

# **ESTUDO DE CASO DE UMA CESSÃO DE CAMPO DE ÓLEO E GÁS NATURAL: UMA APLICAÇÃO DA TEORIA DE OPÇÕES REAIS**

Fernanda Nucci (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RJ)

fernandanucci@yahoo.com.br

Tuany Esthefany Barcellos de Carvalho Silva (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RJ) tuanybarcellos@id.uff.br

Daiane Rodrigues dos Santos (UNIVERSIDADE CÂNDIDO MENDES)

daianasantoseco@gmail.com

## **Resumo**

Projetos de exploração de petróleo e gás, são rodeados de incertezas, o presente trabalho objetiva analisar a aplicação da Teoria das Opções Reais (OR), como método para avaliação de projetos de investimentos na exploração do Bloco 123 na Bacia de Santos, alguns dados trabalhados neste estudo são fictícios, devido a regra de sigilo dos dados reais. A simulação e modelagem econômica são de suma importância em projetos de exploração e produção de petróleo envolvendo riscos. Neste estudo são analisadas três incertezas, sendo elas duas incertezas técnicas como o volume e qualidade do reservatório, e a de mercado tratando-se do preço do petróleo. O elevado número de incertezas associadas ao processo de exploração, juntamente com as inúmeras particularidades técnicas da engenharia de poços e reservatórios, gera decisões altamente complexas. Com o estudo foram obtidos resultados satisfatórios, como o VPL e o valor da opção, a implementação do método possibilita a visualização de um panorama geral sobre a incerteza de investir ou não na exploração do Bloco 123.

**Palavras-Chaves:** (Opções Reais; Petróleo e gás; Incerteza)

## **1. Introdução**

Até o ano de 1997, a exploração de petróleo nas bacias sedimentares do Brasil era realizada exclusivamente pela Petrobras, pois a mesma possuía o monopólio desta atividade. Neste mesmo ano foi criada a Agência Nacional de Petróleo (ANP), o que possibilitou o país a adotar o modelo de concessão, sendo este o início da realização dos leilões dos blocos de exploração de petróleo (SILVA, 2010).

As atividades e os negócios de uma empresa são diretamente relacionados à administração de riscos, conseqüentemente aquela com maior competência obtém êxito. Porém algumas empresas têm como característica, aceitar os riscos financeiros incorridos de forma passiva, já

outras buscam por vantagem competitiva, o que as leva diretamente para uma exposição a riscos, mesmo que de maneira estratégica. A incerteza é algo presente nas avaliações de projetos de investimento, financiamento, e principalmente no foco deste estudo, exploração de petróleo. Com o passar dos anos a evolução das técnicas de avaliação de negócios e projetos é notória, o que inclui as ferramentas de Opções Reais (OR), esse mecanismo propicia uma abordagem efetiva e dinâmica. Segundo Magalhães (2006), a implementação dessa teoria se mostra muitas vezes superior à análise por Fluxo de Caixa Descontado (FDC). Tomando como base o caso de exploração de petróleo e gás, nota-se que existe inúmeras incertezas e flexibilidades operacionais envolvidas economicamente, tais como volume, especificação, preço, dentre outras, fazendo com o que as reservas sejam comercialmente exploráveis. Em opções reais tem-se como flexibilidade operacional por exemplo o adiamento dos investimentos, aumento da escala de petróleo e em algumas situações o abandono do projeto, entre outras, a avaliação por OR possibilita capturar o valor embutido nessas flexibilidades.

Este estudo visa a avaliar por meio de opções reais se irá adquirir a atividade petrolífera no bloco 123 na Bacia de Santos. Sabe-se que em 2022 a Agência Nacional de Petróleo (ANP) está prevendo promover a 25<sup>o</sup> Rodada de Cessão de Blocos. Esta cessão tem por objeto a outorga de contrato de concessão para exercício das atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural na área supracitada, a mesma possui 23.000 km<sup>2</sup> e a fase de exploração será de 8 anos, e o prazo total do contrato é de 30 anos. A empresa interessada em adquirir o bloco terá que pagar um bônus de assinatura de US\$ 1.000 MM, além disso, durante a fase de exploração é exigido um Programa Exploratório Mínimo (PEM) com a perfuração de 1 poço na região. Porém existem algumas incertezas nesta exploração, sendo elas o preço do petróleo, o volume de óleo e gás do bloco 123, classificado como pequeno, médio e grande. Buscando restringir as incertezas a empresa realizará uma aquisição sísmica na área com o custo de US\$ 300 MM.

