



Carlos Armando Moreira Grillo

**Melhoria em eficiência logística na venda de derivados
líquidos de petróleo por modal dutoviário com o uso de
Estações de Medição (EMEDs)**

Dissertação de Mestrado (Opção profissional)

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre pelo Programa
de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da
PUC-Rio.

Orientador: Prof. Roberto Peixoto Nogueira

Rio de Janeiro
Setembro de 2014



Carlos Armando Moreira Grillo

**Melhoria em eficiência logística na venda de derivados
líquidos de petróleo por modal dutoviário com o uso de
Estações de Medição (EMEDs)**

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

Prof. Roberto Peixoto Nogueira

Orientador e Presidente

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. José Eugênio Leal

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. Renê Mendes Granado

Fundação Técnico Educacional Souza Marques-Rio

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 30 de setembro de 2014

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

Carlos Armando Moreira Grillo

Graduado em Engenharia Elétrica, com habilitação em Eletrônica, pela Universidade Santa Úrsula em 1992 e especialista em Automação Industrial, pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, em 2007. Atualmente é Engenheiro de Equipamentos da Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras), atuando principalmente na área de medição eletrônica de petróleo, derivados e biocombustíveis.

Ficha Catalográfica

Grillo, Carlos Armando Moreira

Melhoria em eficiência logística na venda de derivados líquidos de petróleo por modal dutoviário com o uso de estações de medição (EMEDs) / Carlos Armando Moreira Grillo ; orientador: Roberto Peixoto Nogueira. – 2015.

144 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2015.

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Nível de serviço ao cliente. 3. Custos logísticos. 4. Medição de derivados de petróleo. 5. EMED. I. Nogueira, Roberto Peixoto. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. IV. Título.

CDD: 658.5

Agradecimentos

Ao meu Deus e Pai, que em seu imenso amor tem sido a minha força e triunfo em todos os desafios, por meio de Jesus Cristo, meu Senhor e Salvador, em quem estão ocultos todos os tesouros da sabedoria e do conhecimento.

Aos meus pais, que com amor e dedicação me proveram todos os recursos materiais e educacionais, além de preciosos valores para a vida e para o exercício da cidadania.

À minha esposa Fabiana e à minha filha Fernanda, meus motivos contínuos de alegria, que generosamente cederam o longo tempo que necessitei para elaborar este trabalho, sempre me estimulando nos momentos de cansaço.

À Petrobras, empresa de que muito me orgulho, dentre outros motivos, pelo compromisso que liberalmente assume com o desenvolvimento das competências de sua força de trabalho, afirmado mais uma vez, pelo patrocínio deste Mestrado.

Aos meus colegas e gestores da Gerência de Controle de Movimentações e Auditoria de Perdas, pelo incentivo e gentileza, cobrindo as minhas ausências, sempre necessário.

Ao meu Orientador, Professor Roberto Peixoto Nogueira, pelo valor que agregou ao trabalho, pela segurança transmitida em todas as decisões e pela presteza, estando sempre acessível apesar de seus inúmeros compromissos.

Ao Professor José Eugênio Leal por todo o suporte dado ao processo acadêmico.

Resumo

Grillo, Carlos Armando Moreira; Nogueira, Roberto Peixoto. **Melhoria em eficiência logística na venda de derivados líquidos de petróleo por modal dutoviário com o uso de Estações de Medição (EMEDs)**. Rio de Janeiro, 2014. 144p. Dissertação de Mestrado (Opção profissional) - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A entrega de derivados líquidos de petróleo para companhias distribuidoras ou indústrias petroquímicas é uma operação logística com requisitos de elevada disponibilidade e consistência do prazo de entrega, razão pela qual o modal dutoviário é frequentemente utilizado, especialmente quando grandes quantidades de produto estão envolvidas. Por se tratar de uma operação comercial, o produto entregue deve ser quantificado para faturamento, seguindo rigorosos critérios legais e metrológicos, a princípio, por meio de tanques de armazenamento certificados, envolvidos na transferência. O processo de quantificação em tanques requer paradas temporárias, comprometendo o nível de serviço em transações que necessitam de fluxo contínuo do produto. Em outras situações, onde o produto é expedido diretamente da unidade de processo, sem necessidade de armazenagem, pode ser necessário construir um ou mais tanques, apenas para viabilizar a quantificação. A construção de tanques costuma ser minimizada em projetos logísticos, pois representam custos elevados. A redução do nível de serviço e altos custos em equipamentos resultam em baixa eficiência logística. Neste contexto, este trabalho mostra que, além de agregarem maior qualidade metrológica à quantificação, as EMEDs podem representar ainda uma solução logística de alta eficiência, eliminando interrupções na transferência de produto e, em alguns casos, a necessidade de tanques, reduzindo dramaticamente os custos da operação. Outros tipos de ganhos financeiros, viabilizados por esta tecnologia de medição, são abordados, demonstrando que a decisão de investimentos em EMEDs devem considerar uma análise multifuncional na organização, incluindo as funções que detêm conhecimento técnico e tecnológico do processo de medição de derivados.

Palavras-chave

Nível de serviço ao cliente; custos logísticos; medição de derivados de petróleo; EMED.

Abstract

Grillo, Carlos Armando Moreira; Nogueira, Roberto Peixoto (Advisor) **Improvement in logistics efficiency on petroleum liquid derivatives sales through pipeline by using Measurement Stations (EMEDs)**. Rio de Janeiro, 2014. 144p. Msc Dissertation - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Delivering liquid petroleum derivatives to distributors or petrochemical industries is a logistics operation with increased availability and consistency on delivery time requirements, so that pipelines are often used for transfer, especially when large amounts of product are involved. As a commercial operation, the delivered product must be quantified for billing purposes, against strict legal and metrological criteria, at first, on certified storage tanks, involved on the batch. The quantification process on tanks requires temporary breaks, compromising the service level in transactions that need a continuous product flow. In other situations, where the product is shipped directly out of a process unit, with no need of storage, there may be necessary to build one or more tanks, just to allow quantification. Usually, tanks building are minimized in logistic projects, because they stand for high costs. Decrease in service level and high costs associated to equipment result on low logistics efficiency. In this context, this work demonstrates that, beyond gathering best metrological quality to quantification, EMEDs can also represent a high efficiency logistic solution, eliminating interruptions on product transfer and, in some cases, the need for tanks, reducing dramatically operation costs. Other kinds of finance gains, allowed by this measurement technology, have been approached, demonstrating that the investments on EMEDs must consider a multifunction analysis inside the organization, including those functions that holds technical and technological knowledge of derivatives measurement process.

Keywords

Customer service level; logistic costs; petroleum derivatives measurement; EMED.

Sumário

1 Introdução	12
1.1. Motivação	14
1.2. Objetivos e delimitação da pesquisa	15
1.3. Estrutura da dissertação	17
2 Revisão da literatura acadêmica e pesquisa documental	18
2.1. Nível e custo do serviço logístico	18
2.1.1. O desempenho no serviço ao cliente	20
2.1.2. O desempenho em custos logísticos	28
2.1.2.1. Minimização de custo	30
2.1.2.2. Maximização do retorno ao investimento	33
2.2. Aspectos legais e normativos aplicáveis à medição para faturamento de derivados de petróleo	42
2.2.1. A Metrologia Legal	43
2.2.1.1. Conceitos fundamentais em metrologia	44
2.2.1.2. Conversões de volume e densidade	46
2.2.1.3. Quantificação e medição de produtos para venda por dutos	51
2.2.2. Quantificação de produtos por medição estática	53
2.2.2.1. Medição de volume	54
2.2.2.2. Medição de temperatura	55
2.2.2.3. Medição de densidade	56
2.2.2.4. Determinação da quantidade de produto entregue	58
2.2.3. Quantificação de produtos por medição dinâmica	60
2.2.3.1. O Computador de vazão	62
2.2.3.2. Quantificação de volume nas condições de medição	63
2.2.3.3. Quantificação de volume nas condições de base	65
2.2.3.4. Quantificação mássica	67
2.2.3.5. Sistema de prova do medidor e calibração de instrumentos	67
2.2.4. Incertezas nas quantificações de produto entregue	70
2.2.4.1. Incertezas na quantificação por medição estática	71
2.2.4.2. Incertezas na quantificação por medição dinâmica	74

3 O investimento em EMEDs e o seu retorno em eficiência logística	77
3.1. Análise multifuncional de investimentos em EMEDs	79
3.1.1. O papel das funções básicas na composição de projetos	80
3.1.2. Agregando as funções técnicas de medição	82
3.2. Restrições de uso	86
3.3. Características relevantes para a logística	87
3.3.1. Alto desempenho metrológico	88
3.3.2. Automação e processamento em tempo real	90
3.3.3. Mecanismos de diagnóstico	91
3.4. Ganho em eficiência logística	93
3.4.1. Os contratos de venda de derivados para o modal dutoviário	96
3.4.2. Ganhos no serviço ao cliente	98
3.4.2.1. As dimensões de serviço para a entrega de derivados	99
3.4.2.2. Ganhos agregados nas dimensões baseadas em tempo	102
3.4.2.3. Ganhos agregados nas dimensões de apoio ao cliente	105
3.4.3. Ganhos financeiros	109
3.4.3.1. Contribuição para a redução de perdas financeiras	111
3.4.3.2. Contribuição para redução do custo operacional	117
3.4.3.3. Contribuição para a redução do custo de oportunidade	118
3.4.3.4. Contribuição para a redução de investimentos em ativos logísticos	119
3.4.4. Análise dos ganhos	121
4 Exemplos práticos	125
4.1. Exemplo 1: Fornecimento de nafta a uma indústria petroquímica	126
4.1.1. Caracterização do problema	126
4.1.2. Soluções envolvendo tanques	128
4.1.3. Transferindo a solução para o duto	130
4.2. Exemplo 2: Fornecimento de propeno a uma indústria petroquímica	130
4.2.1. Caracterização do problema	131
4.2.2. Soluções com a medição estática	132
4.2.3. Soluções com a medição dinâmica	133
4.3. Exemplo 3: Fornecimento de querosene de aviação a uma companhia distribuidora	133
4.3.1. Caracterização do problema	134
4.3.2. Estabelecendo a medição do fornecedor próxima ao cliente	134

5 Conclusões e propostas de estudos futuros	136
5.1. Propostas de estudos futuros	137
6 Referências Bibliográficas	139

Lista de figuras

Figura 1 – O serviço ao cliente como incremento ao valor do produto	21
Figura 2 – Síntese das dimensões do serviço ao cliente	25
Figura 3 – Custo total em função do tipo de transporte	31
Figura 4 – Impacto da margem operacional e do giro de capital no ROI	34
Figura 5 – Análise Du Pont do retorno sobre o investimento	35
Figura 6 – Ponto de transferência de custódia em duto	52
Figura 7 – Quantidade do produto entregue	58
Figura 8 – Quantificação volumétrica de derivados em tanque atmosférico	59
Figura 9 - Quantificação mássica de derivados em tanque atmosférico	59
Figura 10 – Quantificação mássica em tanque pressurizado	60
Figura 11 – Trecho reto de medição com medidor e transmissores	66
Figura 12 – Sistema de medição incluindo um sistema de prova	69
Figura 13 – Comparação de quantificação entre duas EMEDs	76
Figura 14 – Relacionamento das funções básicas e influências externas	80
Figura 15 – Funções de medição agregadas na composição de projetos	85
Figura 16 – Relatório de prova de um medidor	92
Figura 17 – Carta de controle de <i>meter factors</i>	93

Lista de quadros

Quadro 1 – Priorização das dimensões do serviço: opinião dos clientes	26
Quadro 2 – Priorização das dimensões do serviço: literatura acadêmica	27
Quadro 3 – Tipos de desperdício em fluxos produtivos e logísticos	32
Quadro 4 – Componentes do ROI e estratégias logísticas associadas	36
Quadro 5 – Tabelas oficiais de conversão devido à temperatura do produto	49
Quadro 6 – Algoritmos oficiais de conversão devido à pressão do produto	49
Quadro 7 – Número mínimo de tomadas de temperatura	56
Quadro 8 – Incertezas estimadas na quantificação de produto entregue	73
Quadro 9 – Erros máximos admissíveis em medição dinâmica	75
Quadro 10 – Riscos financeiros e de imagem associados à medição	82
Quadro 11 – Valores logísticos agregados por uma EMED	95
Quadro 12 – Comparativo de qualidade metrológica EMED x TANQUE	113
Quadro 13 – Perdas e ganhos do fornecedor por incertezas no faturamento	114
Quadro 14 – Comparativo de custos EMED x Tanques	120
Quadro 15 – Ganho em eficiência logística obtido com uma EMED	122
Quadro 16 – Impacto dos ganhos financeiros pelo uso de EMED no ROI	124

1

Introdução

A entrega de derivados líquidos de petróleo, seja para empresas de distribuição ou para a indústria, apresenta normalmente grandes desafios logísticos, devido a diversos aspectos característicos desta atividade. Um deles é que praticamente todos os modais de transporte são empregados, não sendo incomum a utilização de transporte intermodal, num único trajeto, entre um local de produção ou importação de derivados e o local de entrega. Outro aspecto é a crescente exigência de melhoria da qualidade dos derivados, especialmente quando relacionada às questões ambientais como, por exemplo, a redução do teor de enxofre dos combustíveis, que cria uma necessidade cada vez maior de segregação de dutos e tanques de armazenamento, a fim de evitar contaminação dos produtos que possuem especificações mais críticas. Cabe ainda mencionar o alto nível de serviço logístico requerido, especialmente em aspectos como disponibilidade e consistência do prazo de entrega, que são vitais para o abastecimento do país.

Somando-se a estes fatos, a própria natureza comercial da entrega de derivados a empresas de distribuição ou indústrias, agrega complexidade ainda maior ao processo logístico, devido à necessidade de se incorporar as atividades de medição e quantificação para fins de faturamento. O impacto destas atividades não decorre apenas dos recursos materiais e humanos que demandam ou ao alto nível de qualidade metrológica exigida, a qual deve atender às normas e regulamentações oficiais do país onde são realizadas, mas também, e em termos de logística, principalmente, ao fato de que elas podem interferir nas operações. Um exemplo típico e comum de interferência, que será abordado neste trabalho, é a necessidade de medir produtos em tanques de armazenamento, o que exige a segregação do tanque, para repouso do produto recebido ou a ser expedido, deixando-o assim temporariamente fora de operação.

A evolução dos processos de medição e quantificação de derivados de petróleo, motivada pelo alto valor financeiro do negócio, levou à adoção de recursos tecnológicos cada vez mais sofisticados, especialmente os dispositivos de medição eletrônica, visando a obtenção de uma quantificação mais exata e

precisa. No caso de entregas por modal dutoviário, o estado da arte e da técnica atuais, em termos de tecnologia para quantificação de derivados de petróleo, é a medição dinâmica por meio de Estações de Medição (EMEDs).

A utilização de EMEDs tem sido, há décadas, uma prática corrente na indústria do petróleo, no Brasil e no mundo, tanto na quantificação da produção de petróleo e gás, com fins fiscais e pagamento de royalties, quanto na quantificação para transferência de custódia de petróleo, gás, derivados e biocombustíveis, com ou sem fins comerciais. Atualmente, as EMEDs, também vêm sendo utilizadas em plataformas de produção, nas operações de *offload* e nas medições para apropriação da produção, bem como em balanços contábeis de inventários de produtos em dutos por empresas de transporte, no exterior.

Existe um grande número de fornecedores de EMEDs e de seus componentes no mercado mundial e todos eles possuem alto grau de especialização e conhecimento desta tecnologia. De igual modo, existem empresas que fornecem projetos de EMEDs sob medida, bem como os serviços de montagem e integração de todo o sistema de medição.

Em cada país existem entidades que regulamentam as medições que empregam EMEDs. No Brasil, por exemplo, todos os aspectos legais e metrológicos aplicáveis ao uso de EMEDs são regulamentados pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro). As particularidades da operação destes sistemas de medição, quando não estão explicitamente definidas pela legislação, são estabelecidas em contratos, especialmente no âmbito de comercialização. Desde que seja garantida a conformidade legal, ou seja, atendimento a toda regulamentação e aos contratos, não existem embaraços legais a que possam estar sujeitas as companhias que fazem uso de EMEDs, em medições com fins fiscais ou de faturamento. Além disso, existe farta literatura técnica e um expressivo acervo de normas, em âmbito internacional, aplicáveis à instalação, operação e manutenção de EMEDs, de modo a garantir um desempenho metrológico de alta confiabilidade para estes sistemas de medição.

Embora a motivação primária do emprego de EMEDs, no comércio de derivados seja o aumento da confiabilidade metrológica, ou seja, a melhoria da qualidade da medição para faturamento, este sistema de medição também pode, através de suas funcionalidades específicas, agregar outros valores à cadeia de suprimento, representando uma solução adicional para a melhoria da eficiência logística, em determinadas situações.

Em contrapartida, na maioria das vezes, a indicação do uso de uma EMED em uma linha de venda não é vital, pois a quantificação de produtos para faturamento pode ser realizada nos tanques expedidores ou recebedores. Visto que tanques são equipamentos presentes em quase todas as instalações onde ocorrem venda de produtos, a utilização de uma EMED representaria, a princípio, uma redundância em termos de medição, implicando em custos adicionais ao processo de entrega. Por esta razão, a indicação de uma EMED deve ser decidida a partir de estudos de viabilidade econômica e da avaliação do *trade-off* entre o seu custo de implantação e o valor que agregará ao nível de serviço, sob a ótica do cliente, visando também à eficiência da utilização dos recursos financeiros da empresa fornecedora.

O conhecimento do valor total, agregado por uma EMED, em termos de eficiência logística, é um insumo de grande importância a ser considerado no processo de avaliação do investimento neste tipo de tecnologia. Este valor total representa todas as possibilidades de melhoria do serviço logístico, ou ainda, de redução de custos logísticos, que os recursos tecnológicos de uma EMED podem oportunizar e que vão além da esperada qualidade metrológica. Para que estas possibilidades possam ser plenamente exploradas e aplicadas na logística de entrega, é necessário que o processo de avaliação do investimento tenha a participação das funções técnicas da organização, que lidam com tecnologias de medição de produtos. Isto aponta para uma visão multifuncional e multidisciplinar, do processo decisório de investimento em EMEDs, onde as funções técnicas estão integradas com as funções tradicionalmente participantes deste processo, como marketing, logística e finanças.

1.1. Motivação

A priori, EMEDs são sistemas de medição dinâmica, desenvolvidos e adquiridos especificamente com a finalidade de medir petróleo e seus derivados, com alta qualidade metrológica, visando maior confiabilidade no faturamento. Esta premissa tende a produzir uma visão reducionista do seu propósito e aplicação. De fato, só existe sentido ou alguma vantagem em utilizar EMEDs onde devam ser realizadas medições de produtos, porém, o conhecimento mais profundo de suas características funcionais e dos recursos que disponibiliza, pode proporcionar aos gestores de investimentos em estruturas de serviço logístico, uma opção a mais no leque de soluções logísticas que normalmente

dispõem. Esta opção adicional pode representar, em determinadas situações, uma solução de melhor desempenho no serviço ao cliente, melhor desempenho em custos logísticos, ou ambos, em face às soluções tradicionais já conhecidas, além de proporcionar maior garantia de conformidade legal nas operações de venda. Torna-se assim necessário haver uma integração entre as funções da organização responsáveis pela gestão de investimentos em projetos logísticos e as funções que detêm conhecimentos técnicos, normativos, legais e operacionais, relacionados a sistemas de medição. Desta maneira, estes conhecimentos técnicos poderão ser considerados, em eventuais processos decisórios de implantação de EMEDs, em plantas onde estejam previstas operações de venda de produtos por via dutoviária. O presente trabalho é proposto como uma iniciativa, no sentido de promover esta integração, representando também uma fonte teórica inicial de conhecimentos técnicos, legais e normativos, sobre sistemas de medição para faturamento, aplicáveis à indústria de petróleo.

1.2.

Objetivos e delimitação da pesquisa

Esta pesquisa tem, como principal intenção, explorar os recursos operacionais disponibilizados pelas Estações de Medição (EMEDs) e descrever as maneiras com as quais estes recursos podem contribuir para a melhoria da eficiência dos serviços de entrega de derivados líquidos de petróleo, em operações comerciais, via modal dutoviário, de modo a justificar investimentos para a sua implementação, em unidades operacionais que realizam medição para faturamento.

Por motivo de praticidade, serão consideradas apenas operações de venda dentro do território brasileiro (comércio interno), o que não invalida a aplicação da pesquisa nas operações de exportação e importação ou em outros países, observando-se neste caso as suas próprias regulamentações oficiais.

Com relação a produtos, não será considerado no estudo o petróleo, por ser a sua comercialização pouco expressiva no mercado interno brasileiro, em relação aos derivados e por apresentar algumas complicações técnicas no seu processo de medição, as quais não contribuem para os objetivos da pesquisa. Também não serão considerados os produtos entregues em fase gasosa, cujas técnicas de medição e logísticas de distribuição, diferem significativamente daquelas aplicadas aos produtos em fase líquida. Assim, o escopo da pesquisa

inclui os derivados líquidos claros e escuros, os gases liquefeitos de petróleo (não está incluído o gás natural liquefeito) e os biocombustíveis.

Inicialmente será necessário identificar e observar as discussões contidas na literatura acadêmica sobre nível de serviço logístico e a avaliação de *trade-offs* entre nível de serviço e os custos a ele relacionados. Dentre os aspectos a serem estudados, em relação ao nível de serviço, a qualidade intrínseca percebida pelo cliente em todo o processo, do pedido à entrega, deve ser destacada, visto que esta pesquisa se situa em operações de venda.

Além da pesquisa de trabalhos envolvendo logística, deverá ser identificada e observada toda a regulamentação oficial vigente no país, onde são executadas as atividades de transferência e medição para faturamento de derivados, visto que estas atividades pertencem ao âmbito da metrologia legal e frequentemente interferem no processo de entrega. Os contratos de venda também são requisitos importantes para a conformidade legal das operações e portanto devem ser abordados. Os contratos definem regras de entrega, qualidade, medição, faturamento, reclamações, dentre outras. Estas regras podem determinar condições ou restrições ao planejamento logístico, afetando a escolha do tipo de sistema de medição a ser empregado na transação.

Ainda com relação às atividades de medição e adicionalmente às questões legais, deverão ser revistos trabalhos acadêmicos e o principal acervo de normas nacionais e internacionais descrevendo tipos, métodos e sistemas de medição, contemplando a qualidade metrológica que cada tipo apresenta.

Complementando o conhecimento necessário sobre os sistemas de medição atualmente disponíveis, é necessário descrever, ao menos em um nível básico, as suas características funcionais e operacionais, ressaltando aquelas que podem representar ganhos logísticos que vão além da qualidade metrológica. Estes ganhos devem estar diretamente relacionados com a melhoria do serviço ao cliente e com a capacidade de reduzir ou racionalizar custos logísticos.

Por fim, com base em todas as exposições e discussões anteriores, será possível apresentar e descrever alguns exemplos práticos de soluções logísticas que podem ser implementadas com maior eficiência através do uso de um sistema de medição dinâmica (EMED), demonstrando ainda de que maneira o método utilizado na medição de produtos, seja qual for, pode afetar os serviços de entrega.

1.3. Estrutura da dissertação

Para atingir o objetivo principal desta dissertação, optou-se pela apresentação de exemplos práticos e reais de problemas logísticos, envolvendo situações em que o sistema de medição adotado, em uma planta de fornecimento de derivados líquidos de petróleo, seja um item que possa influenciar significativamente no desempenho no serviço e nos custos logísticos das operações de entrega. Estes exemplos práticos estão caracterizados e estudados no Capítulo 4.

Como base teórica para o desenvolvimento do assunto e o estudo dos exemplos práticos, é apresentada inicialmente, no Capítulo 2, uma revisão da literatura acadêmica, no âmbito da logística, envolvendo principalmente nível e custo de serviços logísticos, com foco no cliente, bem como a avaliação de *trade-offs* de serviços e custos. Ainda neste Capítulo, será apresentada uma pesquisa documental sobre a regulamentação metrológica brasileira e a normalização nacional e internacional, relacionadas a processos e sistemas de medição estática e dinâmica, aplicados à indústria do petróleo, bem como uma pesquisa de trabalhos envolvendo a avaliação de desempenho metrológico de sistemas de medição. O Capítulo 3 trata dos principais aspectos que devem ser considerados na decisão de investimentos em EMEDs, através de uma abordagem multifuncional, envolvendo as funções técnicas de medição da organização. Neste Capítulo são abordadas as principais características funcionais de uma EMED, suas restrições de uso e o ganho em eficiência logística que pode proporcionar, em relação à medição em tanques. Por fim, o Capítulo 5 apresenta as conclusões do trabalho e algumas sugestões para estudos futuro

2

Revisão da literatura acadêmica e pesquisa documental

A base teórica para o desenvolvimento desta pesquisa abrange conceitos de várias disciplinas, os quais são resumidos neste capítulo em duas seções. A seção 2.1, aborda trabalhos relacionados à logística empresarial envolvendo *trade-offs* entre nível e custo do serviço logístico. Nesta seção são apresentados, os principais aspectos do desempenho do serviço logístico, com foco na percepção do cliente, bem como dos custos logísticos associados ao serviço. A seção 2.2 fornece os resultados de uma pesquisa documental, envolvendo a conformidade legal aplicável à quantificação e medição de produtos líquidos, na indústria de petróleo e as principais recomendações para a qualidade metrológica, existentes em normas nacionais e internacionais. Também estão inseridos alguns conceitos e dados metrológicos, extraídos da literatura técnica, sobre sistemas de medição.

