



IBP1030_06

ÍNDICE CAPEX/BOE: ALTERNATIVA DE ABORDAGEM NA AVALIAÇÃO DE BENCHMARKING DE PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO DA PRODUÇÃO OFFSHORE DE ÓLEO E GÁS

Rodrigo Mendes Gandra¹Wilson Guilherme Ramalho da Silva²

Copyright 2006, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico foi preparado para apresentação na *Rio Oil & Expo and Conference 2006*, realizada no período de 11 a 14 de setembro de 2006, no Rio de Janeiro. Este Trabalho Técnico foi selecionado para apresentação pelo Comitê Técnico do evento, seguindo as informações contidas na sinopse submetida pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho Técnico, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, seus Associados e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho Técnico seja publicado nos Anais da *Rio Oil & Expo and Conference 2006*.

Resumo

O segmento de E&P, de natureza extrativista e, conseqüentemente, com produção declinante, demanda investimentos para desenvolver o potencial de hidrocarbonetos, tanto para manutenção, quanto para o crescimento da produção. Estes investimentos requerem projetos, cujas concepções, a depender de especificidades, com grande variedade de soluções técnicas. Para avaliar o grau de otimização no dimensionamento do investimento para construção da infra-estrutura necessária destes projetos, é comum a indústria utilizar a prática de *benchmarking*. O índice CAPEX/BOE¹, usado na avaliação comparativa (*benchmarking*) de projetos de investimento para o desenvolvimento de ativos do segmento de E&P, é definido pela razão entre investimento total e volume total de óleo e gás a ser recuperado pelo projeto (medido em barris de óleo equivalente). Apesar de permitir avaliações comparativas entre projetos, o CAPEX/BOE apresenta limitações. Ainda que semelhantes, projetos de investimento em E&P apresentam peculiaridades técnicas que afetam avaliações comparativas. No intuito de incrementar o poder de explicação do CAPEX/BOE no *benchmarking* de projetos, este trabalho sugere incorporar quatro importantes peculiaridades naturais inerentes a projetos de E&P na determinação do índice: lâmina d'água, soterramento dos reservatórios, transmissibilidade, e percentual de reserva provada. Após conceituar a relevância do *benchmarking* como prática de avaliação de projetos de investimento em E&P, este trabalho aponta algumas das desvantagens do CAPEX/BOE, propondo abordagem alternativa para lidar com tais desvantagens. Embora o índice CAPEX/BOE não seja usual na gestão e priorização da carteira de projetos de E&P, ele tem relação direta com desempenho empresarial, complementando o conjunto de informações que subsidiam decisões de investimento. Por apresentar relação direta com o grau de otimização da concepção adotada pelos projetos, o índice CAPEX/BOE permite avaliar a efetividade da engenharia no processo de dimensionamento do investimento na concepção e definição da alternativa técnica de projetos de E&P.

Abstract

Extractive and declining in nature, the oil and gas upstream business segment rely intensively on capital expenditures projects, which vary greatly in conceptions and technical solutions. In order to benchmark these projects, it is common within the industry to use the CAPEX/BOE index. The CAPEX/BOE index is defined by the ratio between total project capital expenditure (CAPEX), and total project volume of petroleum to be recovered, in barrels of oil and gas equivalent. In spite of allowing comparative evaluations between similar projects, the CAPEX/BOE index presents inherent limitations due to upstream capital projects natural aspects. In order to improve the CAPEX/BOE value as a benchmarking index, this paper proposes to consider four important project natural aspects: water depth, reservoir overburden, transmissibility, and the proved reserves ratio. After conceptualizing the relevance of benchmarking practice within upstream capital asset development process, this paper presents an alternative approach to determine the CAPEX/BOE index and explores its applicability through a case study. Although not commonly used to rank and manage upstream portfolio, the CAPEX/BOE is a valuable input to support capital project decisions.

