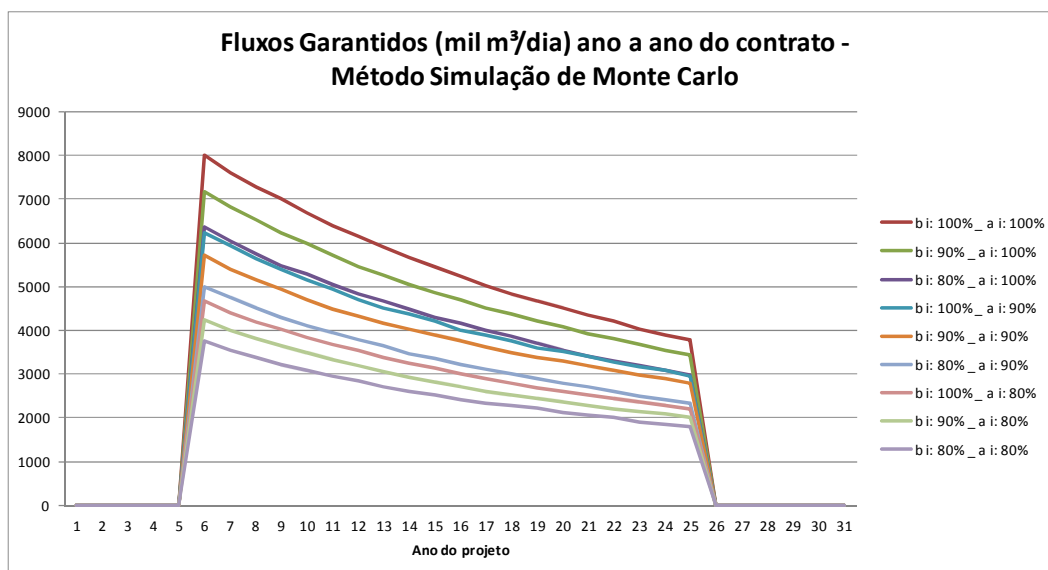


Figura 33 - Fluxos Garantidos (mil m³/dia) ano a ano do contrato – Método Simulação de Monte Carlo

O gráfico acima mostra o valor dos fluxos fictícios garantidos, receita garantida, a cada ano de contrato, para cada uma das nove combinações de “a” e “b” possíveis. Pode-se observar que esse valor decresce com o tempo, uma vez que, teoricamente, o volume transportado de gás esperado vai aumentando, conforme um movimento geométrico browniano neutro ao risco. Além disso, é possível observar que as fluxos surgem apenas entre o ano 5 e o ano 24, período no qual estará vigente o contrato de *Ship-or-pay*. Os valores detalhados das receitas garantidas, ano a ano do contrato, podem ser observados no Apêndice 8.5.11.

5.3.2.3 Indicadores básicos

Uma análise comparativa também pode ser realizada entre os diferentes formatos de garantia, quando o tema são indicadores econômicos básicos. Para cada formato de garantia e também para o caso sem garantia, foram comparados os valores obtidos pelo VPL, Desvio Padrão do VPL (indicador de risco do projeto) e também pela TIR.

De acordo com a modelagem elaborada, não houve qualquer troca de sinal do fluxo de caixa, o que permitiu a obtenção de TIR para todos os tipos de garantias. O Desvio padrão do VPL do projeto é um fator indicativo de risco. Quanto maior for esse desvio padrão, mais arriscado é o projeto. Ou seja, um decisor racional irá sempre decidir por maximizar o valor do VPL e minimizar o valor de seu desvio padrão (risco).

A seguir, seguem os quadros resumos, assim como os gráficos comparativos para cada um dos três indicadores calculados.

VPL – Valor Presente Líquido

		Percentual da receita repassado ao transportador (b_j)			
		Sem opção	80%	90%	100%
Percentual do volume contratado (a_i)	Sem opção	287.793.300			
	80%		1.170.067.000	1.286.931.000	1.397.009.000
	90%		1.484.419.000	1.618.449.000	1.777.232.000
	100%		1.829.317.000	2.009.453.000	2.198.547.000

Tabela 15 – Análise comparativa do VPL dos casos com e sem opção

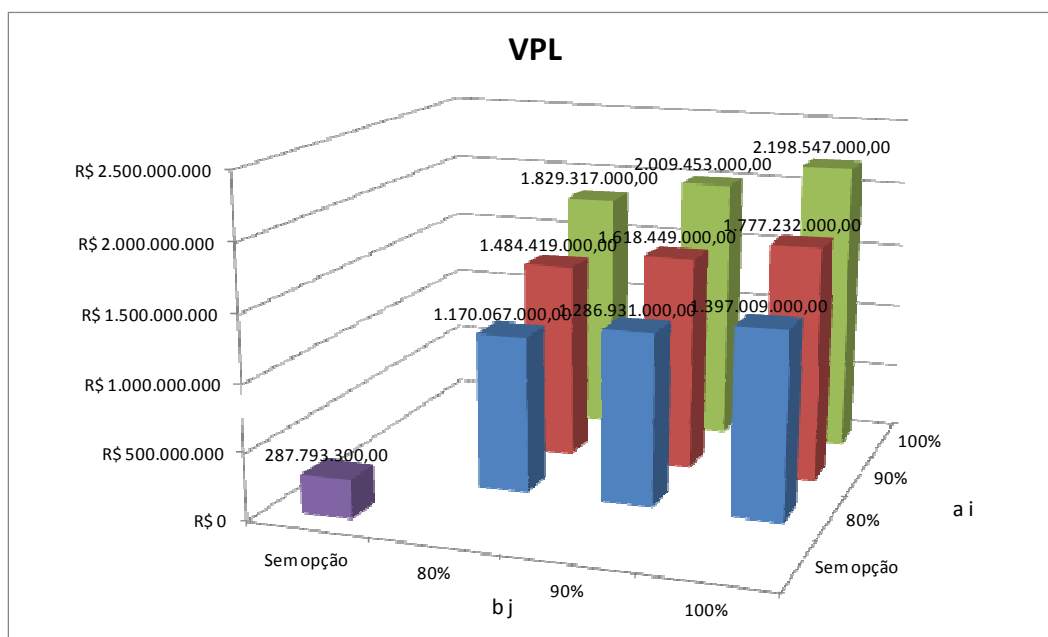


Figura 34 - Análise comparativa do VPL dos casos com e sem opção

Pelos gráficos apresentados, pode-se perceber o enorme valor existente na opção de garantia. Quando subtraído do valor do projeto sem opção, obtém-se o valor da garantia, calculado através da Simulação de Monte Carlo.

