



## 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO & GÁS

### ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS LEILÕES DA AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO: EM BUSCA DE PADRÕES PARA OTIMIZAÇÃO DOS BIDS

Guilherme Marques Calôba<sup>1</sup>, Virgílio José Martins Ferreira Filho<sup>2</sup>, Regis da Rocha Motta<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Prédio do CT, Sala F-105, Ilha do Fundão,  
Cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ, 21945-870, gcaloba@mail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Prédio do CT, Sala F-105, Ilha do Fundão,  
Cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ, 21945-870, virgilio@ufrj.br

<sup>3</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Prédio do CT, Sala F-101, Ilha do Fundão,  
Cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ, 21945-870, regis@ind.ufrj.br

**Resumo** – Este trabalho apresenta uma aplicação, para o caso brasileiro, de metodologias de análise de BIDs por blocos exploratórios. Estas metodologias têm sua fundamentação na Estatística e utilizam o passado histórico para modelar o comportamento de lances por novos blocos em leilões, podendo tornar-se uma ferramenta de decisão interessante. O trabalho inicia ilustrando de forma breve estes modelos, diferenciados em modelos para cálculo do valor do lance oferecido e estimativa do número de participantes do leilão. Em seguida, utilizando o histórico de quatro leilões da ANP, são feitas diversas hipóteses, enfatizando a agressividade ou conservadorismo nos lances, a diferença entre lances de empresas e entre áreas do território nacional. A diferença entre lances em que apenas uma empresa participa (solo) e *joint-ventures* também é abordado. Um outro ponto trabalhado é a questão do *money-left-on-the-table*, correspondente à diferença entre o lance vencedor e o segundo maior lance. O trabalho se encerra com conclusões e recomendações.

Palavras-Chave: Leilões da ANP; Otimização de lances; Análise Estatística; Análise de Risco

**Abstract** – This paper presents an application of several methodologies for analysis of bids for lease blocks offered for tender by the National Petroleum Agency of Brazil. The methodologies are based on statistics and rely upon historical data in order to model the pattern of bids for new block in open bid rounds, featuring an interesting toolbox. First, the models are briefly introduced: one to estimate the bid value; another for appraisal of the number of bidders. Secondly, using the historical data of four open bid rounds promoted by the National Agency of Petroleum (ANP), a number of hypotheses are tested, namely aggressive or conservative behaviour of participants in the tenders, the difference between solo or joint bidding, in addition to the difference between bids for blocks located in the Campos and Santos basin and the bids in a general way. The so-called money left on the table, the difference between the highest bid (winner) and the second-highest bid. Finally, some conclusions and recommendations are presented.

Keywords: ANP Open Bid Rounds, Bid optimization, Statistical Analysis, Risk Analysis

## 1. Introdução

No estado da arte das publicações brasileiras em petróleo, a análise de risco tem abordada mais que generosamente, principalmente no tocante à avaliação de blocos. Alguns exemplos de trabalhos nacionais sobre avaliação são Motta et al. (2002), Motta et al. (2001) e Nepomuceno Filho (1997), e, em geral, giram em torno da aplicação de árvores de decisão, distribuições de probabilidade e teoria da preferência. No entanto, pouco ou nenhum trabalho tem tratado a questão dos lances oferecidos por blocos nos leilões.

Este trabalho busca aplicar uma série de técnicas ilustradas em artigos internacionais para o contexto brasileiro, no tocante à análise dos lances oferecidos por blocos nos leilões da Agência Nacional do Petróleo, investigando o reconhecimento de padrões estatísticos para o caso brasileiro.

Uma análise cronológica foi feita, comparando padrões de lances em cada leilão os leilões com o contexto geral. Também foi feita uma análise comparativa de regiões mais propensas a acumulações (Bacia de Campos e Santos) com relação ao restante das áreas oferecidas. Buscou-se, adicionalmente, verificar o comportamento isolado de determinadas companhias, com relação ao conjunto total.

A maioria das metodologias empregadas foram extraídas de artigos da Society of Petroleum Engineers (SPE). Cabe também mencionar que os artigos são adaptados à realidade americana, e que, dada a pouca massa de dados que se possui para os leilões nacionais, alguns modelos não se adequam bem.

