

**Universidade Federal de Santa Catarina  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**

**Metodologia para Considerar Perdas na Avaliação de  
Caminhos Multimodais para Granéis Líquidos**

**Dissertação de Mestrado**

**Milton Marchesi Junior**

**Florianópolis  
2001**

# **Folha de Assinatura dos Membros da Banca**

**Milton Marchesi Junior**

**Metodologia para Considerar Perdas na Avaliação de Caminhos Multimodais para Granéis**

Esta dissertação foi julgada adequada e aprovada para obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção** no **Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina**

**Florianópolis, 14 de setembro de 2001.**

**Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph. D.**  
Coordenador do Curso

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>a</sup>. Maria Inês Faé, Ph. D.  
Orientadora

---

Prof<sup>a</sup>. Maria Cristina Fogliatti de Sinay, Ph. D.

---

Prof. João Carlos de Souza, Dr.

# DEDICATÓRIA

Aos meus amores

Márcia Cristina ,

Náira

e Ilana .

## AGRADECIMENTOS

A Deus por dar-me força para enfrentar os desafios, particularmente o de realizar este trabalho.

Aos meus pais, Milton e Claudette, pela formação que me ofereceram.

À minha esposa, Márcia Cristina e as minhas filhas, Náira e Ilana, pelo tempo e atenção que deixei de lhes dedicar.

À professora Maria Inês Faé que, com paciência, soube administrar as minhas dificuldades e limitações.

A Petróleo Brasileiro S.A. por ter viabilizado as condições para este aprendizado e para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	
1.1	Motivação.....	01
1.2	Descrição do Problema.....	04
1.3	Justificativa.....	07
1.4	Objetivos do Estudo.....	08
1.5	Passos Metodológicos.....	09
<b>2</b>	<b>PROCESSO DECISÓRIO</b>	
2.1	Evolução do Processo Decisório para a Logística Integrada.....	11
2.2	Logística Integrada para Granéis Líquidos.....	13
<b>3</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO DE MOVIMENTAÇÃO DE GRANÉIS LÍQUIDOS.....</b>	<b>16</b>
3.1	Termos específicos.....	16
3.2	Inspeção do Produto.....	18
3.3	Perdas.....	19
3.3.1	Perdas Naturais.....	20
3.3.2	Perdas Devido às Interfaces.....	23
3.3.3	Perdas Acidentais de Qualidade.....	25
3.3.4	Perdas Acidentais de Quantidade.....	26
3.3.5	Redução de Perdas.....	26
3.4	Erros de Medição.....	27
3.4.1	Erros nas Medições de Volume.....	29
3.4.2	Erros nas Transferências entre Tanques Medidas em Volume.....	31
3.4.3	Diferença na Transferência entre Tanques Medida em Volume.....	33
3.4.4	Erros nas Medições de Massa.....	34
3.4.5	Erros nas Transferências entre Tanques Medidas em Massa.....	36
3.4.6	Diferença na Transferência entre Tanques Medida em Massa.....	37

3.4.7	Erro Esperado em uma Movimentação Multimodal de Granel Líquido.....	38
3.4.8	Erro Esperado com a Utilização de Outros Processos de Medição...	39
3.4.9	Redução dos Erros de Medição.....	40
<b>3.5</b>	<b>Estimador para as Perdas em uma Movimentação.....</b>	<b>40</b>
<b>3.6</b>	<b>Reconciliação de Perdas.....</b>	<b>44</b>
<b>3.7</b>	<b>Custos nas Movimentações .....</b>	<b>44</b>
3.7.1	Custos de Estoque.....	45
3.7.2	Custos de Transporte.....	46
3.7.3	Outros Custos.....	46
<b>4</b>	<b>PROCEDIMENTO PARA CONSIDERAR AS PERDAS NA AVALIAÇÃO DE MOVIMENTAÇÕES MULTIMODAIS DE GRANÉIS LÍQUIDOS</b>	
<b>4.1</b>	<b>Valoração das Perdas.....</b>	<b>48</b>
<b>4.2</b>	<b>Perda Total em uma Movimentação Multimodal.....</b>	<b>49</b>
<b>4.3</b>	<b>Avaliação de Caminhos Multimodais de Granéis Líquidos.....</b>	<b>50</b>
<b>4.4</b>	<b>Estimativa das Perdas em Cada Operação.....</b>	<b>52</b>
4.4.1	Estimativa das Perdas em Caminhos Conhecidos.....	52
4.4.2	Estimativa das Perdas em Caminhos Novos.....	53
4.4.3	Estimativa das Perdas em Caminhos com Operações Conhecidas e Novas .....	55
4.4.4	Seleção do Caminho a ser adotado para a Movimentação.....	56
4.4.5	Fluxograma Representativo do Procedimento Proposto.....	56
<b>5</b>	<b>APLICAÇÃO PRÁTICA.....</b>	<b>58</b>
<b>5.1</b>	<b>Histórico.....</b>	<b>58</b>
<b>5.2</b>	<b>Descrição dos Caminhos.....</b>	<b>59</b>
<b>5.3</b>	<b>Avaliação dos Custos de Movimentação no Caminho Tradicional pelo US Golf.....</b>	<b>61</b>
5.3.1	Avaliação Baseada no Estudo Original de Chao e Muhalbauer.....	61

5.3.2	Avaliação dos Custos Baseada na Metodologia Proposta.....	65
<b>5.4</b>	<b>Avaliação dos Custos de Movimentação no Caminho Alternativo pela Hidrovia.....</b>	<b>68</b>
5.4.1	Avaliação Baseada no Estudo Original de Chao e Muhalbauer.....	68
5.4.2	Avaliação dos Custos Baseada na Metodologia Proposta.....	70
<b>5.5</b>	<b>Comparação dos Custos dos Vários Cenários.....</b>	<b>73</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>76</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>79</b>

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 3.1: Perda por evaporação na movimentação do produto.....	21
Figura 3.2: Perda por evaporação na estocagem do produto.....	23
Figura 3.3: Seqüência típica de bateladas de produtos.....	24
Figura 3.4: Incerteza na leitura de densímetros.....	28
Figura 3.5: Ângulo de leitura de temperatura.....	28
Figura 3.6: Altura para medição de temperatura e amostragem.....	29
Figura 3.7: Histograma da Distribuição de Freqüência dos Índices de diferenças nas movimentações de Combustível de 01/01/1993 a 31/12/1997.....	42
Figura 5.1: Caminho original – US Golf.....	60
Figura 5.2: Caminho alternativo pela hidrovia.....	61



**LISTA DE TABELAS**

Tabela 3.1 Erros nas medições volumétricas de produtos em tanques de armazenamento .....	30
Tabela 3.2 Erros nas medições mássicas de produtos em tanques de armazenamento.....	35
Tabela 4.1: Perdas nas operações de transferência de granéis líquidos.....	55
Tabela 5.1: Imposto de Importação para óleo diesel de origem no US Golf.....	58
Tabela 5.2: Operações e Custos nas operações do caminho tradicional US Golf, em US\$ / m <sup>3</sup> transportado. ....	62
Tabela 5.3: Evolução dos valores do imposto de importação e ICMS.....	64
Tabela 5.4: Perdas nas operações do caminho tradicional - US Golf .....	66
Tabela 5.5: Custos nas operações do caminho alternativo pela hidrovia do Rio Paraná, em US\$ / m <sup>3</sup> transportado. ....	69
Tabela 5.6: Perdas nas operações do caminho alternativo pela hidrovia .....	71

## RESUMO

Este trabalho oferece uma contribuição ao aprimoramento do processo de escolha e avaliação de caminhos multimodais destinados ao transporte de grãos líquidos.

Uma característica particular deste transporte é a ocorrência de perdas de produto no decorrer das operações. Devido aos altos custos envolvidos em tais perdas, todo o processo de movimentação é analisado criticamente e são descritos os principais fatores geradores de perdas e erros de medição.

São apresentados critérios para estimar as perdas em cada operação e para avaliar a perda resultante de todas as operações que são realizadas ao longo de um caminho multimodal.

É proposto um procedimento para se fazer à avaliação destes caminhos a partir do custo total da movimentação, incluindo o custo das perdas. O procedimento também apresenta um critério para a tomada de decisão de escolha do caminho a ser utilizado quando dispomos de caminhos alternativos para a movimentação.

Uma aplicação do procedimento, a um caso real, realça a importância das perdas de produto na avaliação e na escolha entre caminhos alternativos.

## **ABSTRACT**

This work aims to give a contribution to the modal choice process and the multimodal evaluation concerning the transport of liquid in bulk. Product losses occur during transportation. Due to the high costs involved in such losses, the whole process is critically analysed and the main generators of losses and its measurements mistakes are described.

Basic criteria of losses estimation in each operation and the evaluation of the losses in the whole process along a multimodal route are presented. Based on the total transportation costs, including the losses, an evaluation procedure is suggested. The procedure also includes a decision tool concerning the route choice.

A case study highlights the significance of the product losses in the evaluation of route and modal choices.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1- Motivação

Para possibilitar o desenvolvimento sustentado do país no atual cenário mundial, onde obstinadamente todos buscam obter vantagens competitivas que possibilitem ampliar e conquistar novos mercados [Christopher, 1997], o Governo Brasileiro estabeleceu um amplo e abrangente programa de trabalho, que inclui à criação de mercados comuns de livre comércio.

A consolidação de áreas de livre comércio requer condições que possibilitem o livre e intenso trânsito de pessoas e mercadorias [Colin, 1995], que tem como instrumento essencial às plataformas logísticas [Francou, 1996], onde estão disponíveis todos os recursos para uma efetiva e eficiente utilização do transporte multimodal.

Buscando efetivar estas condições, vários programas governamentais foram iniciados visando disciplinar, desenvolver, racionalizar e modernizar o sistema nacional de transportes. Eles incluem obras para ampliar o aproveitamento das hidrovias e a modernização dos portos, aeroportos, rodovias e ferrovias [Geipot, 1997]. Além disso, também buscam uma legislação mais objetiva, que mantenha o transporte sob controle, reduzindo os entraves burocráticos e contribuindo para sua otimização [Coelho, 1999].

Estas iniciativas permitem vislumbrar que em um futuro próximo, não só teremos condições de acesso a muitos mercados, como também opções para acessá-los.

Certamente o acesso poderá ocorrer por caminhos alternativos, ou pela disponibilidade de modais alternativos, ou ainda por combinações entre os modais e os caminhos alternativos.

Estas condições, como ressaltam Lambert e Stock [1992], fazem parte dos mecanismos de distribuição e atividades correlatas, que visam suprir os desequilíbrios espaciais e temporais entre produção e consumo. Devido a grande extensão do território brasileiro, estes desequilíbrios são muitos, principalmente quando comparados com os recursos disponíveis e sua utilização.

A rede rodoviária brasileira com 149.000 km de extensão [Gelehter, 1999] é responsável por cerca de 60% das cargas transportadas, e além de possuir sérias deficiências de conservação não propicia acesso a todos pontos do território nacional. A malha dutoviária brasileira, embora pequena para o tamanho do país, atinge 10.900 km de extensão e mesmo assim, a taxa de utilização está em torno de 63% de sua capacidade [Geipot, 1999].

Apesar de pequena, a capacidade do sistema ferroviário instalado não é totalmente aproveitada. A malha hidroviária brasileira apresenta cerca de 40.000 km de extensão, dos quais 26.000 km são navegáveis de forma precária ao longo do ano [Geipot, 1999].

As movimentações multimodais de produtos na forma de granéis líquidos, principalmente *commodities*, apresentam grande potencial de crescimento. O transporte de produtos nesta forma possui características próprias, que exigem a utilização de instalações, adoção de procedimentos e cuidados específicos, que são essenciais à preservação da quantidade, qualidade, segurança e controle das operações.

Quando vários modais são utilizados em uma mesma transferência, estes cuidados devem ser ainda maiores, devido às operações de transferência da carga de um modal para outro, que elevam os riscos, principalmente os de ocorrerem perdas.

Estes cuidados e características, além de se refletirem nos custos, agregam incertezas ao processo, que por sua vez, se refletem diretamente no nível de serviço que pode ser oferecido ao cliente.

As perdas nas movimentações de graneis líquidos para alguns setores industriais são de grande monta. Estima-se que do poço até os consumidores, cerca de 3% do petróleo produzido no mundo, seja perdido por evaporação [Barros, 2000]. Estas perdas representam não somente um grande prejuízo econômico como também uma constante preocupação com relação à segurança e a poluição ambiental.

Essa preocupação levou importantes organismos internacionais, como o American Petroleum Institute – API, a criar em 1952, o *Evaporation Loss Committee*, com o objetivo de ampliar o conhecimento sobre perdas por evaporação e desenvolver métodos para seu controle.

Com esta mesma preocupação o Institute of Petroleum - IP, com sede em Londres, mantém um comitê permanente, o *Petroleum Measure Loss Committee*, encarregado de avaliar as perdas no transporte marítimo de petróleo e fomentar ações visando sua redução.

Em cenários de alta competitividade, como o da indústria de petróleo, os processos de tomada de decisão são fundamentais para a manutenção ou conquista de novos mercados. Desta forma, conhecer e considerar o maior número de aspectos característicos das movimentações, principalmente os que

representam custos diretos, como as perdas, passa a ser fundamental nos processos de escolha de caminhos multimodais.

## **1.2- Descrição do Problema**

O transporte de produtos na forma de grânéis líquidos apresenta algumas características particulares, dentre as quais se destaca a necessidade de um rígido controle operacional em todas as etapas da movimentação.

Este controle visa a garantia de que estejam sendo praticados os procedimentos adequados e necessários ao atendimento dos requisitos de segurança industrial, manutenção da quantidade e qualidade do produto, preservação do meio ambiente e a legislação.

Os procedimentos devem atender simultaneamente aos requisitos técnicos para uma eficiente operação das instalações e as normas de segurança industrial. Os cuidados com a saúde ocupacional do pessoal direta ou indiretamente envolvido nas operações, devem estar presentes em todos os procedimentos. Devem ainda contemplar ações e dispositivos necessários para a prevenção e o combate de acidentes.

Quando os produtos são letais, como Amônia e Ácido Sulfúrico, tornam-se necessários cuidados adicionais. Neste caso deverão ser tomados cuidados para evitar que, mesmo em caso de acidentes, sejam minimizadas as possibilidades do produto ser inalado ou ter contato com a pele. Outros produtos são perecíveis, como sucos cítricos, que precisam ser mantidos refrigerados e em atmosfera inerte. Temos os Inflamáveis e/ou voláteis, como petróleo e seus derivados, que precisam ser devidamente acondicionados e afastados de fontes de calor ou ignição. Alguns outros podem necessitar de atmosferas controladas por serem

higroscópios, de serem mantidos em ambientes esterilizados como alimentos, óleos vegetais, sucos ou bebidas.

Um item importante neste controle é a inspeção do produto em cada etapa. Esta verificação pode incluir a retirada de amostras e assim possibilitar, o acompanhamento da qualidade intrínseca do produto. Este procedimento possibilita o rastreamento do processo, facilitando a identificação de não conformidades e suas causas.

A inspeção também inclui um apurado processo de medição. Ele visa a monitoração do processo, viabilizando a identificação de vazamentos e a correta apuração das quantidades do produto que é expedido ou recebido.

Em razão de algumas características específicas inerentes ao processo de transporte de grânéis líquidos, a quantificação é um processo complexo, cujo resultado incorpora erros de várias origens. As imperfeições construtivas das instalações necessárias ao transporte, as incertezas dos instrumentos e equipamentos, os erros de medição por imprecisões de leituras, interpolações em tabelas e arredondamentos de cálculos, são exemplos de fatores que influenciam no resultado das medições.

Neste tipo de movimentação, ainda é comum a ocorrência de pequenas perdas de quantidade, inerentes ao processo, originadas por aderências do produto nas paredes dos dutos e tanques ou devido à evaporação, conhecidas como perdas naturais.

As quantificações do produto, resultantes dos procedimentos de medição, incorporam a influência destes fatores, quer geradores de erros, quer geradores de perdas.

A diferença entre as quantidades do produto apuradas na sua expedição e no seu recebimento, é conhecida como sobra ou perda da movimentação.