2.1.

Nível e custo do serviço logístico

A escolha das soluções logísticas mais convenientes para um determinado tipo de atividade econômica, seja ela industrial ou comercial, pode assumir uma diversidade de critérios, dependendo das especificidades do negócio. Contudo, segundo Bowersox et al. (2006), o ponto central e a força direcionadora para qualquer desenvolvimento de soluções logísticas de maior desempenho é o cliente, seja ele um consumidor ou uma parte da cadeia de suprimentos, sendo este também considerado, na visão logística, como uma localização de entrega.

Ballou (2006) demonstra o mesmo fato por outra via. A princípio enfatiza o produto como foco de um projeto de sistema logístico, por ser ele o objeto do fluxo da cadeia de suprimentos e o gerador de receita para a empresa. Classifica, porém, o produto em categorias, que vão produzir no cliente determinados comportamentos e níveis de exigência. Estes comportamentos e exigências, por sua vez, direcionarão o serviço logístico. Por exemplo, produtos de conveniência como: cigarros, alimentos, bebidas, dentre outros, necessitam

de uma grande e custosa estrutura de distribuição e implantação de pontos de venda, pois o cliente, neste caso, precisa ser incentivado ao consumo de uma determinada marca, devido à grande oferta destes tipos de produtos no mercado. Por outro lado, produtos de concorrência e produtos de especialidade, como: roupas de alta costura, automóveis, móveis, etc., são aqueles que produzem no cliente um comportamento de deliberada avaliação e comparação de qualidade, preço, local de disponibilidade e desempenho. No caso dos produtos de especialidade, o cliente normalmente se comportará de forma paciente, em face à privação do seu desejo de consumo, enquanto aguarda o tempo necessário para que o produto esteja disponível. Nestes casos, a estrutura de distribuição e estoque pode ser mais simples e de menor custo. Percebe-se assim que, em última análise, a estrutura logística se orienta para as expectativas do cliente, ainda que ela seja pensada sob a ótica do produto.

O reconhecimento da centralidade do cliente como direcionador do planejamento e investimento logístico, implica ainda em identificar as melhorias que representariam um real valor, na perspectiva do cliente e não na do fornecedor ou dos departamentos envolvidos (HINES; TAYLOR, 2000). Neste sentido, justifica-se o uso corrente da definição do serviço logístico como sendo um serviço ao cliente.

Segundo Christopher (1993), pesquisas realizadas entre clientes podem revelar a existência de diferenças significativas de preferências e necessidades, com relação aos serviços oferecidos. O autor pontua ainda que o papel da logística é estabelecer a estratégia e estrutura necessária para atender a estas preferências e necessidades, da maneira mais econômica possível.

A melhoria da qualidade do serviço ao cliente impacta diretamente em custos e a avaliação global do desempenho logístico deve ser feita também sob este aspecto. Neely et al. (1995) definem duas dimensões fundamentais do desempenho logístico: eficácia e eficiência. Atribuem à eficácia o conceito de “satisfação do cliente”, usualmente empregado na área de marketing, o qual representa o quanto às exigências do cliente estão sendo atendidas. Em contrapartida, a eficiência é conceituada como uma medida do quão economicamente os recursos da organização estão sendo utilizados, para alcançar um determinado nível de satisfação do cliente.

Em resumo, a definição de um determinado nível de serviço a ser oferecido e estabelecido em contratos, é uma tarefa que requer um bom conhecimento das necessidades e desejos normalmente requeridos no serviço a

clientes, de forma geral, incluindo àquelas que são específicas do cliente em questão, bem como a habilidade de identificar e gerenciar eficientemente os custos relacionados, através da racionalização dos recursos logísticos disponíveis, visando manter o cliente satisfeito e a organização competitiva.

As seções seguintes tratarão de aspectos relacionados ao desempenho da organização, tanto no serviço quanto em custos logísticos, visando explorar caminhos para a busca de melhoria da eficiência logística.

2.1.1.

O desempenho no serviço ao cliente

Fleury e Silva (1997) apresentam a conclusão de sua pesquisa, feita no âmbito do comércio atacadista e varejista, apontando o serviço ao cliente como uma variável de decisão de compra de crescente importância para o comércio, quando comparada às demais variáveis, ou seja: o produto, o preço, a promoção e a propaganda. Mencionam, contudo, que a qualidade do serviço está relacionada à habilidade de minimizar as discrepâncias entre as expectativas e percepções do cliente e as de seus fornecedores. Acrescentam que estes “*gaps* de percepção” podem acarretar na insatisfação dos clientes, devido a uma identificação equivocada das suas prioridades.

A insatisfação dos clientes pode produzir um efeito devastador para o negócio, visto que clientes insatisfeitos tendem a substituir produtos ou fornecedores por outras opções que, segundo o seu julgamento, lhes tragam maior satisfação. Além disso, estes clientes divulgam a sua experiência negativa, resultando no afastamento de outros potenciais consumidores (TONTINI; ZANCHETT, 2010).

Segundo Dominguez (2000), o conceito de satisfação do cliente pode ser definido como o grau de atendimento às suas expectativas, em relação a um produto ou serviço, na perspectiva de que estas expectativas estão relacionadas àquilo que o próprio cliente percebe como valor.

Fernandez et al. (2012) fizeram um estudo de *benchmarking*, através de um levantamento de informações em empresas, sobre o uso de indicadores de desempenho para a avaliação de fornecedores de produtos e serviços. O estudo mostrou que os indicadores de qualidade e logística/entrega estão presentes na maioria das avaliações coletadas, o que já não ocorre para os aspectos econômicos, como preço e custos.

Conclui-se assim que o valor percebido pelo cliente combina valores incorporados ao produto em si (que vão além da própria qualidade intrínseca do produto), com valores agregados pelo serviço, tipicamente de distribuição e entrega, através da função de logística.

Esta oferta total (o produto em si mais o pacote de serviço), representada pelo modelo da Figura 1, eleva o valor de uso do produto aos olhos do cliente (CHRISTOPHER 2011).

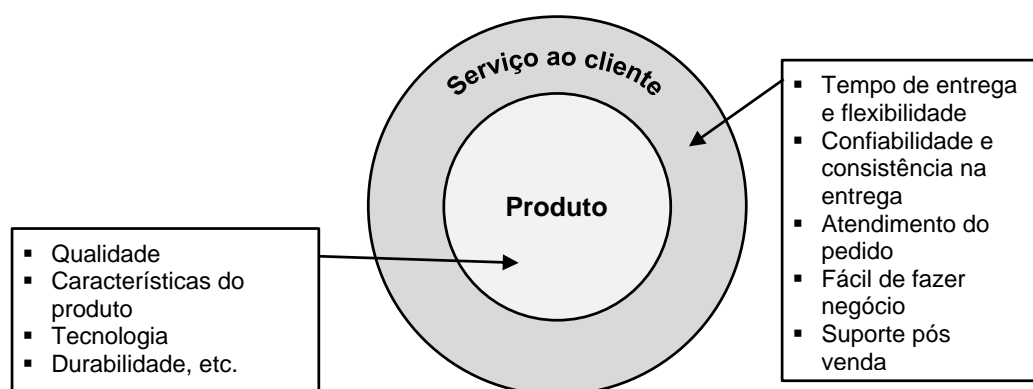


Figura 1 – O serviço ao cliente como incremento ao valor do produto

Fonte: Christopher, 2011 (adaptado)

O valor agregado ao produto pela logística, na percepção do cliente, pode atender a expectativas gerais, ou seja, aquilo que seria normalmente desejável para qualquer cliente, bem como a expectativas específicas de um determinado cliente ou grupo de clientes. Os valores logísticos geralmente desejados, se relacionam ao que Bowersox et al. (2006) descrevem como os sete direitos certos dos clientes: a quantidade certa do produto certo, no tempo certo, no lugar certo, na condição certa, no preço certo, com a informação certa.

A importância da busca da satisfação do cliente, com base em seus valores de qualidade com relação ao serviço logístico, tem motivado diversos autores a definir dimensões para o serviço, baseadas nestes valores, bem como metodologias para determinação das dimensões mais valorizadas pelos clientes em diversos seguimentos do mercado. Não é o objetivo deste trabalho, realizar uma pesquisa exaustiva sobre estas dimensões e metodologias, porém uma coletânea de estudos sobre estes temas está disponível nos trabalhos de Tontini e Zanchett (2010) e de Gustaffson e Johnson (2004).

Dentre as dimensões de serviço normalmente valorizadas pelos clientes, de forma geral, pode-se citar as nove dimensões definidas no planejamento da pesquisa de Fleury e Silva (1997), realizada com clientes, em 1995:

- Disponibilidade – significa ter inventário suficiente para atender, de forma consistente, às necessidades dos clientes (BOWERSOX et al., 2006). É caracterizada pelo percentual da quantidade entregue, em relação ao total do pedido ou pelo tempo de espera, em dias, para o recebimento de pendências. Tontini e Zanchett (2010) expandem o conceito desta dimensão para a prestação de serviços, associando-a a existência de meios para que o serviço possa ser prestado.
- Tempo de ciclo do pedido – significa o tempo, em dias, entre o pedido e o recebimento dos produtos. Bowersox et al. (2006) nomeiam esta dimensão como “velocidade do ciclo de desempenho” com definição semelhante, porém considerando que o produto recebido é o produto entregue e “pronto para uso”. Tontini e Zanchett (2010) nomeiam esta dimensão como “agilidade na entrega” com definição semelhante à de Fleury e Silva (1997).
- Consistência do prazo de entrega – refere-se à frequência com que ocorrem atrasos na entrega, podendo ser representada pelo percentual de entregas atrasadas em relação às entregas realizadas em um determinado período. Bowersox et al. (2006) nomeiam esta dimensão como “consistência de ciclo de pedidos”, definindo-a como a medida do número de vezes que os ciclos atendem, de fato, ao tempo planejado para a sua conclusão. Tontini e Zanchett (2010) usam a denominação “confiabilidade do prazo de entrega”, definindo-a como a capacidade de entregar pedidos no prazo acordado de forma constante.
- Frequência de entrega – definida simplesmente como o número de entregas feitas em um mês.
- Flexibilidade do sistema de distribuição – é a capacidade de atender a condições especiais de entrega, envolvendo: urgências, horários, embalagem de transporte, adiamento da entrega, local de descarga. Bowersox et al. (2006) consideram ainda como condições especiais os

pedidos incomuns ou inesperados. Para Tontini e Zanchett (2010) esta dimensão é denominada “flexibilidade no serviço prestado” e representa a capacidade de adequar a prestação do serviço às necessidades do cliente, quanto a pedidos especiais, que podem incluir também cargas perigosas.

- Sistema de remediação de falhas – representa a capacidade de solucionar satisfatoriamente a reclamações envolvendo: avarias no produto, atrasos, mercadorias em desacordo, embalagem de transporte e erro na documentação, considerando também o tempo de remediação do erro. É caracterizada: (1) pelo percentual de pedidos que resultam em reclamação; (2) pelo percentual das reclamações atendidas na primeira solicitação; (3) pelo tempo de espera, em dias, para a resolução de problemas. Denomina-se também como “recuperação de falhas” (BOWERSOX et al., 2006); (TONTINI; ZANCHETT, 2010).
- Sistema de informação de apoio – envolve a qualidade do atendimento (facilidade de colocação de pedido, agilidade na confirmação do pedido, cordialidade, presteza e credibilidade) e o tempo de antecipação para informar mudanças (de preço, atrasos, lançamento de novos produtos e substituição no pedido). É caracterizada: (1) pelo percentual dos pedidos que resultam em solicitações de informação sobre a situação do pedido; (2) pelo percentual das solicitações que não são atendidas; (3) pelo tempo de espera, em dias, para receber informações sobre pedidos. Tontini e Zanchett (2010) descrevem três dimensões que estão contidas nesta definição: (1) comunicação: envolve todos os aspectos de comunicação da empresa com o cliente, incluindo, clareza nas condições contratuais, qualidade das informações técnicas e previsão de datas de entrega; (2) rastreabilidade: refere-se às informações fornecidas ao cliente sobre a situação do pedido e ao controle das operações de entrega; (3) confiança e conhecimento da equipe de contato com o cliente: inclui o conhecimento e profissionalismo demonstrado pela equipe e a confiabilidade das informações prestadas por estes.
- Apoio na entrega física – refere-se à qualidade do atendimento (apoio ao *merchandising*, presteza, cordialidade, pontualidade e rapidez).

- Apoio pós entrega – representa todas as ações após a entrega das mercadorias na empresa, incluindo o apoio na venda dos produtos entregues, serviços de intermediação com fornecedores e apoio na entrega do produto (TONTINI; ZANCHETT, 2010). É caracterizado: (1) pelo percentual dos pedidos que resultam em solicitações de assistência e/ou informação sobre produtos; (2) pelo percentual das solicitações que são atendidas; (3) pelo tempo de espera, em dias, para receber assistência e/ou informação sobre produtos.

As dimensões citadas por Tontini e Zanchett (2010), compiladas a partir da pesquisa bibliográfica que realizaram, não possuem conceitos compatíveis com as dimensões de “frequência” e “apoio na entrega física”, citadas por Fleury e Silva (1997), mas acrescentam quatro outras dimensões de serviço ao cliente, cujos conceitos são exclusivos, em relação às nove dimensões já descritas:

- Confiabilidade da quantidade correta – é a capacidade de atender às solicitações de forma integral, sem quebra dos pedidos ou variações na quantidade.
- Confiabilidade do produto correto – significa a não existência de erros nos pedidos ou substituição de produtos na entrega. Engloba a entrega do produto no local correto.
- Entrega sem danos ao produto – é o índice de defeitos dos produtos e danos ocorridos durante o transporte.
- Preço – inclui política de preço e condições de venda.

Outras dimensões citadas por estes autores possuem conceitos que já estão englobados nas nove dimensões citadas por Fleury e Silva (1997). Por exemplo, a dimensão “sistema de informação de apoio”, engloba os conceitos das dimensões “comunicação”, “rastreadabilidade” e “confiança e conhecimento da equipe de contato com o cliente”. Esta última, por sua vez, está incluída também no conceito da dimensão “apoio na entrega física”. A dimensão “confiabilidade da quantidade correta” pode ter o seu conceito parcialmente relacionado ao de “disponibilidade”, especificamente no aspecto de quebra dos pedidos, porém, o

conceito de variações na quantidade, por erro de contagem ou medição, é exclusivo da dimensão “disponibilidade”.

A Figura 2 mostra uma síntese realizada a partir das nove dimensões consideradas por Fleury e Silva (1997) e das treze dimensões resumidas por Tontini e Zanchett (2010), considerando-se as redundâncias conceituais já mencionadas. A síntese resulta em treze dimensões distintas, que aparecem sombreadas na Figura 2. As conexões conceituais existentes entre algumas dimensões são representadas por meio de linhas, sendo que a linha tracejada representa uma relação parcial entre os conceitos das dimensões por ela conectada.

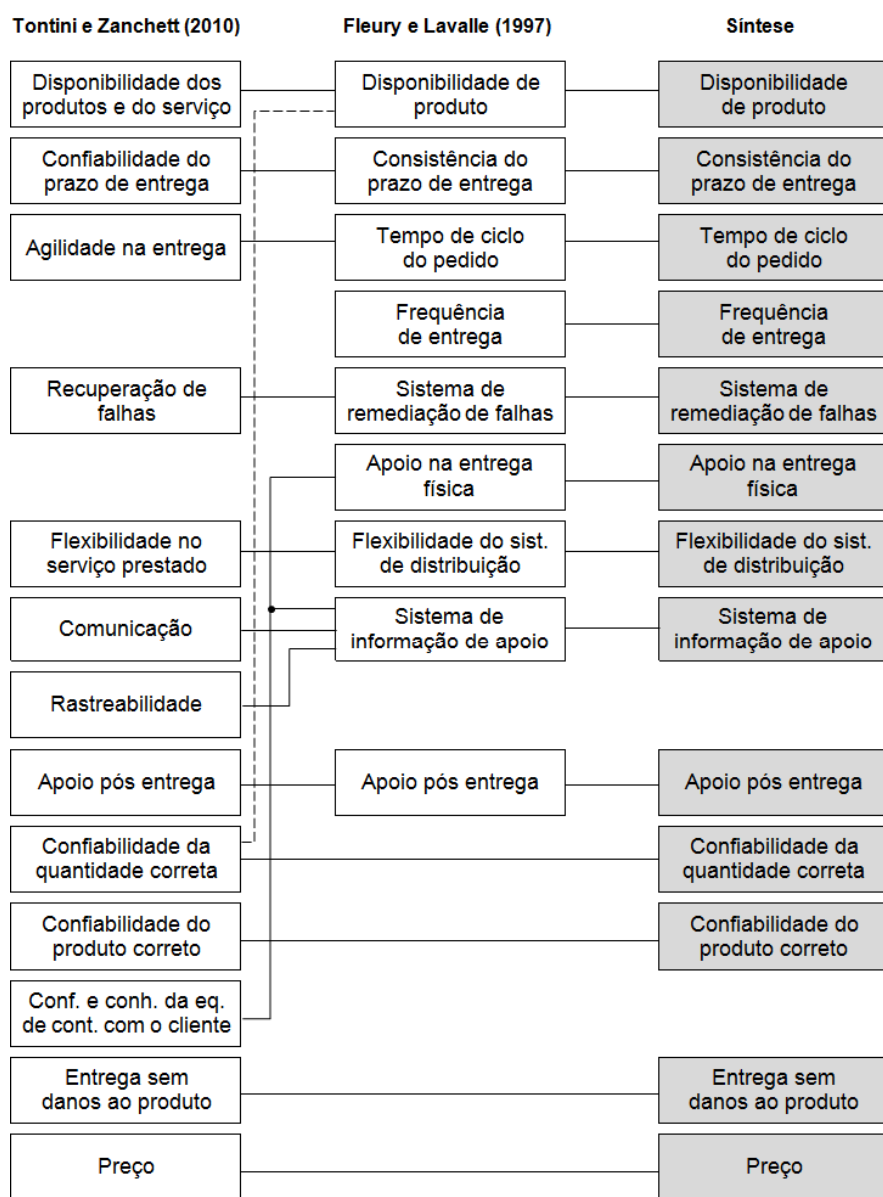


Figura 2 – Síntese das dimensões do serviço ao cliente
 Fonte: Autor, 2014

A visão dos clientes e as fontes acadêmicas são os fundamentos para a enumeração destas dimensões, como também o são para a sua priorização. O Quadro 1, por exemplo, mostra as nove dimensões do serviço estudadas por Fleury e Silva (1997), em ordem decrescente de importância, segundo a avaliação de clientes de bens de consumo no comércio atacadista e varejista.

Quadro 1 – Priorização das dimensões do serviço: opinião dos clientes

Dimensões do serviço ao cliente	Grau de importância (1995)
Disponibilidade de produto	95,9%
Consistência do prazo de entrega	94,3%
Tempo de ciclo do pedido	91,2%
Frequência de entrega	89,3%
Sistema de remediação de falhas	88,7%
Apoio na entrega física	84,8%
Flexibilidade do sistema de distribuição	84,5%
Sistema de informação de apoio	81,8%
Apoio pós entrega	73,3%

Fonte: Fleury e Silva, 1997

Os autores observam que, dentre as dimensões apresentadas no Quadro 1, as quatro consideradas mais importantes, pelos clientes (disponibilidade, consistência do prazo de entrega, tempo de ciclo e frequência) estão diretamente relacionadas a ter o produto no local e no tempo certo. Pontuam ainda que fornecedores que prestam um serviço de entrega de baixa qualidade, nestas quatro dimensões, geram custos indesejáveis aos seus clientes. A falta de uma total disponibilidade do produto gera para o cliente riscos de custos devido à falta de produtos, bem como perda de vendas. A baixa consistência do prazo de entrega acarreta na necessidade de aumentar o estoque de segurança e, conseqüentemente o custo de capital de giro do negócio. Já as dimensões de tempo de ciclo do pedido e frequência de entrega, envolvem o lote de reposição e o nível de estoque básico necessário para evitar desabastecimento do produto.

Como exemplo da avaliação de prioridades, no ponto de vista acadêmico, Tontini e Zanchett (2010) perceberam, pesquisando diversos trabalhos sobre as dimensões da qualidade em serviços logísticos, que as três dimensões mais citadas, nos 23 trabalhos considerados foram: “agilidade na entrega”, citada em

20 trabalhos, seguida da “confiabilidade do prazo de entrega” e da “entrega na quantidade correta”, ambas citadas em 18 trabalhos. Concluíram que este resultado reflete o próprio conceito da atividade de logística, segundo Christopher (2011), ou seja, uma oferta consistente de utilidade no tempo e lugar. Isto demonstra que a perspectiva acadêmica do serviço logístico, demonstrada por meio desta pesquisa, prioriza os valores de tempo certo e lugar certo, o que é compatível com as conclusões da pesquisa de Fleury e Silva (1997), realizada com clientes. Da mesma forma, considerando-se a relação parcial existente entre a dimensão de “entrega na quantidade correta” e “disponibilidade de produto”, como mostra a Figura 2, as três principais dimensões apuradas são basicamente as mesmas, nos dois trabalhos, embora em ordem de prioridade diferente.

O Quadro 2 mostra o resultado completo da contagem de citações obtidas para todas as dimensões, dentre os 23 trabalhos considerados, onde se percebe mais uma vez a baixa importância dada ao preço (apenas quatro citações), em relação ao serviço de entrega.

Quadro 2 – Priorização das dimensões do serviço: literatura acadêmica

Dimensões do serviço ao cliente	Número de citações
Agilidade na entrega	20
Confiabilidade do prazo de entrega	18
Entrega na quantidade correta	18
Comunicação/Sistema de informação de apoio	15
Recuperação de falhas	15
Disponibilidade dos produtos	13
Flexibilidade no serviço prestado	12
Entrega sem danos ao produto	10
Confiança e conhecimento da equipe	6
Rastreabilidade	6
Entrega do produto correto	5
Apoio pós entrega	4
Preço	4

Fonte: Tontini e Zanchett, 2010

Fernandez et al. (2012) apuraram em sua pesquisa que os aspectos avaliados com maior frequência no serviço logístico de entrega são as divergências na data de entrega (95%) e a quantidade entregue (85%). O primeiro aspecto é compatível com a dimensão “consistência do prazo de

entrega” e o segundo com a dimensão “confiabilidade da quantidade correta” que, relaciona-se parcialmente com a dimensão “disponibilidade”, como já foi mencionado. Também nesta pesquisa, os aspectos econômicos como “preço” e “custos”, aparecem com prioridades mais baixas (40% e 15%, respectivamente).

Outro aspecto importante envolvendo o serviço ao cliente, independente das prioridades dadas às dimensões do serviço, é o conceito de pedido perfeito, que é atualmente um item indispensável na medida do desempenho logístico. Bowersox et al. (2006) estabelece uma noção de pedido perfeito em que um pedido deveria ser entregue de forma completa, no tempo certo, no local certo, em condições perfeitas, com a documentação completa e precisa. Ressalta que o máximo no serviço logístico é fazer tudo corretamente e tudo na primeira vez, não sendo suficiente, por exemplo, entregar o pedido completo e no tempo certo, se houver uma fatura incorreta ou danos no produto. A fatura incorreta está no âmbito da documentação do pedido e entende-se, neste contexto, como o lançamento incorreto do valor, de descontos ou condições de pagamento, na fatura e/ou na nota fiscal. Se houver erro, a documentação deverá ser reprocessada e isso pode acarretar no atraso da liberação do pedido. O mesmo pode ser dito, com relação a erros de quantificação. Neste caso, o documento pode estar correto, mas a contagem ou medição do produto estarem incorretas.

2.1.2.

