



UMA AVALIAÇÃO DO RISCO DE ATRASO NA IMPORTAÇÃO DO PETRÓLEO ARGELINO

Maria Cristina Fogliatti de Sinay, Ph.D

Instituto Militar de Engenharia - IME

Departamento de Transporte

Cesar Augusto de Almeida Lima, MSc

Petrobras - Petróleo Brasileiro S.A.

Desenvolvimento de Novos Projetos

Mestrado pela Universidade Federal de S.Catarina

RESUMO

Após analisar as atividades que compõem a cadeia logística de petróleo importado de Arzew percebeu-se que diferentes e inesperados incidentes podem provocar atrasos implicando em perdas de vendas, perdas de clientes e perdas de credibilidade no mercado com a correspondente perda financeira. Assim, gerentes devem estar preparados para responder prontamente a estes indesejados incidentes. Para ajudar nesta tarefa, um modelo de simulação foi construído com o software "ARENA" para determinar o risco de atraso da cadeia de suprimento de petróleo originado em Arzew.

ABSTRACT

After analysing the activities that compose the petroleum supply chain imported from Arzew it was perceived that several unexpected incidents would provoke delays implicating in loss of sales, loss of clients and loss of credibility in the market with the correspondent financial loss. Being so, managers should be prepared to promptly respond to those unwelcomed incidents. To help in this task, a simulation model was built with the "ARENA" software to determine the delay risks of the supply chain of petroleum coming from Arzew.

1. INTRODUÇÃO

Um dos principais objetivos da logística é reduzir a incerteza na cadeia de suprimento gerada pela estrutura da cadeia logística, pelas condições de operação e pela qualidade das operações que combinam randomicamente gerando variância nos resultados finais.

Quer-se assim, operar num tempo esperado e num padrão preestabelecido. Atrasos podem resultar em quebra de operações de alto valor. Se tais atrasos ocorrerem regularmente, se torna necessário estabelecer um estoque de segurança para cobrir as variações. Se a operação ocorrer mais rápido que o esperado, ajustes devem ser feitos para manusear e estocar produtos que chegam antes do necessário.

O suprimento de petróleo, processo físico que une mercado, refinarias, negociantes e produtores é visto como um difícil e complexo comércio de transporte e estocagem. A logística associada a este produto tem um tremendo impacto na economia mundial e é crítica em períodos de crise. Assim sendo, é necessário planejar o suprimento deste elemento para responder com ações seguras a acidentes exógenos e endógenos que desequilibram dita operação.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar um modelo de simulação desenvolvido para a cadeia de suprimento de petróleo argelino (Arzew) com o auxílio do software "ARENA" e que possibilita o cálculo do tempo total da importação considerando todas as atividades realizadas no percurso.



Estas atividades devem ter os tempos respectivos avaliados em média e distribuição de probabilidade.

3. O RISCO DE ATRASO

A cadeia logística é composta por diversas atividade que tem um tempo de operação esperado ou padrão (t_p) quando opera nas condições de projeto. A variação destas condições pode causar alteração neste tempo gerando atrasos ou antecipações. Assim, o tempo de operação pode ser expresso por $t_o = t_p + \epsilon$, com ϵ associado a uma variabilidade da atividade.

Definindo por t_L , o tempo limite para que uma atividade seja concluída, isto é, tempo máximo considerado aceitável para a realização da operação, pode se dizer que não há conformidade com o tempo se $t_o > t_L$. E a confiabilidade é definida por $R(t_L)$ como a probabilidade que a atividade opere em um período de tempo menor que t_L , isto é, dado o caracter aleatório do tempo de operação, t_o , $R(t_L) = P(t_o \leq t_L)$, função de distribuição acumulada até t_L de t_o .

4. CARACTERÍSTICAS DA CADEIA DE SUPRIMENTO DE ARZEW

A importação de condensado argelino foi considerada a partir de Arzew. É um petróleo leve com densidade específica de 0,72 (64,5 API), transportado em navios Suezmax em lotes de 100.000 toneladas que equivalem a 138.889 m³. O terminal de descarga é o de São Sebastião em S.Paulo e a refinaria é a Replan em Paulínea, interior de São Paulo. O terminal de São Sebastião atende as refinarias REPLAN e REVAP através de um terminal intermediário em Guararema, considerado neste trabalho como o ponto de entrega do produto.

