

QUANTIFICANDO O VALOR DA INFORMAÇÃO: ESTUDO DE CASO DE UM PROJETO DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE GÁS NATURAL

QUANTIFYING THE VALUE OF INFORMATION: THE CASE STUDY OF A NATURAL GAS FIELD EXPLORATION AND PRODUCTION PROJECT

Carlos Heitor Campani

COPPEAD – UFRJ

carlos.heitor@coppead.ufrj.br

Renato Guimarães

COPPEAD – UFRJ

renato.guimaraes@gmail.com

Rafael Cardoso do Nascimento

COPPEAD – UFRJ

rafael.cardoso@coppead.ufrj.br

Submissão: 26/03/2018

Aprovação: 03/09/2019

RESUMO

Este artigo trata do valor da informação em um projeto de exploração e produção de gás natural. A análise financeira de campos de gás natural é parte fundamental na tomada de decisão de investimentos por parte das empresas do setor, governo e agentes do mercado financeiro. Uma análise eficaz pode poupar recursos econômicos importantes ou mesmo gerá-los quando tudo indicar o contrário. Durante as etapas do projeto de exploração e produção, o concessionário faz elevados investimentos em aquisições de dados geológicos, os quais aumentam o nível de conhecimento do ativo em questão. Este estudo de caso analisa esta questão à luz da Teoria das Opções Reais, utilizando o método de inversão bayesiana para quantificar o valor da informação, explorando opções de abandono e de expansão do projeto. A relevância do presente artigo consiste na apresentação de um modelo de avaliação aplicado a um segmento de altíssima importância para a economia brasileira.

Palavras-chave: Valor da informação. Opções reais. Árvores de decisão. Exploração e produção. Óleo e gás.

ABSTRACT

This article deals with the value of information in a natural gas exploration and production project. The financial analysis of natural gas fields is a fundamental part in the decision making process of investments by companies of the sector, government and agents of the financial market. An effective analysis can save important economic resources or even generate them when everything else indicates the opposite. During the stages of the exploration and production project, the concessionaire makes high investments in the acquisition of geological data, which increase the knowledge level of the asset in question.

This case study examines this issue in light of the Real Options Theory, using the Bayesian inversion method to quantify the value of the information, exploring abandon and expansion real options. The relevance of this article is the presentation of an evaluation model in its state-of-the-art applied in a segment of high importance to the Brazilian economy.

Keywords: Information value. Real options. Decision Trees. Exploration and production. Oil and gas.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, na análise de projetos e investimentos, o método dos Fluxos de Caixa Descontados (FCD) e seu principal indicador, o Valor Presente Líquido (VPL), se consolidou como a ferramenta mais utilizada por gestores em diversas áreas, principalmente devido a sua coerência teórica e facilidade de cálculo. Entretanto, de acordo com Trigeorgis (1993), muitos acadêmicos e gestores reconhecem que a técnica do fluxo de caixa descontado na avaliação de projetos possui limitações, já que não consegue utilizar de maneira eficiente as informações que chegarão e criarão as chamadas opções reais, relativas às flexibilidades gerenciais de maximização de valor, tais como adaptação e revisão do projeto. Dozza (2012) corrobora com esta visão, afirmando que o método tradicional dos fluxos de caixa é uma avaliação insuficiente para a tomada de decisão, por não permitir a correção dinâmica no tempo.

Seguindo estes pontos de vista, Hertz (1964) e Magee (1964), propuseram a utilização de árvores de decisão e simulações numéricas para capturar o valor da volatilidade com mais precisão e identificar o valor esperado para o projeto. Mas, assim como no fluxo de caixa descontado, tal metodologia também não leva em conta o valor das flexibilidades gerenciais.

Os trabalhos realizados por Black e Scholes (1973) e Merton (1973), abordando a precificação de opções financeiras, propuseram uma fórmula fechada para precificar opções. Igualmente, tais trabalhos estimularam o surgimento da Teoria das Opções Reais (TOR), embora o uso do modelo de precificação de Black – Scholes para opções reais tenha sérias deficiências por utilizar uma série de premissas sustentáveis para ativos financeiros mas nem tanto para projetos.

O objetivo deste artigo é elaborar um estudo de caso de *valuation* de um dos *leads* de um campo de petróleo e gás natural localizado na Bacia de Tucano na região nordeste do Brasil, sob a concessão, em 2015, da empresa petrolífera Petra Energia S.A. A opção considerada será a de manter uma área de concessão maior durante o período exploratório, para que ao término seja possível expandir o projeto através de um segundo *lead*. A opção real de abandono estará naturalmente inserida no processo de *valuation*.

O estudo consiste em uma valoração probabilística com a utilização da teoria de opções reais, com inversão bayesiana, e terá como base aspectos geológicos, operacionais, e econômicos descritos ao longo do documento. A relevância deste trabalho se dá pelo fato de aplicar a metodologia de análise bayesiana a fim de quantificar as incertezas técnicas envolvidas em um projeto real de exploração e produção. Este tópico é de elevada importância para as empresas do setor, mas na maioria dos casos a metodologia não é empregada por desconhecimento técnico, produzindo *valuations* equivocados, o que por sua vez pode ter como consequência decisões incorretas (e perda econômica).

Espera-se assim estimular tomadores de decisões a utilizar esta metodologia, mostrando o passo a passo para tal. A questão de analisar o valor da opção de expansão comparando com o custo de retenção de área também é outro fator interessante para os analistas de óleo e gás.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As opções reais têm sido largamente utilizadas como principal ferramenta de avaliação em diferentes setores da economia, principalmente em situações em que o método do fluxo de caixa descontado tradicional não consegue capturar o valor das flexibilidades gerenciais presentes nos projetos. Com a popularização da TOR, diversos pesquisadores dedicaram publicações analisando a teoria e sua aplicabilidade em diversos tipos de projeto.

