

## **USO DE SIMULAÇÃO NA COMPARAÇÃO ENTRE TERMINAIS MARÍTIMOS DE PETRÓLEO EXTRAÍDO NO ALTO MAR**

**Claudio Duarte Pinto Limoeiro**

Petrobras – Petróleo Brasileiro S.A.  
Av. Nilo Peçanha, 151, 7º andar, Rio de Janeiro - RJ  
claudiolimoeiro@petrobras.com.br

**Celso Fernandes Araujo Filho**

Petrobras – Petróleo Brasileiro S.A.  
Av. Nilo Peçanha, 151, 7º andar, Rio de Janeiro - RJ  
celsoaf@petrobras.com.br

**Ricardo Vitor Jacomino da Cunha Vasconcelos**

Petrobras – Petróleo Brasileiro S.A.  
Av. Nilo Peçanha, 151, 7º andar, Rio de Janeiro - RJ  
ricardovitor@petrobras.com.br

**Daniel Barry Vieira Fuller**

Petrobras – Petróleo Brasileiro S.A.  
Av. Nilo Peçanha, 151, 7º andar, Rio de Janeiro - RJ  
fullerdb@petrobras.com.br

### **RESUMO**

A exploração de petróleo no Brasil tem resultado em descobertas concentradas no mar. Desse modo, a Petrobras necessita dispor de uma logística robusta usando um terminal marítimo para se escoar eficientemente o óleo produzido. Existem duas alternativas de localização para esse terminal: uma em alto mar e outra na costa. Este trabalho apresenta uma análise comparativa por simulação estocástica entre essas alternativas de instalação do terminal, ambas dando ênfase à maximização da capacidade de escoamento da produção e à minimização das paradas de produção nos campos petrolíferos servidos por esse terminal.

**PALAVRAS CHAVE. Terminal Marítimo. Petróleo. Logística.**

**Área principal: PO na Área de Petróleo e Gás.**

### **ABSTRACT**

Discoveries in oil exploration in Brazil are concentrated at sea. Therefore, Petrobras must have a robust logistic system with a maritime terminal to efficiently transport the produced oil. There are two possibilities for locating this terminal: either off-shore or on-shore. This paper presents a comparative analysis of these two alternatives through stochastic simulation. Both emphasize maximizing the production flow capacity and minimizing production stoppages in the oil fields served by this terminal.

**KEYWORDS. Maritime Terminal. Oil. Logistics.**

**Main area: OR in Oil and Gas.**

## 1. Introdução

A exploração de petróleo no Brasil, sobretudo na Região Sudeste, tem resultado em descobertas concentradas no mar. Desse modo, a Petrobras, além dos esforços operacionais e tecnológicos necessários para extrair a produção desses campos petrolíferos, precisa dispor de uma logística robusta para escoar eficientemente o óleo produzido.

O contexto logístico considerado é composto por um conjunto de plataformas de produção de petróleo localizadas no mar e por um terminal que concentra e armazena esta produção para, na seqüência, exportar ou suprir o mercado interno (Figura 1), sempre utilizando navios para realizar as operações de transferência

Pode-se, então, dividir esse processo logístico em duas grandes funções: a primeira, retirar o petróleo das unidades de produção e a segunda, armazenar e expedir esses petróleos para seus destinos finais.