Analisando o caso estudado podem-se definir cinco atividades distintas:

- **carregamento do navio em Arzew**
- **viagem de Arzew até S.Sebastião**
- **chegada no porto de S.Sebastião e início da operação de descarga**
- **operação de descarga do navio a transferência do terminal para a refinaria (Guararema) com bombeio em “pulmão”**

Para cada uma destas atividades e a partir de uma amostra disponível de informações foram levantados os tempos padrões de operação supondo a não incidência de problemas. Os tempos estimados foram: 36 horas, 13,6 horas (considerando velocidade padrão de 14 milhas náuticas por hora e distância entre portos de 1.577 milhas náuticas), 6 horas (obtido a partir do tempo entre chegadas sucessivas de navios), 24 horas (para vazão de 5.787 m³/hora) e 25,72 horas (para uma vazão padrão de bombeio de 5.400 m³/hora), respectivamente.

Assim, o tempo total em toda a cadeia de suprimento, caso todas as atividades operassem no tempo padrão, é de 16,5 dias ou 397 horas.



5. CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE DAS ATIVIDADES

Para introduzir a variabilidade das atividades, foram buscadas as distribuições de probabilidade dos tempos de cada uma das atividades mencionadas a partir das amostras disponíveis. Foram obtidas:

- Curva de distribuição do tempo de carregamento em Arzew: Weibull $t_0 = 36 + \text{WEIB}(31.8, 1.85)$ (Esta fórmula está sendo usada no modelo truncada no valor máximo de 110 horas).
- Curva de distribuição da velocidade das viagens de Arzew para S.Sebastião: Weibull $V_e = 10 + \text{WEIB}(4.05, 4.46)$ (Esta fórmula está sendo usada no modelo truncada em 15,7 knots).
- Curva de distribuição do tempo entre chegada em S.Sebastião e início da operação de descarga: WEIBULL $t_0 = 4 + \text{WEIB}(28.9, 0.789)$ (Esta fórmula está sendo usada no modelo truncada em 126 horas).
- Curva de distribuição do tempo da descarga em S.Sebastião: triangular $V_{zn} = \text{TRIA}(1880, 4380, 7650)$.
- Curva de distribuição de probabilidade da vazão e do volume da transferência para a refinaria: Para a transferência do terminal para a refinaria duas distribuições são válidas: a dos volumes movimentados, representado pela distribuição empírica $L_t = \text{CONT}(0.0, 10228, 0.113, 19559, 0.355, 28889, 0.565, 38220, 0.645, 47550, 0.790, 56881, 0.952, 66211, 1.0, 75542)$ e a das vazões representada pela distribuição Beta $V_{zt} = 2.13\text{E}+003 + 3.26\text{E}+003 * \text{BETA}(1.69, 0.965)$. (Esta última fórmula está sendo usada no modelo truncada entre 2130 m³/hr e 5400 m³/hr). O tempo de bombeio de cada lote movimentado é o volume do lote bombeado dividido pela respectiva vazão de bombeio.

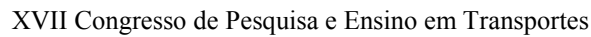
Para se obter o tempo total da cadeia e sua distribuição de probabilidade é necessário combinar as diversas distribuições das atividades que compõem a mesma. Portanto, a complexidade das cadeias logísticas e a aleatoriedade dos tempos operacionais em cada fase indicam a utilização da técnica de simulação como ferramenta de auxílio no cálculo do risco total de atraso da cadeia.

Dentre as várias linguagens de simulação existentes, GPSS, SIMSCRIPT, SLAM e SIMAN e de outras de nível mais elevados tais como PROMODEL e ARENA, utilizou-se esta última para construir o modelo representativo.

