

FUCAPE WORKING PAPERS

Orçamento de custos operacionais por abc e métodos dinâmicos: uma aplicação na indústria de petróleo

Graziela Fortunato (FUCAPE Business School)

José Olegário Rodrigues da Silva (FUCAPE Business School)

No.38 / (Novembro) 2012

Orçamento de Custos Operacionais por ABC e Métodos Dinâmicos: Uma Aplicação na Indústria de Petróleo

Operating Cost Budget through ABC and Dinamic Methods: A Petroleum Industry Application

Graziela Fortunato

Doutora em Administração de Empresas pela PUC-Rio
Professora Associada da *Fucape Business School*
Av. Fernando Ferrari, 1358 - Boa Vista, 29075-505 - Vitória - ES
Tel: 27 4009 4407, grazielafortunato@fucape.br

José Olegário Rodrigues da Silva

Mestre em Ciências Contábeis pela *Fucape Business School*
R. Nelson Fundão, 350 - Bairro de Fátima, 29933-710 - São Mateus - ES
Tel.: 27 9971-4765, olegarior@gmail.com

RESUMO

As previsões de custos operacionais são utilizadas nos estudos de viabilidade econômica de projetos e nos orçamentos das empresas. Pesquisas realizadas identificaram falhas em orçamentos, sugerindo que 80% das empresas não estão satisfeitas com o processo orçamentário e que mais de 50% dos executivos gostariam que a previsão fosse atualizada com mais frequência. O problema central nestes casos é o custo *versus* benefício. Portanto, as empresas estão buscando previsões simples e de baixo custo. Este artigo objetiva comparar modelos de previsão de custos operacionais pelo custeio *ABC* (*Activity Based Costs*) para identificar os de fácil elaboração e boa qualidade dos resultados que possam contribuir para a área. Para tanto, foram aplicados modelos de previsão como o *ARIMA* (Modelo Auto-regressivo Integrado de Média Móvel) e dinâmicos multivariados com defasagens distribuídas em dados de empresa petrolífera de 2006 a 2010. Os resultados sugerem que os modelos possuem potencial de aplicação com características requeridas e os modelos multivariados apresentaram menores desvios.

Palavras-Chave: Orçamento; Custos Operacionais; Custeio ABC; Modelos de Previsão.

ABSTRACT

The operating cost forecasts are used in economic viability projects and budget process. Researchers found some faults in budgets, pointing that 80% of the companies are not satisfied with the budgeting process and more than 50% of the chief executive officers would like a more often update. In these cases, the main problem relates to costs versus benefits. Therefore, companies seek simple and cheap forecast methods. This study aims to compare operating cost forecast methods through *ABC* (*Activity Based Costs*) costing to identify the ones with easy preparation and good quality of the results that may contribute to this area. Thereby, forecast methods were applied, such as *ARIMA* (*Autoregressive Integrated Moving Average*) and distributed dynamic lags with data among 2006 to 2010 of a petroleum company. The results suggest that the models have a potential application with required characteristics and multivariate models showed minor deviation.

Keywords: Budget; Operating Costs; ABC Costing; Forecast Models

1. Introdução

As previsões de custo operacional, juntamente com as de receita e investimentos, compõem a base do orçamento e, para muitos autores, é a principal ferramenta do sistema de controle gerencial das organizações (HANSEN, OTLEY e VAN DER STEDE, 2003; LOPES e BLASCHEK, 2007). Esses autores também destacam que o processo orçamentário ainda precisa ser melhorado, fato que vai de encontro aos resultados de pesquisas realizadas na última década. Esses resultados indicaram que 80% das empresas não estão satisfeitas com o processo orçamentário e identificaram o *Rolling Forecast* como a técnica que apresenta maior potencial de melhora. Nessa linha, destacam ainda que mais de 50% dos executivos gostariam que a previsão fosse atualizada mensalmente, mas em virtude de ser um processo oneroso, o ponto chave para a definição da frequência de atualização das previsões é avaliar a relação custo/benefício.

Apesar de o processo orçamentário ser um tema em contabilidade gerencial amplamente pesquisado e divulgado na literatura internacional (COVALESKI, EVANS, LUFT e SHIELDS, 2006), no Brasil o cenário é diferente. Leite, Silva, Cherobim e Bufrem (2008) contataram que no período de 1995 a 2006, apenas 2,1% das dissertações e 3,7% das teses versavam sobre orçamento. Em consonância com outros autores, indicaram como provável motivo para a carência de estudos, a dificuldade na obtenção de dados para pesquisa empírica, pois são informações estratégicas e as empresas dificilmente os disponibilizam para pesquisa externa. No entanto, alguns estudos como o de Vanzella e Lunkes (2006) e Bornia e Lunkes (2007) se aprofundam no assunto e sugerem melhorias no processo orçamentário, incorporando metodologias adicionais e diferenciadas, tal como o *ABB* (Orçamento Baseado em Atividades) e *Balanced Scorecard*, respectivamente. Frezatti (2005) discute a abordagem de *beyond budgeting* como inovação em confronto com as abordagens tradicionais de orçamento empresarial.

Entre as pesquisas disponíveis na literatura sobre orçamento, poucas são as que tratam de previsão de custo operacional e a metodologia de cálculo, efetivamente. Sobre o setor petrolífero e com abordagem probabilística, em específico, foi identificado o trabalho de Verre, Giubileo e Cadebiani (2009), cuja metodologia foi modelada com base no custeio *ABC* e na Simulação de Monte Carlo para modelar as incertezas. Os resultados avaliados indicam vantagens da metodologia, tais como: redução da variação entre previsto e realizado de 15% para 3%; maior transparência para o processo; aumento da qualidade dos projetos e redução dos riscos. Silva, Vasconcelos, Silva e Campelo (2007) questionam os métodos tradicionais de previsão do comportamento dos custos e sugerem que conceitos dos métodos econométricos sejam incorporados nos procedimentos.

Dada a importância do orçamento para as organizações (COVALESKI *et al.*, 2006; HANSEN, OTLEY e VAN DER STEDE, 2003; LOPES e BLASCHEK, 2007), dada a carência de estudos nessa área (LEITE *et al.*, 2008) e dada a relevância da previsão do custo operacional tanto para o planejamento orçamentário quanto para a avaliação econômica dos projetos (VERRE, GIUBILEO e CADEGIANI, 2009), este artigo objetiva comparar efetivamente métodos de previsão de custos operacionais para o processo orçamentário, identificando o de fácil elaboração e que tragam melhoria na qualidade das previsões. Isso iria contribuir com o planejamento orçamentário e com os estudos de viabilidade econômica.