Zhu e Fan (2011), aplicando a TOR, estudaram o setor de geração de energia chinês com atenção para a implantação de uma nova tecnologia: o sistema de captura e armazenagem de carbono. O modelo considera as incertezas do custo de geração da energia térmica existente, o preço do carbono, o custo de implantação da tecnologia e o custo de geração de energia através da nova tecnologia. Francisco e Pires (2014) fizeram um estudo de caso para valorar uma planta *Gas to Liquid* e incluíram duas opções reais como parte da análise. A primeira opção era uma opção de *switch use* dos *inputs* e dos *outputs*, enquanto a segunda era uma opção de parada temporária. A primeira opção se valia da flexibilidade de alteração dos insumos e dos produtos, dependendo do custo e do preço de venda dos mesmos no mercado. A segunda opção permitia que o gestor determinasse que, durante um determinado período, a planta não funcionasse. O VPL sem flexibilidade do projeto era negativo, mas, quando consideradas as flexibilidades de *input/output*, e de parada temporária separadamente, o valor do projeto se tornava positivo.

O trabalho de Fernandes, Maia e Gomes (2015) analisa a viabilidade econômica de um projeto de armazenamento do excedente de gás advindo do setor de suinocultura de uma granja na região Sul do Brasil. O estudo considerou a opção de adiar a venda da energia produzida no mercado *spot* pela estocagem dessa energia na forma de gás. A avaliação econômica utilizando a TOR mostrou que a possibilidade de estocagem e a flexibilidade de venda no mercado *spot* ou no regulado contribuía significativamente para aumentar o valor do projeto.

A TOR foi utilizada por Cortazar, Schwartz e Casassus (2003) na avaliação de uma mina de carvão a fim de se determinar o melhor momento para expansão da mesma. Estes autores afirmam que a maior parte das firmas que já utilizavam a TOR para avaliação de seus projetos o faziam de forma limitada, e muitas vezes lançando mão da fórmula de Black and Scholes (1973) sem a devida adaptação.

No caso da indústria de óleo e gás, Ekern (1988) desenvolveu um interessante trabalho na avaliação de projetos de petróleo à luz de uma abordagem de precificação de opções. Apesar de reconhecer em seu artigo que os exemplos simplificados com os quais trabalha não são suficientes para justificar a utilização dessa abordagem, aponta que a teoria estava em fase inicial e que havia muito trabalho a ser feito àquela época. Sugere ainda que a utilização na indústria de petróleo, por apresentar grandes volumes de investimento e incertezas, é o terreno ideal para o avanço dessa metodologia.

Lautier (2003) fez uma avaliação de um campo de petróleo utilizando a TOR e as informações fornecidas pela estrutura a termo dos preços da *commodity*. Dentro de todas as possíveis opções inerentes à natureza do negócio, o autor utilizou apenas uma opção real: a de postergação da exploração. Foi também suposto que a única fonte de incerteza seria dada pela variação dos preços do ativo subjacente, por ter bastante influência na decisão de investimento.

Segundo Armstrong et al. (2004), aplicações da TOR anteriores se concentraram em discutir as incertezas em parâmetros financeiros, tais como o preço do ativo subjacente, e em sua maioria ignoraram as incertezas nos parâmetros técnicos, como reservas recuperáveis. Em alguns casos, a empresa pode reduzir tais incertezas comprando informações adicionais e em

sequência atualizar os valores dos parâmetros técnicos e o valor do projeto em si. Os autores endereçaram a opção de adquirir mais informações utilizando uma análise bayesiana e concluíram que a informação disponibilizada no futuro pode agregar bastante valor ao projeto. O presente artigo expande esta linha de pesquisa, ao incluir as opções reais de abandono e de expansão num campo de gás natural, setor importantíssimo para a economia brasileira.

3 ESTUDO DE CASO

Todo projeto de exploração e produção pode ser dividido em várias etapas, com riscos e montantes de investimento característicos. A fase de exploração inicial é a mais arriscada, mas necessita de montantes relativamente baixos de investimento. Nessa fase, os investidores fazem estudos prospectivos para levantar mais informações que ajudem na tomada de decisão de avançar para a próxima etapa. Em seguida, parte-se para o investimento em delimitação do campo, quando já se tem uma incerteza menor, mas ainda é necessário verificar o tamanho da reserva para certificar-se de sua viabilidade econômica. Investimentos maiores em perfuração de poços são incorridos. Por último, a empresa parte para a fase de desenvolvimento. Nesta etapa, a chance de encontrar algo economicamente viável é relevante e os investimentos são bastante elevados, pois, além de fazer a perfuração e completação de todos os poços, a empresa faz o investimento em infraestrutura e todo arcabouço necessário para a produção.

Será considerada a exploração de dois potenciais campos de gás identificados na bacia de Tucano, no estado da Bahia, na região nordeste do Brasil. Após a aquisição de dados técnicos, foram identificadas algumas regiões em que se mostraram ter condições para armazenar quantidades comerciais de gás. Toda essa avaliação foi realizada pela equipe técnica da empresa que gentilmente cedeu os dados para os autores.

Os *leads* estão localizados em um dos blocos concedidos pela ANP para a empresa Petra Energia. O foco desse estudo de caso é analisar as possibilidades do projeto e estudar as possíveis tomadas de decisão, dada a incerteza dos dados, gerando informações que podem ser analisadas financeiramente para que se possa ter uma estimativa de valor do projeto.

Dois *leads* foram então escolhidos, segundo o critério de probabilidade de sucesso. Seus potenciais têm forte correlação, de forma que, após a prospecção mais profunda do primeiro, se tenha maior conhecimento de ambos, diminuindo a incerteza da segunda etapa do projeto. Toda a interpretação geológica dos *leads* e a correlação entre eles foi desenvolvida pela equipe técnica da empresa. Esses dados serão utilizados como parâmetros de entrada.

A produção do gás foi negociada com uma termoelétrica da região, por um preço fixo, em termos reais, para a venda do hidrocarboneto. O preço do gás acordado foi em dólares americanos (US\$), assim como quase a totalidade da estrutura de custo do projeto. Dessa forma, utilizaremos no trabalho todo o fluxo de caixa em dólares americanos e uma taxa de desconto consistente com essa premissa. O estudo de caso se concentrará nas incertezas técnicas do projeto possibilitando analisar o valor da informação obtida por novos levantamentos de dados.

Após o resultado do primeiro *lead*, a empresa ainda tem a opção de repetir o processo para o segundo *lead* de maior potencial da bacia, mas agora com mais informações, de forma a reduzir consideravelmente o risco do segundo projeto.

