

# **Análise de Risco Financeiro em Projetos do Setor de Petróleo e Gás**

**Aguinaldo Júnio Flor**  
**aguinaldojflor@gmail.com**  
**UFRJ**

**Resumo:** Com a descoberta do Pré-Sal e a necessidade de desenvolvimento do setor de Petróleo e Gás no Brasil, a atividade tem crescido vertiginosamente. Este trabalho se propõe a apresentar um modelo para análise de risco financeiro através de um projeto do setor de Petróleo e Gás. O modelo tem natureza probabilística, utilizando a metodologia de Simulação de Monte Carlo, levando em consideração a incerteza e complexidade do ambiente observando diferentes graus de risco através de variáveis de saída: VPL e TIR. As variáveis de saída são geradas a partir de dados que compõe o fluxo de caixa do projeto e, em especial, variáveis aleatórias que representam impacto na análise de risco do modelo. Para aplicar a Simulação de Monte Carlo foi utilizado os softwares: Microsoft Excel e Crystal Ball. Os resultados do VPL e TIR mostram aderência a curva de probabilidade utilizadas nas variáveis aleatórias, confirmando uma forte correlação entre os dados estatísticos analisados. A Simulação de Monte Carlo em análise de risco financeiro em projetos do setor de Petróleo e Gás pode ser uma ferramenta útil para gerar valor agregado nas projeções, fornecendo conforto e segurança ao decisor.

**Palavras Chave:** Simulação de Monte C - Risco Financeiro - Petróleo e Gás - -

## 1. INTRODUÇÃO

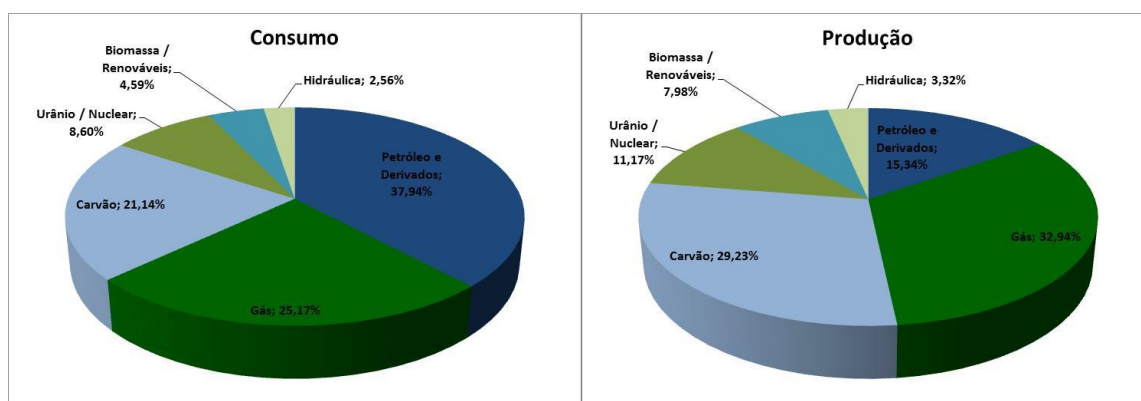
Conforme estudos Bret-Rouzaut e Favennec (2011), todas as referências sobre o petróleo podem remontar à antiguidade por tratar-se de um produto estratégico para o mundo. Os autores informam que desde sua descoberta até a era moderna, ele foi usado como dois propósitos: medicamento e instrumento de guerra.

Bret-Rouzaut e Favennec (2011) explicam que as doenças, como escorbuto, gota, dor de dente, reumatismo e outras, eram tratadas com petróleo. Sua outra função, propósito de guerra, foi despertada através de povos como, por exemplo, gregos, romanos e bizantinos. A partir da era moderna, com a utilização do petróleo em lâmparinas desenvolvidas pelo físico Argand e, posteriormente, aperfeiçoada por Quinquet, o produto popularizou-se rapidamente.

Desde a primeira perfuração de um poço, em 1859 na Pensilvânia, o uso do querosene aumentou em larga escala tanto a produção, quanto a comercialização. A partir desta fase, a Indústria do Petróleo expandiu por todo o mundo provocando guerras e, ao mesmo tempo, desenvolvimento de novas tecnologias.

Bret-Rouzaut e Favennec (2011) explicam que o setor do petróleo envolve vários tipos de custos. Os custos de exploração incorrem antes da descoberta de reservas e causam impacto direto à companhia. Os custos de desenvolvimento são ocasionados pela perfuração de poços e todos os gastos acessórios necessários (Capex). Por fim, os custos relacionados às operações de uma unidade de produção (Opex).

Ao fazer uma comparação entre consumo e produção na matriz energética mundial na *Figura 1.1*, percebe-se um *gap* de 22,6% entre o consumo e a produção de petróleo no ano de 2010.



*Figura 1.1- Matriz: Consumo vs Produção*  
 Fonte: EIA – International Energy Outlook (2011)

Na década de 70 Tolmasquim e Junior (2011) explicam que o Brasil não desempenhava um papel relevante no cenário mundial do petróleo. Apesar do consumo crescente, sua produção era insignificante. A partir dos choques de 73 e 79, o país teve forte impacto com os no preço internacional do petróleo, portanto, os investimentos em exploração e produção foram incentivados com o objetivo de diminuir a dependência de importação. A Petrobrás concentrou esforços na bacia de Campos, litoral do Rio de Janeiro, o que culminou em descobertas de campos gigantes e tornou-se autosuficiente. Em paralelo, o consumo doméstico passou de 500 mil barris diários para cerca de 2 milhões de barris em 2010.

Com a recente descoberta das reservas do Pré-Sal no Brasil e a perspectiva da exponencial utilização do petróleo no futuro, tem delineado para o país um desenvolvimento vertiginoso do setor de Petróleo e Gás. A consequente necessidade de novos petroleiros,



navios-sonda de perfuração e plataformas *offshore*, portanto, o Governo Federal criou o Programa de Modernização e Expansão da Frota (Promef), contemplando inicialmente 49 navios do tipo petroleiro com capacidade de 1,05 milhão de barris e 157 mil toneladas de porte bruto (TPB) e do tipo gaseiros com porte de 4 mil TPB e navios de derivados claros.

Segundo Goldberg (2010) e Dermachi (2010), o Promef tem como principal objetivo a construção dos navios no Brasil com participação de 65% no índice de nacionalização e 70% em sua segunda fase com interesse nato de transformar/construir estaleiros modernos e capazes de competir internacionalmente.

Em paralelo à construção de navios petroleiros, que estão sendo responsáveis pelo recente ressurgimento da Indústria Naval Nacional, o setor de Petróleo e Gás tem gerado demanda de apoio para o setor de exploração e perfuração de poços como, por exemplo, navios de lançamento/instalação de linhas de flexíveis/tubos rígidos, navios-sonda, plataformas, etc.

