

6 Construção de Cenários

Neste capítulo será mostrada a metodologia utilizada para mensuração dos parâmetros estocásticos (ou incertos) e construção dos cenários com respectivas probabilidades de ocorrência.

6.1. Parâmetros Estocásticos

Para considerar incerteza no modelo, alguns parâmetros serão considerados estocásticos. De acordo com Escudero, Quintana e Salmerón (1999), três abordagens são tipicamente utilizadas para representar os parâmetros estocásticos: pelo seu valor médio (ou valor esperado), em termos de distribuição de probabilidade contínua que descreve cada item ou utilizando uma coleção de cenários discretos.

A caracterização desses parâmetros simplesmente como valores médios parece vago e pode não representar a situação real na maioria dos casos. A solução obtida com valores médios pode conduzir a inviabilidade se ocorrer cenário diferente daquele dado pelos valores médios. A alternativa de considerar a distribuição de probabilidade contínua desses parâmetros implícita no modelo é uma abordagem realística. Porém, ela lida com modelos muito complicados, uma vez que requer o conhecimento de um grande conjunto de dados históricos e teoria estatística, além de necessitar de algoritmos complexos para solucionar o modelo. Dessa forma, a alternativa de representação através de cenários discretos é a mais prática e que será utilizada neste trabalho.

A seguir serão descritos os cenários de cada parâmetro incerto considerado no modelo.

6.1.1. Oferta de Petróleo e Demanda de Derivados

Oferta de petróleo e demanda de derivados são fatores que estão sujeitos a variações em função de forças do mercado e afetam os resultados de uma cadeia integrada de petróleo e derivados. Para avaliar o impacto destas variações, esses parâmetros serão considerados incertos no modelo.

Para representar os cenários discretos serão consideradas 3 possibilidades para cada um dos fatores mencionados. Os dados de demanda de derivados e oferta de petróleo foram baseados no Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE, 2007), formulado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

Demanda de derivados

As três possíveis realizações de demanda de derivados consideradas são representadas por cenários que correspondem a: “demanda média”, “acima da demanda média”, e “abaixo da demanda média”. O cenário de “demanda média” foi baseado no PDE (2007) e considerado como cenário referência, ou seja, o mais provável. Este cenário utiliza como premissa econômica forte crescimento de consumo, baseado principalmente na redução do patamar de inflação. Detalhes destes cenários são colocados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 - Características da Construção de Cenários para Demanda de Derivado¹

	Abaixo da Demanda Média (Possibilidade 1)	Demanda Média (Possibilidade 2)	Acima da Demanda Média (Possibilidade 3)
Variação do valor esperado (%)	-15%	0	+15%
Probabilidade de Ocorrência	25%	50%	25%

¹ A variação do valor esperado para os casos Abaixo e Acima da Demanda Média foram arbitrados, assim como a probabilidade de ocorrência de cada possibilidade.

Vale ressaltar que as possibilidades de demanda de produtos finais são consideradas apenas para o mercado interno, pois o modelo considera um valor muito alto para demanda de derivados externa.

Oferta de Petróleo

As três possíveis realizações de oferta de petróleo consideradas são representadas por cenários que correspondem à: “oferta média”, “oferta pesado”, e “oferta leve”. O cenário de “oferta média” foi baseado no PDE (2007) e considerado como cenário referência, ou seja, o mais provável. Este cenário se baseia nas reservas de produção de petróleo descobertas e a descobrir. Detalhes destes cenários são colocados na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 - Características da Construção de Cenários para Oferta de Petróleos²

	Oferta Pesada (Possibilidade 1)	Oferta Média (Possibilidade 2)	Oferta Leve (Possibilidade 3)
Varição dos petróleos mais PESADOS em relação ao valor esperado (%)	+5%	0	-5%
Varição dos petróleos mais LEVES em relação ao valor esperado (%)	-10%	0	+10%
Probabilidade de Ocorrência	25%	50%	25%