3.1 VARIÁVEIS DE ENTRADA DO MODELO

Quando os blocos da bacia de Tucano foram adquiridos pela empresa, já haviam sido realizados diversos levantamentos geológicos na área como sísmicas, levantamentos aerogravimétricos, e até outros poços na região já haviam sido perfurados. Dessa forma, foi

possível obter informações relevantes mesmo antes do início ao projeto. Essas informações foram interpretadas pela equipe técnica da empresa, e concluiu-se que a probabilidade de existir reserva comercial $P(RC)$ é de 20% no *lead* com maior potencial da bacia.

A equipe técnica da empresa tem a opção de adquirir mais dados técnicos para só depois dar início à fase de delimitação do campo, ou pode optar por ir diretamente para a segunda fase. No primeiro caso, a aquisição de novos dados iria aumentar o conhecimento sobre o campo, de forma que uma decisão com menos incertezas pudesse ser tomada. Já no segundo caso, o projeto seria adiantado em um ano, aumentando seu valor presente, e não seria necessário incorrer em mais gastos exploratórios.

Caso a primeira opção fosse escolhida, a empresa iria adquirir mais informações, que podem ser interpretadas probabilisticamente. Caso haja realmente uma reserva comercial a ser explorada na área, a probabilidade de as interpretações dos novos levantamentos de dados escolhidos confirmarem a suspeita é $P(EC | RC) = 90\%$. Da mesma maneira, se não houver uma quantidade suficiente de gás a ser produzida comercialmente, a interpretação dos dados ainda pode sugerir que há uma reserva comercial. A probabilidade desse evento pode ser representada como $P(EC | RNC) = 20\%$. Todos esses dados foram obtidos diretamente com a empresa.

Para que seja possível utilizar esse dado para quantificar o valor da informação, necessita-se saber a probabilidade de a campanha exploratória identificar a presença de reserva, representada por $P(EC)$. Seja $P(RC | EC)$ a probabilidade condicional de haver reserva comercial após a campanha exploratória apontar indícios da mesma. Analogamente, seja $P(RC | ENC)$ a probabilidade de haver uma reserva comercial na ocasião da campanha exploratória não confirmar a existência da mesma. Esses valores podem ser obtidos através da técnica de inversão bayesiana:

$$P(EC) = 34\% ;$$

$$P(RC | EC) = 53\% ; e$$

$$P(RC | ENC) = 3\% .$$

Para se chegar aos valores acima, observe a Tabela 1 abaixo. Na célula $EC \times RC$, o valor 18% é encontrado multiplicando-se $P(RC)$ por $P(EC | RC)$, ou seja, $20\% \times 90\%$. O valor da célula $ENC \times RC$ é calculado pela diferença $20\% - 18\% = 2\%$. Por sua vez, na célula $EC \times RNC$, o valor 16% é encontrado multiplicando-se $P(RNC)$ por $P(EC | RNC)$, ou seja, $80\% \times 20\%$. O valor da célula $ENC \times RNC$ é calculado pela diferença $80\% - 16\% = 64\%$.

Tabela 1 – Descritivo da metodologia de inversão Bayesiana para o primeiro *lead*.

	RC	RNC	Total
EC	18%	16%	34%
ENC	2%	64%	66%
Total	20%	80%	100%

Fonte: Elaborada pelos autores.

Com isso, para se calcular $P(EC)$, basta somar a primeira linha da Tabela 1 (34%). Para se determinar $P(RC | EC)$, trabalha-se na primeira linha: $18\% / 34\% = 53\%$. Por sua vez, a probabilidade $P(RC | ENC)$ é determinada pela divisão de 2% por 66% ($2\% + 64\%$) = 3%.

Com esses dados, a empresa pode optar por continuar ou não com a delimitação do campo, e seu posterior desenvolvimento para produção do gás incorreria, obviamente, nos custos de delimitação e desenvolvimento que se fizerem necessários. Após o término dessas etapas, é possível ainda repetir o procedimento em outro *lead* análogo ao primeiro, de segundo maior potencial da bacia.

Caso o primeiro *lead* seja de reserva comercial (sucesso), a probabilidade da existência de reserva comercial no segundo *lead* aumenta significativamente. Nesse caso, a equipe técnica da empresa estima que a probabilidade de existência de reserva comercial no segundo *lead*, representada por $P(RC2)$ seja igual a 48%. A qualidade da interpretação da campanha exploratória é também superior, já que alguns padrões identificados na primeira serão interpretados com maior nível de certeza, de modo que $P(EC2 | RC2) = 95\%$ e $P(EC2 | RNC2) = 10\%$. A teoria de inversão bayesiana nos permite concluir que:

$$P(EC2) = 51\% ;$$

$$P(RC2 | EC2) = 90\% ; e$$

$$P(RC2 | ENC2) = 5\% .$$

Para se chegar aos valores acima, observe a Tabela 2 abaixo. Na célula $EC2 \times RC2$, o valor 46% é encontrado multiplicando-se $P(RC2)$ por $P(EC2 | RC2)$, ou seja, $48\% \times 95\%$. O valor da célula $ENC2 \times RC2$ é calculado pela diferença $48\% - 46\% = 2\%$. Por sua vez, na célula $EC2 \times RNC2$, o valor 5% é encontrado multiplicando-se $P(RNC2)$ por $P(EC2 | RNC2)$, ou seja, $52\% \times 10\%$. O valor da célula $ENC2 \times RNC2$ é calculado pela diferença $52\% - 5\% = 47\%$.

Tabela 2 – Descritivo da metodologia de inversão Bayesiana para o segundo *lead*.

	RC2	RNC2	Total
EC2	46%	5%	51%
ENC2	2%	47%	49%
Total	48%	52%	100%

Fonte: Elaborada pelos autores.

Com isso, para se calcular $P(EC2)$, basta somar a primeira linha da Tabela 2 (51%). Para se determinar $P(RC2 | EC2)$, trabalha-se na primeira linha: $46\% / 51\% = 90\%$. Por sua vez, a probabilidade $P(RC2 | ENC2)$ é determinada pela divisão de 2% por 49% ($2\% + 47\%$) = 5%.

De forma semelhante, a empresa pode optar ou não pela continuidade do segundo projeto. Considerando agora a hipótese de, após a delimitação do primeiro *lead* não ser encontrado um campo de gás, a probabilidade de existir uma reserva comercial no segundo *lead* diminui bastante, de forma que se estima nesse caso que a probabilidade de existir reserva comercial seja de apenas 10%. A qualidade da campanha exploratória permanece a mesma daquela realizada para o primeiro *lead* e as probabilidades condicionais obtidas através de inversão bayesiana são:

$$P(EC) = 27\% ;$$

$$P(RC | EC) = 33\% ; e$$

$$P(RC | ENC) = 1\% .$$

Os valores acima foram calculados de maneira análoga aos cálculos explicados acima, sob o auxílio das Tabelas 1 e 2. Também cabe importante ressaltar que toda esta avaliação é baseada em modelos geológicos oriundos de dados históricos da companhia.