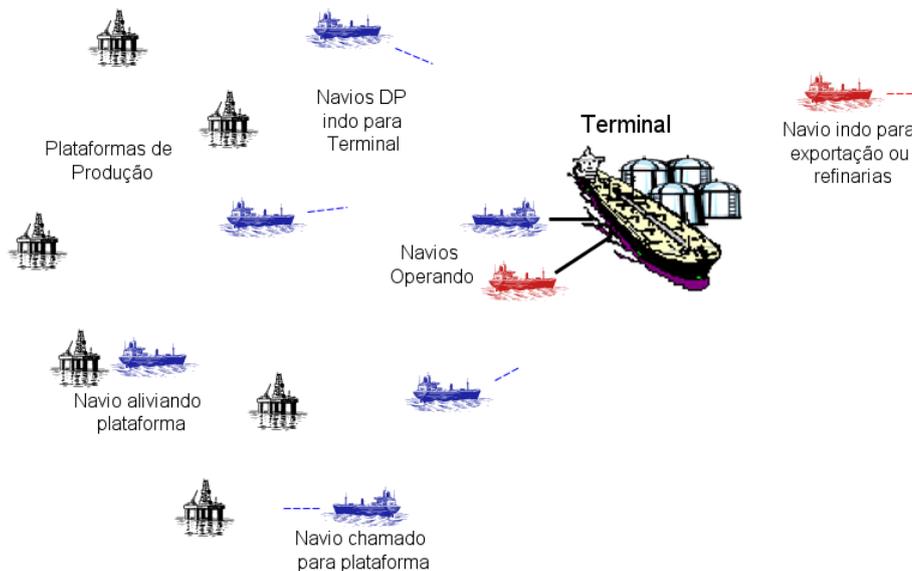


Figura 1: Esquema do sistema logístico

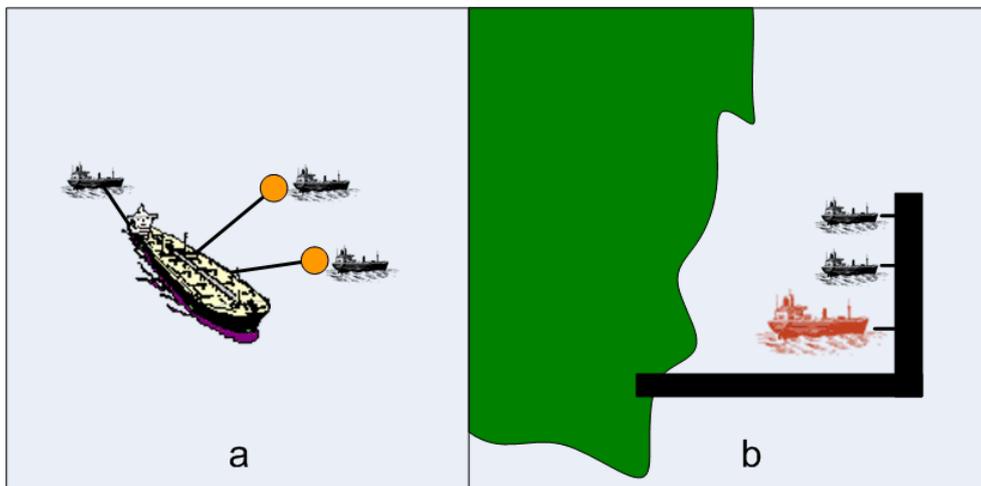
Todavia, algumas questões na situação atual e relativas àquela segunda grande função devem ser consideradas. Sobretudo, deve ser observado o fato de que os pontos ao longo da costa que dispõem de enseadas ou proteções naturais propícias para se instalar um terminal concentrador da produção de óleo de alto mar estão quase saturados ou inexitem. Outro problema é o elevado custo atual da construção de tanques quando é preciso mais espaço para armazenar petróleo. Para contornar esse último problema, duas ações são úteis: o uso mais freqüente de operações de transbordo entre navios atracados no próprio terminal e a utilização de um navio com função de FSO (Floating Storage & Offloading: Armazenagem e Alívio Flutuantes) do porte VLCC (cerca de 300.000m<sup>3</sup>) para armazenamento, o que é atualmente uma alternativa econômica.

As cargas aliviadas das plataformas de produção são transportadas em navios do porte Suezmax (150.000m<sup>3</sup>) dispondo do recurso DP (posicionamento dinâmico). Como esses navios que transportam petróleo são constituídos de diversos compartimentos separados de tal forma que podem segregar cargas diferentes, um VLCC pode acomodar com flexibilidade duas cargas completas de Suezmax.

Optando-se pelo uso de um navio VLCC para o armazenamento, resta a outra questão, mais difícil: a forma e localização do terminal concentrador e expedidor da produção marítima de petróleo. Para abordar essa questão, nesse contexto apresentado, devemos examinar e comparar duas alternativas para esse terminal:

- a) **Terminal oceânico**, localizado no mar e usando um VLCC como FSO, além de

- duas monobóias para atracação de navios (Figura 2a).
- b) **Terminal de costa**, em local de mar aberto, procurando reproduzir um terminal oceânico como na alternativa (a). Nesse caso, também seria usado um FSO de porte VLCC atracado em píer como tancagem. Fora esse berço, outros dois serviriam para atracação de navios (Figura 2b).



**Figura 2: Alternativas para o terminal**

Assim sendo, o conteúdo deste artigo resume-se a uma análise comparativa por simulação estocástica entre essas duas alternativas, dando ênfase à maximização da capacidade de escoamento da produção e à minimização das paradas de produção nos campos petrolíferos servidos pelo terminal escolhido.

