

5 Estudo de caso: Refinaria XTL

Com o objetivo de avaliar a viabilidade econômica de um projeto piloto e posteriormente a implantação de uma planta comercial, o grupo de estudos apresentado no capítulo 1 está criando (com prazo final previsto para Abril/2007) uma plataforma computacional capaz de capturar, através da metodologia de opções reais, as flexibilidades técnicas e de mercado que, aparentemente, são apresentadas no contexto operacional de uma planta XTL. O termo “XTL” foi batizado pelos gestores do projeto devido às diferentes fontes de matéria-prima que podem ser utilizadas para a produção diesel, naftas, lubrificantes e parafinas.

O projeto XTL desponta como um projeto que poderá integrar diversas áreas da Petrobras, gerando enorme valor à empresa, uma vez que os diversos insumos utilizados em seu processo produtivo são rejeitos de outros processos. A torta de biomassa gerada no processo de esmagamento de oleaginosas no projeto do Biodiesel e a utilização de óleo extra-pesado, que hoje não é utilizado devido à não existência de uma tecnologia capaz de refiná-lo, são exemplos de valor agregado que o projeto poderá gerar.

Uma importante consideração é o acordo de cooperação tecnológica firmado entre a Petrobras e a empresa Compact GTL para a construção e testes de uma planta piloto de produção de petróleo sintético a partir de gás natural associado. O contrato de três anos, envolve as etapas de elaboração do projeto da planta piloto de 20 barris por dia, a instalação desta planta em uma área de teste da Petrobras, situada em terra, a avaliação do seu desempenho e a elaboração do projeto conceitual para uma unidade industrial de 1.500 barris diários.

5.1. Precificação das opções de conversão

No presente estudo serão realizadas análises sobre a viabilidade econômica de uma planta XTL, sendo considerado cada *input* e perfil de *output* separadamente, a saber:

Plantas	Matéria-Prima	Perfil de Produção α
A: Gás Natural	Gás Natural	0,92
B: Óleo Pesado	Óleo Pesado	0,92
<i>Flex Input</i>	Gás Natural / Óleo Pesado	0,92
<i>Alpha 1</i>	Gás Natural	0,89
<i>Alpha 2</i>	Gás Natural	0,92
<i>Alpha 3</i>	Gás Natural	0,90
<i>Flex Output</i>	Gás Natural	0,90 / 0,92 / 0,89
<i>Planta Total Flex</i>	Gás Natural / Óleo Pesado	0,90 / 0,92 / 0,89

Tabela 5 - Relação dos tipos de plantas industriais analisadas

Após a análise econômica de cada planta, poderão ser avaliadas as possibilidades de precificação das flexibilidades de *inputs* e *outputs* e determinar o valor de cada opção de conversão. A avaliação de uma planta *Total Flex*¹¹ também será vista e todas as análises para a precificação das flexibilidades terão como referência a planta A (planta de gás natural) devido ao fato de ser o tipo de planta GTL mais utilizada no mercado.

É válida a observação de que, atualmente, não existe no mundo nenhuma planta XTL em operação, ou seja, não existe nenhuma planta que utilize mais de uma matéria-prima para a produção do gás de síntese. Apenas a planta da Sasol na África do Sul iniciou sua operação com a gaseificação de carvão, mas por fatores, principalmente ambientais, foi rapidamente trocada pela reforma do gás natural.

Outras importantes informações sobre as análises são:

- ⇒ Data-base da avaliação: 01/01/2011;
- ⇒ Período projetivo total¹²: 20 anos (períodos trimestrais);

¹¹ Uma planta *Total Flex* apresenta sistemas flexíveis na entrada e saída do processo produtivo.

¹² Incluem período de investimentos.

5.2. Premissas de simulação

Com o intuito de formalizar os resultados a serem obtidos, todas as premissas técnicas, operacionais e financeiras consideradas neste estudo serão apresentadas a seguir e através de planilha eletrônica poderão ser ajustadas para consultas e simulação de novos cenários.

5.2.1 Características técnicas dos *inputs*

De maneira simples e com o intuito de facilitar o entendimento do processo produtivo de uma planta XTL, pode-se dividir em duas fases: i) a geração do gás de síntese a partir de um determinado *input*; e ii) a geração dos produtos líquidos a partir do gás de síntese. A quantidade de produção tanto do gás de síntese quanto dos produtos líquidos é determinada através dos rendimentos dos insumos utilizados, a saber:

Matéria prima (<i>Input</i>)	Gás de Síntese (Nm ³ / ton MP)
Gás Natural	3.450
Óleo Pesado	2.600
Biomassa (Torta de Mamona)	1.570
Resíduo de Vácuo	2.590

Tabela 6 - Rendimentos por tipo de input

Já o rendimento da segunda fase do processo produtivo é, em média, 700 normal metro cúbico (Nm³) de gás de síntese por barril de produto líquido¹³, que será representado pela unidade Nm³/bbl.

5.2.2. Capacidade nominal de produção

Para a análise da plantas industriais, será utilizada uma capacidade nominal de produção de 35.000 barris por dia, número médio de uma planta em operação na região do Catar. Será utilizada também uma taxa de eficiência de produção de 93%.

