

MODELO DE SIMULAÇÃO PARA ANALISAR O ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO DE DERIVADOS DE PETRÓLEO A PARTIR DE TERMINAL MARÍTIMO

Claudio Duarte Pinto Limoeiro

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

Celso Fernandes Araujo Filho

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

RESUMO

Este trabalho apresenta o uso de um modelo de simulação para avaliar os impactos logísticos da construção de uma nova refinaria no sistema atual de movimentação de produtos na região sudeste do Brasil. Essa unidade produzirá derivados de petróleo e a maior parte de seu mercado estará em outros estados do Brasil. Desta forma, será necessário expedir estes produtos através de um terminal marítimo que atualmente já serve a duas refinarias da região. A dificuldade deste projeto reside no fato de ter que se buscar uma configuração de recursos logísticos a investir, principalmente, na área do terminal marítimo para que a retirada da produção da nova refinaria e das existentes tenha um desempenho adequado. Esses possíveis investimentos podem ser em tanques, dutos, bombas e píeres.

PALAVRAS CHAVE. Terminal Marítimo. Refinaria de Petróleo. Logística. Área principal: Simulação.

ABSTRACT

This paper presents the application of a simulation model in evaluating the logistic consequences of building a new oil refinery to the current product transportation system in the southeast region of Brazil. This new plant will produce oil derivatives and most of its market will be in other Brazilian states. Therefore, it will be necessary to transport these products using the maritime terminal that currently serves two other refineries in the region. This projects difficulty resides in the fact that a logistic sources investment setup, especially around the maritime terminal, must be found that sustains the adequate flow of products of both the new plant and the old ones. These investments can involve tanks, pipelines, pumps and piers.

KEYWORDS. Maritime Terminal. Oil Refinery. Logistics. Main area: Simulation.

1. Introdução

A Petrobras se utiliza bastante do transporte por cabotagem para abastecer de derivados as regiões do mercado interno distantes das refinarias. O processo torna-se vantajoso e conveniente, pois implica, devido ao volume movimentado, uma melhor equalização dos preços, além de aproveitar o fato de que boa parte dos consumidores está perto do litoral. Entretanto, para se cumprir às atividades com a requerida eficiência, torna-se necessária uma logística bem organizada.

Grosso modo, o sistema logístico completo para derivados finais escoados por cabotagem é constituído das seguintes etapas:

- retirada dos produtos da região de produção;
- o curso de viagem dos navios;
- a chegada no destino.

O artigo trata dos problemas decorrentes do escoamento da produção de derivados de petróleo da região de produção de refinarias através de modal marítimo. As atividades contempladas são as equivalentes à primeira etapa de um processo logístico completo de distribuição de derivados acabados, ou seja, a etapa “retirada da produção”.

A expedição dos produtos, a etapa inicial, é também a parte mais crítica, pois conta com menor grau de liberdade de atuação. O sistema de produção tem localização fixa, o processo é geralmente contínuo e existem limitações na capacidade de armazenagem dos produtos, tanto dos finais quanto das matérias primas.

Este trabalho procura mostrar não só o processo de modelagem por simulação do contexto objeto, mas também como se usou as saídas importantes para se obter uma análise consistente.

São tratados o contexto do problema real na seção 2 e a concepção do modelo na seção 3. As seções 4 e 5 apresentam a estrutura e construção do modelo. A seção 6 discute os cenários e os resultados da simulação e a última seção apresenta conclusões.

2. O sistema real estudado

O contexto estudado é referente a uma refinaria em construção na região sudeste do Brasil que no futuro dependerá de um terminal marítimo, no mesmo estado, mas distante 70 km, para escoar a maior parte de sua produção.

Este terminal serve, atualmente, a outras refinarias e também está associado a outro terminal, porém terrestre.

Como qualquer sistema de movimentação de produtos líquidos de petróleo, este se constitui de certos elementos bem característicos com funções predominantemente logísticas, tais como tanques, dutos, bombas e píeres.

As grandes instalações que foram consideradas no contexto do estudo estão listadas a seguir e são mostradas esquematicamente na Figura 1:

- Terminal marítimo com quatro berços de calados diferentes,
- Refinaria existente que está associada ao terminal marítimo (Refinaria 1),
- Terminal terrestre junto da Refinaria 1. Este terminal também atende a Refinaria 2, bem mais distante,
- Dutos de ligação para ligar os berços do terminal marítimo às unidades terrestres existentes ou futuras,
- Refinaria nova a ser construída.

Assim sendo, o objetivo do estudo pode ser explicitado como: avaliar o sistema logístico existente para movimentação de derivados na região em questão para saber se ele, no futuro, será capaz de suportar as novas demandas e, em caso negativo, propor os investimentos necessários em infra-estrutura logística.