Para alcançar tal objetivo foi utilizada a base de dados de uma empresa do seguimento de Exploração e Produção (E&P) de petróleo no Brasil que adota o custeio *ABC* no seu processo orçamentário. Para a elaboração da previsão dos dados orçados, foram utilizados modelos univariados *ARIMA* e multivariados dinâmicos com defasagens. Na empresa pesquisada, são realizados dois orçamentos anuais a fim de atender às demandas do

planejamento e às previsões de custo operacional para os estudos de viabilidade econômica de diversos projetos de produção.

Os resultados da pesquisa indicaram que os modelos analisados possuem potencial de aplicação na indústria petrolífera, com erro percentual médio absoluto, (*MAPE - Mean Absolute Percentage Error*) de 3,5%, e erro percentual médio (*MPE- Mean Percentage Error*) abaixo de 1,5%.

2. Referencial Teórico

2.1 Importância do Orçamento para as Empresas

O orçamento é a principal ferramenta do sistema de controle das empresas (HANSEN e MOWEN, 1996; HANSEN, OTLEY e VAN DER STEDE, 2003; HOPE e FRASER, 2003; LOPES e BLASCHEK, 2007) e, de acordo Luft e Shields (2003) e Suzart *et al.*(2009), o enfoque das pesquisas nessa área tem sido direcionado para vários temas, tais como: as causas e os efeitos no comportamento individual; as causas e os efeitos nas organizações em suas subunidades; o uso das informações orçamentárias no planejamento ou para o controle das atividades; a adoção do orçamento como instrumento de medição do desempenho ou como auxiliar nos sistemas de incentivos; e visão dos microprocessos organizacionais.

Hope e Fraser (2003) e Lopes e Blaschek (2007) destacam algumas disfunções do orçamento tradicional, referindo-se a gasto ou perda e o orçamento incremental. De acordo com esses autores, no primeiro caso, para o gestor, o fato dele não conseguir gastar todo o montante previsto para o período é encarado como uma perda, tendo em vista que a sobra não poderá ser transferida para o próximo período. No segundo caso, o orçamento é elaborado simplesmente com um percentual sobre o período anterior. Nessa mesma linha, Leahy (2002) relata as armadilhas mais comuns na elaboração do orçamento e que devem ser evitadas: orçamento de cima para baixo; aquisição de *softwares* que não atendem às necessidades da empresa; e promessas de bônus que podem gerar manipulação de resultados, ou seja, metas sub-avaliadas e fácil superá-las. Brimson e Antos (1999) também enfatizam alguns problemas oriundos dos orçamentos tradicionais, dentre eles: não relevam a capacidade ociosa; enfatizam apenas os custos fixos e custos variáveis; e a ênfase estritamente financeira nos relatórios elaborados.

Ao se aprofundar em orçamentos, Neely, Sutcliff e Heyns (2001) identificaram as doze fraquezas mais citadas na literatura sobre controle orçamentário e analisaram as vantagens e desvantagens entre melhorar o processo orçamentário ou simplesmente abandoná-lo. Verificaram também que o *Rolling Forecast* é a abordagem com maior potencial de aplicação. Dentre as fraquezas citadas, estão as de que a sua montagem consome muito tempo e recurso; agregam pouco valor, especialmente quando considera o tempo de preparação; e não são realizados nem atualizados com a frequência adequada, normalmente apenas uma vez por ano.

Em relação à inovação do processo orçamentário e tentando reduzir todos os problemas levantados e gerados pelo orçamento tradicional, Frezatti (2005) analisa a abordagem conhecido por "*beyond budgeting*". O autor faz uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, identificando onde se concentram as inovações e os problemas e as características de novo olhar sobre o orçamento. Na mesma linha, Vanzella e Lunkes (2006) destacam o orçamento por atividades (*ABB - Activity Based Budget*) também como elemento de melhoria do processo orçamentário. Na verdade, é a ordem inversa do processo do *ABC (Activity Based Costs)*, pois o *ABB* analisa os produtos cujas atividades são exigidas para produzi-las e que recursos precisam ser orçados para executar essas atividades. A análise foi feita em uma empresa distribuidora da energia elétrica.

Lunkes (2007) faz uma análise da evolução do processo orçamentário e defende que embora todo esse processo de controle tenha sofrido efeito de inovações, não há novas medidas de desempenho que agregue à sua concepção, deixando o orçamento suscetível a críticas dos pesquisadores e executivos. Adicionado a isso, Hope e Fraser (2003) destacam que o orçamento é usado para atingir metas e nem sempre segue a estratégia pré definida da empresa. Assim, Bornia e Lunkes (2007) sugerem adicionar ao processo orçamentário todo o conceito de *Balanced Scorecard (BSC)*, ou seja, alinhar às metas orçamentárias os indicadores estratégicos do *BSC*.

2.2 O Custeio ABC

O *ABC (Activity Based Costing)* é um método de custeio baseado nas atividades que a empresa efetua no processo de produção. Foi desenvolvida por Kaplan & Copper na década de 1980 e fornece um método para o tratamento dos custos indiretos, através da análise das atividades, alocados aos produtos por meio dos direcionadores de custos (HORNGREN, FOSTER e DATAR, 2000; MARTINS, 2003).

O *ABC* atribui custo aos objetos de custo. Primeiramente, é feito o rastreamento dos recursos para as atividades e em seguida dessas para os objetos. Hansen e Mowen (2001) ressaltam que o rastreamento por direcionador é o centro da abordagem do custeio *ABC*.

De acordo com Hansen e Mowen, (2001) e Silva *et al.* (2007), objetos de custos pode ser: produtos, clientes, departamentos e processos para o qual os custos são medidos e atribuídos. Já a atividade é uma unidade básica de trabalho realizada dentro da organização. Os direcionadores são os fatores que causam mudanças no consumo dos recursos, consumo das atividades, nos custos e nas receitas.

A identificação, análise e alocação de custos aos processos de uma empresa visam melhor gerenciar sua lucratividade. O uso deste método permite uma melhor mensuração dos custos porque reconhece os relacionamentos de causa dos responsáveis pelos custos das atividades. Com isso, ameniza as distorções provocadas pelo uso do rateio usado na tradicional lógica de absorção dos custos (KHOURY e ANCELEVICZ, 2000).

