

6 Precificação da Opção de Parar Temporariamente e Resultados

Neste trabalho será realizada uma análise de viabilidade econômica e também será precificada a opção de parada temporária de uma planta GTL. Na tabela abaixo estão contidos os cenários analisados de plantas GTL.

Planta	Matéria-Prima	Perfil de Produção α
Cenário 1	Gás Natural	0,99
	Óleo pesado	
Cenário 2	Gás Natural	0,98
	Óleo pesado	
Cenário 3	Gás Natural	0,96
	Óleo pesado	
Cenário 4	Gás Natural	0,95
	Óleo pesado	

Tabela 1 - Tipos de plantas industriais analisadas. Dados: Petrobrás.

Cada cenário analisado é composto por diferentes percentuais de *Output* produzidos pela planta, ou seja, cada cenário produz uma determinada quantidade de nafta, diesel, parafina e lubrificante. Isso porque, neste processo não se consegue produzir só lubrificante, ou só diesel. Sabe-se que os seguintes produtos sempre serão fabricados: Nafta e Diesel. Esta é uma das restrições da planta.

As possíveis combinações são expressas pela equação:

$$W_n = \left[\frac{(1-\alpha)^2}{2} \right] n \alpha^n \quad (17)$$

Onde: W_n porcentagem de produção de cada output, n número de carbonos e

$$\frac{(1-\alpha)^2}{2} = \text{grau de polimerização.}$$

Com base na equação acima, montou-se os perfis de produção (α) dados pela curva Anderson-Schulz-Flory - ASF.

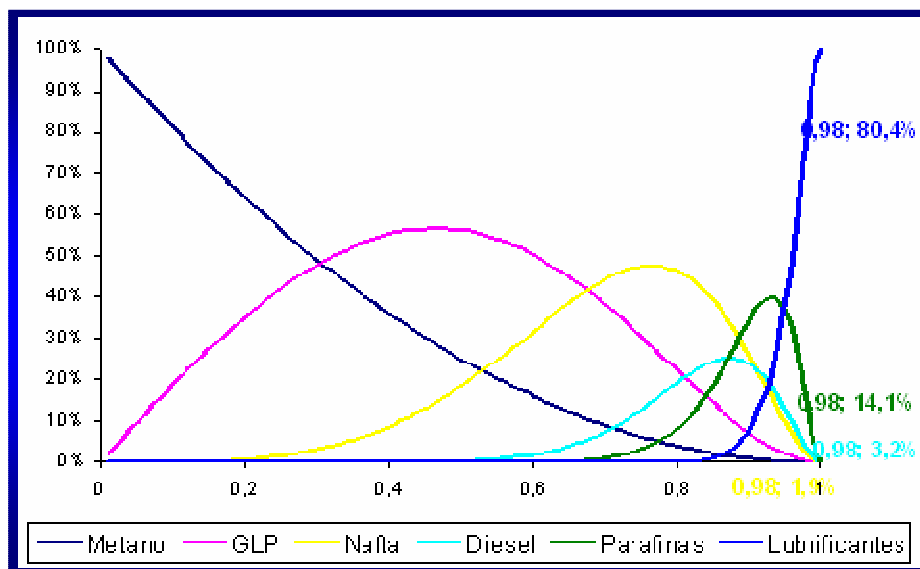


Figura 1 - Possíveis combinações de Outputs.

Para o cálculo das receitas geradas no projeto, foram escolhidas as seguintes combinações de produção:

Tipos de Produtos	Cenário	Cenário	Cenário	Cenário
	I	II	III	IV
Nafta	0,50%	1,90%	6,60%	9,60%
Diesel	0,90%	3,20%	9,40%	12,70%
Parafina	4,70%	14,10%	31,30%	36,40%
Lubrificante	93,70%	80,40%	51,20%	39,00%
Total	99,80%	99,60%	98,50%	97,70%
Perfil de Produção α	0,99	0,98	0,96	0,95

Tabela 2 – Combinações de produção utilizadas no trabalho.

Nota-se que a produção efetiva nunca resulta em 100%, uma vez que gases como metano e GLP não estão sendo considerados nesta análise e podem ser considerados como perda.

Essas combinações de produção foram escolhidas no meio de tantas outras, pois são as que possuem maior proporção de lubrificante, o *output* com maior preço no mercado.

6.1. Investimentos Iniciais (*Capex*)

Nas tabelas abaixo, estão sendo apresentados os valores dos investimentos iniciais (*capex*) por tipo de tecnologia de *input*, divididos pelas seguintes fases do projeto: Reforma/Gaseificação (dependendo do *input*), Fischer – Tropsch e Enriquecimento dos Produtos.

Capex	Tipo de Tecnologia	35.000 bbl/dia (US\$ / bbl)	Invest. Total US\$ 35.000
Gás Natural	Reforma	25.000	875.000.000,00
Óleo Pesado	Gaseificação	28.750	1.006.250.000,00

Tabela 3 – Investimento por barril e por tipo de tecnologia (35.000 bbl/dia).

Capex	Tipo de Tecnologia	72.000 bbl/dia (US\$ / bbl)	Invest. Total US\$ 72.000
Gás Natural	Reforma	20.000	1.440.000.000,00
Óleo Pesado	Gaseificação	23.000	1.656.000.000,00

Tabela 4 – Investimento por barril e por tipo de tecnologia (72.000 bbl/dia).

Após a definição do volume de capital a ser investido é importante saber de que forma ele será alocado. O tempo para aplicação destes recursos é de 3 anos, e os ativos montados serão depreciados linearmente por um período de 20 anos.

Capex	Gás Natural % do Invest.	Óleo Pesado % do Invest.	Gás Natural 35.000 (US\$ mil)	Óleo Pesado 35.000 (US\$ mil)
Reforma/ Gaseificação	60%	65%	525.000	656.250
Fischer - Tropsch	25%	22%	218.750	218.750
Enriquecimento	15%	13%	131.250	131.250
Total	100%	100%	875.000	1.006.250

Tabela 5 – Alocação dos recursos por fase do projeto (35.000 bbl/dia). Fonte: Petrobrás.

Capex	Gás Natural % do Invest.	Óleo Pesado % do Invest.	Gás Natural 72.000 (US\$ mil)	Óleo Pesado 72.000 (US\$ mil)
Reforma/ Gaseificação	60%	65%	864.000	1.080.000
Fischer - Tropsch	25%	22%	360.000	360.000
Enriquecimento	15%	13%	216.000	216.000
Total	100%	100%	1.440.000	1.656.000

Tabela 6 – Alocação dos recursos por fase do projeto (72.000 bbl/dia).