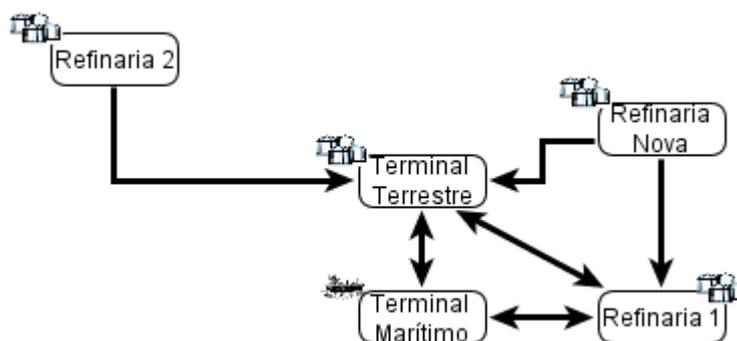


Figura 1: Esquema do sistema

Resumidamente, o funcionamento básico do fluxo operacional–logístico futuro referente à refinaria nova que precisa ser analisado tem as seguintes etapas;

Como toda refinaria, esta nova unidade deve funcionar continuamente e seus produtos acabados precisarão ser armazenados em parques de tanques locais para, oportunamente, serem transferidos via duto para tanques intermediários mais próximos do terminal marítimo.

A tancagem intermediária que será necessária entre a refinaria nova e o terminal marítimo deverá, então, localizar-se junto ao terminal terrestre existente.

Quando o produto estiver disponível na tancagem intermediária e o navio a ser carregado estiver atracado no berço e pronto para receber, então, serão realizados os carregamentos

Paralelamente ao processo de disponibilização dos produtos para embarque, existe o processo de chamada, chegada e atracação dos navios nos berços. Neste processo, o navio é solicitado conforme a programação de existência de carga pronta. Ainda assim, após a chegada dos navios na orla próxima ao terminal, faz-se necessário existir um berço desocupado no qual o navio possa atracar de acordo com seu porte.

Os pontos críticos do fluxo logístico apresentado que deverão ser verificados em cada etapa acima são os seguintes:

Na etapa A: Tancagem local para receber a produção;

Na etapa B: Tancagem intermediária e a vazão dos dutos vindos da refinaria;

Na etapa C: Dutos de transferências para carregamento dos navios;

Na etapa D: Disponibilidades dos berços do terminal marítimo e filas de navios para atracar.

3. Concepção do modelo

Historicamente, este tipo de estudo, geralmente de grande porte, é abordado na Empresa através modelos de pesquisa operacional que utilizam a técnica de simulação estocástica. Os modelos são subsidiados por modelagem conceitual-lógica (Balci e Ormsby, 2007). Esses modelos de simulação, desenvolvidos pela equipe da empresa (ver exemplos em Limoeiro et al. 2007 e 2008 e em Barbosa et al., 2007), cuidam da movimentação de petróleo e derivados que envolvem produção ou recebimento externo, armazenagem, transferências internas e expedição ao mercado. Desse modo, o contexto analisado é representado lógica e conceitualmente por um conjunto de operações realizadas hora a hora usando os parques de tanques como recurso de armazenagem dos produtos e estabilização do processo realizado por essas operações.

Neste caso em especial, apesar de usar os mesmos princípios quanto ao uso dos tanques como figura central das operações de movimentação, outro aspecto tem uma função mais importante no tocante ao objetivo do estudo: o uso dos píeres do terminal marítimo. Essa característica, melhor esmiuçada, significa que é necessário conciliar o funcionamento contínuo das unidades de produção (refinarias) com um serviço prestado intermitentemente, sob demanda (movimentações por navios). As dificuldades geradas por essa conciliação têm impacto direto no

uso da tancagem, que é responsável por absorver as oscilações no fluxo dos produtos.

Assim sendo, o modelo lógico-conceitual deve considerar que o píer é um ponto onde bateladas do tamanho dos compartimentos de navios estão, de forma regular, sendo retiradas para os tanques desses navios. Atualmente, sabe-se que os produtos retirados ou recebidos pelas outras duas refinarias existentes constituem um processo estabilizado. Deste modo, quando incluímos a produção da terceira refinaria, assumimos essa sobreocupação dos recursos do conjunto de píeres e dutos que os servem, mas o sistema logístico não deverá deixar de atender suas metas atuais.

O modelo deve representar essa mudança no sistema e incorporar as operações da refinaria nova, mas mantendo as operações já existentes funcionando de forma regular. A partir daí, devemos direcionar seu processamento buscando uma configuração de recursos que mantenha todo o sistema funcionando integradamente e com níveis de operação e serviço adequados.