## **2. Referencial Teórico**

Nos últimos tempos a teoria de opções reais vem sendo implementada em diversos ramos, o uso deste método possibilita capturar de forma eficiente o valor embutido nas flexibilidades de um determinado projeto. Esta teoria é uma das melhores abordagens para a integração de estratégia e finanças, a mesma considera analiticamente opções de crescimento e flexibilidades. Projetos como a postergação de um investimento, contrair ou expandir escalas de produções ou estruturas, abandono temporário ou definitivo, são considerados como séries de opções reais, essas opções são avaliadas de maneira análoga a opções financeiras (MINARDI, 2000).

Segundo Gonçalves (2016), as tomadas de decisões que são realizadas no presente, influenciam diretamente o futuro de um projeto ou empresa, porém as técnicas quantitativas mais antigas de avaliação de projetos, como fluxo de caixa descontado ou o método do valor presente líquido, nem sempre mostram a melhor solução estratégica. Uma análise de VPL não considera flexibilidades, em que o investidor pode tomar determinadas atitudes ao longo da vida útil de um projeto, de forma que o possibilite maximizar seus ganhos e minimizar suas perdas, porém uma análise de investimentos utilizando Opções Reais (OR) encaixa-se perfeitamente neste ponto, levando em conta a não passividade do investidor diante novas informações. A teoria de Opções Reais abrange diversas especificidades de projetos de investimentos. Então, este trabalho objetiva utilizar esta teoria para analisar a opção de exploração do bloco 123 de petróleo.

### **2.1. Opções reais na indústria de petróleo e suas incertezas**

A indústria de petróleo é um ramo que utiliza muito a teoria de Opções Reais para a avaliação de investimentos. A primeira vez que OR foi utilizada para fazer valoração de reservas petrolíferas foi em 1988, o trabalho de Paddock, Siegel e Smith (1988) é considerado um marco na utilização da teoria, o mesmo foi desenvolvido objetivando estudar o motivo dos valores das reservas não desenvolvidas de petróleo praticados pela indústria serem mais elevados do que os valores estimados pelo governo, que se baseavam na valoração por VPL (ZIDAN, 2019).

Os projetos de exploração e produção de petrolífera possuem inúmeras incertezas, buscando modelar este estudo, foram definidas três incertezas. As duas primeiras, estão relacionadas a incertezas técnicas de reservatório, como a qualidade e o volume da reserva a ser explorada. A terceira incerteza trata-se do preço futuro do petróleo, que possui variações no mercado ao longo do tempo.

Incerteza técnica é aquela relacionada com as características específicas de um projeto, este tipo de incerteza não é correlacionada aos movimentos econômicos, porém as mesmas podem ser minimizadas através do investimento em informações que auxiliam na tomada de decisão. Uma característica marcante de incerteza técnica é que a realização de investimentos, a experiência adquirida ao longo do tempo a prática de em projetos diminui significativamente este tipo de incerteza (DIXIT e PINDYCK, 1994).

Tratando-se de valoração de ativos na área de petróleo, a minimização da incerteza técnica tem um papel fundamental. No presente trabalho, serão tratadas as duas incertezas técnicas supracitadas, as mesmas são referentes ao reservatório, pois existe uma grande uma incerteza em relação ao volume e a qualidade da reserva.

Na economia à incerteza de mercado é caracterizada como uma conjectura em que os rumos a serem tomados pelo mercado não são previsíveis, ou seja, são incertos. A indústria de petróleo é um ramo, assim como muitos outros suscetível a esse tipo de incertezas, o mercado de petróleo é crucial para a história do capitalismo, logo não está imune aos efeitos de recessão da economia mundial. Neste trabalho será estudado, além das incertezas técnicas supracitadas, a incerteza de mercado, a mesma está totalmente vinculada ao preço futuro do petróleo, o estudo objetiva modelar essa incerteza a fim de obter resultados mais significativos a pesquisa.

### **3. Metodologia**

Para a realização da análise, utilizou-se dados como o preço do petróleo, o mesmo corresponde a um período mensal de 30 anos, iniciado em janeiro de 1990 à dezembro de 2020, os dados são provenientes da base Bloomberg – 2020. Utilizou-se também dados referentes ao Índice de Preços ao Consumidor (CPI), sendo coletado através do *software R* utilizando o pacote *quantmod*, o período de coleta foi o mesmo supracitado. Para análise usou-se os dados publicados no edital do leilão Excedente da Cessão Onerosa, ANP-2019.