São apresentados definições e aspectos da comparação das alternativas de terminal na seção 2 e o entendimento do processo logístico na seção 3. As seções 4 e 5 apresentam a estrutura, construção e validação dos modelos. A seção 6 discute os cenários de um estudo típico e os resultados das simulações e a última seção apresenta conclusões.

## 2. Aspectos da comparação das alternativas de terminal

O esquema logístico considerado neste artigo tem por finalidade escoar eficientemente a produção de petróleo extraído no mar, evitando perdas financeiras decorrentes de paradas de produção. O processo executado para esse fim pode ser visto como uma seqüência de atividades divididas em duas partes.

A parte inicial dessa seqüência é constituída pelas tarefas executadas para o alívio das plataformas de produção. Essas tarefas são relativas à solicitação das retiradas dos petróleos estocados nas unidades produtoras, utilizando uma frota de navios DP de porte Suezmax, e ao transporte para o terminal. Cabe ressaltar que essas tarefas executadas na primeira parte do ciclo logístico são iguais para qualquer alternativa de terminal escolhida.

A segunda parte, cujo fim é concentrar, armazenar e dar destino aos petróleos produzidos, é constituída fundamentalmente da operação do terminal, seja este de costa ou oceânico. Os terminais, de modo geral, têm as estruturas básicas descritas a seguir.

O terminal oceânico seria constituído de um navio de porte VLCC, sendo este usado como FSO, mais duas monobóias. Desta forma, possui três pontos de atracação, sendo um em cada monobóia e outro na popa do FSO (Figura 2a).

O terminal de costa seria constituído de um píer onde seria mantido atracado permanentemente um navio de porte VLCC com função de FSO. Disporia também de mais dois berços nesse píer para os navios que chegam com petróleo ou os que recebem os óleos para transportar (Figura 2b).

As movimentações típicas para qualquer desses terminais são: descarregamento do navio DP para a tancagem do FSO, chamado In-load; carregamento do navio convencional (seja

Suezmax ou VLCC) a partir do óleo armazenado no FSO, chamado Off-load; e o transbordo, tanto através das monobóias do terminal oceânico ou entre os berços do píer no caso do terminal de costa.

Assim sendo, para estudar, dimensionar e comparar as duas opções de terminal, foi feita uma abordagem através de modelos de pesquisa operacional que utilizam a técnica de simulação estocástica (Limoeiro et al., 2009 e 2010). Os dois modelos construídos são, na verdade, versões diferentes de uma mesma modelagem conceitual (Balci e Ormsby, 2007), com diferenças apenas na forma de representar algumas particularidades de operações equivalentes. Ambos os modelos procuram avaliar a efetividade de cada uma das duas alternativas de terminal através do processamento de cenários com diferentes valores assumidos para os diversos fatores que influem na operação logística do terminal. Tais variações provocam efeitos diferentes conforme o tipo de terminal. A seguir, apresentamos esses fatores relevantes.

**a) Número de pontos de atracação:**

O terminal oceânico dispõe de três, o que permite utilizar indistintamente duas filosofias de operação do terminal, ou seja, dando prioridade ou para os transbordos ou para In-load seguido de Off-load. Além disso, é possível fazer ao mesmo tempo um transbordo e um In-load pela popa.

O terminal de costa só possui apenas dois pontos de atracação, o que inviabiliza realizar o transbordo ao mesmo tempo de um In-load. Isto acarreta que a prioridade deva ser sempre dada aos transbordos, relegando a operação de In-load seguido de Off-load a uma alternativa em situações excepcionais, como a existência de falha em um berço.

**b) Condições ambientais:**

Para o terminal oceânico, existe uma diferença de tratamento da atracação nas monobóias e na popa do FSO. Na popa do FSO, só atracam navios DP e, na maioria das situações, essa operação pode ser realizada mesmo à noite ou com mau tempo. Nas monobóias, qualquer navio pode atracar, mas não são permitidas que essas operações sejam realizadas à noite ou com mau tempo. As informações sobre probabilidade de mau tempo foram obtidas de dados registrados pelo sistema MetOcean.

Para o terminal de costa, os dois berços não têm restrições quanto a navios. Embora se possa supor que as restrições de mau tempo e operações noturnas sejam menos severas que no alto mar, isto pode não ser totalmente verdade, pois se espera que o terminal de costa esteja em mar aberto e existe a necessidade de uso de canal de acesso longo. Então é possível que essa vantagem ambiental sobre o terminal oceânico seja praticamente inexistente.