¹ Mestre em Economia, Economista e Analista de Econômico de Projetos - Hope Consultoria

² Engenheiro Mecânico e Gerente de Projetos - PETROBRAS

1. Introdução

O índice CAPEX/BOE, utilizado na avaliação comparativa (*benchmarking*) de projetos de investimento para o desenvolvimento da produção de petróleo, é definido pela razão entre o custo total do investimento, em valor nominal (usualmente expresso em US\$) e o volume total de petróleo a ser drenado (medido em barris de óleo equivalente - BOE)². Apesar de permitir inferir a competitividade relativa de um projeto em relação a outros similares da indústria, o índice CAPEX/BOE apresenta limitações, uma vez que projetos de desenvolvimento da produção apresentam peculiaridades técnicas e naturais que afetam a avaliação comparativa. Com o objetivo de incrementar o valor do CAPEX/BOE como índice de *benchmarking*, este trabalho explora quatro peculiaridades naturais inerentes a projetos de desenvolvimento da produção de petróleo em áreas *offshore*: lâmina d'água, soterramento, transmissibilidade, e percentual de reserva provada,

2. O Segmento de Exploração e Produção de Petróleo (E&P)

A indústria de petróleo divide-se, basicamente, em dois segmentos: *Upstream* e *Downstream*. Este trabalho tem como foco a fase de desenvolvimento da produção do segmento de *upstream*, onde os projetos de desenvolvimento de ativos de produção são implementados. A geração de resultado econômico no segmento de E&P envolve a descoberta e a transformação de potenciais petrolíferos na efetiva produção comercial. De natureza extrativista e, portanto, eminentemente declinante, o segmento de E&P está diretamente associado a três objetivos básicos: 1º descobrir potencial petrolífero e incorporar reservas de petróleo, 2º desenvolver a produção de reservas de petróleo, e 3º produzir e comercializar óleo e gás.

O primeiro objetivo tem relação direta com a natureza extrativista e eminentemente declinante do negócio. Este objetivo permite gerar, manter e incrementar a capacidade potencial de gerar resultado econômico para viabilizar a continuidade e o crescimento das empresas de E&P. Incluem-se aqui as atividades de exploração e avaliação, onde a viabilidade econômica e comercial do potencial petrolífero é declarada e, conseqüentemente, as reservas são incorporadas. O segundo objetivo está diretamente associado à realização de projetos de implantação da infra-estrutura para transformar o potencial petrolífero em efetiva produção comercial e, portanto, tem relação direta com o escopo deste trabalho. O terceiro objetivo está diretamente relacionado às atividades operacionais que geram e mantêm o resultado econômico com a produção e a comercialização de óleo e gás.

A Figura 1, representa o ciclo de vida típico de um ativo de capital do segmento de E&P.

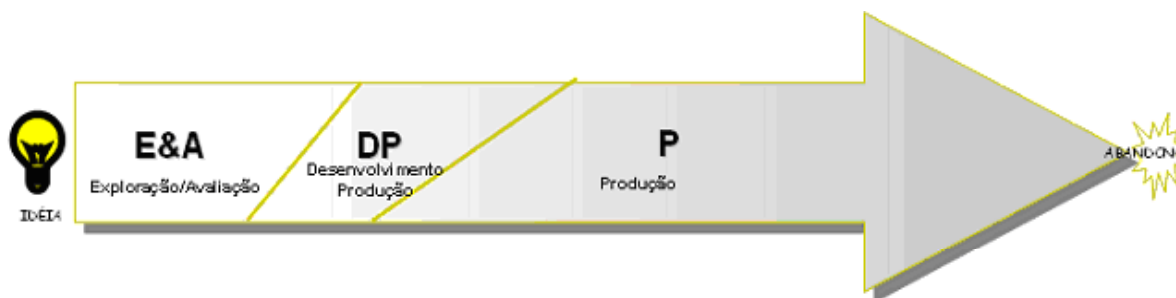


Figura 1 - Ciclo de Vida Típico de um Ativo de Capital do Segmento de E&P (Silva, 2003)

3. Benchmarking em Projetos de Investimento no Segmento de E&P

O processo de busca constante de novas idéias e métodos, ou adaptação das características para obter o melhor do melhor, é conhecido como *benchmarking* (Azamor, Paiva Filho, Vasconcellos e Silva, 2003). O *benchmarking* é uma prática que permite avaliar, de forma comparativa e contínua, a competitividade de uma empresa, ou de uma atividade, ou mesmo de um produto ou serviço, permitindo identificar oportunidades de melhoria e otimização. Na fase de desenvolvimento da produção do segmento de E&P, os projetos têm como objetivo construir a infra-estrutura necessária para retirar, ao longo de um período, volumes de hidrocarbonetos dos reservatórios de interesse de forma econômica e otimizada. Nesta fase, o *benchmarking* é aplicado em dois níveis, quais sejam:

Sistema de Projetos - onde é conduzido para avaliar comparativamente os diferentes sistemas de implantação de projetos adotados por diferentes empresas. Residem aqui avaliações comparativas inerentes às práticas de gestão, padrões de processos e procedimentos executivos, estruturas organizacionais, níveis de centralização. O objetivo é identificar e entender os aspectos que orientam e que permitam maior competitividade na implantação de projetos.

