

6 Análise dos resultados

Os cálculos para análise econômica de um projeto E&P, devem considerar que os dados empregados são imprecisos e sem certeza da ocorrência dos resultados esperados, apesar de estarem baseados em premissas cuidadosamente refinadas. Além disso, os dados que compõem o fluxo de caixa de um projeto dessa natureza são estimativos de valores que podem se confirmar ou não, e as decisões tomadas são feitas em ambientes de risco.

Inicialmente é analisado o modelo probabilístico com técnicas de análise de sensibilidade de alguns dos principais critérios tradicionais de decisão que são o VPL e a TIR. A seguir é feita uma abordagem mais completa com a utilização de uma árvore de decisão, opções reais, o equivalente certo, e a função utilidade. Procura-se demonstrar que existem técnicas mais adequadas de análise de projeto que envolve risco do que os indicadores tradicionais para a tomada de decisão.

6.1. Análise da simulação

A simulação foi realizada mediante um modelo, no caso o exemplo dado no capítulo anterior, e em seguida levado a variações que probabilisticamente podem ocorrer, de alguns de seus componentes para avaliar como eles se inter-relacionam. O principal resultado da simulação foi uma distribuição de frequências de VPLs. Também foram analisados a TIR e o *payback* em função das simulações realizadas.

Na apresentação da análise do exemplo, deve ser considerado ao não ser que se diga o contrário, o valor médio de cada intervalo de simulação como sendo o valor representativo do intervalo ao qual pertencem.

A metodologia utilizada neste estudo utiliza simulação de Monte Carlo em um modelo em planilha eletrônica no Excel® e com o @Risk®. Foram realizadas 1.000 iterações.

6.1.1. Análise do VPL

Para o cálculo do VPL no caso de insucesso exploratório, somente são computados os gastos realizados trazidos a valor presente, até o momento da devolução da área. O insucesso exploratório representa um prejuízo no curto-prazo, enquanto que os resultados de um sucesso exploratório no longo-prazo quando na época do abandono definitivo da área.

Conforme a Tabela 14, o fluxo de caixa do dos donos do projeto é cerca de 1/3 do faturamento, no caso de sucesso. O restante é utilizado para o pagamento do *Government Take* e dos gastos operacionais. Sendo que o *Government Take* corresponde cerca 2/3 das despesas do projeto, conforme demonstrado na Tabela 12.

Tabela 14 - Resumo do fluxo de caixa

Item do FC	10 ³ US\$	%
Faturamento	17.637.687	100%
<i>Government Take</i>	-7.824.995	44%
Gastos Operacionais	-4.272.896	24%
Fluxo de caixa livre	5.539.796	31%

Fonte: Própria

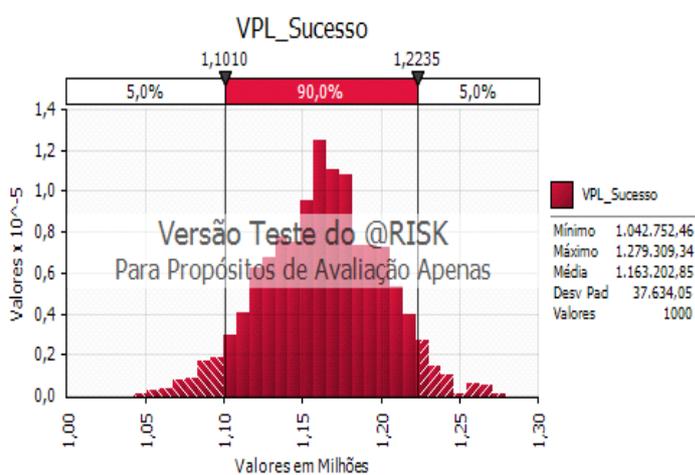
Tabela 15 - Resumo das despesas

Resumo das despesas	10 ³ US\$	%
Participações Governamentais	-1.787.749	15%
Impostos e contribuições	-6.037.246	50%
Gastos Operacionais	-4.272.896	35%
Total de saídas de caixa	-12.097.891	100%