Desvio padrão do VPL

		Percentual da receita repassado ao transportador (b_j)			
		Sem Opção	80%	90%	100%
Percentual do volume contratado (a_i)	Sem Opção	1.594.524.000			
	80%		855.693.200	782.950.800	691.527.600
	90%		707.781.800	616.464.900	513.790.200
	100%		579.872.000	473.677.400	357.006.000

Tabela 16 - Análise comparativa do Desvio Padrão do VPL dos casos com e sem opção

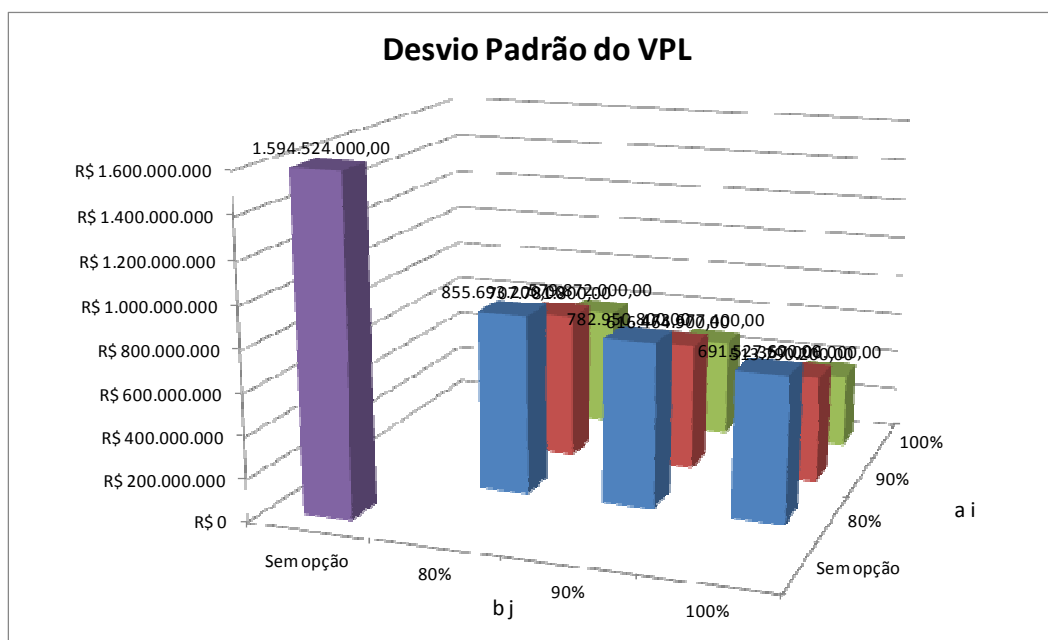


Figura 35 - Análise comparativa do Desvio Padrão do VPL dos casos com e sem opção

Pelo gráfico acima, observa-se, com nitidez, o grande risco envolvido no projeto sem qualquer garantia. O desvio padrão do caso sem opção é bem superior aos casos com opção. Quando se analisa dentro dos casos com opção, é notável que quanto maior o percentual do volume contratado e quanto maior o percentual da receita repassada ao transportador, menor será o risco envolvido no projeto.

TIR – Taxa Interna de Retorno

		Percentual da receita repassado ao transportador (b_j)			
		Sem Opção	80%	90%	100%
Percentual do volume contratado (a_i)	Sem Opção	7,54%			
	80%		8,78%	9,11%	9,41%
	90%		9,63%	10,00%	10,42%
	100%		10,53%	11,01%	11,49%

Tabela 17 - Análise comparativa da TIR dos casos com e sem opção

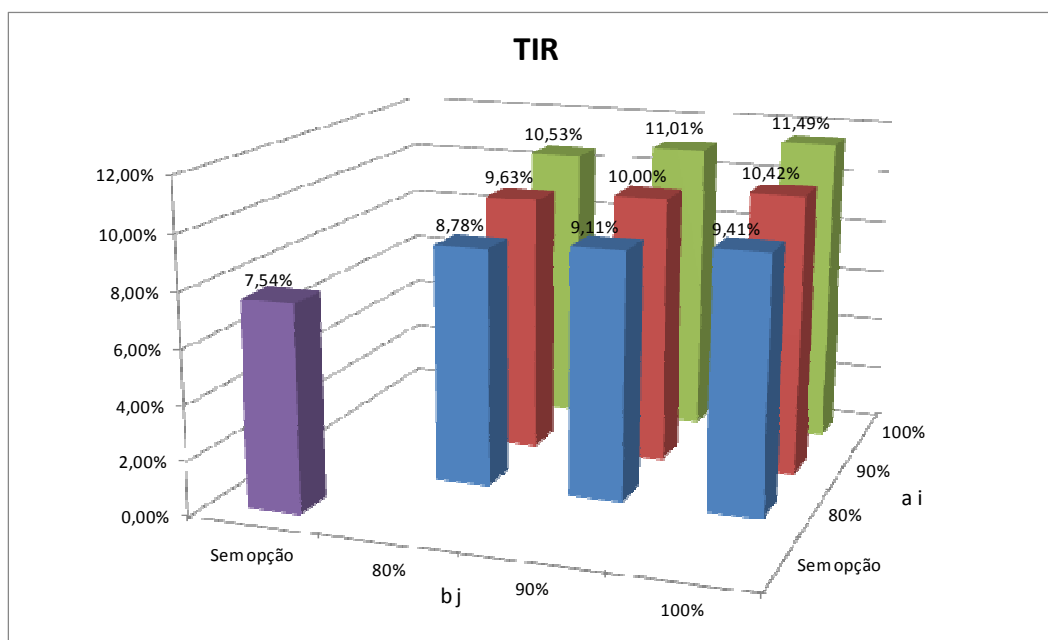


Figura 36 - Análise comparativa da TIR dos casos com e sem opção

A análise da TIR é de natureza semelhante à do VPL. Quanto maior for a garantia fornecida pelo projeto, maior tende a ser sua TIR.

5.3.2.4 Análise de Sensibilidade

Pela estrutura montada para a simulação de Monte Carlo, foi realizada a análise de sensibilidade do VPL esperado para diversas variáveis. Para tanto, nesta análise de sensibilidade, foi considerado o valor de $\varepsilon = 0$, para todos os casos. Como o próprio conceito de análise de sensibilidade preza, foram analisadas variações para valores de algumas variáveis, considerando todas as demais constantes. Foi estudado o comportamento do VPL esperado tanto para o caso sem opção quanto para o caso com opção de $a_1 = 100\%$ e $b_1 = 100\%$.

Para todas as variáveis analisadas, foram considerados valores de 80%, 90%, 110% e 120% do valor adotado na modelagem do projeto GASODUTO S.A. Ou seja, para a variável preço (R\$/MMBtu) foi considerado, no modelo, o valor de 5 R\$/MMBtu. Na análise de sensibilidade, foram estudados os comportamentos dos VPLs com e sem opção para os preços 4; 4,5; 5; 5,5; 6 R\$/MMBtu, conforme tabela abaixo.

		Preço	
		VPL sem opção	VPL com opção (a1;b1)
80%	4	- 498.540.237,92	913.015.468,26
90%	4,5	- 18.632.231,14	1.569.367.938,32
100%	5	461.275.775,65	2.225.720.408,37
110%	5,5	941.183.782,43	2.882.072.878,43
120%	6	1.421.091.789,22	3.538.425.348,49

Tabela 18 - Tabela de sensibilidade para o Preço (R\$/MMBtu)

O mesmo foi feito para todas as demais variáveis estudadas, que foram:

- Preço (R\$/MMBtu)
- Capacidade (mil m³/dia)
- QDC = W contratado (mil m³/dia)
- Wo (mil m³/dia)
- Distância (km)
- Custos de Operação & Manutenção (R\$/(km.mês))
- Custos Gerais & Administrativos (MM R\$/ano)
- Investimento (MM R\$/km)
- Percentual Financiado (%)
- Juros do Financiamento (%)
- Risk Free (r) (%)

Analisando o comportamento de todas as variáveis de forma integrada, foram elaborados dois gráficos: um para o comportamento do VPL sem opções e outro para o VPL com opção para cada uma das sensibilidades feitas.