¹³ Valor médio fornecido pelos especialistas do CENPES/Petrobras.

5.2.3. Capex (I₀)

Nas tabelas a seguir são apresentados os valores dos investimentos iniciais por tipo de tecnologia de *input* para a implantação de uma planta XTL.

Capex	Tipo de Tecnologia	Até 35.000 bbl/dia (US\$ / bbl)	> 35.000 bbl/dia (US\$ / bbl)
Gás Natural	Reforma	25.000	10.000
Óleo Pesado	Gaseificação	29.000	11.500
Biomassa	Gaseificação	29.000	11.500
Resíduo de Vácuo	Gaseificação	29.000	11.500

Tabela 7 - Investimento por barril e capacidade de planta

Uma importante consideração é a alocação destes investimentos por fase de implantação do projeto, que é dividida em: Reforma/Gaseificação (varia de *input* para *input*), Fischer-Tropsch e Enriquecimento de Produtos.

Capex	Gás Natural (% I ₀)	Óleo Pesado (% I ₀)	Biomassa (% I ₀)	Resíduo de Vácuo (% I ₀)
Reforma/Gaseificação	60%	65%	65%	65%
Fischer-Tropsch	25%	22%	22%	22%
Enriquecimento	15%	13%	13%	13%

Tabela 8 - Alocação de recursos por fase de projeto

Portanto, para uma planta com capacidade nominal de 35.000 bbl/dia de produção, os seguintes valores de investimentos são mostrados na tabela 8:

Capex	Gás Natural (US\$ mil)	Óleo Pesado (US\$ mil)	Biomassa (US\$ mil)	Resíduo de Vácuo (US\$ mil)
Reforma/Gaseificação	525.000	659.750	659.750	659.750
Fischer-Tropsch	218.750	223.300	223.300	223.300
Enriquecimento	131.250	131.950	131.950	131.950
Total	875.000	1.015.000	1.015.000	1.015.000

Tabela 9 - Valor total de Investimentos para uma planta de 35.000 bbl/dia

Outros parâmetros importantes para a análise são:

- ⇒ Tempo de depreciação (linear) ¹⁴: 20 anos;
- ⇒ Tempo para a aplicação de recursos: 03 anos (linearmente distribuídos)

5.2.4. Custo dos produtos vendidos – CPV

O custo dos produtos produzidos pela tecnologia XTL é dividido em dois: i) o custo da matéria-prima utilizada para a geração do gás de síntese; e ii) o custo operacional (*OPEX*) de produção que engloba as despesas com mão-de-obra, reagentes, instalações, energia elétrica e outros. Existe ainda o custo de conversão caso seja necessário adaptações no sistema produtivo para a troca de matéria-prima. Não será considerado o custo de conversão para a flexibilidade dos perfis de produção.

Matéria-Prima

Como foi visto no início deste capítulo, uma planta XTL é capaz de ser alimentada, individualmente, com diversos tipos de matéria-prima onde cada uma apresenta um tipo diferente de rendimento na geração de gás de síntese.

Para calcular a quantidade diária de matéria-prima necessária para a geração de uma planta de 35.000 barris de produtos líquidos, utilizou-se a seguinte equação recursiva:

$$Qtde(ton) = \frac{Capacidade}{\frac{Rend.P}{Rend.X}}, \text{ onde}$$

Capacidade: Capacidade nominal da planta;

Rend.P: Rendimento na produção de produtos líquidos; e

Rend.X: Rendimento da matéria-prima X (X=A: Gás Natural; X=B: Óleo Pesado).

¹⁴ Considerando os três primeiros anos de construção e aplicação dos recursos, a depreciação só será considerada a partir do primeiro ano de operação da planta, e serão compensados os três primeiros anos passando a depreciação para o prazo de 17 (dezessete) anos, fazendo com que não haja valor residual.

A tabela 10 apresenta as quantidades diárias necessárias de matéria prima para uma planta com capacidade de 35.000 barris/dia.

Matéria prima (<i>Input</i>)	Quantidades Diária (ton)
Gás Natural	7.101,45
Óleo Pesado	9.423,08
Biomassa	15.605,10
Resíduo de Vácuo	9.459,46

Tabela 10 - Quantidade diária de matéria-prima

Já o custo total de matéria-prima é o produto entre a quantidade diária e o preço por tonelada de matéria-prima.

Custo Operacional (OPEX)

O custo operacional foi calculado através de indicadores sobre o investimento (% *capex*). foi estimado um valor de 2% ao ano¹⁵, mantendo-se constante ao longo de todo o período projetivo.

Custo de conversão (*Switch cost*)

Caso o sistema identifique a necessidade da troca de matéria prima utilizada a cada período, será adicionado um valor igual ao OPEX praticado no período.

5.2.5. Receitas operacionais

As receitas operacionais de uma planta XTL são resultados da venda dos produtos. Existe, ainda, a possibilidade da comercialização de energia elétrica, uma vez que o processo produz calor suficiente para produzir tal energia. No entanto, a comercialização de energia elétrica implica em um investimento adicional e esta receita não será considerada neste estudo. Outra possibilidade é a realimentação da energia elétrica produzida no próprio processo produtivo, fazendo com que os custos variáveis de produção diminuam.