De acordo com a interpretação dos dados pré-existentes, estima-se que o volume recuperável de gás natural no *lead* de maior potencial da bacia seja de 4,5 bilhões de metros cúbicos. Cada poço irá iniciar a produção com a vazão de 150 mil m³ por dia e permanecerá com essa vazão por seis anos, período considerado de *plateau* da produção. Após esse período, haverá um declínio da produção de 7% ao ano por 10 anos, de forma que cada poço irá produzir um total de 680 milhões de metros cúbicos. O segundo *lead* de maior potencial da bacia foi considerado, para efeitos de cálculo neste estudo de caso, como sendo idêntico ao primeiro, de forma a apresentar mesmo volume e condições de produção análogas. De fato, os *leads* são bastante semelhantes e não se considerou nenhuma vantagem diferenciá-los quanto ao seu potencial volumétrico tendo em visto as incertezas das estimativas.

Para o cálculo da taxa de juros utilizada para descontar os fluxos de caixa futuros, optou-se por usar o método do CAPM internacional, apresentado na equação (1).

$$E(r_j) = r_f + \beta(E(r_m) - r_f) + r_p \quad (1)$$

Na equação acima, $E(r_j)$ representa a taxa de rentabilidade exigida de um ativo j , r_f é a taxa de rentabilidade de um ativo livre de risco no mercado americano, β é o risco não diversificável, também denominado risco sistemático. A parcela $E(r_m)$ representa a rentabilidade esperada da carteira de mercado americana e a diferença $E(r_m) - r_f$ representa o prêmio de risco do mercado americano. Por fim, r_p representa o risco do país em que o projeto está sendo executado. Neste estudo de caso, a taxa de rentabilidade do ativo sem risco foi obtida no site *U.S. department of the Treasury*, consultado em 20/07/2016. Para tal foi utilizada a taxa do dia do *Treasury Bond* de 10 anos (10-year T. Bond): 1,59% ao ano.

O risco não diversificável foi obtido através de consulta ao site *Damodaran Online*. O beta (β) foi calculado com base em um estudo de 149 empresas de exploração e produção de óleo e gás nos Estados Unidos. O valor do risco sistemático considerado neste estudo de caso foi 0,95.

A rentabilidade esperada da carteira de mercado americana foi estimada como a média dos retornos anuais do S&P500 entre os anos de 2006 e 2015, igual a 5,47% ao ano, de forma que:

$$E(r_m) - r_f = 3,88\%$$

Para o risco-país, foi utilizado o índice EMBI+, que se baseia em títulos de dívida emitidos pelos países emergentes. O índice para determinado país mostra a diferença entre a taxa de retorno dos títulos deste país e a oferecida por títulos emitidos pelo tesouro americano. Essa diferença é denominada *spread*. O valor do EMBI+ foi consultado no site Ipea Data, atualizado em 10 de dezembro de 2015, e igual a 4,44% para o Brasil. Uma alternativa ao uso do índice supracitado seria o *CDS spread* (que na mesma data apontava um valor de 4,35%). Será utilizado o EMBI+ pelo fato de já ser utilizado pela empresa cedente dos dados em suas avaliações econômicas.

Com isso, chega-se ao retorno esperado pelo acionista para o projeto alvo deste estudo de caso: $E(r_j) = 9,72\%$ ao ano. A taxa calculada encontra-se em bases nominais e, para transformá-la em bases reais, será descontada a inflação americana. Em consulta ao site Trading Economics, em 20 de julho de 2016, a estimativa para inflação anual, com base no CPI norte-americano, até 2020 é de 2,5% ao ano. Utilizaremos a equação (2) para descontar tal taxa de inflação da taxa nominal acima:

$$E(r_{j,real}) = \frac{[1+E(r_j)]}{(1+exp.inf.)} - 1 \quad (2)$$

Tem-se, então, que $E(r_{j,real}) = 7,04\%$. Essa taxa será utilizada para descontar o fluxo de caixa operacional, ou seja, aquele relacionado à produção do gás. Dado que o fluxo de caixa é não convencional, calculou-se o VPL como sugerido em Campani (2014), que aponta os problemas de se considerar o VPL usualmente calculado quando em projetos com fluxos de caixa não convencionais (ou seja, com mais de uma inversão de sinal).

O projeto estudado terá seu custo financiado da seguinte maneira: todo o investimento, exceto o de desenvolvimento, será suprido por capital próprio. O investimento em desenvolvimento, por sua vez, será custeado por terceiros em 75% do seu valor total, com uma taxa de juros real de 6% ao ano e período de amortização de 10 anos com parcelas constantes.

O projeto está condicionado a alguns termos impostos por agentes externos, ou negociados com eles. Os agentes externos em questão são o governo e a termoeletrica para a qual a empresa fará a venda do gás natural. O Governo determina o *royalty* de 11%, a ser pago sobre a receita proveniente do volume produzido, e o imposto de renda de 15%, a ser pago sobre o lucro do projeto. Com a termoeletrica, foi negociado um valor de 12 dólares por milhão de btu (US\$ 12/MMBTU). Considerando que o gás natural produzido tenha um poder calorífico de 755 BTU/pé³, o preço do gás expresso em US\$/m³ é de US\$0,32/m³.

Para a fase exploratória, a empresa pretende gastar US\$ 5 milhões em 200 km² de sísmica 3D, e US\$ 8 milhões em duas reentradas em poços pré-existentes. Na fase de delimitação da reserva, pretende-se gastar US\$ 51 milhões em quatro poços e, na fase de desenvolvimento, a empresa irá incorrer no gasto de US\$ 38 milhões relativos a mais três poços, e US\$ 69 milhões, para construção de uma planta de processamento de gás e toda a infraestrutura necessária para a produção.