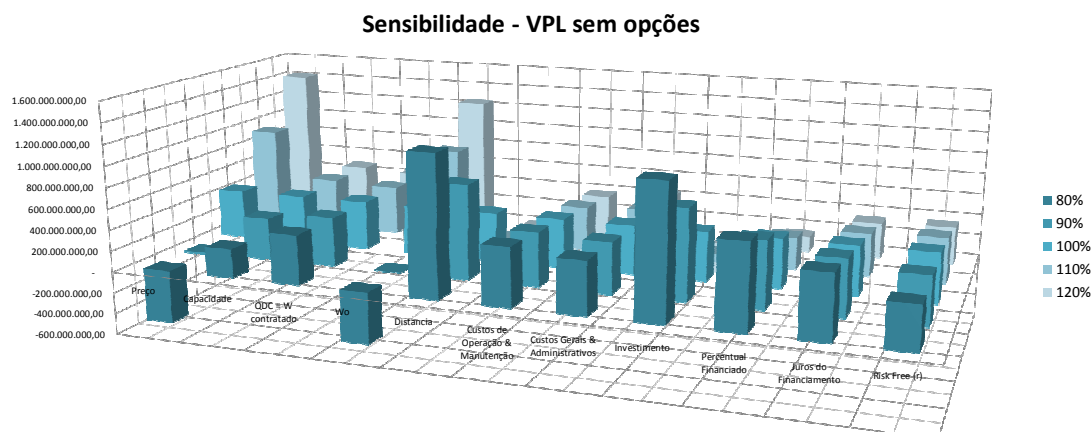


Figura 37 - Sensibilidade - VPL sem opções

VPL sem opção						
	Preço	Capacidade	QDC = W contratado	W ₀	Distancia	Custos de Operação & Manutenção
80%	(498.540.237,92)	269.853.617,79	461.275.775,65	(479.238.822,26)	1.301.645.358,66	542.849.601,92
90%	(18.632.231,14)	394.684.192,71	461.275.775,65	3.081.861,48	881.460.567,16	502.062.688,78
100%	461.275.775,65	461.275.775,65	461.275.775,65	461.275.775,65	461.275.775,65	461.275.775,65
110%	941.183.782,43	485.402.545,22	461.275.775,65	876.444.976,66	41.090.984,14	420.488.862,51
120%	1.421.091.789,22	485.402.545,22	461.275.775,65	1.250.402.739,33	(379.093.807,37)	379.701.949,38
	Custos Gerais & Administrativos	Investimento	Percentual Financiado	Juros do Financiamento	Risk Free (r)	
80%	488.467.051,07	1.220.071.532,40	776.928.428,41	586.138.138,19	397.383.332,36	
90%	474.871.413,36	840.673.654,02	619.102.102,03	523.706.956,92	444.799.738,14	
100%	461.275.775,65	461.275.775,65	461.275.775,65	461.275.775,65	461.275.775,65	
110%	447.680.137,94	81.877.897,27	303.449.449,27	398.844.594,38	423.929.705,12	
120%	434.084.500,23	(297.519.981,10)	145.623.122,89	336.413.413,11	354.963.486,44	

Tabela 19 - Sensibilidade - VPL sem opções

No gráfico do VPL sem opções, pode-se perceber que a variável mais sensível é o preço, apresentando, inclusive, dois VPLs negativos para os valores de 80% e 90% do valor da premissa. Outra variável que apresentou bastante sensibilidade também foi o W_0 , também apresentando VPL negativo para o menor valor calculado. Como já era esperado, o valor de QDC é completamente independente do VPL sem opção, apresentando valor constante para todos os valores apresentados. Variáveis que apresentaram comportamento pouco sensível aos valores do VPL sem opção foram custos de operação & manutenção e também os custos gerais & administrativos.

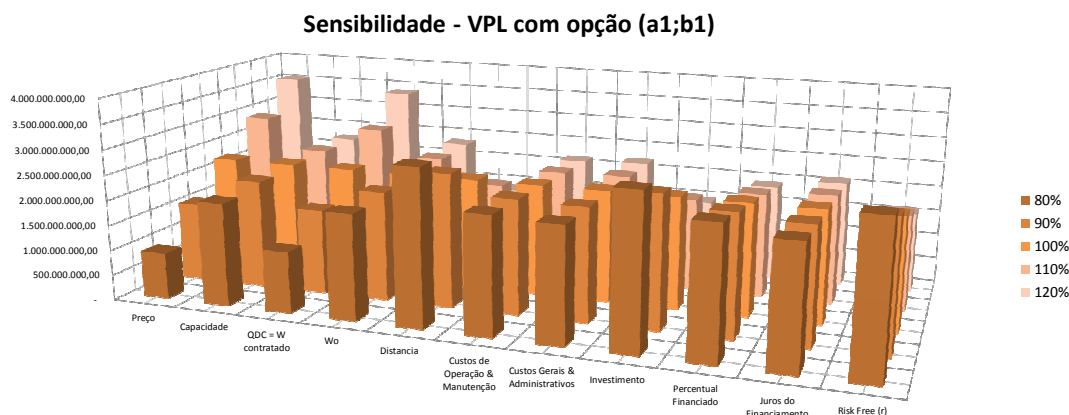


Figura 38 - Sensibilidade - VPL com opção (a1;b1)

VPL com opção (a1;b1)						
	Preço	Capacidade	QDC = W contratado	Wo	Distancia	Custos de Operação & Manutenção
80%	913.015.468,26	2.034.298.250,52	1.206.416.798,81	2.078.488.669,31	3.066.089.991,39	2.307.294.234,64
90%	1.569.367.938,32	2.159.128.825,44	1.684.773.233,93	2.164.167.923,63	2.645.905.199,88	2.266.507.321,51
100%	2.225.720.408,37	2.225.720.408,37	2.225.720.408,37	2.225.720.408,37	2.225.720.408,37	2.225.720.408,37
110%	2.882.072.878,43	2.249.847.177,95	2.798.806.301,07	2.274.226.277,90	1.805.535.616,87	2.184.933.495,24
120%	3.538.425.348,49	2.249.847.177,95	3.371.892.193,76	2.326.286.463,81	1.385.350.825,36	2.144.146.582,11

	Custos Gerais & Administrativos	Investimento	Percentual Financiado	Juros do Financiamento	Risk Free (r)
80%	2.252.911.683,80	2.984.516.165,12	2.541.373.061,13	2.350.582.770,92	2.904.968.357,42
90%	2.239.316.046,09	2.605.118.286,75	2.383.546.734,75	2.288.151.589,65	2.561.836.271,58
100%	2.225.720.408,37	2.225.720.408,37	2.225.720.408,37	2.225.720.408,37	2.225.720.408,37
110%	2.212.124.770,66	1.846.322.530,00	2.067.894.082,00	2.163.289.227,10	1.897.558.477,33
120%	2.198.529.132,95	1.466.924.651,63	1.910.067.755,62	2.100.858.045,83	1.596.470.101,93

Tabela 20 - Sensibilidade - VPL com opção (a1;b1)

No gráfico do VPL opção de $a_1 = 100\%$ e $b_1 = 100\%$, pode-se perceber que a variável mais sensível é o preço, seguida do QDC e também da distância do gasoduto, apresentando VPL negativo para o menor valor calculado. Variáveis que apresentaram comportamento pouco sensível aos valores do VPL com opção foram custos de operação & manutenção, os custos gerais & administrativos, a capacidade e W_0 . É interessante ressaltar que nenhum dos VPLs calculados apresentou valor negativo, diferentemente do caso sem opção, mesmo para o menor valor da variável mais sensível.

