

# MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO EFEITO CREAMING NA VIABILIZAÇÃO DE PEQUENOS CAMPOS PRODUTORES DE PETRÓLEO

## **Regis da Rocha Motta, Ph.D.**

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Cidade Universitária – CT – bloco F – sala 122  
regis@ind.ufrj.br

## **Thereza Cristina Aquino, M.Sc.**

IGEO – Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Cidade Universitária – CCMN – Instituto de Geociências  
taquino@rjnet.com.br

## **Guilherme Marques Calôba, M.Sc.**

COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Cidade Universitária – CT – bloco F – sala 105  
gcaloba@mail.com

## **Danilo Monteiro Olivieri**

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Cidade Universitária – CT – bloco F – sala 122  
daniloolivieri@yahoo.com.br

## **Vicente de Faria Cunha**

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Cidade Universitária – CT – bloco F – sala 122  
vincefaria@yahoo.com.br

## **Resumo**

Este trabalho tem a finalidade de apresentar técnicas quantitativas utilizadas na modelagem e simulação de um estudo para viabilizar campos de produção de pequeno porte através da redução da tarifação. O trabalho foi exposto de forma qualitativa por Motta, Aquino e Margueron (2004). Este trabalho destaca a linha de raciocínio adotada, as dificuldades encontradas e superadas, a metodologia utilizada, o trabalho em equipe, que pesquisas foram paralelamente desenvolvidas e onde foram buscadas as informações que nos permitiram alcançar o resultado almejado.

**Palavras-Chaves:** Efeito *Creaming*; Viabilidade da exploração de petróleo; Simulação de Monte Carlo; *Government Take*.

## **Abstract**

The purpose of this work is to present quantitative techniques applied in the modelling and simulation of a investigative study to measure impacts of government take issues in the feasibility of small oil production fields. This work was exposed in a qualitative manner by Motta, Aquino and Margueron (2004). The paper features the reasoning adopted, difficulties found and overcame, methodology, team work, sources and purposes of the research as a whole.

**Keywords:** Creaming Effect; Oil Exploration Feasibility; Monte Carlo Simulation; Government Take.

## 1. INTRODUÇÃO

Em seis de outubro de dois mil e quatro apresentamos um trabalho na Rio Oil & Gas, realizado no Rio Centro, na modalidade *poster*, intitulado “A Influência Estratégica do *Government Take* na Atratividade do Brasil Para Investimentos Internacionais em *Upstream*: Efeito *Creaming* e Volume de Óleo Recuperável”.

O presente artigo tem por objetivo descrever a metodologia e a abordagem adotadas para a elaboração daquele trabalho, uma vez que o SPOLM é um fórum apropriado para isto. Vale dizer, enquanto que na Rio Oil & Gas foram apresentados os resultados, no SPOLM 2004 será mostrado o *making of* do trabalho.

## 2. A IDÉIA/A MOTIVAÇÃO

A idéia surgiu numa reunião do IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo, quando houve uma apresentação da presidente da SPE - *Society of Petroleum Engineering*.

Numa conversa informal com representante de uma empresa de petróleo transnacional (não é uma *major*), ele exprimiu a idéia de que a Bacia de Campos, no Rio de Janeiro, já estava entrando numa fase madura de exploração, e que, pelo chamado “efeito *creaming*”, a Reserva de Óleo Cumulativa da bacia de Campos rapidamente tenderia a atingir um patamar, isto é, os volumes médios de novas descobertas tenderiam a diminuir e as probabilidades de um poço pioneiro ser “descobridor” de novas reservas também diminuiriam à medida que novos poços exploratórios fossem perfurados na bacia de Campos.

Com menor volume de óleo recuperável, pela deseconomia de escala, os custos unitários de capital (CAPEX) e operacionais (OPEX) ficariam muito altos, em US\$ por barril.

Na figura 1 é apresentado o comportamento dos custos, CAPEX e OPEX, considerando um aumento do volume de óleo recuperável, nota-se que a partir de determinado nível de VOR os custos se estabilizam e não mais se observa o ganho de escala.