Fonte: Própria

Para a análise do VPL também deve ser considerada a fragilidade da escolha da taxa de desconto que no caso do exemplo estudado é o custo do capital próprio, que no projeto tem valor estimado igual a 10,76% a.a. A taxa de desconto utilizada assume a premissa de que essa é a rentabilidade mínima (TMA) que os proprietários da Companhia exigem em seus projetos. E que essa TMA será a mesma ao longo dos 24 anos de duração do projeto, o que intuitivamente não corresponde à realidade. No entanto tem a vantagem de estimar os fluxos de caixas futuros, de forma simplificada.

Figura 23 - Distribuição dos VPLs



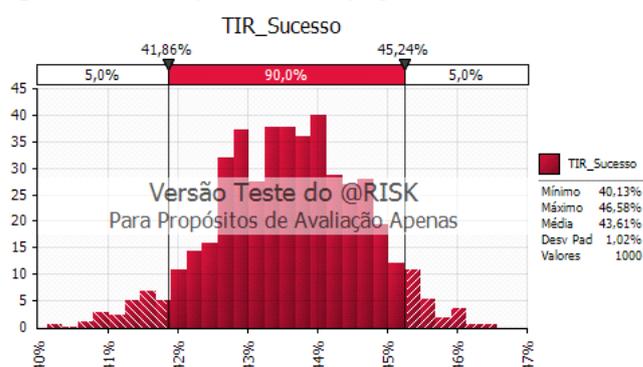
Fonte: Própria

Conforme pode ser observado na Figura 23, as simulações dos indicadores financeiros do projeto apresentam sempre resultados favoráveis a decisão de investimento. Isso acontece porque acima de determinado valor de preço do Barril ou do volume de produção, o projeto é lucrativo. Somente após a realização de um teste de sensibilidade, pode-se verificar qual é o *breakeven* do projeto.

6.1.2. Análise da TIR

A Taxa Interna de Retorno – TIR pode ser utilizada como parâmetro de decisão. Nesse caso, um projeto de investimento será considerado viável, se a TIR for maior ou igual ao custo de oportunidade ou TMA da empresa. Como critério de decisão o método da TIR é apresentado como resultado um indicador de rentabilidade, enquanto o método do VPL apresenta como resultado um indicador de lucratividade.

Figura 24 - Simulação da TIR no projeto



Fonte: Própria

A decisão de tem como critério a sua comparação com a mínima taxa de retorno aceitável. Conforme a Figura 24 e o critério da TIR, o projeto deve ser aceito, pois a TIR, em média de 43%, é maior que a TMA de 10,67% a.a.. A diferença entre a TMA e a TIR do projeto é a remuneração pelo risco do projeto.

6.1.3. Análise do Payback Descontado

O período de *Payback* Descontado é a quantidade de períodos, para que os fluxos de caixa de entrada (positivos) a valor presente sejam superiores aos fluxos de caixa de saída a valor presente (negativos). Como critério de decisão ele privilegia os investimentos de curto prazo, independente da sua rentabilidade.

No exemplo estudado o *Payback* Descontado encontrado é de 10 anos. A companhia não estabeleceu um prazo de corte, isto é, um prazo máximo para que os fluxos positivos superem os negativos.

6.2. Análise de sensibilidade aplicada do fluxo de caixa de sucesso

Foram feitas variações de 10% para cima e 10% para baixo dos valores médios das variáveis simuladas nos modelo, para se observar a mudança no VPL. A partir daí, pode-se averiguar como o projeto é sensível àquela variável.

Dada a incerteza embutida em diversas variáveis na atividade de E&P, no caso de sucesso exploratório, a análise de sensibilidade do projeto foi feita considerando-se algumas variáveis chave, que são: preço do petróleo, a taxa de desconto do projeto (TMA), a taxa de volume variável por barril, e volume de produção.

