



ISSN 2175-6295 Rio de Janeiro- Brasil, 12 e 13 de agosto de 2010

AVALIAÇÃO DE UMA REDE DUTO-RODOVIÁRIA DE DISTRIBUIÇÃO DE DERIVADOS DE PETRÓLEO

Carlos José Nunes de Sousa

Petrobras – Petróleo Brasileiro S/A

Av. Horácio Macedo, 950 – 21941-915 Cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ

carlosjns@petrobras.com.br

Virgílio José Martins Ferreira Filho

UFRJ / COPPE – Engenharia de Petróleo & Engenharia de Produção

Virgilio@ufrj.br

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma metodologia para avaliação da capacidade logística da cadeia de suprimento de derivados combustíveis de petróleo. O principal elemento da cadeia analisada é o poliduto OSBRA que interliga a refinaria REPLAN da Petrobras, na cidade de Paulínia em São Paulo, a cinco terminais de distribuição localizados nas regiões sudeste e centro-oeste do Brasil.

A metodologia proposta utiliza simulação, uma das áreas da Pesquisa Operacional. A visão sistêmica do modelo desenvolvido permite reproduzir a dinâmica e o ambiente operacional.

No desenvolvimento do trabalho é apresentada uma descrição do sistema real e as premissas adotadas para construção do modelo computacional. São construídos dois cenários que permitem avaliar a capacidade logística da cadeia quando submetida à maior demanda de produtos. Finalizando, são apresentados os resultados dos cenários simulados e as conclusões sobre o trabalho.

Palavras-Chave: Simulação, cadeia de suprimento, duto e carregamento rodoviário

ABSTRACT

This work develops a methodology to analyze the logistics supply chain of fuel capacity. The main element of this chain is the pipeline OSBRA, connecting the Petrobras refinery REPLAN to five distribution terminals located in southeastern and central-west of Brazil.

The proposed methodology uses simulation, an Operational Research field. The developed model reproduces dynamic and operating environment.

Furthermore, the real system and the assumptions adopted are displayed. Two scenarios are developed in order to evaluate the supply chain capacity when subjected to higher products demand. At last, results of simulated scenarios and conclusions are presented.

Key-Words: Simulation, supply chain, pipeline and truck loading

INTRODUÇÃO

Os combustíveis fósseis são os principais elementos da matriz energética mundial. Para a Agência Internacional de Energia (IEA - International Energy Agency - 2009), o crescimento da demanda de petróleo no mundo projetada para os próximos 20 anos acompanhará o crescimento médio populacional do mundo, 1 % ao ano.

Conforme dados disponibilizados pela ANP - Agência Nacional do Petróleo (2009a), o volume de derivados de petróleo comercializado no Brasil vem crescendo na última década. Em 2009, por exemplo, houve um crescimento de 2,8% em relação ao volume comercializado em 2008 e nos três primeiros meses de 2010, houve um crescimento de 8% em referência ao mesmo período do ano anterior. O gráfico abaixo demonstra o crescimento das vendas no Brasil nos últimos anos.

