

### 3

## Metodologia para Avaliação Probabilística de Reservas

Este trabalho tem o objetivo de propor uma metodologia para a avaliação probabilística de reservas de óleo e gás. Conforme exposto no capítulo introdutório, a abordagem probabilística para a avaliação de reservas pode trazer variações de reservas provadas devido ao efeito portfólio.

O desenvolvimento dessa metodologia teve o apoio de uma empresa petrolífera brasileira de grande porte e segue as orientações do SPE-PRMS (2007) e as regras da Securities Exchange Commission (SEC, 2009).

A metodologia proposta neste estudo será chamada de Metodologia Aprova.

Este capítulo possui quatro seções, que descrevem brevemente a proposta de metodologia e apresentam as informações sobre o estudo de caso. Na Seção 3.1 são apresentadas as três etapas que compõem a metodologia. A Seção 3.2 expõe as informações gerais sobre o estudo de caso e sobre o sistema desenvolvido para executar o estudo de caso. A Seção 3.3 descreve a etapa inicial da metodologia, que trata da seleção das entidades passíveis de avaliação probabilística, utilizando os dados do estudo de caso. Na Seção 3.4 são colocadas algumas considerações sobre o presente capítulo.

### 3.1

#### Etapas da Metodologia

Antes de descrever as etapas que compõem a presente metodologia, é necessário definir em que nível de entidade de reservas o processo de avaliação de reservas será conduzido. Uma entidade de reservas pode ser um campo, um projeto, um grupo de projetos, um reservatório, entre outros. A definição do nível da entidade de reservas pode variar de empresa para empresa dependendo da granularidade dos dados disponíveis. As entidades do nível escolhido devem passar por uma avaliação econômica para a determinação de suas reservas, portanto é necessário que o nível escolhido tenha informações de produção, custos e investimentos.

Também é preciso determinar o nível máximo de agregação probabilística. O SPE-PRMS (2007) recomenda que, para a declaração de reservas, não seja utilizada a agregação probabilística além do nível de campo.

Por exemplo, se os especialistas da empresa definem que a entidade mínima de reservas a ser trabalhada será projeto, para relatar o total de reservas da companhia será possível realizar a agregação dos projetos probabilisticamente para adquirir as reservas dos campos, porém, as reservas dos campos devem ser somadas aritmeticamente para a obtenção do total da companhia em cada classe (provada, provável e possível).

Portanto, além do nível mínimo de análise, que será chamado nesse estudo de entidade de reservas, é necessário estabelecer também o nível máximo de agregação probabilística, que será chamado de grupamento probabilístico.

A Figura 12 apresenta o esquema das etapas que compõem a Metodologia Aprova.