As perdas naturais ou acidentais, de qualidade ou quantidade, tendem a aumentar à medida que o transporte é realizado em mais etapas ou com maior quantidade de trocas de modal.

As perdas de produto no transporte representam custos diretos. Os contratos normalmente responsabilizam o transportador por faltas de produto, permitindo ao proprietário abater o valor da falta da própria fatura.

A variação nos prazos para realização das diversas etapas, pode causar atrasos na entrega do produto. Os atrasos elevam os custos de transporte uma vez que o tempo do estoque em trânsito se estende.

Os atrasos podem também gerar desencontros nas trocas de modais, que também vão aumentar os custos devido ao pagamento de penalidades contratuais, sobrestadias, ou devido ao seu reflexo em outras operações.

As perdas e atrasos, além do reflexo nos custos já citados, influenciam diretamente no nível de serviço oferecido ao cliente.

A maior parcela da movimentação de graneis líquidos é feita com *commodities*, que são operações envolvendo grandes volumes e por conseqüência envolvendo quantias vultosas, ou seja, operações onde as perdas, mesmo que percentualmente pequenas, significam valores elevados.

As instalações e seus equipamentos, aliados às práticas operacionais, dão a cada caminho características próprias. Assim, o desempenho operacional também será típico para cada caminho. Como a ação dos fatores geradores de perdas depende destas mesmas características, as perdas também são uma característica específica de cada caminho.

Por influenciar no custo total, o impacto das perdas, principalmente nas movimentações multimodais de graneis líquidos, deve ser avaliado e considerado

nos processos decisórios, de forma a garantir as melhores condições de competitividade.

### **1.3- Justificativa**

Os modelos de apoio à decisão visam a identificação das condições em que um processo pode ser realizado de uma forma mais adequada, que é considerada como tal quando os custos totais são os mínimos possíveis.

Para os sistemas que tratam a logística de forma integrada, o que se busca são sistemas de apoio à decisão que forneçam soluções que otimizam toda a cadeia de distribuição, de forma integrada. Desta forma se ampliam as possibilidades de encontrar a melhor condição operacional possível para o todo.

Na busca desta solução é considerado o trade-off entre os vários custos do processo. Na literatura sobre esse assunto, pesquisada e reunida nos capítulos 2 e 3, são geralmente considerados custos fixos, custos de transporte, custos de estoques e custos dos estoques em trânsito. Alguns autores ainda consideram os custos de estoques no cliente, estendendo a fronteira de análise até o almoxarifado do cliente.

Esta abordagem parece ser suficiente para a maioria dos produtos. No entanto, é insuficiente para o transporte de grânéis líquidos, pois neste tipo de movimentação ocorrem, com já exposto, significativas perdas de parcelas do produto que podem representar valores elevados. O exemplo a seguir ilustra a magnitude e importância desses custos.

Caso ocorra uma perda de 0,3% em uma operação rotineira de importação de petróleo, perda esta que estaria dentro da faixa admissível para este processo, em um volume de 2.000.000 de barris carregados pelo navio, estaríamos deixando de considerar a perda de 6.000 barris, equivalentes a US\$ 150.000.

Em contratos comerciais e apólices de seguro carga [Susep, 1975], é comum encontrarmos cláusulas que estabelecem que perdas de até 0,5%, não são passíveis de reclamações junto a transportadores ou companhias seguradoras. Isto significa que, usando o exemplo anterior, perdas de até US\$ 250.000, seriam arcados pelo proprietário da carga.

As consultas realizadas junto a transportadores de granéis líquidos revelaram que, de modo geral, não existem índices admissíveis consubstanciados para estimar as perdas.

Entretanto valores da ordem do apresentado no exemplo não poderiam deixar de serem considerados nos processos decisórios, sob o risco de não haver a adequada previsão orçamentária necessária para suportar uma possível ocorrência.

#### **1.4- Objetivos do Estudo**

Proceder a uma análise crítica do processo de movimentação de granéis líquidos, identificando os fatores geradores de perda e propor um procedimento para considerar a influência das perdas na avaliação de um caminho multimodal.

Também serão apresentados os vários tipos de perdas que podem ocorrer em uma movimentação, explicitando os fatores que concorrem para sua ocorrência e descrevendo alguns mecanismos de como estes fatores evoluem no decorrer das operações, como forma de auxiliar no aprimoramento dos processos e redução de sua ocorrência.

Apresentaremos critérios para estimar a perda em cada operação de movimentação com granel líquido e um procedimento para avaliar a perda total em um caminho multimodal.

### **1.5- Passos Metodológicos**

A elaboração desta dissertação compreendeu uma etapa de pesquisa bibliográfica na busca de trabalhos que abordassem as perdas de produtos movimentados na forma de granel líquido, bem como de procedimentos para avaliação de caminhos multimodais e os sistemas de apoio a decisão quanto a sua escolha. O objetivo da pesquisa era verificar qual o tratamento dado ao tema, conhecer os procedimentos utilizados para estimar estas perdas e identificar como eram consideradas nas avaliações dos caminhos multimodais.

Dada a literatura escassa sobre esse assunto e a dificuldade em entender e distinguir o que é perda de produto na movimentação e o que é diferença de medição, foi aqui desenvolvido um procedimento para a avaliação de caminhos multimodais que auxilie nas tomadas de decisão envolvendo a escolha destes caminhos. Para tal foram identificados e incluídos no procedimento metodológico fatores geradores de perdas entre as características destas movimentações.

Para avaliar os caminhos multimodais considerou-se o custo total, sendo embutido neste, o custo das perdas.

É também proposta uma abordagem para a estimativa das perdas a partir dos dados históricos das diferenças nas movimentações em caminhos conhecidos e sugeridas alternativas para quando estes dados não estiverem disponíveis.

Para ilustrar e também servir de base para algumas estimativas, foi elaborada uma tabela com valores típicos de perdas de produto que ocorrem nas operações utilizadas com maior frequência nas movimentações multimodais. Estes valores são apresentados na tabela 4.1 e foram obtidos a partir de consultas não formais junto a profissionais, consultores e palestrantes, realizadas nas participações em encontros técnicos, cursos e seminários.

A metodologia proposta foi aplicada a uma avaliação de caminhos alternativos para abastecimento de óleo diesel no centro-oeste brasileiro. Como a avaliação já havia sido feita anteriormente, sem considerar as perdas, os resultados da avaliação elaborada com a metodologia proposta, são analisados e comparados aos do estudo anterior.

A seguir, no capítulo 2, o processo decisório na logística integrada será abordado, visando caracterizar seu estágio de aplicação nos processos decisórios de movimentações de produtos na forma de graneis líquidos.

As características mais relevantes destas movimentações serão apresentadas no capítulo 3, onde também serão analisados os agentes geradores de erros e perdas no processo, e algumas ações preventivas para sua redução.

No capítulo 4, será apresentada uma proposta de procedimento para avaliar os caminhos multimodais, quando utilizados para a movimentação de graneis líquidos, incluindo a influência das perdas nesta avaliação.

Na seqüência, no capítulo 5, apresenta-se uma aplicação prática dessa metodologia a um estudo desenvolvido para avaliar caminhos alternativos para o abastecimento do centro-oeste brasileiro.

No capítulo 6, são apresentadas as conclusões e recomendações de extensão deste trabalho.

## CAPÍTULO 2

### PROCESSO DECISÓRIO

#### 2.1- Evolução do Processo Decisório para a Logística Integrada

A bibliografia enfocando os problemas de logística integrada ainda é escassa, como destaca Souza [1995], embora existam alguns trabalhos relevantes sobre o tema, como os elaborados por Novaes [1989] para equacionamento do custo total de transferência de mercadorias, Blumenfeld [1985] para análise dos *trade-offs* entre os custos de transporte, armazenagem e produção em redes de distribuição, Ballou [1978] apresentando os conceitos básicos para o gerenciamento logístico, Lambert e Stock [1982] para uma gerência estratégica da distribuição física.

Como recorda Novaes [1989], o registro de Ballou [1973], é de que embora as empresas não negassem a importância da distribuição, até a década de 50, há pouca evidência de que as indústrias organizavam ou gerenciavam suas atividades de forma integrada.

A análise feita por Daskin [1985], já apontava uma centralização das linhas de interesse apenas em tópicos específicos, como roteirização de veículos, localização de fábricas e armazéns e dimensionamento de frotas.

Embora as atividades como localização de instalações, pontos de armazenamento, níveis de estoques, como recorda Lopes [1995], remontam ao campo militar em tempos muito remotos, os avanços significativos só começaram

a partir da II Guerra Mundial, quando as atividades logísticas deixaram de ser consideradas como secundárias e passaram a compor o processo decisório.

Os estudos disponíveis, em sua maioria, enfocam as movimentações sob a ótica do transportador, e assim, buscam obter uma condição operacional otimizada de seus equipamentos, ou de suas instalações ou para seu projeto. Em geral, avaliam ou otimizam as alternativas possíveis, em uma modalidade de transporte já definida. Neste sentido, a pesquisa operacional tem dado uma grande colaboração.

Hoje, para a movimentação de cargas secas e produtos de varejo, dispomos de muitas ferramentas de apoio, como programas para dimensionamento de frotas, escolha de veículos, otimização de trajetos, localização de armazéns e gestão de estoques.

Estas ferramentas modelam as alternativas e buscam uma condição otimizada, na qual o *trade-off*, entre os diversos aspectos incorporados ao modelo é a mais favorável ao objetivo escolhido. Em sua grande maioria, as modelagens consideram os custos devido a estocagens, os custos dos estoques em trânsito, os custos operacionais do transporte e, para alguns casos, os custos de serviços.

Atualmente as ferramentas de otimização, já há muito desenvolvidas e utilizadas para a otimização dos processos de produção, estão começando a sair das fábricas e chegando aos armazéns e transportadores, que cada vez mais são solicitados a agregarem valor ao produto que armazenam ou a carga que transportam [Prechey, 2001]. Esta prática é crescente e já apresenta uma taxa razoável de utilização em áreas específicas como grandes varejistas e organizações transnacionais.

## 2.2- Logística Integrada para Granéis Líquidos

O transporte de graneis líquidos e suas particularidades apresenta uma literatura ainda mais escassa do que os assuntos de logística integrada. Dentre algumas poucas abordagens para o tema, encontramos Souza [1995] que propõe uma metodologia para a otimização operacional de polidutos.

A partir do conceito de ciclo operacional, a metodologia busca a minimização do custo total para o ciclo operacional do poliduto, considerando o *trade-off* entre o custo de depreciação dos investimentos, os custos de transporte, o custo dos estoques nas bases e em trânsito e o custo das perdas devido à mistura de produtos nas interfaces entre as bateladas.

O trabalho de Souza [1995] tem um significado maior para esta dissertação pois, além de ser um dos poucos a abordar o tema da movimentação de graneis líquidos, é o único dentre os que tivemos acesso, que considera as perdas de produto no processo decisório. Souza apresenta uma aplicação prática da metodologia aplicando-a à otimização de um poliduto. Nesta aplicação a importância das perdas de produto e sua relevância para o processo decisório de movimentação de graneis líquidos fica evidenciada, pois na condição ótima de operação, o valor das perdas se equivale à soma de todos os demais custos considerados na avaliação.

Uma grave crise por que passava o setor agroindustrial brasileiro, motivada pela queda dos preços no mercado internacional a partir de 1995, levou Ribeiro [1996] a propor um modelo para a escolha do sistema de distribuição física para o transporte de graneis líquidos. Naquele cenário, o segmento produtor de suco de



laranja, destinado à exportação, se via obrigado a repensar suas políticas e investigar as alternativas de redução dos custos e de expansão da demanda.

Esta busca por soluções mostrou que o setor necessitava de modelos integrados de logística, sendo o sistema de distribuição física decisivo para o sucesso ou fracasso das operações de exportação.

O modelo desenvolvido por Ribeiro [1996], foi aplicado ao setor produtor de suco de laranja de exportação e pode ser aplicado a qualquer sistema de distribuição de grãos.

A metodologia avalia, sob a ótica do produtor, os custos de cada caminho multimodal disponível e identifica as condições em que cada um fornece uma condição de menor custo total para a movimentação. Propõe então, que a decisão seja tomada a partir da identificação da condição de custo total mínimo. Considera na composição do custo total os custos de transporte, dos estoques nas bases, dos estoques em trânsito, embalagens, operacionais e de investimentos em instalações e aquisição de equipamentos para o transporte.

Buscando melhor conhecer o processo decisório, Pedersen e Gray [1998], identificaram, a partir de pesquisas realizadas junto aos exportadores noruegueses, os principais atributos que são considerados nas tomadas de decisões quanto à escolha do transportador.

Este trabalho deu continuidade a uma seqüência de estudos iniciados por D'Este e Meyrick [1989], e confirmou que estas decisões são influenciadas por fatores relativos a Rota (frequência, capacidade, flexibilidade), a Custo (taxas do frete e

outros custos) e a Serviços (atrasos, consistência do atendimento, atendimento a urgência, prevenção de danos, perdas e roubos, rapidez em resolver problemas).

O trabalho identificou que os tomadores de decisão consideram o *trade-off* entre estes atributos na escolha dos transportadores e distinguem a relevância dos diferentes atributos na decisão, sem contudo, quantificá-los no processo decisório.

Sugere ainda, que os fatores de serviço devam ser objeto de investigações mais profundas, uma vez que sua percepção pelos clientes, vem aumentando de importância nas decisões.

Embora não enfoque o processo decisório sob uma ótica de logística integrada, merece registro o trabalho de Japor [1959] que propõe um critério para a aceitação das diferenças entre medições, com base nos erros resultantes das incertezas inerentes ao processo de medição.

Devido ao fato do transporte de graneis líquidos necessitar de instalações específicas, verificamos que o número de caminhos factíveis é reduzido e por isso a escolha entre caminhos alternativos não irá necessitar de sistemas de apoio a decisão, como *Analytic Hierarchy Process* – AHP que permite a agregação de variáveis quantitativas e qualitativas em problemas de decisão [Saaty,1991], *Multiple Attribute Utility Theory* – MAUT que permite considerar a transitividade na relação de preferências entre atributos [Gomes, 1998], e por isso não foram incluídos neste trabalho.

O próximo capítulo abordará o processo de movimentação de granéis líquidos, destacando suas características específicas e os agentes geradores de erros e perdas.

## **CAPÍTULO 3**

### **CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO DE MOVIMENTAÇÃO DE GRANÉIS LÍQUIDOS**

Para facilitar o entendimento das características do processo de movimentação de granéis líquidos será utilizada, como referência, a movimentação de um granel líquido entre tanques de teto fixo, transportado por um duto, com medições manuais, executadas com trenas, termômetros e tabelas volumétricas.

Este tipo de tanque representa a grande maioria dos equipamentos encontrados no Brasil, e a apuração de volumes para fins de transferência da propriedade do produto, também chamada de transferência de custódia, a partir de medição com trena, tem sido a metodologia legal vigente no país, conforme Portaria nº 33, de 20.04.67, do Instituto Nacional de Pesos e Medidas - INPM.

Somente a partir da publicação da Portaria Conjunta nº 1, de 19.06.2000, da Agência Nacional do Petróleo – ANP e do Instituto Nacional de Metrologia - INMETRO, outras formas de medição passaram a ser legalmente reconhecidas.