## 2. Modelo Estatístico

Algumas questões são importantes quando se considera a modelagem estatística de lances em um leilão. Em última análise, o que se deseja obter é uma distribuição de probabilidade do resultado obtido dado o valor do lance, e incorporar a esta análise o valor individual do bloco. Para tal, entretanto, deve-se modelar estas duas distribuições de probabilidade: a do valor dos lances e a do número de empresas que ofertam lances pelos blocos. O objetivo final será maximizar o valor monetário esperado do bloco, ou o equivalente certo, caso se considere um investidor avesso ao risco.

Supondo uma única função de probabilidade para todos os possíveis apostadores, pode-se extrair uma aproximação da probabilidade de vitória. O lance seria vencedor se não houvesse oponente ou se todos os oponentes apresentassem lances menores que o lance proposto. Assim, ter-se-ia:

$$P(W/Y) = \sum_{i=1}^n \left( P(i) \cdot G[B < Y]^n \right) \quad (1)$$

Onde

$P(W/Y)$  é a probabilidade de vitória dado que o BID é  $Y$ ;

$P(i)$ ,  $i = 0, 1, \dots, N$  é a probabilidade que  $0, 1, \dots, N$  oponentes apresentem propostas;

$G(B < Y)$  é a probabilidade de que o lance dos oponentes, modelado pela função  $G(B)$  seja menor que  $Y$ .

### 2.1. Modelo para Valores dos Lances

O volume de óleo em um campo geralmente pode ser considerado uma lognormal, pois é o produto de várias medidas, que podem ser consideradas, fazendo-se as devidas simplificações e aproximações, pelo teorema do limite central, distribuições normais. Assim como somas de distribuições normais distintas equivalem a uma distribuição normal, o produto de distribuições normais pode ser considerado lognormal, visto que o logaritmo da distribuição será o equivalente à soma dos logaritmos de cada parâmetro, ou seja, a distribuição dos logaritmos de tamanhos de campo terá uma distribuição normal, garantindo que a distribuição dos tamanhos de campo será lognormal.

Este resultado é, obviamente, aproximado, mas muitos testes são utilizados para validar esta hipótese. Os lances são considerados lognormais por serem proporcionais ao valor do bloco e, assim, podendo se considerar que terão as mesmas distribuições. Para maiores detalhes, Crawford (1970), Kaufman (1964) e Lorenz e Dougherty (1983) fazem uma boa descrição do processo de aproximação e justificativas para o emprego da lognormal. Este mesmo raciocínio é utilizado de forma extensa para outros tipos de reservas minerais e outras quantidades que sejam o produto de outras quantidades.

O método consiste, então, em reunir todos os lances oferecidos pelos blocos que se deseja analisar, e fazer testes de aderência como, por exemplo, o de Komolgorov-Smirnov para validar o uso da lognormal.

### 2.2 Modelo para o número de lances

Para modelar o número de lances oferecidos por blocos, várias distribuições discretas poderão ser utilizadas. O princípio do teste de hipótese acima foi utilizado, utilizando o teste de Chi-Quadrado. A distribuição Poisson tem sido analisada, em especial, para modelagem do número de lances pelos blocos. Algumas outras distribuições discretas a serem analisadas seriam a binomial, a binomial negativa, a geométrica e a hipergeométrica.

### 2.3 Aplicações do Modelo

Algumas das aplicações citadas nos artigos de Dougherty e Lorenz (1976) e Lorenz e Dougherty (1983) são:

- Comportamento histórico de média e desvio padrão observado, ou seja, questionar se ao longo do tempo houve maior proximidade entre lances, e se estão pagando mais ou menos pelos blocos, em média;
- Comportamento de média e desvio padrão dos lances para determinadas regiões, com relação a todos os elementos no conjunto de dados;
- Verificar a possibilidade de aumento de variância com o número de lances apresentados, ou seja, calcular a variância para o conjunto de blocos em que foram apresentadas 1,2,...,n propostas e se estas são maiores ou menores que os valores globais;
- Comportamento de bids solo e bids conjuntos, ou seja, se existe alguma hipótese de superioridade ou de maior dispersão de um com relação ao outro. Em seu artigo, Dougherty e Lorenz (1978) estudam as diferenças entre bids solo e conjuntos em diversos ambientes e leilões;
- Comportamento de empresas específicas em leilões, isto é, se existem empresas mais ou menos agressivas com relação à média, e como se dá a dispersão destes lances.