¹⁵ Valor sugerido pelos especialistas do CENPES/Petrobras, embora alguns documentos da literatura da tecnologia GTL utilizem valores na faixa de 5 a 7%.

A receita operacional é calculada pelo produto entre a quantidade de barris de produtos líquidos (diesel, nafta, parafinas e lubrificantes) produzidos diariamente pelo preço unitário do respectivo barril de produto. Infelizmente, não é possível concentrar 100% da produção em um único tipo de produto, o que possibilitaria a escolha ótima de receitas, por isso, serão simulados cenários de perfis de produção na tentativa de capturar a flexibilidade na saída do sistema. Cada perfil de produção α é dado pela curva Anderson-Schulz-Flory - ASF.

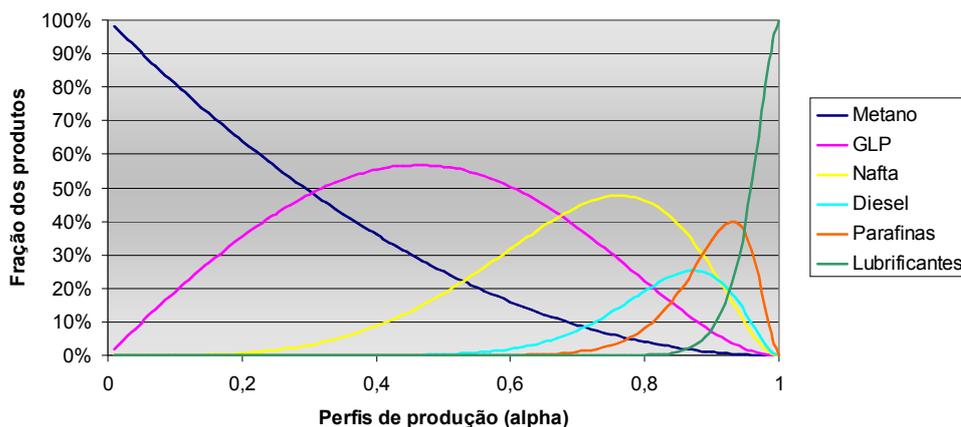


Figura 10 - Curvas de produção de Líquidos sintéticos (ASF)

Para a análise das plantas A e B, foi escolhido um determinado perfil de produção, mantendo-o constante ao longo de todo período projetivo, a saber:

Tipo de Produto (Output)	% da produção efetiva	Perfil Alpha
Nafta	19,4%	0,92
Diesel	20,7%	0,92
Parafinas	39,0%	0,92
Lubrificantes	15,4%	0,92

Tabela 11 - Perfil de produção

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

Finalmente, a receita operacional é calculada pela seguinte expressão:

$$Receita(US\$) = \sum_{p=1}^4 Prod.efetiva \times Perfil_p (\%) \times Preço_p,$$

p=1: Nafta, p=2: Diesel, p=3: Parafinas, p=4: Lubrificantes

5.2.6. Impostos e Taxas

Os impostos e taxas incidentes nesta análise econômica seguem a legislação vigente no país, a saber:

Sobre a receita bruta

Pis / Cofins: 1,65% e 7,6%, respectivamente – alíquotas federais;

ISS: 5% - alíquota estadual (RJ); e

ICMS: 18%% - alíquota estadual (RJ).

Não está sendo considerado nenhum crédito de impostos e os custos dos produtos vendidos são líquidos de Pis/Cofins e ICMS.

Sobre o lucro operacional

Imposto de renda (IRPJ): 25% (incluindo 10% de alíquota adicional);

Contribuição Social (CSLL): 9%.

Compensação sobre base negativa também não está sendo considerada nesta análise. O regime de tributação adotado é lucro real e os demonstrativos de resultados e fluxo de caixa são formados pelo regime de competência.

5.2.7. Séries de Preços

Os dados mais importantes para esta análise são as séries de preços. Elas é que determinarão os parâmetros necessários para a modelagem dos preços futuros de cada *input* e *output*. Com cada valor determinado separadamente, será possível analisar economicamente cada resultado encontrado.

Toda a análise estocástica e de simulação deste estudo estará em função dos preços destes *commodities*. Serão apresentados a seguir os gráficos dos preços históricos, seus comportamentos e as equações de projeção estocásticas utilizadas.