#### **3.1-Termos Específicos**

Alguns termos específicos e característicos, como os apresentados a seguir, são usuais nas movimentações de granéis líquidos e seu conhecimento é necessário para o entendimento do processo :

- Arqueação: processo de obtenção do volume correspondente a cada altura do produto contido no interior de tanques de armazenamento [Transpetro NDT-51,1997];
- Movimentação: deslocamento do produto entre dois pontos, em geral tanques de armazenamento onde o produto pode ser quantificado, podendo ocorrer por via marítima, rodoviária, ferroviária, hidroviária ou dutoviária [Harboe, 1999];
- Erro: é o resultado da execução da leitura ou da transcrição de uma medição diferente da realidade [Rodrigues, 1992];
- Incerteza: é o limite de precisão de um instrumento ou equipamento, em relação a um padrão [EAL-R2,1999].
- Inspeção: processo de medição da quantidade, amostragem e análise qualitativa do produto movimentado;
- Viagem: termo utilizado nas movimentações marítimas, na qual os produtos movimentados são analisados em conjunto, a partir do carregamento inicial até o completo descarregamento da embarcação [Harboe, 1999];
- Resultado da Viagem: é o índice percentual de diferença entre a quantidade total expedida e a recebida em uma viagem [Silva, 2000];
- Transferência: movimentação individual de um produto, independente de ser o único ou de existirem outros produtos movimentados em uma viagem [Harboe, 1999];
- Sobra: diferença a maior na quantidade transferida de produto medida no destino em comparação com a quantidade expedida;

- Perda: diferença a menor na quantidade transferida de produto medida no destino em comparação com a quantidade expedida, resultante da falta física do produto [Rodrigues1992];
- Perda natural: perda de produto que ocorre durante o processo de transporte devido à evaporação de frações leves, adesão às paredes dos tanques e tubulações, enchimento das linhas utilizadas para conduzir o produto e parcelas que permanecem nos trechos baixos de tubulações ou pontos de difícil escoamento dos equipamentos utilizados, são também conhecidas como parcelas remanescentes [Susep,1975].

### **3.2- Inspeção do Produto**

Toda movimentação de granéis líquidos exige um criterioso controle quantitativo e qualitativo em todas as etapas da transferência. A inspeção é o procedimento utilizado para este controle.

A inspeção qualitativa visa a monitorização das propriedades intrínsecas do produto, possibilitando a identificação de qualquer alteração de suas propriedades, que venha a ocorrer durante a movimentação. A inspeção se inicia com a verificação da adequação das condições do ambiente físico por onde o produto transitará. Assim, busca assegurar a limpeza de tanques, não existência de resíduos contaminantes nas tubulações, estanqueidade e *set-up* adequado do sistema. Identificamos para cada etapa, os pontos de verificação onde devem ser retiradas as amostras do produto que serão submetidas a análises laboratoriais de caracterização. O resultado das análises é reportado no documento denominado “Certificado de Qualidade”. Também são retiradas amostras testemunho, que ficarão guardadas por um determinado período, e que podem ser utilizadas para verificações posteriores, caso ocorra alguma anormalidade.

Todo o processo de amostragem e análise deve ser realizado em conformidade com procedimentos específicos de forma a garantir condições de reprodutibilidade e repetibilidade, possibilitando a comparações.

A medição quantitativa visa a obtenção das grandezas físicas necessárias ao cálculo do volume ou da massa do produto nas condições ambientes e sua transformação para uma condição padrão.

De uma maneira genérica, a quantidade transferida de um produto na forma de granel líquido é mensurada pela diferença entre as quantidades apuradas no reservatório de armazenagem, antes e depois da movimentação. Assim, são necessárias duas apurações para que se possa mensurar a quantidade movimentada.

Para cada apuração são executadas medidas físicas de altura e temperatura do produto no tanque de armazenamento, que possibilitam o cálculo do volume nele contido nas condições ambientes e sua posterior correção para uma condição padronizada.

### **3.3- Perdas**

A diferença entre a quantidade apurada em uma etapa da movimentação e a apurada na etapa anterior, quando negativa, é denominada de perda. Quando esta diferença é positiva é denominada sobra.

A movimentação de graneis líquidos ocorre entre reservatórios, portanto a perda representa a diferença a menor verificada entre as quantidades apuradas no tanque recebedor e o expedidor.

As instalações físicas percorridas pelo líquido durante a movimentação podem ser responsáveis pela não chegada de parte desse ao destino. Parte do produto pode

ficar retida no interior dos equipamentos, pode vaziar ou desviar-se para outros pontos das instalações, ou ainda se evaporar. Como decorrência é esperada uma redução da quantidade apurada no destino, ou seja, uma perda.

Como muitos fatores também influenciam as apurações de quantidade, estas também estão sujeitas a imprecisões, que vão se refletir, associada às outras perdas do processo, na apuração da perda total.

### 3.3.1- Perdas Naturais

A redução da quantidade do produto observada após uma transferência onde todos os requisitos quanto a equipamentos e procedimentos tenham sido rigorosamente observados, ocorre devido à:

- Aderência às paredes

Sempre que um produto é colocado em um recipiente, uma parte deste fica retido junto às superfícies de contato. Assim, quando o produto é colocado em tubulações que estejam “secas”, uma parcela irá “molhar” as superfícies de contato. Quando se procede à retirada do produto, esvaziando-se os recipientes, não se consegue retirá-lo totalmente, pois, uma parte permanecerá aderida a superfície.

- Evaporação devido à movimentação do produto

Muitos produtos quando em estado líquido, como os álcoois, o petróleo e seus derivados, possuem elementos voláteis em sua composição. As variações no estado físico resultante das movimentações, facilitam a liberação destas frações. Ao vaporizarem-se vão primeiro preencher o espaço vazio disponível, acima da fase líquida e, a seguir, se possível, sair do ambiente confinado e se espalhar pela atmosfera [Barros, 2000].



A movimentação provoca a entrada de ar durante o esvaziamento das tubulações e tanques de armazenamento e a expulsão da mistura ar-vapor neles contida, durante o enchimento [Japor, 1971]. As condições físicas das instalações determinarão a ocorrência maior ou menor de cada um destes efeitos. A figura 3.1 ilustra essa situação.

Figura 3.1 Perda por evaporação na movimentação do produto.



Fonte: Barros [2000], Tanques de armazenamento

A relevância dos custos das perdas por evaporação na indústria do petróleo levou o American Petroleum Institute - API, a criar em 1952, um comitê permanente denominado *Evaporation Loss Committee*, para ampliar o conhecimento e desenvolver métodos de controle destas perdas. Desde então, vários estudos contendo métodos para se estimar as perdas por evaporação nas movimentações e armazenagem de produtos tem sido publicados [Barros, 2000].

Com a crescente conscientização das nações para as questões ambientais, as exigências de controle e redução de emissão de poluentes em atividades industriais estão cada vez maiores. Assim, este assunto levou o API a incluir o Capítulo 19, Seção 1- Medição de Perdas por Evaporação em Tanques de Armazenagem, em seu manual.

Um cálculo estimado para as perdas por evaporação que ocorrem na movimentação de petróleo e seus derivados, pode ser obtido a partir da seguinte fórmula, proposta e publicada no Boletim Nº 2518 do API [1962]:

$$F = K_C \times \frac{3 \times P \times V}{10.000} \times K_T$$

onde:

F = estimativa de perdas, em barris por ano;

$$K_C = \text{fator de produto} = \begin{cases} 0,75 & \text{para petróleo} \\ 1,00 & \text{para gasolina} \end{cases}$$

P = pressão de vapor verdadeira, em psia, na temperatura média do líquido armazenado ( $2 \text{ psia} \leq P \leq 11 \text{ psia}$ ). Quando esta temperatura não for conhecida, poder-se-á estimá-la 5°F a mais que a temperatura ambiente média.

V = movimentação do tanque (*throughput*), representando o volume de líquido bombeado para o interior do tanque, em barris por ano.

$K_T$  = fator de trabalho (*turnover factor*), obtido a partir do número de ciclos de operação (enchimento-esvaziamento) durante o ano.

$$K_T = \begin{cases} 1, & \text{para } N \leq 36 \\ \frac{180+N}{6N}, & \text{para } N > 36 \end{cases}$$

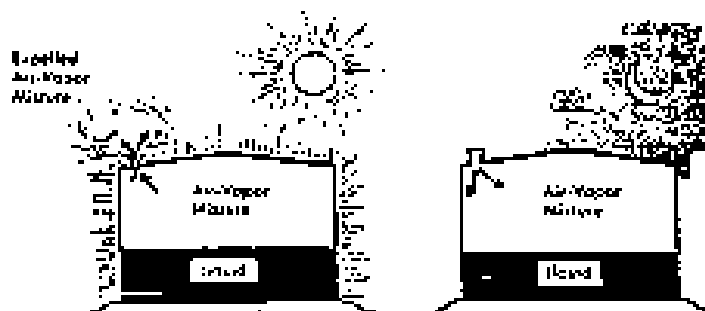
e,  $N$  = número de ciclos de operação durante o ano =  $\frac{\text{throughput anual}}{\text{capacidade do tanque}}$

Para um tanque de teto fixo, com capacidade para estocar 56.000 barris de gasolina (pressão de vapor real = 5,8 psia) e que movimente 10 vezes este volume em um ano (  $n = 10$  ciclos ), teremos uma perda de 975 barris por ano só devido à movimentação, o que representa aproximadamente US\$ 39.000 por ano a preços internacionais ( US\$ 250/M3 ).

- Evaporação devido à estocagem do produto

Durante a armazenagem as condições do produto são alteradas em consequência das variações do ambiente onde o reservatório está construído. As variações da temperatura ambiente, associadas à irradiação solar, farão com que o produto e as paredes do tanque, cada um a seu modo, se contraiam e dilatam [Barros, 2000]. O resultado é um movimento similar ao dos pulmões durante a respiração, estimulando a formação de vapores e entrada de ar quando se expande e expulsando a mistura quando se contrai, resultando na perda de parte do volume que estava armazenado. A figura 3.2 ilustra esse efeito.

Figura 3.2 Perda por evaporação na estocagem do produto.



Fonte: Barros [2000], Tanques de armazenamento

### 3.3.2- Perdas Devido às Interfaces

Quando dois ou mais produtos são transportados em um mesmo duto, há uma região de contato entre os produtos das bateladas adjacentes [Transpetro-NDT-44, 1996]. Nesta região, partes dos produtos se misturam. Esta parcela é denominada de interface e contém uma parcela degradada do volume de cada produto transportado. O tamanho das interfaces depende da miscibilidade dos produtos, da velocidade e do diâmetro do duto [Souza, 1995].

Embora, na prática, não seja possível precisar o início e o término da interface, busca-se estabelecer o volume a ser cortado através de um percentual de mistura dos produtos.

Dependendo das características dos produtos, a interface é em geral degradada, ou seja, é incorporada a produtos menos nobres, ou é segregada e encaminhada para reprocessamento. No primeiro caso temos uma perda de valor do produto e no segundo custos de transporte, armazenamento e reprocessamento, que se somarão ao custo da perda de quantidade. A figura 3.3 mostra uma seqüência típica de bateladas de produtos no interior de um poliduto, apresentando interfaces que deverão ser reprocessadas e interfaces entre produtos compatíveis.

Figura 3.3: Seqüência típica de bateladas de produtos.



Fonte: Website da Colonial Pipeline Corporation, 2001.

### 3.3.3- Perdas Acidentais de Qualidade

É um tipo de perda possível de ocorrer na movimentação de granéis líquidos, que consiste na alteração da composição ou propriedades físico-químicas do produto, verificadas no destino, comparada com a da origem. Podem ser motivadas por erros operacionais, equipamentos inadequados ou resíduos existentes nas tubulações ou tanques de armazenamento. Este tipo de perda é conhecida como perda de qualidade e as mais freqüentes são :

- Contaminação

Alteração durante a movimentação causada pela mistura do produto com outros produtos ou substâncias, retirando-o de especificação.

- Deterioração

Alteração do produto causada pela ação natural do tempo ou do ambiente em que está contido, retirando-o de especificação.

- Degradação

Perda devido incorporação de um produto em outro, desde que o produto receptor não perca suas características e continue a atender às especificações [Transpetro-NDT-44, 1996]. Em geral a degradação ocorre de um produto mais nobre para outro com menor valor comercial, resultando em perda de valor.

As perdas de qualidade são perdas acidentais e devem ser consideradas nas avaliações para estabelecer cláusulas de responsabilidades e penalidades contratuais, contratação de seguros de carga e na elaboração dos procedimentos

operacionais, de modo que contenham as providências preventivas a sua ocorrência.

#### 3.3.4 - Perdas Acidentais de Quantidade

- Operacionais

São as parcelas do produto que não são recebidas no tanque de destino por erros na execução da operação de transferência, alinhamentos incorretos ou vazamentos para fora do sistema de transferência [Guimarães,1986].

- Remanescente

É a parcela do produto que, embora programada para ser movimentada, não foi transferida, ficando retida uma etapa do processo. O caso mais comum ocorre nas descargas de navios tanque, quando parcelas significativas do produto permanecem nos tanques de bordo [Silva, 2000].

#### 3.3.5 – Redução de Perdas

As ações que podem concorrer para a redução das perdas nas movimentações de graneis líquidos podem ser iniciadas desde a concepção do caminho e mantidas até a finalização de cada transferência, tais como :

- Projetar equipamentos e instalações minimizando a existência de pontos baixos, passíveis de retenções.
- Utilizar vedações adequadas, que impeçam a fuga de produto ou possibilitem a existência de espaços livres onde o produto possa vaporizar-se.

- Utilizar tubulações com duplos bloqueios de modo a garantir que o fluido ou parte dele, não possa se desviar do destino programado.
- Manter os equipamentos de medição sob rígido controle operacional e tomando as ações necessárias assim que qualquer não-conformidade seja detectada.
- Preservar os equipamentos através de planos de manutenção preventiva, de modo a garantir o adequado desempenho, evitando fugas, vazamentos e vaporização do produto.

### **3.4- Erros de Medição**

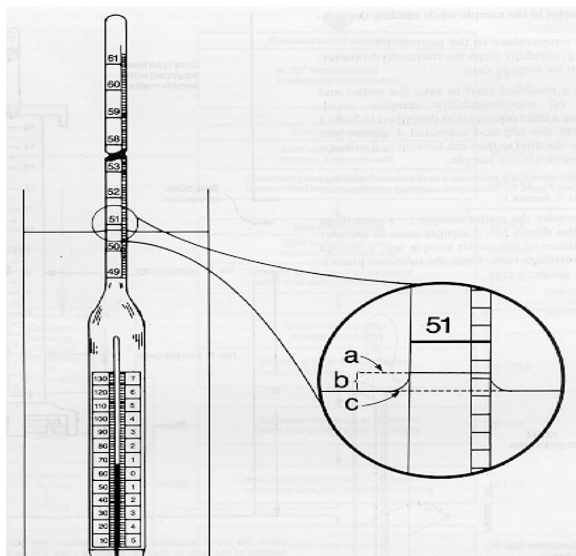
A quantificação do produto contido em tanques de armazenamento é feita rotineiramente em toda movimentação de granéis líquidos. A medição de um tanque necessita a determinação da altura e a temperatura do líquido nele contido. A altura do produto é medida na boca de medição com trena de sondagem. A temperatura do produto também é medida na boca de medição com termômetro. Com o valor da altura, podemos verificar na tabela volumétrica do tanque, o volume correspondente do produto. Com a temperatura do produto obtemos na tabela de correção de volume, o fator para a correção do volume à temperatura padrão.

Estas medições incorporam erros devido às incertezas motivadas por [Rodrigues,1992]:

- Incertezas de Instrumentos: são aquelas relativas à utilização de tabela volumétrica do tanque (arqueação), trena de sondagem, termômetro e densímetro.
- Incertezas de “Correção”: são aquelas relacionadas às Tabelas de Correção de Volume e Densidade, para uma determinada condição padrão [Japor, 1971].

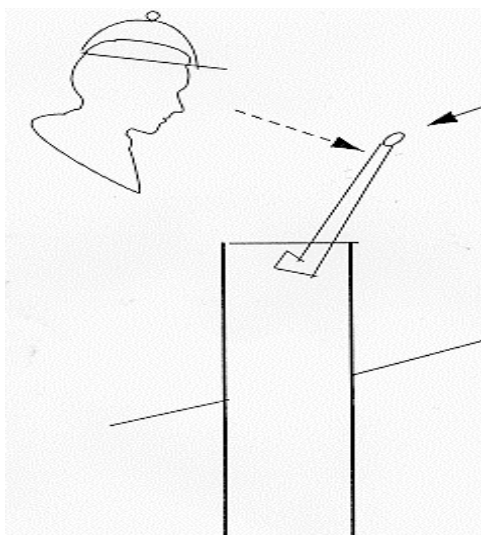
- Incertezas de Leitura: são relacionadas com a leitura dos instrumentos, no caso, trena de sondagem, termômetro e densímetro. A figura 3.4 mostra a dificuldade de interpretação do valor correto quando este ocorrer entre os espaçamentos da graduação do densímetro. A figura 3.5, ilustra o posicionamento adequado do termômetro a fim de permitir sua leitura na posição perpendicular.