Com este cenário, se faz necessário a realização estudos de viabilidade econômico-financeiros para que as empresas e gestores possam otimizar seus investimentos em um ambiente complexo com nível elevado de incerteza.

O Pré-Sal está em uma profundidade de 5 a 7 mil metros abaixo do nível do mar, Tolmasquim e Junior (2011) informam que a inclusão nas reservas do Brasil, além de consumidor estratégico, passa a ter um papel relevante no lado produtor, com capacidade de ofertar grandes quantidades de petróleo no mercado internacional. Entre 2006 e 2009, a Petrobrás perfurou 11 poços na área central da Bacia de Campos, todos com sucesso. Nas bacias de Santos e Campos estão concentradas 52 perfurações de poços exploratórios desde 2005, com um índice de sucesso de 88%, frente a uma média internacional entre 20% e 30%.

Mesmo com um baixo risco exploratório, os investimentos são mais altos por tratar-se de reservas em águas profundas e, crises financeiras, situações macroeconômicas do país e do mundo tem provocado ambientes cada vez com mais incerteza e dificuldades para previsão de rentabilidade e lucros.

Além dos fatores acima expostos, todo o controle do investimento no Pré-Sal está concentrado apenas em uma empresa, de economia mista e com grande influência governamental.

Este artigo torna-se sólido devido a complexidade do setor de Petróleo e Gás em relação à necessidade de fazer projeções de preços para participar de processos licitatórios em projetos com desenvolvimento em largo espaço de tempo no qual o empreendimento ficará vulnerável a variações macroeconômicas e planejamento político. Dado o cenário explicitado, o modelo desenvolvido tem como objetivo analisar a qual nível de risco financeiro uma companhia do setor de Petróleo e Gás estaria exposta.

## **2. SETOR DE PETRÓLEO E GÁS**

Segundo Bret-Rouzaut e Favennec (2011), depósitos de hidrocarbonetos consistem em acumulações de petróleo ou gás em poros de rochas sedimentares, formando assim, os reservatórios. Os depósitos são formados em bacias sedimentares que foram preenchidas há milhões de anos. Quando animais e plantas morrem, geram resíduos compostos de carbono, hidrogênio, nitrogênio e oxigênio. O que não é decomposto por bactérias, ficam depositados em ambientes aquáticos com baixa oxigenação. Por estar sob os leitos dos mares continentais, lagoas, lagos ou deltas, o material fica protegido da ação das bactérias. A partir daí, inicia-se o processo de formação do petróleo, provocado por altas temperaturas e pressões.



Em sua descoberta sendo utilizado na medicina até a idade moderna com o surgimento das grandes companhias de petróleo. Sua procura, produção, transformação, transporte e venda, o tornou, segundo Bret-Rouzaut e Favennec (2011), um líquido precioso, fonte de poder e grandes guerras.

Para a exploração do petróleo em ambiente *onshore* a escolha da sonda depende da profundidade no qual o óleo está localizado, já em ambiente offshore, acrescenta-se outras variáveis, a profundidade da água, condições climáticas e a distância da base logística. Bret-Rouzaut e Favennec (2011) explicam que as plataformas de extração offshore podem ser fixas, semissubmersíveis ou estruturas flutuantes com posicionamento dinâmico.

Bret-Rouzaut e Favennec (2011) informam que a exploração é limitada por dois fatores: político, nem todas as zonas são abertas à exploração e o segundo é técnico, em algumas zonas, a tecnologia disponível não é o suficiente para a exploração. A seguir, será discorrido sobre a exploração do petróleo.

Tolmasquim e Junior (2011) informam que as reservas provadas de petróleo no Brasil tem crescido a uma taxa média anual em cerca de 8,2% nos últimos 30 anos. Localizadas majoritariamente na Bacia de Campos, em área marinha, no sudeste do país.

Na década de 1980, após os choques de 1973 e 1979, o governo brasileiro incentivou os investimentos em exploração e produção de petróleo visando a independência energética externa. Em 1986, foi criado o Programa de Inovação Tecnológica e Desenvolvimento Avançado em Águas Profundas (Procap 1.000), cuja meta principal foi desenvolver técnicas de exploração de petróleo em até mil metros de profundidade. Em 1993, continuam discorrendo, Tolmasquim e Junior (2011), a Petrobras lançou o novo programa, Procap 2.000, com maior intensificação de capacitação tecnológica da empresa para produção em águas ultraprofundas, entre mil e dois mil metros. Devido ao empenho, em 1996 foi descoberto o campo Roncador com reserva provada e provável superior a 8,5 bilhões de barris de óleo. Em 2001 a Petrobras lançou o Procap 3.000, com estudos em lâminas de água de até 3.000 metros, que levaram a descoberta de novas fontes, como por exemplo, o campo de Jubarte e Cachalote com reservas estimadas de 600 a 300 milhões de barris de óleo equivalente (boe), a comercialidade do campo Papa-Terra com 700 a 1.000 milhões de boe estimados. Além das descobertas de Lula, Bem-Te-Vi, Carimbé, Carioca, Cernambi, Guará, Franco, Libra e Piracucá. As descobertas na área do Pré-Sal ainda não foram incluídas nas reservas provadas do Brasil, ao acontecer, o país deverá se posicionar entre os 10 com as maiores reservas do mundo, atualmente, conforme *Figura 2.1*, são comprovados 14,2 milhões de barris no Brasil.