Matéria-Prima - (Input)

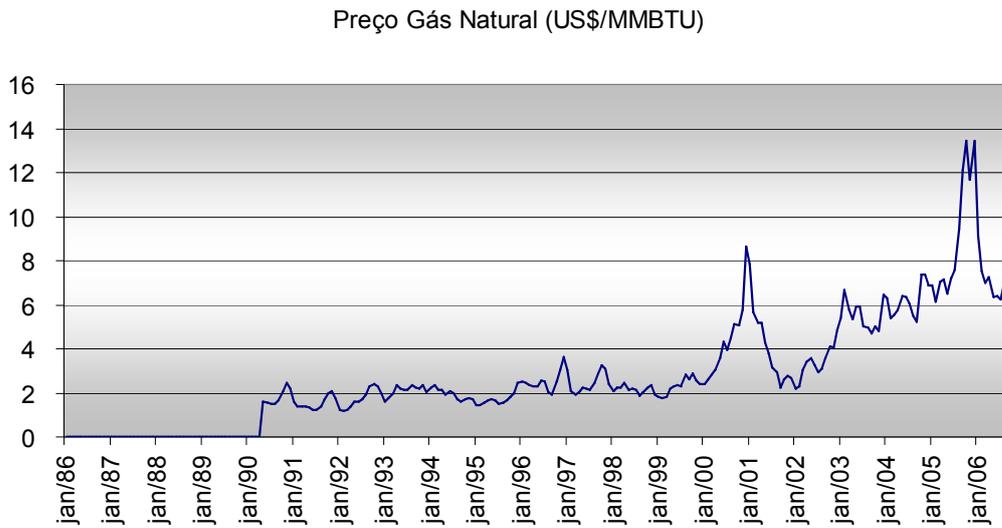


Figura 11 - Evolução histórica dos preços do gás natural – evolução mensal

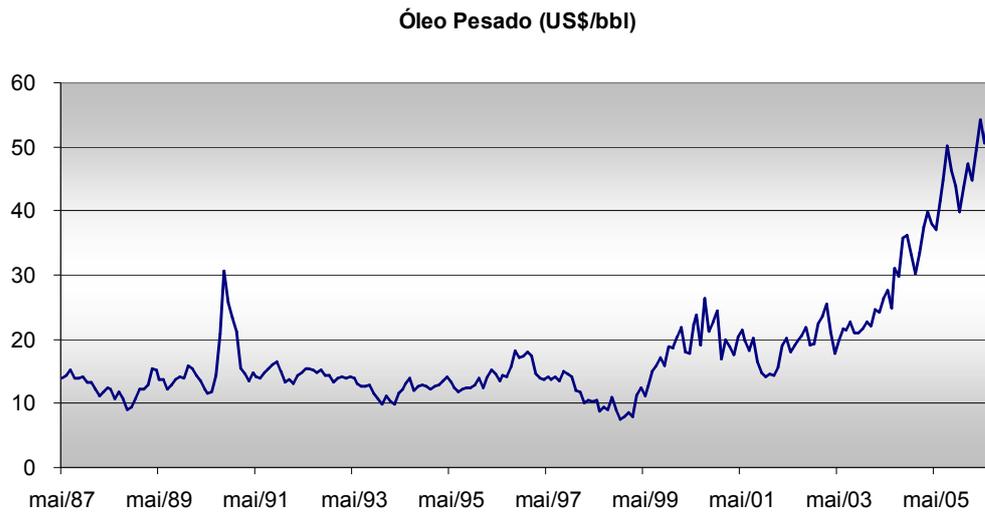


Figura 12 - Evolução histórica dos preços do óleo pesado – evolução diária

Produtos líquidos - (Output)