6.2.1. Preço do petróleo

Na modelagem do projeto foi assumido que o preço de petróleo segue o processo estocástico do MGB, que utiliza a volatilidade histórica do preço do Brent é de 27,7% conforme averiguado no anexo desse trabalho. Assumiu-se a premissa de que as estimativas sobre a volatilidade futura podem ser encontradas a partir da utilização de dados históricos. Entretanto a volatilidade alta pode provocar variações no preço do Brent projetado, que por sua vez altera os indicadores financeiros do projeto e a tomada de decisão.

Tabela 16 - Análise de sensibilidade ao preço

Observação	Variação Porcentual	Preço do Petróleo US\$/Bbl	Dados estimados no caso de sucesso			VME 10 ³ US\$	Coef.Var.
			VPL 10 ³ US\$	TIR %	Payback descontado Anos		
Preço 1	-50%	51,50	589.754	32,25%	11	77.537	3,56
Preço 2	-40%	61,80	875.127	38,22%	11	141.746	2,79
Preço 3	-30%	72,10	1.159.002	42,95%	11	203.618	2,50
Preço 4	-20%	82,40	1.442.296	46,84%	10	269.359	2,35
Preço 5	-10%	92,70	1.725.589	50,15%	10	333.100	2,25
Preço 6	0%	103,00	2.008.645	53,02%	10	396.788	2,19
Preço 7	10%	113,30	2.291.475	55,55%	10	460.424	2,14
Preço 8	20%	123,60	2.574.305	57,81%	10	524.061	2,11
Preço 9	30%	133,90	2.857.136	59,86%	9	587.698	2,08
Preço 10	40%	144,20	3.139.966	61,72%	9	651.335	2,06
Preço 11	50%	154,50	3.422.796	63,44%	9	714.972	2,04

Fonte: Própria

Observa-se na análise de sensibilidade que os indicadores financeiros do projeto é proporcional ao preço do Brent assumido. Para cada incremento de US\$10/bbl no preço de petróleo, o VPL e a TIR do projeto aumenta e o *payback* descontado diminui. E que *breakeven* (ponto de equilíbrio entre receita e despesa) do projeto acontece com o barril sendo cotado próximo dos US\$30/bbl. A Tabela 12 ilustra a variação dos indicadores financeiro de cada projeto em diferentes cenários de preço de petróleo.

6.2.2. Taxa de desconto

A taxa de desconto utilizada é o custo de capital da empresa considerada. A Tabela 17 ilustra a variação dos indicadores financeiros de cada projeto em diferentes cenários de preço de petróleo.

Tabela 17 - Análise de sensibilidade à taxa de desconto

Observação	Variação Porcentual	Taxa de desconto (decimal)	Dados estimados no caso de sucesso			VME 10 ³ US\$	Coef.Var.
			VPL 10 ³ US\$	TIR %	Payback descontado Anos		
RecPot 1	-50%	0,0534	2.262.939	43,73%	10	444.237	2,21
RecPot 2	-40%	0,0640	1.976.913	43,73%	10	382.177	2,25
RecPot 3	-30%	0,0747	1.728.733	43,73%	10	328.497	2,30
RecPot 4	-20%	0,0854	1.513.077	43,73%	10	282.008	2,35
RecPot 5	-10%	0,0960	1.325.413	43,73%	10	241.700	2,42
RecPot 6	0%	0,1067	1.161.879	43,73%	10	206.711	2,49
RecPot 7	10%	0,1174	1.019.180	43,73%	10	176.307	2,58
RecPot 8	20%	0,1280	894.495	43,73%	11	149.861	2,68
RecPot 9	30%	0,1387	785.411	43,73%	11	126.835	2,80
RecPot 10	40%	0,1494	689.857	43,73%	11	106.770	2,94
RecPot 11	50%	0,1601	606.053	43,73%	11	89.271	3,12

Fonte: Própria

Cada incremento de na taxa de desconto no FCD, o VPL do projeto diminui. Obviamente os movimentos de caixas trazidos a valor presente com uma taxa maior provocam um VPL menor. A TIR do projeto também tende a diminuir visto que os fluxos a valor presentes também diminuem de valor. O *payback* descontado demonstra que variações na taxa de desconto não provocam grandes alterações no tempo de retorno do projeto.