6. O MODELO DE SIMULAÇÃO

Os valores iniciais a serem utilizados no procedimento, como também, as distribuições de probabilidade definidas para cada uma das variáveis aleatórias que compõem o processo, são as seguintes:

- nr_navio : inicializada com o valor 0;
- n_int : inicializada com o valor de 1000;
- $libera$: inicializada com o valor 1;
- $libera_1$: inicializada com o valor 1;
- t_carga_max : inicializada com o valor 110 hr;



- O fluxograma do modelo em "ARENA" é apresentado a seguir:



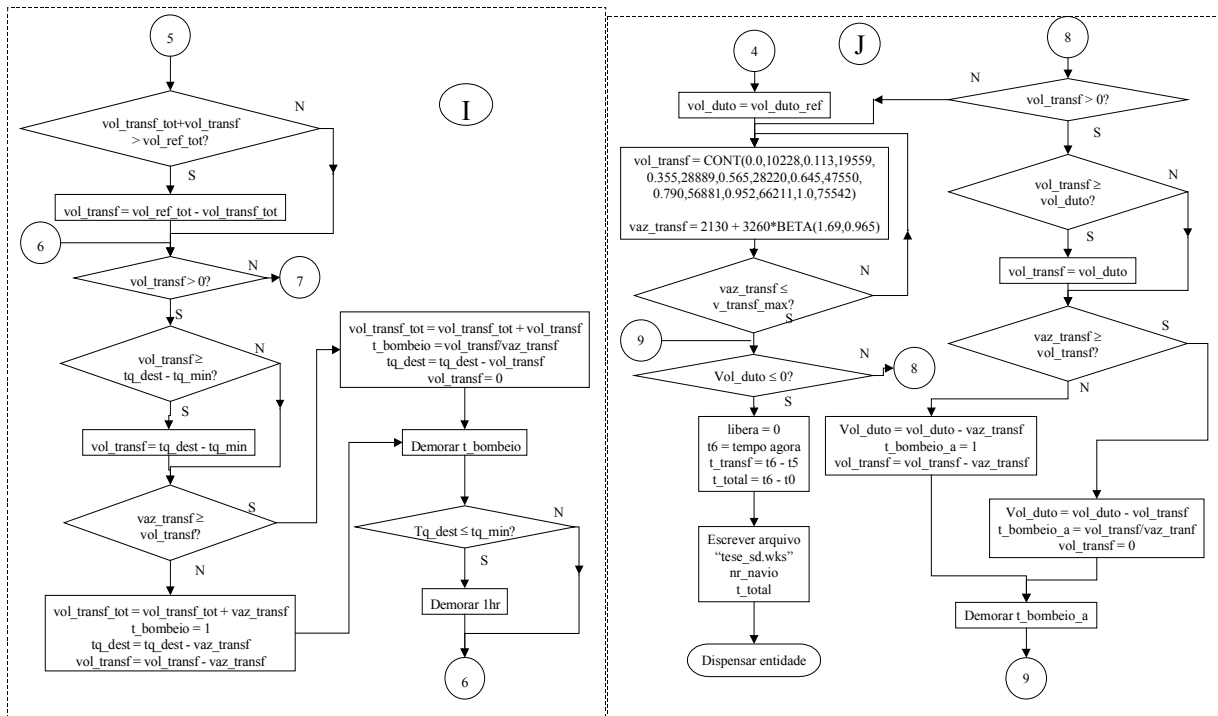
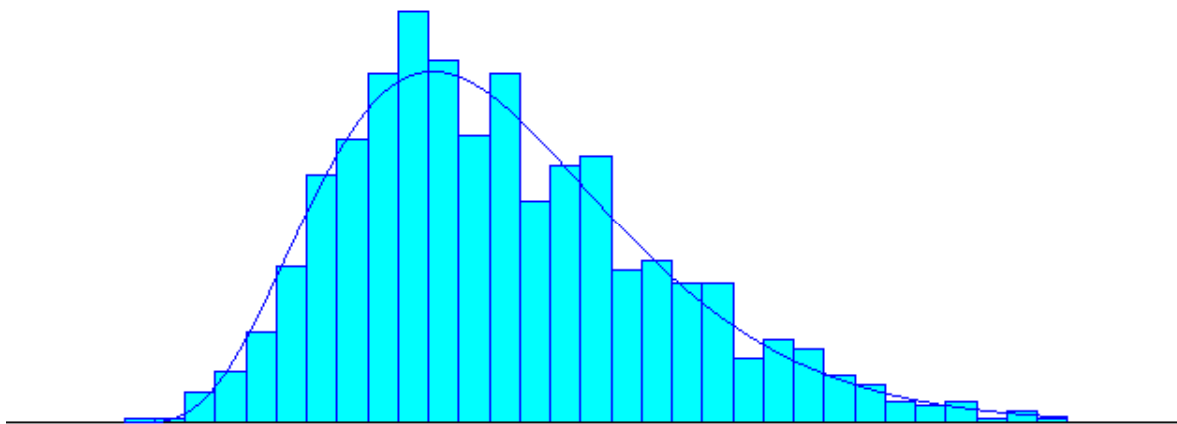