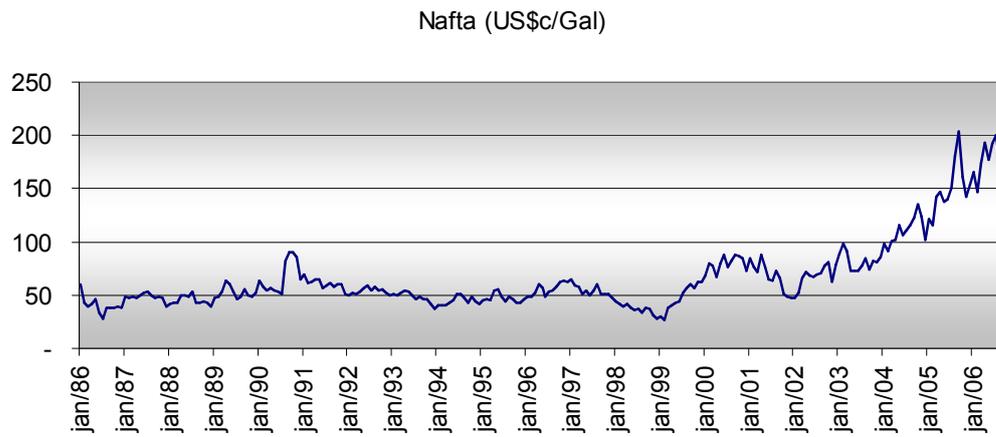


Figura 13 - Evolução histórica dos preços da Nafta – evolução mensal

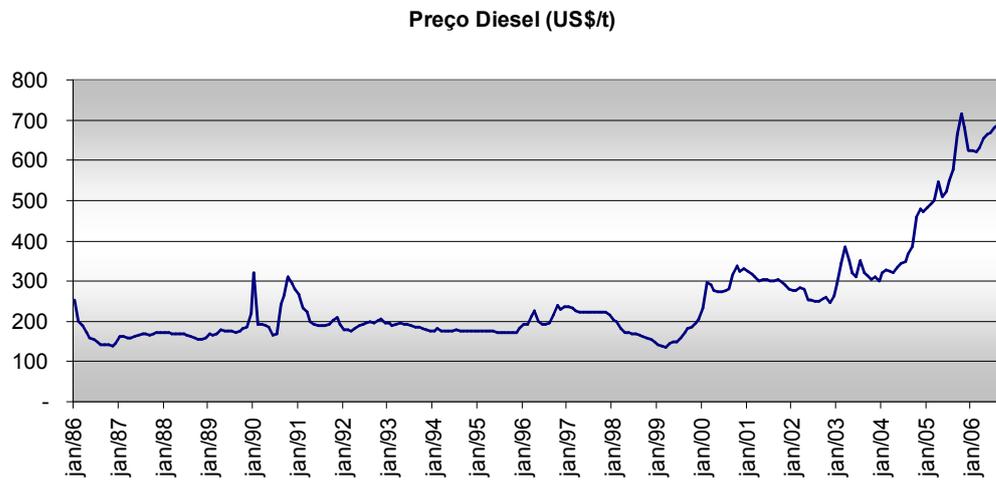


Figura 14 - Evolução histórica dos preços do Diesel – evolução mensal

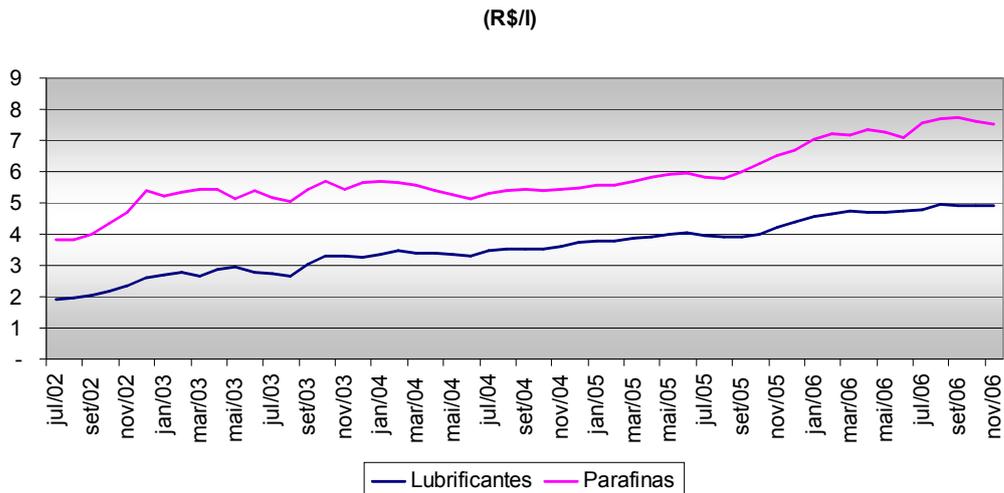


Figura 15 - Evolução histórica dos preços da Parafina e Lubrificantes – evolução mensal

Para obter os parâmetros (Velocidade de reversão à média η , Volatilidade σ , Média de longo prazo \bar{x} e taxa de freqüência de saltos λ) do processo estocástico que será utilizado neste estudo e com isso ser possível a projeção dos preços futuros $x(t)$, foi utilizada uma programação em linguagem *Matlab*. Uma outra forma de se obter os parâmetros do processo estocástico de reversão à média é através da regressão linear¹⁶ de $\ln(P_{t-1})$ x $\ln(P_t) - \ln(P_{t-1})$.

O processo estocástico para o preço da *commodity* é escolhido de forma que os preços $P(t)$ seja função de $x(t)$, porém é necessário escrever a relação entre a média de longo prazo \bar{x} e o preço de equilíbrio de longo prazo \bar{P} , a saber:

$$\bar{x} = \ln(\bar{P}) \quad (15)$$

Com isso os preços podem ser ajustados de forma que a média seja: $E[P(T)] = e^{E[x,1]}$, onde a relação entre a variável x e P seja o valor esperado do preço da *commodity* no instante t .

O processo direto $P(t) = e^{x_t}$ não funciona neste caso, porque a exponencial da distribuição normal adiciona metade da variância na média da distribuição

¹⁶ As regressões lineares das séries utilizadas nesta avaliação estão demonstradas nos anexos.

lognormal. De forma a se obter os preços ($E[P(T)] = e^{E[x_t]}$), a metade da variância deve ser compensada utilizando a seguinte equação:

$$P(t) = e^{\{x_t - 0.5 \times \text{Var}(x_t)\}} \quad (16)$$

Onde a variância de $x(t)$ determinística em função do tempo e dada pela equação 14, com os saltos aleatórios já incluídos.

A simulação neutra ao risco será utilizada devido à não existência de uma taxa de desconto ajustada ao risco para a opção e, neste caso, o processo $x(t)$ é simulado utilizando a expressão discreta, a saber:

$$x(t) = x(t-1) \times e^{-\eta \times \Delta t} + [\ln(\bar{P}) - ((\mu - r_f) / \eta)] \times (1 - e^{-\eta \times \Delta t}) + \sigma \sqrt{\frac{(1 - e^{-2 \times \eta \times \Delta t})}{2 \times \eta}} * N(0,1) + \text{saltos} \quad (17)$$

Onde o termo $\frac{(\mu - r_f)}{\eta}$ representa o prêmio de risco normalizado subtraído da média de longo prazo \bar{P} .