6.2.Custos

Neste trabalho, serão considerados dois tipos de custos:

- Custo com matéria prima para geração de gás de síntese;
- Custo operacional (*OPEX*).

6.2.1. Matéria-Prima

Foram considerados dois tipos de insumos que alimentam a planta GTL: gás natural e óleo pesado. A quantidade de matéria-prima utilizada em cada tipo de planta está representada na tabela abaixo.

Tipos de Insumos	Gás Natural 35.000 bbl/dia	Gás Natural 72.000 bbl/dia	Óleo Pesado 35.000 bbl/dia	Óleo Pesado 72.000 bbl/dia
Quantidades em toneladas	7.101,45	14.608,70	9.423,08	19.384,63

Tabela 7 – Quantidade diária de Matéria-Prima por tipo de planta.

Para calcular a quantidade diária de matéria-prima necessária para a geração de gás de síntese de acordo com o tamanho da planta, utilizou-se a seguinte equação:

$$Qtde(ton) = \frac{Capacidade}{\frac{Rend.Liq.}{Rend.Z}} \quad (18)$$

Onde, Capacidade - Capacidade Nominal da Planta, Rend.Liq - Rendimento na produção de produtos líquidos, Rend. Z - Rendimento da matéria-prima.

Lembrando que as capacidades de 35.000 e 72.000 bbl/dia são capacidades nominais, já que a eficiência de cada planta é de 93%.

6.2.2. OPEX

Segundo técnicos da Petrobrás, o *OPEX* (custo com manutenção da planta) anual representa 2% do valor do investimento inicial da planta e engloba as despesas com mão-de-obra, reagentes, instalações, energia elétrica, manutenção e outros. Existem ainda os custos de parar de produzir, manter a planta parada e voltar a produzir caso seja viável para a Petrobrás.

Neste trabalho, considerou-se que os custos de parar de produzir e voltar a produzir são nulos, uma vez que diferentemente de um poço de petróleo, uma planta GTL não apresenta custos relevantes para efetuar tais operações.

Porém, para manter a planta parada nos casos em que determinados cenários não sejam viáveis operar a planta GTL, considerou-se que o custo de manter a planta parada é 50% do valor do *OPEX*. Nestes 50%, estão contidos os custos de

manutenção, outros e mão-de-obra, uma vez que a empresa não demitirá seus funcionários treinados por um período ou dois, para recontratá-los com a chegada de cenários favoráveis.

6.3.Receitas Operacionais

A receita operacional de uma planta GTL é gerada a partir da realização das vendas dos produtos líquidos (diesel, nafta, parafinas e lubrificantes). As receitas serão obtidas através do produto entre a quantidade de barris de produtos líquidos produzidos diariamente pelo preço unitário dos respectivos barris.

De acordo com a Tabela 9, os cenários de produção são as porcentagens de cada produto utilizadas para calcular as possíveis receitas utilizadas neste trabalho.

6.4.Estimação dos parâmetros das séries de preços dos *inputs* e *outputs*

O comportamento das variáveis de tendência (drift) e volatilidade do processo estocástico utilizado neste estudo (MGB) foi obtido a partir das séries históricas dos preços dos *inputs* e *outputs*. O processo estocástico é utilizado para a obtenção de preços futuros para esses *inputs* e *outputs*.

A natureza do processo estocástico de evolução dos preços é o ponto central para derivação dos modelos de apreçamento. A análise do comportamento dos preços dos *inputs* e *outputs* baseou-se nas suas séries históricas para calcular os parâmetros do processo através de regressão.

No movimento geométrico browniano (MGB), seja P_t o preço no instante t . Calcula-se os logaritmos $\ln(P_t)$ e $\ln(P_{t-1})$ de cada série. Assim, fazendo a regressão:

$$\ln(P_t) - \ln(P_{t-1}) = a + (b - 1) \ln(P_{t-1}) + \varepsilon_t \quad (19)$$

Obtendo o valor de a e b , calculam-se os parâmetros para o MGB através das Equações (20) e (21) corrigidas por Dias do Dixit & Pindyck (1994).

$$\sigma = \sqrt{k} \text{ DESVIO PADRÃO Y} \quad (20)$$

$$\alpha = K ((\bar{Y}) + (0,5 ((\text{DESVIO PADRÃO (Y)})^2))) \quad (21)$$

Onde: $Y_t = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1}) \rightarrow t = 1, 2, 3...n$ (é o termo dependente da regressão); k = Número de períodos considerados. Ex: se anual $t = 12$, se diário $t = 260$; \bar{Y} = Média de Y

Aplicando as fórmulas acima, foram encontrados os parâmetros mostrados na tabela abaixo.

<i>Input/Output</i>	Tamanho da amostra	<i>Drift</i> (α)	<i>Volatilidade</i> (σ)
Gás Natural	193 (dados mensais)	18,38% p.a.	46,10 % p.a.
Óleo Pesado	54 (dados mensais)	14,25 % p.a.	37,82 % p.a.
Nafta	297 (dados mensais)	8,67 % p.a.	35,67 % p.a.
Diesel	249 (dados mensais)	7,69 % p.a.	24,46 % p.a.
Parafina	53 (dados mensais)	23,58 % p.a.	33,33 % p.a.
Lubrificante	54 (dados mensais)	34,53 % p.a.	23,78 % p.a.

Tabela 8 – Informações sobre os parâmetros via regressão encontrados.

A seguir, têm-se os gráficos dos preços históricos dos *Inputs e outputs*. A série dos preços do Gás Natural apresenta dados mensais, na unidade de US\$/ton.

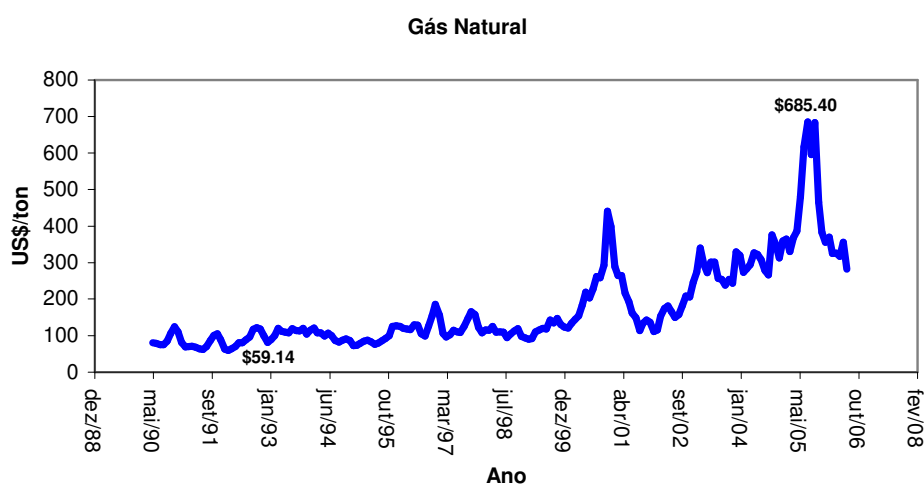


Figura 2 – Gráfico da evolução da série de preços do GN.