O primeiro caso, chamado de Oferta Pesado, é um cenário de oferta alta de petróleo pesado e oferta baixa de petróleo leve. No terceiro caso, Oferta Leve, a oferta de petróleos leves é alta em comparação a oferta de pesados. Como existe grande quantidade de petróleos pesados nas reservas já descobertas, a oferta deste tipo de petróleo possui menor incerteza, por isso foi utilizada uma variação de apenas +/-5% para as possibilidades 1 e 3. Por outro lado, existe uma expectativa

² A variação do valor esperado para os casos Oferta Pesada e Oferta Leve foram arbitrados, assim como a probabilidade de ocorrência de cada possibilidade.

de petróleos mais leves em reservas a descobrir, o que gera maior incerteza na oferta deste tipo de petróleo. Por este motivo foi utilizada uma variação de +/-10% na oferta de petróleos leves para as possibilidades 1 e 3. Da mesma forma que para demanda de derivados, a variação na oferta de petróleo é considerada apenas para a produção de óleos nacionais.

6.1.2. Preço de Petróleo e Derivados

O preço do petróleo é uma variável que depende de diversos fatores do ambiente político e econômico mundial, o que torna sua previsão incerta. Como os preços dos derivados são influenciados pelo preço do petróleo, sua estimativa também possui incertezas.

Para construir os cenários discretos de preços de petróleo e derivados, foi utilizada a metodologia de processo estocástico de reversão à média. Este processo estocástico é o mais adequado, em termos econômicos, para modelar preços de commodities, especialmente sob a ótica de longo prazo (Dias, 1996). A equação (6.1) descreve este processo.

$$P_t = P_{t-1} + k(\theta - P_{t-1})dt + \sigma P_{t-1} \varepsilon_t dt \quad (6.1)$$

Onde:

P_t – Preço no período t

P_{t-1} – Preço no período (t-1)

k – velocidade anual de reversão

θ - média de longo prazo para P

σ - volatilidade

ε - componente aleatório, com densidade $N(0,1)$

Este processo procura descrever a evolução no tempo dos preços, utilizando parâmetros baseados nos valores históricos do mesmo. Os valores dos parâmetros foram obtidos a partir do resultado de um trabalho realizado na Petrobras, onde os mesmos foram estimados com base em um histórico de preços

mensais de aproximadamente vinte anos. Baseado neste processo foi possível gerar, através de simulação de Monte Carlo com 5.000 iterações, uma curva de distribuição de probabilidade para preços do Brent (petróleo referência) e para os preços de cada derivado em cada período do horizonte de tempo considerado. Vale ressaltar que foi realizada uma discretização anual e considerado um horizonte de 10 anos. A Figura 6.1 exemplifica essa situação da distribuição de preços do Brent em cada período.

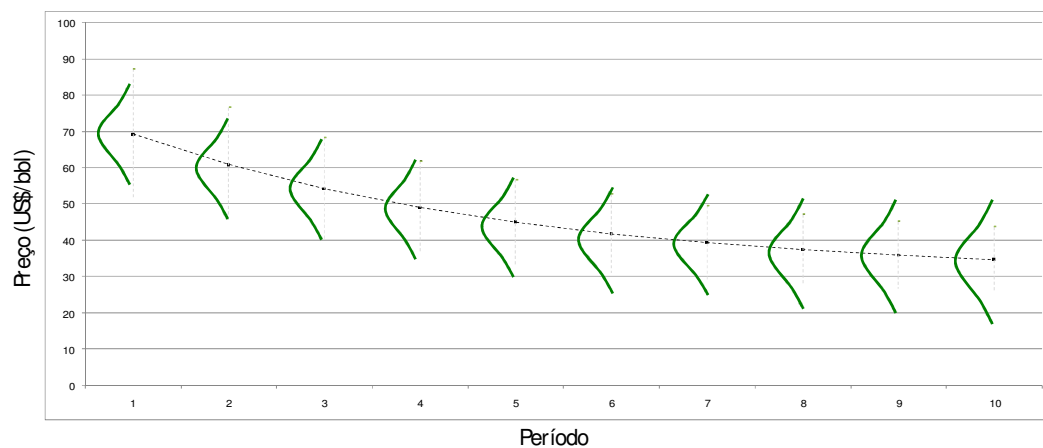


Figura 6.1 – Distribuições de Preço do Brent por Período

O processo estocástico utilizado para os derivados também foi de reversão a média, porém com o componente aleatório (ϵ) correlacionado com o processo do Brent, já que essas variáveis possuem forte correlação entre si. As distribuições dos preços dos derivados por período apresentam um comportamento similar ao do preço do Brent.