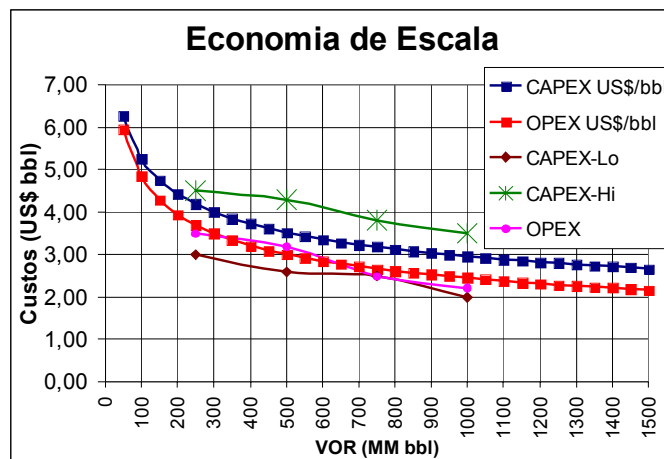


Figura 1. Economia de Escala

Outrossim, o nível das participações governamentais (bônus de assinatura, aluguel de área, *royalty*, participação especial etc.) da ANP – Agência Nacional de Petróleo, acrescidos dos tributos e impostos existentes no Brasil (federais, estaduais e municipais), acarretavam pouca competitividade, em termos internacionais, considerando-se que a tal empresa do citado executivo analisava outras oportunidades em países como Nigéria, Angola e outras regiões do planeta com potencial petrolífero. Foi recomendado que procurássemos um professor do IGEO/UFRJ (Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro), o qual saberia nos dar referências a respeito do “efeito *creaming*”.

### 3. PESQUISA E MODELAGEM DO EFEITO *CREAMING*

Através de pesquisa bibliográfica via *internet*, localizou-se alguns poucos artigos sobre o tema, o qual virou foco central de tese de doutorado no IGEO/UFRJ.

A figura 2 demonstra o efeito *creaming* na prática (são dados reais).

A figura 3 mostra duas curvas logísticas, as quais dão uma idéia de tendência declinante da probabilidade de novas descobertas.

A figura 4 mostra a tendência de diminuição do volume médio das reservas economicamente viáveis descobertas, em função do número de poços pioneiros.

A figura 5 traz uma distribuição lognormal, obtida através do *software @RISK*, uma *add-in function* da planilha EXCEL, produto da Palisade.

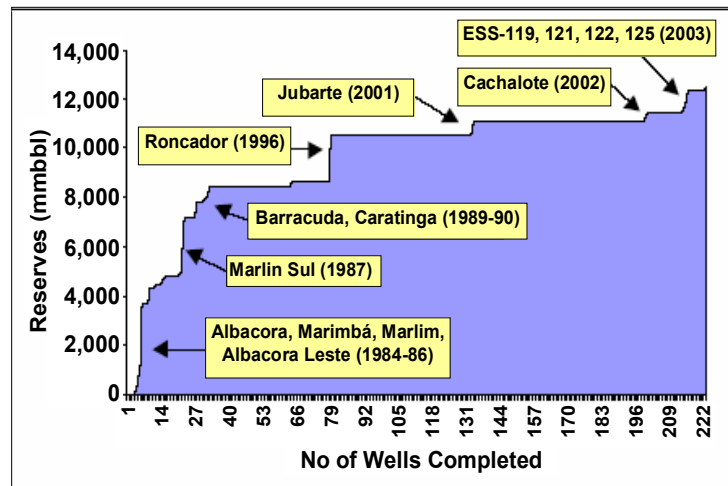


Figura 2. Curva de reservas comerciais cumulativas *versus* nº de poços exploratórios na Bacia de Campos  
 Fonte: Shaw, M; Farrugio, G; Geddes, P., *Wood Mackenzie*, Junho, 2003