Note que o maior preço alcançado pelo GN nesta série aconteceu em agosto de 2005, onde a tonelada deste produto chegou a custar US\$ 685.40 e o menor preço aconteceu em fevereiro de 1992, com a tonelada custando US\$ 59.14.



Figura 3 – Gráfico da evolução da série de preços do Óleo Pesado.

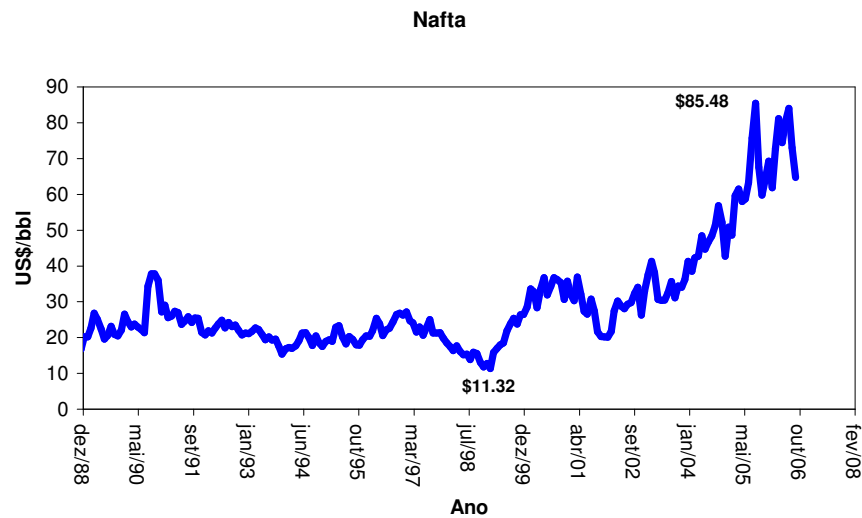


Figura 4 – Gráfico da evolução da série de preços da Nafta.

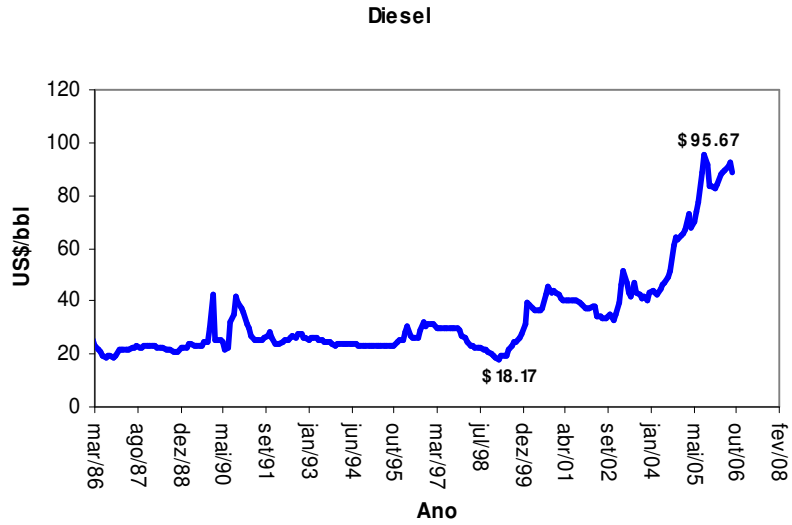


Figura 5 – Gráfico da evolução da série de preços do Diesel.

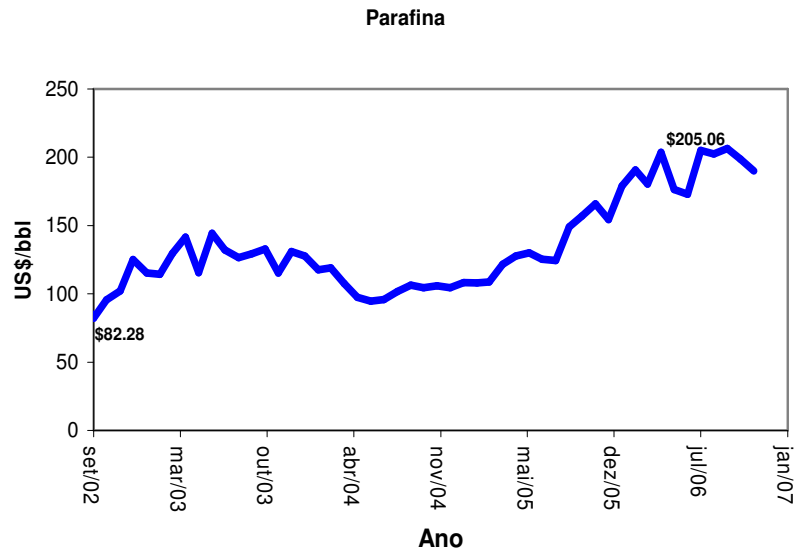


Figura 6 – Gráfico da evolução da série de preços da Parafina.

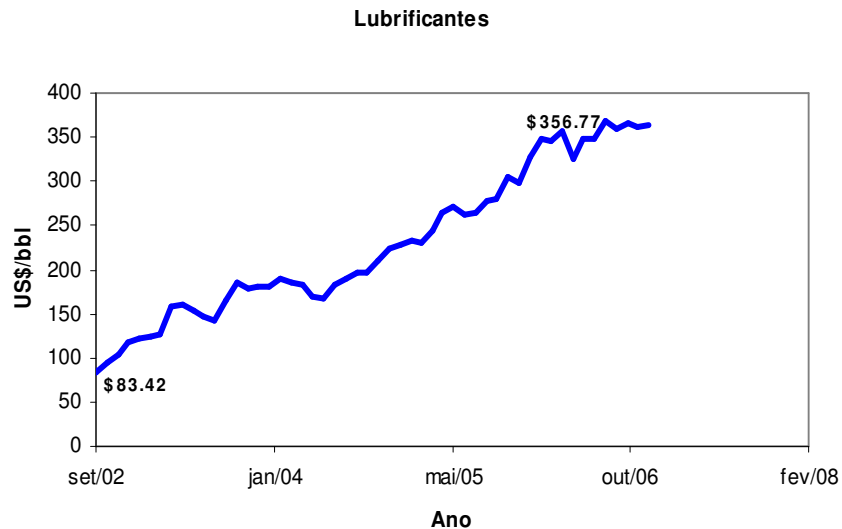


Figura 7 – Gráfico da evolução da série de preços do Lubrificante.