Figura 1: Fluxograma do programa em ARENA para o estudo de caso

7. RESULTADO OBTIDO

Gerou-se uma amostra de 1000 navios de Arzew para S.Sebastião que realizaram a atividade completa permitindo o ajuste de uma curva de probabilidade e a probabilidade acumulada do tempo total. A distribuição de probabilidade do tempo total achada foi: $t_0 = 316 + \text{GAMM}(17, 5.35)$ representada na figura 2 a seguir:



$$t_0 = 316 + \text{GAMM}(17, 5.35)$$

Figura 2: Curva de distribuição de probabilidade do tempo total.



8. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Analisando esta curva e considerando o tempo total padrão de 397 hr, conforme definido no item 4, observa-se que a probabilidade de ocorrer um tempo igual ou menor a este é de 45%, aproximadamente. Isto é 45% das viagens realizadas terminam sua atividade em tempo menor ou igual a 397 horas. As viagens restantes sofrem atrasos.

As maiores frequências ocorrem entre 367 hr e 411 hr, isto é, 47% das viagens apresentam tempos totais entre os dois valores mencionados. A probabilidade de ocorrer tempos menores ou iguais a 367 hr é de apenas 13,5%.

A distribuição GAMMA encontrada permite estimar a confiabilidade de que o tempo de operação global (t_0) respeite diversos limites (t_L) previamente estabelecido. Isto é mostrado na tabela 1:

TABELA RESULTADO DE CONFIABILIDADE

Tempo Total Padrão (t_0)	Tempo Total Realização t_0 , até t_L	Percentual Excedente ao padrão	horas Excedente ao padrão	dias Excedente ao padrão	$P(t_0 \leq t_L)$ Confiabilidade
397	397,00	0,00%	0,00	0,00	45,7%
397	411,19	3,57%	14,19	0,59	60,3%
397	425,84	7,26%	28,84	1,20	71,3%
397	440,48	10,95%	43,48	1,81	80,9%
397	462,45	16,49%	65,45	2,73	91,0%
397	484,42	22,02%	87,42	3,64	96,1%
397	521,03	31,24%	124,03	5,17	99,5%

Tabela 1: Tabela resultado de confiabilidade

Assim, para que se tenha 99,5% de confiabilidade de receber na refinaria uma determinada carga de petróleo de Arzew, o prazo estimado deve ser de 521 hr ou 21,7 dias. Isto implica em 124 hr ou 5,2 dias a mais do tempo total padrão de 397 hr ou 16,5 dias.

Se houver necessidade do óleo de Arzew em até 411 hr ou 17,12 dias, como a confiabilidade relacionada a esse tempo é de 60%, deve se buscar petróleos alternativos em outros portos que poderão ser escolhidos se apresentarem confiabilidade maior.

A utilização da simulação permite fazer uma análise de sensibilidade de forma a se avaliar as atividades mais críticas ou as que mais impactam o tempo total da cadeia.