6.2.3.

Gastos operacionais variáveis da fase de produção

Foi considerado que os gastos operacionais variáveis incluem as despesas variáveis totais do projeto e as despesas logísticas de produção. Para cada incremento no gasto variável unitário por barril unitário, o VPL tende a diminuir. O *payback* descontado do projeto não sofre variações significativas, conforme pode se verificar na Tabela 18.

Tabela 18 - Análise de sensibilidade dos gastos operacionais variáveis

Observação	Variação Porcentual	Despesas Variáveis US\$/Bbl	Dados estimados no caso de sucesso			VME 10 ³ US\$	Coef.Var.
			VPL 10 ³ US\$	TIR %	Payback descontado Anos		
<i>GastosVar 1</i>	-50%	2,90	1.222.207	44,05%	11	222.320	2,42
<i>GastosVar 2</i>	-40%	3,48	1.200.165	43,74%	11	217.361	2,44
<i>GastosVar 3</i>	-30%	4,06	1.178.097	43,43%	11	212.396	2,45
<i>GastosVar 4</i>	-20%	4,64	1.156.029	43,11%	11	207.430	2,46
<i>GastosVar 5</i>	-10%	5,22	1.133.961	42,79%	11	202.465	2,48
<i>GastosVar 6</i>	0%	5,80	1.111.893	42,46%	11	197.500	2,49
<i>GastosVar 7</i>	10%	6,38	1.089.825	42,13%	11	192.534	2,51
<i>GastosVar 8</i>	20%	6,96	1.067.757	41,79%	11	187.569	2,53
<i>GastosVar 9</i>	30%	7,54	1.045.689	41,45%	11	182.604	2,55
<i>GastosVar 10</i>	40%	8,12	1.023.621	41,10%	11	177.638	2,57
<i>GastosVar 11</i>	50%	8,70	1.001.553	40,75%	11	172.673	2,59

Fonte: Própria

6.2.4.

Volume dos recursos potenciais

Ao contrário das análises anteriores será considerada uma análise de sensibilidade de uma variável técnica que é o tamanho da reserva para que o projeto seja economicamente viável. Desta forma, sobre a modelagem do tamanho da reserva foi aplicado um fator de ajuste, que desloca toda a curva de produção para cima ou para baixo de um determinado nível de vazão.

Foi observado na Tabela 19 que para cada incremento no fator de ajuste o tamanho da reserva aumenta, o que faz com os valores dos indicadores do VPL e TIR aumente e o *Payback* diminua. Além disso, no teste de sensibilidade fica claro que a reserva deverá ter cerca de 87 milhões de barris no mínimo para que o projeto seja viável.