O pior caso é o da série dos lubrificantes, pois o seu tamanho é muito reduzido e isso pode fornecer parâmetros não muito confiáveis.

6.5. Simulação do Movimento Geométrico Browniano

Considerou-se que os preços dos *inputs* e *outputs* seguem o MGB e a equação que descreve esse processo é a seguinte:

$$dP = \alpha P dt + \sigma P dz \quad (22)$$

O retorno de um investimento é composto por duas parcelas: uma representa o ganho de capital e a outra os dividendos distribuídos:

$$\mu = \alpha + \delta \quad (23)$$

Onde, μ = taxa de retorno total, α = taxa de ganho de capital e δ = taxa de dividendo.

Outra forma de representar o retorno total de um investimento é dada pelo *Capital Asset Pricing Model* (CAPM). Segundo este modelo o retorno total possui dois componentes: um deles é a taxa livre de risco e o outro é o prêmio de risco (parcela a mais de rendimento que o investidor ganha por estar investindo em um ativo com risco).

$$\mu = r + \beta(r_m - r) \quad (24)$$

Onde, r = taxa livre de risco, $\beta(r_m - r) = \Pi$ = prêmio de risco.

Igualando-se as Equações (23) e (24), a seguinte relação é obtida:

$$\alpha - \pi = r - \delta \quad (25)$$

Onde: $(\alpha - \pi)$ e $(r - \delta)$ são chamados de tendência neutra ao risco.

Usando a equação do retorno total de investimento representada pela equação (23), pode-se escrever a equação estocástica (22) como:

$$dP = (\mu - \delta) P dt + \sigma P dz \quad (26)$$

Para a versão neutra ao risco da Equação (26), deve-se substituir a taxa de desconto ajustada ao risco μ por uma livre de risco r para que a equação estocástica neutra ao risco seja obtida:

$$dP = (r - \delta) P dt + \sigma P dz \quad (27)$$

Usando transformação logarítmica e aplicando o Lema de Itô, consegue-se chegar às equações para a simulação dos preços dos *inputs* e *outputs* em ambos os formatos: real e neutro ao risco.

A real simulação de um MGB usa o *drift* real, e o preço P_t no instante futuro será dado por:

$$P_t = P_0 \text{ EXP } \left\{ (\alpha - 0,5\sigma^2) \Delta t + \sigma N(0,1)\sqrt{\Delta t} \right\} \quad (28)$$

A simulação do preço real usando a equação acima será feita por amostragem de um modelo de distribuição normal $N(0,1)$. A partir daí obtêm-se os valores correspondentes de P_t .

Para que a simulação neutra ao risco seja feita (que é a simulação que será usada para calcular o valor das opções reais) basta substituir o *drift* real por uma tendência neutra ao risco.

$$P_t = P_0 \text{ EXP } \left\{ ((r-\delta) - 0,5\sigma^2) \Delta t + \sigma N(0,1)\sqrt{\Delta t} \right\} \quad (29)$$

Com base nos parâmetros calculados no Item 6.5 e utilizando as equações (27) e (28) pode-se calcular amostras de caminho para as séries e assim calcular os preços futuros dos *inputs* e *outputs* da planta GTL.

Fazendo simulação de Monte Carlo (SMC) neutra ao risco dos preços dos *inputs* e *outputs* e com base no MGB neutro ao risco, utilizou-se a plataforma estatística @Risk com 100.000 iterações, as seguintes figuras representam amostras de 7 caminhos de preços futuros diferentes para cada uma das séries de preços com base nos seus parâmetros.

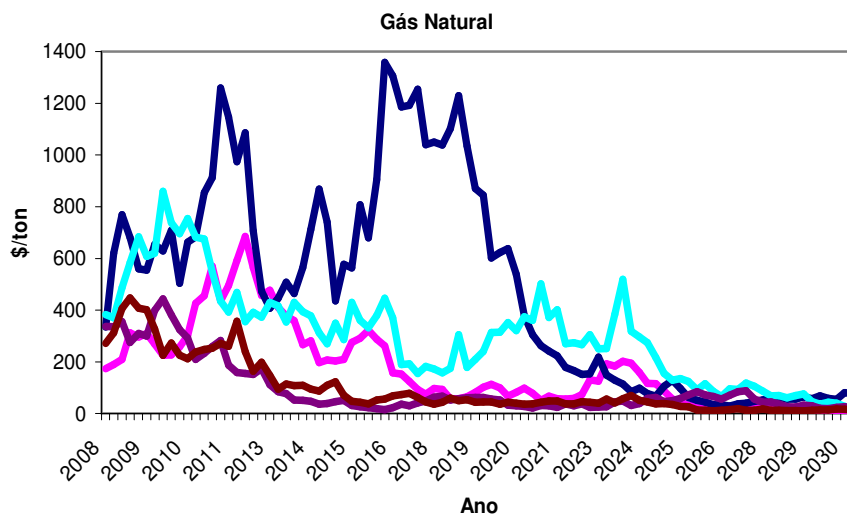


Figura 8 – Caminhos do MGB para o Gás Natural.