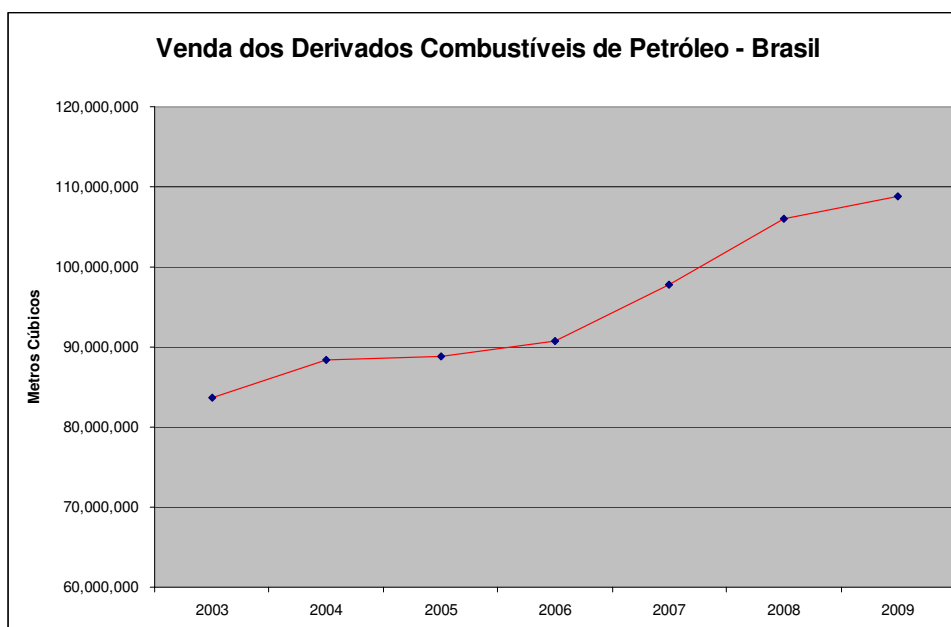


Gráfico 1 – Venda dos Derivados Combustíveis de Petróleo no Brasil – Fonte ANP

A necessidade de reduzir os impactos da geração e do consumo de energia ao meio ambiente também tem influenciado a matriz energética mundial. A cada ano surgem novas restrições para o modelo atual. Criar fontes limpas e reduzir os impactos ambientais das fontes já existentes, mantendo preços competitivos e em quantidade suficiente para atendimento das demandas futuras, são os grandes desafios tecnológicos para a sociedade atual.

O Brasil segue a tendência internacional. Para reduzir as emissões atmosféricas, foram aplicadas novas restrições para a produção e comercialização de derivados de petróleo. Um exemplo é a resolução número 42 de 2009 da ANP (2009b), que determina a redução do teor máximo de enxofre de 500 mg/Kg para 50 mg/Kg no óleo diesel comercializado em cidades como Rio de Janeiro, São Paulo e Curitiba.

O aumento da demanda por produtos e o aumento das restrições ambientais irão provocar impactos na cadeia de suprimento logístico de derivados de petróleo no Brasil e no mundo. A análise da capacidade logística da cadeia de suprimento de derivados combustíveis de petróleo

é fundamental para entendimento do seu funcionamento e identificação de gargalos e oportunidades.

OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é desenvolver uma metodologia para análise da capacidade logística da cadeia de distribuição de derivados de petróleo através dos modais dutoviário e rodoviário.

A cadeia analisada neste trabalho é representada pelo poliduto OSBRA que liga a refinaria do planalto paulista REPLAN, na cidade Paulínia, aos cinco terminais de distribuição localizados nas cidades de Ribeirão Preto, Uberaba, Uberlândia, Goiânia e Brasília.