Outro ponto bastante interessante é perceber como uma variável pode ser altamente sensível num caso e bastante insensível ao outro. Um exemplo disto é o W_0 , muito sensível ao caso sem opção e pouco sensível ao caso com opção, já que a garantia de receita contratada mantém o alto valor do VPL (no caso com opção).

A seguir, mostram-se os gráficos comparativos do caso de VPL sem opção contra o caso de VPL com opção para cada uma das variáveis analisadas.

O gráfico a seguir mostra a sensibilidade do preço. Quanto maior o preço cobrado em R\$/MMBtu, maior será o valor do VPL, tanto para o caso com opção, quanto para o caso sem opção. A inclinação da reta com opção é mais acentuada, mostrando assim uma maior sensibilidade em relação ao caso sem opção.

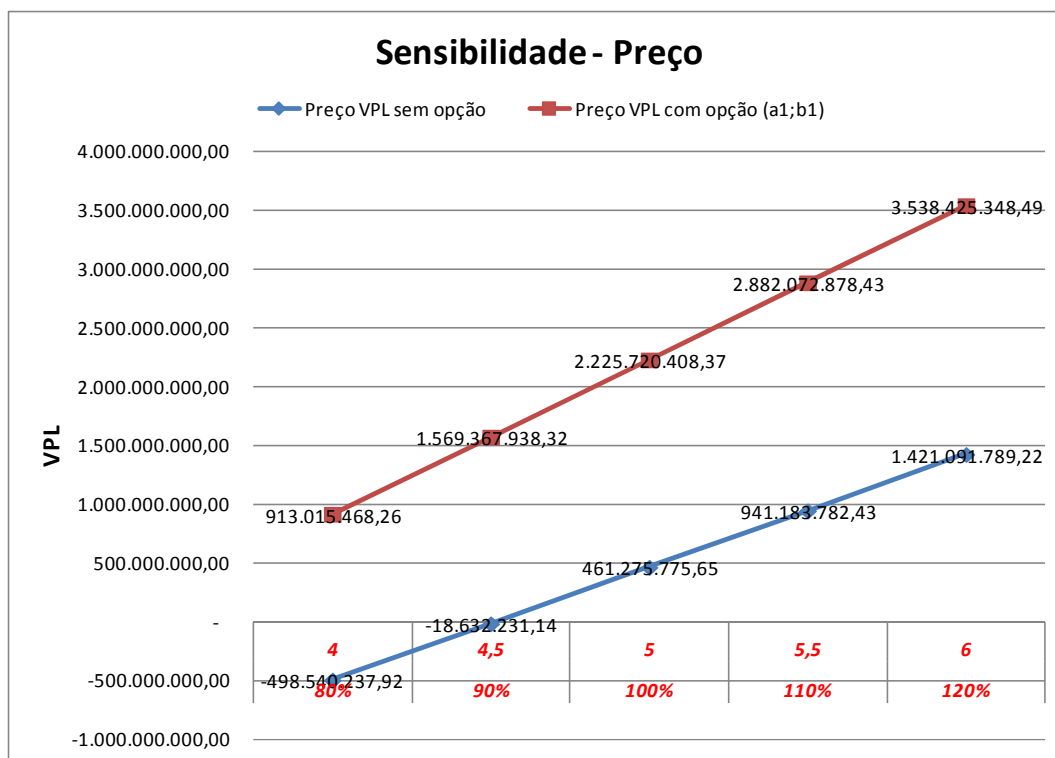


Figura 39 - Sensibilidade do VPL frente à variação do Preço (R\$/MMBtu)

O gráfico a seguir mostra a sensibilidade da capacidade. Quanto maior a capacidade do gasoduto em mil m³/dia, maior será o valor do VPL, tanto para o caso com opção, quanto para o caso sem opção. O comportamento da reta com opção é igual ao caso sem opção, parecendo assintótico.

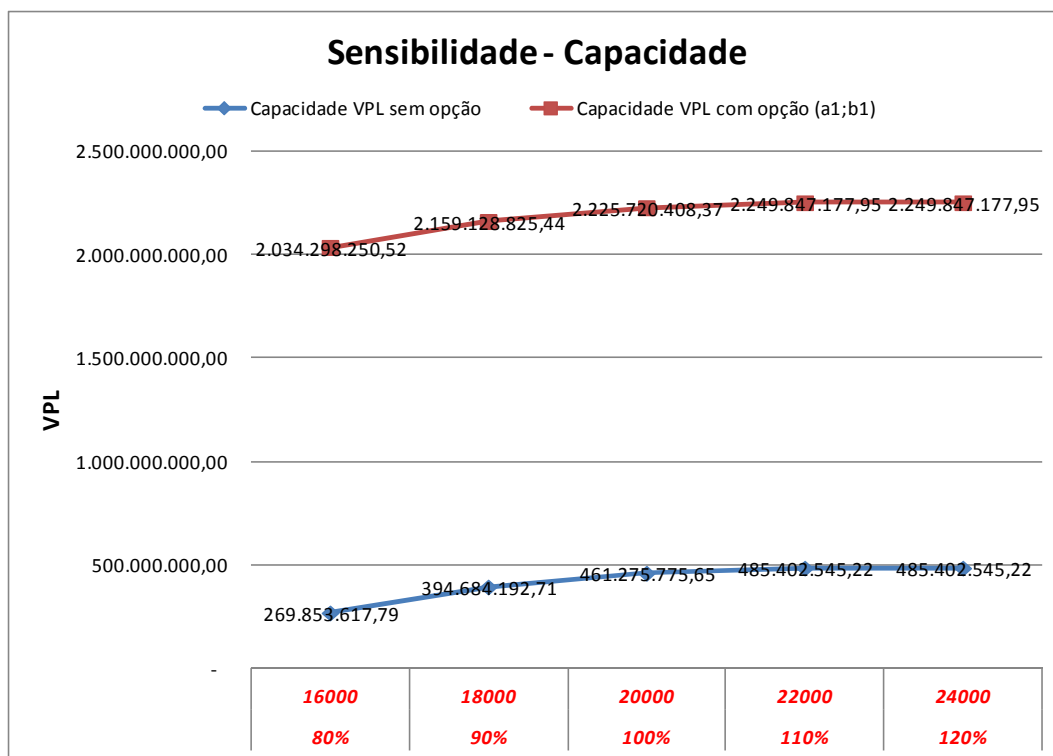


Figura 40 - Sensibilidade do VPL frente à variação da Capacidade (mil m³/dia)

O gráfico a seguir mostra a sensibilidade da QDC ou W contratado. Quanto maior a QDC em mil m³/dia, maior será o valor do VPL para o caso com opção. Já para o caso sem opção esta variável é completamente indiferente, já que a mesma só faz sentido no caso com opção.