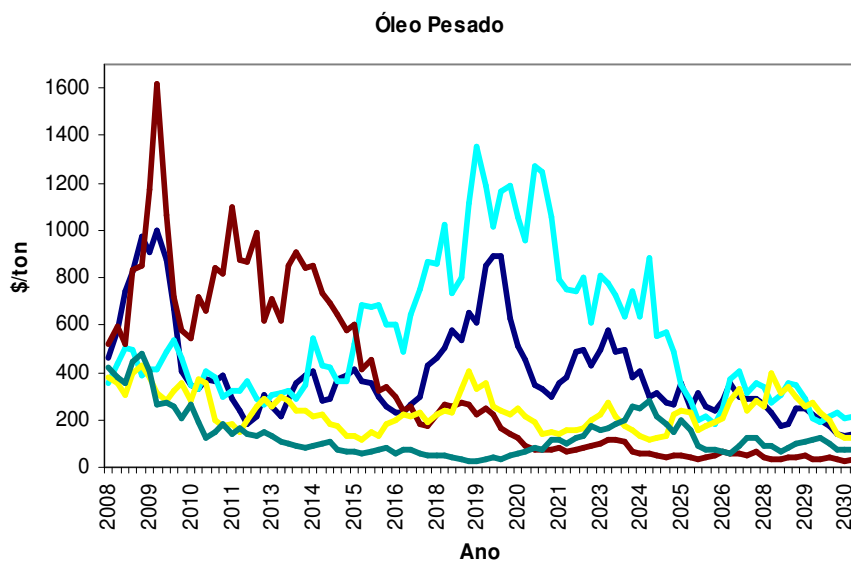


Figura 9 – Caminhos do MGB para o Óleo Pesado.

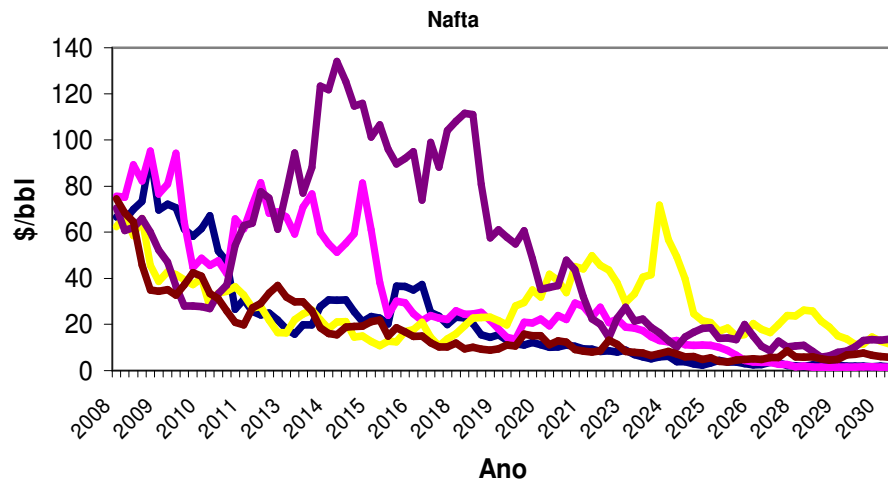


Figura 10 – Caminhos do MGB para a Nafta.

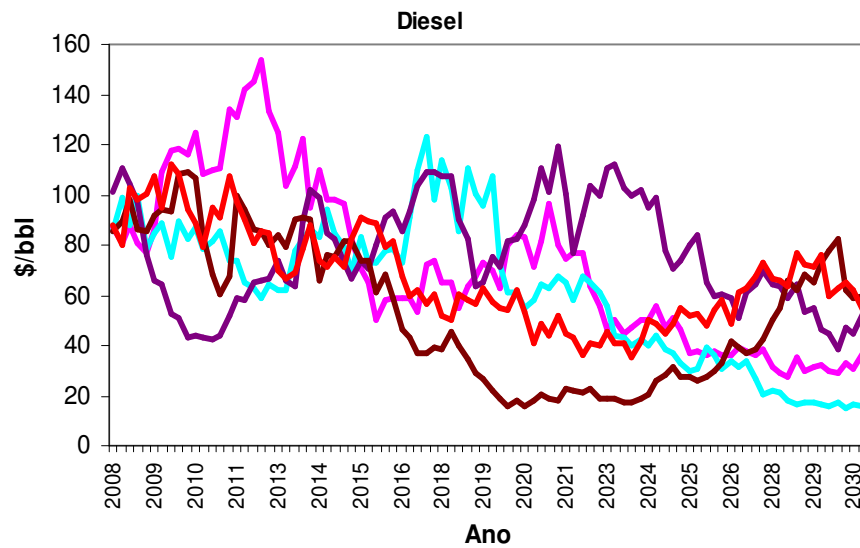


Figura 11 – Caminhos do MGB para o Diesel.

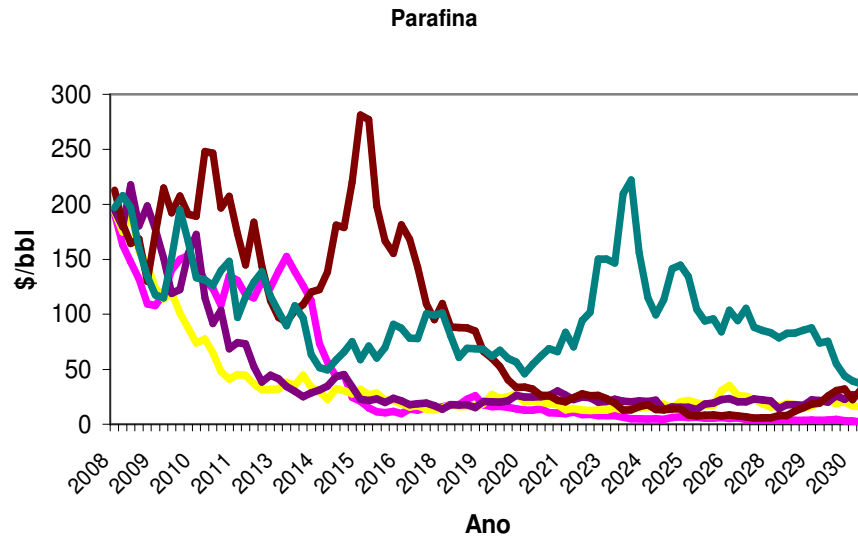


Figura 12 – Caminhos do MGB para a Parafina.