Outra diferença entre os dois tipos de terminal é que existe ainda a possibilidade do canal de acesso ao terminal de costa ter que ser compartilhado com navios que não transportam petróleo, significando ainda mais restrições à movimentação de navios, pois só deve passar um navio por vez no canal.

**c) Falhas em equipamentos de conexão:**

Os problemas em monobóias e seus mangotes existentes nos terminais oceânicos são mais críticos do que nos berços dos terminais de costa.

**d) Falta de concatenação dos horários de chegada do navio que traz a carga para o terminal e seu par que receberá essa carga:**

A frequência e a amplitude das diferenças entre os horários de chegada podem provocar o aumento das mudanças episódicas de operações originalmente previstas para transbordo para operações do tipo In-load seguido de Off-load. Isso contribui para que navios DP que chegam com óleo sejam liberados mais cedo para cuidar de outro alívio de plataforma. Conforme o nível de ocorrências deste tipo aumenta, o terminal oceânico será menos atingido do que o terminal de costa, pois o primeiro se adapta melhor às operações de In-load/Off-load.

**e) Disponibilidades dos navios DP para alívio das plataformas:**

Os navios tipo DP são os responsáveis pela ligação entre as plataformas de produção e os terminais, sejam eles oceânicos ou costa. Essa frota pode ser considerada cativa para esta função. Por isso, pode-se dizer que uma das facilidades desses modelos de simulação é ajudar a dimensionar a frota destes barcos. Fora a capacidade de movimentação do terminal obtida pela

simulação depender, dentre os fatores, diretamente do tamanho da frota de navios DP aliviadores, outro resultado também fornecido pelos modelos que ajuda nesse dimensionamento é o tempo médio de ciclo desses navios. Esse ciclo começa a ser medido quando é solicitado um alívio e termina quando o navio DP, já vazio, desatraca do terminal após a execução das movimentações programadas.

### 3. Entendimento do processo logístico

O processo básico logístico pode ser descrito como uma seqüência de passos representando o ciclo completo de eventos desde a solicitação de retirada do petróleo estocado numa das plataformas de produção até a expedição do óleo recolhido na operação de alívio para o seu destino final. Os passos estão descritos a seguir:

- 1) A capacidade de armazenamento na unidade de produção de um campo de petróleo atinge o nível em que é necessário retirar o óleo.
- 2) Um navio do tipo DP precisa estar disponível para este serviço.
- 3) O navio chamado executa o alívio da plataforma/unidade de produção e viaja em direção ao terminal concentrador.
- 4) Enquanto o alívio do item (3) estiver sendo executado, um navio convencional é acionado para também viajar em direção ao terminal a fim de receber esse carregamento de óleo e transportá-lo para seu destino final, fora desse contexto logístico.
- 5) Tanto os navios do tipo DP quanto os convencionais, quando chegam ao terminal, esperam na fila a oportunidade para atracar.
- 6) O navio, então, atraca e executa uma das movimentações típicas – In-load/Off-load envolvendo o FSO ou transbordo pelas monobóias ou berços – e, ao final, desatraca.
- 7) Completada a operação, os navios convencionais dirigem-se carregados para o destino final e os navios tipo DP ficam liberados e aguardam nova solicitação de alívio das plataformas de produção.

Cabe ressaltar que este processo descrito é realizado para cada carga aliviada das plataformas, portanto, num mesmo instante, podem coexistir, de forma paralela, diversos ciclos logísticos, um para cada uma destas cargas com seus respectivos navios que certamente estão em pontos diferentes deste ciclo.

Quanto aos resultados esperados para ambos os modelos de simulação, tanto o do terminal oceânico quanto o do terminal de costa resumem-se à questão essencial: qual é a capacidade de movimentação deste sistema logístico e quais são os impactos na continuidade da produção de petróleo; ou seja, maximizar o volume movimentado pelo terminal com o um mínimo de produção postergada.

Importante adicionar que, para a configuração e capacidade do terminal em questão, em qualquer das alternativas, espera-se não mais de uma parada por ano nos campos de produção atendidos por esse sistema logístico.