Para a análise pretendida neste trabalho foram construídos 3 cenários discretos de preço, a partir dos resultados obtidos com a simulação de Monte Carlo. Os cenários são caracterizados por: *médio*, *abaixo da média* e *acima da média*.

A seguir será apresentada a lógica de extração de preços do Brent para cada um dos três cenários considerados. A mesma lógica se aplica para preços de derivados.

Para cada período de tempo, foram expurgados do horizonte de análise os dados que se localizam nos extremos da curva de distribuição de preços. Só foram considerados os valores que estão, no máximo, a um desvio padrão (σ) da média,

representando aproximadamente 70% da amostra total. Estes valores foram divididos em três faixas – uma para cada cenário - conforme a Figura 6.2 (período 1).

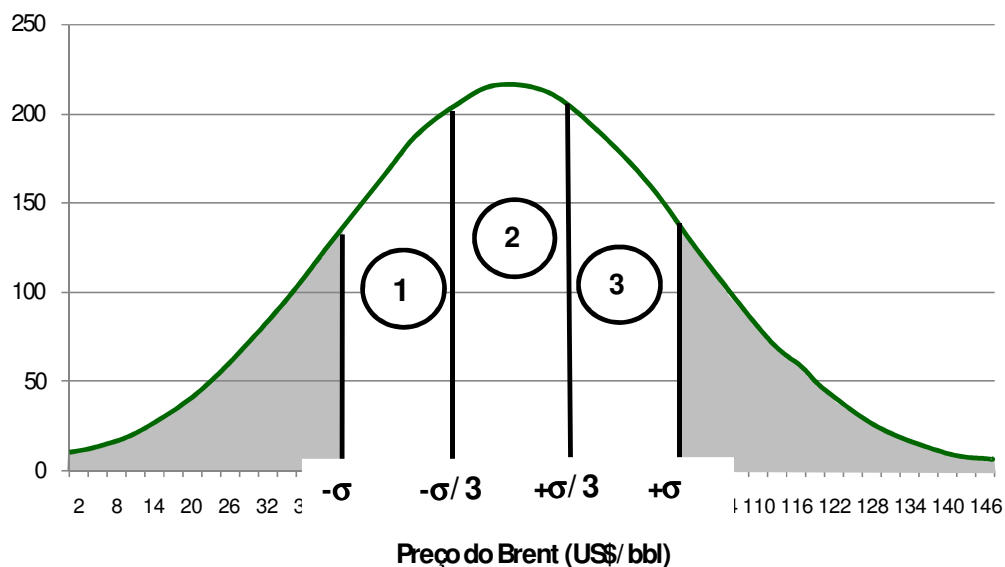


Figura 6.2 – Distribuição de Preço do Brent no Período 1

As médias dos dados em cada uma das faixas (1, 2 e 3) foram tomadas como sendo os preços discretos do Brent no período, para os cenários *abaixo da média*, *médio* e *acima da média*, respectivamente. Este procedimento foi repetido para todos os períodos e também para os preços de derivados. Vale ressaltar que os preços de cada tipo de petróleo foram calculados a partir de uma defasagem em relação ao preço do Brent, tomado como referência.

As probabilidades de cada cenário foram calculadas a partir da divisão da quantidade de dados em cada faixa, dividida pela quantidade de dados na amostra considerada. Isto está expresso na Tabela 6.3.

Tabela 6.3 - Características da Construção de Cenários para Preços de Petróleo e Derivados

	Abaixo do Preço Médio (Possibilidade 1)	Preço Médio (Possibilidade 2)	Acima do Preço Médio (Possibilidade 3)
Probabilidade de Ocorrência	30%	40%	30%

6.2. Construção dos Cenários

Apesar do aumento exponencial resultante no tamanho do problema, a abordagem de análise de cenário tem sido amplamente aplicada e invocada na literatura aberta e foi comprovada em fornecer resultados confiáveis e práticos (Gupta e Maranas, 2003; 2000 citados por Khor, 2006).