Figura 3.4: Incerteza na leitura de densímetros



Fonte: American Petroleum Institute, Manual of Petroleum Measurement Standards, Chapter 18 – Custody Transfer.

Figura 3.5: Ângulo de leitura de temperatura.

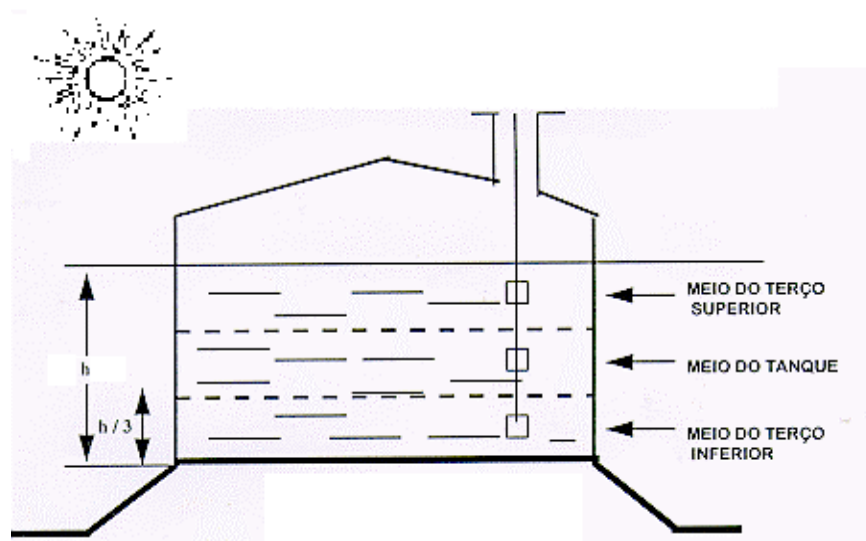




Fonte: Instituto Nacional de Pesos e Medidas – INPM, Portaria nº 15, Norma para Determinação de Temperatura do Petróleo e seus Derivados Líquidos, 1967.

- Incertezas de “Tomadas”: são as referentes ao local, em relação a todo o volume de produto, em que são feitas as leituras dos instrumentos e retiradas das amostras.

Figura 3.6: Altura para medição de temperatura e amostragem.



Fonte: Transpetro, Norma para Medição Manual em Tanques de Petróleo, Derivados e Álcool, NDT-38, 1996.

#### 3.4.1- Erros nas Medições de Volume

Os possíveis erros de uma medição para quantificação do volume à temperatura de referência, contido em um tanque, foram estudados por Japor [1959] e estão apresentados na tabela 3.1:

Tabela 3.1 Erros nas medições volumétricas de produtos em tanques de armazenamento.

Origem do Erro	Limite Superior do Erro	
	Absoluto	Relativo (%)
Arqueação do Tanque	-	0,20
Trena de Sondagem	-	0,02
Termômetro	0,25°C	0,03
Leitura da Trena	1mm	0,03
Leitura do Termômetro	0,25°C	0,03
Tomada de Temperatura no Tanque	0,5°C	0,05
Tabela de Correção de Volume	0,00005	0,005

Fonte: Japor [ 1959 ]

O Capítulo 13, do Manual do Petróleo do API, aborda na seção 1 os aspectos estatísticos das incertezas que estão envolvidas nas medições. Indica duas metodologias aceitas para avaliar a combinação de incertezas: 1) pela simples adição das incertezas ou 2) pelo chamado método da raiz quadrada da soma dos quadrados.

Como o erro resultante de uma incerteza é aleatório, ou seja, pode ocorrer em qualquer direção, é razoável prever-se que nem todos ocorrerão na mesma direção. Assim, a recomendação do API, contida no Capítulo 13, é que seja

utilizada a “metodologia da raiz quadrada da soma dos quadrados das incertezas”, para se estimar o erro esperado em uma medição que envolve várias fontes de incerteza.

Desta forma, o erro esperado devido às incertezas na medição do volume do produto contido em um tanque é dado por :

$$\text{Erro} = \sqrt{\text{erros de instrumentos}^2 + \text{erros de leitura}^2 + \text{erro de tomada}^2 + \text{erro de correção}^2}$$

onde:

erros de instrumentos = erros da tabela volumétrica do tanque, da trena e do termômetro;

erros de leitura = erros da leitura da trena e do termômetro;

erro de tomada = erro da tomada de temperatura;

erro de correção = erro da tabela de correção de volume.

Aplicando-se os valores da tabela 3.1 a estes erros, obtemos:

$$\text{Erro} = \sqrt{0,2^2 + 0,02^2 + 0,03^2 + 0,03^2 + 0,03^2 + 0,05^2 + 0,005^2}$$

$$\text{Erro} = \sqrt{0,0456}$$

$$\text{Erro} = \pm 0,21\%$$

#### 3.4.2- Erros nas Transferências entre Tanques Medidas em Volume

Caso estejamos fazendo uma movimentação de um tanque para outro, a comparação entre os volumes medidos no tanque expedidor e no tanque recebedor, estará utilizando 04 medições volumétricas, ou sejam as medições iniciais e finais em cada tanque.

Neste caso, o erro na diferença observada entre o volume enviado e o volume recebido, estará sujeito a influências das quatro medições, com as seguintes particularidades para esta situação:

- os erros relativos a instrumentos, ocorrem apenas duas vezes, pois são utilizados os mesmos instrumentos tanto na medição inicial quanto na final de cada tanque;
- os erros referentes a Leitura, Tomada de Temperatura e Tabela de Conversão de Volume, podem ocorrer em todas as medições, portanto, quatro vezes;

Assim, o erro esperado devido às incertezas é dado por :

$$\text{Erro} = \sqrt{2x(\text{erros de instrumentos}^2) + 4x(\text{erros de leitura}^2 + \text{tomada}^2 + \text{correção}^2)}$$

Também aqui, aplicando-se os valores da tabela 3.1 a estes erros, obtemos:

$$\text{Erro} = \sqrt{2x(0,2^2 + 0,02^2 + 0,03^2) + 4x(0,03^2 + 0,03^2 + 0,05^2 + 0,005^2)}$$

$$\text{Erro} = \sqrt{0,0999}$$

$$\text{Erro} = \pm 0,32\%$$

Na determinação deste erro, é assumido que todos os procedimentos operacionais são seguidos, todos os equipamentos utilizados estão em perfeito estado e que todos os operadores estão treinados. Nele, não estão contidos os erros chamados de “erros espúrios” pelo API Capítulo 13 seção 1, para petróleo e seus derivados, que são erros grosseiros de aplicação de procedimentos, erros

grosseiros de leitura, mau funcionamento de instrumentos (estes erros não devem ser considerados em nenhuma análise estatística e seus resultados devem ser descartados).

### 3.4.3- Diferença na Transferência entre Tanques Medida em Volume

A diferença entre o volume medido no tanque receptor e o volume medido no tanque expedidor, incorpora a influência resultante da ação de todos agentes que possam gerar erros ou perdas no processo. Assim, o valor desta diferença representa o resultado de todos os erros e perdas que ocorreram neste processo.

Registrando os dados obtidos nas operações de transferência entre dois tanques específicos, podemos montar uma série histórica das diferenças ocorridas.

A partir desta série histórica podemos, avaliar seu comportamento e calcular a média ( $\mu$ ) e o desvio padrão ( $\sigma$ ) da diferença.

O erro associado às medições volumétricas entre dois tanques, mostrado em 3.4.2 ( $\pm 0,32\%$ ), pode ser utilizado em conjunto com o desvio padrão ( $\sigma$ ), através da combinação pelo método da “raiz quadrada da soma dos quadrados”, para que possamos estimar o intervalo em que a diferença de uma única movimentação, entre estes tanques, deverá estar contida. Teremos então:

$$\text{Variação em torno da média} = \sqrt{\text{Erro}^2 + \sigma^2}$$

Desta forma, o valor esperado para a diferença de uma única transferência entre tanques, de produtos comercializados em unidades de volume será :

$$\text{diferença esperada} = \hat{i} \pm \sqrt{\text{Erro}^2 + \sigma^2}$$

onde:

$\mu$  - média das diferenças de medição do produto;

Erro – incertezas das medições volumétricas, no caso estudado = 0,32 ;

$\sigma$  - desvio padrão dos índices de diferença nas movimentações do produto.

Neste caso,

$$\text{diferença esperada} = \hat{i} \pm \sqrt{(0,32)^2 + \sigma^2}$$

O conhecimento deste intervalo tem várias utilidades práticas. Entre as mais comuns destacamos :

- possibilita o estabelecimento de parâmetros de controle para a operação.
- é uma base para o estabelecimento de parâmetros contratuais de desempenho operacional e controle de perdas.
- possibilita uma análise de sensibilidade dos riscos de perdas em uma única operação.
- fornece um parâmetro para a contratação de seguros para a carga transportada.

#### 3.4.4- Erros nas Medições de Massa

Os erros decorrentes das medições mássicas são os mesmos existentes nas medições volumétricas, acrescidos daqueles relacionados ao uso de densímetros e da amostragem necessária para a determinação da densidade. Desta forma, os erros envolvidos numa medição de quantidade em massa são apresentados na tabela 3.2 a seguir :

Tabela 3.2 Erros nas medições mássicas de produtos em tanques de armazenamento.

Origem do Erro	Limite Superior do Erro	
	Absoluto	Relativo (%)
Arqueação do Tanque	-	0,20
Trena de Sondagem	-	0,02
Termômetro	0,25°C	0,03
Densímetro	0,0005	0,06
Leitura da Trena	1mm	0,03
Leitura do Termômetro	0,25°C	0,03
Leitura do Termômetro (densidade)	0,25°C	0,03
Leitura do Densímetro	0,0003	0,04
Tomada de Temperatura no Tanque	0,5°C	0,05
Tomada da Amostra	0,001	0,13
Tabela de Correção da Densidade	0,00005	0,005
Tabela de Correção de Volume	0,00005	0,005

Fonte: Japor [ 1959 ]

Assim como no erro associado à medição de volume, também na medição de massa, o método utilizado para determinação do erro total esperado é o da “raiz quadrada da soma dos quadrados dos erros”, pois o comportamento das influências é o mesmo. Desta forma, o erro esperado devido às incertezas na medição de volume é:

$$\text{Erro} = \sqrt{\text{erros de instrumentos}^2 + \text{erros de leitura}^2 + \text{tomada}^2 + \text{correção}^2}$$

Aplicando-se os valores da tabela 3.2 a estes erros, obtemos:

$$\text{Erro} = \sqrt{0,2^2 + 0,02^2 + 0,03^2 + 0,06^2 + 3 \times 0,03^2 + 0,04^2 + 0,05^2 + 0,13^2 + 0,005^2 + 0,005^2}$$

$$\text{Erro} = \sqrt{0,06775}$$

$$\text{Erro} = \pm 0,26\%$$

#### 3.4.5- Erros nas Transferências entre Tanques Medidas em Massa

Caso estejamos fazendo uma movimentação de um tanque para outro tanque, a comparação entre quantidades em massa, medidas no tanque expeditor e no tanque recebedor, estará utilizando 04 medições mássicas, ou sejam as medições iniciais e finais em cada tanque.

Neste caso, o erro na diferença observada entre as massas enviada e recebida, estará sujeito a influências das quatro medições, com as particularidades de que como nos erros associados à medição de volume, também na medição de massa, os erros de instrumentos são considerados apenas duas vezes (são utilizados os



mesmos instrumentos para cada tanque) e os erros de leitura, tomada e correção podem ocorrer nas quatro medições, assim:

$$\text{Erro} = \sqrt{2x(\text{erros de instrumentos}^2) + 4x(\text{erros de leitura}^2, \text{ tomada}^2 \text{ e correção}^2)}$$

Aplicando-se os valores da tabela 3.2 a estes erros, obtemos:

$$\text{Erro} = \sqrt{2x(0,2^2 + 0,02^2 + 0,03^2 + 0,06^2) + 4x(3x0,03^2 + 0,04^2 + 0,05^2 + 0,13^2 + 2x0,005^2)}$$

$$\text{Erro} = \sqrt{0,1848}$$

$$\text{Erro} = \pm 0,43\%$$

Também na determinação deste erro é assumido que todos os procedimentos operacionais são seguidos, todos os equipamentos utilizados estão em perfeito estado e que todos os operadores estão treinados. Nele, como citado em 3.4.2, também não estão contidos os erros chamados de “erros espúrios” pelo API Capítulo 13 seção 1, para petróleo e seus derivados.

#### 3.4.6- Diferença na Transferência entre Tanques Medida em Massa

A diferença entre a massa medida no tanque receptor e a massa medida no tanque expedidor, a exemplo do que ocorre com a medição volumétrica, incorpora a influência resultante da ação de todos os agentes que possam gerar erros ou perdas no processo. Assim, o valor desta diferença representa o resultado de todos os erros e perdas que ocorreram neste processo.

Registrando os dados obtidos nas operações de transferência entre dois tanques específicos, podemos montar uma série histórica das diferenças ocorridas. A partir

desta série histórica podemos calcular a média ( $\mu$ ) e o desvio padrão ( $\sigma$ ) da diferença.

Como citado em 3.4.2, os erros de medição ocorrem de forma aleatória e em ambas as direções. Então para um número suficientemente alto de movimentações, a média e o desvio padrão das diferenças representam basicamente as perdas de produto, já que as incertezas de medição tendem, neste caso, a se cancelar.

O erro associado às medições mássicas entre dois tanques, mostrado em 3.4.5 ( $\pm 0,43\%$ ), pode ser utilizado em conjunto com o desvio padrão ( $\sigma$ ), através da combinação pelo método da “raiz quadrada da soma dos quadrados”, para que possamos estimar o intervalo em que a diferença de uma única movimentação entre estes tanques deverá estar contida. Teremos então :

$$\text{Variação em torno da média} = \sqrt{\text{Erro}^2 + \sigma^2}$$

Desta forma, o valor esperado para a diferença numa única transferência entre tanques, de produtos comercializados em unidades de massa será :

$$\hat{i} \pm \sqrt{\text{Erro}^2 + \sigma^2}$$

onde:

$\mu$  - média das diferenças de medição do produto;

Erro – incertezas das medições mássicas;

$\sigma$  - desvio padrão dos índices de diferença nas movimentações do produto.

Neste caso,

$$\text{diferença esperada} = \hat{i} \pm \sqrt{(0,43)^2 + \sigma^2}$$

O conhecimento deste intervalo possui as mesmas utilidades práticas citadas em 3.4.3.

### 3.4.7- Erro Esperado em uma Movimentação Multimodal de Granel Líquido

Uma movimentação multimodal é uma transferência na qual o produto é transferido do ponto de expedição até o ponto de destino, empregando mais de um modal de transporte, em suas etapas.

Em cada etapa são realizadas operações de transferência com o produto, de modo que possamos caracterizar o progresso da movimentação, facilitando seu monitoramento.

Cada operação individualmente considerada, vai apresentar resultados específicos e de acordo com suas características, independentemente da quantidade de operações que a movimentação possua.

Assim, o erro esperado em cada operação da movimentação independe das demais operações e será o mesmo que se espera quando a operação é realizada individualmente.

O erro esperado em uma movimentação multimodal, com “n” operações, será resultante de todos os erros esperados em cada uma das operações que a compõe. Assim podemos estimá-lo como sendo :

$$\text{Erro Movimentação Multimodal} = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} (\text{erro operação})_i^2}$$

### 3.4.8- Erro Esperado com a Utilização de Outros Processos de Medição

O erro esperado para as medições realizadas com outros processos, pode ser estimado com a abordagem anteriormente apresentada.

Verificando-se detalhadamente todas as etapas do processo de medição podemos identificar as medidas físicas necessárias à apuração das quantidades. A partir das especificações dos equipamentos utilizados, podemos obter a incerteza de cada medida e compor, a exemplo do que fizemos em 3.4.1 e 3.4.4, a incerteza resultante de todas as medições que compõem o processo.