O desempenho em custos logísticos

A seção anterior enfatiza a importância da estruturação do serviço logístico em suas principais dimensões, priorizando aquelas que representam maior valor agregado aos produtos, segundo a percepção do cliente. Esta busca de prioridades para a melhoria do serviço logístico tem por objetivo obter a satisfação do cliente e a sua consequente retenção por longo prazo, o que acaba por representar maior lucratividade para o fornecedor (CHRISTOPHER, 1993); (ANDERSON; MITTAL, 2000). Contudo, Novack et al. (1992) pontuam que quanto maior o valor agregado, maiores são os custos para a organização. Afirmam ainda que os impactos financeiros da logística influenciam as transações entre a organização e seus clientes, pois quanto maiores forem os custos logísticos, maiores serão os preços ou menores serão as margens de lucro. Por esta razão, os custos logísticos, devido ao seu alto impacto no negócio e sua relação com a eficiência dos serviços, também devem ser considerados

como uma medida de desempenho do sistema logístico, dentro do conjunto de medidas de desempenho adotado pela organização.

Silva e Fleury (2000) mencionam a necessidade de realizar a análise sistemática de indicadores associados a custos, juntamente com os do serviço ao cliente e qualidade do produto. Segundo os autores, isto proporciona maior conhecimento do processo como um todo, alcançando assim maior flexibilidade das operações, o que pode acarretar em maior capacidade de satisfazer o cliente ou operar com menor custo. Observam ainda a utilidade da prática de *benchmarking* para observar como outras organizações fazem atividades semelhantes, no intuito de se economizar tempo e recursos.

Beamon (1998) descreve diversas medidas de desempenho para sistemas logísticos, com três possíveis formas de uso: (1) determinar a eficiência ou eficácia do sistema logístico existente, (2) comparar um sistema existente com um sistema alternativo ou (3) projetar um sistema, visando obterem-se níveis de desempenho desejados para determinadas variáveis de decisão. As medidas de desempenho são classificadas como qualitativas ou quantitativas. Dentre as que são classificadas como quantitativas, a autora apresenta cinco medidas baseadas em custo:

- Minimização de custo – o custo é normalmente minimizado por toda a cadeia de suprimentos (custo total) ou por estágios ou unidades em particular.
- Maximização de vendas – refere-se à quantidade de vendas ou unidades vendidas.
- Maximização de lucro – maximização de receitas menos custos.
- Minimização de investimento em inventário – refere-se a custos de inventário, incluindo o custo do produto parado.
- Maximização do retorno ao investimento – maximização da razão entre o lucro líquido e o capital empregado para produzir este lucro.

A cada uma destas medidas de desempenho baseadas em custos, podem ser atreladas estratégias, de modo que apresentem os melhores resultados possíveis, ou resultados previamente propostos para um determinado sistema

logístico. Para o contexto deste estudo serão abordadas duas das cinco medidas de desempenho citadas: minimização de custo e maximização do retorno ao investimento.

2.1.2.1.

Minimização de custo

A minimização de custo logístico, dado um nível de serviço previamente determinado e acordado com o cliente, pode ser obtida por pelo menos duas estratégias. Uma delas é identificar todos os custos logísticos, por atividade, porém focando a otimização do custo total, ou seja, do custo resultante de todas as atividades, em conjunto, nas operações logísticas, da produção até a entrega. Esta estratégia é conhecida como gestão integrada de custos ou gestão do custo total integrado. Outra estratégia, frequentemente associada ao termo “logística enxuta”, se baseia no conhecimento das dimensões ou especificidades do serviço logístico às quais o cliente atribui valor, visando à eliminação de todo o uso de tempo e recursos que não produzam valor para o cliente. Estas duas formas de atuação serão abordadas a seguir, a começar pela avaliação do custo total.

Bowersox et al. (2006) discorrem sobre os conceitos da gestão integrada da cadeia de suprimentos, quanto ao foco na realização de processos, pontuando que a gestão de custos também deve ser realizada em base processual e não funcional. Isto significa que o menor custo total do processo se obtém através de trocas compensatórias (*trade-offs*), entre as diversas funções ou atividades envolvidas.

Ballou (2006) enfatiza o caráter conflitante entre os padrões de custos das várias atividades da empresa e chega a afirmar que a gestão do conflito entre os custos é a questão básica da logística. Observa ainda que os conflitos devem ser gerenciados mediante um equilíbrio entre as atividades, de maneira a que sejam coletivamente otimizadas. Como exemplo, um aumento de custo de transporte, utilizando-se um meio mais rápido e confiável, pode produzir uma redução, em valor maior, do custo de estoque. A Figura 3 mostra graficamente a relação conflitante entre o custo de transporte e o custo de inventário, bem como a variação do custo total e o ponto em que o custo total é ótimo, demarcado pela linha tracejada.

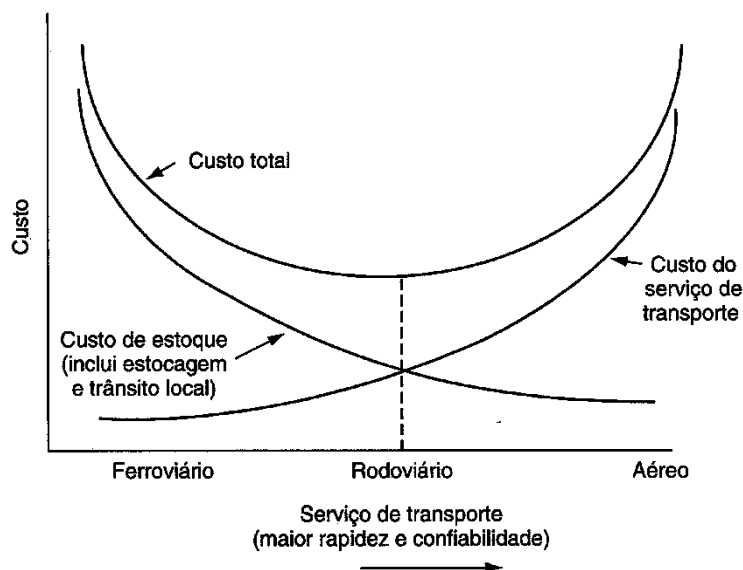


Figura 3 – Custo total em função do tipo de transporte

Fonte: Ballou, 2006

Para o exemplo apresentado na Figura 3, percebe-se a redução do custo de estoque em função do aumento da confiabilidade e velocidade do modal de transporte adotado. Por outro lado existe um esperado aumento nos custos com transporte. O ponto ótimo de custos, para este exemplo, aponta para a indicação do modal rodoviário, como sendo aquele que produzirá um custo mínimo, quando se considera simultaneamente as atividades de transporte e estocagem.

Hines e Taylor (2000) se concentram em outro caminho para a otimização de custos logísticos, além da estratégia de otimização do custo total, o qual se baseia no conceito de “organização enxuta” ou “cadeia de suprimentos enxuta”. Uma organização ou cadeia de suprimentos é enxuta, quando os seus processos, sejam produtivos ou logísticos, são fundamentados no princípio de eliminação total ou quase total de “desperdícios”. Entende-se por desperdício, nesta abordagem, que considera como valor aquilo que o cliente (e não a organização) imputa como valor, como sendo toda a atividade no processo produtivo ou logístico que o cliente não esteja disposto a pagar.

Uma operação enxuta se baseia em cinco princípios básicos, segundo os autores:

- Especificar o que gera e o que não gera valor sob a perspectiva do cliente e não da dos departamentos da organização ou organizações pertencentes à cadeia.

- Identificar todos os passos necessários para projetar, pedir ou produzir o produto, ao longo do fluxo de valor, a fim de identificar qualquer desperdício, oriundo de atividades sem valor.
- Executar as ações que possam criar um fluxo de valor sem interrupções, desvios, retornos, espera ou sucata.
- Produzir somente o que for pedido pelo cliente.
- Buscar a perfeição pela remoção sucessiva de fontes de desperdício conforme forem descobertas.

Também são citados pelos autores sete tipos de desperdícios, os quais estão listados e descritos no Quadro 3.

Quadro 3 – Tipos de desperdício em fluxos produtivos e logísticos

Desperdício	Descrição
Superprodução	Produção em excesso ou muito rápida resultando em fluxo pobre de informações ou bens e estoque excessivo.
Defeitos	Erros frequentes nos papeis, problemas de qualidade e mal desempenho na entrega.
Estoque desnecessário	Armazenagem excessiva e atraso de informação ou produtos, resultando em custo excessivo e um fraco serviço ao cliente.
Processamento inapropriado	Uso de um conjunto errado de ferramentas, procedimentos ou sistemas, em geral, quando uma abordagem mais simples pode ser mais eficiente.
Transporte excessivo	Excesso de movimentação de pessoas, informação e bens, resultando em desperdício de bens, esforços e em custo.
Espera	Longo período de inatividade de pessoas, informação e bens, resultando em um fluxo pobre e <i>lead time</i> elevado.
Movimento desnecessário	Má organização da área de trabalho, resultando em má ergonomia e perda frequente de itens.

Fonte: Hines e Taylor, 2000

Para Christopher (2011), a redução de custos, por meio da eliminação de atividades que não agregam valor, está diretamente relacionada à compressão de tempo na cadeia de suprimentos. Os sete desperdícios listados no Quadro 3, sugerem que, além do tempo, é importante otimizar o uso de bens e do trabalho.

Uma importante premissa a ser considerada, antes de se pensar na minimização de custos, com base no menor custo total ou através de uma operação enxuta, é a definição do nível de serviço que realmente é esperado e, principalmente, que é percebido pelo cliente, considerando as suas próprias particularidades. Segundo Novack et al. (1992), o principal *trade-off* a ser considerado é o custo do valor versus a percepção do cliente ao nível de serviço oferecido. O autor ainda observa, que os custos não devem ser reduzidos a ponto de comprometer o serviço e o serviço não pode exceder ao que o cliente precisa. Assim, as decisões logísticas não devem focar apenas o menor custo total sem considerar antes o aspecto do serviço. Christopher (1993) reforça esta premissa enfatizando que o entendimento das preferências do cliente em relação ao serviço é o ponto de partida para se realizar uma reengenharia dos processos logísticos a fim de se obter a melhor eficiência em custos.

2.1.2.2.

Maximização do retorno ao investimento

Segundo Samanez (2007), o retorno sobre o investimento ou ROI (*Return On Investment*) é uma das principais ferramentas analíticas para a avaliação do desempenho de uma empresa, por concentrar-se no seu desempenho operacional efetivo. Este índice é calculado como a relação entre o lucro operacional (líquido), gerado pelos ativos e o capital investido (para gerar este lucro), conforme a equação 1.

$$ROI = \frac{\text{Lucro operacional}}{\text{Capital investido}} \quad (\text{eq. 1})$$

O ROI pode ser desdobrado no produto de duas outras razões, conforme a equação 2. O primeiro fator do produto é uma razão que representa a “margem operacional”, que mede a eficácia com que a empresa converte receita em lucro e o segundo fator é o “giro de capital”, que mede a eficiência com que ela utiliza o seu capital investido para gerar receita.

$$ROI = \frac{\text{Lucro operacional}}{\text{Vendas líquidas}} \times \frac{\text{Vendas líquidas}}{\text{Capital Investido}} \quad (\text{eq. 2})$$

Para Ballou (2006), o ROI indica a eficiência da utilização do capital, sendo portanto útil para avaliar a qualidade das estratégias empregadas, de modo que uma boa estratégia será aquela que produzir um retorno (em relação ao capital investido na estratégia) maior ou igual ao retorno esperado de outros projetos da empresa.

Segundo Christopher (2011), a partir do desdobramento do ROI, pode-se criar oportunidades para a melhoria deste índice tanto pelo aumento da margem operacional quanto pelo aumento do giro de capital. Assim, é possível obter um elevado ROI, mesmo com uma margem de lucro baixa, desde que a produtividade do capital seja alta. A Figura 4 mostra uma família de curvas, representando diversos valores de ROI, em função da margem operacional e do giro de capital, onde a seta indica o sentido de crescimento deste índice.

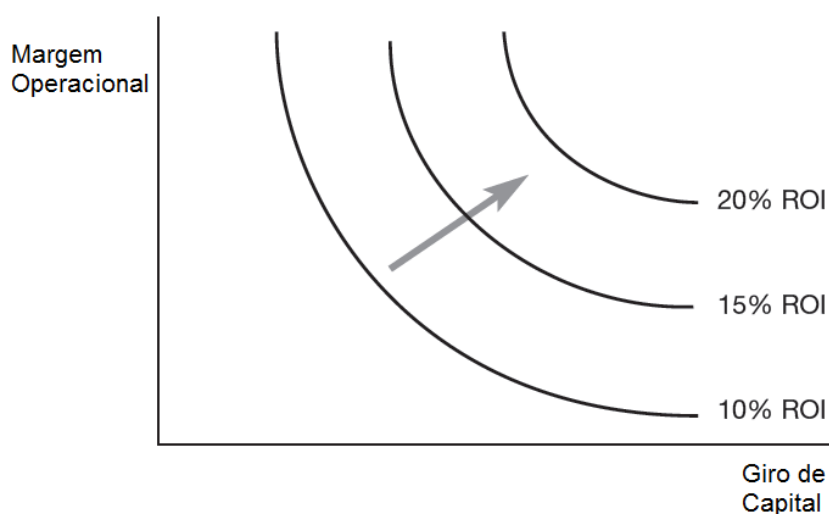


Figura 4 – Impacto da margem operacional e do giro de capital no ROI
 Fonte: Christopher, 2011

Os dois fatores componentes do ROI, que aparecem na equação 2, podem ser continuamente decompostos em partes que representem as atividades básicas responsáveis pelo desempenho operacional da empresa. Esta técnica é amplamente utilizada na análise de índices financeiros, sendo usualmente conhecida como análise Du Pont.

A Figura 5 mostra os componentes que costumam ser considerados na análise Du Pont, para a decomposição do ROI, de modo a se obter uma visão do desempenho operacional de todos os departamentos da companhia (fabricação, vendas, compras, etc.), cujos resultados individuais afetam este índice (JOHNSON; KAPLAN, 1987).

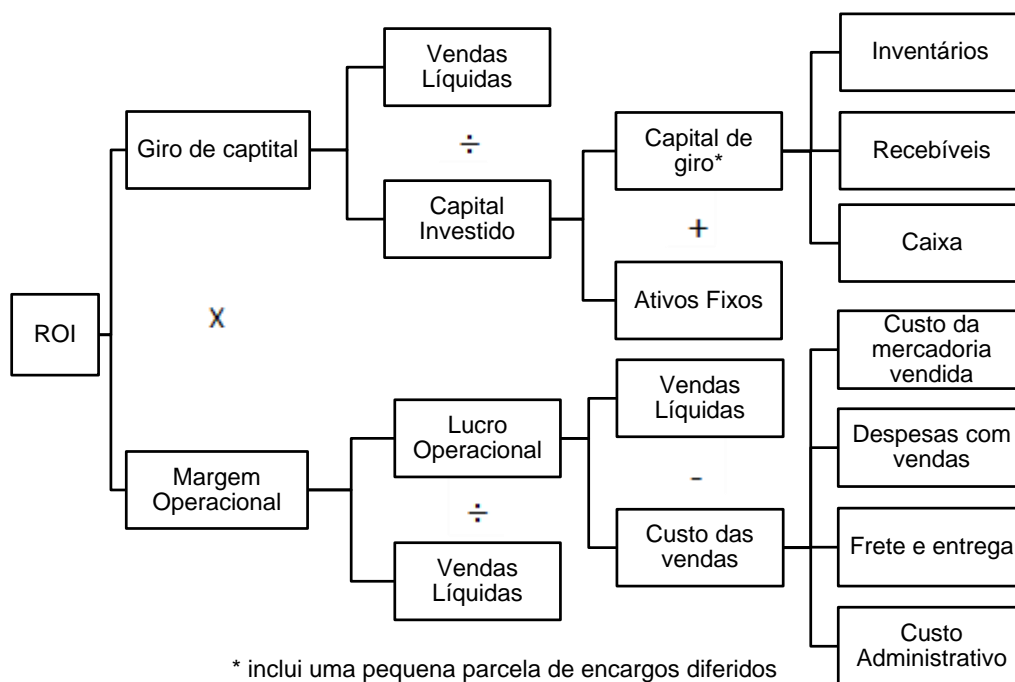


Figura 5 – Análise Du Pont do retorno sobre o investimento

Fonte: Johnson e Kaplan, 1987 (adaptação dos termos, pelo autor)

Em uma análise preliminar, podem-se estabelecer alguns objetivos básicos na gestão da empresa para obter-se um aumento do ROI, na perspectiva da análise Du Pont do ROI desdobrado, como se segue:

- Para aumentar a margem operacional: (1) buscar o preço mais elevado possível, sem que as vendas sejam prejudicadas ou (2) reduzir os custos, sem que haja efeitos desfavoráveis na qualidade do produto ou aumento dos ativos. O simples aumento das vendas, sem variações no preço ou nos custos das vendas, não aumenta a margem operacional.
- Para aumentar o giro de capital: (1) aumentar as vendas com o mesmo investimento base ou (2) reduzir o investimento base com o mesmo nível de vendas.

Também é possível estabelecer uma relação entre o resultado do ROI e as estratégias de investimentos logísticos adotadas na empresa. Christopher (2011) fornece uma proposta para esta relação, visando o aumento do ROI, com foco em seis componentes básicos: vendas líquidas, custos das vendas, ativos fixos, inventários, recebíveis e caixa. Observa-se, pela Figura 5, que o autor faz a sua análise desmembrando o capital de giro em seus três componentes (inventários, recebíveis e caixa) e generaliza os custos de vendas, sem considerar individualmente os seus componentes (custo da mercadoria vendida, despesas com vendas, frete/entrega e custo administrativo). O Quadro 4 enumera as relações entre os seis componentes destacados e as estratégias ou metas a eles associadas pelo autor.

Quadro 4 – Componentes do ROI e estratégias logísticas associadas

Relação	Componente	Estratégia ou meta
1	Vendas	Serviço ao cliente
2	Custos das vendas	Eficiência logística
3	Ativos fixos	Distribuição e utilização de ativos
4	Inventários	Logística <i>just-in-time</i>
5	Recebíveis	Acurácia das notas fiscais
6	Caixa	Gestão do fluxo logístico

Fonte: Christopher, 2011

Cabem às relações numeradas no Quadro 4, algumas considerações, envolvendo os aspectos de serviço ao cliente e custos logísticos, como se segue:

Relação 1:

O serviço ao cliente afeta diretamente o desempenho das vendas, por capacitar a organização a reter os seus clientes e manter uma posição competitiva no mercado. A retenção de clientes tende a produzir, com o tempo, um aumento nas vendas com menores custos, afetando positivamente o lucro operacional. Dependendo do nível de fidelidade do cliente, seja pelo serviço ou pelo produto, é possível ainda praticar uma precificação mais elevada, sem a perda de vendas, o que também conduz ao aumento do lucro operacional. O aumento nas vendas, proporcionado pelo poder competitivo de uma

organização, sem variações de preço e custo, não afeta a margem operacional, porém pode melhorar o ROI através do aumento do giro de capital, caso a estratégia utilizada não exija aumento proporcional dos investimentos (ativos fixos e capital de giro). Porém, o poder competitivo de uma organização pode afetar a margem operacional, por aumentar a probabilidade de retenção dos clientes, visto que este poder está diretamente relacionado ao nível de satisfação do cliente, obtido pela organização.

Segundo a pesquisa de Anderson e Mittal (2000), a satisfação do cliente afeta o ROI de forma assimétrica e não linear. A pesquisa, realizada com dados de 125 empresas que integram o SCSB (*Swedish Customer Satisfaction Barometer*), mostra que, em média, 1% de aumento na satisfação do cliente, está associado a 2,37% de aumento no ROI, ao passo que 1% de diminuição da satisfação, abaixa o índice em 5,08%.

Relação 2:

A eficiência logística deve representar o uso mais econômico possível dos recursos, mantendo a satisfação dos clientes (2.1.1). Isto significa reduzir os custos das vendas (custos das mercadorias vendidas, despesas com vendas, frete/entrega e custo administrativo), mantendo o nível de vendas, incrementando assim o lucro e a margem operacional. A redução destes custos não deve afetar a qualidade do produto (o que pode ocasionar perda de vendas) ou envolver aumento dos ativos (investimento), pois desta forma o ROI seria afetado negativamente devido à redução do giro de capital. A otimização do custo total e a prática de produção e logística enxutas (2.1.2.1), podem ser boas soluções para se obter a redução de custos, aumentando a margem operacional sem afetar o giro de capital.

A redução de custos com vendas, decorrentes de operações financeiras, através de processos automatizados, representa uma excelente possibilidade para a melhoria do ROI, por aumentar o lucro líquido, independente das vendas. Segundo Batagin (2005), economias significativas podem ser obtidas pela automação dos processos de contas a receber e contas a pagar, principalmente em: custos de envio de faturas, uso de *call center* pelo cliente, reimpressões de documentos, custos de processamento, descontos por pagamentos antecipados (contas a pagar), liberação de pessoal para tarefas mais rentáveis, alocação de espaço físico para arquivos, e outros. Os dados apresentados pelo autor levam a uma economia de 23%, nas operações de contas a receber e 69% nas de contas a pagar, em relação às operações manuais e com utilização de papel.

Relação 3:

Segundo Christopher (2011), em qualquer tipo negócio, o sistema logístico normalmente fará um uso massivo de ativos fixos, como depósitos, plantas, armazéns e diversos outros ativos que compõem a rede logística. Apesar destes ativos serem a principal parte do investimento, outros equipamentos e veículos envolvidos na armazenagem e no transporte também são representativos no conjunto de ativos fixos empregados.

A boa gestão destes ativos, implica em atingir os objetivos comerciais e econômicos da empresa com a máxima eficiência produtiva e logística, o que inclui a minimização de investimentos em ativos fixos. Novack et al. (1992) comenta que o investimento em facilidades (ativos fixos) representa um custo de oportunidade, ou seja, dinheiro amarrado, que poderia ser utilizado em outra aplicação, com possibilidade de retornos maiores.

Muitas empresas têm terceirizado a distribuição física de seus produtos a fim de eliminar ativos de seu balanço patrimonial. A eliminação de ativos fixos atua de forma positiva no ROI, pois contribui para o aumento do giro de capital, porém deve ser considerado o efeito dos custos da terceirização na margem operacional. Outras possibilidades para não assumir o investimento em ativos fixos são o *leasing* e o empréstimo.

Ebert (1987), embora privilegie a opção de posse de ativos, como uma decisão mais vantajosa para as empresas, aponta o *leasing* como uma opção melhor que o empréstimo, sob a ótica de resultados no balanço patrimonial. Isto se dá, porque as despesas de empréstimos têm que ser relatadas como débitos, enquanto que as despesas com *leasing* operacional (*operational lease*) não aparecem no balanço, embora deva ser revelado qualquer compromisso com *leasing*, em nota de rodapé, no próprio balanço. Entende, porém, que qualquer vantagem obtida no resultado do balanço não se converterá necessariamente em benefícios, em termos de crédito no mercado, pois as agências e instituições financeiras mais sofisticadas apuram a situação real da empresa e ainda aplicam métodos para simular custos de leasing, os quais consideram como débitos, na sua avaliação financeira. O autor ainda aponta algumas considerações sobre o *leasing*: (1) é mais dispendioso que o empréstimo, (2) afeta a habilidade da empresa em captar recursos, (3) reduz o retorno de longo prazo do capital investido e do patrimônio líquido e (4) prejudica o desenvolvimento do gestor de ativos em sua principal função, que é gerenciar com eficiência o conjunto real de

recursos disponíveis, a fim de maximizar o valor a longo prazo da empresa, para os seus acionistas.

Rachlin (1997) comenta que o *leasing* se tornou o maior veículo para a aquisição de uso de um ativo. Relaciona de forma mais indireta o uso de *leasing* com a melhoria do ROI, enfatizando a liberação de capital para outras oportunidades de investimento. Também pontua que no caso da opção pelo *capital lease*, ao contrário do que ocorre com o *operational lease*, o ativo é considerado como propriedade, para fins contábeis, de modo que é declarado no balanço patrimonial da empresa. Além das desvantagens do *leasing* já pontuadas, este autor acrescenta que não ter a propriedade do ativo exclui vantagens contábeis, relacionadas à redução de taxas, como por exemplo, a depreciação do ativo. Além disso, esta prática não gera patrimônio para a empresa.

Relação 4:

Existe uma estimativa comum de que mais de 50% dos recursos das empresas são mobilizados em inventários (CHRISTOPHER, 2011). A minimização dos investimentos e dos níveis de utilização de inventários seja para produtos em produção, ou prontos para venda, bem como de componentes ou subconjuntos, tende a melhorar o giro de capital e o ROI.

O método de produção e distribuição *just-in-time* agrega benefícios de produção e logística enxutas, proporcionando a possibilidade de: (1) redução dos níveis de inventários (2) reduções de desperdícios na produção e de material, (3) redução dos custos de compras e (4) redução do tempo de entrega (e dos custos relacionados) (LAI; CHENG, 2009). Desta forma, este método contribui para a melhoria da margem operacional.