O modelo construído teve como o principal fator modificador dos estados operacionais a produção das refinarias. Todo o processo foi empurrado por essa produção, com os tanques agindo para amortecer faltas e excessos de demanda e, por sua vez, as vazões e berços agindo para evitar ou amenizar essas faltas e excessos.

As conseqüências da falta de recursos de armazenagem e operacionais podem ser refletidas pelo modelo de dois modos. Um direto: a baixa da carga da refinaria ou menores níveis de operação em unidade operacional; outro indireto, mas igualmente significativo: a expedição de menos navios no terminal do que o esperado, tanto para a produção da nova refinaria quanto para a das já existentes.

O fluxograma lógico geral do modelo do sistema estudado pode ser visto na figura 2.

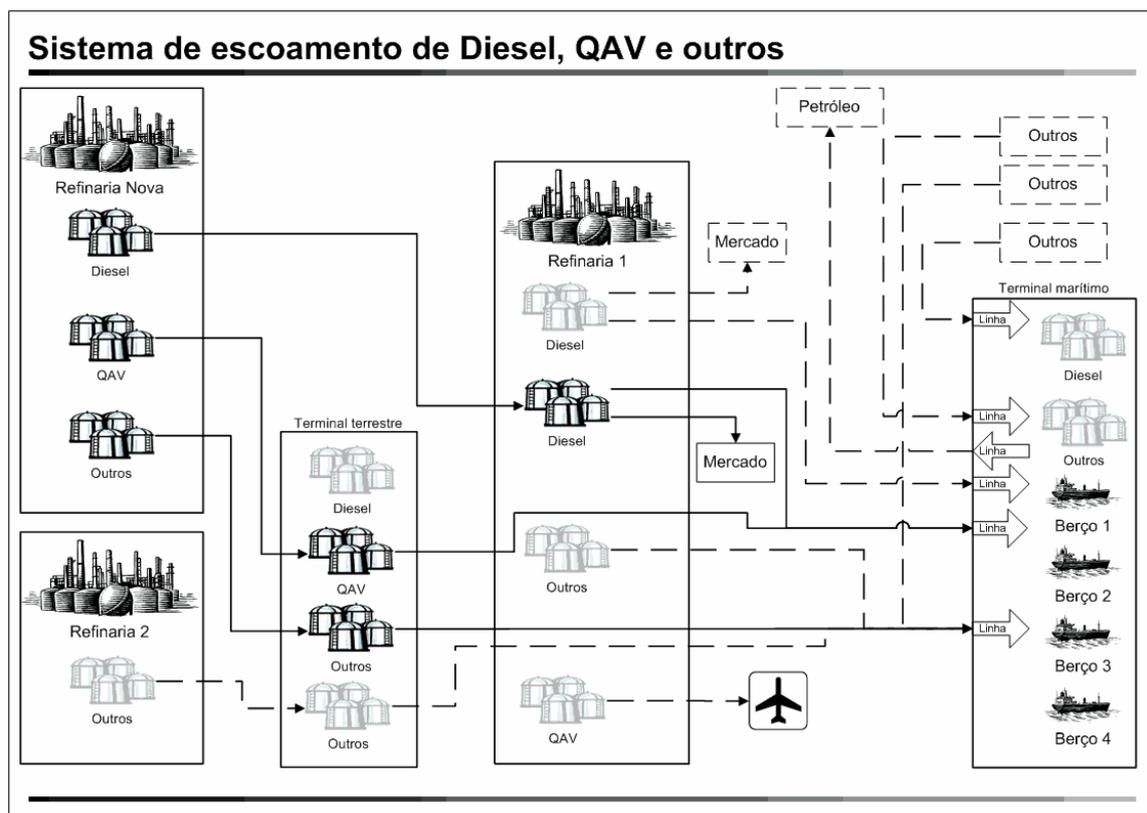


Figura 2. Fluxograma lógico geral do modelo.

4. Implementação do programa de simulação

O modelo desta aplicação aproveita códigos de modelos utilizados anteriormente em problemas semelhantes envolvendo movimentação de volumes em tanques, e é complementado

com as especificidades do problema em questão.

A figura 3 mostra o fluxograma básico do programa de simulação.