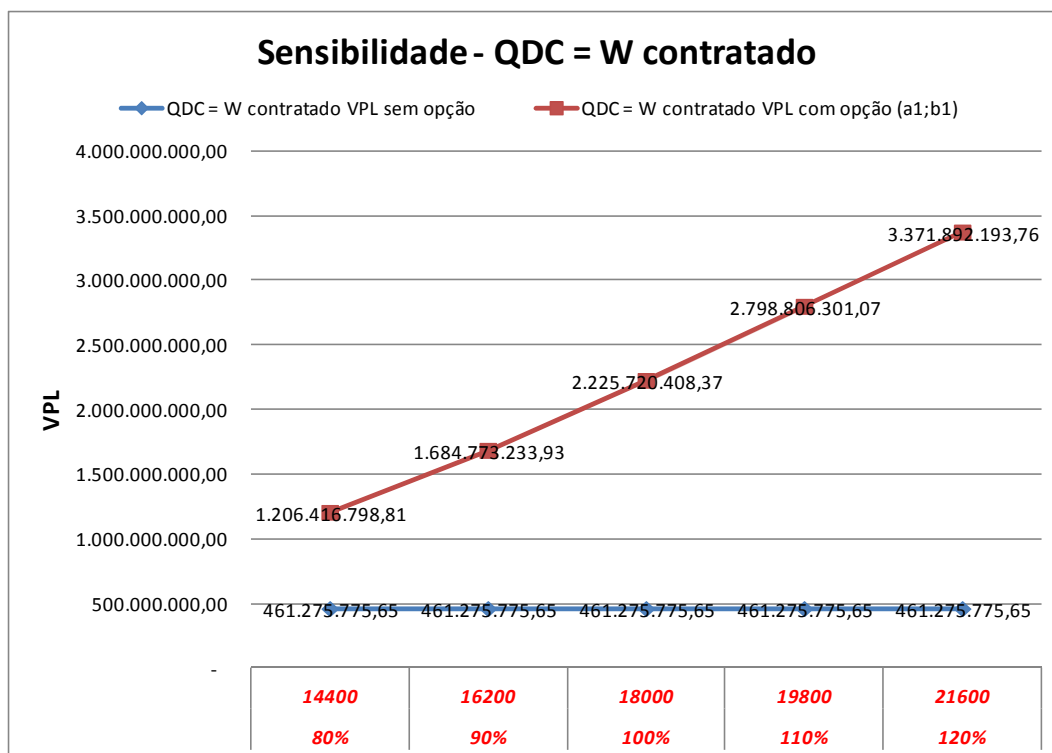


Figura 41 - Sensibilidade do VPL frente à variação da QDC (mil m³/dia)

O gráfico a seguir mostra a sensibilidade do W_0 . Quanto maior o W_0 em mil m³/dia, maior será o valor do VPL, tanto para o caso com opção, quanto para o caso sem opção. A inclinação da reta sem opção é mais acentuada, mostrando assim uma maior sensibilidade em relação ao caso com opção.

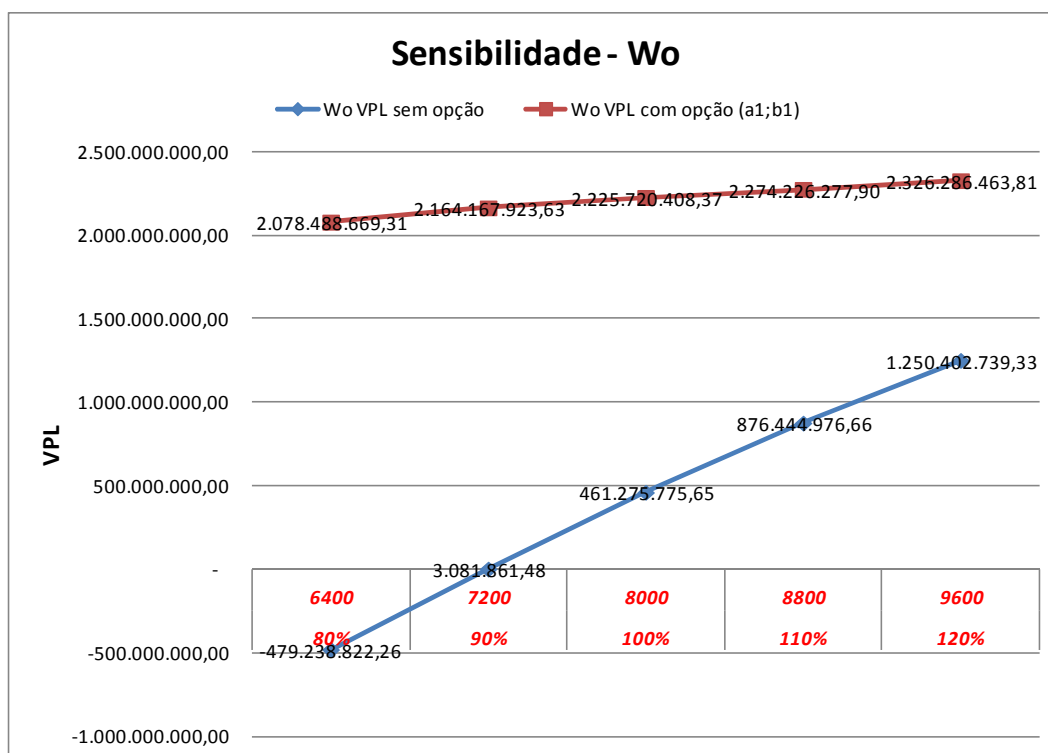


Figura 42 - Sensibilidade do VPL frente à variação do W_0 (mil m³/dia)

O gráfico a seguir mostra a sensibilidade da Distância ou comprimento do gasoduto. Quanto maior a distância em km, menor será o valor do VPL, tanto para o caso com opção, quanto para o caso sem opção. A inclinação da reta sem opção é igual ao caso com opção.