Os parâmetros que serão utilizados nas projeções de preços são apresentados na tabela 11, a saber:

Input/Parâmetros	Média de Longo Prazo	Volatilidade (σ) p.a	Velocidade de Reversão à média (p.a)	Frequência de Saltos (p.a)	Tamanho dos Saltos (up&Down)
Gás Natural	US\$ 5,96 / MMBTU	39,99%	0,2451	0,1030	Ln 2 / Ln 0,5
Óleo Pesado	US\$ 24,53 / bbl	56,65%	0,6334	0,1999	Ln 2 / Ln 0,5
Nafta	US\$ 0,7112 / Gal	36,88%	0,5019	0,1530	Ln 2 / Ln 0,5
Diesel	US\$ 476,44 / ton	24,71%	0,1296	0,1149	Ln 2 / Ln 0,5
Parafina	R\$ 1,9203 / l	59,03%	1,3959	0,1068	Ln 2 / Ln 0,5
Lubrificante	R\$ 3,5971 / l	43,83%	1,7731	0,0942	Ln 2 / Ln 0,5

Tabela 12 - Parâmetros do processo estocástico de reversão à média com saltos

As figuras 16, 17, 18, 19, 20 e 21 representam as projeções dos preços dos insumos e produtos através do processo estocástico de reversão à média com saltos.

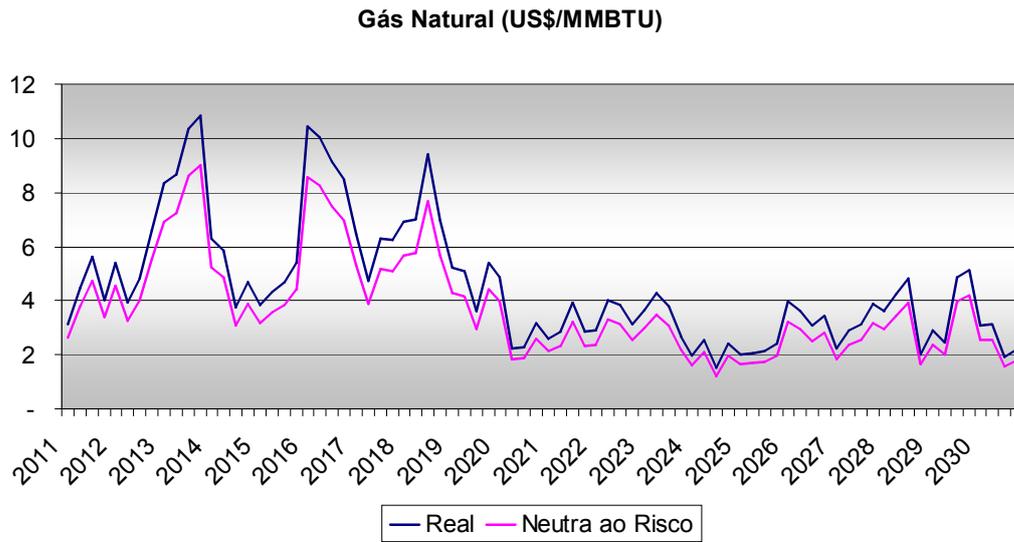


Figura 16 - Projeção real e neutra ao risco dos preços do gás natural – projeção trimestral

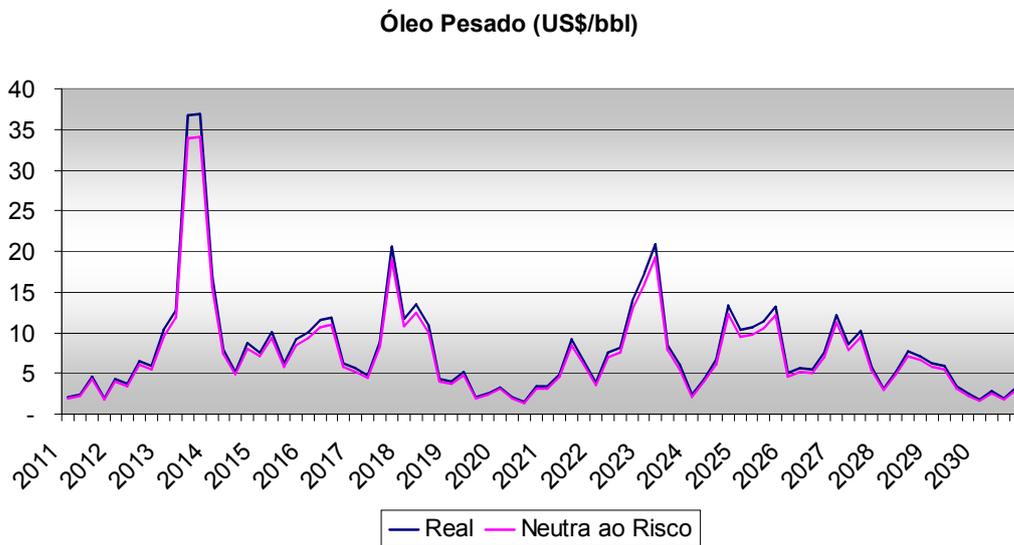


Figura 17 - Projeção real e neutra ao risco dos preços do óleo pesado – projeção trimestral