### 3.4.9 – Redução dos Erros de Medição

Os erros nas medições de granéis líquidos, da mesma forma que citamos para a redução de perdas, podem ser reduzidos por ações que se iniciam na fase de projeto e devem ser mantidas até o final de cada transferência, tais como:

- Projetar as instalações com equipamentos de medição que possuam a menor incerteza possível.
- Utilizar nas medições instrumentos adequados, em bom estado físico e devidamente calibrados.
- Manter todo o pessoal envolvido nos processos de medição em constante treinamento, de modo a garantir que as operações sejam realizadas em plena conformidade com os procedimentos estabelecidos.
- Manter acompanhamento estatístico dos processos, realizando periodicamente análises críticas das diferenças, para que sejam rapidamente identificados e corrigidos quaisquer desvios.

### 3.5- Estimador para as Perdas em uma Movimentação

Como citado em 1.2, a movimentação de granéis líquidos requer um rígido controle operacional, com monitoração qualitativa e quantitativa de cada etapa da transferência.

O volume resultante da medição do produto em cada etapa incorpora a ação de todos os agentes geradores de erro.

A diferença entre os volumes medidos no destino e na origem, de acordo com o exposto em 3.4.3 e 3.4.6, possui duas componentes distintas. Uma é devido aos erros das medições de volume no destino e na origem. Outra é resultante das perdas ocorridas no caminho percorrido pelo produto entre a origem e o destino da transferência.

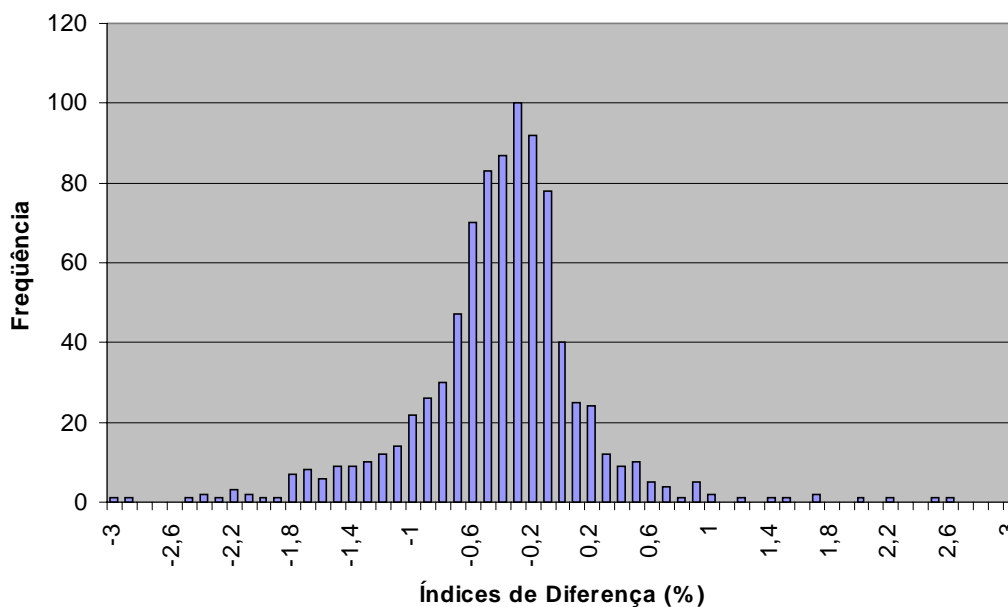
Em 3.4.1, verificamos que os erros de medição ocorrem de forma aleatória e em ambas as direções. Do ponto de vista estatístico uma variável com esta propriedade, pertence a uma população cuja distribuição amostral tem média nula. Então para uma amostra com número suficientemente alto de movimentações, os erros de medição tenderão a se cancelar. Desta forma, à influência dos erros de medição, deixam de existir na média e no desvio padrão da série histórica das diferenças.

Retirada à influência dos erros de medição das diferenças, restará apenas a parcela relativa às perdas nas transferências.

A análise realizada por Harboe [1999] de um grande número de movimentações de granéis líquidos por cabotagem entre portos Brasileiros, concluiu que as perdas, avaliadas a partir das diferenças percentuais de medição, se comportam conforme uma distribuição normal. A figura 3.7 a seguir, contém o histograma de

freqüências e os valores da média e desvio padrão, obtidos por Harboe, para os índices de diferença nas movimentações por cabotagem, de combustível, no período compreendido entre 1993 e 1997.

Figura 3.7: Histograma da Distribuição de Freqüência dos Índices de diferença nas movimentações de Combustível de 01/01/1993 a 31/12/1997.



Média ( $\mu$ )	-0,46%
Desvio padrão ( $\sigma$ )	0,5527

Fonte: Harboe, Estudo dos Índices de Diferenças nas Movimentações de Produtos por Cabotagem, 1999.

Técnicas estatísticas de amostragem permitem o cálculo aproximado do tamanho da amostra necessária a um estudo, de modo a possibilitar avaliações da média e desvio padrão de uma população, com um determinado nível de tolerância. Desta forma, o número mínimo de movimentações, necessárias para a avaliação da média e do desvio padrão, pode ser encontrado através da fórmula abaixo [Bornia, 1997]:

$$n = \frac{1,96^2 \times \sigma^2 \times N}{1,96^2 \times \sigma^2 + e^2 (N - 1)} \quad (3.1)$$

onde:

$n$  = número de movimentações necessárias

$\sigma$  = desvio padrão

$N$  = número total de movimentações disponíveis

$e$  = tolerância de erro ( 5% )

O número de movimentações necessárias à avaliação da média e desvio padrão dos índices de diferenças do combustível mostrado na figura 3.7, é :

$$n = \frac{1,96^2 \times 0,5527^2 \times 885}{1,96^2 \times 0,5527^2 + 0,05^2 (885 - 1)}$$

$n = 307$  movimentações.

A média amostral é, como demonstra Kmenta [1978], a melhor estimativa para a média de uma variável. Como a média das diferenças observadas não incorpora a influencia dos erros de medição, pois, como vimos eles se anulam, uma vez que são aleatórios e ocorrem em ambas as direções, representando apenas as perdas ocorridas entre as medições, esta média é a melhor estimativa possível para as perdas.

Assim o melhor estimador possível, para avaliar a perda em uma movimentação é a média amostral “ $\mu$ ”, das diferenças registradas das movimentações nela realizadas, ou seja:

Perda média na Movimentação =  $\hat{\mu}$

onde :

$\mu$  = média da série histórica das diferenças registradas

### **3.6- Reconciliação de Perdas**

O transporte de produtos na forma de granéis líquidos, a exemplo do que é praticado por outros modais, busca ganhos de escala, visando à redução de custos. Por isso é comum ocorrer o transporte conjunto de cargas.

Estas cargas em conjunto podem estar consignadas a vários proprietários e, em geral, possuem vários pontos de destino. Esta ocorrência é comum nas transferências por dutos destinados a pool de companhias e nas movimentações marítimas de cabotagem.

Nestes casos, o transporte, como define Ramalho [2000], tem caráter solidário, sendo a perda final, apurada ao término da movimentação. Esta perda posteriormente é reconciliada, de forma que todos os consignatários das cargas, de forma individual, venham a ter a mesma perda percentual.

O montante dos valores envolvidos e as dificuldades operacionais do processo de reconciliação das perdas, levaram as principais Companhias Distribuidoras de derivados de petróleo, a criar a Coordenadoria de Sobras e Perdas na Cabotagem. A Coordenadoria é administrada em condomínio pelas Distribuidoras e está encarregada de apurar as perdas e cuidar dos processos de reconciliação das perdas nas cargas movimentadas por Cabotagem no país.

### **3.7- Custos nas Movimentações**



Como o transporte é um fator de custo na operação dos negócios, ele exerce uma forte pressão nas decisões envolvendo a formação dos preços, especialmente nas empresas com política custo-orientadas [Lambert and Stock, 1993]. Diferentes abordagens podem ser dadas para a classificação dos custos. Para o enfoque deste trabalho serão considerados os custos associados ao caminho multimodal escolhido para realizar a transferência do granel líquido, viabilizando a avaliação do custo total e possibilitando a comparação com o custo de caminhos alternativos.

### 3.7.1- Custos de Estoque

Como definem Ackoff e Sasieni [1979], um estoque consiste de recursos passíveis de serem usados mas que se encontram momentaneamente, sem aplicação. Aplicando esta definição a movimentação de um granel ao longo de um caminho multimodal identificamos duas componentes distintas relacionadas à impossibilidade do uso do produto :

- Uma relacionada ao tempo em que o produto fica estacionado, aguardando para ser utilizado ou ser novamente transferido;
- Outra relacionada ao tempo em que está sendo movimentado, uma vez que também nestas ocasiões estará indisponível para o uso.

Em geral, para que se tenha a posse do produto, há a necessidade de se despendar ou empenhar uma quantia. Assim procuramos associar um valor ao produto, que pode ter por base o custo de sua produção, da sua aquisição ou seu valor de mercado.

A remuneração do capital empregado para a posse do produto continuará a ocorrer durante o período em que ele ficar indisponível, portanto teremos :

- Custos de Estoque, que são aqueles referentes aos períodos em que o produto permanece estocado na movimentação, como estoques na origem enquanto aguarda o embarque, estoque no destino enquanto espera ser retirado pelo proprietário, estoque nas bases intermediárias enquanto aguarda a próxima operação da movimentação ou a troca de modal;
- Custos de Estoques em Trânsito, que são aqueles referentes aos períodos em que o produto estiver em trânsito, pois enquanto está sendo transferido o produto permanece indisponível.

### 3.7.2- Custos de Transporte

Os custos de transporte de um produto, como explicam Novaes e Alvarenga [1994], são aqueles necessários à remuneração de toda a estrutura e elementos necessários a sua operação. Parte destes custos são devidos às instalações físicas necessárias ao deslocamento do produto, incluindo as particularidades requeridas para transporte de granéis líquidos e uma outra esta relacionada ao deslocamento do produto e fortemente influenciada pela distância. Assim teremos:

- Custos Fixos de Transporte, que visa remunerar os custos de capital, depreciação das instalações, veículos e equipamentos, impostos, seguro das instalações, despesas com oficinas, manutenção, escritórios e pessoal indireto;
- Custos Variáveis de Transporte, destinados a cobrir as despesas operacionais de deslocar o produto como energia, combustível, lubrificantes, pneus, motoristas e pessoal para operação de instalações e equipamentos.

### 3.7.3- Outros Custos

De acordo com as instalações físicas e etapas do caminho multimodal, podem ser necessários outros insumos ao transporte do granel líquido, que também devem ser considerados na composição dos custos da movimentação, tais como:

- Serviços de operações de transferência do produto de um modal para outro;
- Utilização de equipamentos e instalações;
- Controle e inspeção;
- Impostos e serviços de desembaraço do produto;
- Seguro da carga.

A seguir, no capítulo 4, apresentaremos um procedimento para estimar a perda resultante das várias transferências que compõem a movimentação e uma metodologia para considerar estas perdas na avaliação de caminhos multimodais utilizados para a movimentação de produtos na forma de granéis líquidos.

## CAPÍTULO 4

### PROCEDIMENTO PARA CONSIDERAR AS PERDAS NA AVALIAÇÃO DE MOVIMENTAÇÕES MULTIMODAIS DE GRANÉIS LÍQUIDOS.

#### 4.1- Valoração das Perdas

Dentre os muitos modos que poderíamos adotar para valorar as perdas, a mais simples e fácil de equacionamento, é pela quantificação em termos do custo do produto perdido, sendo que neste trabalho não foi feita distinção entre preço e custo do produto. O valor mais adequado a ser usado dependerá da finalidade a que se destina a estimativa.

Se um volume “V”, de um produto na forma de granel líquido, cujo preço unitário em unidades monetárias por volume seja “c”, estiver sendo movimentado e ao final desta movimentação verificarmos uma falta de produto, que corresponda percentualmente a “p” % do volume inicial, podemos estimar o custo dessa perda por:

$$\text{Custo Perdas} = c \times V \times p \quad (4.1)$$

A expressão da perda em percentuais do volume total movimentado apresenta vantagens práticas, pois, como independe do volume movimentado, permite a comparação entre movimentações de um mesmo caminho, facilita o acompanhamento de desempenho operacional, e ainda a comparação entre as perdas em diferentes caminhos.

É importante observar que no procedimento aqui proposto não se considerou os custos com a remoção ou destinação final dos resíduos provenientes da perda dos granéis líquidos durante o deslocamento nos caminhos multimodais.

#### 4.2- Perda Total em uma Movimentação Multimodal

A perda total em uma movimentação, como apresentado no capítulo 3, é o resultado da ação de todos os agentes geradores de perdas presentes em cada operação realizada ao longo da movimentação.

Quando uma movimentação é realizada em várias etapas ou com a utilização de vários modais, as características individuais de cada operação são preservadas.

Assim, sob a ótica de perdas aqui considerada, uma movimentação de  $Q_0$  unidades iniciais de um produto composta de “n” operações, tem o seguinte desenvolvimento:

$$Q_1 = Q_0 \times (1-p_1)$$

$$Q_2 = Q_1 \times (1-p_2) = Q_0 \times (1-p_1) \times (1-p_2)$$

$$Q_3 = Q_2 \times (1-p_3) = Q_0 \times (1-p_1) \times (1-p_2) \times (1-p_3)$$

- 

- 

- 

$$Q_i = Q_{i-1} \times (1-p_i) = Q_0 \times (1-p_1) \times (1-p_2) \times (1-p_3) \times \dots \times (1-p_i)$$

Onde:

$Q_i$  = quantidade após a operação “i”

$i = (1, 2, \dots, n)$

Então, se  $p$  for a perda total da movimentação, teremos:

$$(1 - p) = (1 - p_1) \times (1 - p_2) \times (1 - p_3) \times \dots \times (1 - p_n) \quad (4.2)$$

de onde:

$$p = 1 - [(1 - p_1) \times (1 - p_2) \times (1 - p_3) \times \dots \times (1 - p_n)]$$

### **4.3- Avaliação de Caminhos Multimodais de Granéis Líquidos**

Quando necessitamos realizar o transporte de um produto entre determinados origem e destino, torna-se necessário identificar as possíveis formas de realizá-lo a partir dos modais e instalações disponíveis, bem como, estimar o custo de cada uma dessas formas.

Conhecidos os caminhos multimodais possíveis e seus respectivos custos, a escolha geralmente adotada é aquela que apresenta o menor custo total [Prechey, 2001]. Afora uma condição muito particular, onde algum outro fator possa ser importante decisão, o custo total tem um papel relevante no processo decisório. Assim sendo, optou-se por adotar o custo total da movimentação na metodologia de avaliação do caminho multimodal.

Em geral, os modelos para análise do custo total, aplicados a sistemas integrados de distribuição, consideram os custos dos diversos estoques e os custos fixos e variáveis do transporte [Ribeiro, 1996].

Conforme já explicado, quando o produto a ser transportado for um granel líquido, a consideração destes custos é insuficiente, pois ocorrem perdas naturais de produto, e estas perdas representam valores significativos no processo. Devemos então, incluir os custos das perdas na composição do custo total da movimentação.

Para um caso genérico de uma movimentação multimodal, realizada em “n” operações, podemos então avaliar seu custo total, através da soma dos diversos custos, referentes a cada operação. Assim teremos :

$$CTM = \sum_{i=1}^{i=n} CE_i + \sum_{i=1}^{i=n} C_T E_i + \sum_{i=1}^{i=n} C_F T_i + \sum_{i=1}^{i=n} C_V T_i + \sum_{i=1}^{i=n} CP_i + \sum_{i=1}^{i=n} CO_i \quad (4.3)$$

onde :

CTM = Representa o custo total da movimentação.

CE<sub>i</sub> = Representa o custo de estocagem do produto na i-ésima operação.

C<sub>T</sub>E<sub>i</sub> = Representa o custo dos estoques em transito durante a i-ésima operação.