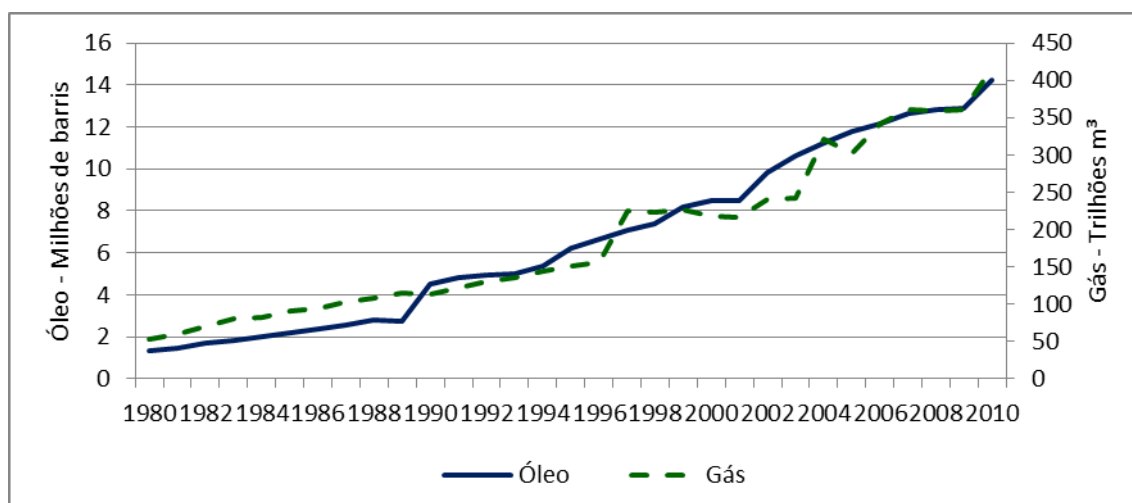
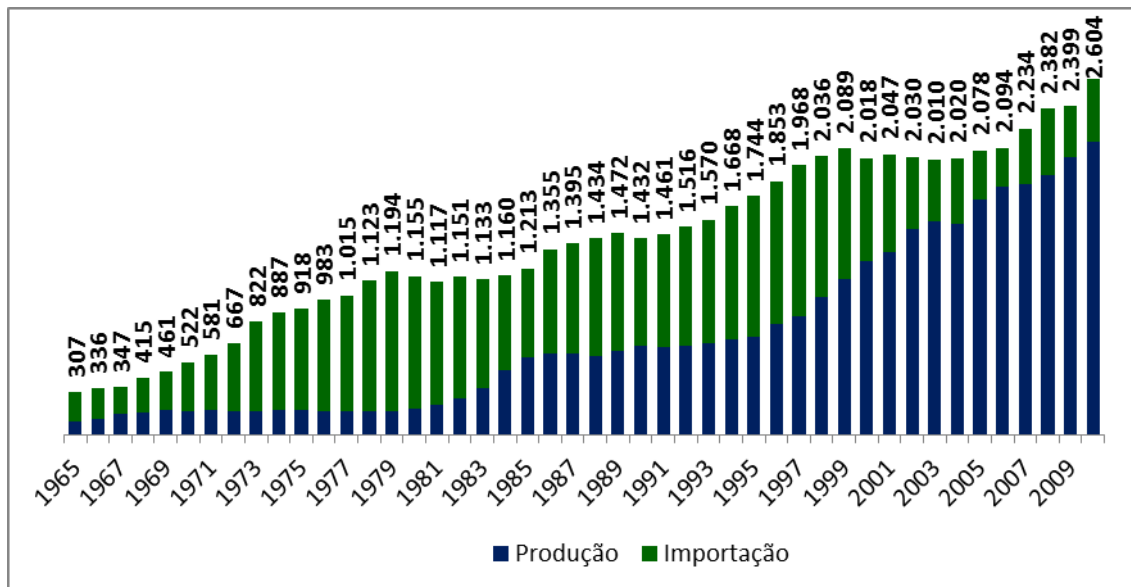


Figura 2.1- Evolução das reservas de Petróleo e Gás no Brasil  
Fonte: BP Statistical – Review World Energy 2011

Todo o investimento no setor de Petróleo e Gás é justificado pela rápida evolução de consumo interno de petróleo, segundo o Balanço Energético Nacional (BEN – 2011), verifica-se na *Figura 2.2* que o Brasil tinha um consumo de 307 mil barris de petróleo por dia com 69% de importação contra um consumo de 2.604 barris de petróleo por dia com 18% de importação do insumo.



*Figura 2.2 - Evolução do Consumo de Petróleo no Brasil (Produção + Importação)*  
 Fonte: Balanço Energético Nacional 2011 – Empresa de Pesquisa Energética (EPE)

Com a descoberta das reservas de petróleo do Pré-Sal e o crescimento vigoroso da economia nacional, Rocha (2011) explica que no ano de 2003 foi entregue aos ministros do Governo Federal um estudo realizado pelos estaleiros sobre a expressiva possibilidade da retomada da indústria da construção naval no Brasil. Justificando-se a representação do comércio nacional estar disposto em 90% de transporte marítimo, o reconhecimento da Petrobrás pela falta de capacidade local para construção de navios e plataformas, os estaleiros propunham executar uma retomada da indústria naval em três movimentos: (i) retomada da construção de navios, (ii) expansão e renovação tecnológica dos estaleiros e uma programação de encomendas de navios e plataformas. Após 20 anos de dormência, a Indústria Naval Brasileira inicia uma nova trajetória para suprir a demanda necessária para o desenvolvimento da cadeia de Petróleo e Gás nacional.

## 2.1. INDÚSTRIA NAVAL NO BRASIL

Rocha (2011) explica que, devido a necessidade de novos petroleiros, navios-sonda de perfuração e plataformas de offshore, foi criado o Programa de Modernização e Expansão da Frota (Promef), contemplando inicialmente 49 navios do tipo petroleiro com capacidade de 1,05 milhão de barris e 157 mil toneladas de porte bruto (TPB) e do tipo gaseiros com porte de 4 mil TPB e navios de derivados claros.

Além da curva de aprendizagem, provocada pela dormência de 20 anos do setor e a falta de mão-de-obra especializada, os maiores desafios são a qualidade do produto e preço competitivo, e a sustentabilidade dos empreendimentos, tornando-os capaz em investir nas instalações, tecnologia e capacitação.

O programa Navega Brasil de 2000, lançado pelo Governo Federal aumenta o percentual de financiamento e alarga o prazo máximo do empréstimo, favorece aos armadores nacionais e, após estudos da Petrobrás segundo a Lei 9.478/97 de 06 de agosto de 1997 (Logística do Petróleo), surgiram novas necessidades da Companhia. Almeida (2008)





informa que entre 2003 e 2004, os cálculos e modelos apresentados através do Programa de Modernização e Expansão da Frota – Promef mostraram que a capacidade logística do Brasil caíra de 40 para 16%.

Segundo o site da Transpetro (2012), a reativação da indústria naval no Brasil está sendo impulsionada pela Transpetro, atualmente maior armadora da América Latina. Sua frota está sendo renovada através de licitações de 49 novos petroleiros que serão construídos através das duas fases do Programa de Modernização e Expansão da Frota – Promef, fazendo parte do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, sua premissa é construir navios no Brasil com índice de nacionalização de 65% e 70% na primeira e segunda fase, respectivamente.

Na primeira fase do Promef, a Transpetro (2012) informa que a licitação que fora aberta aos estaleiros, foi contratada 23 embarcações e serão construídas pelas empresas abaixo:

- Estaleiro Atlântico Sul (PE): 10 navios do tipo Suezmax;
- Estaleiro Atlântico Sul (PE): 5 navios do tipo Aframax;
- Estaleiro Ilha S.A. – EISA (RJ): 4 navios do tipo Panamax;
- Estaleiro Mauá (RJ): 4 navios do tipo de Produtos.