Segundo Christopher (2011), muitas empresas de revenda bem sucedidas têm reconhecido que, mesmo atuando com pequenas margens operacionais, é possível obter um excelente ROI, se houver alta produtividade do capital (giro), decorrente de um alto nível de vendas por área utilizada em armazéns.

Fisher (1997), discorrendo sobre a necessidade de flexibilidade e velocidade, em situações de demandas de alta incerteza, afirma que as decisões críticas com relação a inventário devem ser baseadas primariamente na sua posição na cadeia de suprimentos (estratégia de alocação) e não na minimização de custos. Neste caso, aposta-se mais na melhoria do giro de capital, pela maior possibilidade de atendimento aos pedidos e consequente aumento das vendas, do que pela redução do capital investido.

A localização do inventário também pode ser decidida em função de redução de custos, escolhendo-se localizações onde as taxas de operação sejam menores.

Relação 5:

Tanto os recebíveis quanto o caixa de uma empresa, são componentes dos ativos correntes cruciais para a liquidez do negócio, sendo a liquidez dos recebíveis sempre menor que a do caixa. Em geral, os recebíveis são gerados por vendas a crédito ou pelo tempo demandado pela operação de entrega. As perdas de liquidez devido às vendas a crédito são planejadas e compensadas pelo aumento das vendas que o crédito proporciona, porém, os atrasos de recebimentos decorrentes das operações de entrega, nas vendas à vista, podem e devem ser minimizados nos processos logísticos. Neste caso, o que se espera é reduzir, ao máximo, o ciclo de tempo do pedido (2.1.1), que inicia no momento em que o cliente coloca o pedido e termina com o despacho das mercadorias e emissão da nota fiscal.

Uma das variáveis logísticas menos óbvias, que afetam o caixa e os recebíveis, é a acurácia da nota fiscal. Em geral, clientes que percebem algum erro na nota fiscal não pagam, aumentando o *lead time* de pagamento, até que o erro seja corrigido (CHRISTOPHER, 2011).

Relação 6:

Nos últimos anos, as companhias têm estado cada vez mais limitadas, em termos de caixa. A liquidez deste ativo é importante para subsidiar o crescimento do negócio, através de investimentos em projetos rentáveis, ou para auferir receitas provenientes de investimentos financeiros.

Segundo Cavalcante (2014), as receitas oriundas de investimentos financeiros são sobras do capital de giro por serem excedentes de caixa, representando o resultado da gestão dos ativos operacionais, portanto podem ser incorporadas ao lucro operacional. Desta maneira, a margem operacional é aumentada e, por conseguinte, o ROI.

É, portanto, desejável antecipar ao máximo todas as entradas de caixa para se obter maiores retornos aos investimentos realizados com a aplicação deste ativo. A função da logística para agilizar as entradas de caixa, a semelhança do que ocorre para os recebíveis, é otimizar o canal logístico, seja no fluxo de materiais e produtos ou de informações, a fim de reduzir o tempo de ciclo do pedido.

Para Christopher (2011), o verdadeiro canal a ser considerado (no aspecto financeiro), e que é observado por poucas companhias, é o tempo de ciclo caixa-a-caixa, que começa na saída de caixa para a compra de materiais/componentes e vai até a entrada de caixa, decorrente da venda do produto acabado, o que demora em torno de seis meses ou mais, para muitas indústrias. O autor pontua, considerando este canal mais extenso, que as estratégias de compra, o atendimento integral do pedido e a acurácia da nota fiscal, impactam no fluxo de caixa.

Uma medida fundamental para antecipar as entradas de caixa, além da redução do tempo de ciclo do pedido (fluxos de materiais, produtos e informações), é melhorar também o fluxo financeiro. Batagin (2005) comenta que houve uma desproporção entre a evolução dos fluxos de materiais, produtos e informações e a do fluxo financeiro, devido ao foco que tem sido dado ao nível de serviço ao cliente. Por conta disso, em muitas empresas, o fluxo financeiro ainda é gerenciado manualmente, através de ordens de recebimento e pagamento em papel, comprometendo o desempenho da cadeia de suprimentos.

O autor expõe as vantagens dos sistemas financeiros automatizados de compra e fatura, como o EDI¹ e o EIPP², destacando a redução de custos e o aumento da agilidade das operações, em relação aos processos manuais. A agilidade obtida, se refere especialmente à redução do tempo entre a emissão da fatura e o pagamento efetuado pelo cliente, encurtando o tempo de ciclo do pedido. Isto ocorre principalmente pela eliminação do tempo de postagem da fatura e da necessidade de confirmar o seu pagamento, mas outros fatores também contribuem, como: (1) eliminação de erros em documentos (ex.: fatura e nota fiscal), evitando nova impressão ou contestação do cliente, com consequente atraso nos pagamentos, (2) migração automática de dados para a fatura e nota fiscal, mais rápida que por processos manuais, além de liberar os empregados para outras atividades e (3) agilidade para resolver problemas, como por exemplo a emissão da segunda via de documentos.

A pesquisa do autor traz ainda a informação de que a NACHA (*National Automated Clearing House Association*) estima em quatro dias, a redução

¹ EDI - *Electronic Data Interchange*: É a troca de documentos comerciais em forma digital entre empresas, seja pela internet ou por outra rede de comunicação. É um sistema menos acessível, em termos de custo, que o EIPP, sendo portanto mais utilizado por empresas de grande porte.

²EIPP - *Electronic Invoice Presentment and Payment*: é um sistema, onde ordens de compra, faturas e outros documentos financeiros são enviados a fornecedores ou clientes eletronicamente, via Internet.

possível do tempo total entre o envio da fatura e a efetuação do pagamento, a partir do ano seguinte à implantação de um sistema EIPP.

Samanez (2007) afirma que apesar de o ROI ter a vantagem da simplicidade, por aplicar conceitos contábeis, não é um método apropriado para medir a renda econômica e a criação de valor, geradas por uma alternativa de investimento em longo prazo, porque não atualiza os fluxos de caixa futuros. Para isto, outros métodos devem ser utilizados como: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), *payback* descontado (PB) e outros.

Independentemente do método utilizado, o propósito é comparar fluxos de caixa futuros, medindo suas consequências monetárias em um ponto comum no tempo, considerando a atualização dos investimentos ou financiamentos. Cada fluxo de caixa é sempre ajustado por um desconto, que são fatores cuja magnitude refletem o custo do capital empregado.

Os fatores de desconto são dados na forma $(1 + K)^{-t}$, onde **K** é o custo do capital e **t** é o ano em que o fluxo de caixa está sendo considerado, o qual é contado sequencialmente a partir do ano em que ocorre o investimento ($t = 0$). Assim, para um custo de capital de 15% a.a., por exemplo, o fator de desconto para o quinto ano do projeto será dado por: $(1,15)^{-5}$.

Observando-se a definição do fator de desconto, fica evidente que o seu valor diminuirá a cada ano. Desta forma, a cada ano, o valor presente do fluxo de caixa é reduzido ou, raciocinando de forma inversa, quanto menor o tempo para a geração do fluxo de caixa, maior será o seu valor presente. Isto significa que se houver alguma antecipação de fluxos de caixa, de modo que sejam gerados antes do tempo previsto, o retorno do investimento será maior.

2.2.

Aspectos legais e normativos aplicáveis à medição para faturamento de derivados de petróleo

O conhecimento dos requisitos legais e metrológicos, aplicáveis aos processos de medição para faturamento, bem como das tecnologias de medição disponíveis, suas indicações e limitações, é fundamental para orientar o processo global de entrega de produtos, sob vários aspectos, como os citados a seguir:

- Projeto de infraestrutura logística – envolve decisões quanto à construção de tanques de armazenamento para produtos acabados, tipo e

detalhamento dos sistemas de medição e equipamentos empregados, pontos de medição e de transferência de responsabilidade do produto, sistemas de alinhamento e segregação de dutos, etc.

- Operação de entrega – envolve o controle e confiabilidade metrológica da quantidade de produto entregue ao cliente.
- Infraestrutura de manutenção – envolve a garantia de rastreabilidade metrológica das calibrações dos instrumentos de medição e do controle de seu desempenho, para que operem com a qualidade metrológica mínima exigida pela legislação e pelos contratos.
- Comercialização – envolve a orientação de cláusulas contratuais para o fornecimento de produtos, de modo a garantir a qualidade das medições e os limites máximos admissíveis de diferenças de medição entre fornecedor e cliente, para balizar eventuais discussões e acertos comerciais.

As próximas seções apresentam o resultado de uma pesquisa documental, envolvendo aspectos legais e normativos da medição para faturamento de produtos, por modal dutoviário, conforme o escopo da pesquisa, descrito em 1.2. Os aspectos legais se referem a Regulamentos e Portarias governamentais, bem como contratos de fornecimento, cuja observância garante a conformidade legal das operações. Uma operação legalmente conforme, evita autuações e reduz o risco de reclamações do cliente sobre as quantidades faturadas. Os aspectos normativos remetem, portanto, à garantia da qualidade metrológica das medições, o que reflete diretamente na redução de riscos financeiros para o fornecedor e para o cliente.

2.2.1. A Metrologia Legal

O processo de quantificação para faturamento de petróleo, seus derivados, gás natural e biocombustíveis, é regulamentado pela ANP e pelo Inmetro. A ANP determina as referências de temperatura e pressão para vendas em volume, bem como o procedimento de conversão de volume e densidade dos produtos para estas referências. O Inmetro, por sua vez, regulamenta e controla os

aspectos metrológicos, envolvendo procedimentos, equipamentos e sistemas de medição. Toda a regulamentação é baixada por estes órgãos, por meio de Resoluções e Portarias, as quais são também publicadas no Diário Oficial da União (D.O.U.), iniciando a sua vigência a partir da data desta publicação.

A regulamentação e controle exercidos pela ANP e pelo Inmetro, nas operações de venda de produtos, visam atender às premissas básicas da Metrologia Legal, sendo esta uma atribuição exclusiva do Inmetro.

Segundo Inmetro (2014), a Metrologia Legal é a parte da metrologia relacionada às atividades resultantes de exigências obrigatórias, referentes às medições, unidades de medida, instrumentos e métodos de medição, visando à proteção do consumidor. A sua finalidade é a garantia de exatidão de instrumentos de medição, com base em ensaios imparciais, com fins de credibilidade, nos campos: econômico, de saúde, de segurança e do meio ambiente.

As exigências e métodos de controle exercidos pela Metrologia Legal, aplicadas ao comércio de derivados no Brasil, serão abordados nas próximas seções, com base na prática corrente da indústria do petróleo e em documentos oficiais dos órgãos regulamentadores.

2.2.1.1.

Conceitos fundamentais em metrologia

Os principais conceitos, extraídos de Inmetro (2012a), para a avaliação da qualidade metrológica e conformidade legal de equipamentos e sistemas de medição são:

- Exatidão de medição – “Grau de concordância entre um valor medido e um valor verdadeiro dum mensurando”.

Não representa uma grandeza e não se atribui à exatidão um valor numérico, sendo um conceito apenas qualitativo. Assim, uma medição pode ser mais exata ou menos exata. “Uma medição é dita mais exata quando fornece um erro de medição menor”.

- Erro de medição – “Diferença entre o valor medido de uma grandeza e um valor de referência”.

O valor de referência, também conhecido como valor verdadeiro, pode ser um padrão de medição. O erro de medição possui valor numérico e

pode definir o grau de exatidão da medição, ou seja, se ela é mais ou menos exata. Erros de medição sistemáticos, ou seja, que seguem uma tendência, podem ser corrigidos por dispositivos ou fatores de correção.

- Precisão ou fidelidade de medição – “Grau de concordância entre indicações ou valores medidos, obtidos por medições repetidas, no mesmo objeto ou em objetos similares, sob condições especificadas. Nota 1: A precisão de medição é geralmente expressa numericamente por características como o desvio-padrão, a variância ou o coeficiente de variação, sob condições especificadas de medição”.

Esta dispersão está relacionada a erros aleatórios, que não seguem uma tendência e, portanto, não podem ser corrigidos.

- Incerteza de medição – “Parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a um mensurando, com base nas informações utilizadas”.

Por exemplo, uma medição de comprimento que resulte em 10cm, com uma incerteza de 1mm, representa um valor verdadeiro que se encontra na faixa entre 9,9cm e 10,1cm. Em uma linguagem simples, a incerteza mensura a dúvida sobre o valor medido e está relacionada à precisão, por ser oriunda da dispersão dos erros aleatórios encontrados nas diversas medições realizadas no mesmo mensurando.

- Calibração – “Operação que estabelece, sob condições especificadas, numa primeira etapa, uma relação entre os valores e as incertezas de medição fornecidos por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas; numa segunda etapa, utiliza esta informação para estabelecer uma relação visando à obtenção dum resultado de medição a partir duma indicação. Nota 3: Frequentemente, apenas a primeira etapa na definição acima é entendida como sendo calibração”.

Os resultados mais úteis, sob o ponto de vista prático, obtidos através da calibração de um instrumento, empregado em qualquer processo de medição, são: o erro de medição do instrumento e a incerteza à associada a este erro.

- Padrão de medição – “Realização da definição duma dada grandeza, com um valor determinado e uma incerteza de medição associada,

utilizada como referência. Exemplo 1 Padrão de medição de massa de 1 kg com uma incerteza-padrão associada de 3 μg ".

São utilizados nas calibrações como referência para determinar o erro de medição do equipamento sob calibração. A incerteza do padrão de medição é incorporada no processo de calibração, combinando-se com a incerteza obtida na própria calibração, de modo que a incerteza resultante, atribuída ao erro encontrado para o equipamento calibrado, será maior que a do padrão.

- Rastreabilidade metrológica – “Propriedade dum resultado de medição pela qual tal resultado pode ser relacionado a uma referência através duma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição. Nota 7: O ILAC³ considera que os elementos necessários para confirmar a rastreabilidade metrológica são uma cadeia de rastreabilidade ininterrupta a um padrão internacional ou a um padrão nacional, uma incerteza de medição documentada, um procedimento de medição documentado, uma competência técnica reconhecida, a rastreabilidade metrológica ao SI e intervalos entre calibrações (ver ILAC P-10:2002⁴)”.

Cada padrão de medição deve ser calibrado por outro padrão com incerteza menor e assim, sucessivamente, até que a referência seja um padrão nacional ou internacional. Os erros encontrados em cada calibração, nesta cadeia, podem ser corrigidos, porém o mesmo não é possível para as incertezas, de modo que a incerteza de cada padrão contribui para o padrão seguinte na cadeia.

2.2.1.2.

Conversões de volume e densidade

A maioria dos derivados líquidos é comercializada em unidades de volume (litros ou metros cúbicos). Alguns produtos como óleos combustíveis, nafta e gases liquefeitos são comercializados em unidades de massa (quilograma ou tonelada). O volume de um líquido é variável com as condições de temperatura e pressão a que está submetido, porém a quantidade de matéria (massa) é

³International Laboratory Accreditation Cooperation (<http://www.ilac.org>): cooperação internacional de laboratórios e organismos de inspeção e acreditação, que atua com a finalidade auxiliar na remoção de barreiras técnicas ao comércio.

⁴ Versão atual: ILAC P10:01/2013 acessível em:
https://www.ilac.org/documents/ILAC_P10_01_2013.pdf

invariável em relação a estas condições. O valor de utilidade do derivado está na quantidade de energia que este disponibiliza e esta energia está atrelada à quantidade de moléculas de hidrocarbonetos disponíveis, ou seja, à sua massa medida. O custo do derivado, por sua vez, está atrelado ao seu volume medido (supondo que a venda seja realizada em base volumétrica). Sabe-se que o volume de um líquido aumenta com a temperatura e diminui com a pressão a que se encontra submetido. Assim, a princípio, o produto se tornaria mais caro, quanto maior a temperatura ou menor a pressão em que se encontre, no momento da sua quantificação, embora o seu valor de utilidade seja o mesmo em qualquer condição. Este fato poderia representar uma desvantagem para o consumidor, especialmente em países como o Brasil, cuja temperatura média é elevada, em relação à de outros países. Por esta razão, se torna necessário determinar uma temperatura de referência para a comercialização de derivados em base volumétrica, a qual foi estabelecida em 20°C, para o comércio interno de derivados no Brasil (CNP, 1970). Desta forma, os produtos vendidos em volume, no mercado interno nacional, devem ser quantificados em unidades de volume a 20°C, por meio de algum método de conversão volumétrica.

Inmetro (2003a), estabelece o termo “condições de base”, para as condições de temperatura e pressão adotadas como referência em um país, adotando como pressão de base, no Brasil, o valor de 101.325 Pa. Da mesma forma, são definidos neste documento outros dois termos: “condições de medição”, que se refere à temperatura e a pressão medidas diretamente no produto no processo de entrega e “fator de conversão”, que é dado pelo quociente do volume nas condições de base pelo volume nas condições de medição. A adoção do valor de 101.325 Pa, para a pressão de base, é um padrão internacional e corresponde à pressão atmosférica, ao nível do mar (API, 2007). Este valor de pressão é aplicável apenas para produtos não voláteis, ou seja, aqueles cuja pressão de equilíbrio ou pressão de vapor é inferior a uma atmosfera, nas temperaturas medidas durante a entrega do produto.

No caso de produtos voláteis, como por exemplo, os gases liquefeitos, que possuem pressão de equilíbrio maior que uma atmosfera, nas condições de medição do processo de entrega, a pressão de base corresponde à própria pressão de equilíbrio do produto na temperatura medida (API, 2007). Em resumo, as condições de base utilizadas oficialmente no Brasil são: 20°C, como temperatura base e 101.325 Pa ou a pressão de equilíbrio a 20°C do produto, como pressão base, dependendo da sua volatilidade.

A conversão das condições de medição para as condições de base é feita por meio de tabelas (ou algoritmos) de conversão, de fácil utilização, sendo por isso adequadas ao uso comercial. O procedimento consiste em encontrar na tabela um fator de conversão volumétrica a ser multiplicado pelo volume vendido, na temperatura medida. Este fator é obtido, entrando-se com o valor da temperatura medida no tanque e da densidade do produto a 20°C. A densidade do produto a 20°C, por sua vez, é determinada por amostra, em laboratório, pelas tabelas de conversão de densidade, entrando-se com os valores de densidade e temperatura medidas na amostra. Assim, dois tipos de tabela são normalmente utilizados, um para conversão volumétrica e outro para a conversão de densidades, ambas para a base 20°C (CNP, 1970).

As tabelas de conversão volumétrica e de densidades para 20°C, adotadas no país e aplicáveis ao petróleo, seus derivados líquidos e biocombustíveis, são oficializadas por meio de Resoluções do extinto Conselho Nacional do Petróleo (CNP) e da ANP. O Quadro 5 mostra as tabelas e algoritmos oficialmente adotados, por tipos de produtos. Todas se referem à conversão apenas para a temperatura de base (20°C), sem considerar a pressão.

As tabelas mais recentes não são editadas de forma impressa, mas sim como algoritmos computacionais, que podem tanto realizar conversões pontuais, quanto gerar tabelas impressas, em faixas de temperatura e densidade desejadas.

A ANP estabelece também os algoritmos de conversão, aplicáveis no país, para a pressão de base, os quais não são editados em forma de tabelas e procedem de documentos do “manual de padrões para a medição de petróleo” (MPMS) do Instituto Americano de Petróleo (API), conforme o Quadro 6.

Quadro 5 – Tabelas oficiais de conversão devido à temperatura do produto

Produto	Tabela ou algoritmo	Fonte
Petróleo	Tabelas ISO 91-2/91 ⁵	ANP (2013)
Derivados: combustíveis, aromáticos, líquido de gás natural (LGN), nafta, etc. (exclui gases liquefeitos de petróleo)	Tabela I - Correção ⁶ da densidade observada para densidade a 20°C Tabela II - Correção de volume para 20°C	CNP (1970)
Gases Liquefeitos de petróleo: GLP, propeno, propano, etc.	Tabela 3 - Fatores de Correção Volumétrica para 20°C Tabela 5 - Correção da densidade observada a um a determinada temperatura para a temperatura de referência a 20°C.	CNP (1963) ⁷
Etanol anidro ou hidratado	Algoritmo para a conversão de volume e densidades, definido pelas normas brasileiras NBR-5992 ou NBR-15639.	ANP (2011); ABNT (2008a); ABNT (2008b)
Biodiesel	Mesmas tabelas utilizadas para petróleo e derivados (CNP, 1970). Especificadas nos editais de leilão público de biodiesel da ANP.	ANP (2014)

Fonte: Autor, 2014

Quadro 6 – Algoritmos oficiais de conversão devido à pressão do produto

Produto	Fonte
Petróleo e derivados: combustíveis, aromáticos, líquido de gás natural (LGN), nafta, etc. (exclui gases liquefeitos de petróleo)	ANP (2013); API (1984)
Gases Liquefeitos de petróleo: GLP, propeno, propano, etc.	ANP (2013); API (1986); API (1994)
Etanol anidro ou hidratado	Não existe algoritmo oficial
Biodiesel	Não existe algoritmo oficial

Fonte: Autor, 2014

⁵ Petroleum measurement tables – Part 2: Tables based on a reference temperature of 20 degrees C. Geneva, 1991.

⁶ O termo “correção” foi posteriormente substituído por “conversão”, conforme Inmetro (2003a), porém ainda é empregado em alguma literatura e em alguns países.

⁷ A Resolução CNP nº 1 de 28 de maio de 1963, foi revogada pela Portaria ANP nº 27/2014, publicada no D.O.U. de 9 de maio de 2014, porém continua sendo aplicada aos contratos de venda de GLP, no comércio interno, até que haja nova disposição da ANP.

Os fatores de conversão têm sido representados normalmente por três termos, utilizados principalmente pelo API e que vem sendo utilizados cada vez mais no Brasil: VCF, CTL, CPL e CTPL (API, 2007).

O termo mais antigo é o VCF (*volume correction factor*), utilizado no passado, apenas para a conversão devido à temperatura, visto que os produtos não eram pressurizados. Quando um produto é pressurizado, o termo VCF indica a conversão devido à temperatura à pressão, simultaneamente, porém às vezes o termo é empregado equivocadamente, apenas em relação à conversão por temperatura, mesmo quando o produto está pressurizado. Os termos mais utilizados atualmente para fatores de conversão são: (1) CTL: para a conversão devido à temperatura, (2) CPL: para a conversão devido à pressão e (3) CTPL: representa o produto do CTL pelo CPL, portanto, é usado para a conversão devido à temperatura e pressão, simultaneamente (corresponde ao VCF).

Assim, podem-se definir as seguintes expressões para as conversões volumétricas e de densidade, conforme API (2007), adaptado:

$$V_b = V_m \times CTPL \quad (\text{eq. 3})$$

$$D_b = \frac{D_m}{CTPL} \quad (\text{eq. 4})$$

A equação 3, fornece o cálculo do volume nas condições de base V_b , em função do volume nas condições de medição V_m . A equação 4, fornece o cálculo da densidade nas condições de base D_b , em função da densidade nas condições de medição D_m . Ambas as equações fornecem as conversões completas, tanto pela temperatura quanto pela pressão, por utilizarem o CTPL.

Na literatura internacional, especialmente em API (2007), é comum se utilizar a massa específica, em vez da densidade, porém isso não afeta os cálculos de conversões, desde que haja coerência com o contexto da norma ou tabela. Neste trabalho, foi adotado o uso de densidades, por ser o parâmetro utilizado nas tabelas de petróleo e derivados aplicadas no Brasil (CNP, 1970). Neste contexto utiliza-se a densidade D20/4, que é obtida pela razão entre a massa específica do produto, a 20°C e a massa específica da água destilada, a 4°C. A densidade D20/4 corresponde numericamente à massa específica dada em g/cm³.

2.2.1.3.

Quantificação e medição de produtos para venda por dutos

A quantificação de produtos é um processo que pode ser realizado de duas formas distintas, dependendo da natureza dos produtos: por contagem ou por medição. Produtos comercializados em unidades, ou caixas, como refrigerantes, enlatados, e outros, são quantificados por contagem. Já produtos como grânéis líquidos, grânéis sólidos e energia, não podem ser contados, devendo, portanto, ser medidos. É o caso do petróleo e seus derivados, os quais devem ser quantificados por meio de medidores ou sistemas de medição.