Tabela 19 - Análise de sensibilidade das despesas variáveis

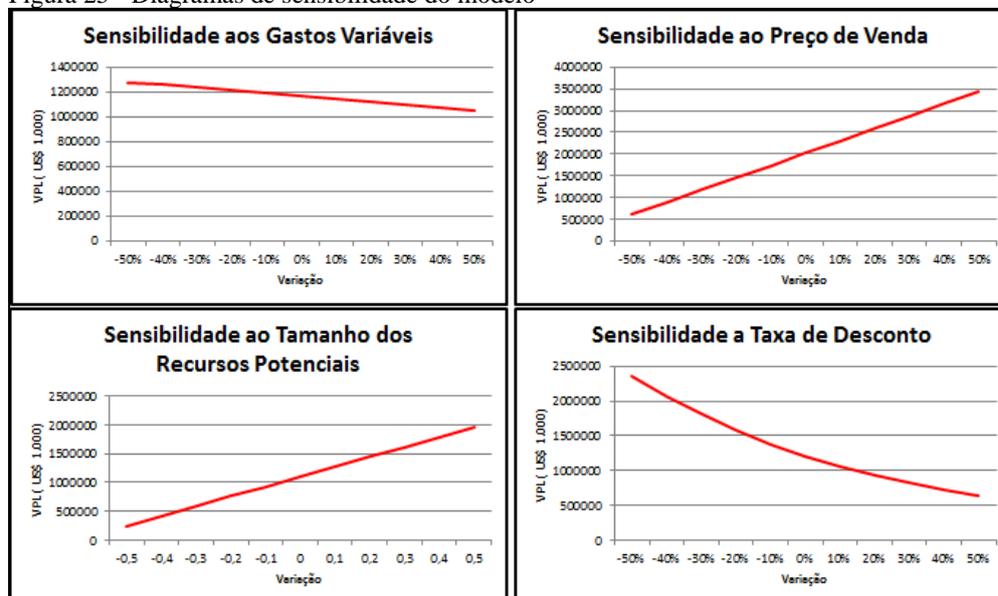
Observação	Variação Porcentual	Fator sobre os Rec.Pot. bbl	Dados estimados no caso de sucesso			VME 10 ³ US\$	Coef.Var.
			VPL 10 ³ US\$	TIR %	Payback descontado Anos		
RecPot 1	-50%	0,5000	241.960	22,15%	12	-415	-314,59
RecPot 2	-40%	0,6000	416.368	27,76%	12	38.827	5,24
RecPot 3	-30%	0,7000	590.777	32,28%	11	78.069	3,54
RecPot 4	-20%	0,8000	765.186	36,07%	11	117.311	2,98
RecPot 5	-10%	0,9000	939.594	39,32%	11	156.553	2,70
RecPot 6	0%	1,0000	1.113.789	42,17%	11	195.746	2,53
RecPot 7	10%	1,1000	1.287.461	44,69%	11	234.823	2,42
RecPot 8	20%	1,2000	1.460.484	46,95%	10	273.753	2,34
RecPot 9	30%	1,3000	1.633.156	49,00%	10	312.604	2,28
RecPot 10	40%	1,4000	1.805.561	50,87%	10	351.395	2,23
RecPot 11	50%	1,5000	1.977.966	52,60%	10	390.186	2,19

Fonte: Própria

6.2.5. Diagramas de sensibilidade

Os diagramas de sensibilidade ajudam a visualizar as principais mudanças para cada variável analisada conforme se pode observar na Figura 25. Assim, quanto maior a inclinação da reta, maior é a sensibilidade do projeto em relação àquela variável. Observa-se que o VPL do projeto é extremamente sensível ao preço do Brent, ao tamanho da reserva e a taxa de desconto utilizada na modelagem.

Figura 25 - Diagramas de sensibilidade do modelo



Fonte: Própria

6.3. Análise da tomada de decisão

Para uma correta tomada de decisão o projeto deve ser analisado começando a partir dos resultados esperados até o nó de decisão que lhe deu origem. Existem 3 nós de decisão no modelo, 2 na fase de exploratória e 1 na fase de produção.

O nó de decisão que antecede a fase de produção está a decisão entre abandonar o projeto ou seguir adiante com novos gastos. Caso abandone, o valor do projeto será zero e a empresa não incorrerá em novos gastos, perdendo tudo aquilo que já foi investido. Caso decida seguir adiante, a empresa irá incorrer em novos gastos para o desenvolvimento, produção e abandono da área. A decisão de seguir a diante ou abandonar o projeto depende da distribuição do valor dos VPLs gerados na simulação. Se essa distribuição for substituída por um único VPL (chamado de VPL do equivalente certo - VPL_{EqC}), este deverá ser positivo para que a VPL_{EqC} adiante seja aceita. No modelo, o valor encontrado para o VPL_{EqC} é igual a US\$ 1.162 milhões.