Foi adotada a premissa de que os parâmetros incertos considerados são variáveis aleatórias independentes, ou seja, a ocorrência de uma possibilidade de um parâmetro não influencia na ocorrência de outro parâmetro. Esta premissa, apesar de não ser totalmente realística, não traz prejuízos ao resultado do modelo e simplifica a construção de cenários.

Dessa forma os cenários foram construídos baseados nas possibilidades de oferta de petróleo, demanda de derivados e preço. A partir do cruzamento dessas possibilidades, é possível gerar 27 cenários diferentes. Porém, por questões computacionais e escopo deste trabalho, foi simulado o modelo com 12 cenários no máximo. Foi feito teste com modelo de porte superior (até 27 cenários), todavia com a plataforma de hardware disponível (memória RAM de 2 GB e processador de 1.80 GHz), o software CPLEX 10.1 não conseguiu encontrar solução para casos com mais de 12 cenários (processamento termina por falta de recursos). Os cenários que foram considerados em uma primeira abordagem e suas respectivas probabilidades de ocorrência estão representados na Figura 6.3.

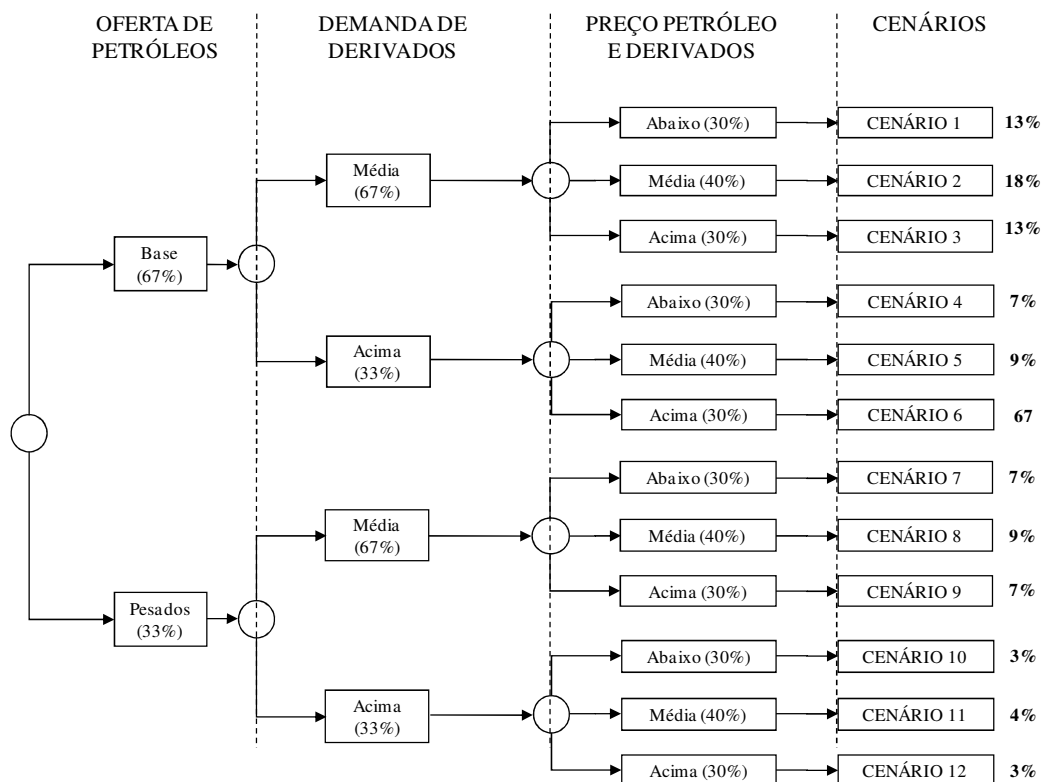


Figura 6.3 – Abordagem 1 - Construção de 12 Cenários

Na abordagem 1 são consideradas duas possibilidades de oferta de petróleo, duas possibilidades de demanda de derivados e três possíveis realizações de preço, totalizando 12 cenários distintos. As novas probabilidades das possibilidades de oferta de petróleos e demanda de derivados foram calculadas por proporção linear (regra de três). A probabilidade de cada cenário é calculada pela multiplicação da probabilidade de ocorrência de cada possível realização considerada no cenário.