A fim de garantir o correto abandono dos poços, o governo sugere que se faça uma provisão do custo de abandono, avaliado em US\$ 100.000 por poço. Com 7 poços, o custo total de abandono chega então a US\$ 700.000, a ser provisionado ao longo do tempo de produção. A cada ano, será provisionada uma parcela do custo total. Essa parcela é calculada como proporção da produção naquele ano sobre a totalidade da reserva a ser produzida, multiplicado pelo custo total.

Os custos operacionais foram divididos em fixos e variáveis. Os custos operacionais fixos foram estimados em US\$ 7 milhões por ano e os custos variáveis, em US\$ 0,021/m³.

3.2 CÁLCULO DOS FLUXOS DE CAIXA DO PROJETO

As Tabelas 3 e 4 e a Figura 1 detalham o projeto para o caso base, sem a opção de expansão. Observa-se que quando consideramos a alternativa de seguir diretamente para a fase de desenvolvimento, o valor presente no caso de sucesso é mais elevado do que se for feita uma campanha exploratória precedente, mas se considerarmos os valores esperados para cada situação vemos que é mais vantajoso realizar a campanha exploratória. Isso se deve ao fato de no segundo caso diminuir a probabilidade de gasto com poços de delimitação que podem indicar a não comercialidade da reserva. Dessa forma, o valor esperado da opção sem a campanha exploratória é de US\$ 36 milhões e o valor esperado da opção com a campanha exploratória, desconsiderando seu custo, é de US\$ 55 milhões, revelando que a informação agregou ao projeto um total de US\$ 19 milhões. Como seu custo estimado é de US\$ 13 milhões, pode-se concluir que o VPL da campanha exploratória é de US\$ 6 milhões.

Tabela 3 - Descrição e valoração dos cenários sem a opção de expansão.

Cenários	Probabilidade	Valor Presente
Campanha exploratória não indica a existência de reserva	66%	-US\$ 13 milhões
Campanha exploratória indica a existência de reserva, mas poços de delimitação não confirmam	16%	-US\$ 62 milhões
Campanha exploratória indica a existência de reserva e poços de delimitação confirmam	18%	US\$ 336 milhões
Valor esperado do projeto	100%	US\$ 42 milhões

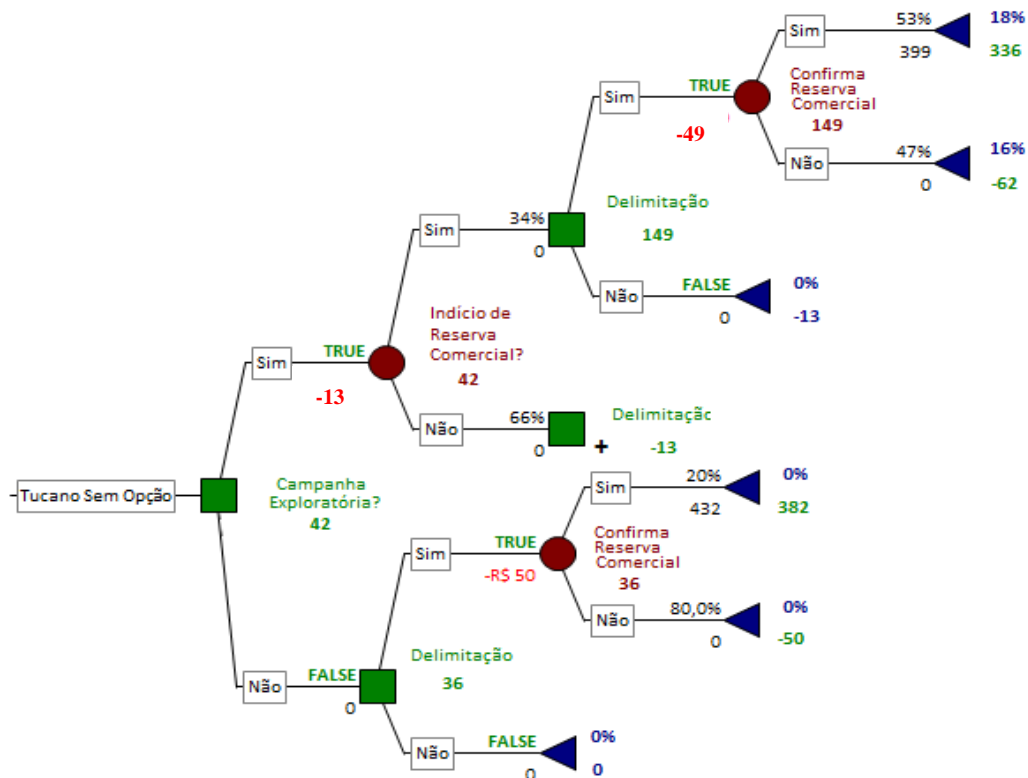
Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 4 - Tomadas de decisão sem a opção de expansão.

Tomadas de decisão	Sim	Não
Campanha exploratória?	US\$ 42 milhões	US\$ 36 milhões
Prosseguir com delimitação após a não indicação de reserva pela campanha exploratória?	-US\$ 50 milhões	-US\$ 13 milhões
Prosseguir com delimitação após a indicação de reserva pela campanha exploratória?	US\$ 149 milhões	-US\$ 13 milhões

Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 1: Árvore de decisão do projeto sem a opção de expansão.