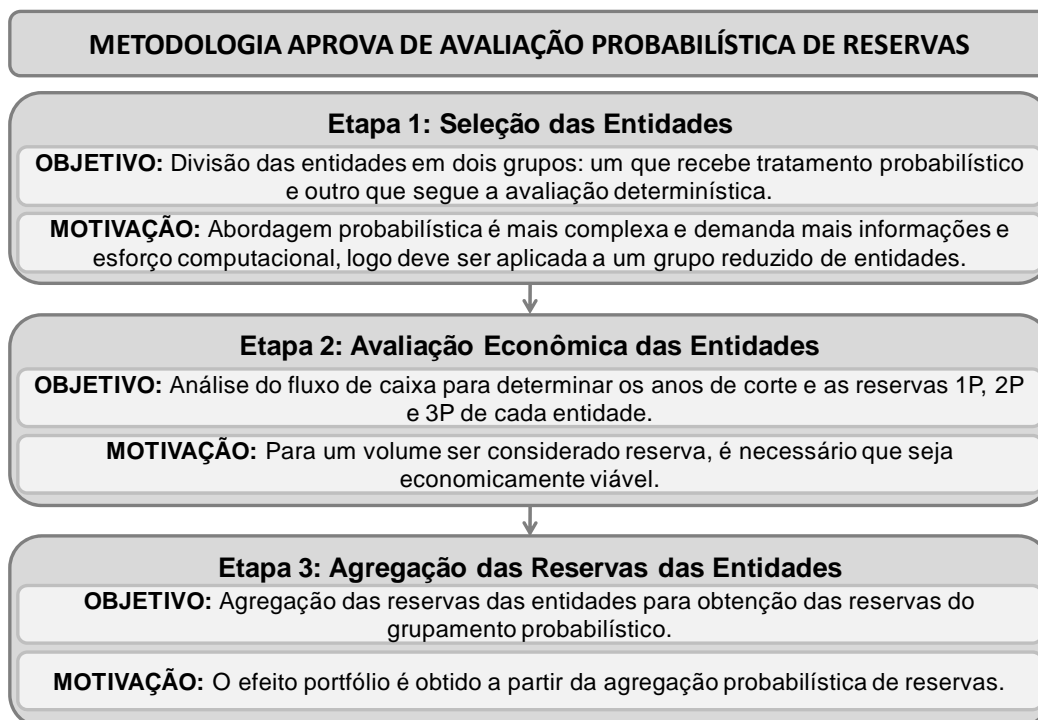


Figura 12: Esquema das Etapas da Metodologia Aprova

Como a abordagem probabilística apresenta maior complexidade e demanda mais informações e maior tempo computacional, a primeira etapa da metodologia trata da seleção das entidades de reservas que receberão o tratamento probabilístico. Apenas as entidades mais representativas em termos de volume e

incerteza serão passíveis de tratamento probabilístico. As demais entidades seguirão uma avaliação determinística, que também é descrita neste estudo.

A segunda etapa aborda a avaliação econômica das entidades. O objetivo da avaliação econômica é a determinação do ano de corte e das reservas 1P, 2P e 3P de cada entidade, uma vez que por definição para ser considerado reserva um volume precisa ser economicamente viável. O ano de corte é definido como o último ano em que as receitas excedem as despesas, ou seja, o último ano em que a entidade apresenta lucro. O grupo de entidades selecionado na primeira etapa para avaliação probabilística passa por uma análise de fluxo de caixa considerando incerteza em alguns componentes do fluxo. As demais entidades têm fluxos de caixa analisados de forma determinística.

Em seguida, a terceira e última etapa é a de agregação das reservas das entidades para a obtenção das reservas do grupamento probabilístico. Nesta etapa é possível obter o efeito portfólio através da agregação probabilística, gerando aumento nas reservas provadas consolidadas.

### 3.1.1

#### **Seleção das Entidades de Reservas**

Esta seção orienta a identificação das entidades de reservas que serão alvo de avaliação probabilística.

Alguns requisitos são sugeridos para que a entidade de reservas receba uma abordagem probabilística. O primeiro deles é que haja incerteza significativa associada à entidade. Reservatórios antigos, onde há bom conhecimento, por exemplo, de sua geologia, de sua dimensão e de sua taxa de recuperação, não são bons candidatos. Os melhores candidatos são reservatórios novos onde ainda exista incerteza em relação a suas características geológicas e de recuperação. Outro requisito é haver um volume significativo de hidrocarbonetos. Reservatórios com baixa produção não são relevantes para a realização de avaliação probabilística de reservas.

Para identificar as entidades alvo de tratamento probabilístico, elas são ordenadas por ordem de incerteza. Para o cálculo da incerteza é utilizada a medida de variância entre os três valores de produção disponíveis. A fórmula utilizada para o cálculo da variância é:

$$\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n-1)}$$

Onde  $\bar{x}$  é a média dos valores e  $n$  é o número de valores disponíveis.

### 3.1.2

#### Avaliação Econômica

Conforme exposto na revisão bibliográfica, para um recurso ser classificado como comercialmente recuperável, e conseqüentemente como reserva, é necessário que ele seja submetido a uma avaliação econômica. A avaliação econômica pode ou não considerar incerteza nos componentes do fluxo de caixa.

Segundo Newendorp (1983), conforme Seção 2.4 da Revisão Bibliográfica, os modelos de nível 5 são os mais sofisticados, e atribuem incerteza tanto para fatores de reservatório quanto para fatores econômicos na avaliação de reservas. A presente metodologia é de nível 5.

A avaliação econômica será apresentada em maiores detalhes no Capítulo 4. A metodologia Aprova descreve duas formas de avaliação econômica: determinística e probabilística. Os projetos selecionados conforme a Seção 3.1.1 passarão pela avaliação econômica probabilística e os demais serão submetidos apenas à avaliação determinística.

O objetivo da avaliação econômica é determinar o ano de corte e as reservas de cada classe de cada entidade de reservas.

### 3.1.3

#### Agregação de Reservas

A etapa de agregação de reservas será apresentada em maiores detalhes no Capítulo 5. Conforme apresentado na revisão bibliográfica, quando realizada de forma probabilística, a agregação de reservas de diversas entidades gera o efeito portfólio, que representa a redução do desvio-padrão da distribuição agregada de reservas. No contexto da avaliação de reservas, o efeito portfólio se reflete em possíveis ganhos de reservas provadas (P90).