Na segunda fase do Promef, continua a Transpetro (2012) informando que a composição da carteira tem 18 navios e o processo de compra também foi através de processo licitatório:

- Estaleiro Atlântico Sul (PE): 4 navios do tipo Suezmax DP (aliviadores de Posicionamento Dinâmico);
- Estaleiro Atlântico Sul (PE): 3 navios do tipo Aframax DP (aliviadores de Posicionamento Dinâmico);
- Estaleiro Promar (PE): 8 navios do tipo Gaseiros;
- Estaleiro Superpesa (RJ) 3 navios do tipo Bunker;
- Estaleiro Ilha S.A. – EISA (RJ): 8 navios do tipo Produtos.

A demanda existente exige das empresas análises dos investimentos com características do mercado de Petróleo e Gás, mesmo com uma latência apresentada na indústria naval e o novo cenário provocado pela descoberta do Pré-Sal. A seguir, serão apresentadas informações sobre análise de investimento em projetos da cadeia.

### **3. METODOLOGIA**

O modelo desta pesquisa tem como finalidade contribuir com uma reflexão sobre a utilização de Simulação de Monte Carlo em estudos de viabilidade econômico-financeira aplicado ao setor de Petróleo e Gás. Modelos desta natureza podem auxiliar a tomada de decisão no momento do planejamento financeiro de um projeto.

Trata-se de construção de duas embarcações do tipo *Pipe Laying Support Vessel* (PLSV) de 350 toneladas que tem a finalidade de prestar serviços de lançamento e instalação de dutos flexíveis em poços de águas profundas no qual o custo de construção deverá ser “coberto” pelo preço do *charter* e prestação de serviço previamente estipulado em licitação pela Petrobras. A proponente é uma empresa do setor de Petróleo e Gás, situada no Brasil, que presta serviço em áreas de *Onshore*, *Offshore* e *Subsea*.

O modelo desenvolvido tem característica quantitativa com um nível de detalhamento aprofundado, portanto, foi escolhido o tipo de pesquisa aplicada em metodologia de Estudo de Caso. Lopes (2006) explica que este tipo de pesquisa pode ser utilizado quando o



pesquisador quer aprofundar seus conhecimentos enfatizando um único estudo. Segundo Yin (2005), um estudo de caso pode contribuir com conhecimentos organizacionais de forma exploratória ou descritiva através de investigação empírica e técnicas de Pesquisa Operacional.

Os preços utilizados no modelo para mensurar os valores de construção da embarcação, charter e do serviço, foram alterados através de uma função que está de posse do autor da pesquisa. Todas as séries econômico-financeiras estão disponíveis nos anexos desta pesquisa, juntamente com as fontes dos quais foram extraídos.

Diversos autores como, Ackoff e Sasieni (1968), Goldberg e Luna (2005) e Silva *et al.* (2009) explicam que as tomadas de decisões podem ser suportadas através do método científico utilizando a Pesquisa Operacional, no qual consiste em um sistema organizado através de experimentações com modelos em busca da melhor maneira de operar um sistema.

Este trabalho utiliza a técnica de simulação em seu experimento uma vez que, Silva *et al.* (2009) defendem que é uma das técnicas mais gerais utilizadas em Pesquisa Operacional. Devido à complexidade analisada, o modelo irá descartar técnicas de programação linear e não linear, utilizando modelos dinâmicos para que capte as mudanças ocorridas no tempo, através da incorporação de elementos aleatórios, modelos desta natureza são chamados de Simulação Estocástica ou de Monte Carlo.

Devido à utilização de modelo matemático, esta pesquisa utiliza o método dedutivo em busca de resultados através da Simulação de Monte Carlo, utilizando também, outras técnicas conforme abaixo explicitado:

- I. O método de pesquisa a ser aplicado no trabalho será de Pesquisa Operacional;
- II. Os objetivos foram delimitados através da técnica descritiva, devido à origem da pesquisa;
- III. Os dados necessários para a construção do modelo serão feitos através de pesquisa de documentos, em sistema gerencial e revisão bibliográfica;
- IV. A modalidade da pesquisa é quantitativa, conforme Andrade (2009) expõe, por se tratar de um modelo de simulação estocástica, e;

A análise dos resultados será dada de forma exploratória por oferecer, segundo Yin (2005), uma contribuição através da análise dos resultados.

Os *softwares* utilizados na modelagem foram: Microsoft Excel<sup>®</sup> para a construção do fluxo de caixa projetado e todas as planilhas auxiliares necessárias para a análise do objeto estudado; o Crystal Ball<sup>®</sup> foi utilizado para efetuar a simulação de 5.000 cenários através de números pseudo-aleatórios e gerar, desta forma, as curvas de probabilidade de Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno.

#### **4. SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO**

A primeira vez que surgiu o termo “simulação” no âmbito da Pesquisa Operacional, segundo Corrar e Theópilo (1993) foi em um trabalho do húngaro-americano Von Neumann e Ulam em 1940, através da expressão “Análise de Monte Carlo” realizada através de técnica matemática para resolução de problemas probabilísticos relacionados com a difusão aleatória de partículas de nêutrons quando as mesmas eram submetidas a um processo de fissão nuclear para blindagem de reatores, esta pesquisa foi denominada Projeto Manhattan que se tratava de uma bomba atômica.



Bernstein (1997), em sua obra clássica na história do risco, diz que sem vantagens e probabilidades, o único meio de lidar com o risco é apelando aos deuses e ao destino. Filósofa, ainda, ao dizer que o que separa o passado e o presente é o domínio do risco, portanto, sem números, o risco seria uma questão de pura coragem.

Vose (1996) explica que a análise de risco se preocupa com a avaliação das incertezas que ameaçam um projeto que, normalmente, divide-se em duas partes: programação e risco do custo. Os riscos e oportunidades em um projeto podem vir a aumentar ou diminuir os custos, podendo ser mensurados através de estimativas de probabilidade de uma ocorrência.

Fatores intangíveis podem ter relevância em um projeto, chegando ao ponto de inviabilizar sua continuidade. Neves (1981) informa que tais fatores em análise de projetos de investimento devem ser considerados na análise de risco. Uma vez que, seu principal objetivo é calcular as chances de um projeto se tornar inviável, fornecendo elementos para que o decisor possa observar diferentes graus de risco.

A tomada de decisão por um executivo deve ser embasada em dados e informações que possam propiciar uma solução adequada e de alta qualidade. Segundo Andrade (2009), para que a escolha atinja seu objetivo, chegando mais próximo do que se deseja, deve ser visualizado as possíveis consequências de cada alternativa. Esse processo torna-se mais simples e intuitivo quanto mais simples for à decisão.