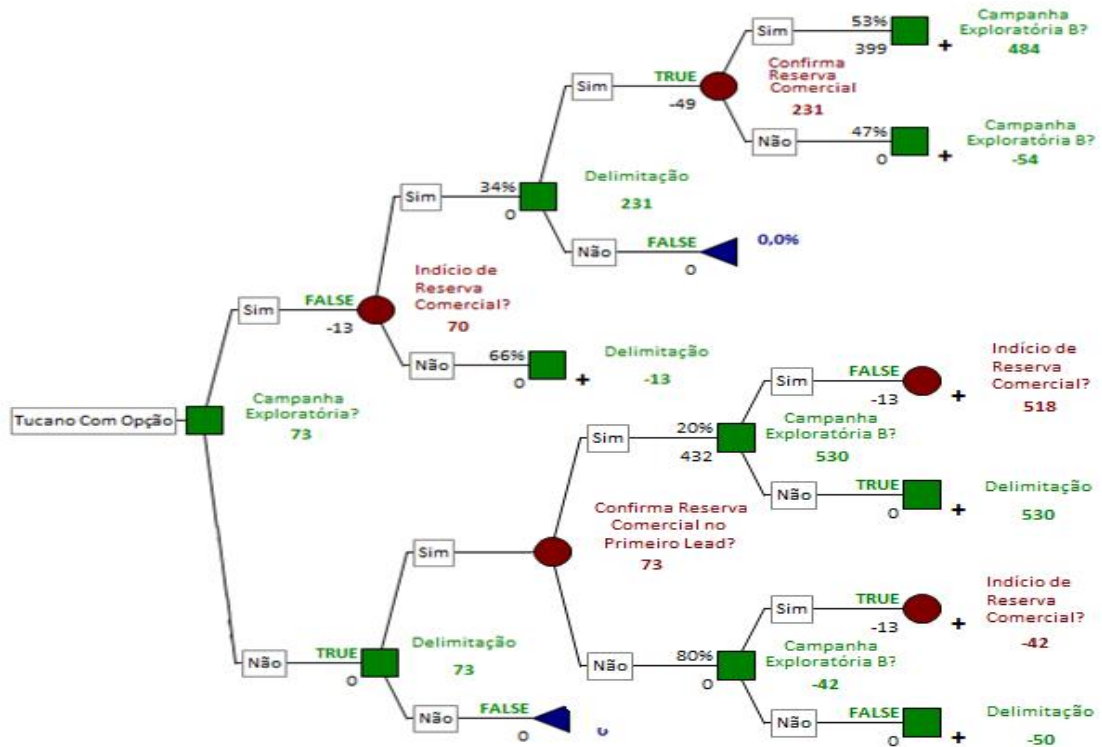
Fonte: Elaborada pelos autores.

3.3 CASO DO PROJETO COM A OPÇÃO DE EXPANSÃO

Admite-se nesse cenário que há outro *lead* análogo na bacia, de mesmo potencial volumétrico do primeiro. Obtendo maiores informações com a exploração do primeiro *lead*, automaticamente ganha-se conhecimento sobre esse segundo *lead*. Esse conhecimento adicional pode ser traduzido por uma mudança nas probabilidades de se encontrar a reserva e alterando também a qualidade da interpretação de novas informações. Seja qual for a opção escolhida no primeiro *lead*, ou seja, se a empresa faria a campanha exploratória ou seguiria diretamente para a fase de delimitação, finda essa etapa, a empresa poderia optar por realizar uma nova campanha exploratória para o segundo *lead* ou então seguir diretamente para a fase de delimitação. Em outras palavras, isso significaria iniciar um novo projeto com as mesmas características e alternativas do primeiro. Para que seja possível analisar corretamente cada situação, segrega-se o novo projeto de cada um dos nós finais da árvore de decisão do primeiro projeto.

Analisando o caso com a opção de expansão, concluímos que a melhor decisão a ser tomada pela empresa seria de não fazer a campanha exploratória no primeiro *lead*, partindo diretamente para a fase de delimitação. Esse resultado é bastante interessante, pois altera a decisão ótima no caso anterior. Em outras palavras, a opção real de um segundo *lead* faz com que a estratégia ótima no primeiro *lead* seja alterada.

Figura 2: Árvore de decisão do projeto com a opção de expansão.



Fonte: Elaborada pelos autores.

No caso em que a empresa opte pela campanha exploratória no primeiro *lead*, essa campanha indica a presença da reserva e a delimitação confirma a presença de reserva comercial, os cálculos mostram que o valor da nova informação é de apenas US\$ 1 milhão

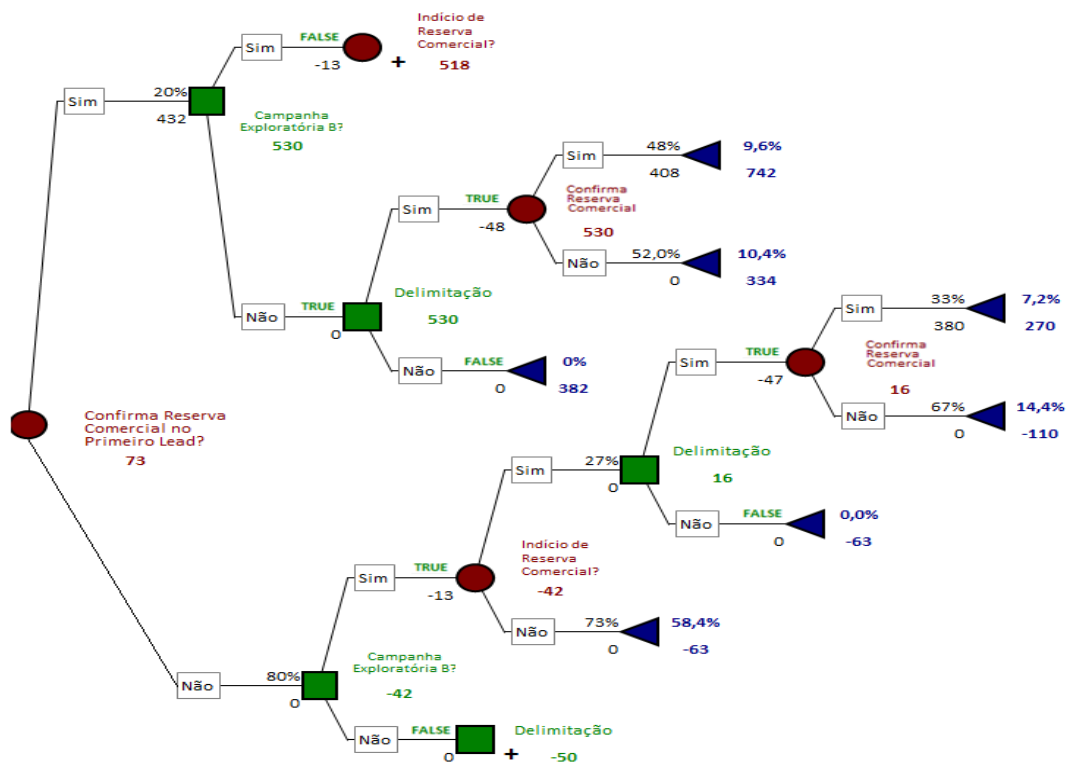
sendo seu custo de US\$ 5 milhões, apresenta valor presente líquido de -US\$ 4 milhões. Dessa forma, a decisão por investir em uma nova campanha exploratória pode ser questionada. É importante observar que, nesse caso, não serão feitas as duas reentradas em poços, pois estas já foram realizadas anteriormente, fazendo com que o custo de exploração a valor presente seja reduzido para US\$ 5 milhões.