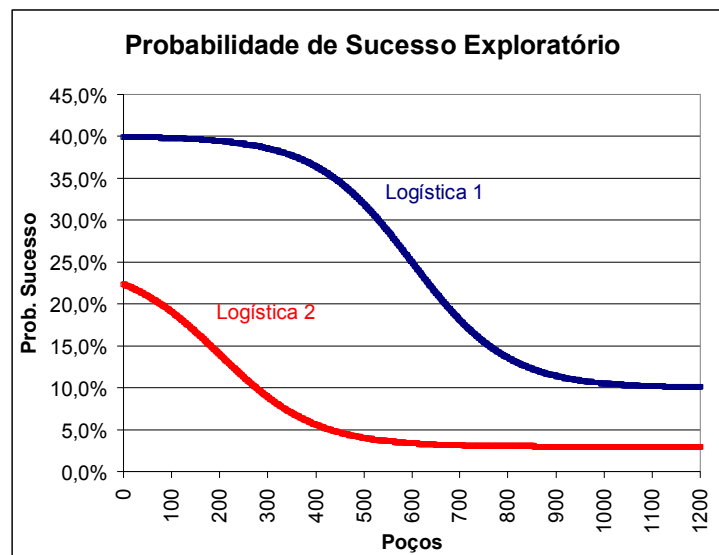


Figura 3. - Curva de Probabilidade de novas descobertas

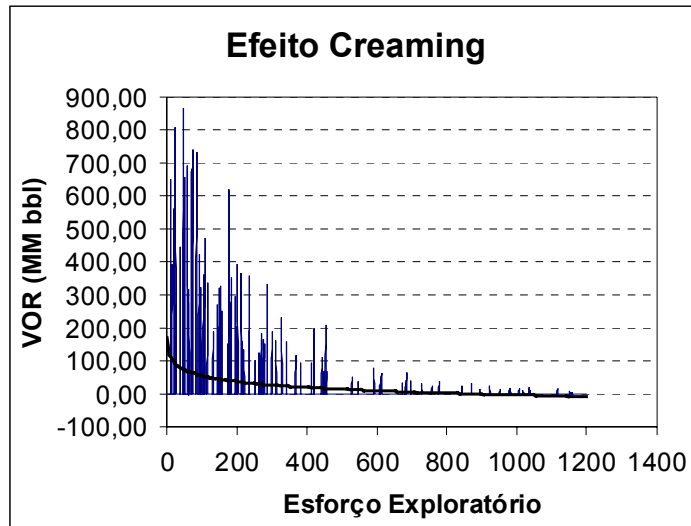


Figura 4. VOR declinante em função do nº de poços exploratórios

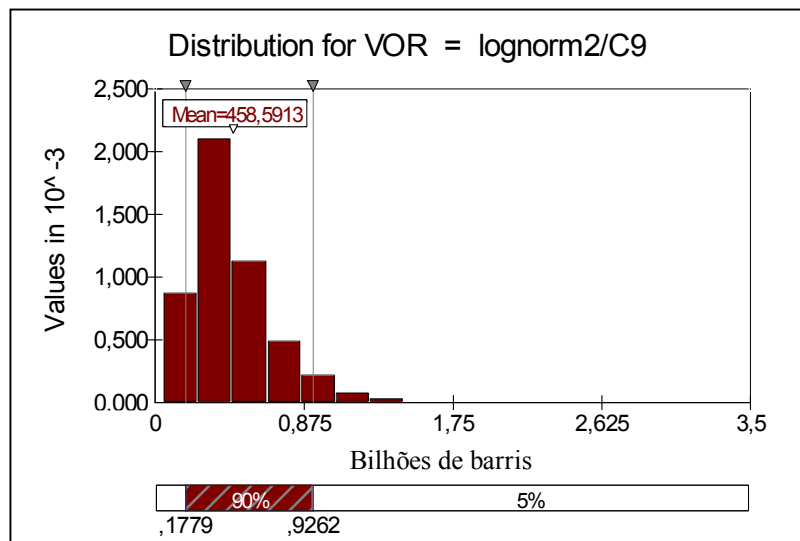
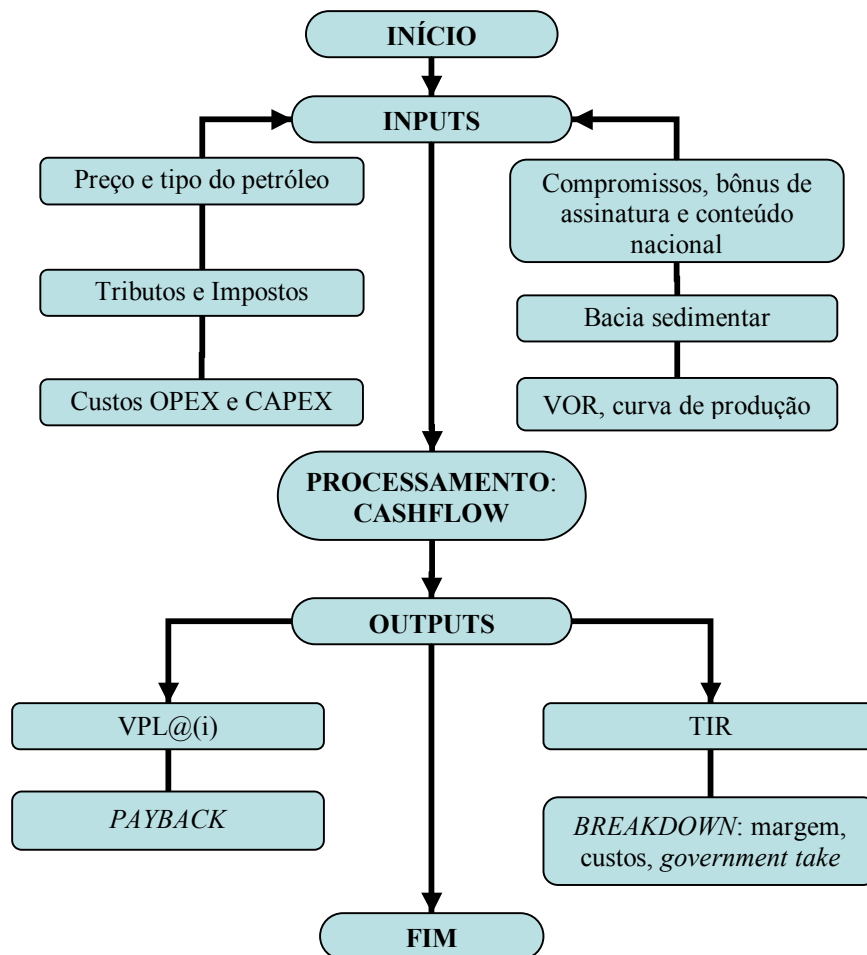