Além dos resultados principais, outras saídas dos modelos também são muito úteis, tais como:

- Estoque médio no FSO;
- Duração média do ciclo, em horas, dos navios tipo DP;
- Estatísticas relacionadas às operações executadas no sistema logístico, tais como o número de alívios realizados, número total de transbordos, In-loads e Off-loads e outras contagens semelhantes;
- Tempo de fila dos navios no terminal.

Quanto aos dados de entrada que foram coletados e analisados, destacamos os seguintes:

- Seleção das plataformas de produção que comporão o sistema logístico em conjunto com as opções de terminal a analisar;
- Curvas de produção dos campos petrolíferos envolvidos;

- Volumes aliviados em cada operação;
- Estimativa do tamanho da frota de navios DP;
- Informações estatísticas sobre condições de mar e o período de luz diurna para todos os meses do ano;
- Regras de atracação e desatracação;
- Tempos de viagem entre as plataformas e o terminal;
- Vazões de transferência entre navios em transbordo, entre navios e plataformas, etc.;
- Ocorrências de falhas nas estruturas de conexão entre os navios e monobóias ou berços.

Assim sendo, os modelos que foram desenvolvidos para cada alternativa representam todo o ciclo logístico dos petróleos desde suas produções, regras de movimentação dos navios, condições ambientais e armazenamento nas respectivas unidades de produção até suas expedições por navios convencionais, destinadas a exportações ou suprimento das refinarias nacionais.

#### 4. Implementação do programa de simulação

Os modelos foram implantados segundo o fluxograma básico do programa de simulação mostrado na Figura 3 a seguir:

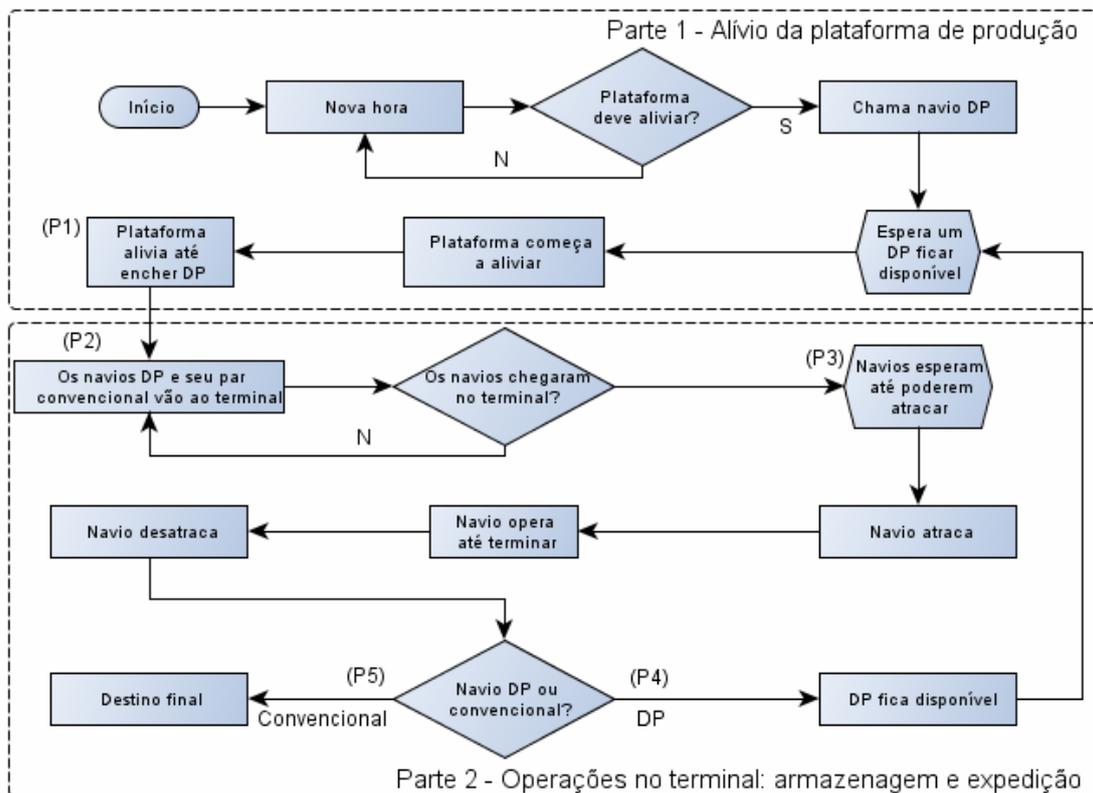


Figura 3: Fluxograma do programa de simulação

O processo principal executa em seqüência as etapas que representam desde a solicitação de alívio da produção até a expedição final para cada uma das cargas que estão percorrendo o ciclo logístico. Embora a cada instante possam coexistir varias cargas em pontos diferente do processo, todas elas são perfeitamente gerenciadas pelo programa de simulação.