A metodologia geral abordada neste estudo, iniciou-se com a definição do problema, onde foi feito o levantamento dos dados necessários, possibilitando a definição dos outros dados de entrada para a implementação do modelo, como a taxa livre de risco, a volatilidade e a taxa de conveniência. Isto posto, o modelo foi elaborado, aplicando o “Modelo de Fluxo de Caixa Rígido” (FCR), onde foi feito o cálculo do VPL do projeto sem nenhum tipo de investimento em informação, sendo assim, penalizado pela falta da mesma, o VPL do projeto com informação, através da simulação em  $t = 1$  das três incertezas citadas anteriormente, sendo elas, o preço do petróleo que segue um movimento geométrico Browniano (MGB) neutro ao risco, a qualidade e o volume do reservatório com distribuição triangular. O modelo faz uma combinação das três incertezas do problema. O estudo foi realizado através da elaboração de cenários de reservatório e de preço de petróleo utilizando o software *@Risk*, a combinação dos cenários de volume, qualidade da reserva e do preço futuro do petróleo foi feita através do método da Simulação de Monte Carlo.

Objetivando avaliar o valor da opção no tempo, verificou-se o VPL obtido na análise a fim de perceber se é mais vantajoso comprar ou não o direito de exploração do Bloco 123.

#### **1.1. Movimento Geométrico Browniano**

O Movimento Browniano Geométrico (MGB) é um caso particular do Processo de Itô, usado para encontrar a diferencial de uma função dependente do tempo de um processo estocástico. Segundo Dixit & Pindyck (1994), o MGB é utilizado para modelar o preço das ações, taxa de juros, taxa salarial, preços de produtos, dentre outras variáveis econômicas e financeiras. Este é o processo mais utilizado, pois o mesmo é uma boa representação para uma grande parte dos ativos, assumindo que a variável segue uma distribuição normal com a tendência e a volatilidade do processo constante.

Objetivando valorar uma opção real, precisa ser cauteloso ao escolher o método a ser aplicado, optando pelo mais eficiente. Este trabalho busca estudar opção real em tempo contínuo, que segue um MGB, utilizando o modelo de precificação através da equação diferencial parcial (EDP) de Black & Sholes & Merton (B&S&M).

Segundo Dias (2014) a utilização de dois modelos para projetos de desenvolvimento da produção de petróleo é o mais eficiente, neste modelo o preço do petróleo é o principal fator de incerteza, afetando significativamente a atratividade do projeto. Os modelos são chamados de “Modelo de Negócios” e “Fluxo de Caixa Rígido”.

O “Modelo de Negócio” assume que o valor do barril ( $V$ ) de reserva é proporcional ao preço do barril de petróleo na superfície ( $P$ ) e que o fator de proporcionalidade é chamado de qualidade econômica da reserva ( $q$ ). Temos que ( $B$ ) é a quantidade de petróleo recuperável economicamente (em barril). Temos então a expressão do VPL:

$$VPL(P; q; B) = q \cdot B \cdot P - I - C \quad (1)$$

Estes modelos consideram que o valor do ativo segue um MGB com os mesmos parâmetros do preço do petróleo. Este trabalho utiliza o modelo de “Fluxo de Caixa Rígido”.

## 1.2. Modelo

Buscando modelar o estudo de caso do bloco 123, foi utilizado o software *@Risk*, o mesmo executa a análise de risco através da simulação de Monte Carlo, a dinâmica consiste na criação de inúmeros cenários possíveis com suas distribuições de probabilidade. Tendo estudado as incertezas técnicas e de mercado, optou-se por modelar três parâmetros: o volume da reserva ( $B$ ), a qualidade da reserva ( $q$ ) e o preço futuro de petróleo ( $P$ ).

Para modelar as incertezas técnicas referentes ao reservatório foi necessário estudar um pouco mais da literatura a fim de encontrar o tipo de distribuição a se considerar. Após encontrar os

valores de mínimo, mais provável e máximo, optou-se por utilizar a distribuição triangular por ser simples e resultar uma boa aproximação das probabilidades de ocorrência. Tratando-se da incerteza de mercado, a mesma foi modelada através de um Movimento Geométrico Browniano (MGB) neutro ao risco, como dito anteriormente, com o objetivo de fazer uma combinação com as incertezas técnicas.

O investimento e custo operacional foram considerados constantes. Isto posto, a simulação gera uma curva de probabilidade de VPL, onde a opção só é exercida quando o VPL é positivo, e trazido para o valor presente pela taxa livre de risco.