C<sub>F</sub>T<sub>i</sub> = Representa o custo fixo do transporte utilizado na i-ésima operação.

C<sub>V</sub>T<sub>i</sub> = Representa o custo variável do transporte utilizado na i-ésima operação.

CP<sub>i</sub> = Representa o custo das perdas de produto na i-ésima operação.

CO<sub>i</sub> = Representa os outros custos que possam ocorrer na i-ésima operação.

#### **4.4- Estimativa das Perdas em Cada Operação**

Para que possamos fazer a estimativa do custo total, usando a equação (4.3) necessitamos quantificar a perda em cada etapa da movimentação.

Esta quantificação requer o conhecimento detalhado dos procedimentos operacionais praticados nas operações. Devemos executar um detalhamento minucioso do percurso, mapeando todas as tarefas. A seguir, para cada passo da operação, devemos verificar a possibilidade de ocorrerem perdas e, na seqüência, proceder a sua quantificação.

A quantificação deve ser realizada em três situações distintas: para um novo caminho, onde não existem informações sobre o comportamento das perdas, ou para caminhos já conhecidos, ou para uma combinação dos dois anteriores.

##### **4.4.1- Estimativa das Perdas em Caminhos Conhecidos**

Para esta finalidade, entendemos por caminho conhecido, aquele que além de já estar em uso há algum tempo, dispõe de registros das medições, de forma que tenhamos registros da série histórica das diferenças de volume ou massa, ocorridas em suas operações. Podemos então, calcular a média e desvio padrão da série histórica das diferenças ocorridas em cada operação da movimentação.



Com estes valores calculados, utilizando a equação (3.1) apresentada em 3.5, podemos verificar se a quantidade de diferenças disponíveis é suficiente para uma avaliação dentro do intervalo de confiança desejado.

Os dados históricos das diferenças de medição, desde que obtidos a partir de medições realizadas em conformidade com procedimentos e normas aplicáveis, são, como vimos em 3.5, a melhor estimativa que podemos obter do comportamento de uma das perdas em uma instalação.

Dependendo da forma como foram feitos os registros, eles podem ser representativos de apenas uma operação, de algumas operações em conjunto ou de toda a movimentação. De acordo com os dados disponíveis, procedemos à avaliação das perdas, em tantas operações quantas forem necessárias, até uma completa abrangência da movimentação. Então a avaliação da perda na  $i$ -ésima operação da movimentação será :

Perda na Operação  $i = \mu_i$

onde :

$\mu_i$  = média da série histórica das diferenças das medições da  $i$ -ésima operação da movimentação

A perda em cada operação estimada como a média das diferenças das medições observadas na série histórica, pode ser valorada conforme 4.1 para aplicação na equação de custo total da movimentação (4.3), apresentada em 4.3.

#### 4.4.2- Estimativa das Perdas em Caminhos Novos

Para esta finalidade, entendemos por caminho novo, aquele que não possui registros históricos de medições ocorridas em suas operações, de modo que possamos realizar estatísticas sobre as perdas ocorridas.

Os registros podem não existir por ser tratar de um novo caminho, ainda não utilizado ou ainda por não haverem registros de medições realizadas. Nestas condições a perda na i-ésima operação da movimentação, pode ser estimada com base na :

- utilização de dados históricos de outras operações semelhantes
- adoção de valores encontrados em referências bibliográficas
- realização de cálculos a partir de equações publicadas por Instituições especializadas, ou oriundas de estudos práticos, como mostradas no item 3.3.1, para calcular a perda em determinadas operações.

Na tabela 4.1 apresentamos alguns valores práticos de perdas para operações usualmente utilizadas para movimentar granéis líquidos. Os valores foram obtidos em pesquisas não formais realizadas junto a profissionais que atuam na atividade de Loss Control , que atuam no Brasil e no exterior, quando da realização cursos, participação em congressos, reuniões de comitês técnicos, e contatos com empresas e fornecedores de equipamentos e serviços. Dentre os muitos contatos destacam-se Institute of Petroleum – IP, reuniões do PML 4, Perdas de Petróleo no Transporte Marítimo; Inspectorate Argentina; Abacus International, Professional training for industry - UK; Petróleo Brasileiro S.A. e International Testing Services.

Tabela 4.1: Perdas nas operações de transferência de granéis líquidos.

MODAL	OPERAÇÃO	PERDA %
Dutoviário	Transferência de TQ para TQ	0,2
	Transferência Longa Distancia TQ/TQ	0,3
Ferroviário	Carga de Vagão Tanque	0,05
	Descarga de Vagão Tanque	0,05
	Transporte	0,1
Hidroviário	Carregamento de Barcaça	0,3
	Descarga de Barcaça	0,3
	Transporte até 7 dias	0,2
	Transporte de 8 a 14 dias	0,3
	Transporte de 15 a 30 dias	0,4
Marítimo	Carga de Navio Tanque	0,2
	Descarga de Navio Tanque	0,2
	Transporte Longo Curso NT	0,2
	Transporte Cabotagem NT	0,3
	Carga Navio Suqueiro	0,05
	Descarga Navio Suqueiro	0,05
	Transporte Navio Suqueiro	0,02
	Carga Navio Químico	0,03
	Descarga Navio Químico	0,03
	Transporte Navio Químico	0,02
Rodoviário	Carregamento de Caminhão Tanque	0,05
	Descarga de CT	0,05
	Transporte em CT	0,1

#### 4.4.3- Estimativa das Perdas em Caminhos com Operações Conhecidas e Novas

Na busca de alternativas, podemos nos deparar com caminhos que possuam etapas já conhecidas e etapas novas. Nestes casos, devemos utilizar abordagens distintas para as etapas, conforme essas sejam novas ou conhecidas, segundo 4.4.1 ou 4.4.2 .

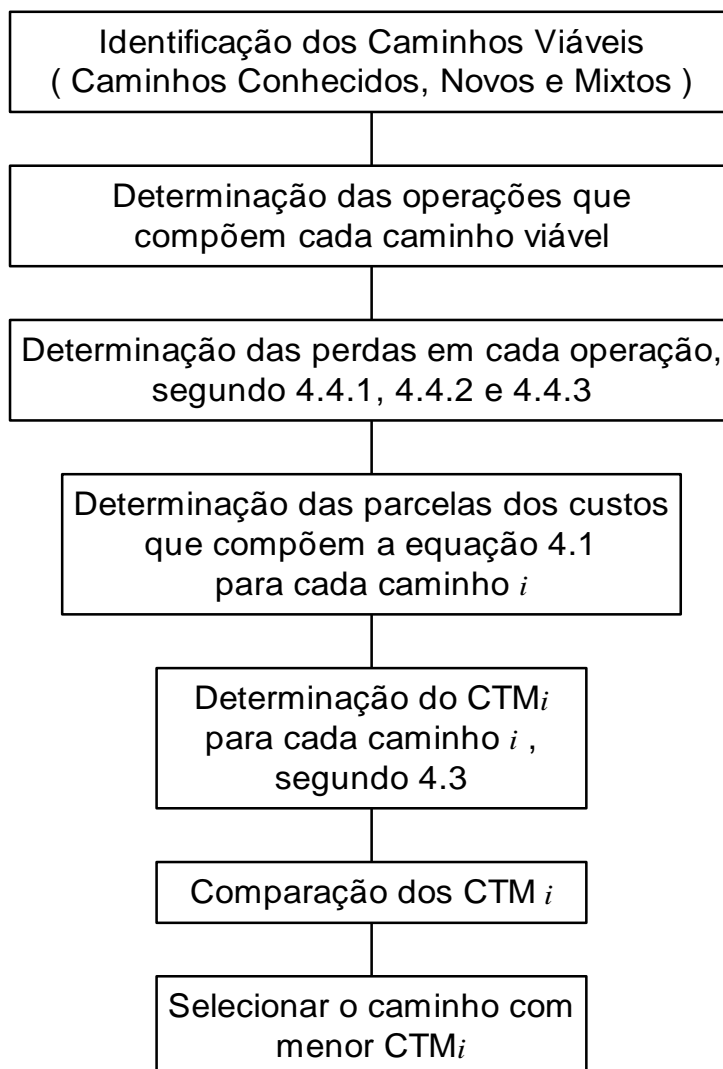
#### 4.4.4- Seleção do Caminho a ser adotado para a Movimentação

Entendendo como caminho ótimo para uma movimentação, aquele que possibilita a operação ao menor custo total, a escolha deve ser feita pela comparação do custo total para a movimentação por cada caminho avaliado, calculado com base na equação 4.3.

#### 4.4.5- Fluxograma representativo do Procedimento Proposto

A seguir apresentamos em forma de fluxograma o procedimento proposto para a seleção do caminho para movimentação de granéis líquidos, com menor custo total associado incluindo as perdas.

## Seleção do Caminho para Movimentação de Granéis Líquidos



A seguir o capítulo 5 abordará um caso prático de escolha entre caminhos alternativos. Serão apresentadas uma avaliação com a abordagem tradicional e pela metodologia proposta que considera as perdas, possibilitando uma comparação direta e um contato com os valores envolvidos.

## CAPITULO 5

### APLICAÇÃO PRÁTICA

Objetiva-se exemplificar o procedimento aqui proposto para considerar as perdas na avaliação de caminhos multimodais utilizados na movimentação de produtos na forma de granéis líquidos. Para isto é utilizado o estudo realizado por Chao e Muhlbauer em 1998 para o abastecimento de Diesel na região de Campo Grande. Essa é a etapa do que será denominado estudo original.

#### 5.1- Histórico

Com a efetivação do MERCOSUL, várias alterações tarifárias foram introduzidas a partir de 1997, na relação de comércio entre os países membros deste novo bloco econômico. O primeiro grupo de alterações incluiu a eliminação do imposto de importação de petróleo e derivados dos países membros do grupo.

No âmbito internacional, a política então adotada pelo governo brasileiro foi de uma progressiva redução do imposto de importação de produtos de outras origens, até a sua total eliminação em 2001. A evolução desta política esta resumida na tabela 5.1, apresentada a seguir :

Tabela 5.1: Imposto de Importação para óleo diesel de origem no US Golf.

ano	alíquota
1998	12 %
1999	9 %
2000	6 %
2001	isento

Fonte : Chao e Muhalbauer [1998]

A exemplo dos outros componentes do novo bloco, o Brasil tomou providências para melhorar as condições de transporte, que estão tornando factíveis algumas rotas multimodais alternativas.

A implementação desta política passou a alterar progressivamente o equilíbrio das condições de distribuição e, portanto, merecedora de avaliações visando identificar entre as novas alternativas, aquelas apresentam condições mais favoráveis de transporte.

Analisando algumas destas novas alternativas, Chao e Muhlbauer [1998] identificaram como viável fazer o abastecimento do centro-oeste brasileiro com produto importado da Argentina, através de uma rota hidroviária, que entrando pelo rio Paraná pode chegar a Corumbá, de onde pode seguir por ferrovia até Campo Grande. Esta rota é alternativa a rota marítima, a partir do US Golf, utilizada até então.

A partir da identificação desta alternativa, Chao e Muhlbauer [1998] elaboraram um estudo com o objetivo de avaliar e comparar os custos de abastecimento pelo caminho que já estava sendo utilizado e pelo caminho alternativo e, assim, identificar a condição mais favorável ao abastecimento da região.

Para tal, foram considerados os custos do produto nas diferentes origens, custos fixos e variáveis de transporte, custos de estoques, custos de estoques em trânsito, despesas portuárias e impostos porém, não foram considerados os custos das perdas.

## **5.2 - Descrição dos Caminhos**

Nesta dissertação são dois os caminhos considerados para o abastecimento da cidade de Campo Grande. Um é denominado de tradicional - US Golf, sendo feito com diesel comprado no US Golf, que segue por rota marítima até o litoral de São Paulo, onde é descarregado para os tanques do Terminal de São Sebastião. Dos tanques do terminal o produto é transferido pelo Oleoduto São Sebastião-Paulínia, OSPLAN, até a base de Paulínia, no Planalto Paulista. Em Paulínia, o produto é embarcado em Vagões-Tanque que, seguindo pela Ferrovia Bandeirantes – Ferroban, chega a Bauru, e de Bauru, pela Ferrovia Novo Oeste, chega a Campo Grande. Este caminho esta representado no mapa da figura 5.1, apresentada a seguir.

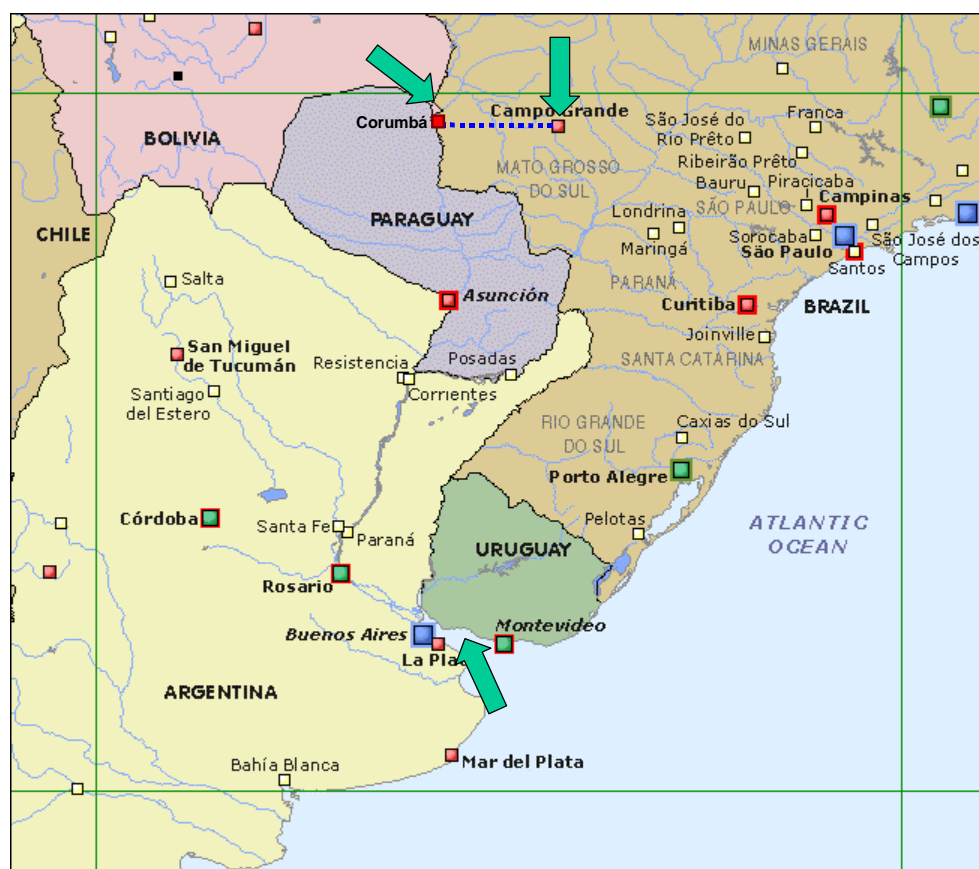
Figura 5.1 : Caminho original – US Golf





O outro caminho compreende a alternativa estudada por Chao e Muhalbauer [1998], denominado alternativo pela hidrovia, cujo produto é comprado no mercado Argentino, e pode seguir pela hidrovia do rio Paraná até chegar a Corumbá, de onde pode ser transferido para Vagões-Tanque e seguir pela Ferrovia Novo Oeste até chegar a Campo Grande. O mapa apresentado na figura 5.2, a seguir identifica este caminho.

Figura 5.2 : Caminho alternativo pela hidrovia



### 5.3- Avaliação dos Custos de Movimentação no Caminho Tradicional pelo US Golf

#### 5.3.1- Avaliação Baseada no Estudo Original de Chao e Muhalbauer (1998)

O estudo original de Chao e Muhalbauer [1998] avaliou o custo de abastecimento do mercado de Campo Grande, utilizando o caminho tradicional US GOLF e, a partir dos dados do trabalho, foi possível identificar todas as operações necessárias à movimentação. Também foi possível resgatar os custos que foram considerados nas avaliações.