Figura 5. Distribuição lognormal gerada pelo @RISK

#### 4. PLANILHA DE VIABILIDADE ECONÔMICA

A pesquisadora logrou êxito em conseguir acesso a uma planilha de viabilidade econômica em EXCEL, a qual possuía todo arcabouço lógico levando em conta VOR (Volume de Óleo recuperável), custos CAPEX e OPEX, preço do barril do petróleo (US\$/barril), tributos e impostos, além do *government take* para elaboração do *cashflow* seguido da avaliação econômica do investimento.

Através desta planilha foi processado o *cashflow*, conforme a figura 6.



**Figura 6. Fluxograma da planilha de viabilidade econômica de blocos de concessão para exploração e produção**

Concluiu-se que a planilha de viabilidade econômica tinha dimensões ciclópicas (seis megabytes), uma vez que era o modelo completo e acabado que permitia a análise de *cashflow* descontado, gerando informações como VPL descontado a diversas taxas, TIR, *PAYBACK* etc.

A planilha de viabilidade econômica, por isso mesmo, respondia mal à simulação de Monte Carlo do efeito *creaming*, a qual levamos a efeito através do *software @RISK*.

## 5. PROBABILIZAÇÃO DA PLANILHA DE VIABILIDADE ECONÔMICA

A primeira tentativa incluiu o reforço de Alan Bello para a equipe, o qual atualmente faz mestrado de Economia na PUC-RJ. Nosso ex-bolsista havia incorporado, através de programação VISUAL BASIC, certas funções (*procedures*) e macros a um outro trabalho de análise de viabilidade econômica, num *cashflow* em planilha Excel, com o *software @RISK*.

Em seguida pensamos em gerar, através de um distribuição lognormal, um VOR dentro da planilha de viabilidade econômica, a qual calculava todo o fluxo de caixa, com depreciação, participação especial, *royalties*, aluguel de área, custos de capital e operacionais, receitas brutas e líquidas, margens etc., para um prazo de concessão de vinte anos. As variáveis de interesse (*outputs*) seriam então gravadas para posterior elaboração de estatísticas descritivas (média, desvio-padrão, curtose, assimetria etc.).

Ao cabo de cada simulação, o preço do petróleo teria de ser alterado, para nova rodada, além dos níveis de *royalties* (10%, 5% e 0%).