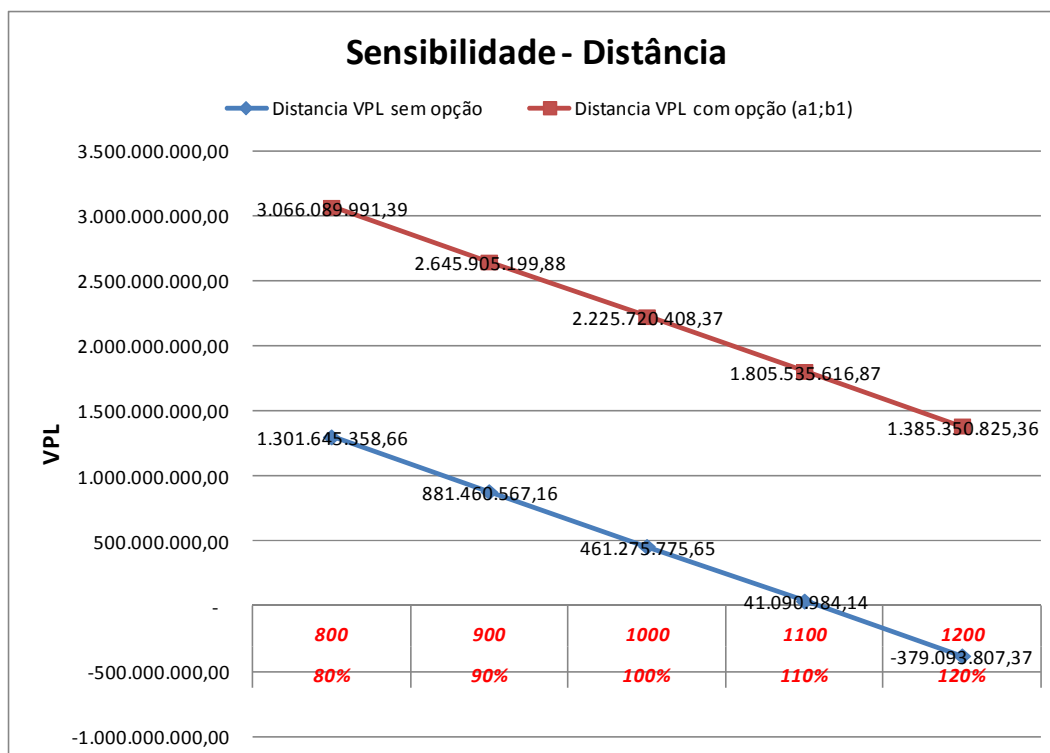


Figura 43 - Sensibilidade do VPL frente à variação da Distância (km)

O gráfico a seguir mostra a sensibilidade dos Custos de Operação & Manutenção. Quanto maior os Custos de Operação & Manutenção em R\$/ (km.mês), menor será o valor do VPL, tanto para o caso com opção, quanto para o caso sem opção. A inclinação da reta sem opção é igual ao caso com opção, pouco sensível.

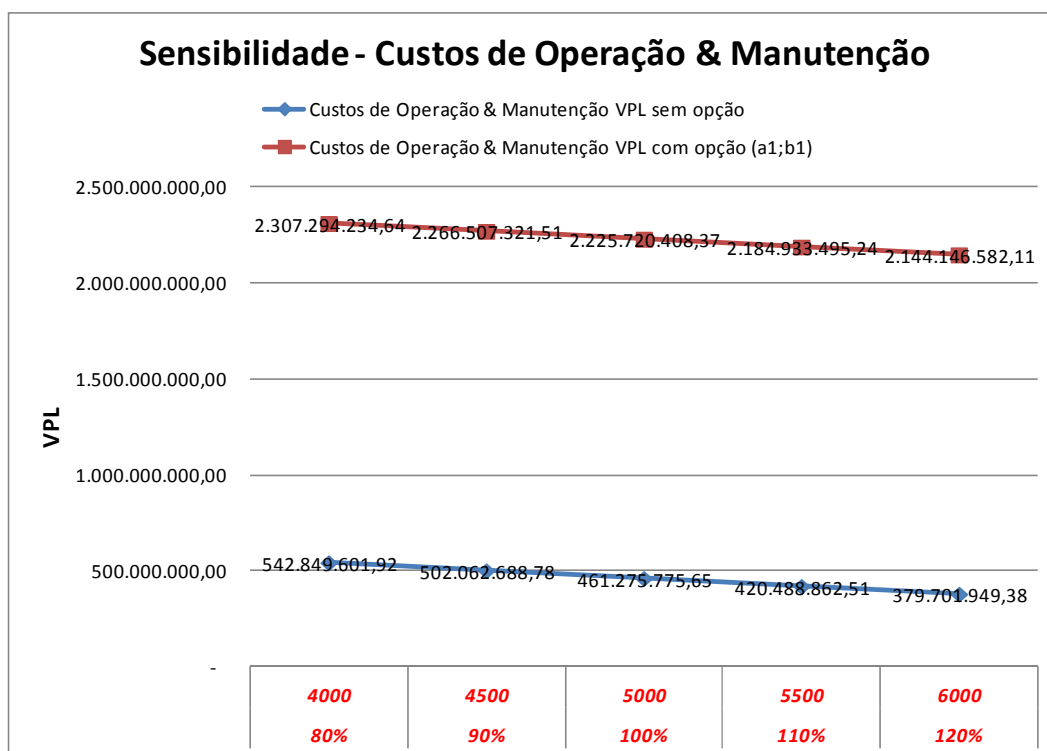


Figura 44 - Sensibilidade do VPL frente à variação dos Custos de Operação & Manutenção (R\$/ (km.mês))

O gráfico a seguir mostra a sensibilidade dos Custos Gerais & Administrativos. Quanto maior os Custos Gerais & Administrativos em MM R\$/ano, menor será o valor do VPL, tanto para o caso com opção, quanto para o caso sem opção. A inclinação da reta sem opção é igual ao caso com opção, pouco sensível.

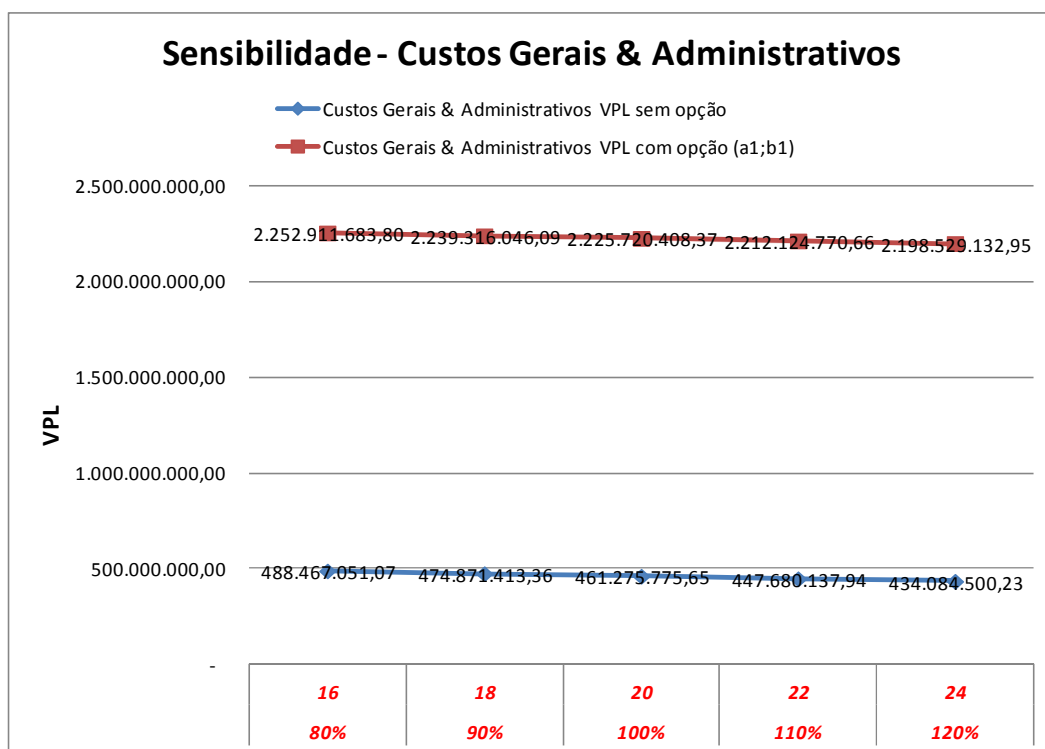


Figura 45 - Sensibilidade do VPL frente à variação dos Custos Gerais & Administrativos (MM R\$/ano)