No entanto, o *ABC* tem sido criticado por sua incapacidade de atender às decisões de produção de curto prazo, pois é considerada como uma ferramenta mais de longo prazo. De acordo com Theeuwes et al. (1994) e Kee (2001), com essa limitação, o *ABC* não é a ferramenta aconselhável para tomada de decisões operacionais. Com a Teoria das Restrições, Kee (2001) chegou a um modelo chamado *ABC* operacional que poderia ser usado em decisões de curto prazo e operacionais, confirmado por Cogan (2006).

2.3 Previsão dos Custos Operacionais

O custo operacional na indústria do petróleo, além de estar presente na composição do orçamento das empresas e nas análises econômicas de novos projetos, tem importância na certificação das reservas de hidrocarbonetos (óleo e gás), principal ativo de uma empresa petrolífera.

As reservas são periodicamente auditadas e, além dos vários critérios técnicos requeridos para a certificação, devem ser economicamente viáveis, ou seja, o fluxo de caixa operacional deve ser positivo até o final da vida do campo. De acordo com a Agência Nacional do Petróleo (ANP) (2000, p. 8), “Reservas Provadas são reservas de petróleo e gás natural que, com base na análise de dados geológicos e de engenharia, se estima recuperar comercialmente de reservatórios descobertos”.

Fatores externos como aquecimento da demanda por serviços no setor, redução na demanda de petróleo e guerras podem contribuir com as divergências nas estimativas de gastos das empresas do setor petrolífero (SOUZA, 2006). Nessa linha, Schiozer, Lima e Suslicks (2008) mostraram que há relação entre o preço do petróleo e os custos operacionais, com severas implicações nas avaliações dos projetos de investimentos.

Segundo Verre, Giubileo e Cadegiani (2009), a previsão do custo operacional, tanto nos estágios iniciais do desenvolvimento de campo como durante a vida produtiva em campos maduros, é um dos passos mais críticos no gerenciamento de risco e das incertezas, e demanda otimização da exploração durante todo ciclo de vida do ativo. Esses autores apresentaram a metodologia de custeio baseado em atividades (ABC) em uma empresa de petróleo italiana para avaliar os custos operacionais, projetos de desenvolvimento e ativos em produção com a aplicação da Simulação de Monte Carlo para efetuar tais estimativas.

Verre, Giubileo e Cadegiani (2009) relatam que inicialmente a estimativa do custo operacional era feita usando porcentagem do investimento de capital ou era baseada em dados históricos acrescida de uma contingência para a fase de operação. Eles dividiram os custos em três categorias: custo com a operação, gastos com serviços e gastos com gerenciamento e administração. Esses autores separaram os direcionadores de custos em: operação e manutenção, produtos químicos, serviços de poços, seguros, descomissionamento, logística, pessoal direto. O modelo foi construído e validado em diferentes estágios de projeto para casos reais. Inicialmente, foi feita a análise de custo, definindo todas as atividades, recursos e estimativas, em seguida, foi realizada a análise de risco levantando os valores das probabilidades, e por fim, o processo de *benchmarking* comparando com projetos existentes em uma área particular ou país. A implantação da metodologia aumentou a precisão do orçamento de custos operacionais, reduzindo as diferenças entre previsto e realizado.

2.4 Esquema Básico da Produção de Petróleo

O conteúdo desse item foi elaborado com base em Thomas (2004) e em informações repassadas por técnicos da empresa estudada para melhor entendimento deste artigo.

A Figura 1 mostra o fluxograma simplificado da produção e processamento primário do petróleo, onde os poços produtores são responsáveis pela produção de óleo, gás e água. Os poços de óleo são equipados para produção por elevação natural (surgência) ou por elevação artificial. A elevação natural ocorre geralmente no início da vida produtiva do campo, momento em que a pressão do reservatório é suficiente para escoar o fluido até a superfície. Na elevação artificial, é fornecida uma energia adicional para escoar os fluidos desde o fundo do poço até a superfície. Um exemplo de elevação artificial é o bombeio mecânico, popularmente conhecido como “Cavalo de Pau” e símbolo da indústria do petróleo. Os poços de gás, normalmente são produtores de gás não associado (GNA), e os de água são aqueles que produzem água para injeção em outros poços, visando a repressurização do reservatório e consequentemente o aumento da produção de óleo.

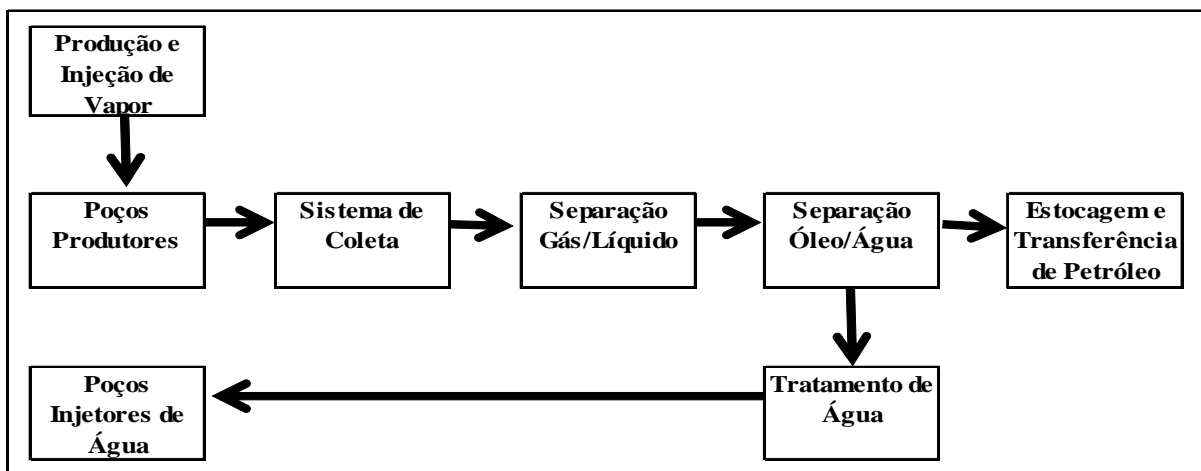


Figura 1 - Fluxograma de Produção e Processamento de Petróleo

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os custos com a operação dos poços, especialmente a intervenção com sondas de produção para troca dos equipamentos de elevação, têm um peso importante na composição dos custos operacionais.

O sistema de coleta são as instalações que vão desde os poços produtores até a estação de processamento primário. Na condição mais simples, é composto basicamente por tubulações, mas quase sempre é um pouco mais complexo, incluindo *manifolds* (conjunto de válvulas que permite reduzir o número de tubulações do sistema de coleta), tanques e bombas.