As operações e seus respectivos custos são apresentados na tabela 5.2, a seguir:

Tabela 5.2: Operações e custos do caminho tradicional US Golf, em US\$ / m<sup>3</sup> transportado.

i	Descrição da operação	Custos Fixos	Custos Variáveis	Estoques Bases	Estoques Trânsito	Outros Custos
1	Carregamento em Navio Tanque no US Golf					
2	Transporte por NT até São Sebastião	2,96	11,86		0,85	
3	Descarga do NT para TQ em São Sebastião					4,00
4	Transferência por duto S. Sebastião Paulínia	2,65	10,62		0,22	
5	Carregamento em Vagão Tanque Paulínia					
6	Transferência por VT até Campo Grande	6,97	27,9		0,28	
7	Descarga de VT em Campo Grande					
8	Esvaziamento de TQ em C. Grande - 3 dias			0,85		

Fonte : Chao e Muhalbauer [1998]

Os custos dos itens 1, 5 e 7 não foram apresentados por estarem incluídos nos custos do transporte marítimo e ferroviário.

O custo do transporte por este caminho é dado pela equação :

$$CT = \sum_{i=1}^{i=n} CE_i + \sum_{i=1}^{i=n} C_T E_i + \sum_{i=1}^{i=n} C_F T_i + \sum_{i=1}^{i=n} C_V T_i + \sum_{i=1}^{i=n} CO_i$$

onde :

CT = Representa o custo total do transporte.

$CE_i$  = Representa o custo de estocagem do produto na i-ésima operação.

$C_T E_i$  = Representa o custo dos estoques em transito durante a i-ésima operação.

$C_F T_i$  = Representa o custo fixo do transporte utilizado na i-ésima operação.

$C_V T_i$  = Representa o custo variável do transporte utilizado na i-ésima operação.

$CO_i$  = Representa os outros custos que possam ocorrer na i-ésima operação.

onde i representa a i-ésima operação da movimentação.

Aplicando os valores identificados na tabela 5.2, obtemos:

$$CT = 0,85 + (0,85+0,22+0,28) + (2,96+2,65+6,97) + (11,86+10,62+27,9) + 4,00$$

$$CT = \text{US\$ } 69,16 / \text{m}^3$$

O custo para abastecer a região será o custo de aquisição do produto acrescido das despesas necessárias para levá-lo desde o US Golf até Campo Grande. Assim este custo será:

Custo de Abastecimento = Custo FOB do Produto + CT + Impostos

O custo FOB (*Free on Board*) do produto, com base no mercado do US Golf a época, foi de US\$ 130 / m<sup>3</sup>.

As alíquotas apresentadas na tabela 5.1, incidem sobre o preço de aquisição do produto acrescido de todas as despesas até a chegada ao território brasileiro. O imposto sobre circulação de mercadorias e serviços - ICMS, com alíquota de 12%, incide sobre o valor do produto acrescido dos outros impostos, taxas e custos de transporte até chegar ao Estado de destino. A tabela 5.3 apresenta a evolução dos valores do ICMS e do Imposto de Importação até a data em que o imposto de importação seja extinto.

Tabela 5.3: Evolução dos valores do imposto de importação e ICMS.

ano	imposto importação em US\$/m <sup>3</sup>	ICMS em US\$/m <sup>3</sup>
1998	17,38	21,74
1999	13,03	21,22
2000	8,69	20,70
2001	-	19,66

Fonte : Chao e Muhalbauer [1998]

Podemos, então, retornar ao cálculo do custo de abastecimento, e obter :

$$\begin{aligned}\text{Custo Abastecimento em 1998} &= 130 + 69,16 + 17,38 + 21,74 \\ &= 238,28 \text{ US\$ / m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Custo Abastecimento em 1999} &= 130 + 69,16 + 13,03 + 21,22 \\ &= 233,41 \text{ US\$ / m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Custo Abastecimento em 2000} &= 130 + 69,16 + 8,69 + 20,70 \\ &= 228,55 \text{ US\$ / m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Custo Abastecimento em 2001} &= 130 + 69,16 + 19,66 \\ &= 218,82 \text{ US\$ / m}^3\end{aligned}$$

### 5.3.2- Avaliação dos Custos Baseada na Metodologia Proposta

Conforme exposto no Capítulo 4, a avaliação da movimentação de um produto na forma de granel líquido, deve ser feita a partir do custo total da movimentação e incluir os custos das perdas de produto que ocorrem durante o processo. Então, utilizando a metodologia apresentada em 4.3, vamos refazer a avaliação do caminho tradicional US Golf que abastece a região de Campo Grande. Assim, devemos utilizar a equação (4.3) :

$$\text{CTM} = \sum_{i=1}^{i=n} C_{E_i} + \sum_{i=1}^{i=n} C_{T_i} + \sum_{i=1}^{i=n} C_{F_i} + \sum_{i=1}^{i=n} C_{V_i} + \sum_{i=1}^{i=n} C_{P_i} + \sum_{i=1}^{i=n} C_{O_i} \quad (4.3)$$

Os custos do transporte, estoques e outros são os mesmos apresentados na tabela 5.2. Precisamos agora estimar o custo das perdas.

Como neste caminho não dispomos de dados históricos das diferenças de volume do produto enviado e recebido nas operações, utilizaremos o procedimento

apresentado em 4.4.2 para estimar as perdas em cada operação, aplicando os valores da tabela 5.2. Na tabela 5.4 são apresentadas as operações e respectivas perdas.

Tabela 5.4: Perdas nas operações do caminho tradicional US Golf

i	Descrição da operação	Perda %
1	Carregamento em Navio Tanque no US Golf	0,2
2	Transporte por NT até São Sebastião	0,2
3	Descarga do NT para TQ em São Sebastião	0,2
4	Transferência por duto S.Sebastião Paulínia	0,3
5	Carregamento em Vagão Tanque Paulínia	0,1
6	Transferência por VT até Campo Grande	0,15
7	Descarga de VT em Campo Grande	0,1
8	Esvaziamento de TQ em C. Grande - 3 dias	0,05

Fonte : Chao e Muhalbauer [1998]

Conforme a metodologia apresentada em 4.2, a perda total nesta movimentação pode ser obtida pela equação (4.2) :

$$(1 - p) = (1 - p_1) \times (1 - p_2) \times (1 - p_3) \times \dots \times (1 - p_8)$$

Usando os valores das perdas apresentados na tabela 5.3, temos:

$$(1 - p) = (1 - (0,2/100)) \times (1 - (0,2/100)) \times (1 - (0,2/100)) \times (1 - (0,3/100)) \times (1 - (0,1/100)) \\ \times (1 - (0,15/100)) \times (1 - (0,1/100)) \times (1 - (0,05/100))$$

$$p = 1,29 \%$$

O custo das perdas é dado pela equação (4.1):

$$\text{Custo Perdas} = c \times V \times p$$

Considerando como custo do produto o valor de aquisição acrescido das despesas necessárias até sua disponibilização no destino, obtemos o mesmo valor já anteriormente calculado em 4.3.1 para o custo de abastecimento. Assim temos:

Custo do Produto em 1998,  $c = 238,28 \text{ US\$} / \text{m}^3$

Custo do Produto em 1999,  $c = 233,41 \text{ US\$} / \text{m}^3$

Custo do Produto em 2000:  $c = 228,55 \text{ US\$} / \text{m}^3$

Custo do Produto em 2001:  $c = 218,82 \text{ US\$} / \text{m}^3$

Aplicando estes valores na equação acima podemos calcular o custo das perdas de produto para cada ano do período considerado. Teremos então:

Custo Perdas =  $c \times V \times p$

$$\begin{aligned} \text{Custo Perdas em 1998} &= 238,28 \text{ US\$} / \text{m}^3 \times 1 \text{ m}^3 \times ( 1,29/100 ) \\ &= 3,08 \text{ US\$} / \text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Custo Perdas em 1999} &= 233,41 \text{ US\$} / \text{m}^3 \times 1 \text{ m}^3 \times ( 1,29/100 ) \\ &= 3,01 \text{ US\$} / \text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Custo Perdas em 2000} &= 228,55 \text{ US\$} / \text{m}^3 \times 1 \text{ m}^3 \times ( 1,29/100 ) \\ &= 2,95 \text{ US\$} / \text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Custo Perdas em 2001} &= 218,82 \text{ US\$} / \text{m}^3 \times 1 \text{ m}^3 \times ( 1,29/100 ) \\ &= 2,82 \text{ US\$} / \text{m}^3 \end{aligned}$$



Podemos agora retornar ao cálculo do custo total da movimentação com a equação apresentada em 4.3 e os custos de transporte apresentados em 5.3.1, e assim obter :

$$\text{CTM em 1998} = 69,16 + 3,08 = \text{US\$ } 72,24 / \text{m}^3$$

$$\text{CTM em 1999} = 69,16 + 3,01 = \text{US\$ } 72,17 / \text{m}^3$$

$$\text{CTM em 2000} = 69,16 + 2,95 = \text{US\$ } 72,11 / \text{m}^3$$

$$\text{CTM em 2001} = 69,16 + 2,82 = \text{US\$ } 71,98 / \text{m}^3$$

O custo de abastecimento de Campo Grande, resultado do custo de aquisição do produto no US Golf acrescido do custo total da movimentação e dos impostos apresentados na tabela 5.3, será :

$$\text{Custo de Abastecimento em 1998} : \text{US\$ } 241,36 / \text{m}^3$$

$$\text{Custo de Abastecimento em 1999} : \text{US\$ } 236,42 / \text{m}^3$$

$$\text{Custo de Abastecimento em 2000} : \text{US\$ } 231,50 / \text{m}^3$$

$$\text{Custo de Abastecimento em 2001} : \text{US\$ } 221,64 / \text{m}^3$$

#### **5.4- Avaliação dos Custos de Movimentação no Caminho Alternativo pela Hidrovia**

##### **5.4.1- Avaliação Baseada no Estudo Original de Chao e Muhalbauer (1998)**

O estudo original também avaliou o custo de abastecimento do mercado de Campo Grande utilizando o caminho alternativo através do modal hidroviário. A partir dos dados do trabalho, foi possível identificar todas as operações necessárias à movimentação, bem como foi possível regatar os custos que foram considerados nas avaliações.

As operações e seus respectivos custos foram identificados no estudo original e são apresentados na tabela 5.5, abaixo:

Tabela 5.5: Operações e custos nas operações do caminho alternativo pela hidrovia do rio Paraná, em US\$ / m<sup>3</sup> transportado.

i	Descrição da operação	Custos Fixos	Custos Variáveis	Estoques Bases	Estoques Trânsito	Outros Custos
1	Carregamento em Barcaça na Argentina					
2	Transporte por Barcaça até Corumbá	7,28	29,10		0,45	
3	Descarga da Barcaça para TQ em Corumbá					1,82
4	Carregamento em Vagão Tanque em Corumbá					
5	Transferência por VT até Campo Grande	2,78	11,11		0,05	
6	Descarga de VT em Campo Grande					
7	Esvaziamento de TQ em C. Grande – 30 dias			0,50		

Fonte : Chao e Muhalbauer [1998]

O custo do transporte por este caminho será :

$$CT = \sum_{i=1}^{i=n} C E_i + \sum_{i=1}^{i=n} C_T E_i + \sum_{i=1}^{i=n} C_F T_i + \sum_{i=1}^{i=n} C_V T_i + \sum_{i=1}^{i=n} C O_i$$

Aplicando os valores identificados na tabela 5.5, obtemos:

$$CT = 0,50 + (0,45 + 0,05) + (7,28 + 2,78) + (29,10 + 11,11) + 1,82$$

$$CT = \text{US\$ } 53,09 / \text{m}^3$$

O custo para abastecer a região será o custo de aquisição do produto acrescido das despesas necessárias para levá-lo desde a Argentina até Campo Grande. Assim este custo será:

$$\text{Custo de Abastecimento} = \text{Custo FOB do Produto} + \text{CT} + \text{Impostos}$$

O custo FOB do produto, com base no mercado Argentino a época, foi US\$ 144,93 / m<sup>3</sup>.

Como explanado em 5.2, os produtos com origem no MERCOSUL passaram a ser isentos do imposto de importação a partir de 1998. O imposto sobre circulação de mercadorias e serviços - ICMS, com alíquota de 12%, incide sobre o valor do produto acrescido dos outros impostos, taxas e custos de transporte até chegar ao Estado de destino. Assim teremos:

$$\text{Custo de Abastecimento} = \text{Custo FOB do Produto} + \text{CT} + \text{ICMS}$$

$$\begin{aligned} \text{Custo de Abastecimento} &= 144,93 + 53,09 + 22,19 \\ &= 220,21 \text{ US\$} / \text{m}^3 \end{aligned}$$

#### 5.4.2- Avaliação dos Custos Baseada na Metodologia Proposta

Conforme exposto no Capítulo 4, a avaliação da movimentação de um produto na forma de granel líquido, deve ser feita a partir do custo total da movimentação e incluir os custos das perdas de produto que ocorrem durante o processo. Então, utilizando a metodologia apresentada em 4.3, vamos refazer a avaliação do

caminho tradicional US Golf que abastece a região de Campo Grande. Assim, devemos utilizar a equação :

$$CTM = \sum_{i=1}^{i=n} CE_i + \sum_{i=1}^{i=n} C_{TE}_i + \sum_{i=1}^{i=n} C_{FT}_i + \sum_{i=1}^{i=n} C_{VT}_i + \sum_{i=1}^{i=n} CP_i + \sum_{i=1}^{i=n} CO_i \quad (5.3)$$

Para realizar este cálculo, a exemplo do que foi necessário para avaliar o caminho tradicional, também vamos necessitar dos custos de transporte e o custo das perdas em cada operação do caminho. Os custos do transporte são os mesmos apresentados na tabela 5.5. Precisamos agora estimar o custo das perdas.

Como neste caminho também não dispomos de dados históricos das diferenças de volume do produto enviado e recebido nas operações, utilizaremos o procedimento apresentado em 4.4.2, para estimar as perdas em cada operação, aplicando os valores da tabela 4.1. A tabela 5.6 apresenta as operações e respectivas perdas.

i	Descrição da operação	Perda %
1	Carregamento em Barcaça na Argentina	0,3
2	Transporte por Barcaça até Corumbá -18 dias	0,4
3	Descarga de Barcaça para TQ em Corumbá	0,3
4	Carregamento de VT em Corumbá	0,05
5	Transferência por VT até Campo Grande-2 dias	0,1
6	Descarga de VT em Campo Grande	0,05
7	Esvaziamento de TQ em C. Grande - 30 dias	0,2

Tabela 5.6: Perdas nas operações do caminho alternativo pela hidrovia.