Para Mun (2010), risco é a incerteza que afeta o sistema de forma desconhecida trazendo grande flutuação no valor e nos resultados. A incerteza e o risco estarão sempre presentes no horizonte do tempo afetando os cenários que estão sendo mensurados podendo alterar seus resultados. Estudos sobre este campo renderam ao Harry Markowitz a congratulação do prêmio Nobel com a *Teoria da Fronteira Eficiente*, no qual revolucionou o mundo das finanças, observando a natureza e retorno do risco. Markovitz não enxergou o risco como um inimigo, mas sim como uma forma de balancear o risco através de uma melhoria do retorno através do seu modelo voltado para a área de finanças.

Os modelos assumem uma posição importante na decisão, uma vez que promovem mais facilidade as pessoas envolvidas com o problema, segundo Andrade (2009), uma visualização da estrutura do sistema real em análise, a inter-relação entre as informações, cria uma sistemática de análise e avaliação das alternativas e ajuda como um instrumento de comunicação e discussão com outras pessoas.

Silva *et al.* (2009) informam que os modelos de simulação são dinâmicos com variáveis que incorporam mudanças ocorridas no tempo que permitem avaliar o efeito de um conjunto de decisões sucessivas. A quantidade de trabalho e materiais necessários para se produzir uma unidade de cada produto, custos por unidade de trabalho e matérias-primas, o preço de venda de cada produto, quantidades máximas que se pode produzir são exemplos de fatores que devem ser levados em conta para a solução de um problema. Os referidos fatores aliados aos indicadores econômico-financeiros com fim de subsidiar a decisão de investimento trazem um maior conforto no momento da tomada de uma decisão financeira dentro da companhia.

Andrade (2009) informa que é possível identificar diferentes tipos de modelos: *modelos conceituais* relacionam de maneira sequencial e lógica as informações e as fases do processo de decisão através de um modelo que se tem em mente. *Modelos matemáticos* no qual se baseiam em que todas as informações e variáveis do problema podem ser quantificadas e representadas através de funções matemáticas. E, por fim, *modelos heurísticos* que são construídos para problemas de grande complexidade, a partir do momento que um modelo matemático torna-se impraticável para chegar a uma solução viável.





Para resolução de problemas financeiros, geralmente são utilizados os *modelos matemáticos* com técnicas de Pesquisa Operacional. Andrade (2009) explica que os modelos matemáticos podem ser de dois tipos: *modelos de otimização*, no qual não permite flexibilidade na escolha das alternativas devido a sua estrutura para selecionar uma única alternativa, a que será considerada “ótima”. E os *modelos de simulação*, que procuram fazer uma representação do mundo real gerando várias análises de alternativas antes da implementação da melhor solução. Esta pesquisa baseia-se na metodologia de Simulação de Monte Carlo, que será explicada a seguir.

Segundo Mun (2010), o nome Simulação de Monte Carlo é devido a capital dos jogos de azar, Mônaco. Este tipo de simulação abre as portas para resolução de problemas complexos com facilidade. O autor continua em suas explicações, dizendo que a Simulação de Monte Carlo cria um futuro artificial através de milhares de cenários analisando suas características predominantes.

Jäckel (2002) informa que na década de 40 o método de Simulação de Monte Carlo envolveu vários problemas relacionando a matemática com diferentes problemas que estavam sendo investigados por cientistas. Na área de finanças, sua utilização é necessária quando busca-se uma solução para cálculos de valor esperado.

Metropolis (1987) apresenta em seus estudos um relato sobre o desenvolvimento do método desde o surgimento com Von Neumann até as especulações sobre a utilização futura desta metodologia e sua evolução com o poder de cálculo dos novos computadores. Hertz (1979) utilizou a Simulação de Monte Carlo em finanças abordando a decisão que os administradores de empresas enfrentam ou terão que enfrentar em ambientes de incerteza. Seu artigo conclui que através de simulações é possível tomar decisões com mais consciência dos riscos que estão envolvidos.

Andrade (2009) informa que a simulação possibilita a realização de interações internas de um dado sistema de uma companhia, no qual torna viável a tomada de decisão com uma redução considerável de custos, no caso de se observar individualmente cada variável. Ao definir os objetivos da simulação, amplitude e profundidade que se deseja analisar os resultados, pode iniciar a construção, a coleta de dados e o processo de construção do modelo. Esta ideia está consoante com os estudos de Corrar e Theophilo (2004) quando informam que as técnicas de simulação, com sua facilidade de automatização através de planilhas eletrônicas, permitem a análise da distribuição dos resultados de forma mais consistente sobre um comportamento futuro de decisões de determinadas variáveis decisórias.

Devido à grande massa de dados processados, o modelo de simulação só torna viável esta prática através de sistemas computacionais que, segundo Silva *et al.* (2009) o modelo pode ser chamado de Simulação Estocástica ou Monte Carlo, uma vez que sua dinâmica envolve múltiplos períodos e descarta qualquer outra técnica de programação linear ou não-linear. A Simulação de Monte Carlo gera randomicamente milhares de valores para determinadas variáveis que são consideradas incertas no ambiente no qual a modelagem está inserida, gerando combinações que levarão a resultados para uma análise que se deseja estudar. Law e Kelton (2000) defendem que a técnica resolve certos problemas estocásticos ou determinísticos em que a passagem do tempo não possui um papel relevante.

Evans e Olson (1998) explicam que a Simulação de Monte Carlo é um experimento amostral com objetivo de estimar através de uma distribuição de resultados as possibilidades de determinada variável. No qual estamos interessados a partir de uma ou mais variáveis de entrada. O resultado é analisado a partir do comportamento probabilístico de acordo com a distribuição estipulada. Na área de análise de investimentos em projetos, o modelo simula



milhares de cenários com possíveis rentabilidades que permite ao tomador de decisão analisar o risco do projeto sob as condições que ele foi estruturado.

Corrar (1993) explica que empresas ainda utilizam modelos econômicos tradicionais em seus planejamentos financeiros. Modelos tradicionais são determinísticos e não levam em conta o fator incerteza no processo decisório, embora o ambiente em que as organizações estão inseridas são tomadas em ambientes incertos e com um mercado flutuante a cada segundo.

Adotar a alternativa de Simulação de Monte Carlo em avaliação de projetos de investimento é possível, segundo Moore e Weatherford (2005), por apresentar resultados de fácil leitura e de forma simples através de um modelo probabilístico. Sua vantagem está em determinar como uma variação randomizada a propagação da incerteza e que poderá afetar a performance ou viabilidade do projeto que está sendo modelado.