O nó de decisão que antecede o início do 2º período da fase exploratória está a decisão entre abandonar o projeto ou seguir adiante com gastos de perfuração. Caso abandone, o valor do projeto será zero e a empresa não incorrerá em novos gastos, perdendo tudo aquilo que já foi investido. Caso decida seguir adiante, a empresa irá incorrer em novos gastos na atividade de perfuração exploratória. A decisão de seguir adiante ou abandonar o projeto depende do VME_2 encontrado entre a probabilidade de sucesso geológico de o projeto ter valor igual à VPL_{EqC} ou do projeto ter valor zero no caso de abandono. No modelo, o valor encontrado para o VME_2 é igual a US\$ 261 milhões, isto é, 22,5% de US\$ 1.162 milhões.

No nó de decisão que antecede o início do 1º período da fase exploratória está o foco do modelo proposto, que é decidir entre investir ou não no projeto. Caso não invista, obviamente o valor do projeto será zero e a empresa não incorrerá em gasto algum. Caso decida seguir adiante, a empresa irá incorrer principalmente em gastos com o bônus de assinatura e com os gastos do 1º período da campanha exploratória. A decisão de seguir adiante ou abandonar o projeto depende do valor do VME_1 encontrado, que é a probabilidade de sucesso geológico do projeto ter valor igual à

VME₂ ou do projeto ter valor zero no caso de abandono. Caso o valor de VME₂ seja maior que o valor dos gastos do bônus de assinatura somados aos gastos a valor presente do 1º período exploratório, o tomador de decisão deve investir no projeto. No modelo, o valor encontrado para o VME₁ é igual a US\$ 60 milhões, isto é, 22,5% de US\$ 261 milhões. Então se investimentos iniciais totalizam US\$ 23 milhões (US\$ 22 milhões de bônus de assinatura acrescido a US\$ 1 milhão de gastos previsto no 1º período exploratório) o projeto vale mais US\$ 37 milhões do que ele custa.

Observa-se ainda que apesar de indícios geológicos desfavoráveis vierem a se confirmar durante a campanha exploratória, uma companhia pode querer ainda assim, continuar com essa campanha por acreditar que tal situação mude no futuro. Nesse caso, as incertezas serão ainda maiores ao longo da evolução do projeto. Por essa razão, tal fato foi representado na árvore de decisão do projeto, porém seus valores não foram estimados por ser esta situação improvável de acontecer num ambiente real.

Em relação ao valor da opção de abandono, observa-se que a opção terá sempre valor zero nesse projeto. A justificativa é que a decisão de seguir adiante com os investimentos ao longo do projeto tem expectativas de ganhos que superam seus riscos.

6.3.1. Função utilidade

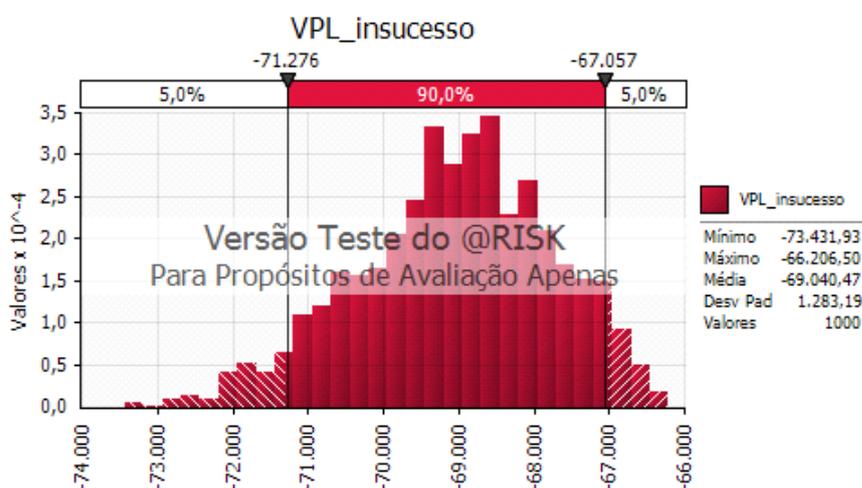
A preferência de um tomador de decisão é expressa através da de sua função utilidade (ou função de preferência). Onde a utilidade é um valor abstrato que serve para quantificar o quão desejável é uma ocorrência para determinada pessoa.