Neste estudo de caso, duas atividades foram selecionadas e avaliadas suas influências: viagem de Arzew a S. Sebastião e chegada e início de operação em S. Sebastião. A escolha foi provocada por serem estas atividades as que apresentaram maior variabilidade conforme mostrado na tabela 2:



Atividade	De Hrs (dias)	Até Hrs (dias)	Variação Hrs (dias)
Viagem de Arzew a S.Sebastião	291,5 (12,15)	440 (18,3)	148,5 (6,15)
Chegada e início de operação S.Seb.	4,58 (0,2)	126 (5,25)	121,4 (5,05)
Descarga em S.Sebastião	18,15 (0,76)	77,16 (3,21)	59 (2,45)
Transferência do terminal à refinaria	25,72 (1,07)	65,21 (2,72)	39,49 (1,65)

Tabela 2: tabela de variação máxima das atividades do estudo de caso

Mantendo as médias e as distribuições destas atividades porém reduzindo suas respectivas variâncias pela metade, chegou-se aos resultados apresentados nas tabelas 3 e 4 respectivamente:

Tempo total realização t0 até t1	P(t0 <= tL) Variância original (%)	P(t0 <= tL) Variância pela metade (%)	P(t0 <= tL) Variância zero (%)
397	45,7	46,7	49,9
411,19	60,3	61,1	66,5
425,84	71,3	73,4	79,3
440,48	80,9	82,9	87,1
462,45	91,0	91,6	94,4
484,42	96,1	96,5	98,2
521,03	99,5	99,8	

Tabela 3: tabela alterando a variância do tempo de viagem de Arzew a S.Sebastião (variável: velocidade do navio)

Tempo total realização t0 até t1	P(t0 <= tL) Variância original (%)	P(t0 <= tL) Variância pela metade (%)	P(t0 <= tL) Variância zero (%)
397	45,7	42,9	26,7
411,19	60,3	55,9	49,5
425,84	71,3	69,9	72,4
440,48	80,9	81,2	87,9
462,45	91,0	91,4	97,5
484,42	96,1	96,9	99,8
521,03	99,5	99,5	

Tabela 4: tabela alterando a variância do tempo entre chegada e início de operação em S.Sebastião .

Da observação desses resultados pode-se verificar que a primeira atividade melhorou sensivelmente a confiabilidade enquanto que a outra não provocou mudanças significativas.



9. CONCLUSÕES

O tratamento da cadeia logística, dividido em atividades, permite maior flexibilidade na obtenção dos dados operacionais necessários assim como na identificação de setores ou conjunto de atividades que causam maior impacto na cadeia.

Apesar de ter sido desenvolvido um modelo para um caso particular, o mesmo é aplicável a toda uma gama de casos que tenham um comportamento equivalente.

A análise dos resultados, facilmente obtidos com a aplicação do modelo proposto, é uma ferramenta útil para os tomadores de decisão que podem evitar a perda de negócios de alto valor financeiro.

Para um programador, a curva de probabilidade dos tempos operacionais da cadeia de suprimento de um determinado petróleo permite avaliar o risco de falha de recebimento do petróleo na refinaria dado um determinado prazo existente, com isto, permite definir nas negociações de compra do petróleo a data adequada para o carregamento do navio considerando-se um determinado risco ou nível de serviço assumido com a refinaria. Além disso, dependendo do nível de risco que se esteja assumindo, podem-se definir alternativas operacionais para compensar o atraso na chegada do produto caso ele ocorra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bowersox, D. J. & Closs, D. J. (1996) - *Logistical Management The Integrated Supply Chain Process*, McGraw – Hill,
- Kelton, W. David e Law, AVerill M. (1996) – *Simulation Modeling and Analysis*, ed, Prentice Hall, New Jersey, .
- Lima, Cesar Augusto de A.(2002) – *Riscos de Atrasos na Cadeia Logística de Suprimento de Petróleo* – Universidade Federal de Santa Catarina, tese de mestrado, Florianópolis

Endereço dos autores

Instituto Militar de Engenharia - IME
Praça General Tibúrcio nº 80 /DE-2 - Praia Vermelha – Rio de Janeiro – 22280-270 - RJ – Brazil
Tel: 55 21 2546-7286 Fax: 55 21 2546-7289
d2mcris@epq.ime.eb.br

PETROBRAS - Petróleo Brasileiro S.A.
Av. Republica do Chile 65 / 2002 - Rio de Janeiro - 20031-912 – RJ - Brazil
Tel : 55 - 21 - 2534-3503 Fax: 55 - 21 - 2534-3202
cesarlim@petrobras.com.br