A aplicação direta do *software @RISK* na planilha de viabilidade econômica revelou-se pouco prática. Cada iteração com um dado VOR era lenta, apesar de usarmos um *desktop* de última geração.

## 6. USO DA FUNÇÃO *SIMTABLE* DO SOFTWARE *@RISK*

Ocorreu-nos, então, que a variável mais fácil de utilizarmos era a TIR, para determinar a atratividade das reservas (VOR's), dados os diversos níveis de preços do barril de petróleo. Isso seria fácil de calcular, uma de cada vez, na planilha de viabilidade econômica.

Ora, o *software @RISK* tem uma função, *RISKSIMTABLE*, a qual repete um dado número de iterações para uma série de simulações.

Ademais, o EXCEL tem uma função *PROCV*, a qual possui uma série de parâmetros que permite que, dada uma tabela, seja achado um valor aproximado assumido por uma função, alimentando-se os valores numéricos, num dado *RANGE*, para a *PROCV*.

Portanto, aproveitou-se a função do *@RISK RISKSIMTABLE* para rodar em cada simulação apenas uma iteração, representada por:

- 1 VOR (50, 100, 150 ... 150) MMbbl (milhões de barris);
- 1 nível de preço (20, 21, 22 ... 31) US\$/bbl;
- 1 nível de *royalties* (10%, 5% e 0%) da receita bruta.

Foram gerados 30 x 12 x 3 = 1080 resultados de TIR e VPL@10% para os complexos fluxos de caixa da planilha "A", porém de modo determinístico, ficando rápido e simples o processamento.

Foram gerados três gráficos com isolinhas para a TIR (figuras 7-a, b e c)