Projetos - onde é conduzido para avaliar comparativamente diferentes projetos, dentro ou fora de uma empresa. A avaliação comparativa se concentra nos resultados planejados (ou realizados) pelos projetos, ajudando a comparar a viabilidade dos resultados. Por exemplo, se dois projetos comparáveis, situados na mesma lâmina d'água e de mesma capacidade de produção, apresentarem diferença de prazo entre a data de aprovação e a data de início de produção, o de menor prazo pode ser considerado mais competitivo. Neste caso, a avaliação comparativa mediu a competitividade em tempo. Da mesma forma, dois projetos comparáveis, situados em mesma lâmina d'água para drenar o mesmo volume de óleo equivalente, o que apresenta menor volume de investimento pode ser considerado mais competitivo em custo.

Um sistema de projetos deficiente pode afetar os resultados de uma empresa em relação à média da indústria. Contudo, um bom sistema de projetos não garante a competitividade de todos os projetos da empresa. Diferenças intrínsecas entre os projetos ou empresas podem gerar vantagens ou desvantagens competitivas. No caso específico de projetos de investimento em E&P, o *benchmarking* no nível de projetos pode adotar o índice CAPEX/BOE como um dos indicadores de competitividade e otimização.

4. O Índice CAPEX/BOE

Os principais orientadores adotados em projetos de desenvolvimento da produção do segmento de E&P, com o objetivo de retorno econômico, são: a maximização do volume de óleo a ser drenado com minimização dos custos unitários de produção; e a otimização da concepção com base em decisões de *trade off* entre investimento (CAPEX), custo operacional (OPEX) e volume a recuperar (BOE).

Na avaliação da rentabilidade econômica de projetos de E&P são utilizados indicadores tais como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Ponto de Equilíbrio (medido em volume de óleo a ser drenado ou no valor do óleo no mercado spot que anula o VPL), dentre outros. Contudo, estes indicadores não evidenciam o grau de otimização de um projeto de E&P quanto à alocação de recursos. Dentre os índices utilizados para medir o grau de otimização destes projetos, o mais usual é o CAPEX/BOE. Ele mede o montante de investimento (em unidades monetárias) necessário à construção da infra-estrutura para drenar um determinado volume de óleo e gás (em barris de óleo equivalente). Trata-se de índice diretamente associado à relação custo/benefício de um projeto de E&P, e que permite inferir o quão “pesado” está o projeto em termos de investimento. Uma vantagem do índice é a abstração dos diferentes custos ponderados de capital (*Weighted Average Cost of Capital* - WACC) de cada empresa no desconto dos fluxos de caixa de seus projetos, uma vez que a razão CAPEX/BOE é calculada em termos nominais e não em termos atualizados (de valor presente).

Em projetos de investimento, uma relação CAPEX/BOE elevada / baixa em relação à média da população avaliada pode indicar, dentre outras coisas:

- super dimensionamento / sub dimensionamento em termos da infra-estrutura necessária indicando oportunidades de melhoria (exemplo: folga nas capacidades da plataforma, malha de drenagem demasiado/pouco densa, dentre outros);
- investimento estimado de forma excessiva / subestimada (exemplo: contingências, referencial do mercado fornecedor, dentre outros);
- abordagem conservadora / arrojada na estimativa de volume de hidrocarbonetos (exemplo: grau de definição do projeto, expectativa em relação aos reservatórios de interesse, dentre outros);
- peculiaridades inerentes ao projeto demandando soluções técnicas e tecnológicas complexas e onerosas / simples e de baixo custo (exemplo: lâmina d'água, profundidade do reservatório, características permo-porosas do reservatório, qualidade do óleo, dentre outras);
- condições regulatórias e tributárias afetando os investimentos (exemplo: ICMS da lei Valentim, necessidade de conteúdo nacional, dentre outros); e/ou
- condições geopolíticas, geográficas e climáticas afetando a infra-estrutura necessária (exemplo: ausência de infra-estrutura de apoio às operações de investimento, regiões propícias a catástrofes, dentre outras).