O gráfico a seguir mostra a sensibilidade do Investimento “unitário”. Quanto maior o Investimento “unitário” em MM R\$/km, menor será o valor do VPL, tanto para o caso com opção, quanto para o caso sem opção. A inclinação da reta sem opção é igual ao caso com opção.

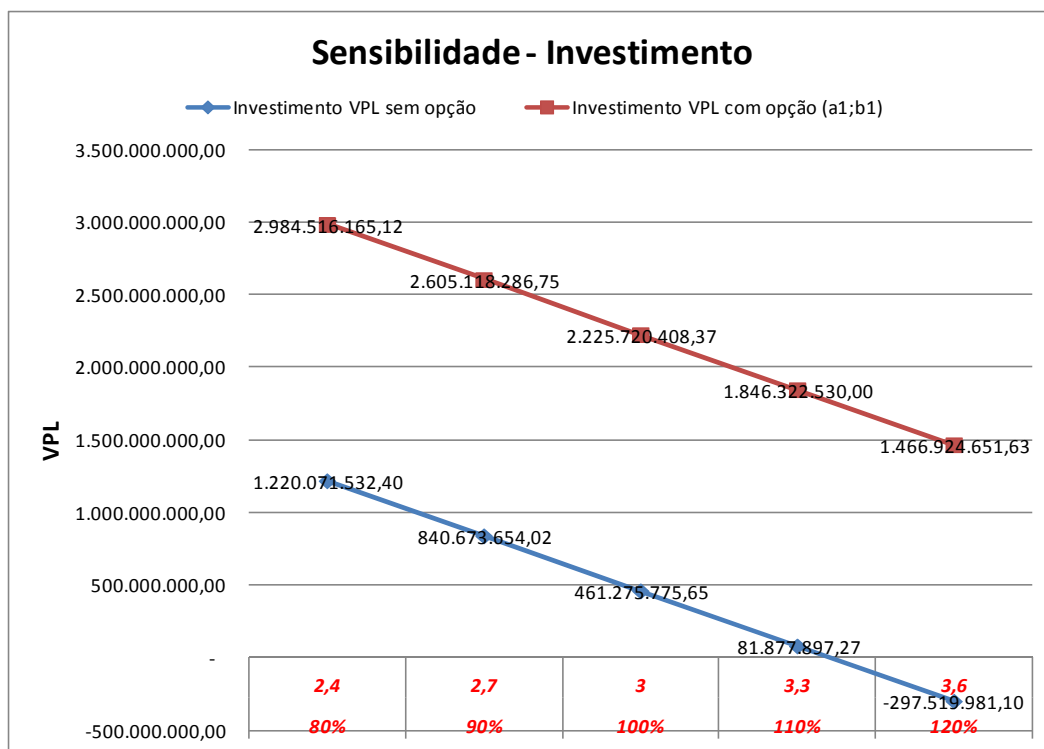


Figura 46 - Sensibilidade do VPL frente à variação do Investimento (MM R\$/km)

O gráfico a seguir mostra a sensibilidade do percentual financiado. Quanto maior o percentual financiado em %, menor será o valor do VPL, tanto para o caso com opção, quanto para o caso sem opção. A inclinação da reta sem opção é igual ao caso com opção.

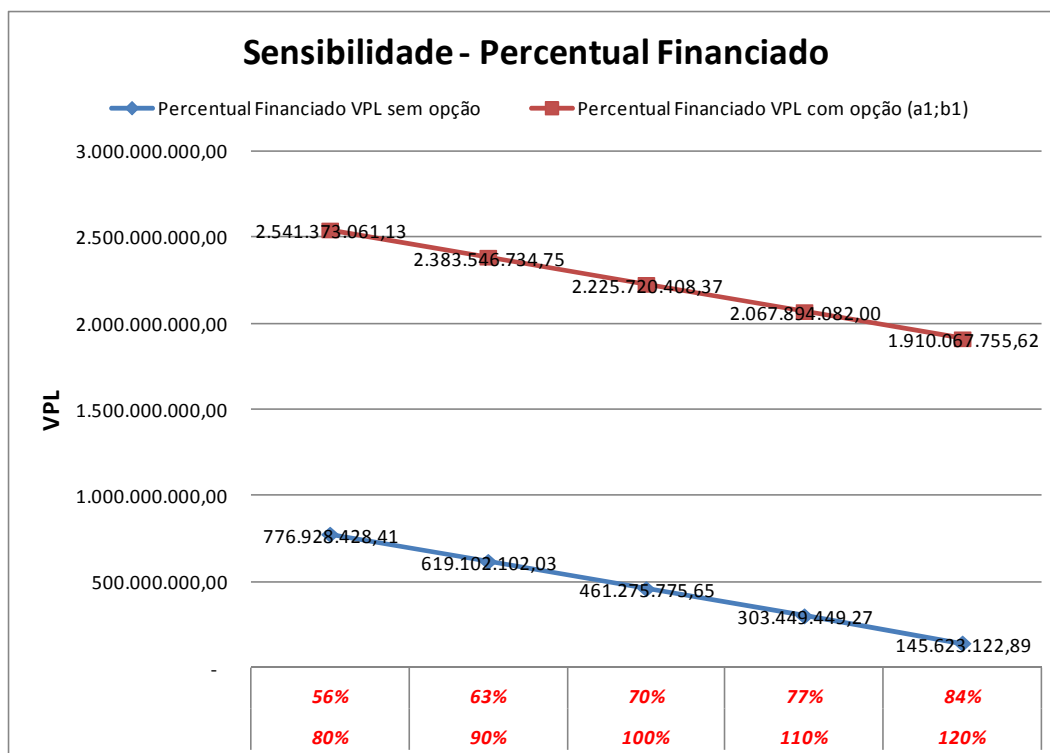


Figura 47 - Sensibilidade do VPL frente à variação do percentual financiado (%)

O gráfico a seguir mostra a sensibilidade do juro do financiamento. Quanto maior o juro do financiamento em %, menor será o valor do VPL, tanto para o caso com opção, quanto para o caso sem opção. A inclinação da reta sem opção é igual ao caso com opção.