Dougherty e Lorenz (1977) se insinuam no sentido de estimar estatisticamente o “money-left-on-the-table”, ou seja, a diferença entre o bônus vencedor e o segundo bônus, ou mais generalizadamente, entre o bônus  $n$  e  $n-1$  possui forte aderência à distribuição lognormal, para os dados de leilões americanos. Esta questão foi estimada de forma mais simplista para os dados brasileiros.

Neste tópico, vale comentar o artigo de Tavares (2000), que faz uma análise de “money-left-on-the-table”, mais qualitativa que quantitativa, e utilizando dados de leilões americanos em 1997 a 2000, venezuelanos (leilão da PDVSA, chamado Tercera Rodada) e primeiro round da ANP, em 1999. Tavares comenta que empresas que possuem blocos vizinhos aos licitados tendem a deixar menos dinheiro de diferença, e costumam ganhar um número razoável de licitações de blocos vizinhos, ou blocos com sinergia, no caso em que múltiplos lances foram feitos para blocos de uma determinada bacia.

### 3 Estudo de Caso: Leilões da ANP

Algumas análises estatísticas foram realizadas utilizando os dados dos quatro primeiros leilões da Agência Nacional do Petróleo. Na primeira rodada, foram licitados 27 blocos, e 12 concedidos. Na segunda, 23 licitados e 21 destes concedidos. Na terceira rodada, um aumento nos blocos sem lance: foram 53 licitados e apenas 34 concedidos. E na quarta rodada, neste ano de 2002, foram licitados 54 blocos, e 21 concedidos. Ao todo, foram 157 blocos licitados. Destes, 56% foram concedidos (88) e 44% ficaram sem lance (69).

Inicialmente, foi feita uma análise de todo o conjunto de blocos, e depois foram feitas particularizações para determinadas áreas geográficas e empresas. O ajuste para os 156 lances oferecidos pelos blocos nos quatro leilões foi realizado e a hipótese de lognormalidade não foi rejeitada a um nível de 5% de significância. Consideramos, então, que o ajuste é de boa qualidade. A curva ajustada possui média 15.03 e desvio padrão de 1.88, em escala logaritmada.

O número de propostas foi também testado contra algumas distribuições empíricas, e a melhor delas foi a binomial negativa com  $s=3$  e  $p=75\%$ . A hipótese da geração da amostra ser pela binomial negativa não foi negada pelo teste a um nível de 5% de significância.

Foi feita uma análise, leilão a leilão, da distribuição lognormal ajustada dos lances. Foram realizadas algumas das operações mencionadas na revisão bibliográfica, apresentadas na tabela 1, a seguir:

Tabela 1 – Dados dos Leilões da ANP

Sumário Estatístico	Rodada 1	Rodada 2	Rodada 3	Rodada 4	Global
Média do Ajuste					
Lognormal	14,081	15,460	15,454	14,299	15,030
DP do Ajuste					
Lognormal	1,761	1,996	1,682	1,669	1,880
LOTT Média	16,236	15,014	15,830	14,111	15,295
LOTT D.P.	1,374	2,395	2,141	1,039	2,097

Nota-se que, desde o início do período de licitações, a maior média de valores pagos e também a maior discordância entre avaliações, medida pela variância, se deu no segundo round. Além disso, houve uma queda notável nos valores pagos do penúltimo para o último leilão, o que fez cair muito bem a reforma na estrutura dos leilões que a Agência acaba de realizar.

A terceira e quarta linhas da tabela exibem os valores registrados de “money-left-on-the-table”(lott), em milhões de dólares, em escala logaritmada. Nota-se que desde o início dos leilões, o lott tem diminuído, muito embora seu desvio padrão tenha aumentado significativamente no segundo round para depois cair novamente.