As empresas que avaliam comparativamente seus projetos (*benchmarking* interno), e que acessam bancos de dados especializados e disponíveis no mercado (*benchmarking* externo), tendem a apresentar vantagem competitiva no dimensionamento de seus projetos. Contudo, a utilização do CAPEX/BOE em avaliações comparativas demanda cuidados em função de algumas limitações, por exemplo:

- O primeiro passo é expurgar todo investimento necessário para construir o sistema de escoamento de óleo e gás. Isto porque, a depender da solução técnica adotada para drenar um determinado montante de reserva, pode ou não existir a necessidade de infra-estrutura dutoviária para escoamento da produção de óleo e gás. Por exemplo, sistemas de produção baseados em unidades tipo FPSOs (*floating production storage and offloading*) não necessitam de oleodutos pela sua capacidade de

armazenar óleo e poder escoar através de navios aliviadores. Já os sistemas de produção com base em unidades do tipo SS (Semi Submersíveis) necessitam de investimento adicional (em oleoduto, ou FSO) para estocar e escoar a produção. Outro aspecto importante tem relação com a área geográfica do projeto: existem áreas onde a malha de escoamento já se encontra disponível, assim como áreas remotas onde a infra-estrutura não se encontra disponível. Estas heterogeneidades influenciam as soluções adotadas, configurando-se em motivos pelos quais não se considera o investimento em escoamento no *benchmarking* de investimentos em projetos de desenvolvimento da produção.

- O CAPEX/BOE não leva em conta especificidades naturais inerentes aos projetos. Por exemplo, a lâmina d'água varia de projeto para projeto. Como comparar a otimização de dois projetos idênticos, sendo um com lâmina d'água de 1.000 m e o outro com lâmina d'água de 2.000 m? O mesmo acontece para o soterramento do reservatório, isto é, a profundidade dos reservatórios de interesse. Existem projetos que objetivam reservatórios mais profundos que outros. Outro fator natural engloba as características permo-porosas das rochas e a qualidade dos fluidos dos reservatórios que, invariavelmente, são diferentes de projeto para projeto.
- O ambiente tributário e regulatório em que os projetos se inserem também são fatores que influenciam o dimensionamento do montante de investimento necessário e, às vezes, dinâmico e incerto.
- O grau de maturidade de um projeto tem relação direta com a variabilidade do índice CAPEX/BOE. Como todos os projetos, os de E&P são progressivamente elaborados e influenciados pelo processo evolutivo do grau de definição de seus escopos. Este aspecto afeta o valor do índice CAPEX/BOE na avaliação comparativa de projetos em fases distintas, ou seja, com diferentes graus de maturidade.

Apesar das limitações do CAPEX/BOE na avaliação comparativa de projetos, o índice constitui importante subsídio adicional ao processo de tomada de decisão. Por exemplo, se identificado que um projeto, dentre vários outros de uma empresa, para uma mesma fase ou grau de maturidade, apresenta índice significativamente diferenciado da média, este pode ser considerado um projeto especial. Neste caso, o tomador de decisão tem motivação para questionar a oportunidade de reciclar este projeto com vias a reavaliar seu dimensionamento, ainda que apresente indicadores empresariais satisfatórios (tais como alto valor presente líquido, taxa interna de retorno atrativa). Especialmente em cenário de limitação de recursos físicos e financeiros, onde elevado grau de otimização se faz necessário, esta questão é relevante. Cabe destacar também que, mantendo-se o *status quo* tecnológico atual, na medida em que as oportunidades de investimento surgem em lâminas d'água cada vez mais profundas, a relação CAPEX/BOE tende a aumentar. Da mesma forma, quanto pior as características do óleo, e quanto mais complexas as geologias dos reservatórios, maior deverão ser os valores de CAPEX/BOE dos projetos. Em função disto, objetivando avaliações comparativas mais justas, é proposto o nivelamento do índice CAPEX/BOE pelos seguintes parâmetros: lâmina d'água, características do óleo, características do reservatório, soterramento, incertezas de reservatório.

5. CAPEX/BOE Nivelado

A proposta de nivelamento leva em consideração os principais fatores que diferenciam os projetos de desenvolvimento da produção, são eles:

- incerteza inerente ao volume de petróleo a drenar, tratada através da razão entre reserva provada e reserva total³, que tem relação direta com o dimensionamento da malha de drenagem;
- variações na lâmina d'água média das áreas de interesse que afetam o investimento;
- facilidade de extração do petróleo dos reservatórios de interesse, tratada através da transmissibilidade média, uma vez que quanto maior a mobilidade do óleo nos reservatórios, menos densa é a malha de drenagem necessária; e
- profundidade média a ser perfurada, tratada através do soterramento dos blocos reservatório de interesse, uma vez que quanto mais profundos os reservatórios, maior é o custo de construção de poços (especialmente os custos de perfuração). Segundo o Jornal E&P da Petrobras (Fev-Mar/2006, p.7): "...outro desafio que se impõe na Bacia de Santos é manter o controle da perfuração diante das altas pressões e temperaturas elevadas, normalmente encontradas nos horizontes mais profundos".