A separação gás/líquido é o primeiro processo que ocorre na estação, onde o gás é separado do óleo e da água. A compressão de gás ocorre quando o gás separado passa por um processo de depuração e é comprimido para ser transferido para uma Unidade de Processamento de Gás Natural (UPGN) e posteriormente ao mercado consumidor.

A separação óleo/água, também conhecida como tratamento de óleo, é uma etapa em que a emulsão óleo/água é rompida com aquecimento e aplicação de produtos químicos.

A estocagem e transferência do óleo ocorrem quando o petróleo é estocado e transferido para o terminal de embarque e/ou diretamente para as refinarias após a adequada especificação quanto ao teor de água (normalmente menor do que 1%).

O tratamento de água ocorre quando a água produzida junto com o petróleo, após separada deste, necessita de um tratamento antes de ser injetada nos poços visando a recuperação suplementar (pressurizar o reservatório) ou simplesmente para descarte. O tratamento consiste em retirar os resíduos oleosos e sólidos, por meio de flotação e filtração.

Os poços injetores de água são aqueles que recebem a água produzida após o processo de tratamento. A produção e injeção de vapor ocorrem quando o vapor de água em altas pressões e temperaturas é produzido em Unidades Geradoras de Vapor (UGV) e injetado nos poços que produzem óleos viscosos para o aumento da produção. Dependendo do campo produtor de petróleo e da estação de processamento, outros processos podem estar presentes, tais como: injeção de gás (recuperação suplementar ou armazenamento) e injeção de CO₂.

3. Metodologia

O objetivo desta pesquisa é comparar métodos de previsão para orçamento de custos operacionais a fim de identificar aqueles de fácil elaboração e que tragam melhoria na qualidade das previsões, seguindo a linha de Neely, Sutcliff e Heyns (2001). Os autores indicam que as empresas buscam maneiras de realizar as previsões com maior frequência e com um custo/benefício favorável e menor erro.

A base de dados utilizada foi disponibilizada por uma empresa petrolífera brasileira de exploração e produção de petróleo com operação em terra. Além da viabilidade de obtenção dos dados, pouco disponíveis para pesquisa (LEITE *et al.*, 2008), vários outros motivos contribuíram para a escolha do setor petrolífero brasileiro: (i) mercado aberto com atuação de empresas nacionais e multinacionais, (ii) empresas de grande e de pequeno porte, (iii) perspectivas de grande crescimento com a exploração da camada denominada pré-sal e (iv) aquecimento do mercado mundial de petróleo.

Para liberação dos dados, a empresa colocou o pré-requisito de confidencialidade e não divulgação de informações que possam identificar os reais valores dos custos.

Os dados de custos operacionais e volume contemplam informações mensais no período entre janeiro de 2006 a dezembro de 2010. Os valores foram multiplicados por uma constante para atender às condições de sigilo exigidas pela empresa. A planilha de custos operacionais possui aproximadamente 22 mil linhas com informações de custos segregados em dólares por: campo petrolífero, estação de processamento, gerência operacional, atividades de custo e classe de custo.

Os dados físicos são os volumes de fluidos produzidos, injetados e/ou movimentados e dos poços em operação, discriminados mensalmente.

A partir das informações verificou-se que a empresa trabalha com 41 (quarenta e uma) atividades de custos. As atividades foram agrupadas em 7 (sete) objetos de custo, conforme Figura 2: (1) *Administração*, (2) *Água* (tratada e injetada nos poços), (3) *Gás*, (4) *Líquido* (óleo + água produzida), (5) *Óleo*, (6) *Poços* e (7) *Vapor*.

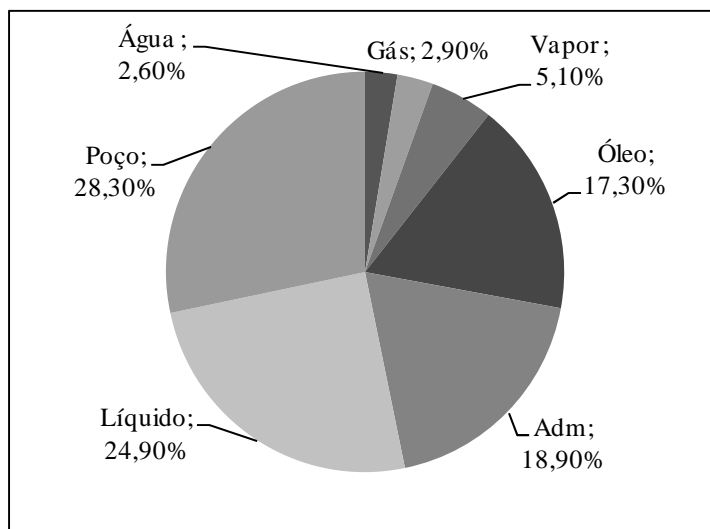


Figura 2 – Custos Operacionais por Objetos de Custos

Para exemplificar, os objetos de custos receberão valores pelo Custeio *ABC* da seguinte forma: *Óleo* recebe custos das atividades ligadas diretamente ao processo de produção e processamento do óleo, tais como: armazenamento de petróleo, escoamento de petróleo, tratamento de petróleo e outros gastos produção. A *Administração* refere-se aos custos comuns que ocorrem diretamente na área operacional. Na Figura 2, pode-se observar que o objeto de custo *Poço* é o que possui maior peso, responsável por 28,4% dos gastos no período analisado, e os quatro maiores gastos, *Poço* (28,3%), *Líquido* (24,9%), *Administração* (18,9%) e *Óleo* (17,3%), perfazem 89,4% do total dos custos operacionais.

Os objetos de custo foram escolhidos com a orientação de técnicos da empresa pesquisada e representam os principais produtos intermediários, cujos volumes são facilmente mensurados.

Todos os dados de custos do período foram corrigidos a valores reais com data base de janeiro de 2011, pelo *CPI* (*Consumer Price Index*) e o período de 2006 a 2009 foi adotado como base para pesquisa, formando um conjunto de 48 observações mensais de custos e volumes por objeto de custo; o ano de 2010 foi o período para a avaliação da previsão, em que os dados projetados são comparados com os efetivamente realizados.

Os custos unitários para cada objeto são calculados mensalmente, dividindo o custo total realizado pelo respectivo valor físico (volume), conforme a Equação 1.

$$Cun_{n,i} = CT_{n,i} / Q_{n,i} \quad (1)$$

em que: n é o objeto de custo (varia de 1 a 7); i é o período analisado; $Cun_{n,i}$ é o custo unitário do objeto de custo n referente ao período i ; $CT_{n,i}$ é o custo total do objeto n referente ao período i ; e $Q_{n,i}$ é o dado físico (vazão ou número de poço) do objeto n referente ao período i .