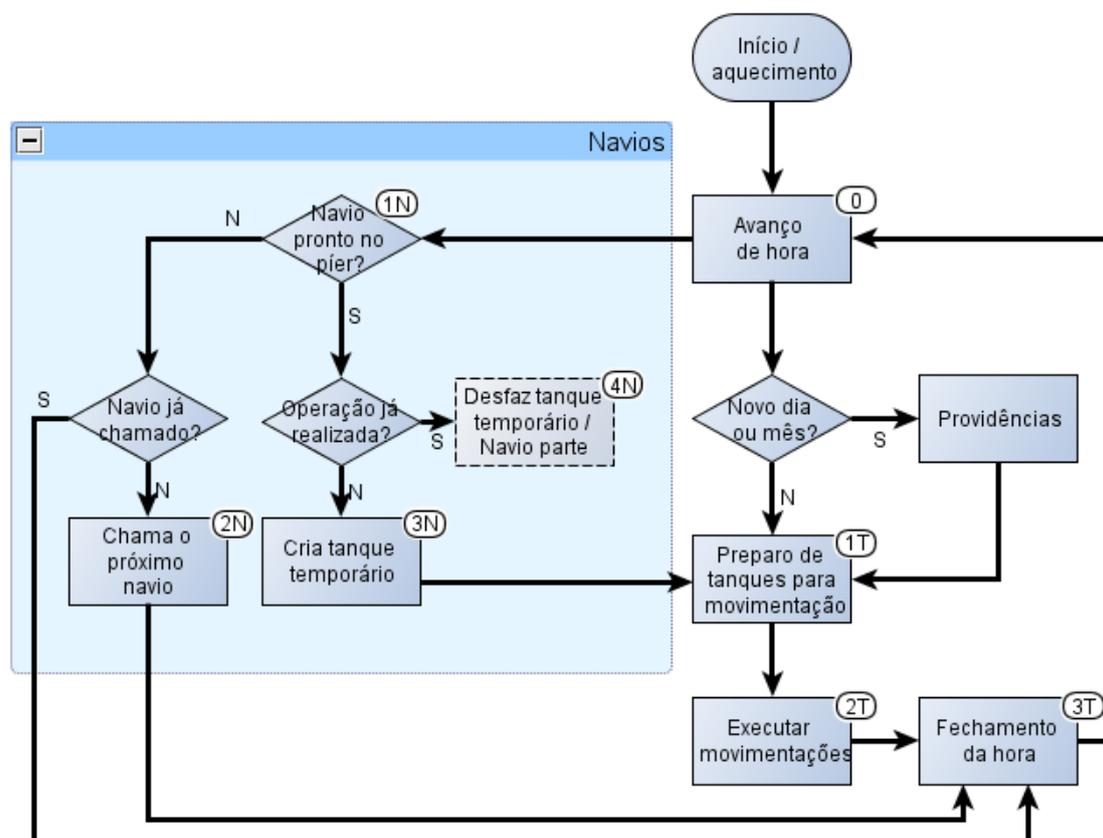


Figura 3. Fluxograma do programa de simulação

Há dois processos paralelos em cada hora: um responsável pela tancagem e outro pelos navios. No início da hora, ambos são disparados e só há interação entre esses processos se houver um navio pronto para operação; neste caso, cria-se um tanque temporário para representar a tancagem do navio.

No processo de tancagem, temos os seguintes passos:

Passo 0: No início de uma hora, dois tipos de processos paralelos são iniciados. Um deles verifica se um dia ou um mês está começando e, se for o caso, toma providências específicas para estes eventos, como atualizar as metas de retirada dos produtos finais, por exemplo. O outro tipo trata dos navios e é replicado tantas vezes quanto houver frotas de navios.

Passo 1T: Depois de tomar as providências necessárias, esse processo confere e ajusta os estados dos tanques, a fim de que sejam usados nas operações de movimentação durante a hora em curso.

Passo 2T: O simulador estabelece, para cada operação, índices que definem quão críticas estão as operações naquele momento, levando em conta metas a serem atendidas, o estado de execução das operações e se há recursos suficientes para sua execução (Fuller, 2009). Assim, as operações podem ser priorizadas de acordo com esse índice e executadas.

Passo 3T: As estatísticas da hora são fechadas e passa-se para a próxima hora

Passo 1N: Verifica se existe navio operando no porto ou se pelo menos já está na região do porto.

Passo 2N: Chama o navio, caso seja necessário.

Passo 3N: Cria um tanque temporário para representar o conteúdo do navio. O navio fica preso no porto até que a operação esteja concluída.

Passo 4N: Após a conclusão das operações do navio, ele vai embora.