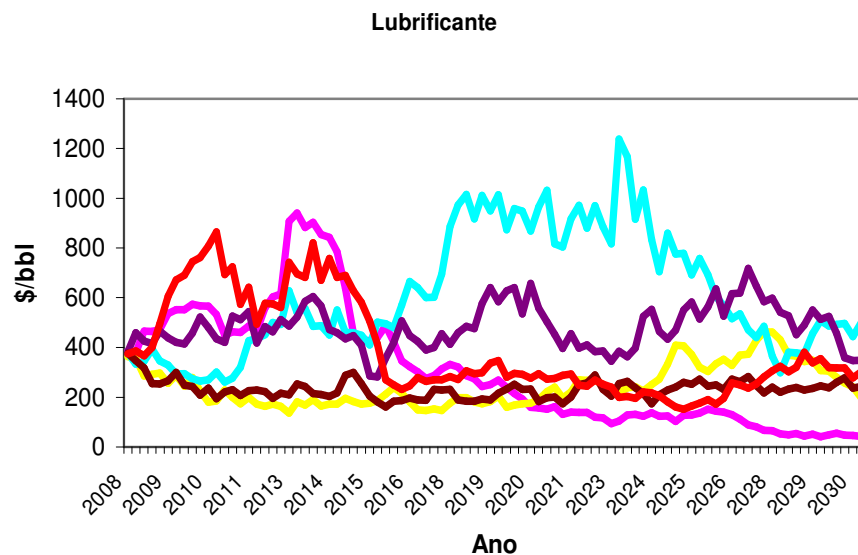


Figura 13 – Caminhos do MGB para o Lubrificante.

6.6. Correlação

Sabe-se que o efeito da correlação no valor da opção é geralmente negativo, ou seja, quanto maior a correlação menor o valor da opção. Para precificar o valor da opção de parar temporariamente, optou-se por capturar as correlações entre os preços de cada *Input* e os preços de seus 4 *outputs* gerados, ou seja, se a matéria-prima é o gás natural, então faz-se correlação entre o gás e a Nafta, diesel, parafina e lubrificante simultaneamente. E assim também, para o caso da matéria-

prima ser o óleo pesado. No presente trabalho, as variáveis aleatórias dos preços do input e dos outputs são simuladas simultaneamente. Essas variáveis apresentam correlações entre si.

A maneira utilizada para garantir que a geração de seqüências aleatórias respeite uma matriz de correlação foi através da decomposição de Cholesky.

O princípio da decomposição de Cholesky é uma operação matricial que, aplicada ao vetor de números aleatórios sorteados produz outro vetor de números aleatórios que têm a característica de obedecerem a uma dada matriz de correlação entre eles.

Se as variáveis aleatórias X e Y tem correlação ρ , então basta amostrar duas normais independentes ε_x e ε_w , usar ε_x para a V.A. X e usar a fórmula de Cholesky para a variável aleatória Y :

$$\varepsilon_y = \rho \varepsilon_x + \varepsilon_w \sqrt{1 - \rho^2} \quad (30)$$

Desta forma, os resultados que serão vistos nos itens abaixo, fazem uso da decomposição de Cholesky para analisar o efeito da correlação no valor do projeto.

6.7. Resultados

Nos próximos itens, serão apresentados os resultados das simulações realizadas baseadas nas premissas apresentadas acima (custos, % dos *outputs* de cada cenário para formar as receitas), além de outras informações.

Todos os cálculos foram executados através de uma planilha eletrônica confeccionada pelo autor. Este trabalho foi diretamente auxiliado pela plataforma de simulação estatística @Risk.

Assim, elaborou-se um fluxo de caixa da planta GTL, considerando a Equação (31) da função lucro para cada trimestre.

$$\{ \{ \text{Receita} - (\text{Custo Fixo} + \text{Custo Variável}) \} * (1 - \text{alíquota de imposto}) \} \quad (31)$$

Para calcular o valor da opção, basicamente a cada período fez-se: Lucro da planta em t = Opção no trimestre = Máximo [*payoff* de operar com *input* X ; *payoff* de não operar].

O *payoff* de não operar foi considerado neste trabalho como 50% do custo fixo *OPEXO* durante o trimestre t .

O efeito líquido da opção de parada temporária é o valor da opção acima menos o valor da opção sem o *payoff* de não operar.

6.7.1. Cálculo do VPL

Para calcular o Valor Presente Líquido (VPL) da Planta GTL, os seguintes parâmetros serão utilizados:

- Taxa de desconto ajustada ao risco de 10% a.a.;
- Taxa de desconto livre de risco de 5% a.a.;
- Taxa de dividendo de 5% a.a.;
- Período trimestral;
- Vida útil do projeto de 20 anos;
- Investimento feito nos 3 primeiros anos do projeto;
- Depreciação linear feita ao longo dos 20 anos da planta;
- OPEX de 2% do *CAPEX* para o GN e 3% para o OP;
- Capacidades da planta (35.000 e 72.000 bbl/dia);
- Eficiência de 93%.

Lembrando que o *CAPEX* de uma planta que utiliza Gás Natural é diferente do *CAPEX* de uma planta que utiliza Óleo Pesado, conseqüentemente o *OPEX* também será diferente.

Através de simulação de Monte Carlo foram obtidos 10.000 VPL's para cada cenário possível analisado neste trabalho. Com o auxílio da teoria de opções reais, adicionou-se flexibilidade a planta (opção de parar temporariamente), de forma a maximizar o *payoff* trimestral do projeto.

Os valores médios destes VPL's considerando a correlação entre os *inputs* e os *outputs*, e principalmente, considerando as flexibilidades em cada cenário, podem ser vistos nas tabelas abaixo.

6.7.1.1. Apresentação dos resultados (35.000 bbl)

Cada tabela será chamada de exemplo (I, II, III, IV...) e contemplará os dados de um dos cenários de entrada e saída do projeto. Os cenários possíveis são:

Tipos de Produtos	Cenário	Cenário	Cenário	Cenário
	I	II	III	IV
Nafta	0,50%	1,90%	6,60%	9,60%
Diesel	0,90%	3,20%	9,40%	12,70%
Parafina	4,70%	14,10%	31,30%	36,40%
Lubrificante	93,70%	80,40%	51,20%	39,00%
Perfil α	0,99	0,98	0,96	0,95

Tabela 9 – Cenária de produção utilizados no trabalho.

Exemplo I

Neste exemplo, serão apresentados os VPL`s com e sem a opção de parada temporária das plantas do cenário I, que são alimentadas com gás natural ou óleo pesado e sua produção máxima é de 35.000 bbl.

Plantas	Mínimo	Médio	Máximo
Gás sem opção	(580.198.800)	14.266.650	187.435.200
Gás com opção	(401.816)	15.211.210	187.435.200
OP sem opção	(447.341.400)	10.155.340	113.710.300
OP com opção	(462.088)	10.623.320	113.710.300

Tabela 10 – Valor Presente Líquido (US\$ mil) do Cenário I (35.000).

Pelo critério do fluxo de caixa descontado, pode-se avaliar que ambas as plantas são viáveis do ponto de vista econômico, uma vez que seus VPL`s >0. Mas, nota-se que ao adicionar-se flexibilidade de parada temporária, o valor presente líquido da planta GTL fica ainda maior.