Foi feita, também, uma análise da média dos lances, desvio padrão e money-left-on-the-table para os blocos que receberam 1, 2 ou até 5 lances. A estatística para 5 lances é pouco confiável, uma vez que há apenas um bloco em todo o histórico que recebeu cinco lances. Os resultados estão apresentados na tabela 2, abaixo:

Tabela 2 – Estatísticas por número de lances no bloco

No de BIDS	1 BID	2 BID	3 BID	4 BID	5 BID	Qualidade do Ajuste Linear ( $R^2$ )
Média	14,441	15,079	15,130	15,613	16,524	92%
Desvio Padrão	1,610	1,886	1,934	2,007	1,266	85%
LOTT	-	15,144	15,380	15,360	17,228	68%
Desvio Padrão Lott	-	1,694	2,613	2,268	-	38%

Nota-se que há uma relação direta entre o número de BIDS e o valor pago pelos blocos. O desvio padrão também segue a mesma linha, excetuando o caso de 5 BIDS, que não é estatisticamente confiável. O valor do LOTT também tende a subir com o número de participantes no leilão, diferentemente do que Tavares (2000) afirmou para outros dados amostrais. O desvio padrão do LOTT também tende a subir, com um ajuste linear prejudicado. A tabela 3 abaixo ilustra o padrão de BIDS em termos de número de ofertas por bloco nos quatro leilões:

Tabela 3 – Distribuições de número de lances por bloco por leilão

No BIDS	Round 4		Round 3		Round 2		Round 1	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
0	33	61,1%	19	35,8%	2	8,7%	15	55,6%
1	15	27,8%	20	37,7%	8	34,8%	6	22,2%
2	5	9,3%	8	15,1%	5	21,7%	4	14,8%
3	2	3,7%	4	7,5%	5	21,7%	1	3,7%
4	2	3,7%	2	3,8%	2	8,7%	1	3,7%
5	0	0,0%	0	0,0%	1	4,3%	0	0,0%
Total	57	100,0%	53	100,0%	23	100,0%	27	100,0%

Nota-se que no quarto leilão mais de metade dos blocos ficaram sem ofertas, resultado semelhante ao primeiro round, enquanto no segundo a competição se deu de forma mais intensa, com um bloco tendo até cinco ofertas. Deve-se comentar, obviamente, que o número de blocos em oferta dobrou do segundo para o terceiro leilão, o que pode ter acabado com uma demanda reprimida pelas áreas exploratórias.

### 3.1 Análise da Região de Campos e Santos

As bacias de Campos e Santos são consideradas áreas de maior interesse no Brasil. Para testar esta hipótese, os lances pelos blocos das Bacias de Campos e Santos foram modelados. A média da lognormal foi de 16,22 e seu desvio padrão de 1,34, ou seja, lances mais altos e menos dispersos. A figura 1, abaixo, compara os dois conjuntos:

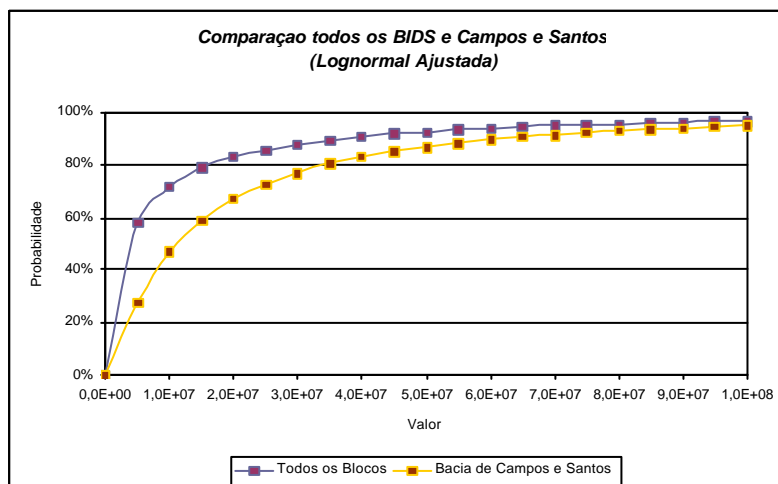


Figura 1 – Comparação entre as Bacias de Campos e Santos e o conjunto total de blocos

Analisou-se também o comportamento do *money-left-on-the-table*, modelando o mesmo como uma lognormal (aceita pelo teste Komolgorov-Smirnov a 95%), exibido na tabela 4, abaixo:

Tabela 4 – *Money-left-on-the-table* para algumas áreas de concessões

	LOTT	Desvio Padrão do LOTT
Campos e Santos	16,705	1,202
Outras Áreas	14,192	1,984
Todas as Áreas	15,295	2,097

Em Campos e Santos, a diferença entre primeiro e segundo lances é notadamente maior que nas outras áreas, e o desvio padrão também é menor.