Inmetro (2003a) especifica quatro tipos de medição de petróleo e derivados, quanto aos fins econômicos:

- Medição fiscal – medição do volume de produção fiscalizada, efetuada num ponto de medição da produção a que se refere o inciso IV do art. 3º do Decreto nº 2705, de 03/08/1998.
- Medição para apropriação – medição a ser utilizada para determinar os volumes de produção a serem apropriados a cada campo em um conjunto de campos com medição compartilhada ou a cada poço em um mesmo campo.
- Medição operacional – medição para controle da produção que inclui medições de petróleo e gás natural para consumo como combustível ou para qualquer outra utilização dentro do campo.
- Transferência de custódia – a transferência legal e/ou comercial de um bem físico entre operadoras.

Pelas definições acima, a medição de derivados para venda às companhias distribuidoras ou indústrias petroquímicas, se encontra na categoria de transferência de custódia.

Inmetro (2003a) estabelece, para a medição de produtos em uma transferência de custódia, que deve existir um ponto de transferência, no qual o líquido é definido como entregue (ou recebido). Este ponto de transferência deve estar localizado a jusante do medidor, da unidade de entrega, e a montante do medidor (se existir), da unidade de recebimento, conforme mostra a Figura 6.

Os contratos de venda estabelecem que este ponto é onde ocorre a transferência de propriedade e riscos de degradação do produto do fornecedor para o cliente, ficando entre as partes a decisão de sua localização, que pode ser mais próxima do fornecedor ou do cliente. Como exemplo, caso o ponto seja definido no limite de bateria (saída) das instalações do fornecedor, todo o inventário de produto no duto, entre este ponto e a válvula de entrada das instalações do cliente, passa a ser de propriedade e responsabilidade do cliente.

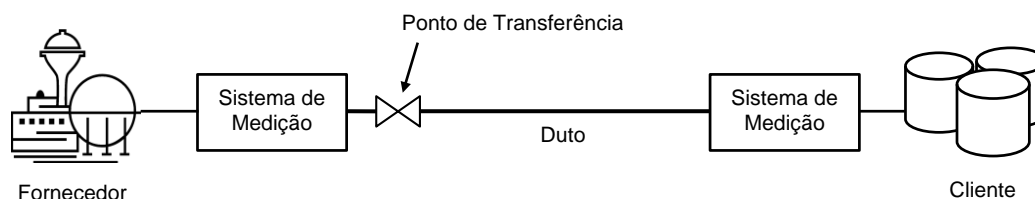


Figura 6 – Ponto de transferência de custódia em duto

Fonte: Autor, 2014

Garland (2008) define três métodos de medição, aplicáveis à quantificação de derivados:

- Medição estática – é realizada através da medição em tanques ou por pesagem (em caso de quantificação mássica), sendo que a medição em tanques pode ser manual ou remota (automática).
- Medição dinâmica – é realizada através de medidores, como: deslocamento positivo, turbinas, ultrassônicos e coriolis (medição mássica).
- Medição de qualidade – refere-se à tomada de amostras representativas do produto, de temperatura e densidade para realizar diversos testes, como por exemplo, a quantidade de água e sedimentos (BSW) agregados. O teste de BSW geralmente é feito apenas com o petróleo, visto que produtos refinados não possuem normalmente água agregada. A medição de qualidade representa, na prática, uma etapa da quantificação de produtos pelos métodos de medição estática ou dinâmica.

As seções seguintes descrevem com mais detalhes os métodos de quantificação por medição estática e dinâmica. Não é o objetivo desta pesquisa

descrever minuciosamente os processos de medição, mas apenas fornecer subsídios para a avaliação dos ganhos e limitações que cada método pode apresentar, em termos de eficiência do serviço ao cliente, no contexto em que for aplicado. Estes ganhos estão relacionados a custos, qualidade metrológica, agilidade da entrega do produto e outros valores desejados pelos clientes da cadeia de suprimentos de derivados.

2.2.2.

Quantificação de produtos por medição estática

O método básico de quantificação de derivados líquidos para venda é a medição em tanques, pois estes equipamentos existem para armazenar os produtos, de modo que normalmente (exceto em poucas situações específicas) já estão disponíveis nas instalações do fornecedor e do cliente. Neste tipo de quantificação, o produto está contido e sem movimento, razão pela qual se denomina este tipo de medição como “estática”.

Conforme mencionado em 2.2.1, a quantificação de derivados líquidos para venda, deve ser realizada nas condições de base. Nos tanques atmosféricos, ou seja, não pressurizados, estas condições são obtidas apenas realizando-se a conversão do volume medido para volume a 20°C, visto que o produto já se encontra na pressão de base (uma atmosfera). A quantificação de um determinado volume em um tanque atmosférico, nas condições de base, não pode ser obtida por apenas um tipo de medição, mas pela interação de ao menos três medições básicas: volume do produto medido no tanque, densidade média do produto a 20°C e temperatura média do produto no tanque.

No caso de gases liquefeitos de petróleo, normalmente armazenados em tanques esféricos ou cilíndricos horizontais pressurizados, é necessário também quantificar a fase vapor contida no tanque, que se estabelece acima do nível da fase líquida do produto. Visto que estes produtos são quantificados em massa, torna-se necessário quantificar a massa da fase vapor, para que seja somada à massa apurada para a fase líquida. Para isto é feita a medição da pressão manométrica no interior do tanque. Esta medição se dá pela simples inserção de um manômetro ou transmissor eletrônico de pressão em uma região no costado do tanque em contato com a fase vapor, em geral, no topo do tanque.

Como ocorre com os tanques atmosféricos, os produtos voláteis armazenados em tanques pressurizados também se encontram na pressão de base, que neste caso, é a sua pressão de equilíbrio na temperatura medida. Isto

se dá pelo fato de existir uma fase vapor no interior do tanque. Assim, é necessária apenas a conversão do volume apurado, na fase líquida, para a temperatura de base (20°C).

A confiabilidade da medição das grandezas físicas necessárias à quantificação no tanque depende da estabilidade do líquido, a partir de um período de repouso.

Para que as quantificações tenham a qualidade metrológica necessária para garantir o correto faturamento do produto, bem como a conformidade legal, cada etapa de medição deve ser realizada em conformidade com a regulamentação e as normas aplicáveis, como descrito nas próximas seções.

2.2.2.1.

Medição de volume

A medição do volume de um produto armazenado no interior de um tanque é um procedimento que consiste em duas etapas. Primeiramente é necessário medir o nível ou altura do líquido, com o uso de uma trena de profundidade (para tanques atmosféricos), graduada em milímetros, a partir de um ponto de referência no fundo do tanque, denominado nível zero, o qual é fisicamente implementado por um dispositivo chamado “mesa de medição”. Em uma segunda etapa, o volume é determinado a partir de uma tabela volumétrica específica para o tanque utilizado, denominada tabela ou certificado de arqueação. A tabela de arqueação fornece o volume no tanque em relação ao nível medido, geralmente em litros por centímetro.

Em geral, utilizam-se trenas de 20.000mm, com um peso tensor, também denominado prumo, em sua extremidade, sendo que o prumo também é graduado.

A medição do nível deve ser realizada conforme INPM (1967a), desde que a pressão no interior do tanque não exceda o valor de 220 g/cm².

O certificado de arqueação do tanque, também informa o valor da altura de referência, porém esta deve ser acompanhada periodicamente, com a trena, para verificar se sofreu alguma alteração com o tempo.

A medição de nível também pode ser realizada por meio de medidores automáticos de nível, denominados ATGs (*automatic tank gauge*) do tipo radar ou servo-operados. Os radares em geral, medem o espaço vazio, necessitando assim de serem configurados com a altura de referência, o que não ocorre com os medidores servo-operados, que medem o nível do produto pelo

deslocamento, a partir de um nível de produto anterior, usado como referência. Os medidores automáticos devem ser configurados, validados e, após estas etapas, verificados periodicamente contra trena certificada, conforme API (2001a). No caso de tanques pressurizados, normalmente utilizados para armazenagem de gases liquefeitos de petróleo, como GLP, propano, propeno e outros hidrocarbonetos com alta pressão de equilíbrio, a medição de nível não é realizada por trenas, mas sim de duas outras maneiras, dependendo do tipo de tanque. Se o tanque for do tipo cilíndrico horizontal, utilizam-se varetas graduadas, se for tanque esférico, utiliza-se o ATG.

A medição do volume do produto está sujeita a uma série de erros e incertezas, relacionadas tanto à medição de nível quanto à tabela de arqueação e altura de referência. Os ATGs podem apresentar medições com diferença de até 4mm, em comparação com a indicação de uma trena, em transferências de custódia, considerando as incertezas da trena, do ATG e das deformações no tanque (API, 2001a).

As tabelas de arqueação também introduzem incertezas à medição de volume, porém Inmetro (2012b) estabelece as incertezas máximas que as tabelas de arqueação podem apresentar, dependendo do tipo de tanque, aplicada aos valores compreendidos entre o limite inferior e o limite superior da capacidade tabelada, constante na tabela volumétrica. As incertezas máximas admissíveis devido à tabela de arqueação, em relação ao volume indicado, para os tipos de tanques mencionados, são: 0,2%, para tanques cilíndricos verticais, 0,3%, para tanques cilíndricos horizontais e 0,5%, para tanques esféricos. Estas incertezas se referem a arqueações realizadas por métodos geométricos, ou seja, com base na geometria do tanque, que é normalmente o caso dos tanques utilizados em transferências de produtos por modal dutoviário.

2.2.2.2.

Medição de temperatura

A medição da temperatura média do produto no tanque é necessária para a determinação do fator de conversão do volume a 20°C. Esta medição pode ser realizada com termômetros de líquido em vidro (TLV), ou com dispositivos eletrônicos, como sensores de platina ou termopares.

Inmetro (2003b) especifica os tipos de TLVs que devem ser utilizados para a medição, relacionando-os aos tipos de produtos para o qual se aplicam, bem como suas faixas de medição e os valores de uma divisão na escala.

O procedimento de apuração da temperatura média do produto, por meio de TLVs, é definido em INPM (1967b), especialmente quanto ao número mínimo de tomadas de temperatura e o tempo mínimo de imersão para cada tomada. O Quadro 7 mostra o número mínimo de tomadas, onde se pode observar que este número depende da altura do produto a ser medido, podendo ser uma, duas ou três tomadas. O tempo mínimo de imersão é de cinco minutos para produtos não aquecidos e quinze minutos para produtos aquecidos.

Quadro 7 – Número mínimo de tomadas de temperatura

Altura do produto	Número° mínimo de tomadas de temperatura	Valor de uma divisão
Maior que 5m	3	a) 1m abaixo da superfície. b) a meia altura da massa líquida. c) 1m acima do fundo
De 3m a 5m (*)	2	a) 1m abaixo da superfície. b) 1m acima do fundo
Menor que 3m	1	a) a meia altura da massa líquida

Fonte: INPM, 1967b

* Caso a diferença entre a maior e a menor temperatura exceda 1,5°C, deverá ser aplicada a mesma regra para alturas maiores que cinco metros.

A medição de temperatura com sensores eletrônicos pode ser automatizada com o uso de um ATT (*automatic tank temperature*), normalmente agregado a um ATG. Neste caso, utilizam-se sensores de platina, que são termoresistências conhecidas como RTDs (*resistance temperature detector*). Os RTDs podem ser posicionados no costado do tanque, em uma ou mais alturas (geralmente até três) ou dispostos em uma fita que pode conter maior quantidade deles, a qual é inserida verticalmente no tanque, possibilitando a medição de temperatura em diversas alturas, melhorando assim a determinação da temperatura média. Os procedimentos relacionados à medição automática de temperatura estão minuciosamente descritos em API (2001b).

2.2.2.3.

Medição de densidade

A medição de densidade do produto contido em um tanque é realizada em laboratório e deve ser feita nas condições de base. Para isto, deve ser obtida

uma amostra representativa de todo o conteúdo do tanque, através de um procedimento de amostragem.

ABNT (2002) descreve diversos procedimentos de amostragem, dentre os quais os mais utilizados na indústria do petróleo, para tanques atmosféricos (pressão inferior a 101,3 kPa) são:

- Amostragem de ponto ou de nível – o amostrador é aberto em um determinado nível de produto. Normalmente as amostras são feitas em até três níveis (topo, meio e fundo)
- Amostragem corrida ou de todos os níveis – o amostrador vai sendo cheio à medida que se desloca verticalmente ao longo do produto, recebendo uma amostra contínua.
- Amostragem de torneira ou de costado – são amostras de nível a partir de torneiras instaladas no costado do tanque.

ASTM (2011)⁸ trata da amostragem de gases liquefeitos de petróleo, que são armazenados em tanques pressurizados (pressões acima de 101,3 kPa). Para conter as amostras, é necessário utilizar um cilindro de alta pressão e de aço inoxidável ou outro material resistente à corrosão. O amostrador deve possuir um conjunto de válvulas para que a amostragem seja realizada com segurança. Para que as amostras sejam representativas, devem ser consideradas as seguintes diretivas: (1) obter somente amostras da fase líquida; (2) Se o produto consiste em apenas um tipo de gás liquefeito, a amostra pode ser realizada em qualquer parte do tanque; (3) Se o produto consistir de um só tipo ou de uma mistura de gases liquefeitos, mas se houver uma operação de circulação no interior do tanque, que produza a homogeneização do produto, a amostra pode ser realizada em qualquer parte do tanque.

As amostras obtidas são analisadas em laboratório para a determinação da densidade por diversos tipos de instrumentos, dependendo do produto. Para os produtos líquidos à pressão atmosférica, podem-se utilizar instrumentos como densímetro de vidro ou densímetro eletrônico. Para produtos liquefeitos, em pressão superior à atmosférica (101,325 kPa), outros instrumentos são utilizados na medição de densidade, como termodensímetro e cromatógrafo gasoso

⁸ A norma técnica brasileira NBR 6572:1984 - Amostragem de gases liquefeitos de petróleo foi cancelada pela ABNT, sem substituição, em 2012.

2.2.2.4.

Determinação da quantidade de produto entregue

A quantidade do produto entregue é a diferença entre a quantidade existente no tanque antes da transferência do produto e a quantidade remanescente após o término da transferência. Estas quantidades são calculadas a partir das quantificações dos volumes a 20°C inicial e final, respectivamente, conforme representado na Figura 7, de modo que são necessárias duas quantificações volumétricas a 20°C, para se calcular a quantidade entregue.

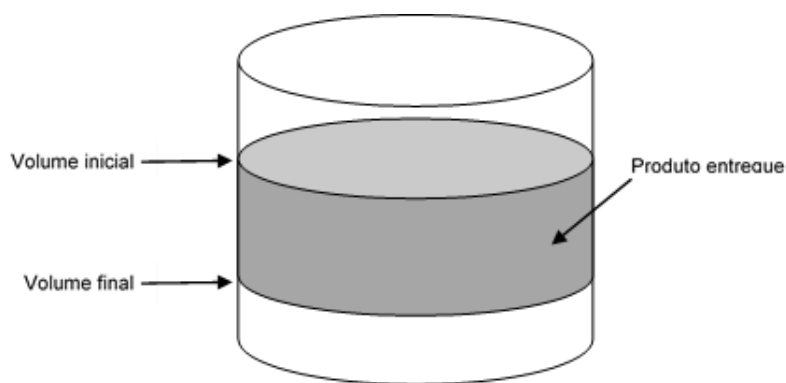


Figura 7 – Quantidade do produto entregue

Fonte: Autor, 2014

Para se efetuar uma quantificação volumétrica a 20°C de um produto armazenado em tanque atmosférico, é necessário: (1) obter em campo uma amostra representativa do produto, bem como as medições de temperatura e nível; (2) aplicar a tabela volumétrica do certificado de arqueação do tanque e as tabelas de conversão de volume e densidade, descritas no Quadro 5, conforme o produto.

A Figura 8 mostra, como exemplo, o esquema de quantificação volumétrica de derivados de petróleo, cujos procedimentos de conversão volumétrica e medição foram descritos nas seções anteriores.

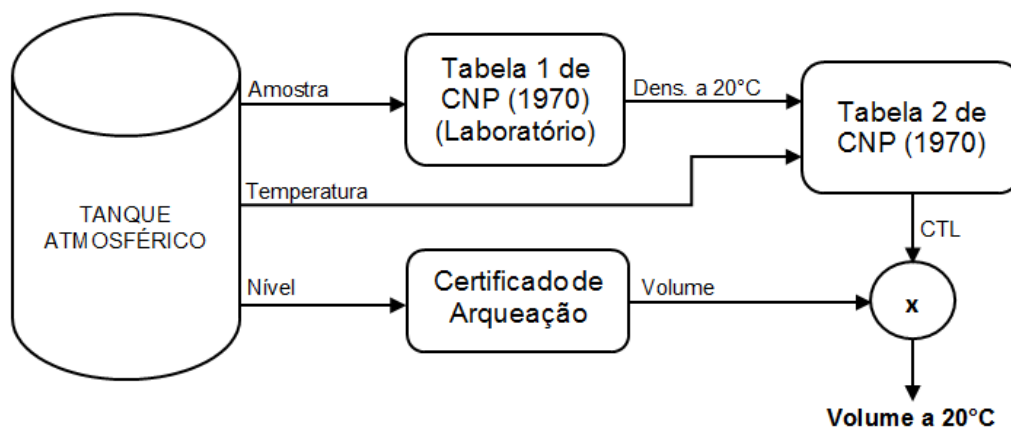


Figura 8 – Quantificação volumétrica de derivados em tanque atmosférico

Fonte: Autor, 2014

Para se obter a quantificação mássica, no mesmo exemplo, com derivados em tanques atmosféricos, basta multiplicar o volume apurado a 20°C, pela densidade a 20°C, também apurada no mesmo processo, conforme visto no esquema de quantificação da Figura 9.

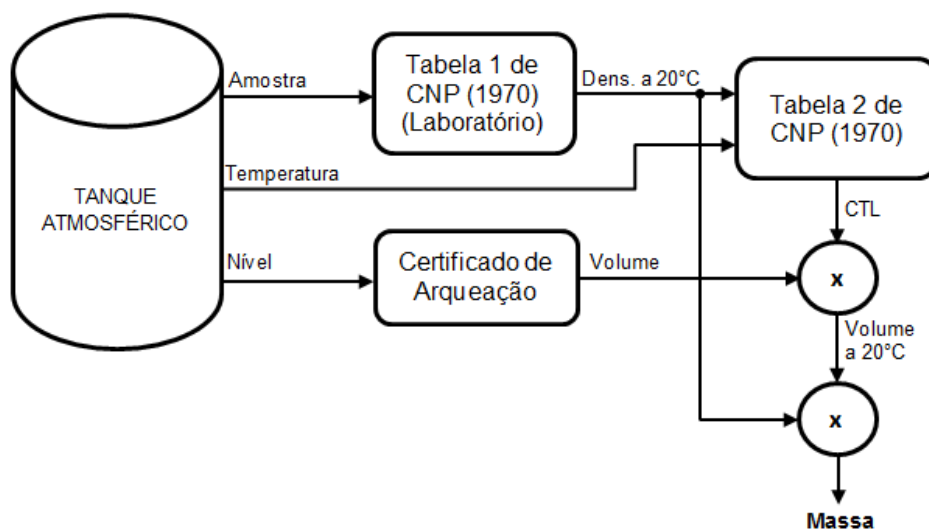


Figura 9 - Quantificação mássica de derivados em tanque atmosférico

Fonte: Autor, 2014

Para a quantificação mássica em tanques pressurizados, no caso de produtos voláteis como o GLP, são incluídos dois passos adicionais em relação à quantificação volumétrica a 20°C: (1) conversão do volume a 20°C da fase líquida para massa e (2) acréscimo da massa da fase vapor, obtida pela medição de volume e pressão manométrica desta fase, com a aplicação da tabela 4, contida em CNP (1963).

O volume da fase vapor é obtido subtraindo-se o volume apurado com o nível do líquido da capacidade total do tanque, que é definida em seu certificado de arqueação. A tabela 4 de CNP (1963) fornece a densidade do vapor em função de sua pressão manométrica e da densidade a 20°C da fase líquida. A massa de vapor é dada pelo produto da densidade do vapor pelo seu volume.

A quantificação mássica se dá pela soma da massa da fase líquida com a massa da fase vapor, sendo a massa da fase líquida obtida através do produto do volume da fase líquida a 20°C pela densidade da fase líquida a 20°C.

A Figura 10 mostra o esquema de quantificação mássica de gases liquefeitos, onde se pode notar que a apuração do volume a 20°C e da massa da fase líquida utiliza o mesmo procedimento aplicado a produtos em tanques atmosféricos, diferindo-se apenas pelas tabelas empregadas.

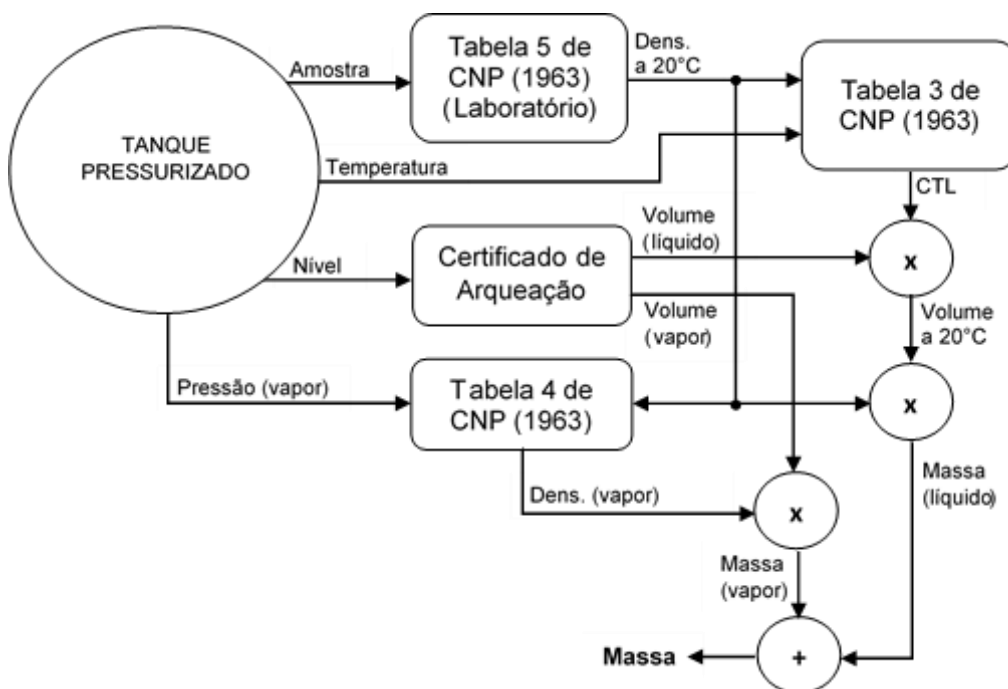


Figura 10 – Quantificação mássica em tanque pressurizado

Fonte: Autor, 2014

2.2.3.

Quantificação de produtos por medição dinâmica

A medição dinâmica, ou medição em linha, se caracteriza pelo uso de medidores de vazão instalados no duto em que é feita a transferência de produto, do fornecedor para o cliente, ou seja, em um ponto onde o produto está em movimento. A quantificação, também denominada neste caso, “totalização”,

se dá pela integração da vazão medida, no tempo da transferência. A totalização é sempre feita de forma automática, por dispositivos acoplados ao medidor, sejam contadores mecânicos ou totalizadores eletrônicos, sendo os últimos, os que são empregados efetivamente em operações de venda.

A medição dinâmica efetuada com fins de transferência de custódia, inclusive em operações de venda, envolvendo o petróleo, seus derivados líquidos e biocombustíveis é regulamentada por Inmetro (2003a), que será a referência para todo o conteúdo desta seção, salvo onde for citada alguma outra referência.

É comum na indústria do petróleo o uso de sistemas de medição, em vez de simples medidores. Estes sistemas, denominados estações de medição (EMEDs), são utilizados devido à necessidade de incorporar algumas características à medição dinâmica, que permitam obter a qualidade metrológica exigida pela regulamentação, bem como a capacidade de quantificar o produto nas condições de base.

De forma semelhante à medição estática, na medição dinâmica é realizada primeiramente a apuração do volume nas condições de medição. Este volume é então convertido para as condições de base, sendo que neste caso é necessário também efetuar a conversão para a pressão de base, pois o produto está sendo bombeado e, portanto, encontra-se pressurizado no duto.

Esta seção descreve, de forma sucinta, as etapas da quantificação dinâmica através de uma EMED, bem como suas partes componentes e respectivas funções, conforme as exigências de Inmetro (2003a). Antes, porém, das etapas de quantificação e para melhor compreensão das mesmas, será apresentado o computador de vazão, que é o dispositivo central da medição dinâmica e que realiza, dentre outras funções, os principais cálculos de quantificação. Por fim será apresentado também o sistema de prova do medidor, que é incorporado ao sistema de medição para a garantia da exatidão e rastreabilidade metrológica das medições.