Para abranger as possibilidades de demanda e oferta não consideradas na abordagem 1, foram construídos outros dois conjuntos, com 9 cenários cada um. Esses conjuntos de cenários são contemplados nas abordagens 2 e 3 e ilustrados nas figuras 6.4 e 6.5, respectivamente.

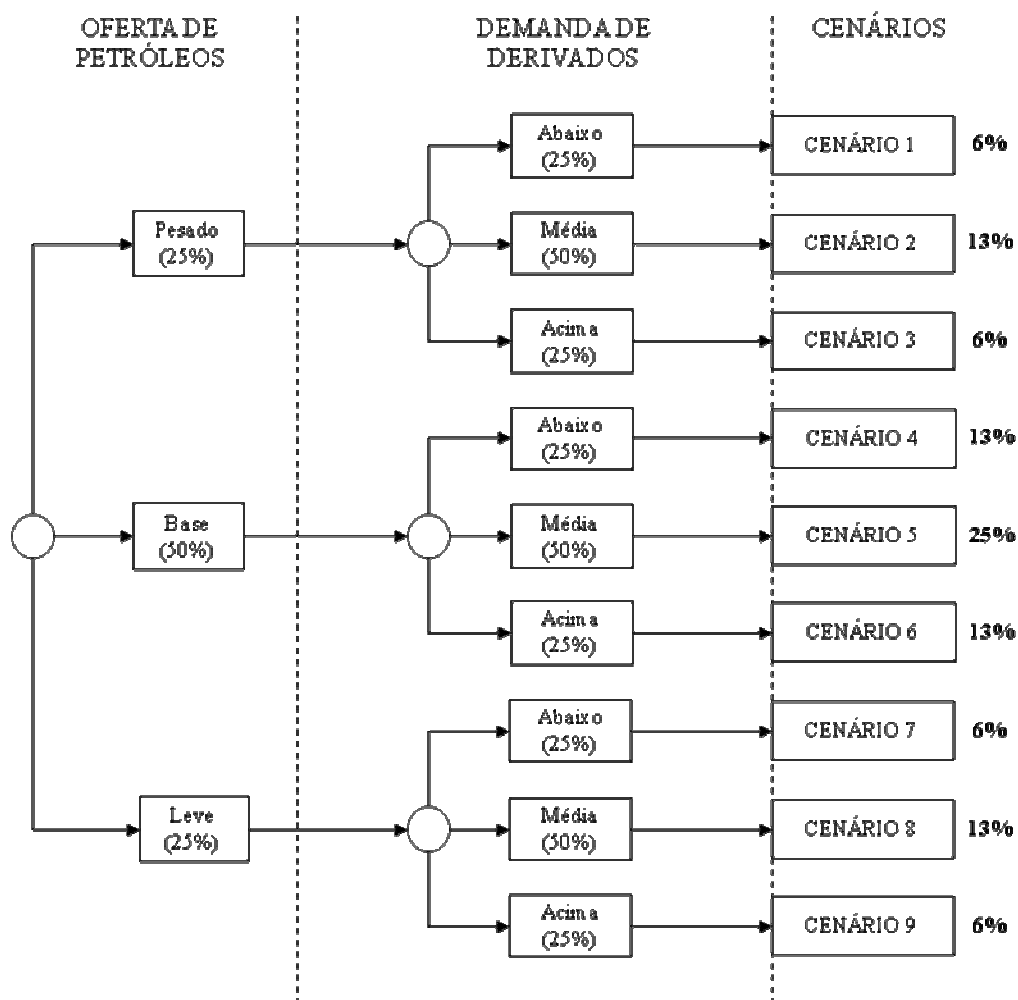


Figura 6.4 – Abordagem 2 - Construção de 9 Cenários sem Variação de Preço

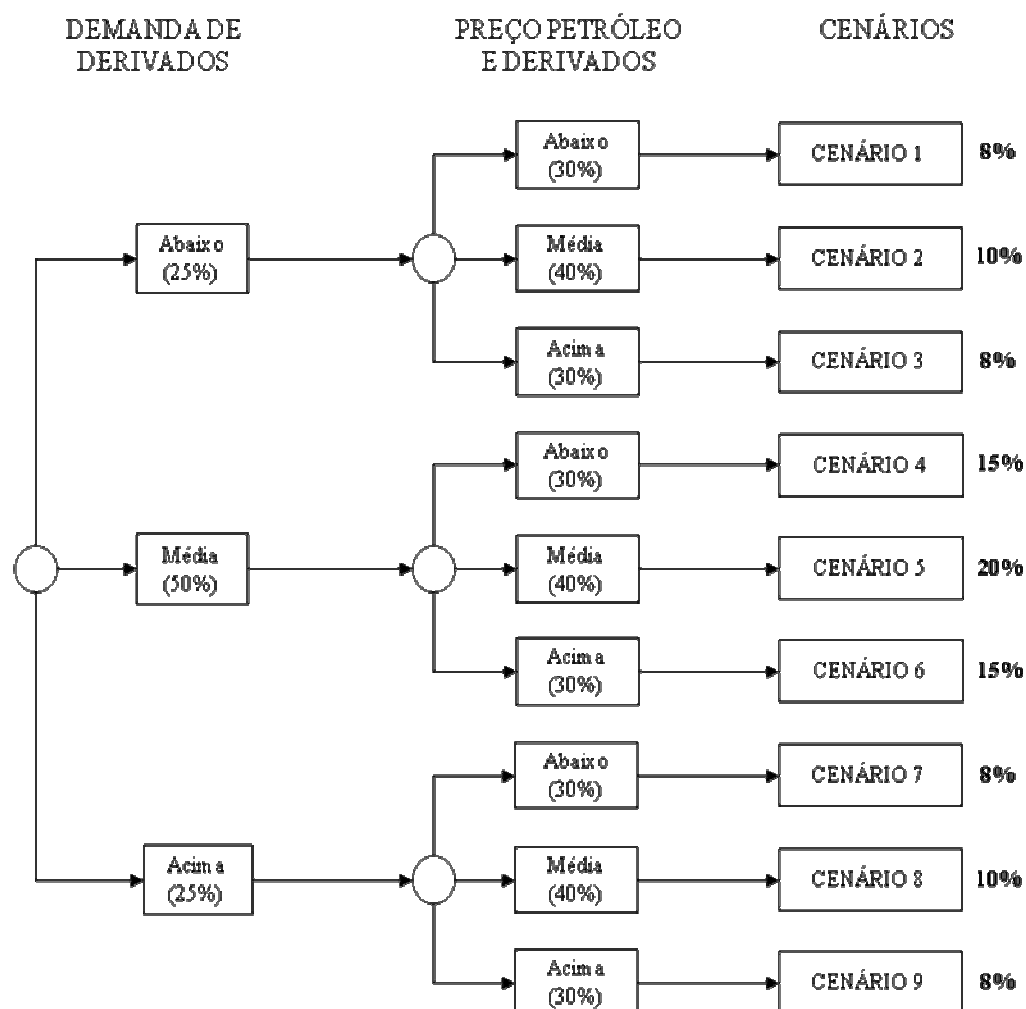


Figura 6.5 - Abordagem 3 - Construção de 9 Cenários sem Variação de Oferta de Petróleo

A abordagem 2 só considera variação de oferta de petróleo e demanda de derivados, ou seja, é um conjunto de cenários sem variação de preço. Já a abordagem 3 não considera variação de oferta de petróleos.

Foram feitas simulações para cada uma das abordagens descritas nesta seção. Os resultados obtidos para cada uma serão apresentados no capítulo 7.