A estrutura básica e geral do modelo de simulação foi complementada com as seguintes informações relativas ao problema em mãos:

- a) Levantamento de dados: foram recuperadas e analisadas informações sobre:
 - descrição detalhada dos parques de tanques e píeres do terminal;
 - vazões de carga e descarga de navios;
 - vazões de dutos e transferências intraterminais;
 - tempos de preparo de derivados em tanques;
 - taxas de falhas em dutos;
 - intervalos de chegadas de navios e volumes transportados.
- b) Detalhamento das operações e suas regras: foram mapeadas e representadas todas as operações referentes à produção nas refinarias, transferências entre tanques, descarga e carga de navios e movimentação de bateladas de derivados através dos dutos.
- c) Cálculo consistente do balanço dos volumes dos produtos a serem movimentados através das instalações e terminais no contexto do problema estudado.
- d) Definição das variáveis de saída do modelo:
 - Nível de operação da refinaria nova: mede-se, em percentuais, qual é o nível de produção atingido pelas unidades produtoras dos derivados finais; buscaram-se valores tão próximos de 100% quanto possível e um equilíbrio entre todas as unidades das refinarias;
 - Atendimento de mercado: mede o percentual de produtos finais expedidos em relação ao esperado pelo mercado;
 - Ocupação dos píeres: mede o nível de ocupação dos píeres;
 - Ocupação média percentual da tancagem tanto na refinaria quanto na área intermediária junto ao terminal;
 - Giro da tancagem: mede o número mensal de ciclos dos tanques dos parques de derivados nos terminais e nas refinarias;
 - Número de navios carregados: separados por frotas específicas para os derivados. Este número pode ser comparado ao número previsto de chegadas;
 - Tempo em filas de espera para atracação no porto, por frota de navios.
- e) Configuração do programa e parâmetros de processamento:

O software utilizado foi o PROMODEL, os dados de entrada usaram de planilhas do MS-EXCEL. O processamento do modelo é horário, com horizonte de cada replicação de um ano, precedido de um período de aquecimento de cinco meses. Cada cenário foi replicado trinta vezes.

5. Verificação e validação do modelo 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.

Devido à importância do uso do modal marítimo no problema em análise, resultou que a massa de dados reais analisada, mais importante, foi àquela referente à movimentação dos navios nos berços do terminal marítimo, para os anos de 2007 a 2009, com ênfase nos dois últimos anos. Das estatísticas, se estimou, particularmente, a distribuição de intervalos entre navios, os tempos de atracação e desatracação, e a identificação de outros intervalos relevantes durante a operação do navio. Além disso, essa apuração dos tempos atualmente praticados foi fundamental como conhecimento da realidade, no processo de validação e, mais ainda, como comparativo das soluções dos futuros cenários processados.

O esquema apresentado na figura 4, mostra de forma sintética o processo que é considerado pelo modelo a partir da chegada do navio na orla do terminal marítimo até o início

da nova viagem. O esquema a seguir mostrar um detalhamento completo, mas, em linhas simplificadas, temos a chegada, espera por berço, atracação, operação, desatracação e partida.



Figura 4: Esquema resumo temporal das etapas de operação do navio no porto.

Quando ao processo propriamente dito de validação, este foi executado considerando duas etapas que usaram respectivamente as técnicas de análise de sensibilidade e a validação face à face (Chwif, L e Medina, A, C, 2006).

Para tornar o processo de validação mais representativo, o modelo construído foi inicialmente alimentado com os dados realizados para a movimentação de navios no terminal em 2009 (considerada a instância atual – sem a futura refinaria). Deste modo, o que se buscou na fase de análise de sensibilidade da validação foi processar o modelo e se obter dados coerentes com os atuais, sobretudo os relacionados à ocupação píeres (o indicador mais importante) e a outros como; o número de navios, os tempos de operação dos navios, sobre-estadias e esperas em filas. Paralelamente a busca por resultados estatisticamente coerentes com os dados reais, mas com desvios padrões adequados, procedeu-se também o ajuste do número de replicações mais acertado para o modelo.

Entretanto por mais bem sucedida que fosse a primeira etapa da validação o efeito é insuficiente quando se trata de aprovação de investimentos de grande porte numa empresa como a nossa. Assim sendo, uma etapa posterior utilizando uma técnica face a face é imprescindível para se realizar a completa validação do modelo tanto conceitual quanto operacionalmente. Esta segunda etapa foi realizada com quem realmente entendia do processo e assim sendo, após sua conclusão, com sucesso, pode-se atualizar o modelo com o que faltava de informações referentes aos investimentos futuros que são de fato o objeto do estudo.