#### 4. Aplicação e Resultados

Para a análise dos dados supracitados, utilizou-se o software *R studio* para a análise de tendência da série e elaboração do modelo. Isto posto, utilizou-se o *@Risk* para gerar uma simulação de Monte Carlo de 10.000 iterações, sendo assim possível observar os resultados do caso base. Serão apresentados os resultados para o cenário de investir ou não na compra de bloco 123, buscando por meio de (OR) minimizar as incertezas sobre o reservatório, como o volume ( $B$ ) e a qualidade ( $q$ ) da reserva. Como isso implica em esperar um período e tomar a decisão em  $t = 1$ , foi realizada também a simulação para a expectativa futura do preço do petróleo neutro ao risco ( $P$ ) que segue um MGB. Com a análise destas três variáveis estocásticas combinadas, foi possível gerar o valor do projeto neutro ao risco.

Na tabela 1, pode-se observar os dados utilizados para iniciar a análise, como o custo operacional ( $C$ ), valor do investimento ( $I$ ) e a taxa livre de risco real ( $r$ ).

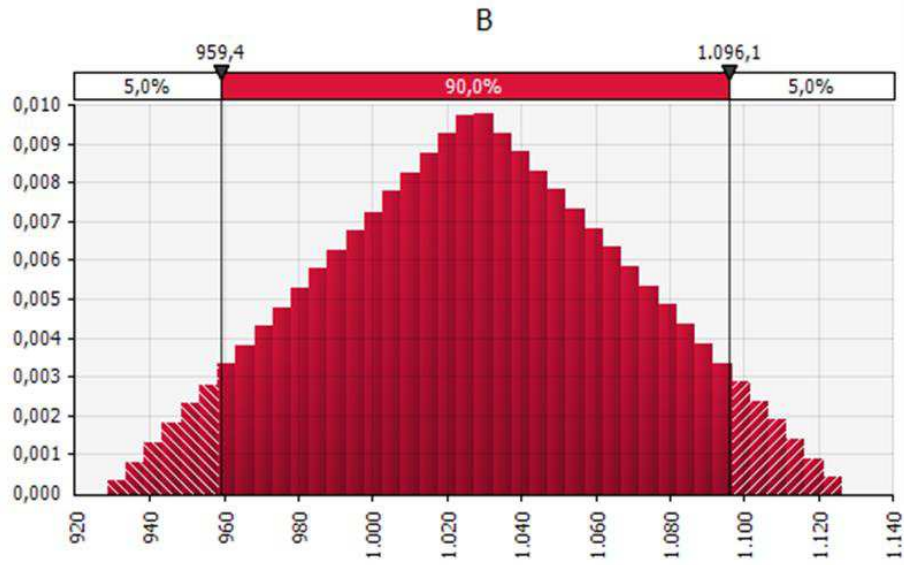
Tabela 1 – Dados complementares para análise

$r$	8%
$I$	2.171
$C$	959

Fonte: Elaboração própria

Na figura 1 é possível observar o resultado da distribuição de probabilidade dos possíveis cenários para a incerteza técnica sobre o volume da reserva ( $B$ ). Trata-se de uma distribuição triangular com mínimo de 928, médio de 1028 e máximo de 1128, para uma simulação de Monte Carlo de 10.000 cenários.

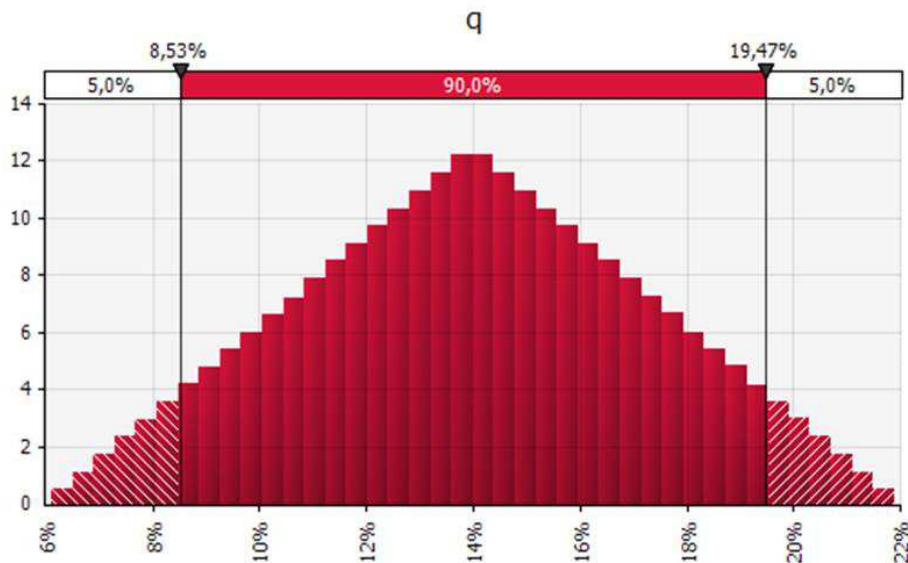
Figura 1 – Distribuição triangular para o volume da reservar ( $B$ )



Fonte: Elaboração própria com base nos dados analisados.