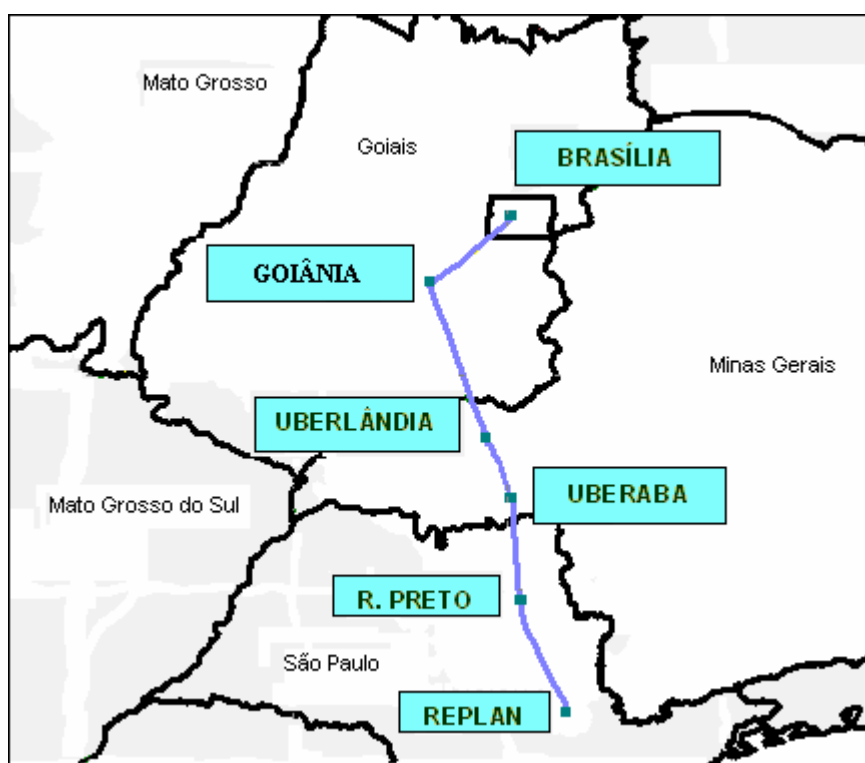


Figura 1: Área de abrangência do sistema de distribuição do OSBRA

Um segundo objetivo deste trabalho é verificar a capacidade de atendimento das regiões abastecidas pelo OSBRA, considerando o aumento da demanda nos terminais de distribuição e a inclusão de um novo produto na cadeia de suprimentos.

A metodologia proposta utiliza a simulação, uma das áreas da Pesquisa Operacional, que permite desenvolver uma visão sistêmica, considerando a dinâmica, o ambiente operacional e a ligação entre as organizações e os modais de transporte envolvidos no processo.

SIMULAÇÃO

Segundo SHANNON, R. E. (1975), simular é o processo de elaborar um modelo de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo, com o propósito de compreender o comportamento do sistema ou de avaliar as diversas alternativas para a sua operação.

Para SOUZA, M. O. (2008), em sua dissertação sobre a análise da cadeia de suprimentos de um combustível através da simulação computacional, um modelo de simulação permite análises a todo instante à medida que novas questões sobre o sistema real vão surgindo e a principal proposta da metodologia é obter uma visão sistêmica da cadeia e analisar o seu comportamento sob condições específicas.

BANKS et al. (2004) afirma que a simulação é a imitação da operação de processos reais ou sistemas num dado período de tempo. Essa técnica envolve a geração de uma história artificial de um sistema, e a observação desta para fazer inferências relativas às características de operação do sistema real.

Apesar das vantagens, o processo de simular apresenta desvantagens como, por exemplo, não otimizar o comportamento do sistema estudado e apenas permitir avaliar as alternativas testadas.

Considerando as definições de KELTON e SADOWSKI (2002), o modelo apresentado neste trabalho pode ser considerado como estocástico, por apresentar variabilidade na demanda diária dos terminais, dinâmico por apresentar alterações de estado do sistema com a passagem do tempo e contínuo/ discreto, quando considerados a movimentação dos produtos dentro do poliduto e o atendimento da demanda, respectivamente.

A CADEIA DE SUPRIMENTOS DO OSBRA

Neste Trabalho, a cadeia de suprimento analisada é composta por um sistema multimodal de transporte. Ela é representada principalmente pelo poliduto (OSBRA) que liga a Refinaria do Planalto Paulista (REPLAN), na cidade Paulínia, a cinco terminais de distribuição localizados ao longo do poliduto nas cidades de Ribeirão Preto, Uberaba, Uberlândia, Goiânia e Brasília. Nestes terminais, os produtos são entregues aos clientes finais ou aos distribuidores secundários através dos modais dutoviário ou rodoviário. Os produtos movimentados no sistema atualmente são gasolina, diesel e GLP.

As principais características do OSBRA podem ser verificadas na tabela abaixo.

Duto	Diâmetro	Origem	Destino	Comprimento (km)
OSBRA 1	20"	REPLAN	TT Ribeirão Preto	207
OSBRA 2	20"	TT Ribeirão Preto	TT Uberaba	135
OSBRA 3	20"	TT Uberaba	TT Uberlândia	131
OSBRA 4	20"	TT Uberlândia	TT Goiânia	310
OSBRA 5	12"	TT Goiânia	TT Brasília	176

Tabela 1 - Características do OSBRA - Petrobras

Mensalmente, os programadores do sistema verificam o volume de cada produto que deverá ser enviado para cada terminal no mês subsequente. Os volumes de cada produto são totalizados e o seqüenciamento das bateladas é organizado conforme o número de ciclos definido para o mês.