Uma questão interessante a ser verificada, e bastante comentada na literatura, é se existe diferença entre os lances dados por uma única empresa e as joint-ventures. Verificamos que em Campos e Santos, 53,1% dos bids são solo e 46,9% são joint-ventures. Verificou-se, também, que lances em conjunto possuem média maior (16,6 vs 15,9) e desvio padrão menor (1,2 vs 1,4) que lances solo. A figura 2, abaixo, ilustra a dominância probabilística dos lances solo com relação aos lances em *joint-ventures*.

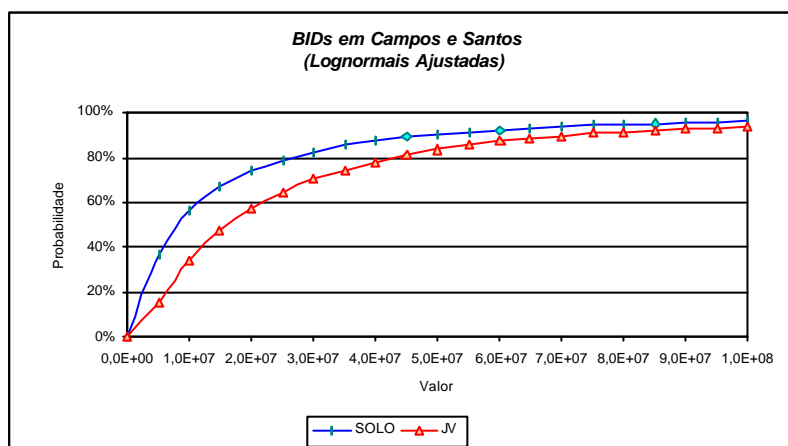


Figura 2 – Comparação entre lances solo e em joint-venture nas bacias de Campos e Santos

### 3.2 Análise das Empresas Individualmente

Nesta seção, foram aplicados os modelos de LOHRENZ e DOUGHERTY (1977). Tal modelo consiste em tomar inicialmente, para cada leilão, a média e desvio padrão de todos os lances. O próximo passo é identificar uma companhia e tomar os logaritmos de seus lances. Em seguida, toma-se a média destes lances e encontra-se a percentagem equivalente à área sob a lognormal, desde - até a média. Este valor será denominado  $f_B$ , e sua interpretação é imediata: valores de  $f_B$  menores que 50% denotam um padrão conservador nos lances, enquanto valores maiores que 50% indicam tendência agressiva. O desvio padrão de  $f_B$  é uma medida de dispersão dos lances.

Analisou-se primeiramente a Petrobrás, sem fazer distinção entre lances solo e joint-ventures. Como temos bastante informação de lances para a empresa, pode ser feita uma análise leilão a leilão, exibida na tabela abaixo:

Tabela 5 – Valores de  $f_B$  para a Petrobras

$f_{(B)}$ PETROBRAS	Média	Desvio Padrão
Rodada 1	82,1%	20,1%
Rodada 2	58,9%	35,3%
Rodada 3	41,9%	31,1%
Rodada 4	49,7%	29,8%
Agregado	53,5%	32,6%

Nota-se que no primeiro leilão, a empresa veio bastante agressiva, reduzindo notadamente seu “apetite” nos outros leilões, e passando a bidar próxima da média dos leilões. Um dos fatores comentados por Dougherty e Lorenz (1983) é o fato de que apesar de dados estatísticos comprovarem viés no comportamento das empresas, é muito difícil fazer previsões com estes dados. Construir um intervalo de confiança com médias e desvios-padrão encontrados é, com certeza, apenas perda de tempo.