A figura 2 apresenta uma distribuição de probabilidade triangular, tratando-se da incerteza técnica sobre a qualidade do reservatório ( $q$ ), nota-se que para uma simulação de Monte Carlo com 10.000 cenários o valor mínimo é de 6%, médio de 14% e máximo igual a 21%.

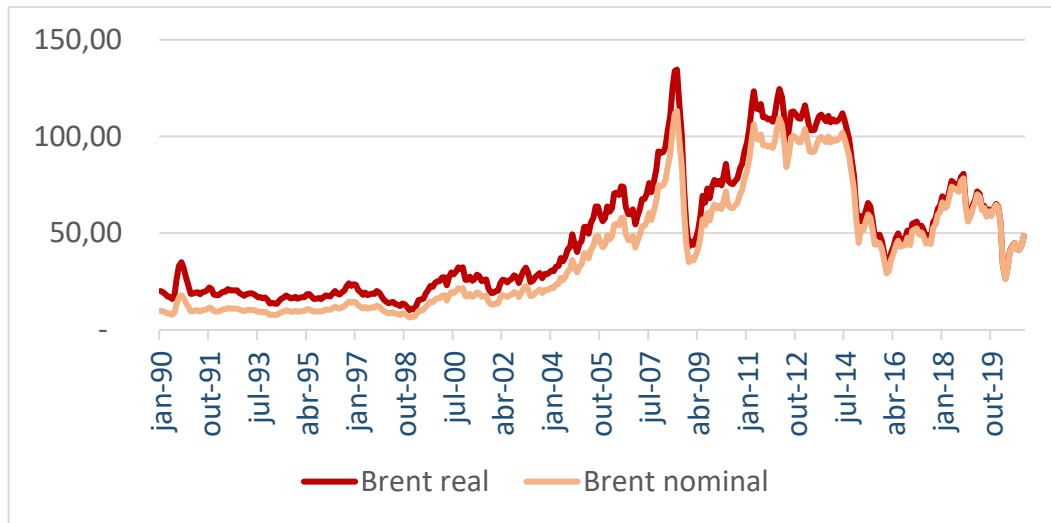
Figura 2 – Distribuição triangular para a qualidade da reserva ( $q$ )



Fonte: Elaboração própria com base nos dados publicados por Zidan (2019).

Buscando modelar a incerteza de mercado sobre o preço do petróleo, implementou-se no software *R studio* um modelo de regressão linear, objetivando obter a volatilidade e a tendência dos dados históricos de 30 anos do *Brent*. Na figura 3 é possível observar o comportamento da série histórica do Brent real e do nominal, nota-se que a série real atinge seu ponto de máximo em junho de 2008, a um valor de 134,56 US\$, e a nominal com 111,72 US\$.

Figura 3 – Histórico Brent (US\$/bbl)



Fonte: Bloomberg – 2020

Isto posto, na tabela 2 é possível observar os dados utilizados para simular o MGB, juntamente com a equação do mesmo, em tempo contínuo.

Tabela 2 – Dados e equação MGB

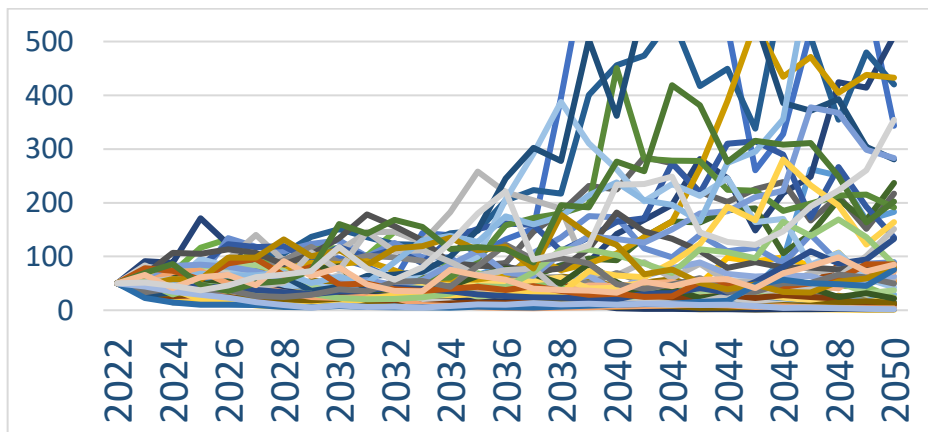
Equação	$V_{t+1} = V_t + \mu V_t + \sigma V_t \varepsilon \sqrt{\Delta t}$	$\varepsilon \approx N(0,1)$
$V_0$	50 \$	
Drift	5,16% a.a	
Desvio Padrão (Volatilidade)	31,51% a.a	

Fonte: Elaboração própria com base nos dados analisados

Onde  $\mu$  trata-se da taxa de retorno esperado e  $\sigma$  a volatilidade do valor do ativo.