O número de ciclos utilizados é 4, ou seja, a cada 7 dias a mesma seqüencia de produtos é bombeada na REPLAN para os terminais de distribuição.

A contaminação de produtos é um dos principais problemas verificados nos polidutos. As interfaces permitem que os produtos adjacentes se misturem contaminando uns aos outros,

tirando-os de especificação, ou degradando parte do produto de melhor qualidade para a especificação do produto de menor qualidade. Para minimizar esta contaminação é adicionado um selo com características especiais entre cada seqüência. O selo se mistura com os dois produtos sem tirá-los de especificação.

A ordem dos produtos dentro do seqüenciamento é fixa: diesel / selo / gasolina / selo / GLP / selo / gasolina / selo / diesel. Como pode ser visto na figura abaixo:



Figura 2 – Seqüenciamento de produtos no OSBRA

A operação de retirada dos produtos do OSBRA para dentro dos tanques dos terminais é denominada sangria. A vazão de entrada no poliduto na REPLAN é determinada pelo número de sangrias simultâneas, pela capacidade máxima das bombas e pelas características construtivas do poliduto.

Os produtos são bombeados seqüencialmente na REPLAN, percorrem o poliduto e chegam aos terminais aonde são retirados. Cada terminal retira apenas o seu volume solicitado e o restante do produto, se existir, segue para o próximo terminal. Em regime permanente, sempre que um produto é bombeado na origem um ou mais produtos são retirados nos terminais.

Os terminais possuem tanques pré-definidos para cada produto. Estes tanques possuem estados bem definidos que se repetem conforme a ordem apresentada na tabela abaixo:

ESTADO		NÍVEL
1	Aguardando produto	Baixo
2	Recebendo	Subindo
3	Certificando	Alto
4	Aguardando demanda	Alto
5	Entregando produto	Descendo

Tabela 2 – Ciclo de operações dos tanques

Para que uma sangria seja realizada é necessário ter um tanque aguardando o recebimento do produto (estado 1). Após completar o recebimento o tanque fica parado para que o produto tenha a sua qualidade comprovada em testes e ensaios laboratoriais. Durante este período de certificação o tanque fica indisponível para retirada ou adição de mais produto.

Após a certificação, o tanque está liberado para atender a demanda do mercado local. Os volumes entregues diariamente variam conforme a sazonalidade do mês e do dia na semana. Para entregar seus produtos aos clientes os terminais utilizam os modais dutoviário ou rodoviário. O esquema abaixo ilustra a entrega através do modal dutoviário no terminal de Uberlândia.

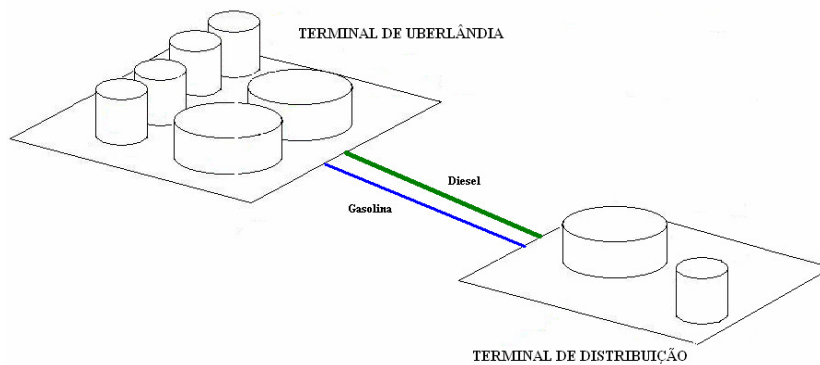


Figura 3 – Esquema de interligação de entrega do terminal de Uberlândia

O MODELO DE SIMULAÇÃO

O modelo de simulação foi desenvolvido no software comercial ARENA versão 12.0. Os critérios utilizados para a seleção do software foram a disponibilidade de recursos para descrever a lógica do modelo, a disponibilidade de interface gráfica para depuração dos erros e a disponibilidade da versão completa da ferramenta sem restrições quanto ao número de recursos utilizados. Além do software de simulação, foram utilizadas planilhas do software comercial Microsoft Office Excel 2003 como interfaces para entrada e saída dos dados.