Fonte : Chao e Muhalbauer [1998]

Da mesma forma que procedemos com o caminho original, a perda nesta movimentação é obtida pela equação (4.2):

$$(1 - p) = (1 - p_1) \times (1 - p_2) \times (1 - p_3) \times \dots \times (1 - p_7)$$

Usando os valores das perdas apresentados tabela 5.6, temos:

$$(1 - p) = (1 - (0,3/100)) \times (1 - (0,4/100)) \times (1 - (0,3/100)) \times (1 - (0,05/100)) \times (1 - (0,1/100)) \\ \times (1 - (0,05/100)) \times (1 - (0,2/100))$$

$$p = 1,39 \%$$

O custo das perdas, de acordo com 4.3, é dado pela equação (4.1) :

$$\text{Custo Perdas} = c \times V \times p$$

Também considerando como custo do produto, valor de aquisição no mercado Argentino, acrescido das despesas necessárias até sua disponibilização no destino, obtemos o mesmo valor já anteriormente calculado em 5.5.1 para o custo de abastecimento. Assim temos:

$$\text{Custo do Produto} = 144,93 + 53,09 + 22,19$$

$$= 220,21 \text{ US\$} / \text{m}^3$$

$$\text{Custo das Perdas} = c \times V \times p$$

$$\text{Custo Perdas} = 220,21 \text{ US\$} / \text{m}^3 \times 1 \text{ m}^3 \times (1,39/100)$$

$$\text{Custo Perdas} = 3,06 \text{ US\$} / \text{m}^3$$

Podemos então, retornar ao cálculo do custo total da movimentação com a equação apresentada em 4.3 e os valores dos custos de transporte apresentados em 5.5.1, e assim obter :

$$\begin{aligned} \text{CTM} &= 53,09 + 3,06 \\ &= 56,15 \text{ US\$/ m}^3 \end{aligned}$$

Como explanado em 4.2 e utilizado em 4.4.2, o produto originário da Argentina esta isento do imposto de importação e deverá recolher o ICMS, com alíquota de 12 %, que incidirá sobre o valor da aquisição acrescido dos outros impostos, taxas e custos de transporte até chegar ao Estado de destino. Assim teremos:

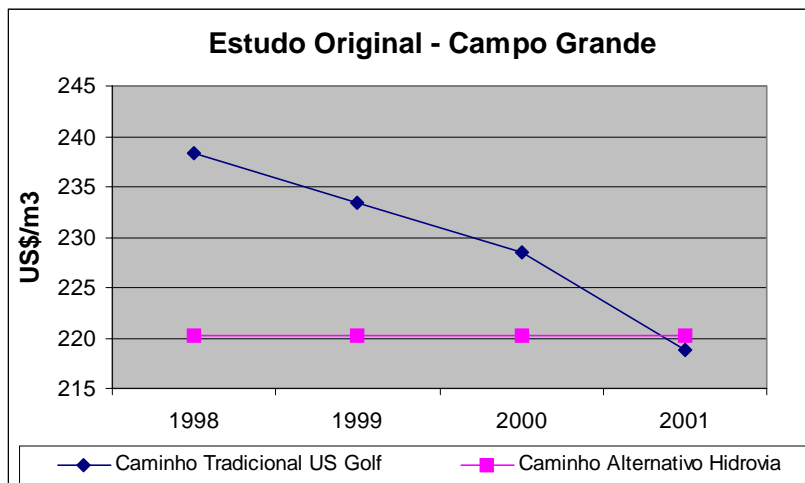
$$\text{Custo de Abastecimento} = \text{Custo FOB Produto} + \text{CTM} + \text{ICMS}$$

$$\begin{aligned} \text{Custo de Abastecimento} &= 144,93 + 56,15 + 22,19 \\ &= 223,27 \text{ US\$/ m}^3 \end{aligned}$$

### **5.5- Comparação dos Custos dos Vários Cenários**

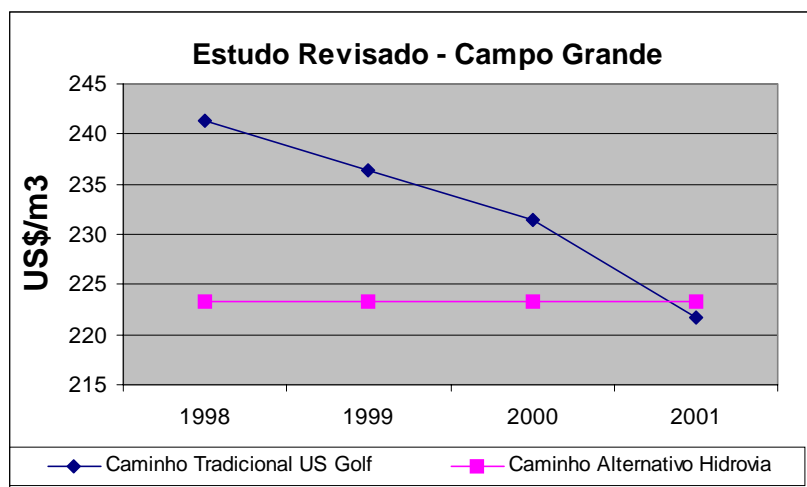
O estudo original contemplou as alternativas para o abastecimento de Campo Grande pelos caminhos US Golf e Argentina, e mostrou que o caminho alternativo apresenta a condição mais favorável no período compreendido entre 1998 e 2000. A partir de 2001, quando estará extinto o imposto de importação, o caminho US Golf passa a oferecer a melhor condição para o abastecimento, conforme podemos verificar no gráfico abaixo:

Gráfico 5.1: Estudo Original para o Custo de Abastecimento de Campo Grande.



O estudo revisado, que incluiu os custos das perdas na avaliação do custo total das movimentações, também mostrou que o caminho alternativo tem a condição mais favorável no período compreendido entre 1998 e 2000. Da mesma forma, a partir de 2001, o caminho US Golf passa a oferecer a melhor condição de abastecimento, conforme podemos verificar no gráfico abaixo:

Gráfico 5.2: Estudo Revisado para o Custo de Abastecimento de Campo Grande.



A comparação entre os estudos revisado e original, apesar de não ter alterado a condição relativa entre os caminhos avaliados, nos mostra que:

- No caminho US Golf as perdas de produto são da ordem de 1,29% em volume e custam US\$ 3,08/m<sup>3</sup> em 1998, que representam 4,45% dos custos de transporte. Devido à redução progressiva do imposto de importação este valor se reduz até chegar a US\$ 2,82/m<sup>3</sup>, valor equivalente a 4,07% dos custos de transporte.
- Ao deixarmos de incorporar o custo das perdas na avaliação do caminho US Golf, estaremos deixando de considerar uma perda mensal de receita de US\$ 215.600, para o ano de 1998, e de US\$ 197.400 em 2001.
- No caminho alternativo Argentina as perdas de produto são da ordem de 1,39% em volume e custam US\$ 3,06/m<sup>3</sup>. Este valor representa 5,76% dos custos de transporte.
- Ao não incorporar o custo das perdas na avaliação do caminho alternativo Argentina, estaremos deixando de considerar uma perda mensal de receita de US\$ 162.865.



A seguir, no Capítulo 6, serão apresentadas as principais conclusões obtidas neste trabalho e as sugestões para dar continuidade a este estudo.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Os elementos que impulsionam o desenvolvimento da logística são, quase sempre, problemas reais. É neste campo que surgem as oportunidades de contribuição para seu desenvolvimento, através da incorporação de novos aspectos mais aderentes à realidade.

Nesta linha este trabalho verificou que uma característica da movimentação de produtos na forma de granéis líquidos é a ocorrência de perdas de produto durante as operações de transferência.

Identificamos que a melhor estimativa para as perdas em uma movimentação é a média histórica das diferenças observadas e que as perdas para cada operação se comportam de forma independente e cumulativa ao longo de um caminho multimodal.

Embora a literatura geralmente considere nos processos decisórios os custos fixos, custos de transporte, custos de estoques e custos dos estoques em trânsito e apesar de alguns autores também incluírem os custos de estoques nos clientes, essa abordagem, embora atenda a maioria dos produtos, não é suficiente para o transporte de granéis líquidos. Esta abordagem é insuficiente, pois neste tipo de movimentação ocorrem significativas perdas de parcelas do produto que podem representar valores elevados, uma vez que as movimentações, em razão de economia de escala, ocorrem em grandes quantidades.

Em um sistema cada vez mais competitivo, os processos decisórios necessitam considerar o maior número possível de informações e, como foi apresentado no caso prático, os custos das perdas representam percentuais significativos em

relação aos custos de transporte e por isso não podem deixar de serem considerados na avaliação dos caminhos multimodais.

Desta forma, concluímos que a avaliação de caminhos multimodais destinados à movimentação de granéis líquidos deva ser feita com base no custo total da movimentação, a partir da equação (4.3).

Para uma melhor compreensão dos fatores geradores de perdas nas movimentações, os principais tipos de perdas e seus agentes causadores foram descritos. Visando o aprimoramento do processo, foram sugeridas ações que podem ser implementadas para reduzir as perdas de produto e nos erros relacionados com a sua medição.

Foi proposto um critério para a estimativa da perda resultante nas movimentações realizadas em várias operações e alternativas para estimar as perdas quando não dispomos de dados históricos das movimentações de um caminho.

Os aspectos relevantes das movimentações de granéis líquidos não se restringem aos custos operacionais. Há uma série de fatores relevantes que atuam no processo e que merecem ser considerados em trabalhos futuros. Dentre estes, destacam-se :

- a abordagem probabilística dos prazos de realização das operações que, à medida que se afastam das previsões, causam alterações diretas nos custos, principalmente de estoques em trânsito. Além disso, o não atendimento a prazos pode representar alguma penalização contratual ou queda no nível de serviço ao cliente.
- Dando seqüência a esta abordagem, um outro tema que merece ser investigado é a consideração de fatores de serviços no processo decisório, dando seqüência ao trabalho desenvolvido por Gava [2000], ou a quantificação de aspectos qualitativos importantes nas decisões como

freqüência, flexibilidade, pontualidade e serviços associados, continuando os estudos de Pedersen e Gray [1998].

- A pesquisa e desenvolvimento de sistemas que evitem ou reduzam as perdas de produto nas movimentações, que além de atender ao aspecto econômico das decisões logísticas, facilitarão o atendimento as crescentes exigências da legislação ambiental.
- O aprimoramento dos processos de fabricação de instrumentos e equipamentos destinados à medição de produtos, de modo a reduzir as incertezas das medições, aumentando a confiabilidade dos valores apurados e reduzindo os erros das quantidades apuradas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ackoff, R. e Sasieni, M.W. ( 1979 ) Pesquisa Operacional – Livros Técnicos e Científicos Editora.

API ( 1990 ) American Petroleum Institute, Manual of Petroleum Measurement Standards, Chapter 13 – Statistical Aspects of Measuring and Sampling.

API ( 1990 ) American Petroleum Institute, Manual of Petroleum Measurement Standards, Chapter 18 – Custody Transfer.

API ( 1957 ) American Petroleum Institute, Tentative Methods of Measuring Evaporation Loss From Petroleum Tanks and Transportation Equipment, BUL 2512.

API ( 1962 ) American Petroleum Institute, Evaporation Loss From Fixed-Roof Tanks, BUL 2518.

ANP ( 2000 ) Portaria Conjunta nº 1, de 19 de junho de 2000, Agência Nacional do Petróleo e Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade.

Ballou, Ronald H. ( 1973 ) Business Logistics Management, Prentice Hall , USA.

Ballou, Ronald H. ( 1978 ) Basic Logistics Management, Prentice Hall , USA.

Barros, Stenio M. ( 2000 ) Tanques de Armazenamento - Universidade Corporativa Petrobrás.

Bornia, Antonio C. ( 1997 ) Fundamentos de Estatística e Métodos Probabilísticos – Vídeo Conferência – UFSC

Bussard, W. A. ( 1956 ) Evaporation Losses and Their Control in Storage, Petroleum Processing, Cleveland.

Chao, Wisley e Muhlbauer, Edi N. P. ( 1998 ) Hidrovia Paraguai – Paraná, Avaliação de Rotas para o Abastecimento do Centro Oeste.

Christopher, Martin ( 1997 ) Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos

Coelho, Jaime B. ( 1999 ) Redução de Tempo e Custos Aumentando a Produtividade no Transporte de Cargas, 1º Congresso Brasileiro de Multimodalidade, São Paulo - SP.

Colin, Jaques ( 1995 ) Seminar on Regional Economic Integration, Faculté des Sciences Economiques de l'm Université de la Méditerranée.

Daskin, Mark S. ( 1985 ) An Overview of The State of Art and Perspective on Future Research, Logistics Magazine.

D'Este, Glen M. and Meyrick, S. ( 1989 ) More Than the Bottom Line: How Users Select a Shipping Service, 14<sup>th</sup> Australian Transport Research Forum.

EAL-R2 ( 1999 ) E A Task Force Committee 2 , Expressão da Incerteza de Medição na Calibração.

Francou, Bernard ( 1996 ) O Porto: Plataforma Logística, I Seminário Internacional: Logística, Transportes e Desenvolvimento, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Br.

Gava, Rodrigo M. ( 2000 ) Avaliação de Desempenho Logístico de uma Base de Distribuição de Derivados de Petróleo, Dissertação de Mestrado COPPE-UFRJ.

GEIPOT ( 1997 ) Anuário Estatístico dos Transportes, Ministério dos Transportes.

GEIPOT ( 1999 ) Análise das Alternativas de Transporte Ferroviário de Derivados de Petróleo, Ministério dos Transportes.

Gelehter, Rui da C. Lopes ( 1999 ) 1º Congresso Brasileiro de Multimodalidade São Paulo.

Gomes, Carlos F. S. ( 1997 ) Principais Características da Teoria da Utilidade Multiatributo, e Análise Comparativa com a Teoria da Modelagem de Preferências e Teoria das Expectativas.

Guimarães, Nelson L.P. ( 1986 ) Instrumentos de Medida I e II, Curso Especial de Medição e Controle de Perdas – CEMEC – Curso Ministrado no Serviço de Ensino – RJ - Petrobrás.

Harboe, A. Felipe ( 1999 ) Estudo dos Índices de Diferenças nas Movimentações por Cabotagem no Período de Janeiro de 1993 a Dezembro de 1997, Petrobrás – Gerência de Controle de Movimentações e Auditoria de Perdas da Logística do Abastecimento.

INPM ( 1967 ) Portaria nº 15, Norma para Determinação de Temperatura do Petróleo e seus Derivados Líquidos - Instituto Nacional de Pesos e Medidas.

INPM ( 1967 ) Portaria nº 33, Norma para Medição de Tanques de Armazenamento - Instituto Nacional de Pesos e Medidas.

Japor, Manyr A. ( 1971 ) Instrumentos de Medida I e II, Curso Especial de Medição e Controle de Perdas – CEMEC – Curso Ministrado no Serviço de Ensino – RJ - Petrobrás.

Japor, Manyr A. ( 1959 ) A Precisão das Medidas na Pesagem Indireta do Petróleo e seus Derivados quando armazenados em tanques, Conferência na Agência Nacional.

Lambert, D.M. and Stock, J.R. ( 1982 ) Strategic Physical Distribution Management.

Lambert, D.M. and Stock, J.R. ( 1993 ) Strategic Logistics Management, Third Edition.

Kmenta, Jan ( 1978 ) Elementos de Probabilidade e Estatística.

Lopes, L. A. S. ( 1995 ) Uma Contribuição à Análise da Distribuição de Combustíveis sob o Enfoque Logístico. Tese de D. Sc., COPPE/UFRJ.

Novaes, A. G. ( 1989 ) Sistemas Logísticos: Transporte, Armazenagem e Distribuição Física de Produtos.

Novaes, A. G. e Alvarenga, A. C. ( 1994 ) Logística Aplicada : Suprimento e Distribuição Física.

Pedersen, Eirik L. and Gray, Richard ( 1999 ) The Transport Selection Criteria of Norwegian Exporters, International journal of Physical distribution & Logistics Management.

Preschey, Eric ( 2001 ) Logística Global, Palestra no Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais - IBMEC, Rio de Janeiro.

Rodrigues, Danilo M. ( 1992 ) Medição de Produtos, Curso Especial de Medição e Controle de Perdas – CEMEC – Curso Ministrado no Serviço de Ensino – RJ - Petrobrás.

Ribeiro, Kleber C.P. ( 1996 ) Contribuição à Análise de Decisão sobre os Sistemas de Distribuição Física do Suco de Laranja Brasileiro de Exportação, Tese de D. Sc., USP.

Saaty, Thomas L. ( 1991 ) Método de Análise Hierárquica.



Silva, Luiz Claudio ( 2000 ) Carga Marítima Análise e Reconciliação, TESIABA, Curso Ministrado na Universidade Corporativa Petrobrás.

Souza, Celso Luiz S.P. ( 1995 ) Modelos de Logística Integrada Aplicados à Distribuição Física de Granéis Líquidos, Tese de D. Sc. COPPE/UFRJ.

Susep ( 1975 ) Superintendência de Seguros Privados – Condições Gerais de Seguro Carga, Clausula de Distribuição de Faltas em Mercadorias à Granel.

Transpetro S.A., ( 1996 ) Norma de Transporte, Medição Manual em Tanques de Armazenagem de Petróleo, Derivados e Álcool – NDT 38.

Transpetro S.A., ( 1996 ) Norma de Transporte, Medição Manual em Tanques de Armazenagem de Petróleo, Derivados e Álcool – NDT 44.

Transpetro S.A., ( 1997 ) Norma de Transporte, Arqueação de Tanques de Armazenagem de Petróleo, Derivados e Álcool – NDT 51.