Na figura 4, pode-se observar o gráfico gerado por simulação MGB, sobre o preço do petróleo.

Figura 4 – Simulação MGB, preço do petróleo

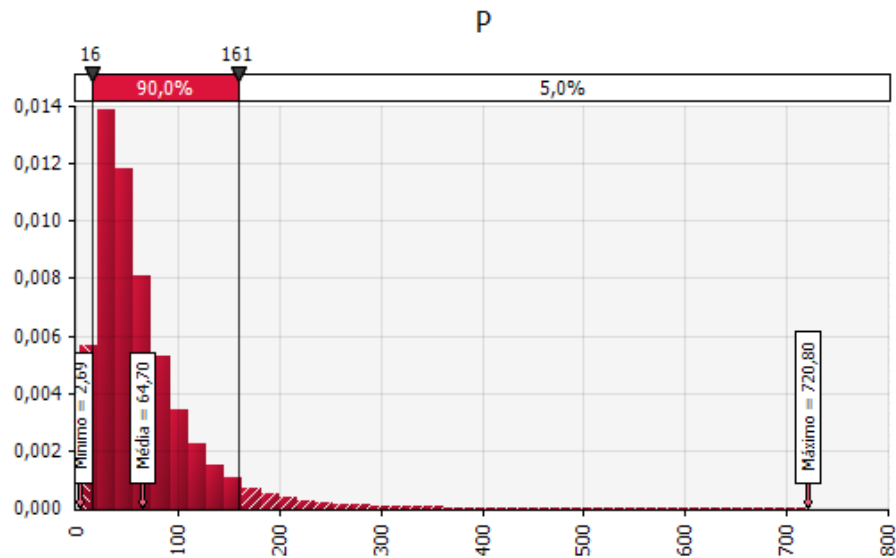




Fonte: Elaboração própria com base nos dados simulados

Então por simulação de Monte Carlo de 10.000 cenários no @Risk, após fazer o MGB, sobre a incerteza de mercado, ou seja, o preço do petróleo ( $P$ ), pode-se observar a figura 5, onde  $\mu = 5,16 a. a$  e  $\sigma = 31,51 a. a$ .

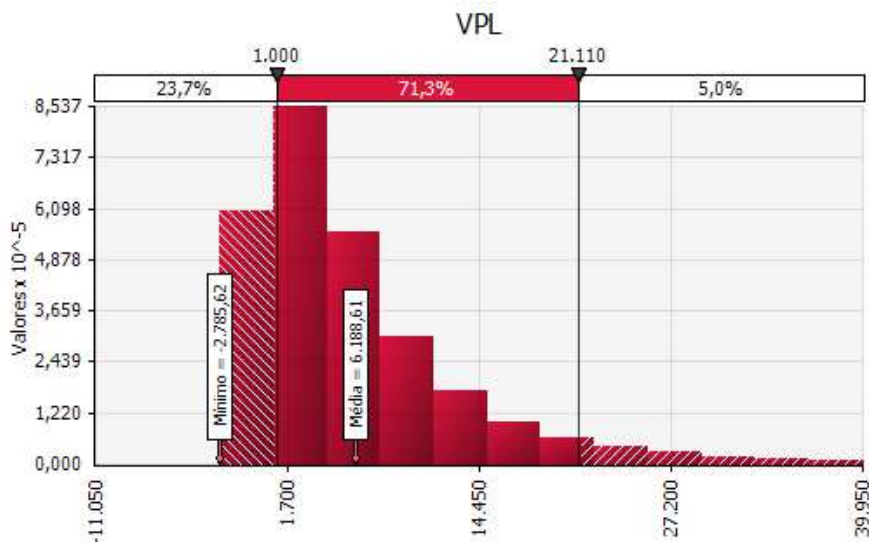
Figura 5 – Movimento geométrico Browniano para o preço do petróleo ( $P$ )



Fonte: Elaboração própria, com base nos dados simulados

Isto posto, na figura 6 pode-se observar o gráfico do VPL calculado, através da equação (1) supracitada. Para o cálculo foram consideradas as três incertezas ( $B$ ), ( $q$ ) e ( $P$ ). Nota-se que o resultado obtido foi um VPL positivo de 6.188,61\$.