Como o VPL da nova informação é negativo, vale considerar a decisão de não fazer novos levantamentos de dados. Neste caso, o valor esperado do projeto após confirmada a reserva no primeiro lead é de US\$ 484 milhões, podendo assumir os valores de US\$ 697 milhões caso seja confirmada a reserva no segundo lead ou US\$ 288 milhões caso a reserva no segundo lead não seja confirmada.

Caso a empresa opte por fazer a campanha exploratória, teremos a seguinte situação: se esses dados indicarem a existência de reserva no segundo *lead*, prossegue-se com a fase de delimitação. Se a reserva for confirmada, ela eleva o valor do projeto de US\$ 336 milhões para US\$ 626 milhões; caso contrário, o valor do projeto cai para US\$ 332 milhões.

Este trabalho dá maior ênfase ao caminho de maior VPL, que no caso do projeto com a opção de expansão é partir diretamente para a fase de delimitação no primeiro Lead e, caso seja confirmada a reserva, também seria desnecessária uma campanha exploratória para o segundo lead. Caso a delimitação da primeira fase não confirme reserva para o primeiro lead, neste caso o estudo aponta que uma campanha exploratória para o segundo lead ainda poderia agregar valor ao projeto, como pode ser observado na Figura 3.

Figura 3: Árvore de decisão no caso de a decisão ter sido partir diretamente para a fase de delimitação do primeiro lead.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Similarmente ao primeiro *lead*, caso seja feita a campanha exploratória e esta não indique a existência de reserva, as probabilidades de sucesso se reduzem a um nível que torna absolutamente inviável a continuidade do projeto, situação esta apresentada.

Na situação em que não tenha sido feito nenhum levantamento geológico para exploração do primeiro *lead*, mas, ainda assim, a delimitação confirmou a existência de reserva. Nesse caso, os cálculos apontam que novos levantamentos de dados são absolutamente desnecessários, visto que o valor adicionado pelas novas informações ficaria muito aquém do custo da campanha exploratória necessária, apresentando VPL negativo de US\$ 12 milhões. Tal fato pode ser facilmente explicado se considerarmos que a delimitação bem-sucedida no primeiro *lead* foi mais do que necessária para se decidir prosseguir para o segundo *lead* de maior potencial. Decidindo pela delimitação do segundo *lead*, e este tendo confirmado a reserva, o VPL do projeto aumenta de US\$ 382 milhões para US\$ 742 milhões; caso contrário, o VPL final fica em US\$ 334 milhões.

Considerando a situação na qual não se tenha feito campanha exploratória para o primeiro *lead* e a delimitação do mesmo não confirmou a existência de reserva, os cálculos sugerem que se proceda a uma campanha exploratória para o segundo *lead*. Caso a campanha exploratória não indique a existência de reserva, VPL fica em -US\$ 63 milhões o que pode ocorrer com 58,4% de probabilidade. Do contrário, prossegue-se com a delimitação e os outputs possíveis são US\$ 270 milhões com 7,2% de probabilidade e de -US\$ 110 milhões com 14,4% de probabilidade. A Tabela 5 apresenta os possíveis cenários do projeto e suas probabilidades de ocorrência. Na Tabela 6, pode-se perceber as tomadas de decisão que precisarão ser feitas ao longo da vida do projeto.

Tabela 5 - Descrição e valoração dos cenários do projeto.

Cenários	Probabilidade	Valor Presente
Não se confirma reserva comercial no primeiro Lead através de desenvolvimento direto e campanha exploratória do projeto B não indica reserva comercial no segundo Lead	58%	-US\$ 63 milhões
Não se confirma reserva comercial no primeiro Lead através de desenvolvimento direto, campanha exploratória do projeto B indica reserva comercial no segundo Lead, mas poços de delimitação não confirmam.	14%	-US\$ 110 milhões
Não se confirma reserva comercial no primeiro Lead através de desenvolvimento direto, campanha exploratória do projeto B indica reserva comercial no segundo Lead e poços de delimitação confirmam.	7%	US\$ 270 milhões
Confirma reserva comercial no primeiro Lead através de desenvolvimento direto e não se confirma reserva comercial no segundo lead através de desenvolvimento direto	10%	US\$ 334 milhões
Confirma reserva comercial no primeiro Lead através de desenvolvimento direto e confirma reserva comercial no segundo lead através de desenvolvimento direto	10%	US\$ 742 milhões
Valor esperado do projeto		US\$ 73 milhões

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 6 - Descrição das tomadas de decisão do projeto.

Tomadas de decisão	Sim	Não
Campanha exploratória no primeiro Lead? (resposta negativa significa partir diretamente para delimitação)	US\$ 70 milhões	US\$ 73 milhões
Campanha exploratória no segundo lead caso não se confirme a reserva no primeiro lead através de desenvolvimento direto? (resposta negativa significa partir diretamente para delimitação)	-US\$ 42 milhões	-US\$ 50 milhões
Fazer a delimitação no segundo lead caso a campanha exploratória B tenha indicado a existência de reserva comercial no segundo lead?	US\$ 16 milhões	-US\$ 63 milhões
Campanha exploratória no segundo lead caso confirme a reserva no primeiro lead através de desenvolvimento direto? (resposta negativa significa partir diretamente para delimitação)	US\$ 518 milhões	US\$ 530 milhões

Fonte: Elaborada pelos autores.

Em um projeto de exploração e produção gás, identificam-se, na maior parte dos casos, duas variáveis como sendo as que mais alteram o valor do projeto. Essas variáveis são o preço de venda do gás produzido e o volume recuperável da reserva em questão. Obviamente, há outras variáveis que afetam o valor do projeto, tais como o custo de produção, a quantidade de poços de desenvolvimento a serem perfurados e o investimento a ser realizado. Porém, neste estudo, serão mantidas constantes tais variáveis, consideradas de segunda ordens. Além disso, neste caso, o preço de venda do gás é fixo em termos reais, sendo apenas atualizado pela inflação, pois, como foi comentado anteriormente, existiria um contrato pré-fixado de venda do gás nesses termos. Desta forma, analisa-se aqui somente o impacto da variação da variável que representa o volume da reserva no valor esperado dos projetos considerando as duas alternativas iniciais de cada um deles.