Algumas outras empresas foram selecionadas para esta mesma análise. Estão na tabela abaixo:

Tabela 6 – Valores de  $f_B$  para diversas empresas

f(B) Empresas	Rounds Participantes	Média	Desvio Padrão
AGIP	1	90,9%	9,3%
Amerada Hess	1,2,3	76,3%	21,6%
Shell	1,2,3,4	76,8%	20,2%
Queiroz Galvão	2,3,4	33,8%	16,0%
PanCanadian	3	44,8%	12,3%

A primeira empresa, AGIP, entrou no primeiro leilão da agência depois dos acertos com a Petrobras já terem sido fechados, e fez o lance mais alto da história do leilão brasileiro: R\$ 134.162.101,00 pelo bloco BM-S-4, na Bacia de Santos. Isto levou o valor de  $f_B$  para 90,9%, caracterizando uma empresa extremamente agressiva.

As empresas Amerada Hess e Shell possuem dados parecidos de  $f_B$ , embora suas atividades no Brasil sejam bastante distintas. A Queiroz Galvão, empresa nacional, aparece conservadora, assim como a PanCanadian.

Este tipo de análise pode ser bastante interessante para identificar padrões, mas na prática, utilizá-lo para previsão de lances é bastante complicado.

#### 4. Conclusões

O trabalho buscou estudar a bibliografia existente sobre o tema BIDs pelas concessões de petróleo, tendo feito uma revisão extensa e detalhada no banco de dados da Society of Petroleum Engineers.

Os modelos foram reaplicados para a realidade e os dados brasileiros, e algumas limitações foram detectadas como, por exemplo, a pequena quantidade de dados, o que dificulta algumas análises específicas propostas pelos autores americanos. Como recomendações para trabalhos futuros, a integração entre a análise estatística e lances por novos blocos seria bastante interessante, utilizando também algum elemento de modelagem do risco das companhias participantes.

#### 5. Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à Agência Nacional do Petróleo, pelo apoio dado a este trabalho..

#### 6. Referências

- CRAWFORD, P., Texas Offshore Bidding Patterns, SPE 2613, *Journal of Petroleum Technology*, Março de 1970.
- DOUGHERTY, E. e LOHRENZ, J., Money Left on the Table in Sealed, Competitive Bidding: Federal Offshore Oil and Gas Lease Bids, SPE 6501, 1977.
- DOUGHERTY, E. e LOHRENZ, J., Statistical Analysis of Bids for Federal Offshore Leases, SPE 5583, *Journal of Petroleum Technology*, Novembro de 1976.
- DOUGHERTY, E. e LORENZ, J., Statistical Analysis of Solo and Joint Bids for Federal Offshore Oil and Gas Leases, SPE 6517, *Journal of Petroleum Technology*, Abril de 1978.
- DOUGHERTY, E. e NOZAKI, M., Determining Optimum Bid Fraction, SPE 4566, *Journal of Petroleum Technology*, Março de 1975.
- ENGELBRECHT-WIGGANS, R., Discussion of Modeling the Number of Bids Received for Outer Continental Shelf Leases by Poisson-Type Models, SPE 12297, *Journal of Petroleum Technology*.
- JENKINS, D.C., Generalized Statistical Models: The Case of Off-Shore Lease Bids, SPE 14528, Junho de 1985.
- JPT FORUM, The Number of Bids Received per U.S. Offshore Oil and Gas Lease Offered: More or Less?, SPE 8024, Junho de 1979.
- KAUFMAN, G.M., Statistical Analysis of the Size Distribution of Oil and Gas Fields, SPE 1096, 1964.
- LOHRENZ, J. e DOUGHERTY, E., A Study of the Aggressive/Conservative Patterns of Bidders and Pre-Sale Evaluation: Federal Oil and Gas Lease Sales, SPE 6807, 1977;
- LOHRENZ, J. e DOUGHERTY, E., Bonus Bidding and Bottom Lines: Federal Offshore Oil and Gas, SPE 12024, 1983.
- TAVARES, M.D., Bidding Strategy: Reducing the “Money-Left-On-The-Table” in E&P Licensing Opportunity, SPE 63059, 2000.