Para iniciar a previsão dos custos, foram empregados modelos univariados que consideram apenas a variável de interesse em que a previsão é baseada somente em seus

valores passados. Nesta pesquisa, o modelo univariado adotado é do tipo *ARMA*(*p,q*), conforme a Equação 2:

$$Y_t = \alpha + \varphi_1 Y_{t-1} + \varphi_2 Y_{t-2} + \dots + \varphi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2)$$

em que: α representa uma constante; Y_{t-i} representam as variáveis em t e defasadas em i ; φ_i e θ_i são os coeficientes dos termos auto-regressivos e de médias móveis nessa ordem; ε_t representa o ruído branco em t e defasado em q .

Se a série for não estacionária, ou seja, apresentar raiz unitária, há necessidade de diferenciá-la, resultando no modelos *ARIMA*(*p,d,q*). Caso a série apresente componente sazonal, essa deve ser representada pelo modelo *SARIMA*(*p,d,q*).

De maneira geral, a modelagem de séries temporais segue quatro etapas (WOOLDRIDGE, 2006): identificação das ordens p e q ; estimação do modelo; testes de diagnósticos; previsão do modelo. Todas as etapas foram realizadas, no entanto, por motivo de espaço, serão parcialmente apresentadas.

Em seguida, foram empregados Modelos Dinâmicos de Defasagens Distribuídas que são a forma mais geral dos modelos dinâmicos. Eles trabalham com a variável dependente Y e as variáveis independentes X , e defasagem de Y e X , conforme Equação 3:

$$Y_t = \alpha + \varphi_1 Y_{t-1} + \varphi_2 Y_{t-2} + \dots + \varphi_p Y_{t-p} + \theta_1 X_{t-1} + \theta_2 X_{t-2} + \dots + \theta_q X_{t-q} + \varepsilon_t \quad (3)$$

em que: p e q representam as ordens das defasagens; e α , φ e θ são os coeficientes.

De acordo com Hansen e Mowen (2001), a previsão do comportamento dos custos pode ser realizada usando a técnica de regressão linear, que por sua vez, pode ter uma ou mais variáveis explicativas, no caso de regressão múltipla.

O modelo trabalhado nesta pesquisa adota conceito similar ao praticado atualmente pela empresa, mas insere procedimentos, como a regressão, que visam melhorar a qualidade da previsão. As diferenças básicas entre os procedimentos da empresa no processo orçamentário e a condução desta pesquisa estão na Tabela 1:

Tabela 1 – Diferenças Básicas do Processo Orçamentário entre Empresa x Pesquisa

EMPRESA	PESQUISA
Projeta o custo unitário por atividade - 41 unidades.	Projeta o custo unitário por objeto de custo - 7 unidades.
O custo unitário é fixo e calculado com o histórico dos últimos doze meses.	O custo unitário varia com as quantidades físicas de cada objeto de custo e é definido com base na regressão dos dados considerando todo o histórico.

Fonte: autores

A fórmula geral para o cálculo da previsão do custo operacional total para cada período está apresentada na Equação 4. Nela, os custos unitários dos vários objetos de custo são multiplicados pelos respectivos quantitativos físicos do período, compondo o custo total.

$$CT_i = \sum Cun_{n,i} \times Q_{n,i} \quad (4)$$

4. Análise dos Resultados

4.1 Modelo Univariado – ARIMA – Modelos A

Os modelos usados nesta análise de séries não-estacionárias são os autoregressivos integrados de média móvel (ARIMA). Na identificação dos modelos mais eficientes para a previsão, foram analisados os seguintes:

- **Modelo A.1** → modelo ARIMA (p,d,q), adequado para previsão da série de custo total;
- **Modelo A.2** → modelo ARIMA (p,d,q), adequado para previsão da série de custo unitário (custo por volume de óleo equivalente). Neste caso, para obter o custo total previsto, é necessário multiplicar o custo unitário pela produção de óleo equivalente (óleo + gás);
- **Modelo A.3** → modelo ARIMA (p,d,q) para o custo unitário de cada um dos sete objetos de custo identificados. O custo total é o somatório do custo unitário dos objetos de custo multiplicado pelo correspondente dado físico (vazão ou número de poço).

Para verificação da existência de raiz unitária e, conseqüentemente estacionaridade da série, foram aplicados os testes *Dickey-Fuller* Aumentado (ADF) e *Phillips-Perron* (PP), os quais têm como hipótese nula a existência de raiz unitária. Os resultados são apresentados na Tabela 2 e pode-se observar que, exceto para série *Líquido*, todas as demais apresentaram raiz unitária em nível, verificado pelos testes ADF e PP. Na primeira diferença, todas as séries são estacionárias tanto no ADF como no PP.

Tabela 2 - Estatística de Teste de Raiz Unitária – Modelo A

MODELOS	SÉRIES	ADF (p-valor)		PP (p-valor)	
		Em nível	Primeira diferença	Em nível	Primeira diferença
Modelo A.1	Custo total	0,7745	0,0100	0,0776	0,0100
Modelo A.2	Custo unitário	0,3709	0,0100	0,4146	0,0100
Modelo A.3	Poço	0,6569	0,0100	0,5313	0,0100
	Líquido	0,0100	0,0100	0,4719	0,0100
	Adm	0,0957	0,0100	0,0913	0,0100
	Óleo	0,5480	0,0100	0,4061	0,0100
	Vapor	0,5427	0,0100	0,1270	0,0100
	Gás	0,2010	0,0100	0,3210	0,0100
	Água	0,9742	0,0100	0,9340	0,0100

Notas: nível de significância de 5%.

Fonte: autores

4.1.1 Estimação dos Modelos A

Após a verificação de raiz unitária, passou-se para a fase de estimação dos modelos: Modelo A.1, previsão do custo total; Modelo A.2, previsão do custo unitário do óleo equivalente (volume de óleo e gás) e Modelo A.3, previsão do custo unitário por objeto de custo.

Para cada série foram estimados entre 500 e 1000 modelos univariados do tipo ARIMA(p,d,q), sendo escolhido aquele com menor critério de informação AIC (*Akaike's Information Criteria*) e BIC (*Bayesian Information Criteria*), menor erro e com o autocorrelograma apresentando resíduos dentro da faixa de significância de 5%.