Para amenizar estas limitações do índice CAPEX/BOE, é proposta a adoção do índice CAPEX/BOE Nivelado, calculado pela expressão apresentada na Figura 2.

$$\text{CAPEX/BOE Nivelado} = \text{LN} \left[\left[\frac{\text{Capex} - \frac{\text{Capex}_{\text{Escoamento}} - \text{Capex}_{\text{Poço}}}{(\text{Volume a Drenar}) \cdot (\% \text{ Reserva Provada})}}{\text{Lâmina d'Água}} \right] + \left[\frac{\text{Capex}_{\text{Poço}}}{(\text{Volume a Drenar}) \cdot (\% \text{ Reserva Provada})} \times \text{Transmis}^{(1/2)} \right] \right]$$

Figura 2 – Expressão do CAPEX/BOE Nivelado

O CAPEX/BOE Nivelado não leva em consideração os investimentos em infra-estrutura de escoamento da produção e, por conseguinte, não carrega as limitações inerentes a este componente do escopo. A metodologia de cálculo do CAPEX/BOE Nivelado se baseia nas premissas abaixo. Quanto ao investimento:

- Do sistema de coleta - Existe influência direta da lâmina d'água uma vez que, tanto as linhas e dutos submarinos (CAPEX para materiais), quanto os recursos navais (CAPEX para serviços) para construção e instalação do sistema, apresentam custos unitários crescentes com a lâmina d'água.
- Da plataforma de produção - Seja qual for o tipo de unidade escolhida, existe influência direta da lâmina d'água (tanto pelo sistema de coleta quanto pelas linhas de ancoragem), pois a necessidade de deslocamento do casco é crescente com a lâmina d'água.
- Para construção de poços - Existe influência direta, tanto da lâmina d'água quanto do soterramento (profundidade de rochas a perfurar), uma vez que os equipamentos de poços (CAPEX de material a ser aplicado) e as plataformas para construção dos mesmos (CAPEX para serviços, materiais consumíveis e ferramentas especiais) apresentam custos unitários crescentes com a lâmina d'água e com o soterramento.
- Global - É afetado pela transmissibilidade dos reservatórios de interesse, uma vez que quanto menor a transmissibilidade⁴, mais densa deve ser a malha de drenagem para recuperar o mesmo volume de petróleo e, conseqüentemente, mais robustos o sistema de coleta e a plataforma de produção.

Quanto ao volume a ser drenado pela infra-estrutura do projeto (medido em BOE), ele é função do grau de definição (ou incerteza) e, portanto, merece ser avaliado de forma relativa, isto é, em termos do percentual de volume provado.

Portanto, na definição da expressão para cálculo do CAPEX/BOE Nivelado, foi assumido que:

- a primeira parcela permite tratar o efeito da lâmina d'água no sistema de coleta e na plataforma;
- a segunda parcela permite tratar os efeitos da lâmina d'água e do soterramento no custo dos poços;
- ambas as parcelas refletem parte da influência do grau de definição do escopo do projeto através da correção pelo percentual de volume provado de petróleo a ser drenado;
- a transmissibilidade média dos reservatórios nivela a demanda por investimento; e
- a aplicação do Logaritmo Neperiano normaliza os resultados amenizando dispersões indesejadas.

Apresentada a explicação da proposta de nivelamento do CAPEX/BOE, a seção seguinte apresenta o comportamento deste índice em relação às variáveis adotadas no nivelamento do mesmo. Para tanto, foi utilizado um projeto *offshore* real como cenário de aplicação do índice nivelado.

6. Comportamento do CAPEX/BOE Nivelado em um Projeto *Offshore*

A Tabela 1 apresenta os dados gerais do projeto utilizado como cenário de aplicação do CAPEX/BOE Nivelado.