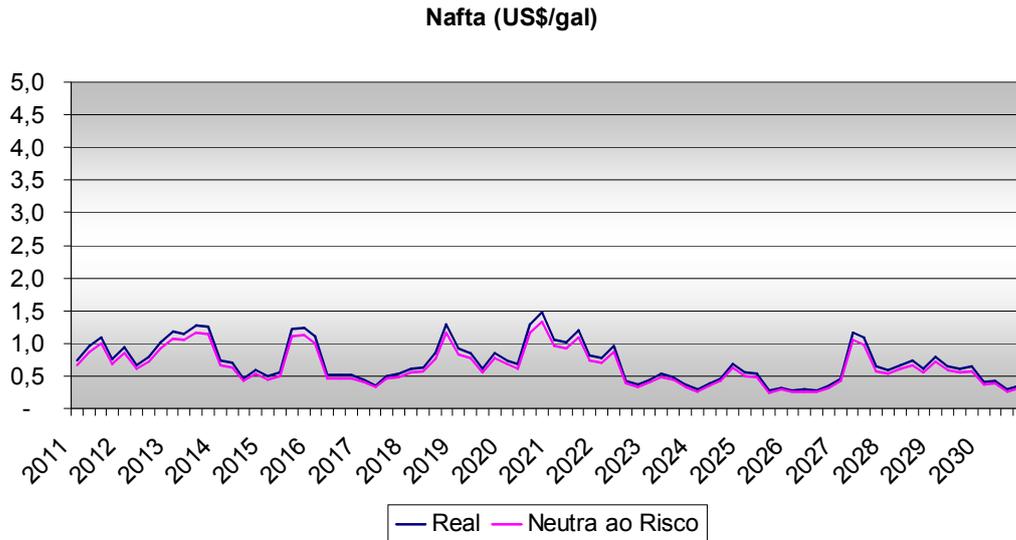


Figura 18 - Projeção real e neutra ao risco dos preços da nafta – projeção trimestral

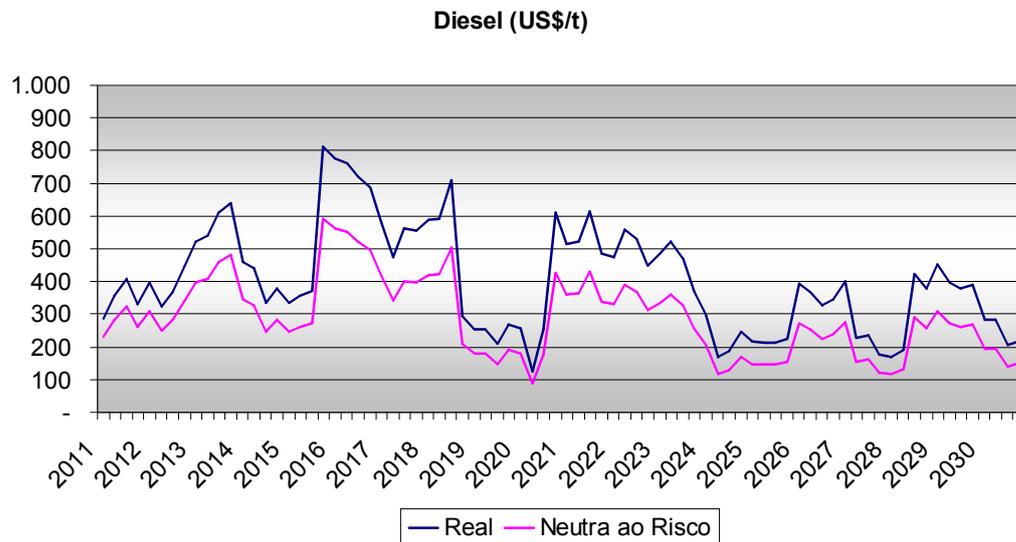


Figura 19 - Projeção real e neutra ao risco dos preços do diesel – projeção trimestral