Os modelos indicados e seus respectivos valores do critério de informação são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Modelo Univariado ARIMA – Modelo A

MODELOS	SÉRIES	MODELO	AIC	BIC
Modelo A.1	Custo total	ARIMA(4,1,6)	-118,21	-86,76
Modelo A.2	Custo unitário	ARIMA(2,1,1)	-81,77	-61,42
Modelo A.3	Poço	ARIMA(2,1,4)	-54,41	-39,44
	Líquido	ARIMA(9,0,10)	-66,99	-25,83
	Adm	ARIMA(6,1,5)	-83,19	-59,14
	Óleo	ARIMA(7,1,7)	-84,55	-52,74
	Vapor	ARIMA(6,1,6)	52,75	78,94
	Gás	ARIMA(5,1,10)	70,99	102,44
	Água	ARIMA(5,1,4)	24,94	40,50

Notas: nível de significância de 5%.

Fonte: autores

A validação dos modelos propostos foi feita com a verificação de resíduos que assemelha ao ruído branco por meio de testes para autocorrelação e heterocedasticidade. Para a autocorrelação, foi usado o teste *Ljung-Box (LB-test)* cuja hipótese H_0 é ausência de correlação serial e para heterocedasticidade foi usado o teste *Breusch-Pagan-Godfrey*, em que a hipótese H_0 é que a série de dados é homocedástica. Ao nível de significância de 5%, os resultados evidenciam ausência de uma série homocedástica e ausência de autocorrelação serial.

4.1.2 Previsão dos Modelos A

A etapa final da modelagem - previsão dos modelos - é realizada por meio da medida do desempenho ou indicadores de qualidade de previsão com base na avaliação dos *RMSE (Root Mean Square Error)*, *MPE (Mean Percentage Error)* e *MAPE (Mean Absolute Percentage Error)*.

Na Tabela 4 são apresentados os erros para a previsão dos modelos no período 2006 a 2009, para que o último (2010) pudesse servir de base para comparação. Considerando as análises para previsão, os modelos A.1 e A.2 apresentaram bons resultados, especialmente quando considera o do *MPE* como referência.

O modelo A.1, baseado no *custo total*, possui um perfil mais estável do que o modelo A.2, cuja previsão foi baseada no *custo unitário do óleo equivalente*. Isso deve ao fato do custo final do modelo A.2 ser impactado pelos quantitativos físicos dos direcionadores.

Tabela 4 – Desempenho da Previsão de 2006 a 2009 – Modelo A

MODELO	RMSE	MPE	MAPE
Modelo A.1	79,4	1,34%	4,54%
Modelo A.2	98,3	1,60%	5,48%
Modelo A.3	103,8	3,76%	5,53%

Fonte: autores

4.2 Modelo Dinâmico de Defasagens Distribuídas – Modelos B

Nesta parte, foram estimados novos modelos, agora multivariados, por meio de regressão múltipla, contemplando variáveis endógenas e exógenas, autoregressão e defasagens. No entanto, aqui são apresentados apenas os resultados dos modelos que tiveram melhores desempenhos, tanto do ponto de vista dos erros como dos testes de diagnóstico.

A Tabela 5 apresenta a estatística do teste de raiz unitária para as séries utilizadas na elaboração do modelo dinâmico, com testes *ADF* e *PP*.

Tabela 5 - Estatística de Teste de Raiz Unitária – Modelo B

SÉRIES (<i>ln</i>)	ADF (<i>p</i>-valor)		PP (<i>p</i>-valor)	
	Em nível	Primeira diferença	Em nível	Primeira diferença
Custo - Custo total	0,775	0,010	0,078	0,010
Cun - Custo unit. (Custo total/volume óleo equival.)	0,010	0,010	0,010	0,010
N.Poços - Número de poços em operação	0,706	0,010	0,432	0,010
V.líquido - Volume líquido processado	0,042	0,010	0,123	0,010
V.óleo - Volume de óleo processado	0,018	0,010	0,154	0,010
V.vapor - Volume de vapor injetado nos poços	0,333	0,021	0,021	0,010
V.gás - Volume de gás processado	0,155	0,258	0,437	0,010
V.água - Volume de água injetada nos poços	0,491	0,010	0,404	0,010
V.oeq - Volume de óleo equivalente (óleo + gás) processado	0,018	0,010	0,010	0,010
V.total - Volume total de fluido movimentado (óleo+Líquido+ água+gás+vapor)	0,017	0,037	0,076	0,010
Preço - Preço do petróleo tipo Brent	0,282	0,336	0,646	0,010

Notas: nível de significância de 10%.

Fonte: autores

As séries foram calculadas a partir do logaritmo natural dos dados. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 5, as séries *Cun*, *V.líquido*, *V.óleo*, *V.oeq* e *V.total* não apresentam raiz unitária em nível e são consideradas estacionárias. Admitindo um nível de significância de 10%, a série *Custo* também pode ser considerada estacionária pelo teste *PP*, tal como as séries *Cun*, *V.vapor*, *V.oeq* e *V.total*.

4.2.1 Estimação dos Modelos B

Nesta etapa, os modelos foram construídos para verificar a relação entre os custos (*Custo total* e *Custo unitário*) e os dados físicos e as defasagens tanto dos custos como das demais variáveis.

Dentre os modelos estimados, os de maior R^2 ajustado estão relacionados na Tabela 6. Todos os modelos apresentaram significância estatística e os Modelos B.2, B.6 e B.8 apresentaram coeficientes de determinação maior do que 0,9.

Cabe ressaltar que a possibilidade de trabalhar com séries em nível atende a premissa de identificar modelos de fácil execução, possibilitando a manipulação por técnicos que não possuem conhecimento específico com as ferramentas de previsão.

Tabela 6 - Modelos com Defasagens – Modelo B

MODELOS	R^2 ajust	F (<i>p</i>-valor)
Modelo B.1 $Custo = f(N.poço, V.líquido, V.óleo, V.vapor, V.gás, V.água)$	0.6328	1.23E-07
Modelo B.2 $Cun = f(N.poço, V.líquido, V.óleo, V.vapor, V.gás, V.água)$	0.9104	6.70E-20
Modelo B.3 $Custo = f(Cun(-1), Cun(-2), Cun(-3), Cun(-4), V.total)$	0.6932	1.48E-10
Modelo B.4 $Cun = f(Cun(-1), Cun(-2), Cun(-3), Cun(-4), V.total)$	0.8392	1.65E-16
Modelo B.5 $Custo = f(Custo(-1), Custo(-2), Custo(-3), Custo(-4), V.oeq, Preço)$	0.7652	3.28E-12
Modelo B.6 $Cun = f(Cun(-1), Cun(-2), Cun(-3), Cun(-4), V.oeq, Preço)$	0.9524	2.43E-22
Modelo B.7 $Custo = f(Custo(-1), Custo(-2), Custo(-3), Custo(-4), V.oeq, V.oeq(-1))$	0.7822	4.46E-10
Modelo B.8 $Cun = f(Cun(-1), Cun(-2), Cun(-3), Cun(-4), V.oeq, V.oeq(-1))$	0.9463	1.58E-25

Notas: nível de significância de 5%.