Tabela 1 - Dados Gerais do Projeto X

Projeto X	
Investimento Total (US\$ MM)	2.051,7
Instalações de Produção (US\$ MM)	871,9
Investimento em Poço (US\$ MM)	605,1
Investimento em Coleta (US\$ MM)	376,2
Investimento em Escoamento (US\$ MM)	198,4
Volume a Drenar (BOE MM)	520
Lâmina d'água (km)	1,31
Soterramento médio (km)	1,53
VOIP + VGIP (BOE MM)	1.880
Reserva Provada (%)	87%
Reserva Possível (%)	5%
Reserva Provável (%)	9%
Fator de Recuperação	28%
Transmissibilidade Média $\{(m^3/d).cp]/(kg/cm^2)\}^{(1/2)}$	136,37

A partir dos dados gerais, foram calculados os índices para análise.

CAPEX/BOE: US\$ 3,94/BOE

CAPEX/BOE sem escoamento: US\$ 3,56/BOE

CAPEX/BOE Nivelado: 3,53 em (US\$/BOE.Km). $\{(m^3/d).cp]/(kg/cm^2)\}^{(1/2)}$

CAPEX/BOE Nivelado sem escoamento: 3,41 em (US\$/BOE.Km). $\{(m^3/d).cp]/(kg/cm^2)\}^{(1/2)}$

Analisando a sensibilidade do índice, é possível verificar o comportamento do mesmo em relação a variações nos parâmetros. No Projeto X, o CAPEX/BOE Nivelado varia em relação ao CAPEX sob a forma de uma equação polinomial crescente, de acordo com o Gráfico 1. Além disso, a curva gerada pelos pontos de CAPEX/BOE Nivelado é significativamente mais suave, em função dos fatores técnicos adotados no nivelamento.

Em relação à transmissibilidade média (Tm), no caso do Projeto X, o CAPEX/BOE Nivelado varia sob a forma de uma equação potencial crescente (Gráfico 2). Quanto maior a transmissibilidade média, maior o CAPEX/BOE Nivelado sugerindo que, ao mesmo nível de investimento, lâmina d'água, soterramento, percentual de reserva provada, o projeto vai ficando pouco otimizado. É natural um projeto demandar menos investimento na medida que a transmissibilidade aumenta.

Em relação à lâmina d'água, no caso do Projeto X, o CAPEX/BOE Nivelado varia sob a forma de uma equação potencial decrescente (Gráfico 3). Mantendo-se todas as variáveis constantes, quanto maior a lâmina d'água, menor o CAPEX/BOE Nivelado. Para uma lâmina d'água maior, é natural que o projeto demande mais investimento.

Em relação ao percentual de reserva provada, o CAPEX/BOE Nivelado do Projeto X varia sob a forma de uma equação potencial decrescente (Gráfico 4). Quanto maior a reserva provada, menor a volatilidade esperada no volume a ser drenado pelo projeto e, portanto, o CAPEX/BOE Nivelado reflete este aspecto.

Em relação ao soterramento médio, o CAPEX/BOE Nivelado do Projeto X, varia sob a forma de uma equação polinomial decrescente (Gráfico 5). Quanto maior o soterramento, menor o CAPEX/BOE Nivelado.

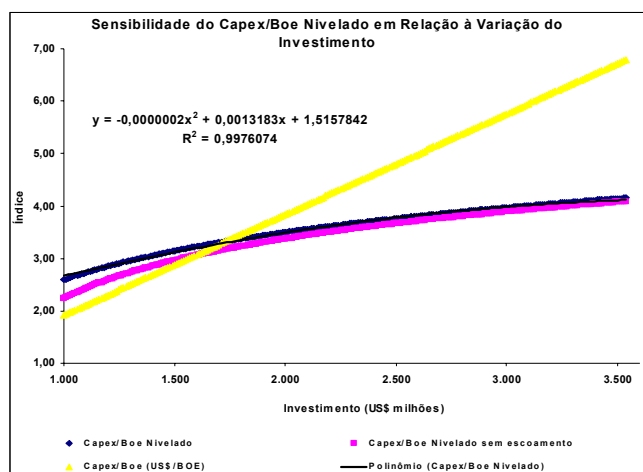


Gráfico 1 – Sensibilidade do CAPEX/BOE e do CAPEX/BOE Nivelado em Relação à Variação do Investimento