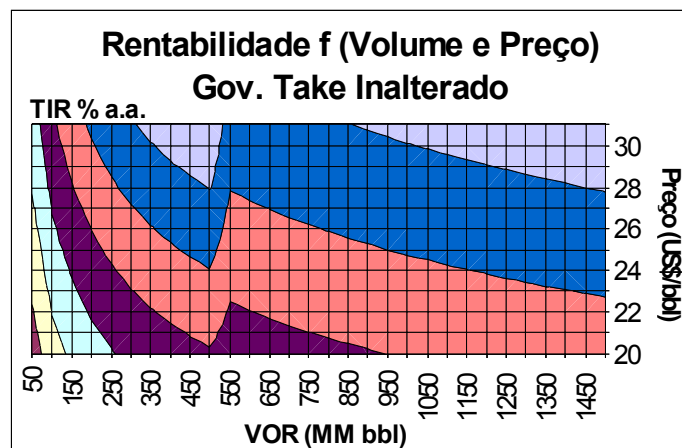


Figura 7-a. Curva de rentabilidade com *royalty* a 10%

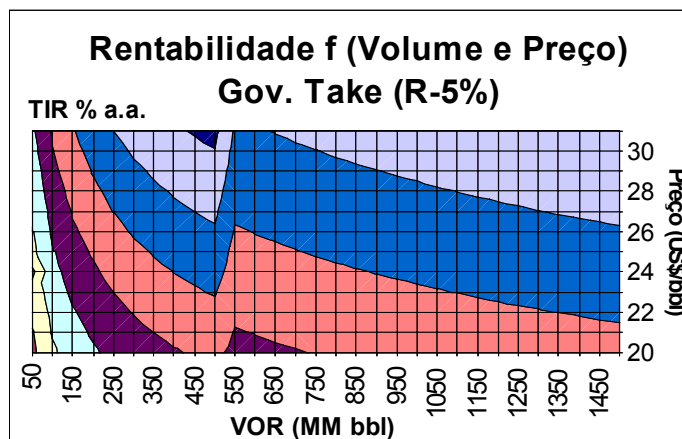


Figura 7-b. Curva de rentabilidade com *royalty* a 5%

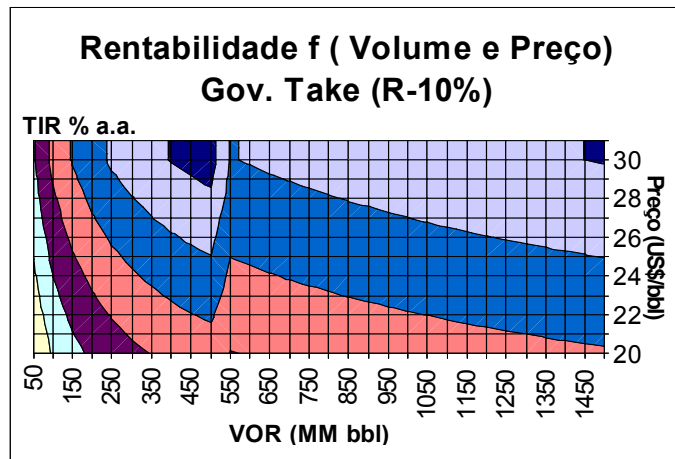


Figura 7-c. Curva de rentabilidade com *royalty* a 0%

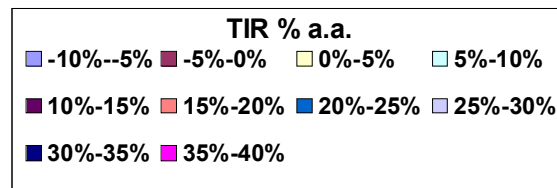


Figura 7-d. Legenda

## 7. PLANILHA DE MODELAGEM DO EFEITO CREAMING

O aluno formando de graduação, Diogo Bezerra, nos auxiliou a preparar a planilha de modelagem do efeito *creaming*, a qual tem o seguinte algoritmo:

- Gerou-se uma probabilidade segundo uma distribuição uniforme, compreendida entre 0 e 1, para cada um dos poços pioneiros perfurados numa bacia sedimentar, num total de 1.200 (até há um tempo atrás, segundo a figura 2, obtida partir do relatório da Wood Mackenzie, teriam sido perfurados na bacia de Campos cerca de 250 poços pioneiros).
- Adotou-se uma curva logística (figura 3) para a probabilidade decrescente com o número poços perfurados numa bacia. Tal curva é convenientemente assintótica ao eixo X, pois a probabilidade mínima é zero (não pode ser negativa).
- Portanto, a probabilidade gerada aleatoriamente em  $a$  é comparada à de  $b$  e, se  $a < b$ , então o poço é descobridor de petróleo. Ainda não se sabe o VOR da descoberta, neste tópico.
- Foi gerado, através de uma distribuição lognormal do *@RISK*, *LOGNORM2*, a qual trabalha com a média e variância logarítmicas, um dado VOR (figura 5), em MMbbl. O parâmetro média logarítmica de tal distribuição, segundo o efeito *creaming*, decresce com o número de poços pioneiros perfurados na bacia sedimentar (figura 4).
- O VOR tem, então, sua viabilidade econômica testada através de consulta a uma das três tabelas geradas. Se a TIR extraída da tabela for maior que a TMA (taxa mínima de atratividade), então a reserva com o VOR gerado é viável (figuras 7-a, b e c).
- Só então a reserva economicamente viável era incorporada à reserva cumulativa da bacia sedimentar.
- Portanto, a simulação completa do efeito *creaming* foi condicionada à viabilidade econômica das reservas encontradas, fazendo-se uma ponte entre os dois conceitos: potencial petrolífero da bacia e viabilidade econômica.

## 8. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Outrossim, observou-se que, à medida que os *royalties* foram reduzidos de 10% para 5%, a reserva cumulativa economicamente viável das bacias sedimentares aproximou-se mais do potencial médio total da mesma.

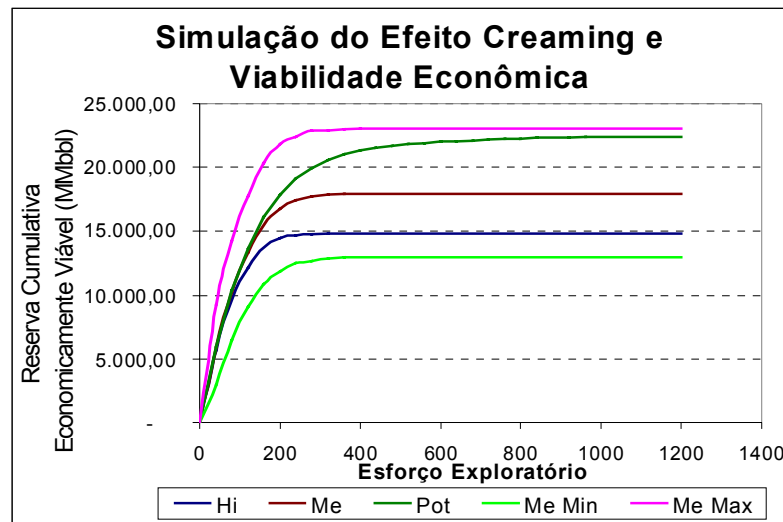


Figura 8. VOR cumulativo potencial em função de níveis de *royalty* (Hi, Me)

Já a redução de 5% para 0% dos *royalties* não trouxe nenhum benefício em termos de um maior aproveitamento do potencial petrolífero da bacia.