Fonte: autores

Para a validação dos modelos propostos, foi feita a análise dos resíduos por meio de testes para autocorrelação, heterocedasticidade e normalidade. Para a autocorrelação foi usado o teste *Ljung-Box (LB-test)* cuja hipótese H_0 é ausência de correlação serial. Para heterocedasticidade foi usado o teste *Breusch-Pagan-Godfrey*, em que a hipótese H_0 é que a série de dados é homocedástica. Para normalidade foi usado teste *Jarque-Bera*, cuja hipótese H_0 é que a série de dados segue uma distribuição normal.

Ao nível de significância de 5%, os resultados evidenciam ausência de autocorrelação serial (exceto para os Modelos B.5 e B.6), sugerem que as séries são homocedásticas e os dados apresentam normalidade (exceto para o Modelo B.5). Portanto, há evidências de que os modelos (exceto os Modelos B.5 e B.6) estimados apresentam ruído branco e captam as informações necessárias para prover um bom resultado na previsão do custo operacional.

4.2.2 Previsão dos Modelos B

Na Tabela 7, são apresentados os *RMSE (Root Mean Square Error)*, *MPE (Mean Percentage Error)* e *MAPE (Mean Absolute Percentage Error)*. Os modelos foram estimados no período 2006 a 2009, e 2010 serviu de base para comparação.

Tabela 7 - Desempenho da Previsão de 2006 a 2009 – Modelo B

MODELO	RMSE	MPE	MAPE
Modelo B.1	189.3	-6.85%	8.12%
Modelo B.2	180	-7.31%	8.01%
Modelo B.3	86.5	-4.67%	4.37%
Modelo B.4	127	-3.52%	7.11%
Modelo B.5	69.5	-1.07%	3.32%
Modelo B.6	72.1	1.49%	3.89%
Modelo B.7	105.7	-4.66%	5.05%
Modelo B.8	74.5	-1.86%	3.52%

Dessa forma, pode-se observar que o Modelo B.5 foi o que apresentou menores erros para previsão (69,5; -1,07% e 3,32%). No entanto, esse modelo teve problemas nos testes de diagnóstico e há evidências de que os seus resíduos não são caracterizados como ruído branco.

Dentre os demais modelos, o mais adequado é o Modelo B.8, com menores erros de previsão (74,5; -1,86% e 3,52%) e segundo maior coeficiente de determinação ($R^2_{ajust} = 0,9463$). O Modelo B.6 também mostrou pequenos erros de previsão (72,1; 1,49% e 3,89%), no entanto, também apresentou evidência de heterocedasticidade.

A partir desse posicionamento, analisou-se o modelo de regressão do Modelo B.8 e os resultados são mostrados na Tabela 8. Percebe-se que todos os coeficientes da regressão possuem significância estatística a 5%, evidenciando que este é um bom modelo de previsão.

Tabela 8 - Estatística da Regressão do Modelo B.8

Variável	Coefficientes	Estatística t	p-valor	Estatísticas
Interseção	2,7609	3,4496	0,0013	R múltiplo: 0,9728
Cun(-1)	0,6064	5,9395	0,0000	R-Quadrado: 0,9463
Cun(-3)	-0,2593	-3,0658	0,0038	R-quadrado ajustado: 0,9399
Cun(-4)	0,3458	4,7198	0,0000	Erro padrão: 0,0552
V.oeq	-1,1847	-9,9649	0,0000	Observações: 48
V.oeq(-1)	0,6743	3,9321	0,0003	p-valor (F de significação): 1,58E-25

Notas: nível de significância de 5%.

Fonte: autores

5. Considerações Finais

Esta pesquisa investigou metodologias para elaboração de previsão de custo operacional usando modelo univariado *ARIMA* e modelos multivariados com defasagens distribuídas. Os modelos foram testados com base de dados de uma empresa petrolífera que opera segmento de Exploração e Produção no Brasil no período compreendido entre janeiro de 2006 a dezembro de 2010. Especificamente, os anos de 2006 a 2009 foram adotados como base para a análise dos modelos, formando um conjunto de 48 observações mensais de custos e volumes por objeto de custo e o ano de 2010 foi utilizado para avaliação da previsão, em que os dados projetados são comparados com os efetivamente realizados.

Mais especificamente, foram desenvolvidos dois grupos de modelos: (A) modelos univariados *ARIMA*, cuja análise era baseada no custo operacional total e no custo unitário de petróleo e gás, também conhecido como óleo equivalente; e (B) modelos multivariados e dinâmicos de defasagens distribuídas, cuja análise era baseada no custo operacional total ou no custo unitário de petróleo em função de suas respectivas defasagens e dos dados físicos dos objetos de custos.

A análise dos modelos foi por meio dos indicadores de qualidade de previsão: *RMSE* (*Root Mean Square Error*), *MPE* (*Mean Percentage Error*) e *MAPE* (*Mean Absolute Percentage Error*). Os resultados sinalizam que os modelos estimados, tanto os univariados quanto os multivariados, possuem potencial de aplicação empresarial, tendo em vista que o *MAPE* (*Mean Absolute Percentage Error*) situou entre 3,5% e 6,0%, na maioria dos resultados.

Considerando que a empresa adota a base anual para consolidação e acompanhamento do orçamento, o *MPE* (*Mean Percentage Error*) parece uma medida mais indicada para comparação entre o previsto e o realizado. Assim, alguns modelos apresentaram *MPE* inferior a 2,0%, dois usando o modelo *ARIMA* e três multivariados e dinâmicos.

Admitindo os erros (*MAPE* e *MPE*) como o principal critério para escolha, os resultados indicam que o modelo Modelo B.8 é o mais adequados para previsão do custo operacional com base na amostra estudada. No Modelo B.8 a previsão é do custo unitário do petróleo com termos autoregressivos e com a variável volume de óleo equivalente (óleo + gás) com defasagens.

Uma vez definidas as correlações entre os custos e os dados físicos, os procedimentos testados são de rápida execução, alinhado com indicações de Neely, Sutcliff e Heyns (2001). É importante destacar que esses autores concluíram em seu estudo que as empresas gostariam de ter previsões mais frequentes e com um custo/benefício favorável.