A proposta nesta seção é descrever o processo de quantificação em si e sua conformidade legal, a fim de permitir a exploração de suas limitações e benefícios, em termos logísticos, razão pela qual não serão explorados, de forma muito detalhada, os componentes e os aspectos físicos dos sistemas de medição.

2.2.3.1. O Computador de vazão

Inmetro (2003a) estabelece que os sistemas de medição dinâmica devem incorporar um dispositivo calculador e indicador das quantidades medidas. O dispositivo calculador e indicador aplicado atualmente de forma muito abrangente nas medições dinâmicas em transferência de custódia é o computador de vazão.

Além das funções básicas de cálculo e indicação das quantidades medidas, o computador de vazão também atende a outros requisitos da regulamentação, como: aquisição de sinais, armazenagem de dados em memória, comunicação de dados, impressão, e outros.

Segundo ABNT (2011), o computador de vazão é o elemento processador de um sistema de medição dinâmica que, em geral, agrega as seguintes funções:

- Cálculos – (1) vazão, a partir frequência de pulsos recebida do medidor, (2) quantificação do produto entregue a partir da totalização dos pulsos gerados durante toda a transferência (3) correção do erro de medição, apurado a partir da calibração do medidor e (4) conversões de quantidades medidas para as condições de base.
- Aquisição – leitura dos transmissores eletrônicos acoplados aos sensores de temperatura, pressão, densidade e outros, que estejam inseridos na linha de medição e sejam utilizados na quantificação.
- Armazenagem – capacidade de reter em memória eletrônica ou auxiliar, as leituras realizadas nos transmissores eletrônicos, quantidades parciais calculadas, totalizações de diversas transferências e outros dados.
- Comunicação de dados – permite ao computador de vazão se comunicar, de forma segura, com dispositivos periféricos (ex.: impressoras) ou com sistemas supervisórios.
- Operação – permite automatizar algumas operações pertinentes à transferência de produtos, como: (1) predeterminação da quantidade a ser entregue e (2) retorno dos totalizadores ao zero.

- Automação (controle) – se refere à capacidade de realizar alguns controles de processo, relacionados ao sistema de medição, como o controle de válvulas e do sistema de prova do medidor.

O computador de vazão é um dispositivo dedicado às funções a que se destina. Por ser uma máquina fiscal, deve garantir a integridade dos dados de quantificação para faturamento, tanto na armazenagem quanto na sua transmissão. Segundo API (2000), os computadores de vazão devem ter seus algoritmos de cálculo, relacionados à transferência de custódia, protegidos de edição e separados de qualquer outra função. Os parâmetros de configuração podem ser editáveis, porém com recursos de rastreabilidade e protegidos por registros de auditoria (ABNT, 2011).

2.2.3.2.

Quantificação de volume nas condições de medição

A quantificação do volume medido, em uma transferência, é baseada em uma medição de vazão volumétrica realizada por um medidor (GARLAND, 2008). Um medidor é um instrumento destinado a medir continuamente, calcular e indicar o volume do líquido que passa pelo transdutor de medição, sob as condições de medição. Na maioria das vezes, a indicação e cálculo do volume são realizados por um dispositivo externo ao medidor. Nestes casos, o medidor se comunica através de sinais elétricos com o dispositivo, em geral em forma de pulsos com frequências proporcionais à vazão volumétrica do produto que atravessa o medidor. Assim, cada pulso representa uma certa quantidade, em volume. O dispositivo indicador e calculador, normalmente um computador de vazão, recebe os pulsos e os totaliza até o término da transferência, podendo assim indicar o volume total entregue. Os tipos de medidores mais utilizados em operações de venda em volume e suas principais características estão descritos a seguir:

- Turbina – este é o tipo de medidor mais empregado na medição de petróleo, derivados claros e gases liquefeitos. Realiza efetivamente a medição da velocidade do fluido, gerando uma frequência de pulsos proporcionais à vazão volumétrica. Esta vazão é totalizada durante o

tempo da transferência por meio de um computador de vazão, para a obtenção do volume total entregue.

- Deslocamento positivo – é um tipo de medidor com melhor desempenho para derivados escuros e produtos viscosos. Realiza a medição direta de volume podendo assim ser utilizado com um totalizador mecânico a ele acoplado, eliminando a necessidade de um dispositivo externo. Porém esta prática não é comum devido ao nível de exatidão exigido nas medições e a necessidade de conversão da medição para as condições de base, que só pode ser realizado satisfatoriamente por um computador de vazão. Para serem conectados ao computador de vazão, estes medidores são dotados de transdutores de pulsos para que operem de forma semelhante às turbinas.

Como visto em 2.2.2, a confiabilidade da medição estática está atrelada também ao tempo de repouso necessário ao produto no tanque. Este aspecto não é importante para a medição dinâmica, que é influenciada apenas pelas condições operacionais da linha e dinâmica do fluxo. Para que sejam evitados problemas envolvendo as condições de linha e de fluxo, é necessária a utilização de dispositivos adicionais. Os principais dispositivos adicionais e suas respectivas funções são descritos a seguir.

- Retificador de escoamento – é um feixe de tubos de diâmetro igual ao do medidor, montado no duto imediatamente a montante deste, utilizado para impedir, tanto quanto possível, uma eventual rotação do líquido e para estabilizar o escoamento na entrada do medidor. Este dispositivo só é necessário para medidores que sofrem interferência significativa do perfil de fluxo, como é o caso das turbinas.
- Des aerador – é um dispositivo instalado a montante do medidor para a redução do risco de mistura de bolsões de ar ou gás com o líquido que está passando no medidor. A passagem de gases ou vapores afeta significativamente a medição.
- Vaso condensador – é um tanque fechado, instalado a montante do medidor, usado para coletar os gases contidos no líquido a ser mensurado e condensá-los antes da medição, nos sistemas de medição

de gás liquefeito pressurizado. Sua função é semelhante e reduz os mesmos tipos de riscos à medição que o desaerador.

- Filtro – é um dispositivo instalado a montante do medidor, com o objetivo de reter partículas e objetos que possam danificar os equipamentos e o medidor, bem como interferir na medição.
- Válvula de controle – é uma válvula automática, instalada a jusante do medidor, que realiza o controle da pressão e da vazão na linha de medição, de acordo com valores pré-estabelecidos. O controle de vazão é para que a medição ocorra em condições estáveis, melhorando a sua qualidade. O controle de pressão é necessário para garantir que o produto no medidor permaneça no estado líquido durante a medição. Neste caso a pressão deve ser ajustada em um valor superior à pressão de vapor do produto, nas temperaturas típicas em que ele se encontra, durante a transferência.

A tecnologia empregada nos medidores de vazão, o uso dos dispositivos adicionais e a totalização realizada com o computador de vazão, conferem uma medição de volume de alto desempenho metrológico. Porém, a aplicação destes dispositivos, permite apenas a quantificação do volume nas condições de medição, ou seja na temperatura e pressão do produto no interior do duto, durante a transferência.

2.2.3.3.

Quantificação de volume nas condições de base

Na medição dinâmica, a conversão do volume quantificado nas condições de medição, para as condições de base, é realizada de forma automática pelo computador de vazão. Isto é possível, porque o computador de vazão possui os algoritmos para determinação dos fatores de conversão volumétrica e de densidades, armazenados em seu sistema. No Brasil, os computadores de vazão devem ser dotados dos algoritmos constantes do Quadro 5, para a determinação do CTL e do Quadro 6, para a determinação do CPL. Assim, quando se configura um determinado tipo de produto, no computador de vazão, os respectivos algoritmos para o cálculo de CTL e CPL são automaticamente selecionados.

Também é necessário, para o cálculo dos fatores de conversão, que o computador de vazão receba continuamente as leituras de temperatura, pressão e densidade do líquido que está sendo medido. Isto é obtido através de sensores e transmissores eletrônicos, inseridos na linha de medição e conectados ao computador de vazão. A Figura 11 mostra uma representação do trecho reto de medição onde aparecem: o medidor, após o retificador de escoamento, o transdutor de pulsos (FT), os transmissores de pressão (PT), temperatura (TT) e densidade (DT), bem como suas conexões ao computador de vazão (FQI). Não estão representados na Figura 11, outros dispositivos adicionais, como: filtro, condensador, desaerador, os quais são instalados a montante do retificador de escoamento, bem como a válvula de controle, que é posicionada a jusante dos transmissores.

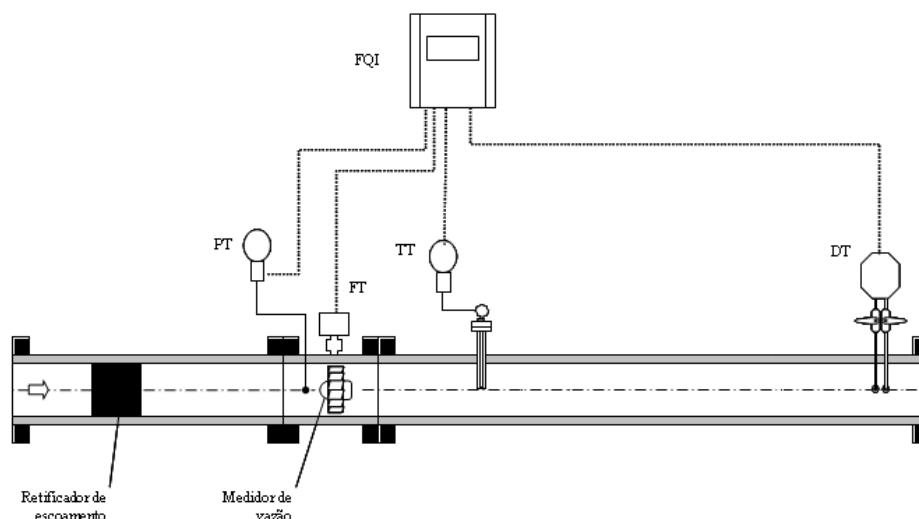


Figura 11 – Trecho reto de medição com medidor e transmissores
Fonte: ABNT, 2011 (adaptado).

O transmissor de densidade (DT), também conhecido como densímetro de linha, não é imprescindível na prática, quando o produto é quantificado em volume. Neste caso é comum efetuar a inserção direta, no computador de vazão, do valor de densidade certificada no tanque expedidor, como é feito para a medição estática. Isto porque a certificação da densidade em laboratório é um requisito de qualidade para a venda de produtos, portanto é confiável e não representa um trabalho ou custo adicional. Outra razão, é que na quantificação em volume, realizada por medidores volumétricos, a influência da densidade é indireta, através dos fatores de conversão. Já na quantificação mássica, com uso de medidores volumétricos, a densidade afeta diretamente a quantificação, sendo assim necessária uma apuração mais exata desta grandeza. O mesmo

ocorre quando se quantifica volume com uso de um medidor mássico onde, outra vez, a densidade exerce uma influência direta na medição.

2.2.3.4. Quantificação mássica

A quantificação mássica é indicada para produtos comercializados em massa, mas pode também ser aplicada a produtos que devam ser quantificados em volume, desde que seja utilizado um transmissor de densidade para a conversão de massa para volume.

A quantificação pode ser em base mássica direta, utilizando um medidor de vazão mássica, ou em base volumétrica, com uso de um transmissor de densidade para a conversão de volume para massa. Atualmente, no comércio interno brasileiro, é mais comum a quantificação mássica em base volumétrica com o uso de turbinas, para nafta e gases liquefeitos e medidores de deslocamento positivo, para produtos escuros.

O medidor mássico, quando utilizado é o tipo coriolis, que gera pulsos em uma frequência proporcional à vazão mássica do produto. Este medidor, frequentemente já incorpora um transmissor de densidade, para proporcionar uma eventual saída de vazão volumétrica, a partir de uma conversão interna de massa para volume.

Além dos requisitos metrológicos de Inmetro (2003a), os medidores de líquido em base mássica possuem uma regulamentação específica e mais detalhada em Inmetro (1997). Quanto a detalhes de instalação, calibração e operação, API (2002) deve ser consultado.

2.2.3.5. Sistema de prova do medidor e calibração de instrumentos

Para garantir a exatidão do sistema de medição, é necessário que o medidor e todos os instrumentos associados à quantificação, como os transmissores eletrônicos e o computador de vazão, sejam periodicamente calibrados com padrões de calibração rastreáveis.

Os instrumentos eletrônicos são calibrados em bancada, porém o densímetro de linha e o medidor devem ser calibrados em plena operação, nas condições de processo, pois o seu comportamento muda com as características do produto e do fluxo. Isto significa que uma calibração realizada em bancada

pode não representar o verdadeiro desempenho destes dois instrumentos, quando estão operando no duto.

Para realizar a calibração ou prova do medidor em plena operação, utiliza-se um padrão volumétrico inserido na linha de medição, como sendo parte dela, entre o medidor e a saída do produto. Com este processo, é possível provar o medidor sem interromper a transferência de venda, o que é muito conveniente, em especial, nas vendas diárias contínuas.

O padrão volumétrico mais utilizado para a prova do medidor é o provador fechado, que consiste em um trecho de duto com volume calibrado e com rastreabilidade metrológica. Existem diversos tipos de provadores, que são escolhidos de acordo com a vazão de entrega. Quanto maior a vazão, maior deverá ser o volume do provador, que pode variar de algumas dezenas a milhares de litros. Existem diversos documentos normativos no capítulo 4 do “manual de padrões para a medição de petróleo” (MPMS) do Instituto Americano de Petróleo (API), sobre os tipos de provadores utilizados e suas especificações, incluindo informações sobre operação, manutenção e projeto destes padrões volumétricos.

O provador é alinhado com o medidor por meio de válvulas de alta estanqueidade, quando se deseja realizar a prova do medidor, sem interrupções no fluxo de venda. Uma ideia básica do sistema de medição, incluindo um sistema de prova, pode ser visto na Figura 12, onde estão representados: (1) a linha de medição contendo o filtro, medidor e transmissores eletrônicos (parte inferior, da direita para a esquerda), (2) três válvulas tipo *block and bleed* para alinhamento do provador (após os transmissores), (3) provador fechado em “U” e seus transmissores eletrônicos associados (fundo a direita) e (4) contador de pulsos emitidos pelo medidor durante a prova, que é uma função realizada pelo computador de vazão (fundo a esquerda).

A prova consiste em diversas comparações do volume padrão do provador com o volume expedido pelo medidor, denominadas corridas de calibração. Com base no erro detectado nas comparações, é determinado um fator de correção do medidor, conhecido como *meter factor* (MF) (PETROBRAS, 2012).

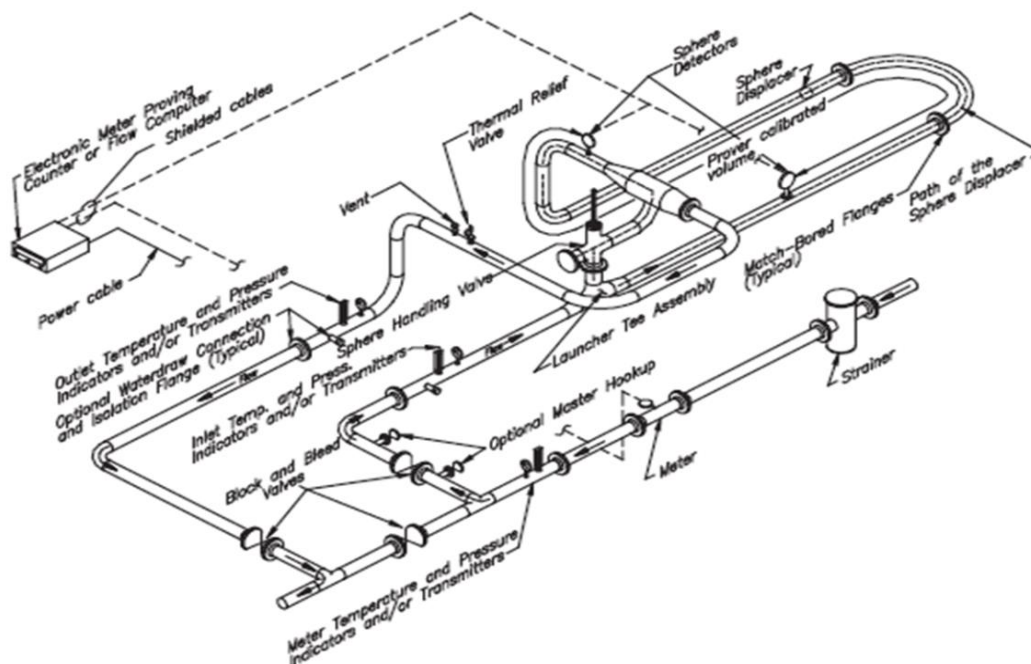


Figura 12 – Sistema de medição incluindo um sistema de prova

Fonte: American Petroleum Institute, 2003⁹

O computador de vazão comanda as operações físicas da prova, como alinhamento, início e fim da prova e calcula o valor do *meter factor*, emitindo um relatório de calibração com este valor e diversos outros dados. Dentre os dados informados, encontram-se: as variáveis de processo em cada corrida, número de pulsos enviados pelo medidor no tempo de prova, fatores de conversão (CTL e CPL) calculados para o líquido no medidor e no interior do provador, correções da expansão volumétrica do aço do provador devido à temperatura e pressão e outros.

A equipe de operação avalia os dados do relatório de calibração, antes de aceitar o *meter factor* determinado. Uma vez aceito, o *meter factor* não é aplicado imediatamente, mas inserido e controlado em uma carta de controle estatístico, que, aponta para um valor médio obtido por diversas provas, sendo este valor médio efetivamente aplicado para a correção do medidor. O *meter factor* médio é mantido até que o controle estatístico indique a sua alteração (PETROBRAS, 2012).

A prova de medidores mássicos, também pode utilizar padrões volumétricos, como provadores fechados, desde que seja realizada uma conversão do volume do provador para massa, através da instalação de um

⁹ Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 4 - Proving Systems Section 2 - Displacement Provers, 2003.

densímetro de linha associado ao provador, ou convertendo-se a massa medida pelo medidor em volume, como descrito em 2.2.3.4.

A prova do densímetro de linha é realizada de forma semelhante a do medidor, ou seja, utiliza-se um padrão volumétrico calibrado e rastreável, de pequeno volume (até um litro), onde se colhe uma amostra do produto o mais próximo possível do local onde o densímetro de linha está instalado. A massa da amostra é então pesada em balança de precisão, calibrada e rastreável. A partir da massa e do volume do padrão, ambos rastreáveis, pode-se obter a densidade da amostra, que é comparada com a densidade lida pelo densímetro de linha, para a determinação de um fator de correção de densidade, denominado *density meter factor (DMF)*. O procedimento se dá por pelo menos duas provas. Os detalhes operacionais do procedimento e os cálculos envolvidos estão padronizados em API (1991). O *density meter factor* não é controlado em cartas de controle estatístico, sendo imediatamente aplicado após determinado.

Os fatores de correção do medidor (MF) e de densidade (DMF), quando aprovados pela equipe de operação, são inseridos no computador de vazão, que realiza as respectivas correções de volume e densidade quando quantifica o volume entregue (PETROBRAS, 2012). Estas correções conferem ao sistema de medição dinâmica uma característica de erro praticamente nulo, como preconiza Inmetro (2003a). Apesar de o erro ser considerado nulo ou desprezível, existe uma incerteza na medição, ocasionada pela calibração dos instrumentos, dos padrões de calibração e dos fatores de correção de volume e densidade utilizados.

2.2.4.

Incertezas nas quantificações de produto entregue

Nas quantificações de produtos com fins de transferência de custódia e faturamento, todos os instrumentos de medição que influenciam no resultado final da quantificação, devem ser calibrados com padrões de calibração rastreáveis a padrões nacionais ou internacionais. As calibrações revelam os erros de medição dos instrumentos, em diversos pontos de sua escala, bem como as suas incertezas de medição.

O conhecimento dos erros de medição permite realizar correções no instrumento, seja através de um ajuste físico ou configuração eletrônica no próprio instrumento ou ainda por meio de recursos de software. Por exemplo, as trenas de profundidade, utilizadas na medição de nível de produto em tanques,

podem ter a sua indicação corrigida por meio de uma planilha eletrônica, a partir dos erros identificados na calibração, em cada ponto de sua escala, interpolando-se a correção para os pontos não testados na calibração. Já os medidores de vazão, são corrigidos automaticamente, por meio de um fator de correção (*meter factor*) inserido no computador de vazão, como visto em 2.2.3.5.

A incerteza de calibração do instrumento resulta, no mínimo, da combinação da incerteza herdada do padrão de calibração com a incerteza gerada no próprio processo de calibração. As incertezas de medição são inerentes aos processos de medir e não podem ser corrigidas, portanto, em sistemas de medição em que os erros dos instrumentos envolvidos são corrigidos ou se anulam de alguma forma, as incertezas representarão, em última análise, o desempenho metrológico do sistema.

Em termos conceituais mais intuitivos, as incertezas representam a “dúvida” sobre a medição realizada e são calculadas como números positivos na unidade da grandeza medida ou em percentual. Assim, como exemplo, uma medição de temperatura indicando 22°C, com o uso de um termômetro com incerteza de 0,1°C, pode apontar para uma temperatura real, na faixa de 21,9°C a 22,1°C.

Apesar de não ser possível a eliminação das incertezas, é necessário que elas possam ser estimadas, especialmente em processos críticos, pois elas revelam a faixa de valores dentro da qual o valor verdadeiro provavelmente está (ANDRADE et al., 2006).

2.2.4.1.

Incertezas na quantificação por medição estática

Existem diversos estudos para estimar valores ou faixas de valores de incerteza na quantificação de produto em um tanque de armazenamento expedidor. Os valores de incerteza obtidos nas estimativas dependem fortemente da quantidade de produto transferida, das incertezas associadas a cada instrumento de medição e das deformações físicas que o tanque apresenta, em função da massa de produto em seu interior.

Por exemplo, a incerteza será tanto menor, quanto maior for a quantidade de produto transferida (DO VAL; HIJJI, 2012); (BERTO, 1997); (COMSTOCK, 2014).

Independente do uso de instrumentação manual ou automática, para as medições de nível e temperatura, a precisão da medição do volume é limitada às

imperfeições do tanque e aos seus movimentos, devidos à temperatura e à massa de líquido que ele contém. Estes movimentos são imprevisíveis e não repetitivos (BERTO, 1997).

Berto (1997) e Comstock (2014) descrevem os principais movimentos que ocorrem nos tanques cilíndricos verticais e suas eventuais influências na medição de nível, como se segue:

- Dilatação ou expansão térmica – é o efeito da temperatura ambiente e da temperatura do produto no costado do tanque, expandindo (ou contraindo) a sua capacidade, afetando também o nível de produto medido. Este efeito afeta tanto o diâmetro quanto a altura do tanque e não é compensado pela tabela de arqueação volumétrica (BERTO, 1997). O resultado é uma medição de nível tanto menor que a real, quando maior for a expansão, independentemente do método de medição de nível utilizado.
- Movimento de costado – a pressão do líquido no interior do tanque tende a produzir nele uma forma de barril, o que altera o nível do produto. Este efeito, porém já é compensado nos cálculos da tabela de arqueação volumétrica do tanque (BERTO, 1997).
- Movimento da mesa de medição – Decorre do movimento do costado, quando a mesa se encontra apoiada nele. Quando o costado tende a assumir uma forma de barril, a mesa tende a aumentar o seu ângulo com a horizontal (subir), produzindo uma medição de nível menor que a real, no caso de medição manual direta.
- Movimento de fundo – ocorre quando o fundo do tanque cede à pressão do líquido contido. No momento em que o fundo cede, o nível de produto decresce, produzindo uma medição de nível menor que a real, independentemente do método de medição.
- Movimento da boca de medição – geralmente relacionado ao movimento do teto do tanque. Afeta a altura de referência do tanque e, conseqüentemente, as medições indiretas, inclusive as medições efetuadas com radares, que, na sua maioria, medem o espaço vazio para inferir o nível de líquido.

O Quadro 8 mostra alguns trabalhos que apresentam estimativas de incertezas na quantificação volumétrica de petróleo e derivados líquidos, em tanques cilíndricos verticais atmosféricos.

Quadro 8 – Incertezas estimadas na quantificação de produto entregue

Referência	Efeitos considerados	Incerteza estimada %
Do Val e Hijji (2012)	Medição automática de nível e temperatura, fatores de conversão, arqueação, pontos de medição, expansão térmica de chapa.	0,13 a 0,21
Faé e Marchesi (2004)	Medição manual de nível e temperatura, fatores de conversão, arqueação, pontos de medição, erros de leitura.	0,22 ¹⁰
Berto (1997)	Medição manual ou automática de nível e temperatura, arqueação, expansão térmica de chapa, movimento da mesa de medição e do ponto de referência de medição, movimento do fundo do tanque.	0,25 a 0,50
Comstock (2014)	Medição manual ou automática de nível e temperatura, arqueação, erros de leitura, expansão térmica de chapa, movimento da mesa de medição e do ponto de referência de medição, movimento do fundo do tanque, estratificação de temperatura.	0,30 a 0,50

Fonte: Autor, 2014

Todos os estudos assumem a premissa de que as práticas de medição estejam totalmente aderentes aos procedimentos estabelecidos em normas ou regulamentos, para fins de transferência de custódia.