Dorp e Duffey (1999) utilizaram o método de Monte Carlo aplicado na construção naval a partir de diagramas de redes na duração das atividades necessárias para pintar três módulos separados de um mesmo navio em um determinado período de tempo levando em consideração a incerteza do mau tempo e os pedidos de alteração por parte da engenharia. Sua pesquisa foi motivada pela prevalência de riscos relacionados a atrasos nos cronogramas em grandes projetos de engenharia. O autor defende que a modelagem pode ajudar a ter estimativas mais reais da incerteza, concluindo que o método de Monte Carlo poderá ser utilizado também em outras áreas.

### **3. ANÁLISE DE INVESTIMENTOS NO SETOR DE PETRÓLEO E GÁS (P&G)**

Bret-Rouzaut e Favennec (2011) informam que a indústria do petróleo é capitalista por natureza, portanto, as decisões de investimento são cruciais na obtenção de sucesso ao fim de qualquer projeto. Para que o modelo de avaliação esteja adequado ao setor, é necessário definir a taxa de desconto, a técnica de análise de risco que será utilizada, sumários de projetos e critérios de alocação de recursos quando houver escassez de recursos. Como critérios para avaliação dos projetos, os autores sugerem o Valor Presente Líquido – VPL e a Taxa interna de Retorno – TIR.

Os autores continuam explanando sobre o risco da escolha da taxa de desconto dos projetos, uma vez que quanto mais elevada, é reduzida a possibilidade de se tornarem rentáveis, podendo provocar rejeições de oportunidades que poderão ser aproveitadas pela concorrência. O setor de Petróleo e Gás utiliza taxas de desconto diferentes para categorias de atividades distintas, uma vez que há diferenças entre os métodos financeiros aplicados e os perfis de risco.

Para projetos com duração de curto prazo, Bret-Rouzaut e Favennec (2011) sugerem a utilização de modelos determinísticos com base em séries históricas de extração, produtividade, preços, custos e lucros, utilizando ferramentas do tipo Custo Capital Médio Ponderado – CCMP; ótima alocação de alíquota de imposto e financiamentos. Como opção para tratar a incerteza no modelo, pode-se utilizar a análise de sensibilidade com o objetivo de avaliar a variação de resposta quanto às mudanças nas hipóteses relativas aos diferentes componentes do cálculo de fluxo de caixa.

Para projetos de longo prazo, como por exemplo, exploração de petróleo, Bret-Rouzaut e Favennec (2011) orientam a usar modelos baseados em funções de distribuição de probabilidades. A técnica mais comum para utilização em modelos desta natureza é a Simulação de Monte Carlo – SMC com a exigência de um sistema computacional. As variáveis que são consideradas estocásticas são determinadas por amostras escolhidas *pseudo-*aleatoriamente que irão calcular o Valor Presente Líquido – VPL. Esta operação é repetida



centena de vezes, obtendo-se uma amostra de possíveis VPLs. Em seguida são construídos os histogramas e cálculos estatísticos que irão auxiliar o decisor no momento da escolha de concretização ou não dos projetos que irão compor o portfólio da companhia. Além de SMC, os autores fornecem como alternativa a Árvore e Decisão e a Teoria de Opções.

Para o estudo de caso desta pesquisa, foi realizado a partir de um projeto de longo prazo que compõe a carteira de uma empresa do setor de Petróleo e Gás, presente no Brasil. O objeto de estudo é um projeto de origem EPC – *Engineering, Procurement and Construction* (Engenharia, Compra e Construção). Por este motivo, o modelo que será descrito no próximo capítulo, foi desenvolvido através de Simulação de Monte Carlo.

#### 4. MODELO ECONOMETRICO

Kaplan e Norton (1997) defendem que para ter uma visão balanceada do negócio, é necessário observar sob quatro perspectivas (financeira, clientes, processos internos e aprendizado/crescimento), desta forma será possível ter uma visão mais realista e transparente do empreendimento. Na perspectiva “financeira”, é sugerido uma medida possível de mensurar o retorno sobre o investimento e o valor econômico agregado, no qual o modelo apresentado poderá oferecer.

O objeto de estudo refere-se a um contrato de longo prazo com arrendamento de dois navios do tipo PLSV com prestação de serviço de lançamento e manutenção de dutos flexíveis. As embarcações serão construídas através de contratação de um estaleiro com modalidade “*Turnkey Lump Sum*” no qual há um contrato com cláusulas acordadas entre as partes e o preço é fixo com entrega em data especificada e nível de desempenho exigido.

O projeto será modelado com características de *Project Finance* no qual ele deverá ser auto-sustentável com as receitas de aluguel (*charter*) e de prestação de serviço com a instalação e manutenção dos dutos flexíveis. Para tanto, serão modelados custos financeiros para financiamento específico do projeto. Neste caso, o *rating* de mercado dos acionistas irá influenciar diretamente no “preço” do financiamento.

O modelo foi construído considerando: o valor de CAPEX, o financiamento, a necessidade de capital próprio, garantias financeiras, início da construção e operação das embarcações, custos de mão-de-obra com a tripulação, custos com OPEX. Os indicadores que mais oferecem impacto nos resultados esperados de VPL e TIR são o INPC, IGP-DI e variação do Dólar, uma vez que a receita do charter é recebida no exterior e em moeda estrangeira. Estes mesmos indicadores, são considerados no modelo como as variáveis aleatórias. Para construção das curvas de probabilidade e por se tratar de licitação com preço, na Simulação de Monte Carlo, foi utilizada a distribuição de LogNormal. Os dados históricos para cálculo da Média e Desvio Padrão foram utilizados a partir de 2000 até 2011, conforme *Tabela 4.1* abaixo:

**Tabela:** Variáveis Aleatórias

Indicador	Média	Desvio Padrão
INPC	6,84%	3,24%
IGP-DI	8,61%	6,97%
Dólar	2,24	0,50

Fonte: Ipeadata

Mesmo que sejam utilizados métodos computacionais, não seria possível geração de números genuinamente aleatórios a não ser que, segundo Shimizu (1975), sejam geradas infinitas simulações, portanto, a Simulação de Monte Carlo gera números chamados pseudo-aleatórios. Ehrlich (1988) informa que os critérios de aleatoriedade dos números pseudo-aleatórios são uniformemente distribuídos, estatisticamente independentes e não há repetição

da série no intervalo de interesse. A partir dos dados levantados, modelo construído e aplicação da Simulação de Monte Carlo, gerou os resultados da sessão seguinte.