Através da interface de entrada é possível atribuir valores aos parâmetros de entrada e configurar os cenários que serão avaliados. Os parâmetros configurados são:

- Produtos movimentados;
- Produção anual de cada produto na refinaria;
- Demanda anual nos terminais e na região da refinaria;
- Desvio padrão da demanda de cada produto nos terminais e na refinaria;
- Sazonalidade mensal da demanda de cada produto nos terminais e na refinaria;
- Número de tanques por produto nos terminais e na refinaria;
- Volume de cada tanque;
- Vazões de bombeamento na refinaria, de sangria nos terminais e de atendimento a demanda nos terminais e refinaria;
- Tamanho mínimo e máximo das bateladas por produtos e
- Horário de funcionamento dos terminais.

O modelo de simulação reproduz as principais operações realizadas na movimentação dos produtos pela cadeia. Para facilitar o desenvolvimento, foram criadas sub-rotinas com objetivos bem definidos conforme tabela abaixo.

Sub-rotinas	Descrição
Inicialização	Leitura dos dados do arquivo de entrada e inicialização do estado de cada tanque.
Controle do horário de funcionamento	Controla o funcionamento de cada terminal conforme a hora e o dia da semana no tempo de execução.
Produção	Define o volume produzido na refinaria a cada dia simulado, por produto, considerando a média diária anual.

Transferência p/ os tanques de armazenagem	Os volumes definidos na sub-rotina Produção são armazenados nos tanques da refinaria que estão no estado 1, aguardando produto.
Geração da demanda diária	Define a demanda diária nos terminais e na refinaria, por produto, considerando a média diária anual, o desvio padrão, a sazonalidade mensal e a sazonalidade diária.
Atendimento da demanda	Verifica qual a demanda do dia para cada produto, verifica se os produtos demandados estão disponíveis nos tanques dos terminais e na refinaria (tanques no estado aguardando demanda) e retira os produtos dos tanques na vazão pré-definida.
Previsão da demanda mensal nos terminais	Calcula o volume de cada produto que será enviado para cada terminal no próximo mês, considerando o estoque atual, a previsão média de consumo, e o volume já enviado que está dentro do duto. Define o volume total de cada produto que será enviado no próximo mês. Divide o volume total de cada produto em bateladas menores conforme o número de ciclos pré-definido
Seqüenciamento das bateladas	Ordena as bateladas, conforme a seqüência de produtos pré-definida.
Movimentação no OSBRA	Controla a movimentação dentro do OSBRA.
Consolidação dos volumes e exportação para o relatório de saída	Faz a totalização dos volumes movimentados diariamente e armazena os valores em vetores com 366 posições (uma para cada dia do ano). Ao final da execução exporta os dados para o relatório de saída.

Tabela 3 – Descrição das sub-rotinas utilizadas

A sub-rotina “Movimentação no OSBRA” é responsável pelas ações de movimentação do modelo. Entre elas:

- Discretizar o volume das bateladas criando múltiplas entidades de 50 m³, mantendo todos os atributos da batelada em cada entidade (volume total, produto, volume para cada destino, etc.) Exemplo: para uma batelada de 10.000 m³ são geradas 200 entidades de 50 m³.
- Inserir as entidades de 50 m³ seqüencialmente no OSBRA, sempre que a soma volume de todas as entidades existentes dentro do poliduto for menor do que a sua capacidade.
- Sempre que o poliduto estiver cheio, testar se a entidade mais próxima de cada terminal deve ser retirada do OSBRA ou seguir para o terminal seguinte.
- Para que uma entidade seja retirada do OSBRA as seguintes condições devem ser satisfeitas:
 - O produto deve ter como um dos destinos o próximo terminal;
 - O próximo terminal ainda não recebeu toda a quantidade prevista na batelada;
 - O próximo terminal possui tanque disponível para receber o produto

- Caso o terminal não possua tanque disponível, o modelo verifica se o volume da batelada antes do ponto de sangria é maior do que a quantidade prevista para este terminal. Se for, o modelo verifica se existe espaço no trecho do duto que vai deste até o terminal seguinte e desloca a entidade em sua direção. Se não for, o duto fica parado e a entidade aguarda até que uma das condições acima seja atendida.