Para o caso da planta alimentada com gás natural, o valor da opção neste cenário I será de US\$ 944.554.900. Já no caso da planta alimentada com óleo pesado, o valor da flexibilidade será igual a US\$ 467.984.200.

Lembrando que a influência da correlação entre cada *input* e os *outputs* foi considerada.

Exemplo II

Da mesma forma que o exemplo I, no exemplo II serão calculados os VPL's das plantas do cenário II, que utilizam óleo pesado e gás natural, com produção máxima de 35.000 bbl.

Plantas	Mínimo	Médio	Máximo
Gás sem opção	(583.262.900)	12.679.260	195.348.500
Gás com opção	(401.816)	13.707.470	195.348.500
OP sem opção	(468.027.410)	856.033	121.616.400
OP com opção	(462.088)	1.062.332	121.616.400

Tabela 11 – Valor Presente Líquido (US\$ mil) do Cenário II (35.000).

Exemplo III

Plantas	Mínimo	Médio	Máximo
Gás sem opção	(589.214.900)	8.930.770	201.883.600
Gás com opção	(401.816)	10.204.740	201.883.600
OP sem opção	(511.785.100)	4.798.420	129.492.700
OP com opção	(462.088)	5.893.130	129.492.700

Tabela 12 – Valor Presente Líquido (US\$ mil) do Cenário III (35.000).

Exemplo IV

Plantas	Mínimo	Médio	Máximo
Gás sem opção	(591.208.910)	7.207.170	198.244.200
Gás com opção	(401.816)	8.629.100	198.244.200
OP sem opção	(528.960.100)	3.071.260	127.054.600
OP com opção	(462.088)	4.525.160	127.054.600

Tabela 13 – Valor Presente Líquido (US\$ mil) do Cenário IV (35.000).

6.7.2. Apresentação dos resultados (72.000 bbl)

Igualmente aos exemplos anteriores, as próximas tabelas apresentarão os VPL's com e sem a opção de parada temporária das plantas, que são alimentadas com gás natural ou óleo pesado e sua produção máxima será de 72.000 bbl.

Exemplo V

Plantas	Mínimo	Médio	Máximo
Gás sem opção	(1.193.230.000)	29.669.960	385.902.400
Gás com opção	(661.274)	31.606.960	385.902.400
OP sem opção	(919.875.600)	21.260.610	234.288.000
OP com opção	(760.465)	22.220.060	234.288.000

Tabela 14 – Valor Presente Líquido (US\$ mil) do Cenário I (72.000).

Exemplo VI

Plantas	Mínimo	Médio	Máximo
Gás sem opção	(1.199.534.000)	26.404.470	402.181.210
Gás com opção	(661.274)	28.512.310	402.181.210
OP sem opção	(962.429.500)	17.979.450	250.551.900
OP com opção	(760.465)	19.207.120	250.551.900

Tabela 15 – Valor Presente Líquido (US\$ mil) do Cenário II (72.000).

Exemplo VII

Plantas	Mínimo	Médio	Máximo
Gás sem opção	(1.211.778.000)	18.693.270	415.624.900
Gás com opção	(661.274)	21.302.200	415.624.900
OP sem opção	(1.052.446.000)	10.240.680	266.754.600
OP com opção	(760.465)	12.477.950	266.754.600

Tabela 16 – Valor Presente Líquido (US\$ mil) do Cenário III (72.000).

Exemplo VIII

Plantas	Mínimo	Médio	Máximo
Gás sem opção	(1.215.880.000)	15.147.590	408.138.100
Gás com opção	(661.274)	18.042.830	408.138.100
OP sem opção	(1.087.777.000)	6.687.650	266.754.600
OP com opção	(760.465)	9.654.386	266.754.600

Tabela 17 – Valor Presente Líquido (US\$ mil) do Cenário IV (72.000).

6.7.3.Valor da Opção

As tabelas abaixo, fornecerão a consolidação dos valores das flexibilidades para cada cenário da planta GTL com produção máxima de 35.000 e 72.000 bbl.

Plantas	Cenário I	Cenário II	Cenário III	Cenário IV
Gás Natural	944.554.900	1.028.211.000	1.273.982.000	1.414.742.000
Óleo Pesado	467.984.200	599.224.700	1.094.695.000	1.453.900.000

Tabela 18 – Valor das flexibilidades (US\$) 35.000 bbl.

Plantas	Cenário I	Cenário II	Cenário III	Cenário IV
Gás Natural	1.937.007.000	2.107.840.000	2.608.933.000	2.895.244.000
Óleo Pesado	959.460.400	1.227.664.000	2.237.275.000	2.966.736.000

Tabela 19 – Valor das flexibilidades (US\$) 72.000 bbl.

Analisando os valores encontrados, pode-se observar que todas as plantas apresentam viabilidade econômica para serem implantadas, embora as plantas que utilizam gás natural sejam mais vantajosas. Observa-se também que os VPL`s das plantas que contemplam o benefício da opção de parada temporária são maiores que os VPL`s das plantas sem a flexibilidade. Tal diferença varia de 467.984.200 para a planta do cenário I que utiliza óleo pesado como matéria-prima e tem produção máxima de 35.000 bbl a 2.966.736.000 para o cenário IV com produção máxima de 72.000 bbl e que utiliza a mesma matéria prima.

Nas tabelas 27, 28, 29 e 30 pode-se observar os sumários estatísticos das simulações.

Variáveis	Opção 35.000 bbl	Opção 35.000 bbl	Opção 35.000 bbl	Opção 35.000 bbl
	GN Cenário I	GN Cenário II	GN Cenário III	GN Cenário IV
Mínimo	0	0	0	0
Máximo	5, 805764 E+11	5, 8333323 E+11	5, 889563 E+11	5, 908804 E+11
Média	9, 445549 E+08	1, 02821 E+09	1, 273982 E+09	1, 414742 E+09
Variância	1,131577 E+20	1,170354 E+20	1, 263831 E+20	1, 306577 E+20
% Igual a zero	85%	85%	75%	70%
% diferente de zero	15%	15%	25%	30%

Tabela 20 – Sumário estatístico GN 35.000 bbl.

É importante notar que o percentual do valor da opção nula, varia de 70% a 85% dependendo do cenário observado para esta planta. Isso quer dizer que dependendo do perfil de produção, haverá mais ou menos incertezas, e consequentemente o valor da opção vai aumentando de acordo com o aumento das incertezas.