Foi considerado que função utilidade que melhor se ajustou a um teste de associação das preferências do investidor foi definida na Função[1].

$$U(VPL) = -e^{-A \cdot VPL} + B \cdot VPL$$

A função utilidade apresentada, tem uma parte côncava ($- \text{EXP}(- A \cdot \text{VPL})$) que assegura um aspecto de aversão ao risco. Walls (1994) apud Nepomuceno (2000) demonstrou que a função utilidade mais usada em E&P é uma função exponencial, onde a constante “A” representa o coeficiente de aversão ao risco do tomador de decisão. O coeficiente de aversão ao risco está sempre presente nas funções-utilidade. No modelo foi considerado que a tolerância ao risco - TR do investidor é média dos totais de gastos a valor presente na fase exploratória. A justificativa é que o investidor nesse tipo de negócio tolera o VPL negativo até fim da exploração, quando então, faz a opção entre abandonar o projeto ou prosseguir no projeto na busca da expectativa do VPL do projeto ficar positivo. Conforme a Figura 26, o VPL médio no caso de insucesso exploratório é US\$ 69.040 mil. Uma vez que, o coeficiente de aversão ao risco “c”, é o inverso da TR, logo a coeficiente de aversão ao risco, calibrado em milhares é 0,01448. Será feita análises de sensibilidade com o parâmetro A da função utilidade considerada.

Figura 26 - Simulação do VPL em caso de insucesso



Fonte: Própria

A outra parte da função utilidade apresentada, tem uma parte linear. A medida que o VPL aumenta a utilidade aumenta conforme o fator de proporcionalidade definido pelo parâmetro B. O valor considerado foi $B = 0,0029$.

6.3.2. Análise do equivalente certo do projeto

Após realizar 1.000 simulações no modelo, encontram-se 1.000 VPLs, que se aplicando a função utilidade considerada na fórmula [6.1], com os parâmetros A e B da encontra-se o valor esperado dessas utilidades ($E(U(VPLs))$) cujo valor é igual a -0.9799. Então se utiliza no Excel® a ferramenta ATINGIR META, para encontrar o VPL_{EqC} cujo valor encontrado é igual a US\$ 1.162 milhões.

6.3.3. Análise de sensibilidade em função de novas informações

Considerando que novas informações são conhecidas à medida que o projeto avança, foi realizada uma análise de sensibilidade na tolerância ao risco do investidor e na probabilidade geológica de sucesso.

A Tabela 20 demonstra as variações percentuais no valor da tolerância ao risco do tomador de decisão. Também são calculados o valor do projeto nos 3 nós de decisão considerados que são: a decisões de participar, a decisão de perfurar e a decisão de produzir. Em seguida é calculo o valor líquido da decisão que neste trabalho foi chamado da diferença entre o valor do projeto no momento de decisão em participar do projeto e os investimentos iniciais desse projeto.

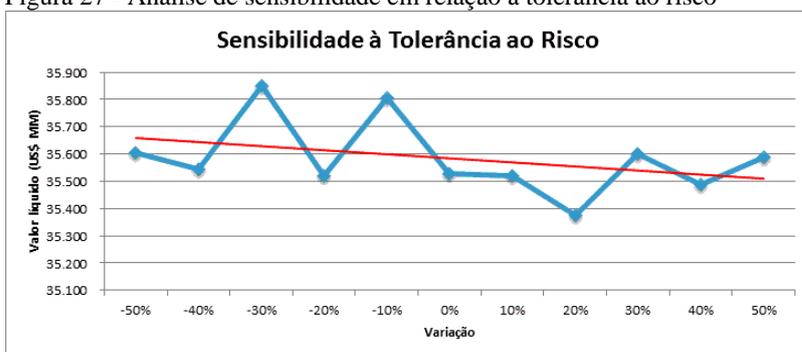
Tabela 20 - Análise de sensibilidade em relação à tolerância ao risco

