



Carlos Maligo

**Modelo para Simulação da Operação de
Carregamento de Caminhões-Tanque em
uma Base de Distribuição de Combustíveis
Automotivos**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado Profissional em Logística da PUC-
Rio como requisito parcial para obtenção do
título de Mestre em Logística

Orientador: Prof. Roberto Cintra Martins

Rio de Janeiro
Agosto de 2005.



Carlos Maligo

**Modelo para Simulação da Operação de Carregamento
de Caminhões-Tanque em uma Base de Distribuição
de Combustíveis Automotivos**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre (opção profissional) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Roberto Cintra Martins

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial / PUC-Rio

Prof. Fernando Yassuo Chiyoshi

COPPE/UFRJ

Prof. Luiz Felipe R. R. Scavarda do Carmo

Departamento de Engenharia Industrial / PUC-Rio

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico / PUC-Rio

Departamento de Engenharia Industrial / PUC-Rio

Rio de Janeiro, 24 de agosto de 2005.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Carlos Maligo

Graduou-se em Engenharia Mecânica na PUC-Rio em 1980. Atuou na área de engenharia, operações e regulação na indústria do petróleo, em empresas como Petróleo Ipiranga e Agência Nacional do Petróleo. Atualmente exerce o cargo de engenheiro de equipamento na Petróleo Brasileiro S.A. – Petrobras.

Ficha Catalográfica

Maligo, Carlos

Modelo para simulação da operação de carregamento de caminhões-tanques em uma base de distribuição de combustíveis automotivos / orientador: Roberto Cintra Martins. – Rio de Janeiro : PUC, Departamento de Engenharia Industrial, 2005.

170 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial.

Inclui referências bibliográficas.

1. Engenharia industrial – Teses. 2. Logística. 3. Simulação. 4. Distribuição. I. Martins, Roberto Cintra. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

Agradecimentos

Ao meu orientador, professor Roberto Cintra Martins, pelo estímulo oferecido, e por sua disposição e competência ao orientar este trabalho.

À minha esposa, Isabela, pelo apoio incondicional e pelos muitos programas não feitos.

Ao meu filho, Artur, pelo apoio e por muitas cobranças na hora certa (“Pai, vai estudar!”).

Aos meus pais, por me terem inculcido o gosto pelo estudo.

Aos professores José Eugênio Leal e Luiz Felipe Scavarda, aos profissionais do petróleo Jânio Botelho, Luís Silberman, Luís Biolchini, Lucílio Ribeiro, Carlos Henrique Bühring, Eduardo Carmo e, em especial, Sérgio de Souza Araújo e Henrique Leonardo de Menezes, pelo apoio em diferentes fases deste estudo.

Ao professor Augusto Sampaio, Vice-Reitor Comunitário da PUC-Rio, cujo apoio em horas críticas tornou possível este trabalho.

Resumo

Maligo, Carlos; Martins, Roberto Cintra. **Modelo para Simulação da Operação de Carregamento de Caminhões-Tanque em uma Base de Distribuição de Combustíveis Automotivos**. Rio de Janeiro, 2005. 170p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Esta dissertação tem como objetivo estudar a influência da compartimentação dos caminhões-tanque na operação das bases de distribuição de combustíveis automotivos, operação esta que está inserida na cadeia de suprimentos destes produtos. O trabalho parte da constatação da tendência de modificação da compartimentação atualmente predominante, e avalia o impacto desta modificação naquele elo da cadeia logística de distribuição de combustíveis automotivos. Este trabalho pretende fornecer uma base para futuros estudos que, seguindo o moderno conceito de gerenciamento da cadeia de suprimentos, avaliem os *trade-offs* presentes nesta operação, visando minimizar os custos desta atividade. O cenário e a prática atual da indústria são relatados no início do trabalho. Em seguida é apresentada uma revisão bibliográfica referente às principais bases teóricas nas quais o estudo está apoiado. Na seqüência, é apresentado um modelo e um estudo de simulação focando a influência da compartimentação na operação das bases. Na parte final são apresentados os resultados do estudo de simulação para os diversos cenários considerados. São apresentados também comentários sobre o potencial da técnica de simulação, e deste modelo em particular, para a análise de outros cenários, assim como sugestões de outros estudos relacionados ao assunto.

Palavras-chave

Logística; simulação; distribuição; combustíveis.

Abstract

Maligo, Carlos; Martins, Roberto Cintra (advisor). **Simulation model of the operation of tank truck loading at an automotive fuels distribution plant**. Rio de Janeiro, 2005. 170p. MSc Dissertation - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This dissertation studies the effects of compartmentalization of tank trucks on the operation of automotive fuels distribution plants. The operation is part of the supply chain of such fuels. This work looks at the current trend of compartment modification and assesses the impact of this modification in that portion of the distribution chain. The present work is intended as a basis for future studies aimed at evaluating the trade-offs that exist in this type of operation in order to allow for cost reductions. The initial part of this dissertation examines current practices in the industry. Next, the work reviews the bibliography containing the main theoretical principles which frame this study. This is followed by a model and a simulation study focusing on how compartmentalization impacts distribution plant operations. The final part presents the results of the simulation study applied to the different scenarios proposed. This work also offers comments on the potential use of the simulation study technique – and, in particular, the model herein – in analyses of alternative scenarios, as well as suggestions of other studies related to this topic.