## 5. RESULTADOS

Os modelos determinísticos, geralmente são utilizados três cenários, costumeiramente chamados de Base, Otimista e Pessimista. Esta pesquisa utilizou uma geração de 10.000 simulações de diferentes cenários com resultados apresentados em forma de gráficos e tabelas com resultados probabilísticos para uma melhor visualização. Devido à técnica geração de números pseudo-aleatórios, a Simulação de Monte Carlo descarta valores que estejam muito distantes da cauda, portanto, a exibição dos cenários poderão ser inferiores a quantidade de simulações executadas, 5.000.

No modelo foi utilizado a distribuição de probabilidade LogNormal para as variáveis aleatórias, conforme verifica-se nas Figuras 5.1 e 5.2 as curvas de VPL e TIR tem melhor aderência com a curva LogNormal com aproveitamento de 9.873 e 9.867 cenários aproveitados dos 10.000 aleatórios, o que corrobora com a alta correlação das variáveis aleatórias com as de saída.

A Figura 5.1 apresenta o gráfico do histograma da variável de saída VPL no qual o modelo apresenta uma média em \$22.611 para um valor esperado em caso base em \$15.075 com 99,43% de se atingir o resultado projetado.

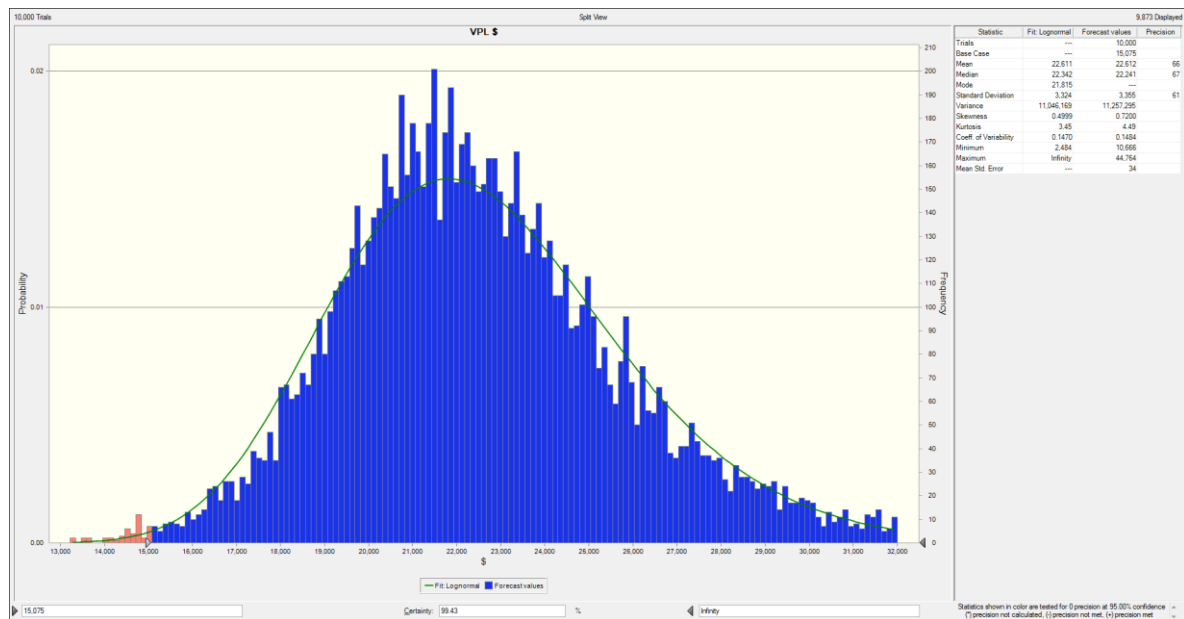


Figura 5.1- Histograma VPL

Fonte: Esta Pesquisa

Em seguida, a Figura 5.2 apresenta o gráfico do histograma da variável de saída TIR no qual o modelo apresenta uma média em 18,07% para um valor esperado em caso base em 16,48% com 99,36% de se atingir o resultado projetado.

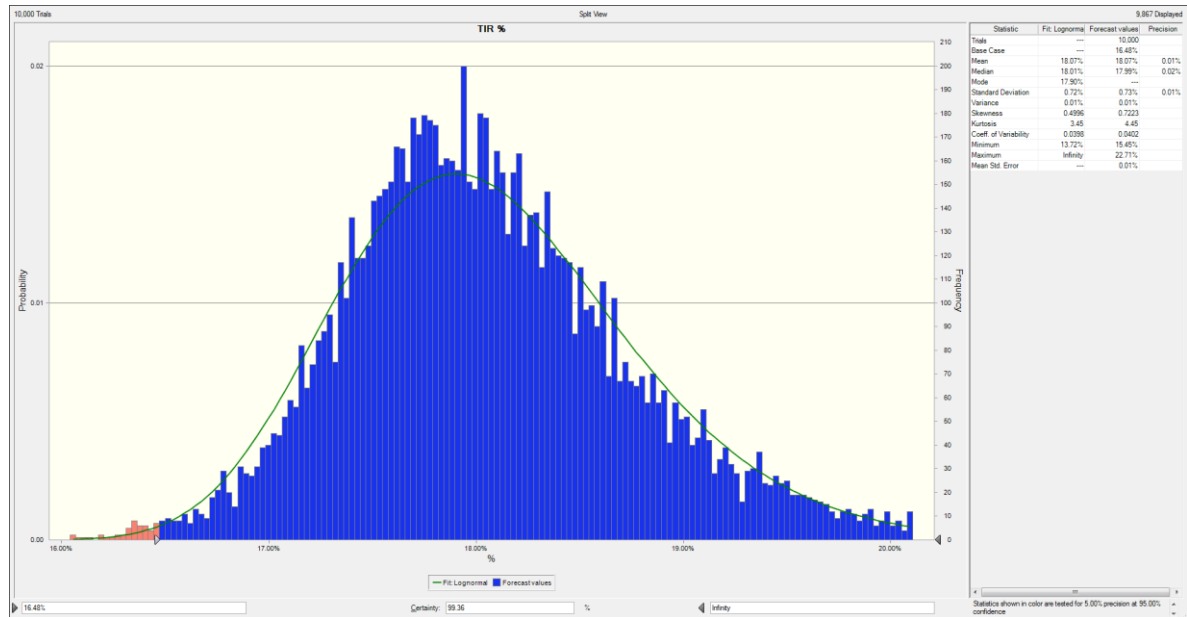


Figura 5.2- Histograma TIR  
Fonte: Esta Pesquisa

As duas variáveis de saída apresentam média maior do que o valor esperado em caso base, apresentando robustez nas projeções efetuadas e que poderá dar maior conforto aos decisores a aceitar o ingresso do projeto em seu portfolio. Mesmo com a incerteza do ambiente, certamente o cliente e o prazo longo da contratação traz um risco financeiro menor ao projeto.