Observação	Variação Percentual	Tolerância ao Risco 10^3 US\$	Valor do projeto no nó de decisão			Análise da decisão		
			Participar 10^3 US\$	Perfurar 10^3 US\$	Produzir 10^3 US\$	Investimento Inicial	Valor Líquido da Decisão	Participa?
<i>EqC 1</i>	-50%	31.068	58.933	261.926	1.164.114	-23.286	35.648	Participa
<i>EqC 2</i>	-40%	41.424	58.873	261.658	1.162.924	-23.286	35.588	Participa
<i>EqC 3</i>	-30%	48.328	59.179	263.017	1.168.965	-23.286	35.893	Participa
<i>EqC 4</i>	-20%	55.232	58.852	261.563	1.162.503	-23.286	35.566	Participa
<i>EqC 5</i>	-10%	62.136	59.135	262.824	1.168.106	-23.286	35.850	Participa
<i>EqC 6</i>	0%	69.040	58.859	261.597	1.162.654	-23.286	35.574	Participa
<i>EqC 7</i>	10%	75.944	58.851	261.561	1.162.494	-23.286	35.566	Participa
<i>EqC 8</i>	20%	82.848	58.706	260.917	1.159.630	-23.286	35.421	Participa
<i>EqC 9</i>	30%	89.752	58.931	261.915	1.164.067	-23.286	35.645	Participa
<i>EqC 10</i>	40%	96.656	58.819	261.417	1.161.854	-23.286	35.533	Participa
<i>EqC 11</i>	50%	103.560	58.920	261.865	1.163.843	-23.286	35.634	Participa

Fonte: Própria

Observa-se na Figura 27 que a tolerância ao risco do projeto não exerce tanta influência sobre a decisão de investimento nesse projeto. Isto é, o projeto não tem pouca sensibilidade ao parâmetro A da função utilidade encontrada.

Figura 27 - Análise de sensibilidade em relação à tolerância ao risco



Fonte: Própria

Quanto à probabilidade geológica de sucesso, observa-se conforme a Tabela 21 e a Figura 28 que a decisão de investimento é sensível ao seu valor. E que para valores abaixo de 15% de sucesso, o tomador de decisão não investe nesse projeto.

Tabela 21 - Análise de sensibilidade em relação à probabilidade geológica de sucesso

Observação	Variação Percentual	Prob.Geológica (decimal)	Valor da decisão			Análise da decisão		
			Participar 10 ³ US\$	Perfurar 10 ³ US\$	Produzir 10 ³ US\$	Investimento Inicial	Valor Líquido da Decisão	Participa?
Preço 1	-50%	0,1125	14.613	129.896	1.154.635	-23.339	-8.726	Não Participa
Preço 2	-40%	0,1350	21.043	155.876	1.154.635	-23.339	-2.296	Não Participa
Preço 3	-30%	0,1575	28.642	181.855	1.154.635	-23.339	5.303	Participa
Preço 4	-20%	0,1800	37.410	207.834	1.154.635	-23.339	14.071	Participa
Preço 5	-10%	0,2025	47.347	233.814	1.154.635	-23.339	24.008	Participa
Preço 6	0%	0,2250	58.453	259.793	1.154.635	-23.339	35.114	Participa
Preço 7	10%	0,2475	70.729	285.772	1.154.635	-23.339	47.389	Participa
Preço 8	20%	0,2700	84.173	311.751	1.154.635	-23.339	60.833	Participa
Preço 9	30%	0,2925	98.786	337.731	1.154.635	-23.339	75.447	Participa
Preço 10	40%	0,3150	114.569	363.710	1.154.635	-23.339	91.229	Participa
Preço 11	50%	0,3375	131.520	389.689	1.154.635	-23.339	108.181	Participa

Fonte: Própria

Figura 28 - Análise de sensibilidade em relação à probabilidade geológica de sucesso.



Fonte: Própria