Variáveis	Opção 35.000 bbl	Opção 35.000 bbl	Opção 35.000 bbl	Opção 35.000 bbl
	OP Cenário I	OP Cenário II	OP Cenário III	OP Cenário IV
Mínimo	0	0	0	0
Máximo	4, 489534 E+11	4, 689017 E+11	5, 117234 E+11	5, 286187 E+11
Média	4, 679842 E+08	5, 992247 E+08	1, 094695 E+09	1, 4539 E+09
Variância	3, 991537 E+19	4,708056 E+19	6, 871486 E+19	8,110991 E+19
% Igual a zero	95%	90%	70%	60%
% diferente de zero	5%	10%	30%	40%

Tabela 21 – Sumário estatístico OP 35.000 bbl.

Variáveis	Opção 72.000 bbl	Opção 72.000 bbl	Opção 72.000 bbl	Opção 72.000 bbl
	GN Cenário I	GN Cenário II	GN Cenário III	GN Cenário IV
Mínimo	0	0	0	0
Máximo	1, 194204 E+12	1, 199868 E+12	1, 211423 E+12	1, 215375 E+11
Média	1, 937007 E+09	2, 10784 E+09	2, 608933 E+09	2, 350223 E+09
Variância	4,784977 E+20	4, 948713 E+20	5, 343244 E+20	5, 523548 E+20
% Igual a zero	85%	85%	75%	70%
%diferente de zero	15%	15%	25%	30%

Tabela 22 – Sumário estatístico GN 72.000 bbl.

Variáveis	Opção 72.000 bbl	Opção 72.000 bbl	Opção 72.000 bbl	Opção 72.000 bbl
	OP Cenário I	OP Cenário II	OP Cenário III	OP Cenário IV
Mínimo	0	0	0	0
Máximo	9, 234242 E+11	9, 644514 E+11	1, 052529 E+11	1, 087278 E+12
Média	9, 594604 E+08	1, 227664 E+09	2, 237275 E+09	2, 966736 E+09
Variância	1, 687265 E+20	1, 98982 E+20	2, 902853 E+20	3, 425739 E+20
% Igual a zero	95%	90%	75%	65%
%diferente de zero	5%	10%	25%	35%

Tabela 23 – Sumário estatístico OP 72.000 bbl.

Nota-se a partir das tabelas do sumário estatístico, que o tipo de matéria prima (*input*) utilizado, e a quantidade de lubrificante a ser produzido (*Output*) são duas das principais variáveis de incerteza deste projeto, uma vez que a planta posta em marcha e alimentada pelo óleo pesado tem menor valor que a planta alimentada pelo gás natural. Além disso, as plantas do cenário I, que produzem maior quantidade de lubrificante (*output*) mais caro são as que apresentam menor grau de incerteza, por isso o valor da opção neste caso é menor.

6.7.4. Análise de Sensibilidade

6.7.4.1. Impostos Indiretos

Fazendo uma simulação do mesmo problema, porém diminuindo o valor dos impostos indiretos para 20 e 25%, antes considerados em torno de 32,25%, o VPL do projeto com a opção de parar temporariamente será de:

VPL'S	Cenário I	Cenário II	Cenário III	Cenário IV
	35.000 bbl_ GN	35.000 bbl_ GN	35.000 bbl_ GN	35.000 bbl_ GN
VPL – 34%	1, 521121 E+10	1, 370747 E+10	1, 020474 E+10	8, 621909 E+9
VPL – 25%	1, 730974 e+10	1, 563005 E+10	1, 170985 E+10	9, 933473 E+9
VPL – 20%	1, 876443 E+10	1, 696376 E+10	1, 275654 E+10	1, 084739 E+10

Tabela 24 – Variação do VPL com diminuição de imposto para GN 35.000 bbl.

VPL'S	Cenário I	Cenário II	Cenário III	Cenário IV
	35.000 bbl_ OP	35.000 bbl_ OP	35.000 bbl_ OP	35.000 bbl_ OP
VPL – 34%	1, 062332 E+10	9, 159556 E+9	5, 893122 E+9	4, 525161 E+9
VPL – 25%	1, 269841 E+10	1, 103995 E+10	7, 291655 E+9	5, 690159 E+9
VPL – 20%	1, 414568 E+10	1, 235614 E+10	8, 284898 E+9	6, 525702 E+9

Tabela 25 – Variação do VPL com diminuição de imposto para OP 35.000 bbl.

VPL'S	Cenário I	Cenário II	Cenário III	Cenário IV
	72.000 bbl_ GN	72.000 bbl_ GN	72.000 bbl_ GN	72.000 bbl_ GN
VPL – 34%	3, 160696 E+10	2, 851231 E+10	2, 13022 E+10	1, 804283 E+10
VPL – 25%	3, 592495 E+10	3, 246852 E+10	2, 440021 E+10	2, 074319 E+10
VPL – 20%	3, 891801 E+10	3, 521281 E+10	2, 655444 E+10	2, 326452 E+10

Tabela 26 – Variação do VPL com diminuição de imposto para GN 72.000 bbl.

VPL'S	Cenário I	Cenário II	Cenário III	Cenário IV
	72.000 bbl_ OP	72.000 bbl_ OP	72.000 bbl_ OP	72.000 bbl_ OP
VPL 34%	2, 222006 E+10	1, 920712 E+10	1, 247795 E+10	9, 654386 E+9
VPL 25%	2,648992 E+10	2, 307698 E+10	1, 535922 E+10	1, 205731 E+10
VPL 20%	2, 946765 E+10	2, 578535 E+10	1, 740455 E+10	1, 377943 E+10

Tabela 27 – Variação do VPL com diminuição de imposto para OP 72.000 bbl.

Os percentuais da taxa de impostos indiretos utilizados nesta análise, mostram claramente que o projeto é bastante sensível à taxa de imposto cobrado. Um dos próximos tópicos da segunda etapa deste projeto é fazer uma análise mais criteriosa do valor exato da taxa de imposto a ser descontada, pois no caso desta análise, por exemplo, o valor do VPL se altera de maneira significativa, conforme a taxa de imposto indireto.

Sendo assim, pode-se afirmar que este projeto tem grande chance de ser ainda mais viável, do ponto de vista econômico que a análise feita anteriormente, com uma taxa de 32,25%. Isso também significaria que o valor da opção de parar temporariamente será menor para os projetos com taxas menores, visto que as incertezas diminuirão e o projeto se tornará mais *deep-in-the- money*.