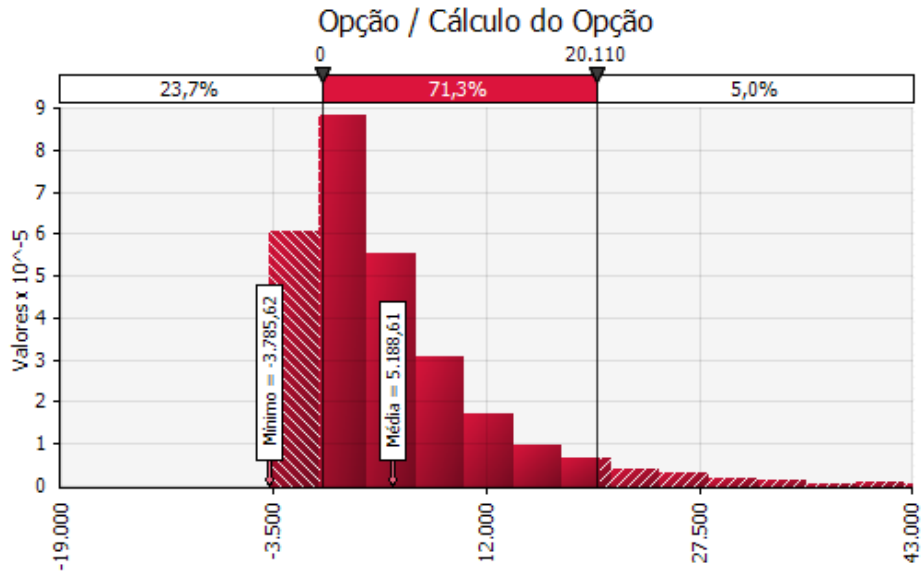
Figura 6 - VPL



Fonte: Elaboração própria

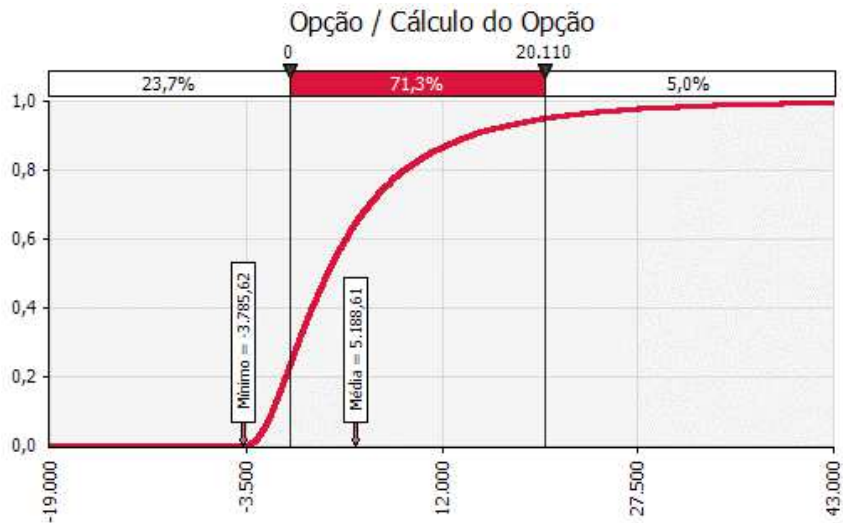
Nas figuras 7 e 8 pode-se observar o resultado do valor da opção em  $t = 1$ , a opção tem uma probabilidade de 23,7% de assumir VPL negativo, nota-se que o valor médio da opção é de 5.188,61\$.