Os seguintes pontos assinalados no fluxograma do modelo merecem comentários:

- **Ponto P1:** Quando termina o alívio da plataforma, já podemos estimar quando será o próximo alívio dela. Todavia, a chamada do navio DP só será realizada quando o estoque de petróleo da plataforma atingir um nível pré-definido em que torna-se

necessário retirar este estoque.

- **Ponto P2:** Durante o alívio da plataforma, um navio convencional também é solicitado. Esse é o parceiro logístico do navio que está recebendo o óleo da plataforma de produção e irá, depois, no domínio do terminal, receber esta carga.
- **Ponto P3:** Os navios chegam ao largo do terminal para atracar. Entretanto, para que a atracação ocorra, são necessárias que diversas condições estejam favoráveis:
  - As condições do mar precisam estar adequadas,
  - Se houver restrição noturna, é preciso que esteja de dia,
  - As monobóias ou berços não podem apresentar defeitos,
  - Se o navio for operar um transbordo, seu par precisa também ter chegado,
  - Se o navio for receber petróleo do FSO, é necessário que a carga já esteja disponível.
- **Ponto P4:** O navio DP, após descarregar sua carga e desatracar, fica à disposição para aliviar outra plataforma.
- **Ponto P5:** O navio convencional, após receber a carga no terminal, dirige-se à exportação ou ao suprimento das refinarias.

A estrutura básica e geral do modelo de simulação foi complementada com informações relativas ao problema em mãos, tais como: detalhamento das operações e suas regras referentes às movimentações de petróleo, características dos navios, condições e limitações operacionais.

Configuração geral do programa e parâmetros de processamento:

- O software utilizado foi o PROMODEL, com os dados de entrada em planilhas do MS-EXCEL.
- O processamento do modelo é horário, com horizonte de cada replicação de um ou mais anos completos.
- Foi usado um período de aquecimento de um ano. Este tempo é suficiente para que a simulação atinja o regime estacionário e necessário para efeito de normalização dos resultados, o que é importante para visualização das informações geradas pelo modelo por seus usuários.
- Cada cenário foi replicado trinta vezes para que os resultados tivessem precisão suficiente para que pudessem ser comparados e subsidiar as decisões da empresa.

## 5. Verificação e validação dos modelos de simulação

Após a conclusão da configuração e codificação do programa, de acordo com o modelo conceitual-lógico (Leal et al., 2007), foram realizados testes gerais de verificação e validação com várias combinações de parâmetros, às vezes propositalmente impossíveis, para comprovar que as rotinas de processamento elaboradas estavam robustas.

O processo de verificação do modelo lógico foi iniciado após a retirada dos erros mais grosseiros, que impediam que a execução dos modelos chegasse a um fim normal. Foram executados vários processamentos, cada função lógica foi verificada e, em casos necessários, foram providenciadas correções e aprimoramentos de algumas rotinas para, por exemplo, evitar erros causados por valores extremos e divisões acidentais por zero.

Quanto ao processo de validação, este foi executado considerando o uso das técnicas de validação face a face e a análise de sensibilidade (Chwif, L e Medina, A, C, 2006).

Normalmente, quando nossa equipe desenvolve modelos, existe a preocupação especial de utilizar o processo de validação face a face com especialistas das áreas da nossa empresa que operam as atividades reais que estão sendo modeladas. Nesse caso não foi diferente, mas houve a necessidade de dar uma ênfase especial para a técnica de validação por análise de sensibilidade, pois esses tipos de operações com terminais marítimos são, no momento, menos utilizados na empresa do que se espera no futuro. Deste modo, foi feito um conjunto de processamentos que procurasse registrar e avaliar os impactos das variações de cada um dos parâmetros dos modelos.

De fato, as técnicas foram utilizadas paralelamente, pois o face a face foi periodicamente utilizado conforme se avançava com a análise de sensibilidade, de sorte que esta fornecia subsídios para que os especialistas ajustassem possíveis desvios. Podemos, então,

afirmar que análise de sensibilidade forneceu subsídios para a técnica face a face e vice-versa.