Porém, como as entidades de reservas compartilham riscos, é de grande importância determinar as correlações entre elas. O tratamento de correlações não deve ser desprezado, pois como consequência pode gerar uma significativa superestimação das reservas provadas (P90) ou ainda a subestimação das reservas possíveis (P10).

Esta metodologia propõe a utilização parcial do método de Análise Hierárquica de Processos (AHP) para a identificação das correlações.

A metodologia para agregação probabilística de reservas se divide em três atividades, sendo elas a montagem da hierarquia AHP, a determinação das correlações entre as entidades de reservas e a agregação através da simulação por amostragem.

### 3.2

#### Estudo de Caso e Sistema

Para melhor ilustrar a metodologia proposta, é apresentado um estudo de caso com dados reais. Todos os dados foram disponibilizados pela empresa apoiadora deste estudo e foram descaracterizados por motivos de confidencialidade das informações.

Para o estudo de caso foi definido que a entidade de reservas avaliada é o projeto. Além disso, também foi assumido que o nível máximo de agregação probabilística é o campo.

O Sistema Aprova foi desenvolvido com o intuito de implementar a metodologia completa no estudo de caso. O sistema foi modelado no *software* Microsoft Excel e para as simulações por amostragem foi escolhido o *software* @Risk, da Palisade, que é executado na forma de suplemento dentro do Microsoft Excel.

Foi realizada uma comparação entre os *softwares* @Risk e Crystal Ball (da Oracle), que são os mais difundidos mundialmente para a execução de simulações por amostragem. O Apêndice I apresenta tabelas comparativas dos *softwares* em relação a aspectos gerais e aos quesitos modelagem, simulação e resultados.

O Sistema Aprova se divide em três ferramentas que estão relacionadas entre si: Aprova-Econ, Aprova-Correl e Aprova-Agreg. A Figura 13 apresenta de forma visual a arquitetura geral do Sistema Aprova.

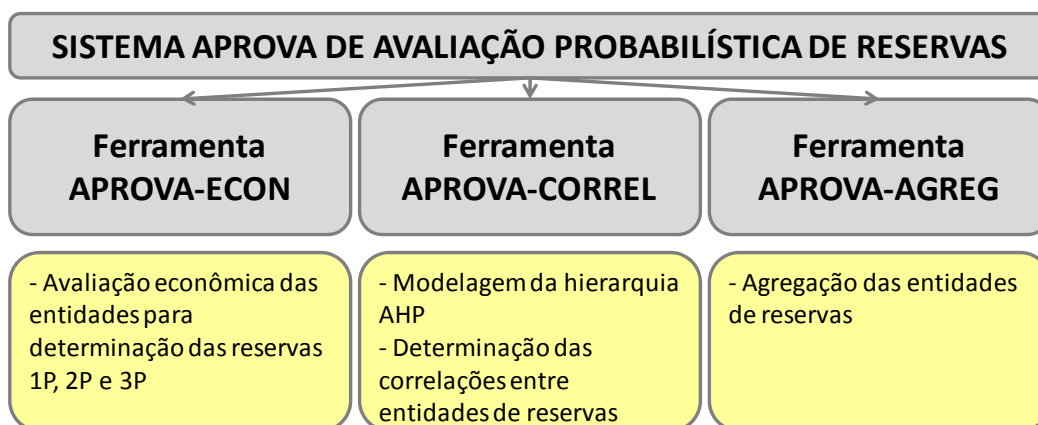


Figura 13: Arquitetura Geral do Sistema Aprova

A ferramenta Aprova-Econ tem o objetivo de realizar a avaliação econômica das entidades de reservas e de determinar os anos de corte e as reservas de cada classe (1P, 2P e 3P). A ferramenta Aprova-Correl é responsável pela modelagem da hierarquia do método AHP e pela determinação das correlações entre entidades de reservas. Por último, a ferramenta Aprova-Agreg executa a agregação das entidades de reservas através de simulações por amostragem.

O estudo de caso é executado a partir da utilização do Sistema Aprova em uma plataforma de hardware com memória RAM de 3 GB e processador de 2.00 GHz. Os tempos de processamento de cada etapa são apresentados nos capítulos correspondentes a elas.

Foram disponibilizados dados de um campo composto por oito projetos. Para manter a confidencialidade das informações os projetos são identificados por A, B, C, D, E, F, G e H. O Campo é identificado como Campo Teste.

Para a melhor compreensão da metodologia, o Estudo de Caso será apresentado ao longo deste trabalho, em cada capítulo, após o detalhamento das etapas da metodologia.

### 3.3

#### Seleção dos Projetos

A etapa inicial da metodologia, conforme a Seção 3.1.1, trata da seleção das entidades que serão alvo de avaliação probabilística. Esta seção apresenta a etapa de seleção das entidades aplicada aos dados disponibilizados para o estudo de caso.