Com exceção do estudo de Faé e Marchesi (2004), que apresenta apenas um único valor estimado de incerteza, os valores menores de incertezas apresentadas se referem a uma condição de maior quantidade de produto

¹⁰ Valor não explícito pelos autores, em sua pesquisa, porém calculado com a aplicação exata do método por eles descrito e com a utilização dos mesmos dados por eles utilizados, com aproximação para duas casas decimais.

transferido, enquanto os valores maiores foram estimados para pequenas quantidades transferidas.

A análise dos resultados dos trabalhos apresentados no Quadro 8, sugere que existe uma importante influência das incertezas relacionadas aos efeitos de movimentações da estrutura do tanque, na incerteza global da quantificação do produto entregue.

No caso de tanques pressurizados, esperam-se incertezas maiores devido ao acréscimo das incertezas de quantificação da fase vapor e o fato de serem admitidas incertezas maiores nas tabelas de arqueação para tanques esféricos e cilíndricos horizontais. A quantificação da fase vapor inclui as incertezas relacionadas à determinação da pressão da fase vapor, as trocas de vapor existentes entre os tanques que compõe o parque de tancagem e aos cálculos da densidade do vapor. As incertezas da arqueação poderão aumentar em até 0,10%, para o caso de tanques cilíndricos horizontais e até 0,40%, para o caso de tanques esféricos, conforme limites de incertezas definidos em Inmetro (2012b).

2.2.4.2.

Incertezas na quantificação por medição dinâmica

Existem diversas fontes de incertezas relacionadas à medição dinâmica, sendo as principais, as relacionadas à medição das variáveis do processo, como vazão, temperatura, pressão e densidade. Devido a natureza automática da medição, estas incertezas estão mais relacionadas à qualidade dos instrumentos, visto que não há leitura humana, exceto nos processos de calibração dos transmissores eletrônicos.

Inmetro (2003a) estabelece erros máximos admissíveis (EMAs) para todas as variáveis medidas que afetam a quantificação do produto entregue. Os valores considerados como “medidos” são aqueles indicados pelo dispositivo indicador, no caso o computador de vazão. Assim, a avaliação das medições deve ser feita em malhas, constituídas pelo conjunto sensor, transmissor eletrônico e computador de vazão, onde a incerteza de cada parte é combinada para a apuração da incerteza total da malha.

Para cada modal, condições de medição e produto medido, é atribuída uma classe de exatidão. Existem quatro classes definidas, porém, para o escopo deste trabalho, apenas duas classes de exatidão são aplicáveis:

- Classe 0.3 – petróleo, derivados líquidos de petróleo e biocombustíveis medidos em dutos, na temperatura de -10°C a 50°C. Exemplo: gasolina, diesel, etanol.
- Classe 1.0 – gases liquefeitos sob pressão, na temperatura de 10°C a 50°C. Exemplo: GLP, propano, butano.

A partir da definição das classes, podem ser definidos os EMAs para a medição de cada grandeza, conforme o Quadro 9. Os EMAs para a medição de pressão não dependem da classe de exatidão, mas dependem da pressão de operação da linha de venda.

Quadro 9 – Erros máximos admissíveis em medição dinâmica

Grandeza medida	Erro máximo admissível (EMA)	
Classe de exatidão	0.3	1.0
Temperatura	$\pm 0,3^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
Densidade	$\pm 0,001$	$\pm 0,002$
Pressão	± 50 kPa (pressão de linha inferior a 1 Mpa)	
	± 200 kPa (pressão de linha superior a 4 Mpa)	
	$\pm 5\%$ (pressão de linha entre 1 e 4 Mpa)	
Vazão	$\pm 0,3\%$	$\pm 1\%$

Fonte: Inmetro, 2003a (adaptado)

Embora Inmetro (2003a) refira-se a erros, entende-se que em um sistema de medição eletrônica todos os erros são corrigidos após serem identificados em uma calibração, como foi mencionado em 2.2.3.5, embora existam sempre erros residuais, normalmente desprezíveis. Assim, os valores de EMA devem representar o limite dos valores de incerteza estimados para as malhas de medição referentes a cada grandeza medida.

A avaliação de conformidade da vazão é a mais importante, pois a sua incerteza reflete de uma forma muito próxima a incerteza de quantificação do produto entregue, visto que a totalização é uma integração da vazão no tempo.

Estudos demonstram que as incertezas estimadas para a vazão, em um sistema de medição dinâmica podem ser, na prática, bem menores que o seu EMA específico.

Berto (1997) comenta que a medição dinâmica é o método mais acurado aplicável à transferência de custódia, em transações que envolvam dinheiro. Afirma que a maioria das instalações de medição dinâmica podem medir com incertezas de 0,1% e que as melhores podem atingir até 0,05%. O contexto neste caso é a medição de petróleo, cujo EMA de vazão é mais ou menos 0,3% (classe 0.3).

Scheffler (2011) realizou uma comparação entre as quantificações de GLP, realizadas simultaneamente por duas EMEDs interligadas em série. Foram realizadas 69 expedições de produto em um mês e calculadas as dispersões percentuais entre as quantidades apuradas por cada EMED. As diferenças percentuais foram expressas em um gráfico de dispersão, em função do número de expedições, como mostrado na Figura 13. As marcas de limite que aparecem em 0,10% e -0,30% foram utilizadas para um fim específico, a critério do autor, em seu trabalho.

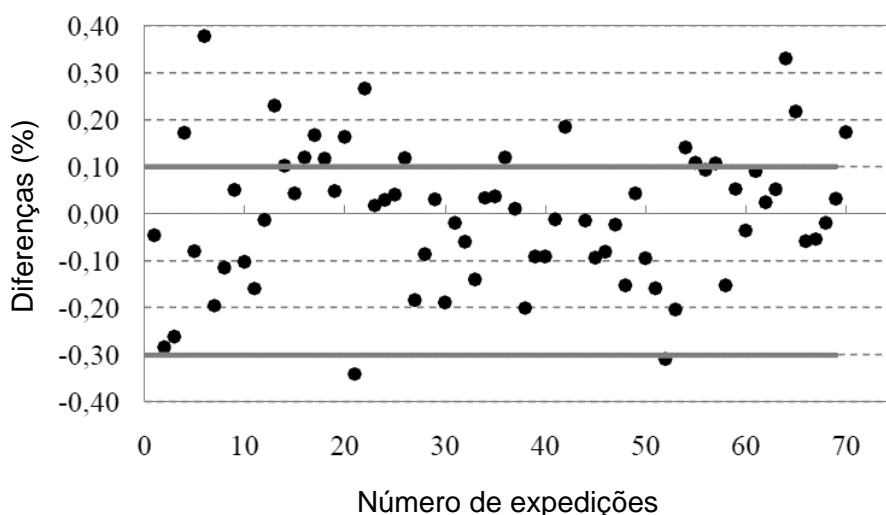


Figura 13 – Comparação de quantificação entre duas EMEDs
Fonte: Scheffler, 2011

Observa-se pela Figura 13 que em 65 expedições (94,2% do total de expedições), as dispersões se mantiveram em uma faixa de $\pm 0,3\%$, sendo que todas as dispersões foram inferiores a $\pm 0,4\%$. Estes valores de dispersão relacionam-se à combinação das dispersões das duas EMEDs, o que significa que a dispersão de cada uma, individualmente, é ainda menor.

Os testes mostraram, portanto, que também no caso de gases liquefeitos, encontra-se na prática valores de incerteza bem menores que o EMA especificado, que é de mais ou menos 1% (classe 1.0).

3

O investimento em EMEDs e o seu retorno em eficiência logística

A avaliação da viabilidade técnica e econômica para a inclusão de uma EMED, como sistema de medição dinâmica em uma linha de entrega de derivados líquidos, é uma atividade comum das áreas de planejamento logístico em empresas de petróleo, quando se busca a melhor medição de produtos com fins de faturamento. Nos dias atuais, tem sido cada vez mais frequente a aprovação de investimentos nestes sistemas de medição dinâmica, em transações comerciais, devido à credibilidade que eles imputam aos valores faturados, gerando certo conforto tanto para o fornecedor quanto para o cliente. Este é, sem dúvida, um aspecto relevante em um mercado que movimenta bilhões de reais por ano, onde erros de medição da ordem de décimos percentuais representam muito dinheiro para qualquer empresa. O que não é comum, porém, é a realização de avaliações de investimentos em EMEDs, como uma solução para a melhoria da eficiência logística no processo de entrega do produto, pois este tipo de benefício não é normalmente associado a um sistema de medição.

A avaliação do investimento em uma EMED, realizada apenas no escopo das funções organizacionais usualmente envolvidas no planejamento logístico (logística, finanças e marketing), ainda que conduzida de forma bem integrada entre estas funções, provavelmente não irá considerar os ganhos no serviço e os ganhos financeiros diretos e indiretos que uma EMED pode proporcionar, além do alto desempenho metrológico que disponibiliza.

Embora seja uma prática usualmente incorporada à função logística a busca contínua de soluções, em geral tecnológicas, que possam aumentar a eficiência dos processos, dificilmente uma EMED seria indicada para este fim. A razão disto é que os fornecedores de EMEDs não conhecem e, portanto, não divulgam qualquer ganho que vá além da qualidade da medição, que é o fim comercial normalmente atribuído a uma EMED, tanto por quem vende quanto por quem compra. Percebe-se assim, uma lacuna no processo decisório que só pode ser preenchida por uma ou mais funções técnicas da organização, que estejam envolvidas profundamente com regulamentação, normalização,

tecnologia e operação de sistemas de medição para faturamento. Estas funções técnicas, envolvidas com medição, são comuns em empresas da indústria de petróleo, no Brasil e no mundo, sejam refinarias, terminais ou bases de carregamento. A razão de existirem se deve à necessidade de controlar a quantificação para faturamento de produtos, bem como as faltas e sobras que se apresentam nas movimentações e apurações de inventários.

A partir do compartilhamento do conhecimento técnico envolvendo sistemas de medição como EMEDs, no caso em questão, por meio de uma integração das funções técnicas com as outras funções da organização que participam normalmente dos processos decisórios em investimentos logísticos, novas perspectivas de ganhos poderão ser vislumbradas, o que poderá eventualmente afetar a decisão de investimento.

A despeito desta possibilidade, a ampliação do espectro multifuncional, já existente em processos decisórios, com a inclusão de funções técnicas de medição, não procede de um conhecimento tácito em gestão destes processos e é improvável que seja desenvolvida espontaneamente dentro da organização. Além disso, as funções técnicas são tradicionalmente identificadas pelas outras funções como silos fechados, onde o conhecimento que dispõem é demasiadamente especializado e, portanto, aplicável apenas aos seus próprios processos. Em algumas situações podem ainda existir interesses antagônicos, como em casos onde o zelo pela conformidade técnica e legal, por exemplo, possa gerar algum tipo de dificuldade para que o cliente feche um acordo contratual ou implique em aumento de custos nos investimentos em sistemas de medição.

Quando ocorre uma integração coordenada entre as funções de logística, marketing e finanças, com funções técnicas, que lidam com tecnologias de medição de produtos, as novas possibilidades de aplicação das EMEDs podem surgir, num processo de síntese, a partir dos conhecimentos detidos por cada disciplina. Isto pode produzir mudanças nos projetos de estruturas logísticas de entrega, que são estruturas tradicionais de transporte, com novos resultados em serviços e custos.

A dialética coordenada entre as funções, com respeito à inclusão de uma EMED na estrutura de transporte, deve perscrutar os diferenciais que este sistema de medição apresenta, em relação aos sistemas de medição estáticos tradicionais, bem como as implicações destes diferenciais na criação de valor para o cliente e para a organização. Porém, deve preceder a esta análise,

considerações sobre custos e possíveis restrições de uso da EMED, na situação estudada.

3.1.

Análise multifuncional de investimentos em EMEDs

Na indústria de petróleo, e nas indústrias em geral, as decisões de investimentos em estruturas logísticas são tomadas com base em uma análise multifuncional, constituída pelas funções de logística, marketing e finanças. Estas funções trocam insumos entre si, conforme suas competências e conhecimentos, em um processo normal de composição de um projeto de estrutura logística eficiente, ou seja, capaz de oferecer o serviço adequado com custos racionalizados ou globalmente otimizados. O processo decisório depende ainda de três fatores externos a estas funções: a estratégia o mercado e o ambiente.

Novack et al. (1992) enumera alguns tipos de estratégias adotadas em organizações, como: minimização de custos, serviço ao cliente, diferenciação, maximização de valor agregado e outras. A estratégia afeta todas as decisões em uma organização, inclusive as de investimentos. A indústria de petróleo no Brasil incorpora ainda a missão de abastecer o país, o que representa, em algumas situações, um desafio adicional para o planejamento da estrutura logística, especialmente em operações pouco rentáveis.

O mercado pode afetar as decisões de investimento em projetos logísticos através de duas variáveis. Uma delas, avaliada pela função de marketing, é a demanda de compra, que implica diretamente nas entradas dos fluxos de caixa considerados para o projeto. Assim, em situações de baixa demanda onde o fornecimento é requerido pela estratégia de abastecimento do país, o projeto deverá ser o mais econômico possível. A outra variável se refere às oportunidades de investimentos financeiros alternativos ao investimento em logística, às quais podem alterar o custo de capital da organização e, consequentemente, o nível de investimento no projeto.

Tanto a estratégia quanto as variáveis de mercado são dependentes do ambiente em que as empresas fornecedoras e clientes estão inseridas. O ambiente está sujeito a sofrer variações no tempo, por exemplo, de ordem política ou econômica, portanto é necessário haver alguma flexibilidade para a definição do nível de investimento que deve ser assumido em determinada

ocasião. Esta flexibilidade está sensivelmente relacionada ao número de soluções logísticas possíveis e disponíveis para a composição de projetos.

3.1.1.

O papel das funções básicas na composição de projetos

A Figura 14 representa um possível esquema de relacionamento entre as funções organizacionais básicas e a influência dos fatores externos a elas, na composição de um projeto de estrutura logística.

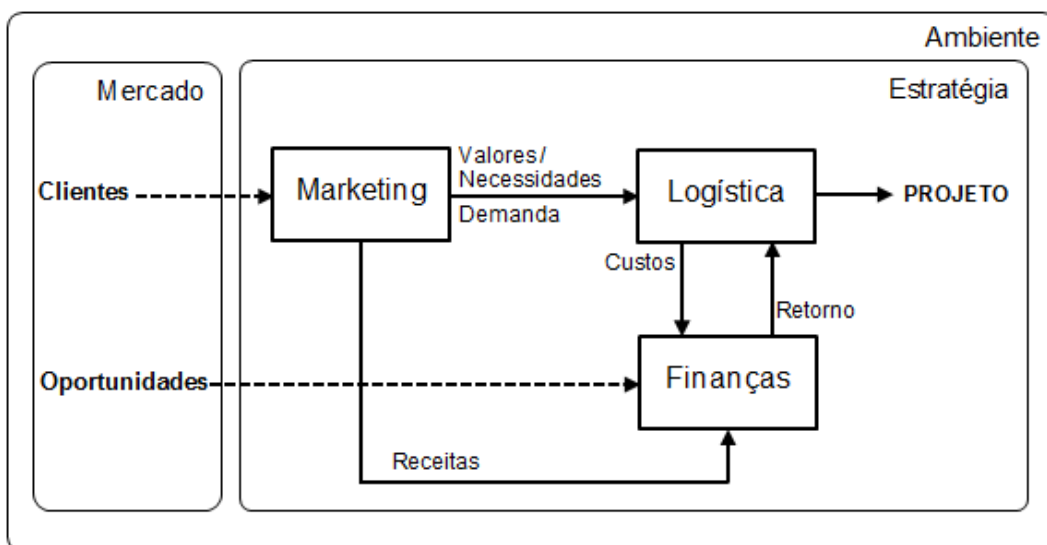


Figura 14 – Relacionamento das funções básicas e influências externas

Fonte: Autor, 2014

A função de logística normalmente é a gestora operacional do processo e é a função que efetua os estudos para a validação final dos projetos, tanto pelo aspecto técnico quanto pelo econômico, conforme as demandas de mercado e as diretrizes estratégicas da organização. A decisão final de implantação do projeto, porém, é da alta direção da organização, a partir da validação efetuada pela logística. Os projetos podem ser demandados por pelo menos quatro razões: (1) novos negócios: pode ser necessário, neste caso, o projeto de nova rede logística, envolvendo a construção de dutos e implantação de bases ou terminais; (2) mudanças em negócios já existentes: em geral requer adaptações para variações ou novas localizações de demandas de produto, podendo implicar em aumento de inventários em tanques ou mesmo em modificações na rede logística; (3) otimização dos processos: substituição de tecnologias, redução de inventários, redução de perdas, etc. (4) mudanças na estratégia:

melhoria no atendimento, redução de custos, competitividade, atendimento a novas diretrizes governamentais, etc.

Dentre as quatro fontes de demanda citadas, para um projeto logístico, a otimização de processos é uma demanda da própria logística, sendo esta, uma de suas atribuições. Não havendo mudanças no negócio ou na estratégia, que apontem a necessidade de melhorias no serviço, a otimização de processos consiste especificamente na melhoria do desempenho em custos logísticos, o que envolve todos os aspectos explorados em 2.1.2. A logística é a função que apura os custos do projeto, tornando-se assim responsável pelo suprimento desta informação de custos para a função de finanças, que a aplica nas análises de viabilidade econômica.

Quando um projeto logístico se torna necessário devido a um novo negócio ou a uma nova negociação, os insumos iniciais para o processo de composição do projeto partem da função de marketing, que os produz a partir do seu relacionamento com os clientes já adquiridos e das novas relações comerciais, resultantes da prospecção de mercado. Os insumos fornecidos à logística pelo marketing consistem basicamente dos valores que devem ser percebidos pelos clientes, suas necessidades e das previsões de demanda, incluindo sua sazonalidade e curva de crescimento. Cabe a estas duas funções, logística e marketing, definirem conjuntamente o horizonte de planejamento do projeto, considerando também para isso as diretrizes estratégicas da ocasião.

As dimensões do serviço às quais os clientes de derivados de petróleo mais atribuem valor, dentre as que foram abordadas em 2.1.1, são a disponibilidade de produto, a consistência do prazo de entrega, o tempo de ciclo do pedido e a confiabilidade da quantidade correta. A dimensão da confiabilidade da quantidade correta, no caso de graneis líquidos, está atrelada à qualidade da medição, razão pela qual se fazem investimentos em EMEDs. Em algumas situações, existe também uma relação entre o sistema de medição utilizado e a dimensão de tempo de ciclo do pedido.

Outro insumo produzido pela função de marketing, desta vez para a função de finanças, é a previsão de receitas que o cliente deve gerar para a organização a partir da implantação do projeto. Este dado é fundamental para compor os fluxos de caixa do projeto e depende das previsões de demanda e dos preços e condições de pagamento negociadas nos contratos de venda.

A função de finanças analisa a viabilidade econômica do projeto, com base nas previsões de custos e receitas (incluindo tributos) e no horizonte de planejamento, a partir de algum método de análise de curto ou longo prazo e de

uma taxa mínima de atratividade (TMA), definida com base nas oportunidades oferecidas pelo mercado. A análise econômica pode ser seguida de uma análise de financiamento do projeto, caso não haja recursos suficientes para a sua implementação. Em geral, a decisão de financiamento, a especificação do método de análise e a definição da TMA, são atribuições da alta direção.

O resultado da análise econômica é o retorno ao investimento realizado, o qual a função de finanças informa, como insumo para a logística reavaliar as opções de projeto, se for o caso. Devido à interação contínua entre a logística e finanças, até que se obtenha o projeto mais eficiente, a análise econômica, em algumas situações, é realizada pela própria logística, ao menos em suas fases preliminares.

3.1.2.

Agregando as funções técnicas de medição

As funções técnicas responsáveis pela medição de produtos em uma indústria de petróleo lidam continuamente com processos relacionados aos riscos mais críticos da organização, que são os riscos financeiros e os riscos de imagem. Uma parcela destes riscos refere-se a erros e incertezas de medição, os quais as funções técnicas têm a atribuição de controlar e estão associados a cada tipo de medição, conforme o Quadro 10.

Quadro 10 – Riscos financeiros e de imagem associados à medição

Tipo de medição	Riscos financeiros	Riscos de imagem
Fiscal, operacional e de apropriação da produção (petróleo / gás)	Pagamento excessivo de royalties; autuações devido a falhas nos processos de medição.	Comprometimento da credibilidade junto ao agente fiscal.
Transferência de custódia	Faturamento incorreto; pagamento excessivo de impostos e autuações, devido a diferenças físico/fiscais, nas movimentações entre unidades da organização.	Reclamações de clientes, em caso de faturamento a maior; credibilidade no faturamento.
Estoques	Pagamento excessivo de impostos e autuações, devido a diferenças físico/contábeis nos estoques de produtos.	Comprometimento da credibilidade junto ao agente fiscal.
Segurança de dutos	Perda de produto; multas e indenizações devido a vazamentos.	Exposição na mídia, no caso de vazamentos significativos.

Fonte: Autor, 2014

As reclamações de clientes, com relação às quantidades medidas e faturadas em uma transferência de venda, se devem ao fato do cliente também realizar algum tipo de medição rastreável do produto recebido, em geral estática.

As funções de medição que atuam nas transferências de custódia, no Brasil, estão distribuídas normalmente nas áreas mostradas a seguir:

- Transferência e estocagem (Operação) – é a área responsável pela transferência física e medição dos produtos vendidos e que realiza continuamente o acompanhamento dos sistemas de medição, sejam estáticos ou dinâmicos. Realiza a prova dos medidores e o acompanhamento estatístico de seus fatores de correção (*meter factors*). Acompanha o desempenho de todos os instrumentos de medição e aciona à área de instrumentação, quando existe alguma suspeita de falha ou inexactidão em algum instrumento eletrônico. É responsável pela quantidade efetivamente transferida e, geralmente, é a primeira instância a qual recorre o cliente, em caso de reclamação de quantidade.
- Instrumentação – é uma especialização, dentro da área de manutenção industrial, que realiza a manutenção preventiva e corretiva dos instrumentos de medição eletrônicos, o que inclui as calibrações programadas e eventuais, bem como os respectivos ajustes, quando necessários. Também configura e realiza manutenção nos sistemas de automação e de comunicação de dados, dos sistemas de medição eletrônicos. Detém conhecimento mais profundo das tecnologias dos instrumentos de medição e de suas propriedades, bem como de metrologia científica.
- Controle de movimentações e de perdas – é uma área especializada no acompanhamento e investigação de diferenças de medição nas movimentações e inventários de produtos. Realiza os acompanhamentos com base em limites de diferenças estatisticamente determinados e avalia reclamações de diferenças em operações de venda ou serviços de transporte e armazenagem. Quando necessário, realiza inspeções nas áreas de transferência, auditando procedimentos e equipamentos de medição. É a última instância para a análise de reclamações de quantidades, na organização, emitindo o parecer final que pode consistir de um ressarcimento ou faturamento complementar, dependendo de a

reclamação ser considerada procedente ou não. Detém profundo conhecimento em metrologia científica e legal, bem como participa da elaboração de cláusulas contratuais para os contratos de venda, referentes à medição, acompanhamento de diferenças de medição e reclamação de quantidades. Orienta as áreas de operação e instrumentação com relação à conformidade à regulamentação, aos contratos e às normas.

O projeto de construção e montagem dos sistemas de medição é de responsabilidade das áreas de engenharia, as quais possuem especificações técnicas padronizadas para cada tipo de sistema. Após a implantação, o sistema é entregue para a área de operação.

Os riscos financeiros e de imagem relacionados à medição leva as funções de medição a buscarem o máximo de especialização em metrologia, equipamentos e procedimentos, o que as potencializa para perceber as implicações logísticas e comerciais que cada tipo de sistema de medição pode trazer.

No âmbito da comercialização, as funções de medição recomendam cláusulas contratuais, que incluem: especificações dos sistemas de medição tanto do fornecedor quanto do cliente, limites percentuais de diferenças apuradas entre a medição do fornecedor e a do cliente, regras para o encaminhamento de reclamações e regras de análise e liberação de ressarcimentos ou cobranças complementares. Além dos insumos para os contratos, as funções de medição também fornecem o apoio técnico para o atendimento às cláusulas de medição, reclamação e ressarcimento, analisando tecnicamente e com imparcialidade, qualquer discussão sobre valores faturados e propondo uma solução objetiva para a demanda. Estes insumos, dados à função de marketing auxiliam muito no aprimoramento do relacionamento com o cliente, em uma área sensível como a do faturamento, especialmente pelo montante do dinheiro envolvido. Esta relação entre as funções de medição e de marketing é usual na indústria de petróleo no Brasil.