Cabe concluir esta seção ressaltando que o processo de validação do modelo utilizando contatos freqüentes entre a equipe envolvida com a operação do sistema logístico real e a equipe de desenvolvimento do modelo de simulação ajudou a todos os envolvidos a se compreenderem e a colaborarem para obter o melhor resultado para a empresa como um todo.

## 6. Seleção dos cenários a estudar e alguns resultados comentados

Os cenários apresentados e seus respectivos resultados foram selecionados procurando representar um estudo típico na Empresa quando se aborda o problema de selecionar a forma de escoamento de petróleo sob as condições expostas neste trabalho.

O horizonte da simulação utilizado foi o correspondente a três anos, pois o estudo objetiva ajudar a Empresa a analisar as alternativas de escoamento do petróleo durante um período crítico que tem esta duração.

As saídas obtidas pelos modelos foram:

- a) Volume total médio movimentado no sistema logístico por dia, em metros cúbicos.
- b) Número de paradas de produção no período considerado.
- c) Volume médio, em base diária, da produção postergada, em metros cúbicos.
- d) Estoque médio armazenado no FSO, em metros cúbicos.
- e) Ocupação percentual dos berços ou píeres do terminal.
- f) Tempo médio na fila de espera dos navios para atracarem nas monobóias ou berços, em horas.
- g) Tempo de ciclo médio dos navios tipo DP, em horas.

Uma vez que a precisão do modelo foi ajustada durante a determinação da quantidade de replicações para que os cenários selecionados fossem distintos, pode-se comparar os cenários através dos valores médios apresentados e indicar os melhores durante o processo de análise descrito a seguir.

- **Rodada 1:** Preferência por transbordo para as duas alternativas, considerando dois diferentes patamares de produção total dos campos de petróleo. Sendo assim, quatro cenários foram processados, sendo dois para cada alternativa, variando o patamar de produção.
- **Rodada 2:** Preferência por transbordo para as duas alternativas, mas assumindo condições ambientais mais favoráveis para o terminal de costa. Dois cenários processados: um melhorando as condições de mar e outro sendo possível atracar de noite no terminal de costa. São considerados dois patamares de produção total dos campos de petróleo.
- **Rodada 3:** Impacto de usar a preferência por In-load/Off-load em relação ao transbordo para o terminal oceânico. É considerado um terceiro patamar de produção dos campos de petróleo, superior aos dois anteriores. Foram processados dois cenários com as diferentes preferências.

**Tabela 1: Rodada 1**

Resultado	Un.	Terminal oceânico		Terminal de costa	
		Produção menor	Produção maior	Produção menor	Produção maior
<b>Produção total</b>	m <sup>3</sup> /dia	58.700	65.400	58.700	64.000
<b>Paradas de produção</b>		0	0	1	94
<b>Produção postergada</b>	m <sup>3</sup> /dia	0	0	19	1.850
<b>Estoque no FSO</b>	m <sup>3</sup>	49.300	63.000	22.000	75.000
<b>Ocupação das monobóias/berços</b>	%	57%	63%	68%	74%
<b>Tempo de fila</b>	h	31	36	65	111
<b>Tempo de ciclo dos</b>	h	133	137	176	215

navios DP					
-----------	--	--	--	--	--

**Tabela 2: Rodada 2**

Resultado	Un.	Terminal oceânico	Terminal de costa		
		Base	Base	Mar melhor	Atraca à noite
<b>Produção total</b>	m <sup>3</sup> /dia	65.400	64.000	65.200	65.400
<b>Paradas de produção</b>		0	94	31	0
<b>Produção postergada</b>	m <sup>3</sup> /dia	0	1.850	480	0
<b>Estoque no FSO</b>	m <sup>3</sup>	63.000	75.000	44.800	2.900
<b>Ocupação das monobóias/berços</b>	%	63%	74%	73%	70%
<b>Tempo de fila</b>	hora	36	111	83	30
<b>Tempo de ciclo dos navios DP</b>	hora	137	215	190	141

Na Tabela 2, as colunas Base são comparações com condições iguais às da Tabela 1.