A variável que tem maior impacto no modelo, conforme pode ser visto na Figura 5.3, no gráfico de sensibilidade é o IGP-DI (linha 15 na planilha de indicadores do modelo), o aumento deste índice no ano de 2013 (J15), período de construção das embarcações, poderá provocar uma queda no VPL em cerca de 15%. No ano de 2012 (I15), primeiro ano de construção, o impacto é menor, cerca de 13%.

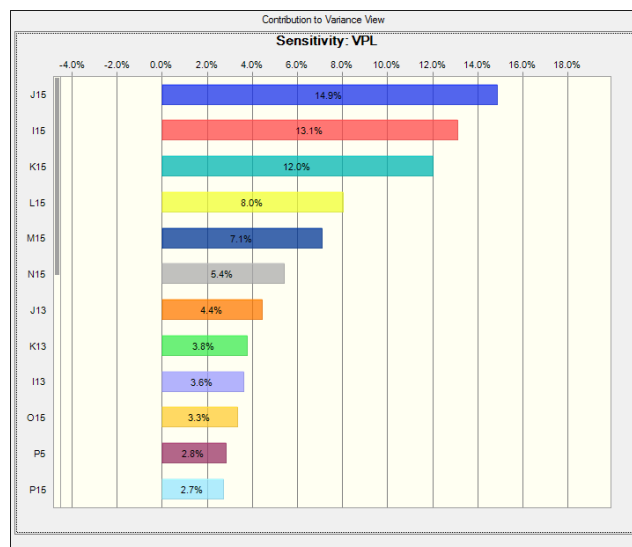


Figura 5.3- Gráfico de Sensibilidade  
Fonte: Esta Pesquisa



## 6. CONCLUSÃO

O risco estará presente no dia-a-dia em qualquer situação, basta estar vivo para correr riscos. Segundo Bernstein (1997) o risco é uma área nova que surgiu apenas na era do Renascimento. O autor informa que o controle do risco surgiu, provavelmente, a partir dos jogos de azar, quando os humanos passaram a mostrar sua paixão pela tensão provocada pelo risco.

Uma avaliação determinista analisa comumente cerca de três cenários, “Otimista”, “Pessimista” e “Mais Provável” a partir das variáveis de saída: VPL e TIR em um fluxo de caixa. A Simulação de Monte Carlo aplicada à análise de viabilidade econômico-financeira de projetos do setor de Petróleo e Gás permite obter dados realizados mais próximos dos projetados pela utilização da probabilidade no modelo, uma vez que a incerteza tem uma forte presença nas projeções.

Os resultados obtidos no modelo construído afirma que a metodologia de Simulação de Monte Carlo poderá contribuir com o incremento da incerteza provocada pelo setor ao qual o estudo de caso pertence. Se a Companhia passa a analisar o risco financeiro em seu portfólio, passará a ter um banco de dados que levará a possibilidade de um gerenciamento de risco eficaz para a organização.

## 7. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R.** Diário de Bordo. A história da indústria naval brasileira. São Paulo: Zíngara Produções Culturais, 2008.
- ANDRADE, E.L.** Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para Análise de Dados. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 4ª edição.
- BERNSTEIN, Peter L.** Desafio aos Deuses: a fascinante história do risco. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- BRET-ROUZAT, N. & BRET-ROUZAUT, J.** Petróleo & Gás Natural: Como Produzir e a que Custo. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Synergia, 2011.
- CORRAR, L. J. & THEÓPHILO, C. R.** Pesquisa Operacional para Decisão em Contabilidade e Administração. São Paulo, Atlas, 2004.
- DEMARCHI, C.** Mercado Restrito para a Engenharia Nacional. Valor Setorial: Indústria Naval. São Paulo, Valor Econômico, 2010.
- DORP, J. R. & DUFFEY, M. R.** Statistical Dependence in Risk Analysis for Project Networks Using Monte Carlo Methods. Elsevier Science B.V., Int. J. Production Economics, 58, p. 19-27, 1999.
- EHRlich, P. J.** Pesquisa Operacional: Curso Introdutório. 6ª edição. São Paulo, Atlas, 1988.
- EVANS, J. R. & OLSON. D. L.** Introduction to simulation and risk analysis. New Jersey, Prentice Hall, 1998.
- GOLDBERG, S.** Petróleo e Gás Puxam Ritmo de Investimentos. Valor Setorial: Indústria Naval. São Paulo, Valor Econômico, 2010.
- KAPLAN, R. & NORTON, D.** A Estratégia em Ação: Balance Scorecard. Rio de Janeiro, Campus, 1997.
- JÄCKEL, P.** Monte Carlo Methods in Finance. England, Wiley Finance, 2002.



- LAW, A. M. & KELTON, W. D.** Simulation Modeling and Analysis. 3ª edição. New York, MacGraw-Hill, 2000.
- LOPES, J.** O Fazer do Trabalho Científico em Ciências Sociais Aplicadas. Pernambuco, Editora UFPE, 2006.
- MARKOWITZ, H.** Portfolio Selection. The Journal of Finance. 1952, Vol. 7, Nº 1, p. 77-91.
- METROPOLIS, N.** The Beginning of the Monte Carlo Method. Los Alamos Science, 1987, Vol. 15, 122-143.
- MUN, J.** Modeling Risk: Applying Monte Carlo Risk Simulation, Strategic Real Options, Stochastic Forecasting and Portfolio Optimization. 2<sup>nd</sup> edition. New Jersey, Wiley Finance, 2010.
- NEVES, C.** Análise de Investimentos: Projetos Industriais e Engenharia Econômica. Rio de Janeiro, Zaher Editores, 1981.
- ROCHA, A.** A nova indústria naval brasileira. SINAVAL, Rio de Janeiro, 2011.
- SHIMIZU, T.** Simulação Digital em Computador. São Paulo, Editora USP, 1975.
- SILVA, E. M.; GONÇALVES, V. & MUROLO, A. C.** Pesquisa Operacional: Para os Cursos de Economia, Administração e Ciências Contábeis. 3ª edição. São Paulo, Editora Atlas, 2009.
- TOLMASQUIM, M.T. & JUNIOR, H.Q.P.** Marcos Regulatórios da Indústria Mundial do Petróleo. Rio de Janeiro: Synergia, 2011.
- TRANSPETRO** <[www.transpetro.com.br](http://www.transpetro.com.br)>. Pesquisa no site. Acesso em jul/2012.
- VOSE, D.** Quantitative Risk Analysis: A Guide to Monte Carlo Simulation Modelling. Oxford, Wiley Finance, 1996.
- YIN, R.** Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. 5ª edição. São Paulo, Bookman Editora, 2005.