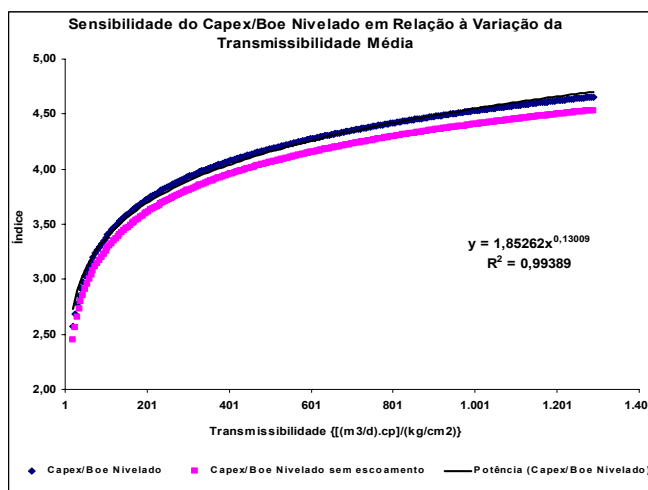


Gráfico 2 – Sensibilidade do CAPEX/BOE Nivelado em Relação à Variação da Transmissibilidade Média

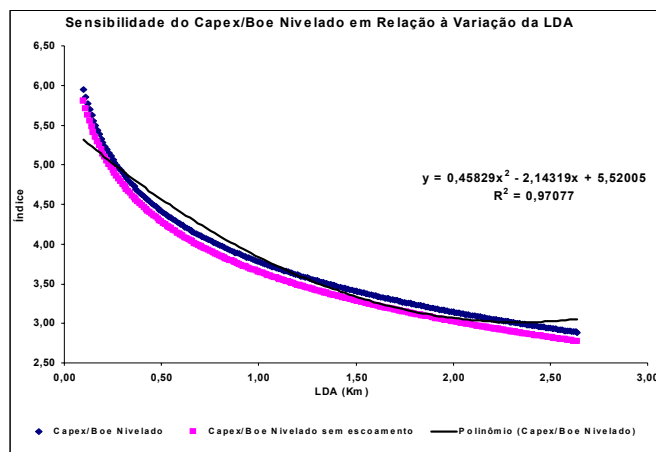


Gráfico 3 – Sensibilidade do CAPEX/BOE Nivelado em Relação à Variação da LDA

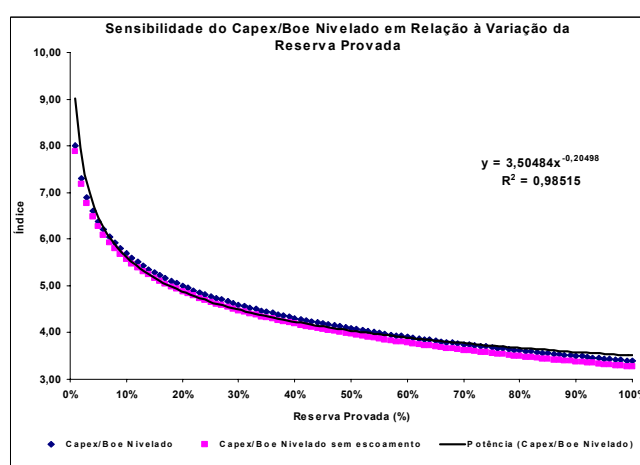


Gráfico 4 – Sensibilidade do CAPEX/BOE Nivelado em Relação à Variação da Reserva Provada

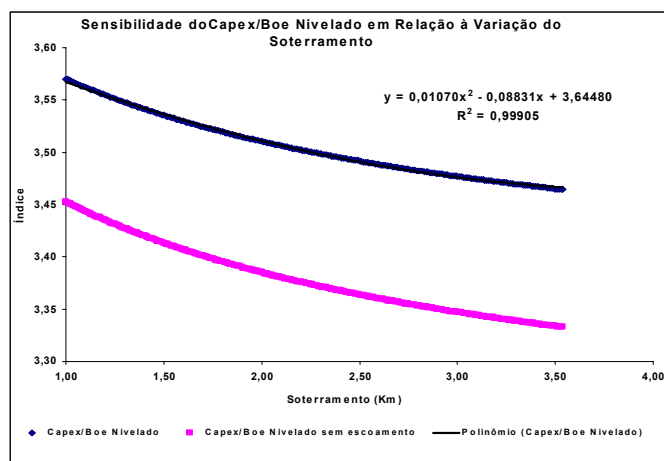


Gráfico 5 – Sensibilidade do CAPEX/BOE Nivelado em Relação à Variação do Soterramento