Concluiu-se que o diferencial de ganho pela redução dos *royalties* era única e exclusivamente devido à viabilização econômica das reservas com volumes paulatinamente decrescentes com a entrada na fase madura da exploração de potencial petrolífero da bacia, vale dizer, das reservas menores.

Sugere-se que a ANP reveja sua política de fixação das participações governamentais, mormente no que diz respeito aos *royalties*, para viabilizar reservas de portes médio a pequeno. O fato do preço do barril do petróleo estar conjunturalmente em níveis elevados não pode nortear essa política, uma vez que o Brasil é importador líquido de petróleo e que os investimentos em Exploração e Produção têm um efeito multiplicador na economia nacional (gerando emprego e arrecadação de impostos), enquanto que as empresas de petróleo usam, para efeito de cálculo de viabilidade econômica de reservas, níveis de preços bem abaixo dos atuais, que ultrapassam US\$ 50/bbl.

## 9. APRESENTAÇÃO NA RIO OIL & GAS

O Comitê de avaliação do IBP selecionou o trabalho para ser apresentado em formato de *poster*, o que gera custos e algum trabalho adicional, de formatação e diagramação em *Power Point*. Com o auxílio do professor Ubiratan, elaborou-se o primeiro *poster* no NCE da UFRJ. Posteriormente, devido a problemas técnicos no *plotter* do NCE/UFRJ, geraram-se os seis *posters* de 95 cm x 95 cm, no bloco H do Centro de Tecnologia da UFRJ.

Houve um grande interesse dos visitantes pela metodologia empregada de associação do *efeito creaming* em uma avaliação econômica de projetos de investimentos em E&P de petróleo.

A apresentação em forma de *poster* revelou-se mais atrativa do que uma exposição em auditório pois nos permitiu uma interação mais próxima e dinâmica com os visitantes que demonstraram interesse no trabalho.

## 10. AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos colaboradores deste trabalho, alguns deles permanecendo



anônimos mas não pouco importantes.

Ao PRH-21, o qual, através do professor Virgílio, patrocinou nossa inscrição na Rio Oil & Gas e três dos seis *posters*.

Ao professor Cláudio Margueron, que apoiou a realização do trabalho apresentado na Rio Oil & Gas e revisou o texto.

## 11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BARBOSA, D. H.; GUTMAN, J., *Government share and economic analysis: case study of Campos Basin, Brazil*, SPE - *Society of Petroleum Engineers*, artigo nº 69593, 2001.
- [2] MEISNER, J.; DEMIRMEN, F., *The Creaming Method: A Bayesian Procedure to Forecast Future Oil and Gas Discoveries in Mature Exploration Provinces*, *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)*, Vol 144, nº 1, 1-31, 1981.
- [3] MOTTA, R.; AQUINO, T.; MARGUERON, C., *A Influência Estratégica do Government Take na Atratividade do Brasil Para Investimentos Internacionais em Upstream: Efeito Creaming e Volume de Óleo Recuperável*, *Anais da Rio Oil & Gas 2004*, 2004.
- [4] MOTTA, R.; CALÔBA, G.M, *Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais – São Paulo*, Atlas 2002.
- [5] SHAW, M; FARRUGGIO, G; GEDDES, P., *Deepwater Brazil Stands at the Crossroads, Latin American Upstream Insights – Wood Mackenzie*, Junho 2003
- [6] SNEDDEN, J. W.; SARG, J. F.; YING, X., *Exploration Play Analysis from a Sequence Stratigraphic Perspective*, *Search and Discovery*, artigo nº 40079, 2003.
- [7] ANP – Agência Nacional do Petróleo, disponível em <[http: //www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br)>.