Cabe concluir esta seção, ressaltando que a partir da conclusão da validação do modelo operacionalmente, todas as validações dos resultados do modelo sempre foram, a partir daí, feitas em conjunto entre a equipe envolvida com a operação do sistema logístico real e a equipe de desenvolvimento do modelo de simulação. Isto produziu os seguintes benefícios:

- fornecimento atualizado de uma base de comparação para as versões do programa que incorporavam ou modificavam os investimentos futuros, o que permitiu detectar tendências nas interações entre os elementos do sistema que pudessem gerar gargalos operacionais;
- ajudou as diversas equipes responsáveis por diferentes partes do projeto a compreenderem-se e a colaborarem para obter o melhor resultado para a empresa como um todo;
- tornou ágil o processo de implementar melhorias no modelo final, particularmente àquelas advindas dos eventos de validação de resultados que foram mais de um. Isso é comum quando se trata investimentos de grande monta onde muitas equipes estão envolvidas nas decisões a tomar.

6. Seleção dos cenários a estudar e alguns resultados comentados

Após a validação do modelo para situação atual, realizou-se a alimentação dos elementos do sistema logístico para a futura entrada em operação a nova refinaria. Então, foi o momento de construir os cenários necessários para se avaliar o contexto estudado, experimentando alternativas e observando o efeito dessas mudanças nos pontos críticos neste fluxo logístico (citados na seção 2 deste texto). Os principais fatores analisados foram:

- Número de tanques a construir;
- Aumento de vazão nos dutos existentes ou a construir;
- Necessidade de definição das características das frotas de navios.

Nos resultados, são apresentadas as sensibilizações escolhidas sobre as variáveis de saída relacionadas na seção 4 deste texto. Cabe observar que, para as variáveis relacionadas a parques de tanques (giro, ocupação da tancagem, atendimento de mercado) e frotas de navios, foram selecionadas para figurar neste trabalho somente as informações relacionadas aos produtos mais relevantes, que são o diesel (DI) e o querosene de aviação (QAV). Quanto às demais saídas (nível operacional da nova refinaria, ocupação de píeres), os dados mostrados referem-se a dados globais do escopo.

As frotas de navios que são mostradas nos resultados tratam somente de diesel e QAV e por isso também são somente duas: uma frota que leva diesel e QAV ao mesmo tempo, e outra frota que leva só diesel. Para essa situação, foi feita o seguinte cenário alternativo: considerar somente a frota mista, descartando a opção de outra frota exclusiva para diesel.

A seguir, mostramos as saídas dos processamentos dos cenários em três tabelas a seguir reproduzindo em linhas gerais o processo de busca, através do modelo de simulação, pela melhor solução para sistema logístico em funcionamento e para o futuro.

Na Tabela 1 apresentamos de forma sintética valores apurados pela simulação do nível operacional da nova refinaria para as sensibilizações onde se varia o número de tanques de diesel e QAV, tanto na refinaria quanto na área do terminal terrestre intermediário. O número de tanques na refinaria variou de 3 a 4 tanto para diesel quanto para QAV, na área intermediária, o número de tanques foi 2 ou 3 para ambos os produtos (de forma simplificada, quanto o texto refere-se, por exemplo, a 3 tanques de diesel e 4 de QAV, escreve-se “3 DI e 4 QAV”). O total de cenários foi nove.

Realizando a inspeção nos resultados do nível operacional dos cenários da Tabela 1, pode-se descartar seis cenários. Isso porque foi estabelecido que só se deve aceitar valores de no mínimo 94%, o que já representa uma perda grande de produção. Na prática, isso mostrou que não se pode trabalhar na área da tancagem intermediária abaixo de 3 tanques para cada produto o que fixou a configuração da tancagem intermediária em 3 tanques de diesel BTE e 3 tanques de QAV.

Tabela 1: Nível Operacional da nova refinaria

		TANCAGEM INTERMEDIÁRIA		
		2Di e 3QAV	3Di e 2QAV	3Di e 3QAV
TANCAGEM DA NOVA REFINARIA	3Di e 3QAV	81,6%	90,5%	94,4%
	3Di e 4QAV	80,6%	92,9%	95,2%
	4Di e 3QAV	81,5%	92,4%	95,4%

Cenários Aceitos

Na Tabela 2, são apresentados os demais resultados dos três cenários aceitos da Tabela 1 com o objetivo de confirmar a seleção feita baseada na Tabela 1. Além disso, cabe ressaltar que os resultados das Tabelas 1 e 2 são voltadas para avaliar os pontos críticos das

etapas A e B do funcionamento do fluxo operacional-logístico do escopo estudado (ver seção 2). As demais etapas do citado fluxo da seção 2 deste texto poderão ser analisadas pelos resultados contidos na Tabela 3.