Figura 7 - Opção



Fonte: Elaboração própria com base nos dados analisados

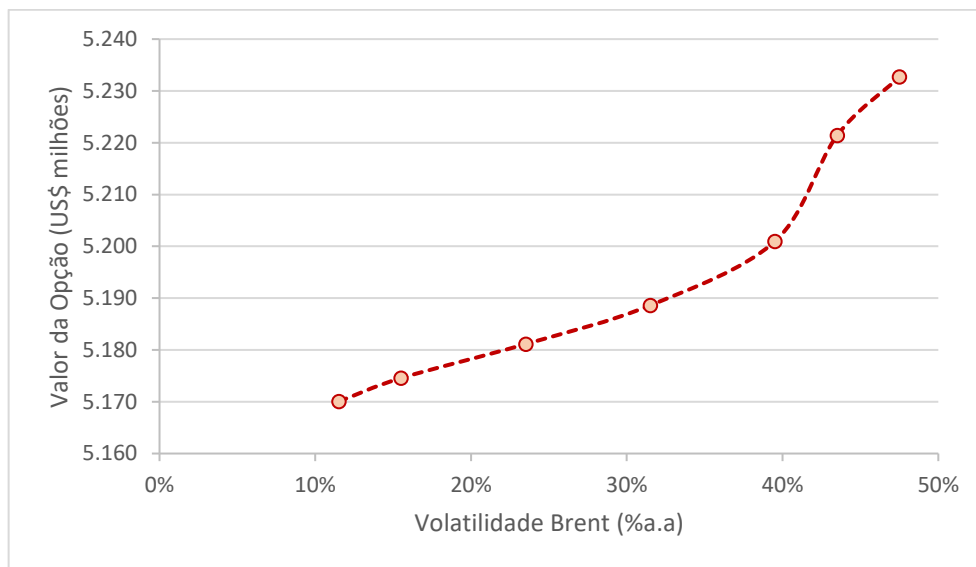
Figura 8 – Cálculo da opção



Fonte: Elaboração própria com base nos dados analisados

A figura 9 apresenta uma análise de sensibilidade sobre o valor da opção x a volatilidade do Brent, a mesma possibilidade verificar que quanto maior a volatilidade do preço do petróleo, maior o preço da opção, ou seja, quando o Brent aumenta o preço na opção também aumenta.

Figura 9 – Valor da opção x volatilidade do Brent



Fonte: Elaboração própria com base nos dados analisados

## 5. Conclusão

Este estudo objetivou avaliar por meio de (OR) a compra do direito de exploração petrolífera no bloco 123 na Bacia de Santos. Em 2022 a ANP busca promover a 25ª Rodada de Cessão de Blocos, objetivando a outorga de contrato de concessão para a prática de atividades de exploração de petróleo e gás natural, a área em questão possui 23.000 km<sup>2</sup> e a fase de exploração seria de um período correspondente a 8 anos, o prazo total do contrato é de 30 anos. O bônus a ser pago pela empresa interessada em adquirir este bloco é de US\$ 1.000 MM, e durante a fase de exploração exige-se um Programa Exploratório Mínimo (PEM) com a perfuração de 1 poço na região. As incertezas analisadas referentes à exploração da área são, o preço do petróleo, o volume e a qualidade do óleo e gás. Isto posto, analisou-se as incertezas separadamente utilizando o @Risk, foi feita uma simulação de 10.000 cenários pelo método de Monte Carlo, onde a qualidade do petróleo assumiu uma distribuição triangular com valor mínimo é de 6%, médio de 14% e máximo igual a 21%, tratando-se da incerteza sobre o volume, a mesmo também assumiu uma distribuição triangular, apresentando mínimo de 928, volume médio de 1028 e máximo de 1128, já para simulação do preço do petróleo utilizou-se o MGB, apresentando taxa de retorno esperado igual a 5,16% a.a e volatilidade do valor do ativo de

31,51% a.a. Com isto foi possível calcular o valor da opção de adquirir o bloco 123, sendo este de \$5.188, verificou-se também que a probabilidade de acontecer um VPL menor ou igual a zero é de 23,7%, e por fim pode-se notar que conforme a volatilidade do preço do petróleo aumenta o valor da opção também cresce, ou seja, um comportamento esperado pela literatura.

## REFERÊNCIAS

DIAS, M. A. G. **Análise de investimentos com opções reais – Teoria e prática com aplicações em petróleo e em outros setores** - Volume 2: Processos estocásticos e opções reais em tempo contínuo. Editora Interciência, 2015. 496p.

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

GONÇALVES, Raphael M. **Teoria das opções reais: a aplicação dessa ferramenta na análise de investimentos de pesquisa e desenvolvimento no setor de petróleo e gás natural**. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 2016.

MAGALHÃES, Frederico J. **Avaliação de campo de petróleo maduro por opções reais. Faculdade de Economia e Finanças IBMEC**, 2006.

MINARDI, Andrea M. **Teoria de opções aplicada a projetos de investimento**, Revista de Administração de Empresas – ERA, 2000.

MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA. Portaria nº 213, de 23 de Abril de 2019

SAUER, I. I. , ESTRELLA, D.O. G., **Nota técnica: Avaliação do Leilão do Óleo dos Campos da Cessão Onerosa**. Universidade de São Paulo. Instituto do Meio Ambiente. 2019

SILVA, Régis Y. **Proposta de metodologia de avaliação de portfólio por opções reais, considerando o valor da informação: um estudo de caso em exploração de petróleo**. Fundação Getúlio Vargas Escola de pós-graduação em economia- EPGE, 2010.

ZIDAN, L. E., **Análise econômica de projetos de exploração e produção de petróleo com unitização através do uso de opções reais**. PUC-RIO. 2019