Conforme citado, a entidade de reservas considerada no estudo de caso é projeto. Apenas os projetos com incerteza e volume significativos devem receber tratamento probabilístico.

O campo utilizado neste estudo de caso possui projetos bastante diversificados. Alguns são mais antigos e possuem considerável histórico de produção. Outros estão relacionados a reservatórios descobertos recentemente e que apresentam maior incerteza geológica e de recuperação.

Pode-se utilizar os dados das três classes de produção (1P, 2P e 3P) para identificar os projetos alvo do tratamento probabilístico. Primeiramente, especialistas geram as curvas de produção versus tempo compatíveis com cada classe para cada projeto. Somando-se a produção de todos os anos, obtém-se a estimativa de produção total do projeto para cada classe. As estimativas de produção total por classe dos projetos deste estudo de caso são apresentadas nas Tabelas 2 e 3. Na Tabela 2, a produção de óleo está em mil metros cúbicos e a produção de gás em milhões de metros cúbicos.

Tabela 2: Dados de Produção dos Projetos do Campo Teste

Projeto	Produção Óleo (M m3)			Produção Gás (MM m3)		
	1P	2P	3P	1P	2P	3P
A	10.178	33.673	63.497	0	0	0
B	25.349	52.634	68.713	0	0	0
C	6.430	17.517	24.060	0	0	0
D	77.544	83.695	89.974	3.645	3.934	4.229
E	9.176	13.323	16.182	0	0	0
F	364	418	476	21.831	25.096	28.588
G	1.353	1.557	1.755	8.513	9.726	10.995
H	447	559	670	1.088	1.360	1.632

Os projetos A, B, C e E apresentam valores nulos para gás, pois o gás produzido por esses projetos não é comercializado.

Pode-se expressar os volumes encontrados para óleo e para gás em uma única medida, o barril de óleo equivalente (boe). A conversão do gás nacional é dada à taxa de 1.000 m<sup>3</sup> de gás para 1 m<sup>3</sup> de óleo. Por sua vez, 1 m<sup>3</sup> de óleo corresponde a 6,289941 barris de óleo equivalente (ONIP, 2010). A Tabela 3 apresenta os dados de produção total por classe (soma de óleo e gás de todos os anos) em milhões de barris de óleo equivalente para os projetos do Campo Teste. A partir destes dados obtém-se a variância dos projetos. Conforme apresentado na Tabela 3, os projetos A, B, C e D (50% do total de projetos) representam 98,03%

da variância total do campo. Esses projetos foram escolhidos neste estudo para receber tratamento probabilístico por apresentar variância maior que 1%. Os demais projetos (E, F, G e H) são tratados como projetos determinísticos.

Tabela 3: Análise da Variância dos Projetos do Campo Teste

Projeto	Produção em Óleo Equivalente (milhões de boe)			Variância	Percentual de Variância	Percentual Acumulado de Variância
	1P	2P	3P			
A	64,0	211,8	399,4	28.251	53,17%	53,17%
B	159,4	331,1	432,2	19.013	35,79%	88,96%
C	40,4	110,2	151,3	3.142	5,91%	94,88%
D	510,7	551,2	592,5	1.675	3,15%	98,03%
E	57,7	83,8	101,8	491	0,92%	98,96%
F	139,6	160,5	182,8	467	0,88%	99,83%
G	62,1	71,0	80,2	82	0,15%	99,99%
H	9,7	12,1	14,5	6	0,01%	100,00%

Uma vez classificados em probabilísticos e determinísticos, os projetos são submetidos à avaliação econômica.

### 3.4

#### Considerações Finais

A presente metodologia é composta por três etapas principais: seleção dos projetos a serem avaliados probabilisticamente, avaliação econômica para obtenção das reservas de cada projeto e agregação das reservas dos projetos.

O objetivo deste capítulo foi descrever em detalhes a etapa de seleção dos projetos para avaliação probabilística utilizando dados do estudo de caso para melhor exemplificar a metodologia e apresentar de forma introdutória as etapas de avaliação econômica e agregação de reservas. Estas duas últimas etapas possuem maior complexidade e por isso serão expostas nos próximos capítulos de forma mais detalhada, acompanhadas de descrições e exemplificações do sistema e do estudo de caso.

Uma vantagem da presente metodologia é propor uma solução completa para a avaliação de reservas com bases probabilísticas.



Outro ponto de destaque é que esta metodologia se propõe a cobrir a lacuna encontrada no estado da arte em relação ao tratamento de correlações entre entidades de reservas, conforme será visto no Capítulo 5.