Tabela 2: Detalhamento dos resultados dos cenários aceitáveis da Tabela 1

		Alternativas para Tancagem na Refinaria					
		<i>(Após seleção da Tabela 1 que resultou a tancagem intermediária 3 Di e 3 QAV)</i>					
		2 Di e 3 QAV		3 Di e 2 QAV		3 Di e 3 QAV	
Atendimento (%) do Mercado	Diesel	94,2%		95,0%		95,1%	
	QAV	94,1%		95,2%		95,5%	
Parques de Tanques: (ocupação% / Giros ao mês)	DI refinaria	59,9%	4,8	59,9%	4,7	57,4%	3,6
	DI Intermediario	56,9%	3,2	56,8%	3,2	56,8%	3,2
	QAV refinaria	50,6%	2,7	38,1%	2	54,1%	2,7
	QAV Intermediario	56,4%	2	56,3%	2	66,3%	2
Píeres ocupação (%)		67,3%		67,0%		69,3%	
Frotas de Navios (Número / Tempo Fila hr)	Mista (DI + QAV)	104	4,3 hr	106	4,2 hr	97	5,9 hr
	Só de Diesel	8	15,1 hr	7	12,1 hr	15	25,9 hr

Na Tabela 3, estão os resultados dos testes considerando variações nas vazões de dutos entre a tancagem intermediária dos terminais e os píeres e outro cenário propondo uma solução alternativa para as frotas de navios de Diesel e QAV.

Tabela 3: Sensibilizações de vazão para os píeres e frotas de navios para DI e QAV

		Sensibilizações: Aumento de vazão dos dutos para os píeres e cenário de frota de navios							
		Alternativa de Vazão de Dutos						Alternativa Navio	
		3 Di e 3 QAV		3 Di e 4 QAV		4 Di e 3 QAV		4 Di e 3 QAV	
Atendimento (%) do Mercado	Diesel	96,1%		96,4%		98,2%		95,9%	
	QAV	96,0%		96,6%		98,0%		96,2%	
Parques de Tanques: (ocupação% / Giros ao mês)	DI refinaria	59,4%	4,8	58,9%	4,8	53,0%	3,7	57,4%	3,6
	DI Intermediario	56,9%	3,2	56,3%	3,2	57,0%	3,3	56,8%	3,2
	QAV refinaria	50,8%	2,7	38,1%	2	51,7%	2,7	54,1%	2,7
	QAV Intermediario	53,0%	2	53,3%	2	55,9%	2,1	66,3%	2
Píeres ocupação (%)		65,5%		65,5%		66,4%		69,3%	
Frotas de Navios (Número / Tempo Fila hr)	Mista (DI + QAV)	111	3,2 h	111	3,8 h	110	4,0 h	117	2,8h
	Só de Diesel	4	11,8 h	5	8,8 h	8	13,9 h	--	--
Nível Operacional (%)		96,2%		96,7%		98,2%		96,0%	

Observações: Tancagem intermediária mantida 3Di e 3QAV e alternativa de navios significa não usar a frota só de diesel

O processo de busca realizou primeiro os testes de aumento de vazão para os três cenários resultantes das análises das Tabelas 1 e 2. Os resultados obtidos nestes primeiros cenários permitem os seguintes comentários:

O nível operacional obtido no cenário “4 DI e 3 QAV” é superior aos outros dois. Entretanto, todos melhoraram.

Os níveis de atendimento do mercado acompanham o nível operacional e se mantêm equilibrados em todos os casos.

O giro de tancagem é aceitável em qualquer caso.

Os resultados referentes às ocupações da tancagem indicam que a do QAV está mais folgada do que a de diesel, pois no cenário “3 Di e 4 QAV”, onde o número de tanques de QAV na refinaria foi aumentado, a ocupação da tancagem apresentou uma redução proporcional ao novo volume de tancagem. Isso quer dizer que a demanda por tancagem de QAV não está reprimida. No caso inverso, no cenário “4 Di e 3 QAV” não houve redução da ocupação da tancagem de diesel na refinaria, o que indica demanda reprimida por tancagem.

A ocupação dos píeres reduziu em relação aos resultados das tabelas 1 e 2, o que significa que o aumento das vazões foi extremamente positivo.

Os dados referentes ao número de navios das frotas e tamanho de filas por espera de berço melhoraram pouco em relação aos cenários anteriores.

Após a fase sensibilização pelas vazões de dutos para os píeres, pôde-se eleger o cenário “4 Di e 3 QAV”, com os aumentos de vazão nos dutos, como o melhor até o momento, pois:

- o nível de operação, o indicador mais forte para uma refinaria, atingiu 98,2% (muito robusto),
- os níveis de atendimento de mercado para os dois produtos considerados acompanharam o nível operacional, e
- esses níveis de serviços dos produtos estão bem equilibrados entre si.