Após 90 dias de aquecimento e 365 dias em regime contínuo de operação, o modelo exporta os dados para a interface de saída, onde os dados podem ser analisados.

CENÁRIOS ANALISADOS

Foram utilizados dois cenários para avaliar a capacidade logística do sistema diante da demanda futura e do maior número de produtos transportados. O cenário 1, base para comparação dos resultados, representa o sistema atual, sem acréscimo de tanques ou aumento das vazões e o cenário 2 apresenta uma proposta para redimensionamento da infraestrutura, visando a evolução do desempenho do sistema.

Para preservar a confidencialidade das informações, os números apresentados não são reais, porém guardam coerência entre si e em relação aos valores reais, a fim de permitirem conclusões adequadas sobre a aplicabilidade da metodologia proposta.

As demandas anuais por produtos são iguais nos dois cenários. Tanto o cenário base 1 como no cenário alternativo 2 estão submetidos à seguinte demanda futura:

Terminal	Produto	Demanda (m3)
Ribeirão Preto	Diesel 1	725,347
	Deisel 2	1,035,300
	Gasolina	245,703
Uberaba	Diesel 1	404,276
	Deisel 2	107,462
	Gasolina	103,216
Uberlândia	Diesel 1	682,752
	Deisel 2	861,694
	Gasolina	218,982
Goiânia	Deisel 1	1,018,741
	Deisel 2	2,489,621
	GLP	355,028
	Gasolina	770,130
Brasília	Diesel 1	338,228
	Deisel 2	855,025
	Gasolina	724,985

Tabela 4 – Demanda anual dos produtos em cada terminal

Conforme apresentado na tabela acima, os produtos movimentados nos dois cenários são diesel 1, diesel 2, gasolina e GLP. Considerando a semelhança entre os dois tipos de diesel, foi adotado o bombeamento seqüencial destes produtos, sem a inclusão do selo. A nova seqüência de produtos é a seguinte: diesel 1 / diesel 2/ selo / gasolina / selo / GLP /selo / gasolina / selo / diesel 1 e etc..

O cenário base 1 utiliza as vazões atuais. O cenário 2 utiliza vazões maiores, retratando uma possível proposta para investimentos na infraestrutura de bombas. Na tabela 5 abaixo, a

coluna “Condição de recebimento” indica a combinação de terminais com operação de recebimento simultâneo. O número 0 indica que o terminal não está recebendo e o número 1 indica que o terminal está recebendo. A seqüência é a seguinte: Ribeirão Preto, Uberaba, Uberlândia, Goiânia e Brasília.

Condição de recebimento	Vazão de entrada no OSBRA		Vazão de sangria									
			R. Preto		Uberaba		Uberlândia		Goiânia		Brasília	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0-0-0-1-0	708	988	0	0	0	0	0	0	708	988	0	0
1-0-0-1-0	1.156	1.460	450	450	0	0	0	0	706	1,010	0	0
0-1-0-1-0	1.086	1.447	0	0	450	450	0	0	636	997	0	0
0-0-1-1-0	1.010	1.447	0	0	0	0	450	450	560	997	0	0
1-1-0-1-0	1.155	1.460	305	450	305	450	0	0	545	560	0	0
1-0-1-1-0	1.155	1.460	305	450	0	0	305	450	545	560	0	0
0-1-1-1-0	1.079	1.447	0	0	265	450	265	450	549	547	0	0
1-1-1-1-0	1.155	1.500	205	350	205	350	205	260	540	540	0	0
0-0-0-1-1	647	1.400	0	0	0	0	0	0	350	800	297	600
1-0-0-1-1	1.097	1.400	450	450	0	0	0	0	350	700	297	250
0-1-0-1-1	1.067	1.388	0	0	438	438	0	0	338	700	291	250
0-0-1-1-1	790	1.400	0	0	0	0	150	400	350	700	290	300
1-1-0-1-1	1.155	1.450	305	420	305	420	0	0	250	360	295	250
1-0-1-1-1	1.146	1.440	300	420	0	0	300	420	250	400	296	200
0-1-1-1-1	1.062	1.410	0	0	260	380	260	380	250	400	292	250
1-1-1-1-1	1.144	1.500	200	400	200	400	200	200	250	350	294	150