Conclusão

Diante das limitações do CAPEX/BOE na avaliação comparativa de projetos de E&P, a proposta de utilização do CAPEX/BOE Nivelado apresenta vantagens. Apesar deste trabalho não apresentar os resultados, o CAPEX/BOE Nivelado foi testado e se mostrou satisfatório na avaliação comparativa de projetos *offshore* da Bacia de Campos, implantados e em implantação pela Petrobras. Apesar dos resultados superiores do CAPEX/BOE Nivelado em relação ao CAPEX/BOE, este também apresenta limitações devido a outros fatores de influência, tais como: existência de falhas de reservatórios, ocorrência de capa de gás, possibilidade de formação de sulfato de bário e estrôncio, ocorrência e grau de atuação de aquíferos, aspectos geopolíticos, tributários e regulatórios, situação econômica e de mercado, preço do petróleo e níveis de consumo e produção, dentre outros. Devido a sua complexidade, estes fatores não foram priorizados neste modelo. De forma penitente e pragmática, sem passar totalmente a “Navalha de Occam”⁵, os autores reconhecem a abordagem simplificada adotada na proposição da expressão de nivelamento, uma vez que o modelo não esgota a sensibilidade do índice. Para os aspectos considerados na proposta de nivelamento, estas sensibilidades podem ser, no futuro, empiricamente verificadas em se adotando banco de dados de maior representatividade. É também interesse dos autores, envidar esforços na manutenção da métrica do indicador CAPEX/BOE (US\$/BOE).

8. Referências Bibliográficas

- AZAMOR, Ana L.; PAIVA FILHO, Edwal F.; VASCONCELLOS, Antônio C.M.; e SILVA, Wilson Guilherme R. “Experiência da UN-RIO na Avaliação de *Benchmarking* com a IPA nos Projetos do Módulo 2 de Marlim Sul (P-51) e Módulo 1A de Roncador (P-52)”. In: **I Seminário de PCADE**. Salvador: Universidade Corporativa da Petrobras, Setembro/2003.
- PETROBRAS. “Horizontes profundos”. In: **JORNAL E&P**. Rio de Janeiro: Gerência de Comunicação e Segurança da Informação (CSI) do E&P Corporativo da Petrobras, Fevereiro-Março/2006, p.7.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **A Guide of Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)**. 2004.
- SILVA, Wilson Guilherme R. “Metodologia de Gerenciamento de Projetos do Segmento de E&P da Petrobras”. In: **III Seminário Internacional do PMI-SP**. São Paulo, Agosto/2003.

9. Notas

¹ CAPEX/BOE (*capital expenditures per barrels of oil equivalent*).

² Barril de Óleo Equivalente (BOE) é a medida da soma dos volumes de óleo e de gás recuperados (medida em óleo) com o volume de gás nivelado pelo poder calorífico equivalente.

³ Existem dois critérios para cálculo da reserva: SEC (*U.S. Securities and Exchange Commission*) e SPE (*Society of Petroleum Engineers*). O critério SEC é mais apropriado em termos de análise empresarial que o critério SPE. O critério SEC considera o volume de óleo que será economicamente viável recuperar até o evento que ocorrer primeiro dentre a inversão do fluxo de caixa do projeto ou o encerramento de direitos legais e regulatórios (exemplo: final do prazo de concessão). O critério SPE considera o volume de óleo possível de drenar de forma economicamente viável, ainda que após os prazos de concessão ou de direitos legais e regulatórios. Aproximadamente um BOE é igual a $6,29 \times (1\text{m}^3 \text{ de óleo} + 10^{-3}\text{m}^3 \text{ de gás})$.

⁴ Utilizou-se a transmissibilidade por levar em conta as características de reservatório e dos hidrocarbonetos na avaliação da facilidade de exploração. Da Lei de Darcy, que relaciona a velocidade de deslocamento do fluido com o gradiente de pressão, temos que $Q = (KA \cdot \Delta P) / \mu \cdot L$; onde Q = vazão em m^3/d ; K = permeabilidade em Darcy; A = área em m^2 ; ΔP = é o diferencial de pressão em Kg/cm^2 ; μ = viscosidade média do óleo em centipoise (cp); e L = comprimento do meio poroso em metros. Assim, a transmissibilidade média (T_m) = $(Q \cdot \mu) / \Delta P$, cuja dimensão se dá em $\{[(\text{m}^3/\text{d}) \cdot \text{cp}] / (\text{kg}/\text{cm}^2)\}$. A correlação entre viscosidade e grau API do petróleo cru é significativa.

⁵ Do filósofo inglês e monge franciscano William of Ockham (1285-1349): “*Pluralitas non est ponenda sine neccesitate*” (“pluralidade não deve ser colocada sem necessidade”). Princípio da parcimônia: crer que “a explicação mais simples é a melhor”, não sendo prudente multiplicar hipóteses desnecessariamente.