**Tabela 3: Rodada 3**

Resultado	Un.	Terminal oceânico	
		Prioridade: Transbordo	Prioridade: In-load/Off-load
<b>Produção total</b>	m <sup>3</sup> /dia	69.800	72.300
<b>Paradas de produção</b>		169	2
<b>Produção postergada</b>	m <sup>3</sup> /dia	3.550	17
<b>Estoque no FSO</b>	m <sup>3</sup>	105.768	78.500
<b>Ocupação das monobóias/berços</b>	%	80%	68%
<b>Tempo de fila</b>	hora	146	42
<b>Tempo de ciclo dos navios DP</b>	hora	219	143

Os resultados da primeira rodada (Tabela 1) mostram que o terminal oceânico apresenta uma tendência de superioridade operacional com aumento da produção e com as mesmas condições ambientais. A operação do terminal de costa no patamar mais alto de produção é inaceitável em termos da produção postergada.

Os resultados da segunda rodada (Tabela 2) mostram que condições ambientais mais favoráveis melhoram muito a capacidade operacional do terminal de costa, sendo que, caso seja possível atracar à noite, tem-se a indicação de que a operacionalidade fica equivalente à do terminal oceânico. Cabe observar que, no cenário em que se permite a atracação à noite no terminal de costa, a ocupação do FSO foi muito pequena.

Os resultados da terceira rodada (Tabela 3) mostram a superioridade da preferência por In-Load/Off-Load ao invés do transbordo na operação do terminal oceânico. Apesar do novo aumento da produção, o nível de produção postergada continua aceitável.

Cabe ressaltar que as paradas de produção são causadas por atrasos nos alívios, o que é o pior que pode acontecer para os responsáveis pela produção nas plataformas. É relevante, portanto, que as quantidades de paradas representam um percentual muito pequeno do total de alívios realizados nos melhores cenários. No horizonte de simulação, são realizados entre 550 e 750 alívios dependendo do nível da produção total informado como parâmetro de entrada de cada cenário.

## 7. Conclusão

Os processamentos dos modelos para as duas alternativas de terminal expedidor da produção de petróleo em alto mar, respectivamente para o terminal oceânico e para o terminal de costa, demonstram que ambas as opções podem ser aceitáveis, dependendo do conjunto de diversos fatores ambientais, geográficos, econômicos, ou ainda de outras oportunidades do momento específico. O importante é que, em qualquer contexto que envolva uma decisão sobre esse tipo assunto, deve-se sempre investir em informação e em ferramentas de apoio a decisão, como a do presente artigo. Isso tudo é porque as escolhas que precisam ser feitas nesses casos não são óbvias e, portanto, dependem de uma análise criteriosa.

As comparações gerais sobre os resultados obtidos estão resumidas na Tabela 4.

**Tabela 4: Comparação entre os terminais**

	Terminal	
	Oceânico	de Costa
<b>Vocação Operacional</b>	In-load / Off-load	Transbordo
<b>Flexibilidade</b>	Melhor	Pior
<b>Condições Ambientais</b>	Pior	Melhor
<b>Capacidade de Movimentação</b>	Depende do Contexto	Depende do Contexto

Como perspectivas futuras, para ambos os modelos, pensa-se em incluir outras facilidades para outras análises que possam, por exemplo, considerar o uso de navios do porte de um VLCC para transportar as cargas de petróleo para exportação.

## Referências

- Balci, O. e Ormsby, W. F.** (2007), Conceptual modeling for designing large-scale simulations, *Journal of Simulation*, I(3), 175–186.
- Chwif, L. e Medina, A. C.** (2006), *Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações*, 1º Edição, Editora dos autores, São Paulo, RJ.
- Leal, F.; Oliveira, M.L.M. de; Almeida, D.A. de; Montevechi, J.A.B; Marins, F.A.S.; Matos, A.J. de M.** (2007), Elaboração de modelos conceituais em simulação computacional através de adaptações na técnica idef0: uma aplicação prática, *Atas do XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Foz do Iguaçu, PR.
- Limoeiro, C., Vasconcelos, R. V. J. C., Pereira, B., Araujo, C. F. e Fuller, D. B.** (2009), Dimensionamento do sistema de produção das plataformas marítimas de petróleo quanto ao armazenamento de sua produção e aos recursos de sua logística de escoamento, usando simulação, *Anais do SBPO 2009*, Sobrapo, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Limoeiro, C., Fuller D. B. e Araujo, C. F.** (2010), Modelo de simulação para analisar o escoamento da produção de derivados de petróleo a partir de terminal marítimo, *Anais do SBPO 2010*, Sobrapo, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- MetOcean Data Systems**, dados meteoceanográficos.
- Ross, S. M.** (2006), *Simulation*, 4º Edição, Elsevier Academic Press, London, UK.