Tabela 5 – Configuração das vazões nos cenários 1 e 2

A relação entre tanques e vazões nos dois cenários é a mesma. Ou seja, no cenário 1 os tanques são os atuais e sem investimentos e no cenário 2 é apresentada uma proposta de investimentos em tanques, aumentando o seu número e a capacidade total de armazenamento.

Local	Produto	Número de Tanques		Capacidade (m3)	
		Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2
R. Preto	Diesel 1	1	2	11,400	16,000
	Diesel 2	1	2	11,400	22,800
	Gasolina	3	3	21,543	21,543
Uberaba	Diesel 1	2	2	12,521	10,000
	Diesel 2	1	2	8287	16,774
	Gasolina	1	2	4032	8,066
Uberlândia	Diesel 1	1	2	11652	24,000
	Diesel 2	1	2	11652	23,304
	Gasolina	2	2	7,978	7,978
Goiânia	Diesel 1	2	3	39,001	44,000
	Diesel 2	2	3	45,482	81,465
	Gasolina	3	4	23,603	33,102
	GLP	7	7	17,752	17,752
Brasília	Diesel 1	1	2	12,272	7,718
	Diesel 2	2	2	12,272	24,544
	Gasolina	3	3	26,758	26,758

Tabela 6 – Configuração dos tanques e das capacidades

RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os resultados apresentados pelo modelo de simulação para os cenários estudados foram coerentes, indicando um melhor desempenho no cenário onde ocorreram investimentos.

Um dos principais indicadores para avaliação da capacidade de atendimento e do desempenho da cadeia é o nível de serviço de cada terminal. Como nível de serviço entende-se a relação entre a demanda dos produtos pela quantidade de produtos entregue ao mercado em cada terminal, não importando se houve atraso para o atendimento. Estes resultados podem ser verificados na tabela e no gráfico abaixo.

NÍVEL DE SERVIÇO					
Cenário	R. Preto	Uberaba	Uberlândia	Goiânia	Brasília
1	50.37%	61.79%	47.27%	51.60%	49.96%
2	84.34%	86.93%	85.17%	82.02%	77.03%

Tabela 7 – Nível de Serviço em cada terminal

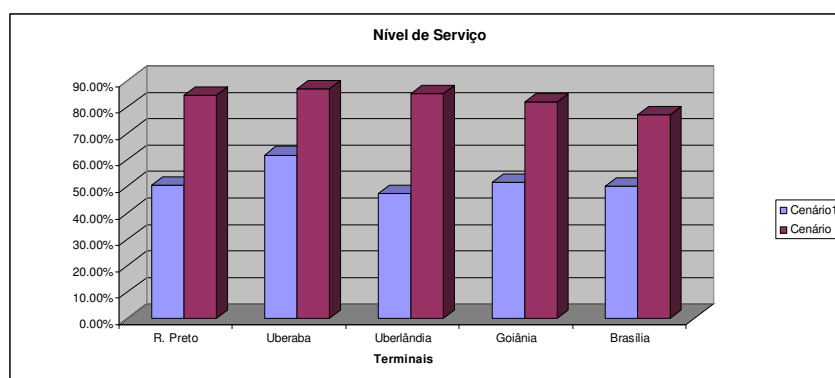


Gráfico 2 – Nível de Serviço nos terminais

Uma análise conjunta do estoque médio e do nível de serviço dos terminais permite verificar que os estoques médios mais altos proporcionaram níveis de serviço mais altos, o que já seria esperado. Também é possível comprovar a ampliação da capacidade da cadeia através do aumento do volume movimentado, relacionado à maior capacidade de entregar produtos, maior nível de serviço, e a elevação dos estoques médios dos terminais.