Cabe ressaltar que as conclusões aqui relatadas se aplicam à amostra analisada, específica de uma empresa do setor petrolífero, e que extrapolações para outras empresas ou outros seguimentos devem ser feitas com critério.

Como proposta para estudos futuros sugere-se: analisar o comportamento dos modelos no longo prazo e verificar a contribuição na certificação das reservas de hidrocarbonetos; desenvolver modelos de segregação do custo operacional em seus componentes fixo e variável, bem como o comportamento do custo fixo no médio e longo prazos.

6. Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. Regulamento Técnico N° 001/2000 de Reservas de Petróleo e Gás Natural. Portaria N° 009. Disponível em: < www.anp.org.br >. Acesso em: 21 jan. 2010.

BORNIA, Antonio Cezar; LUNKES, Rogério J. Uma contribuição à melhoria do processo orçamentário. *Contabilidade Vista & Revista*, v.18, n.4, p.37-59, 2007.

- BRIMSON, James A.; ANTOS, John. *Driving Value Using Activity-Based Budgeting*. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1999.
- COGAN, Samuel. Modelo de Custeio Baseado em Atividades Aplicado a Decisões de Produção de Curto Prazo. *Contabilidade Vista & Revista*, v.17, n.1, p.11-27, 2006.
- COVALESKI, Mark A.; EVANS III, John H.; LUFT, Joan L.; SHIELDS, Michael. D. Budgeting Research: Three Theoretical Perspectives and Criteria for Selective Integration. *Handbook of Management Accounting Research*, v.2, p.587-624, 2006.
- FREZATTI, Fabio. Beyond Budgeting: Inovação ou resgate de antigos conceitos do orçamento empresarial? *RAE*, v.45, n.2, p.23-33, 2005.
- HANSEN, Don R.; MOWEN, Maryanne M. *Cost Management: Accounting and control*. Cincinnati: South Western, 1996.
- HANSEN, Don. R.; MOWEN, Maryanne. M. *Gestão de Custos: Contabilidade e Controle*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.
- HANSEN, Stephen C.; OTLEY, David T.; VAN DER STEDE, Wim. A. Practice Developments in Budgeting: An Overview and Research Perspective. *Journal of Management Accounting Research*, v.15, n.1, p.95-116, 2003.
- HOPE, Jeremy; FRASER, Robin. *Beyond Budgeting: How managers can break free from the annual performance trap*. Boston: Harvard Business School Press, 2003.
- HORNGREN, Charles T., FOSTER, George; DATAR, Srikant M. *Contabilidade de Custos*. Rio de Janeiro: LTC, 2000.
- KEE, Robert C. Evaluating the economics of short- and long-run production- related decisions. *Journal of Managerial Issues*, v.13, n.2, p.139-158, 2001.
- KHOURY, Carlos. Y.; ANCELEVICZ, Jacob. Controvérsias acerca dos sistemas de Custos ABC. *Revista de Administração de Empresas*, v.40, n.1, p.56-62, 2000.
- LEAHY, Tad. As 10 maiores Armadilhas do Orçamento. *HSM Management*, v.32, 2002.
- LEITE, Rita. M.; SILVA, Helena de Fátima N.; CHEROBIM Ana Paula Mussi. S.; BUFREM, Leilah S. Orçamento Empresarial: Levantamento da Produção Científica no Período de 1995 a 2006. *Revista Contabilidade Finanças*, v.19, n.47, p.56-72, 2008.
- LOPES, Hilton A.; BLASCHEK, José Roberto S. Minimizando as Deficiências do Planejamento Operacional com o Uso do Orçamento Baseado em Atividades. *Revista de Contabilidade do Mestrado em Ciências Contábeis da Uerj*, v.12, n.2, p.1-16, 2007.
- LUFT, Joan; SHIELDS, Michael D. Mapping Management Accounting: Graphics and Guidelines for Theory Consistent Empirical Research. *Accounting, Organizations and Society*, v.28, n.2-3, p.169-249, 2003.
- LUNKES, Rogério J. *Manual de orçamentos*. São Paulo: Atlas, 2007.
- MARTINS, Eliseu. *Contabilidade de Custos*. São Paulo: Atlas, 2003.
- NEELY, Andy; SUTCLIFF, Michael R.; HEYNS, Herman R. *Driving Value Through Strategic Planning and Budgeting*. New York: Accenture, 2001.
- SCHIOZER, Rafael Felipe; LIMA, Gabriel. Alves C.; SUSLICKS, Saul B. The Pitfalls of Capital Budgeting When Costs Correlate to Oil Price. *Journal of Canadian Petroleum Technology*, v.47, n.8, p.12-14, 2008.
- SILVA, Felipe Dantas. C.; VASCONCELOS, Marco Túlio C.; SILVA, Alexandre César. B.; CAMPELO, Sebastião. M. Comportamento dos Custos: Uma Investigação Empírica Acerca dos Conceitos Econométricos Sobre a Teoria Tradicional da Contabilidade de Custos. *Revista Contabilidade Finanças*, v.43, p.61-72, 2007.
- SOUZA, Fernando Rocha. *Impacto do Preço do Petróleo na Política Energética Mundial*. 2006. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Curso de Pós Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- SUZART, Janilson; MARCELINO, Carolina V.; GOMES, Sonia Maria S. O Processo Orçamentário das Indústrias da Região Metropolitana de Salvador: Uma Análise através de Escalonamento Multidimensional. In: XVI Congresso Brasileiro de Custos, Fortaleza, Ceará, Brasil, 16, 2009.

THEEUWES, Jacques A. M.; ADRIAANSEN, Jacques K.M. Towards an integrated accounting framework for manufacturing improvement. *International Journal of Production Economics*, v.36, n.1, p.85-96, 1994.

Thomas, José Eduardo. *Fundamentos da Engenharia de Petróleo*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

VANZELLA, Cláide; LUNKES, Rogério J. Orçamento Baseado em Atividades: um estudo de caso em empresa distribuidora de energia elétrica. *Contabilidade Vista & Revista*, v.17, n.1, p.113-132, 2006.

VERRE, Francesco; Giubileo, Andrea; Cadegiani, Claudio. Asset Life-Cycle OPEX Modelling With Monte Carlo Simulation To Reduce Uncertainties and To Improve Field Exploitation. In: *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*, New Orleans, Louisiana, USA, 2009.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. *Introdução à Econometria*. São Paulo: Thomson Learning, 2006.