A fim de se analisar a relevância do volume da reserva, fez-se um estudo de sensibilidade no qual se previu uma variação de $\pm 25\%$ e $+50\%$ sobre o valor base. Na Tabela 5, apresentamos os possíveis resultados.

Observa-se na Tabela 7 que o volume da reserva tem impacto significativo no valor do projeto. Observa-se igualmente que o valor da opção, quando se considera fazer o projeto sem a campanha exploratória, é maior, dado que é um projeto de maior risco. O valor da informação apresenta uma redução quando se considera o projeto com e sem a opção de expansão, explicada pelo fato de que a informação obtida pela delimitação direta do primeiro *lead* estaria agregando valor ao segundo projeto.

Tabela 7 - Resultado da análise de sensibilidade do projeto (todos os valores em US\$ milhões).

VPL [milhões US\$]	Reserva [Bm ³]	Com Campanha Exploratória	Sem Campanha Exploratória	Valor da Informação
	3,4 Bm ³	US\$ 23,7	US\$ 14,5	US\$ 9,3
Sem Opção de Expansão	4,5 Bm ³	US\$ 42,0	US\$ 36,2	US\$ 5,8
	5,6 Bm ³	US\$ 49,8	US\$ 45,4	US\$ 4,3
	6,7 Bm ³	US\$ 55,3	US\$ 52,0	US\$ 3,3
Com Opção de Expansão	3,4 Bm ³	US\$ 43,2	US\$ 36,4	US\$ 6,7
	4,5 Bm ³	US\$ 70,0	US\$ 72,7	-US\$ 2,6

	5,6 Bm ³	US\$ 81,5	US\$ 88,0	-US\$ 6,5
	6,7 Bm ³	US\$ 89,7	US\$ 98,9	-US\$ 9,2
	3,4 Bm ³	US\$ 19,5	US\$ 22,0	-
Valor da Opção	4,5 Bm ³	US\$ 28,0	US\$ 36,5	-
	5,6 Bm ³	US\$ 31,8	US\$ 42,6	-
	6,7 Bm ³	US\$ 34,5	US\$ 47,0	-

Fonte: Elaborada pelos autores.

Pode-se notar ainda que o tamanho da reserva é inversamente proporcional ao valor da informação e chega a ser negativo no projeto com a opção de expansão no caso base e nos casos com reservas 25% e 50% maior. O aumento da reserva foi projetado neste caso através de uma maior produtividade dos poços o que não geraria valores de investimentos significativamente mais elevados, diferentemente do caso em que projetássemos um aumento no número de poços. Dessa forma, os *outputs* de menor probabilidade, obtidos sem a campanha exploratória, se tornam mais relevantes.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho se dispôs a quantificar o valor da informação agregada por uma determinada campanha exploratória e capturar o valor da opção de expansão de um campo exploratório, bem como quantificar o valor da informação em cada teste. Ele aplica a metodologia proveniente da Teoria de Opções Reais, com o uso de árvores de decisão.

Como limitação do trabalho e sugestão para pesquisas futuras, seria interessante analisar a questão do aumento do nível de risco do projeto ao se optar por não realizar a campanha exploratória. Neste trabalho não foi avaliado o impacto no valor do projeto pela alteração de seu risco.

Esperamos que o caso aqui analisado estimule a aplicação desta metodologia em futuros projetos, auxiliando tomadores de decisão com uma análise mais eficiente, eficaz e informativa.

REFERÊNCIAS

ARMSTRONG, M.; GALLI, A.; BAILEY, W.; COUËT, B. Incorporating technical uncertainty in real option valuation of oil projects. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, v. 44, n. 1–2, p. 67–82, out. 2004.

BLACK, F.; SCHOLES, M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities The Pricing of Options and Corporate. **Journal of Political Economy**, v. 81, n. 3, p. 637–654, 1973.

CAMPANI, C. H. On the Rate of Return and Valuation of Non-Conventional Projects. **Business and Management Review**, v. 3, n. 12, p. 1–6, 2014.

CORTAZAR, G.; SCHWARTZ, E. S.; CASASSUS, J. Optimal exploration investments under price and geological-technical uncertainty. a real options model. *In: Real R & D Options*. [s.l.] Blackwell Publishers Ltd, 2003. v. 31p. 149–165.

DOZZA, M. A. Determinantes de valor: teoria de opções reais por simulação de monte carlo

com mínimos quadrados. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 4, n. 8, p. 32–47, 26 ago. 2012.

EKERN, S. An option pricing approach to evaluating petroleum projects. **Energy Economics**, v. 10, n. 2, p. 91–99, abr. 1988.

FERNANDES, G.; MAIA, V. M.; GOMES, L. L. APPLICATION OF REAL OPTIONS THEORY IN THE EVALUATION OF SWINE BIOGAS STORAGE. **Revista De Gestao Financas E Contabilidade**, v. 5, n. 2, p. 5–22, 1 abr. 2015.

FRANCISCO, M.; PIRES, G. O Valor de uma Planta Gas to Liquid Quando duas Opções são Exercidas em Conjunto: Uma Análise da Sinergia Existente na Precificação de Opções Reais. **Sistemas & Gestão**, v. 9, n. 4, p. 544–553, 19 dez. 2014.

HERTZ, D. Risk analysis in capital investment. **Harvard Business Review**, p. 95–106, 1964.
KERR, R. B. COMPETITIVENESS OF THE BRAZILIAN PULP INDUSTRY: A REAL OPTIONS ANALYSIS OF A FORESTRY INVESTMENT. **Práticas em Contabilidade e Gestão**, v. 2, n. 1, 2 fev. 2015.

LAUTIER, D. **Valuation of an oil field using real options and the information provided by term structures of commodity prices** 7th Annual Real Options Conference 2003

MAGEE, J. F. How to use Decision Trees in Capital Investment. **Harvard Business Review**, v. 42, n. 5, p. 79–96, 1964.

MERTON, R. Theory of Rational Option Pricing. **The Bell Journal of Economics and Management Science**, v. 4, n. 1, p. 141–183, 1973.

TRIGEORGIS, L. Real Options and Interactions with Financial Flexibility. **Financial Management**, v. 22, n. 3, p. 202–224, 1993.

ZHU, L.; FAN, Y. A real options-based CCS investment evaluation model: Case study of China's power generation sector. **Applied Energy**, v. 88, n. 12, p. 4320–4333, dez. 2011.