Quanto ao nível de ocupação dos píeres, o indicador mais forte para um terminal marítimo, o resultado está aceitável e se reduziu nestes novos cenários. Outrossim, as conclusões sobre demanda reprimida por tancagem indicam que a tancagem de diesel é mais estressada que a do QAV, o que justifica os 4 tanques para o diesel.

Apesar de ter-se, neste momento da análise, um cenário praticamente escolhido, pode-se ainda tentar melhorar os resultados processando um cenário alternativo baseado no melhor até agora. O motivo desta tentativa foi devido ao tempo de espera na fila dos navios da frota só de diesel ser de 13,9 horas por navio, que é bem maior em relação à espera da frota mista: 4,0 horas. Isso significa mais gastos com sobre-estadia.

Então foi processado um novo cenário somente com uma frota, a mista de diesel e QAV, esperando desta forma redução da sobre-estadia, mas sem redução do nível operacional na nova refinaria.

Os resultados obtidos deste novo cenário permitem os seguintes comentários:

Embora a sobre-estadia tenha sido reduzida para uma média de 2,8 horas para a única frota restante, o nível operacional da nova refinaria caiu de 98,2% para 96,0% o que é inaceitável. De certa forma, fica demonstrado que as razões entre as produções de diesel e QAV não pode ser desconsiderada quando se faz a alocação aos compartimentos dos navios da frota mista.

Assim sendo, o cenário “4 Di e 3 QAV”, ou seja, com 3 tanques para o diesel e QAV na área intermediária do terminal terrestre, 4 tanques de diesel e 3 de QAV na nova refinaria, com as vazões nos dutos aumentadas e com as duas frotas de navio para o Diesel e QAV deve ser o recomendado.

7. Conclusão

Os resultados do modelo foram apresentados aos responsáveis pela implantação da nova refinaria e também para as pessoas da equipe que cuidam da logística existente. Essas pessoas consideraram os resultados obtidos pela simulação como um apoio importante para a

tomada de decisões sobre o contexto logístico estudado. Desse modo, como em outras situações semelhantes, confirmou-se que essa forma de apresentar os resultados é muito bem aceita quando se trabalha para uma empresa de grande porte, pois é comum ter-se várias equipes trabalhando em assuntos diferentes, entretanto relacionados. A sinergia provocada por essas integrações reflete na efetividade da aceitação e utilização dos resultados finais deste tipo de trabalho.

Quanto às perspectivas futuras, acreditamos que o modelo, no caso de novas questões sobre o escopo estudado, poderá ser revisitado e aprimorado, pois os resultados obtidos foram válidos, bem como o processo de sua implementação, onde houve a preocupação de evoluir o modelo a partir da situação atual perfeitamente validada.

Outro aspecto importante foi o fato de usarmos uma estruturação de uma modelagem essencialmente voltada para tancagem e já bastante testada para construir o modelo. Então, realizou-se uma combinação dos elementos importantes relacionados a tanques com os requisitos de um terminal marítimo cuja função principal era escoar produção de refinarias. As rotinas voltadas para chamada de navio, atracação, desatracação, carga de produtos e outras voltadas para o uso dos píeres foram perfeitamente adaptadas à estrutura do modelo original, até por considerar-se que um navio atracado e operando pode ser visto como um tanque temporário pelas operações de movimentação de produtos existentes no modelo.

Além de tudo, o aprendizado, a estrutura e o código resultante certamente servirão de base para novas aplicações relacionadas ao assunto: expedição por terminal marítimo de produtos produzidos em refinarias.

8. Referências

Balci, O. e Ormsby, W. F. (2007), “Conceptual modeling for designing large-scale simulations”, *Journal of Simulation* I(3), 175–186.

Barbosa, G., Tito, M., Fuller, D. B. e Limoeiro, C. (2007), Use of simulation model to value the use of vegetable oil in a new refining process for diesel using existing installations, in “*IASH 2009 Conference*”, IASH, Tucson, Arizona, U.S.A.

Chwif, L. e Medina, A. C. (2006), Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações, 1º Edição, Editora dos autores, São Paulo, RJ.

Fuller, D. B. (2009), Um simulador de refinarias de petróleo, dissertação de mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, 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., Barbosa, G., Lima, M., Bezerra, D. e Fuller, D. B. (2007), Planejamento de capacidade de tancagem numa refinaria de petróleo para atender o projeto de duplicação da unidade de lubrificantes usando simulação estocástica, in “*Anais do SBPO 2007*”, Sobrapo, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Limoeiro, C., Fuller, D. B., Pereira, B. e Barbosa, G. (2008), Processo de dimensionamento por simulação de um sistema integrado de suprimento de petróleo para um conjunto regional de refinarias, in “*Anais do SBPO 2008*”, Sobrapo, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.