Keywords

Logistics; simulation; distribution; fuels.

Sumário

Capítulo 1: Introdução	11
Capítulo 2: O Cenário Atual	17
2.1 A atividade de distribuição de combustíveis automotivos no Brasil	17
2.1.1 O mercado	19
2.1.2. A antiga estrutura de preços e a desregulamentação da distribuição	20
2.2 Os postos	22
2.3 Os caminhões-tanque	24
2.3.1 A regulamentação metrológica	24
2.3.2 A frota e sua compartimentação	29
2.3.3 Métodos de carregamento de CT - <i>top loading</i> e <i>bottom loading</i>	31
2.4 As bases de distribuição	32
2.4.1 Recebimento e expedição de produtos	33
2.4.2 A plataforma de carregamento de CT – PLECT	35
Capítulo 3: Revisão Bibliográfica	38
3.1 A importância da questão de fundo	40
3.2 Transportes	41
3.3 Estoque	42
3.3.1 Vantagens e desvantagens	43
3.3.2 Custos do estoque	48
3.4 Análise integrada	50
3.5 Sistemas	55
3.6 Modelos	57
3.7 Simulação	59
3.8 O software de simulação Arena®	69
Capítulo 4: O modelo da operação	72
4.1 Características gerais da operação	72
4.2 Coleta de dados	75
4.3 Fluxograma da operação	77

4.4 Modelo no Arena®	84
4.5 Verificação do modelo	101
Capítulo 5: As simulações e os resultados	106
5.1 Comentários preliminares	106
5.2 A comparação entre <i>bottom</i> e <i>top loading</i>	109
5.3 A influência do ritmo de chegada dos caminhões-tanque à base	112
5.4 A influência da transferência	114
5.5 A influência da compartimentação dos caminhões-tanque	118
5.6 Comentários finais	125
Capítulo 6: Conclusão	131
Bibliografia	135
Apêndices	137
Apêndice A – A planilha de medições de tempo, legenda e exemplo de medição	138
Apêndice B – Planilha de medição e gráficos por processo	141
Apêndice C – Cálculo das distribuições por meio do <i>Input Analyzer</i>	159
Apêndice D – Desvios padrão nas Tabelas 6, 9, 11 e 12	169

Lista de Figuras

Fig. 1 – A cadeia de suprimentos dos combustíveis.	18
Fig. 2 – Arranjo esquemático de tanque e bomba de abastecimento.	23
Fig. 3 – Exemplo de utilização dos termos entrega e transferência.	33
Fig. 4 – Bases de distribuição e modal de transferência.	34
Fig. 5 – Paralelismo entre canais de distribuição e distribuição física.	39
Fig. 6 – O triângulo do planejamento logístico.	41
Fig. 7 – Localização dos estoques na economia americana em 1994	46
Fig. 8 – Localização dos estoques na economia americana em 2004	47
Fig. 9 – Evolução dos estoques na economia americana em 1984 - 2004	48
Fig. 10 – Tipos de modelos	58
Fig. 11 – Metodologia recomendada na pesquisa operacional	67
Fig. 12 – Fluxograma do carregamento de CT	78
Fig. 13 – Chegada de CT à base por faixa horária	79
Fig. 14 – Fluxograma dos processos na laje de carregamento	82
Fig. 15 – O modelo na área de trabalho do ARENA®	86
Fig. 16 – O submodelo dos processos nas lajes de carregamento	94
Fig. 17 – Influência da demanda no tempo da operação	111

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Comparação das condições de forte poder de negociação com a situação do mercado de distribuição em meados da década de 90	52
Tabela 2 – Comparação entre duas seqüências recomendadas para estudos de simulação.	65
Tabela 3 – Os contadores utilizados e as suas funções	101
Tabela 4 – Cenário 1: principais características	108
Tabela 5 – Cenário 1: diferença entre <i>bottom</i> e <i>top</i>	110
Tabela 6 – Cenários 1, 1a e 1b – resultados	111
Tabela 7 – Cenário 1c: intervalo entre chegadas constante	113
Tabela 8 – Cenários 1, 1d,1e e 1f – características	116
Tabela 9 – Cenários 1, 1d, 1e e 1b – resultados	117
Tabela 10 – Cenários 2a, 2b, 3a e 3b – características	121
Tabela 11 – Cenários 1, 2a, 2b – resultados	122
Tabela 12 – Cenários 1, 3a, 3b - resultados	123
Tabela 13 – Efeito do aumento do número de replicações I	127
Tabela 14 – Efeito do aumento do número de replicações II	127