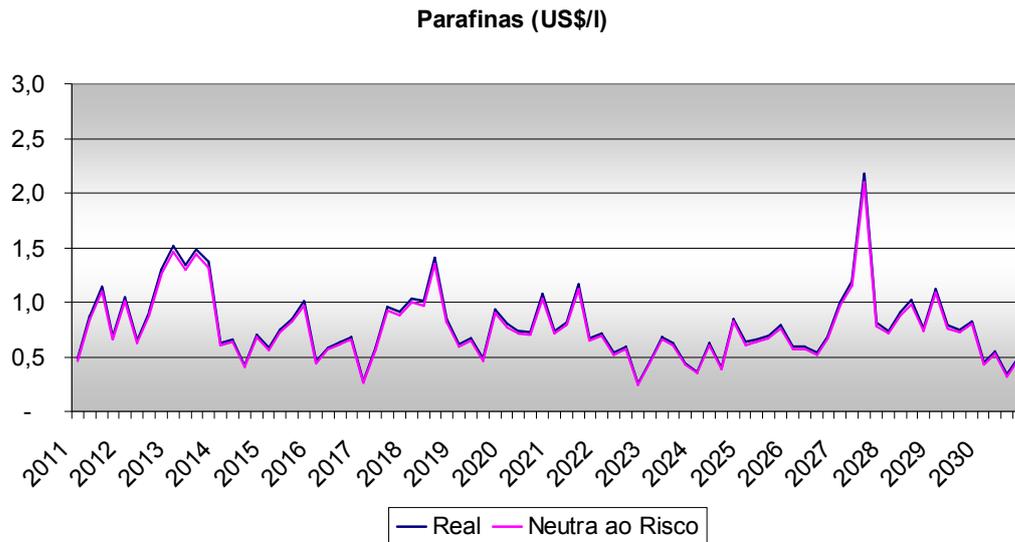


Figura 20 - Projeção real e neutra ao risco dos preços da parafina – projeção trimestral

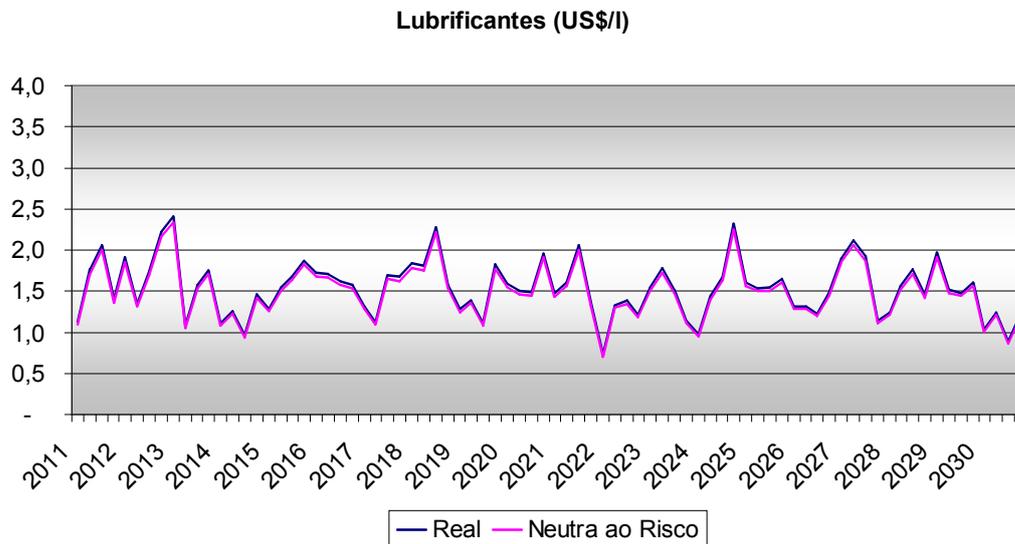


Figura 21 - Projeção real e neutra ao risco dos preços do lubrificante – projeção trimestral

5.2.8. Aspectos financeiros

Para calcular o valor presente líquido dos fluxos de caixa de cada planta, é necessário estipular as taxas de desconto ajustadas ao risco do projeto. No entanto, como há interesse no valor da opção de conversão, a teoria de opções reais diz que a taxa de desconto da opção (derivativo) não é igual à taxa de desconto do ativo base, mesmo sabendo que a opção deste ativo também é um ativo de risco. O risco da opção está vinculado ao ativo base, porém o risco da opção é diferente e variável ao longo do tempo.

De maneira a contornar este problema, utiliza-se o método de neutralidade ao risco, onde o valor futuro do ativo base é penalizado, subtraindo um prêmio de risco de sua tendência (certeza equivalente). Desta forma, pode-se utilizar a taxa livre de risco (r_f) para descontar os fluxos de caixa do projeto.

Este método é observado através da equação 17, onde a média de longo prazo está sendo penalizada por um prêmio de risco.

Para calcular os resultados, utilizaram-se os valores de taxa de desconto praticados no setor, a saber:

Taxa de desconto	% a.a (discreta)	% a.a (contínua)	% a.t (contínua)
Ajustada ao risco - μ	10,0	10,52	2,53
Livre de risco - r_f	5,0	5,13	1,23

Tabela 13 - Taxas de desconto

Para simulação em tempo contínuo é feito o ajuste $e^{r_f \times T} - 1$ na taxa utilizada.

5.2.9. Outras premissas

De forma a auxiliar os cálculos e as conversões das unidades utilizadas (insumos em US\$/ton e produtos em US\$/bbl), outras premissas como densidade dos insumos e produtos, conversores de volume e poder calorífico do gás natural foram necessários, a saber.

Conversores	Valor
bbl/m3	6,2891
MMBTU/m3	24,814
Gal/m3	264,172
MMBTU/ton	50,84
ton/bbl	0,148
m3/l	0,001

Densidades	ton/m3
Gás Natural	0,000791
Petróleo Marlin	0,93
Nafta	0,70
Diesel	0,82
Parafinas	0,81
Lubrificantes	0,91

Tabela 14 - Conversores de unidades e densidades