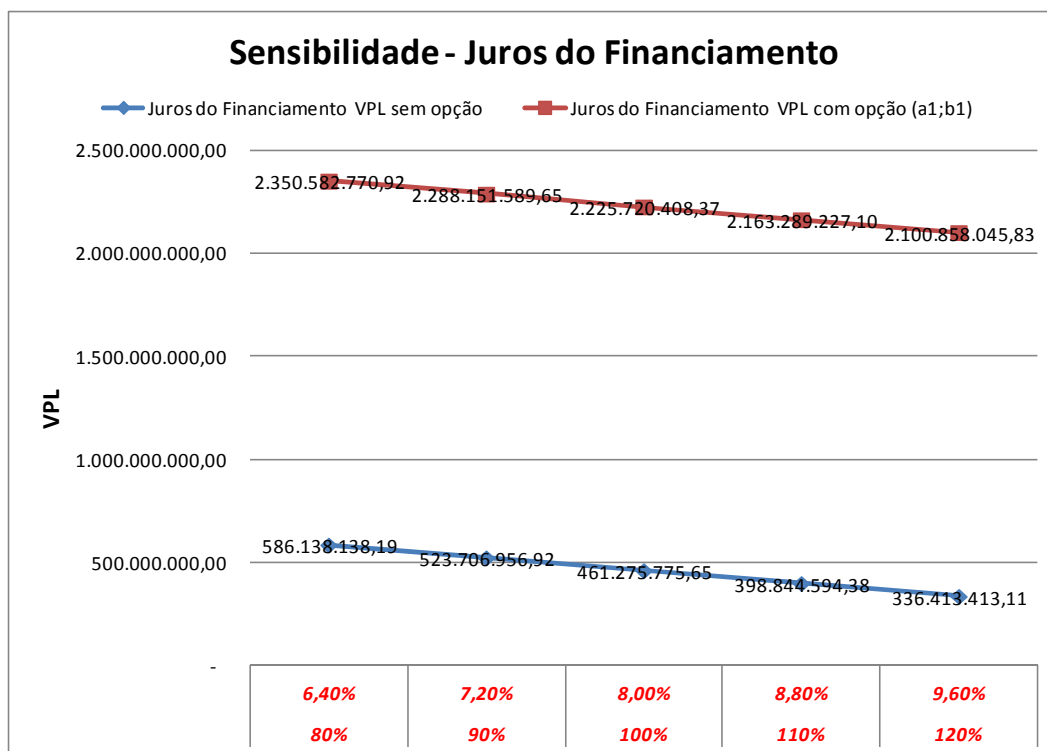


Figura 48 - Sensibilidade do VPL frente à variação do juro do financiamento (%)

O gráfico a seguir mostra a sensibilidade da taxa livre de risco ou risk free (r). Quanto maior a taxa livre de risco em %, menor será o valor do VPL para o caso com opção. Já para caso sem opção, o comportamento da reta é côncavo, tendo como valor máximo o valor utilizado como premissa do modelo (6%).

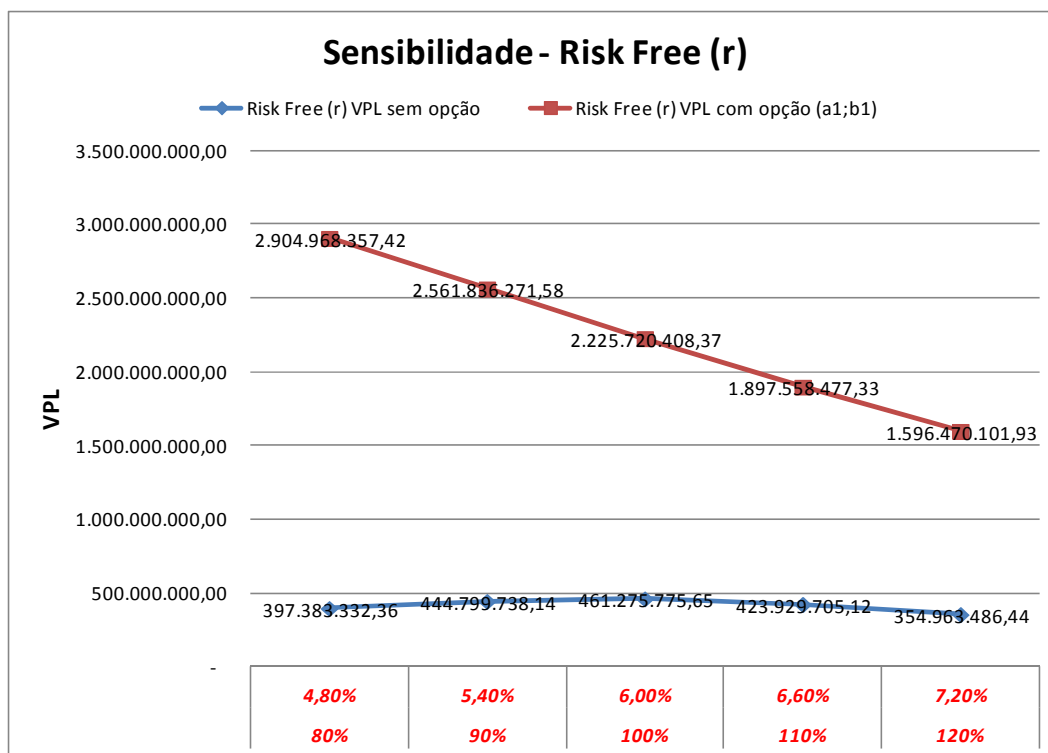


Figura 49 - Sensibilidade do VPL frente à variação da taxa livre de risco (%)

5.3.3 Análise Comparativa entre Modelagem Analítica e Simulação de Monte Carlo

Os projetos com opção foram modelados por duas formas diferentes: uma Analítica e outra pela Simulação de Monte Carlo. Dessa forma, obtiveram-se os valores das opções de garantias (VOG) pelos dois métodos.

O quadro abaixo mostra as diferenças absolutas obtidas entre os dois métodos trabalhados.

Percentual da receita repassado ao transportador (b_j)				
		80%	90%	100%
Percentual do volume	80%	412.769.289,58	457.785.663,27	509.588.036,97
	90%	554.908.954,79	639.820.786,64	699.979.618,49
	100%	707.479.223,80	808.468.589,28	900.499.954,75

Tabela 21 - Diferença absoluta das VOGs entre a Modelagem Analítica e a por Simulação de Monte Carlo

Tais valores comparados de forma percentual, em relação aos valores analíticos calculados, formam a tabela a seguir. O valor percentual aproximado da diferença foi de 32% para todos os casos, sempre na mesma direção. Isso pode ser explicado, pois o método de Simulação de Monte Carlo pressupõe a existência de imposto de renda, o que não é levado em consideração para o método Analítico. Dessa forma, pode-se observar que esse valor de “erro” de 32% é muito próximo à alíquota de imposto de renda, considerada de 34%, o que explica razoavelmente tais diferenças.

Percentual da receita repassado ao transportador (b_j)				
		80%	90%	100%
Percentual do volume contratado (a_i)	80%	31,87%	31,42%	31,48%
	90%	31,68%	32,47%	31,97%
	100%	31,46%	31,95%	32,03%

Tabela 22 - Diferença percentual das VOGs entre a Modelagem Analítica e a por Simulação de Monte Carlo