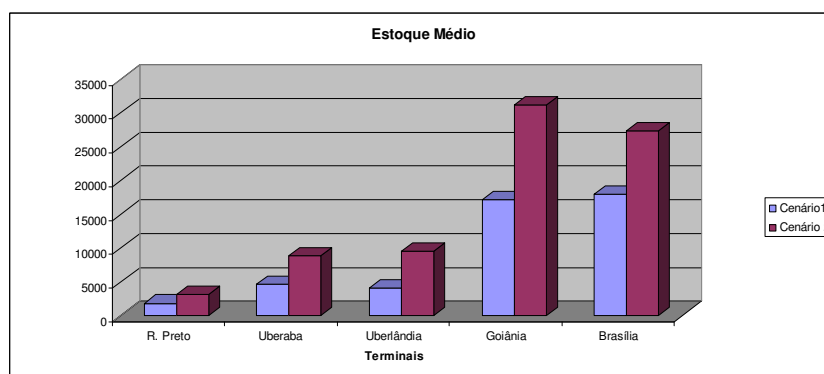


Gráfico 3 – Estoque médio nos terminais

A configuração base do cenário 1 levou o nível de serviço médio para 52,2 %. Já no cenário 2, com o aumento da capacidade de armazenamento e das vazões do sistema, o nível de serviço subiu para um valor médio de 83,1%, 30 pontos percentuais acima do cenário 1. Porém, como

as análises na área de simulação são exploratórias, novos cenários devem ser testados para que um processo de tomada de decisão seja mais consistente.

Estas novas análises devem considerar alterações nos procedimentos operacionais, evoluções tecnológicas, análise financeira e até a otimização do número de ciclos da seqüência de bateladas dentro de cada mês em tempo de simulação.

Também é importante considerar que a representação total da realidade através de um modelo de simulação é impossível. As simplificações adotadas e a padronização das operações no modelo limitam os resultados.

Finalizando, é possível afirmar que a metodologia proposta é capaz de produzir significativos resultados na avaliação da capacidade logística da rede duto-rodoviária de distribuição de derivados combustíveis de petróleo. Além da verificação do atendimento de possíveis aumentos da demanda, estudos complementares podem auxiliar no direcionamento correto para ampliação do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ANP – Agência Nacional de Petróleo, 2009a, “Vendas, pelas Distribuidoras, dos Derivados Combustíveis de Petróleo”, disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=23307&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1274718150470>>, acesso em 24/05/2010.

[2] ANP – Agência Nacional de Petróleo, 2009b, “Resolução ANP nº 42, de 16.12.2009” disponível em <<http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll?f=templates&fn=default.htm&vid=anp:10.1048/enu>>, acesso em 24/05/2010.

[3] BALLOU, R., H. (2004) “*Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial*”, 5 ed. PortoAlegre, ArtMed, 2004.

[4] BANKS, J., CARSON, J. S., NELSON, B. L. et al. (2004). *Discrete-Event System Simulation*. New Jersey, Prentice-Hall Inc., 4th ed.

[5] IEA – International Energy Agency, 2009, “World Energy Outlook 2009”, disponível em : <www.iea.org/about/copyright.asp>, acesso em 24/05/2010.

[6] KELTON, W., SADOWSKI, R. e SADOWSKI, D. (2002) “*Simulation With Arena*”, 2nd ed.. New York, McGraw-Hill

[7] SHANNON, R. E. (1975). *Systems Simulations: The Art and Science*, Prentice-Hall Inc.

[8] SOUZA, M. O. (2008), “*Análise da Cadeia de Suprimento de Um Combustível Especial Através da Simulação Computacional*”. Dissertação de Mestrado, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.