A relação entre as funções de medição e de logística, ainda não está bem estabelecida, no âmbito de composição de projetos de estruturas de entrega de produtos. A partir do estabelecimento desta relação, pode ser evidenciada a influência dos sistemas de medição no desempenho das entregas, a partir dos insumos fornecidos à função de logística, que são as novas possibilidades de

soluções, com base nas características de cada sistema e as restrições de uso de cada um, de acordo com as especificidades do projeto.

Com este tipo de interação das funções de medição com as demais funções, o esquema de relacionamento multifuncional para a composição de projetos, mostrado na Figura 14, passaria ser conforme a Figura 15.

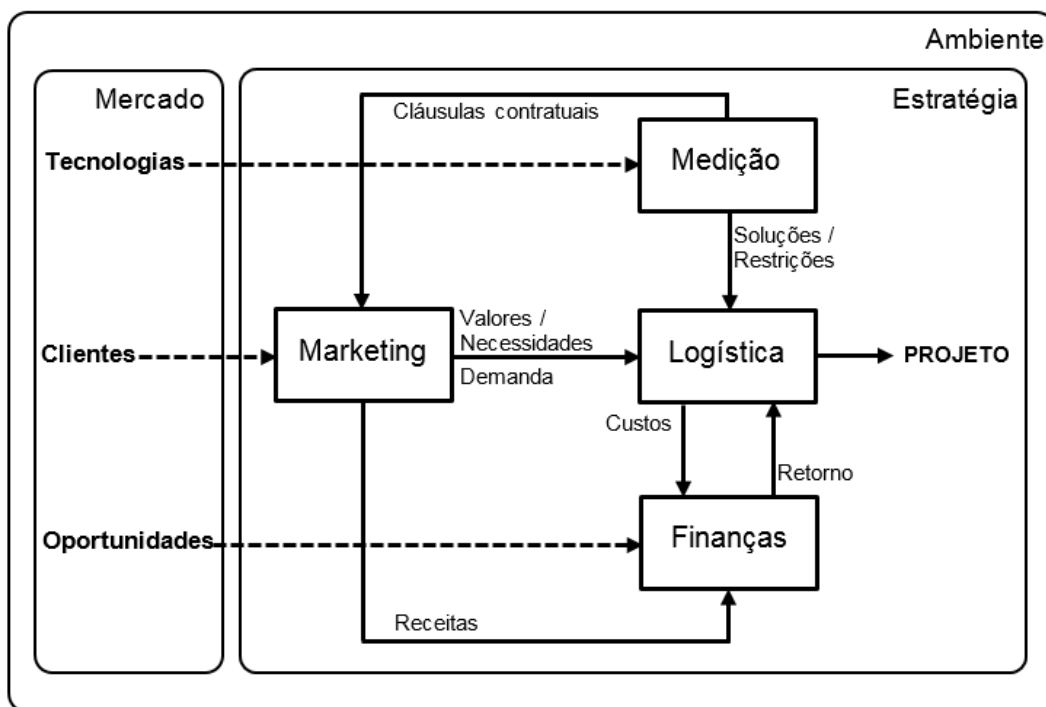


Figura 15 – Funções de medição agregadas na composição de projetos

Fonte: Autor, 2014

Pode-se perceber pela Figura 15, que as funções de medição também sofrem influências do mercado, neste caso, com relação às tecnologias disponíveis. A partir de uma relação mais próxima com o processo logístico, estas funções podem ter um novo olhar na especificação de equipamentos e instrumentos, visando a eficiência da entrega, além da qualidade metrológica. A influência da estratégia, para as funções de medição, está relacionada à medida do valor atribuído pela organização ao controle dos processos de medição e de apuração de diferenças de medição. Já o ambiente, este interfere por meio das instituições normativas e regulamentadoras da área de medição de petróleo e derivados. Alterações na legislação podem acarretar em mudanças nos contratos e no projeto de sistemas de medição. Estas mudanças devem ser devidamente desdobradas para as funções de marketing e logística, através das funções técnicas envolvidas com medição.

Com o esquema de relacionamentos proposto na Figura 15, para a composição dos projetos logísticos, passa a ser possível considerar todas as características que uma EMED agrega ao sistema de transporte dutoviário, que tenham relevância para a logística e que produzam ganhos em eficiência nas entregas de produtos.

3.2. Restrições de uso

Antes de se pensar em considerar uma EMED, em algum projeto, é necessário conhecer as restrições existentes para a sua implantação em uma determinada operação de venda dutoviária.

As restrições para uso de EMEDs estão relacionadas unicamente ao seu desempenho metrológico, ou seja, a conformidade e qualidade, tanto em exatidão quanto em incerteza, da quantificação de produtos que ela realiza em uma determinada operação de transferência de custódia, com fins de faturamento ou fiscais. Por esta premissa, o uso de uma EMED deverá ser vedado quando as características específicas da transferência, notadamente relacionadas às condições operacionais ou ao produto transferido, extrapolarem as especificações de operação de uma EMED viável.

Uma EMED viável é aquela que apresenta não apenas um custo realizável, mas também condições reais de operacionalidade e conformidade legal. Isto porque, dependendo das condições da transferência, a EMED poderá ter que assumir um porte físico inadequado, com o uso de diversos tramos de medição e provadores de volumes muito elevados, se tornando extremamente cara e complexa de operar. A complexidade da operação pode levar a resultados de baixo desempenho metrológico, o que seria uma contradição, visto que a finalidade inicial do uso da EMED é justamente o oposto.

Dentre as condições operacionais desfavoráveis à indicação de uma EMED, encontram-se: (1) vazões muito elevadas, muito baixas ou instáveis, (2) transferência de diversos produtos em sequência (polidutos) e (3) dutos com grandes diâmetros.

Com relação a produtos, as EMEDs podem apresentar baixo desempenho metrológico com produtos que possuam propriedades físico-químicas muito instáveis, especialmente em viscosidade.

Além das condições operacionais, existe uma restrição legal, denominada “quantidade mínima mensurável”. A quantidade mínima mensurável de um

sistema de medição é o menor volume do líquido para o qual a medição atende as características metrológicas estabelecidas nas exigências regulamentadas. A quantidade mínima mensurável de um sistema de medição não deve ser inferior à maior das quantidades mínima mensuráveis de cada um de seus elementos componentes (INMETRO, 2003a).

Portanto, deve ser verificada a quantidade de produto que será transferida para o cliente, em cada transferência, antes de se indicar o uso de uma EMED. Se a quantidade, em cada transferência, for muito pequena, é possível que não existam componentes no mercado que possam compor uma EMED viável.

Nas transferências de custódia, em operações de venda, as condições operacionais e os produtos costumam ser compatíveis com o uso de EMEDs, visto que: (1) não se transfere mais de um produto por vez, (2) os derivados de petróleo vendidos costumam ser muito estáveis em viscosidade, nas variações de temperatura usuais, (3) as vazões são mensuráveis e razoavelmente estáveis e (4) os dutos são dedicados e possuem diâmetros compatíveis com os medidores disponíveis no mercado. Assim, neste caso, o fator restritivo passa a ser quase que exclusivamente a quantidade que compõe cada transferência de produto, caso seja inferior à quantidade mínima mensurável de uma EMED viável para o sistema em questão.

3.3. Características relevantes para a logística

A medição dinâmica realizada por meio de EMEDs se caracteriza como um sistema completo de medição e não apenas um simples medidor de vazão instalado no duto, pois possui recursos adicionais para condicionamento do fluxo e sistema de prova contínua do medidor. Por ser um sistema eletrônico e computadorizado, a EMED opera de forma automatizada, com recursos de processamento em tempo real e comunicação de dados. Todas estas características possibilitam ainda, a implementação de mecanismos eficazes de diagnóstico do desempenho metrológico de todo o sistema de medição e de seus instrumentos componentes.

Estas características conferem às EMEDs não apenas um superior desempenho metrológico, comparado à medição estática, mas também maior versatilidade, pois permitem o deslocamento do ponto de medição para o duto, ou seja, para fora do tanque de armazenamento. Este diferencial, se corretamente explorado, pode ter importantes implicações na qualidade do

serviço de entrega de produtos. Da mesma forma, outros recursos exclusivos das EMEDs, podem implicar em ganhos financeiros, capazes inclusive de justificar o seu custo de implantação.

3.3.1. Alto desempenho metrológico

As EMEDs são concebidas para apresentarem um desempenho elevado, em termos de exatidão e precisão, especialmente em situações onde grandes quantidades de produto são movimentadas por ano, o que é uma característica das transações comerciais que utilizam modal de transporte dutoviário. Nestes casos, uma mínima redução em incertezas de medição, pode reduzir significativamente os riscos financeiros devido a erros de quantificação. Em 2.2.4, foram abordados alguns estudos sobre incertezas de quantificação estática e dinâmica, onde se pode perceber que a medição dinâmica tende, de fato, a produzir incertezas menores que a medição estática, na ordem de alguns décimos percentuais.

O principal diferencial existente na medição com EMED, que pode produzir uma qualidade metrológica superior à da medição em tanques é justamente o fato da medição ser realizada fora do tanque, evitando assim as influências negativas de algumas características da medição estática. Este diferencial é vantajoso por pelo menos quatro razões:

- Elimina a influência das deformações que ocorrem nos tanques, mencionadas em 2.2.4.1, devido à temperatura do produto e da temperatura ambiente, bem como da massa de produto no interior do tanque. Estas influências são responsáveis por grande parte das incertezas apuradas nas quantificações estáticas.
- Elimina a influência da quantidade de produto transferido, já que a incerteza da quantificação no tanque relaciona-se com esta quantidade, como mencionado em 2.2.4.1.
- Permite a realização de medição contínua de grandezas como a temperatura, por exemplo, durante toda a transferência, obtendo um valor médio muito mais próximo do real que a média de no máximo três amostras, como é praticado na quantificação em tanques. A totalização

do produto transferido é realizada pela integração de pequenos volumes, em ciclos de tempo definidos pelo computador de vazão, até o fim da transferência. Esta integração produz um resultado final mais confiável, por considerar toda a dinâmica do processo, o que não é possível na medição estática, que considera as condições operacionais apenas internas ao tanque e em dois únicos momentos (medição inicial e final).

- Elimina as incertezas relacionadas às variações de temperatura existentes entre a medição inicial e final para a determinação do volume expedido pelo tanque. O processo de quantificação estática assume uma única determinação de temperatura média, para a quantificação do tanque, que é realizada antes da transferência e que é apropriada para a medição inicial. Ao utilizar-se, porém, a mesma temperatura para a medição final, um erro pode ser introduzido, pois a temperatura pode ter variado de forma significativa no tempo decorrido entre o início e o final da transferência.

Outro aspecto que favorece um melhor desempenho da EMED, em relação a sistemas de medição estáticos, é a exatidão da apuração das grandezas. Por exemplo, na medição de derivados em tanques atmosféricos, admite-se um erro de até 0,5°C na medição da temperatura média do produto no tanque, ao passo que em uma EMED o erro máximo admissível é 0,3°C. Se comparada à medição estática manual, a medição com EMED ainda tem a vantagem de eliminar os erros de leitura dos instrumentos.

Apesar das diferenças mencionadas, a qualidade dos instrumentos empregados, da manutenção, da calibração e dos procedimentos operacionais adotados, é um requisito fundamental para se obter um bom desempenho metrológico seja qual for o método de quantificação aplicado. Sob este aspecto, pode-se dizer que uma EMED mal dimensionada ou operada pode medir com qualidade inferior a de um tanque bem construído e bem operado.

A principal relevância logística, do alto desempenho metrológico provido por uma EMED, é na confiabilidade da medição. Em termos de serviço ao cliente, isto representa uma melhoria na dimensão de confiabilidade da quantidade correta, que é uma dimensão do serviço bastante valorizada pelo cliente de derivados de petróleo.

3.3.2. Automação e processamento em tempo real

Uma EMED é um sistema computadorizado e totalmente automatizado, o que lhe confere algumas características importantes para a logística, como:

- Aquisição automática e contínua das variáveis de processo, durante a transferência, por meio dos transmissores eletrônicos instalados na linha de medição, incluindo as principais grandezas físicas necessárias à quantificação que são: a temperatura, a pressão e a densidade do produto.
- Processamento em tempo real de todos os cálculos necessários à quantificação do produto entregue, como: correções de instrumentos, conversões de volume e densidade para as condições de base ou para massa e totalizações do produto entregue.
- Capacidade de comunicação com dispositivos periféricos, sistemas supervisórios e redes de informação.

A aquisição automática das variáveis de processo, além de representar uma vantagem metrológica, conforme já pontuado, reduz significativamente a necessidade de mão-de-obra em campo, em comparação com a medição estática manual, em que um operador deve subir no tanque duas vezes, para executar as medições de nível inicial e final. Mesmo no caso da medição estática ser automática, um operador deve subir periodicamente ao tanque para verificar o desempenho dos medidores automáticos de nível e temperatura, verificando-os contra uma trena e um termômetro, respectivamente. A redução de mão-de-obra em campo reduz custos e riscos operacionais.

O processamento dos cálculos e os sistemas de comunicação de dados proporcionam maior velocidade, integridade e rastreabilidade da informação de quantidades faturadas.

Os cálculos são realizados em tempo real, pelo computador de vazão da EMED, sem possibilidade de intervenção do usuário e consideram todas as variações do processo ao longo da transferência. O recurso de comunicação com uma impressora local permite que a quantidade final totalizada de toda a transferência, seja impressa diretamente, sem possibilidade de edição humana.

Se a impressora for remota, a integridade da informação pode ser verificada contra arquivos digitais não editáveis, gerados automaticamente para cada totalização. O material impresso possui assim a confiabilidade fiscal necessária para ser considerado como um *ticket* de medição, o qual confere rastreabilidade fiscal às notas de faturamento e aos valores contábeis registrados.

A possibilidade de comunicação com uma rede corporativa permite que a quantidade de produto calculada possa migrar automaticamente para qualquer sistema, seja um banco de dados de movimentações e estoques ou sistemas de emissão de nota fiscal eletrônica, aumentando a velocidade do fluxo de informação. Além disso, elimina-se a possibilidade de erro humano na digitação dos dados, garantindo também maior integridade e confiabilidade do fluxo.

3.3.3. Mecanismos de diagnóstico

Nos itens anteriores desta seção foi demonstrado que uma EMED possui características que lhe conferem alta confiabilidade, na medição e no fluxo de informações, das quantidades transferidas. Entretanto, para que haja uma garantia plena de que a quantidade apurada e faturada, seja por meio de *tickets* impressos ou comunicação eletrônica, esteja correta, é necessário haver mecanismos de diagnóstico contínuo de todo o sistema de medição, envolvendo equipamentos, instrumentos e procedimentos. Desta forma, é agregada às quantidades faturadas uma confiabilidade operacional, além da confiabilidade de medição e do fluxo de informações geradas.

Existem basicamente três mecanismos de diagnóstico disponibilizados em uma EMED, sendo dois deles relacionados a recursos do computador de vazão e um outro obtido por meio de um procedimento de controle a partir de dados de provas do medidor.

Um dos mecanismos relacionados pelos recursos que o computador de vazão disponibiliza é um sistema de alarmes com registro de eventos, onde é possível detectar a falha de qualquer transmissor eletrônico, ou erro na transmissão de pulsos do medidor, assim, os instrumentos são continuamente verificados.

O outro mecanismo disponibilizado pelo computador de vazão é o relatório de prova do medidor. Através deste relatório, o operador pode verificar de uma forma simples e imediata a possibilidade de algum instrumento apresentar erro de medição, mesmo que não esteja com algum defeito. O relatório de prova do

medidor não é concebido para teste de instrumentos, mas sim, para determinação do fator de correção (*meter factor*) do medidor, porém, esta utilidade pode ser atribuída à ele pelos dados que apresenta. A Figura 16 mostra um trecho de um relatório de prova, onde se pode ver os dados referentes a cinco corridas de calibração do medidor, conforme procedimento descrito em 2.2.3.5.

```

=====
Data From Consecutive Prove Runs:
Run  Pulse Counts Temperature Deg.C Pressure kg/cm2 Flowrate Density Meter
      Forward Total Prover Meter Prover Meter m3/hr @ 15C Freq
1    15111 30205 22.2 22.1 11.1 11.5 249.5 547.5 453
2    15105 30199 22.1 22.1 11.1 11.5 249.9 547.5 454
3    15105 30200 21.9 21.8 11.1 11.5 249.9 547.6 453
4    15105 30204 21.9 21.9 11.1 11.5 249.8 547.5 453
5    15110 30207 22.0 21.9 11.2 11.5 249.9 547.5 453
Averages 30203.0 22.00 22.0 11.2 11.5 249.8 547.5 453.2

Average K Factor Pulses/m3 : 6511.683 PV @ 37,8C:
Maximum Count Deviation Between Runs .03%
=====

```

Figura 16 – Relatório de prova de um medidor

Fonte: Petrobras, 2011

As colunas quatro a sete apresentam, em sequência, as indicações de temperaturas próximas ao provador e ao medidor e as indicações de pressões próximas ao provador e ao medidor. A última linha de cada coluna apresenta a média dos cinco valores lidos nas cinco corridas. Comparando-se as médias das temperaturas próximas ao provador e ao medidor, percebe-se uma diferença de 0,2°C, que é razoável, visto que cada malha de temperatura tem erro máximo admissível de 0,3°C ou 0,5°C, dependendo da classe de exatidão, conforme 2.2.4.2. Um teste semelhante pode ser feito para os transmissores de pressão, que no relatório em questão apresentam uma diferença de 0,3 kgf/cm², que também é aceitável, pois o desvio máximo que se costuma praticar é 0,5 kgf/cm². Com relação aos transmissores de pressão, outra verificação que pode ser feita é se a pressão no medidor é maior que a pressão no provador, o que é esperado, pois o provador é instalado a jusante do medidor, devendo haver uma perda de carga no fluxo após passar pelo medidor. Em situações raras, onde o provador é instalado a montante do medidor, a pressão do medidor deverá ser menor que a do provador.

Outra verificação do sistema, que pode ser realizada com base no relatório de prova é a estabilidade das variáveis de processo, como por exemplo, o número de pulsos gerados pelo medidor. O desvio máximo percentual da contagem de pulsos nas cinco corridas realizadas, é indicado na última linha da Figura 16, que é 0,03%. O máximo admissível é 0,05%, para cinco corridas. Também é possível verificar a estabilidade das temperaturas, das pressões, da

vazão, e da densidade, ao longo das cinco corridas, observando-se as indicações nas colunas quatro a nove, respectivamente.

O terceiro mecanismo de diagnóstico utilizado é o controle estatístico de *meter factors*, já comentado em 2.2.3.5. O controle é uma carta onde se insere o valor do meter factor de cada corrida e acompanha-se a sua dispersão e eventual tendência. A Figura 17 mostra um exemplo de carta de controle estatístico.

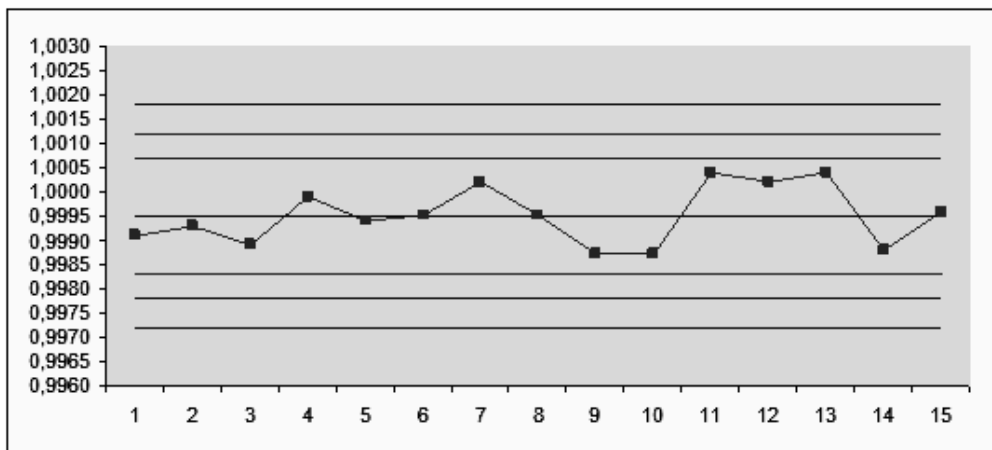


Figura 17 – Carta de controle de *meter factors*

Fonte: Petrobras, 2011.

Cada ponto na carta corresponde ao valor de um *meter factor*, apurado em uma prova do medidor. A linha horizontal central representa a média dos fatores, a qual é inserida no computador de vazão para a correção do medidor, no caso 0,9995, aproximadamente. As demais linhas acima e abaixo da linha central são os limites de controle, superiores e inferiores, para restringir a dispersão do *meter factor* e, conseqüentemente a incerteza da média. Dependendo do comportamento dos fatores ao longo das provas realizadas, pode-se notar dispersões acima dos limites ou tendências. A partir destes dados e da experiência do operador, é possível diagnosticar diversos tipos de falhas, como: sujeira incrustada no medidor, falha de estanqueidade em válvulas, falhas de estanqueidade no provador, objetos estranhos no interior da linha, sujeira no produto e outras.

3.4. Ganho em eficiência logística

A decisão quanto ao investimento na implantação de uma EMED, em um sistema de transporte dutoviário, deve seguir os critérios básicos de escolha de

um projeto logístico eficiente. A ênfase é dada, a princípio, na eficiência e não na eficácia, pois os sistemas de medição estática, que normalmente já se encontram disponíveis nos locais de entrega, podem realizar satisfatoriamente as quantificações do produto, sendo a EMED uma alternativa a este sistema.

Cabe assim, em primeiro lugar, definir se o investimento é vantajoso economicamente, em função do cliente considerado ou se é imprescindível, em face à estrutura logística existente. Para que o investimento seja vantajoso, é necessário observar a quantidade de produto programado para entrega e o tempo de duração do contrato. Contratos de curto prazo ou que envolvam quantidades relativamente pequenas não justificam normalmente maiores investimentos em medição. Isto ocorre, por exemplo, em transações onde se fornece um determinado produto para um cliente, cujo processo produtivo gera algum resíduo que é vendido de volta ao fornecedor. O sistema de medição deste produto residual deve ser de baixo custo, pois além dele ser transferido em pequenas quantidades, normalmente possui baixo valor econômico.

O uso de uma EMED pode ser imprescindível em algumas plantas que não possuam tanques de armazenamento, para determinados produtos. O produto é então expedido diretamente da unidade de produção para o cliente, através do duto, sem a intermediação de um tanque expeditor. Nesta situação, não é possível realizar a medição estática na expedição e isso pode indicar o uso de uma EMED, para este fim.

O segundo passo para a decisão de investimento é o nível de serviço necessário ou esperado. A questão é conhecer o que uma EMED pode acrescentar ao processo de entrega, que represente um valor ou uma necessidade, para o cliente. Isto implica primeiramente em conhecer o leque de ganhos que uma EMED pode oferecer ao serviço, a partir de suas características funcionais e onde estes ganhos coincidem com valores que podem ser percebidos pelo cliente.

Assumindo-se que a EMED seja uma opção justificável, sob o ponto de vista do serviço e das expectativas do cliente, passa-se a uma terceira análise, que é semelhante à segunda, no que tange ao conhecimento dos ganhos introduzidos pela EMED, porém, desta vez, com relação à minimização de custos. Em uma visão mais ampliada, estes ganhos dizem respeito à geração de receitas ou redução de custos em valores superiores ao valor investido na EMED, de modo que o retorno ao investimento seja favorável para a organização.

Em 3.3 foram exploradas algumas características das EMEDs, que podem ser traduzidas em valores para a logística, conforme aparece de forma resumida no

Quadro 11. A partir destes valores, podem ser desdobrados ganhos logísticos relacionados ao serviço e a custos, ou a ambos, dependendo da aplicação.

Quadro 11 – Valores logísticos agregados por uma EMED

Característica	Valor
Alto desempenho metrológico	Confiabilidade da medição Exatidão; precisão; baixas incertezas.
Automação e processamento em tempo real	Viabilidade de medição diretamente no duto Medição fora do tanque de armazenamento. Redução de mão-de-obra no campo Aquisição eletrônica das variáveis de processo; alinhamentos e execução de provas do medidor por comando remoto.
Comunicação de dados	Confiabilidade e velocidade do fluxo de informações Velocidade; integridade; monitoração; rastreabilidade; cálculos não manipuláveis; eliminação de erro de inserção de dados; emissão de tickets.
Mecanismos de diagnóstico	Confiabilidade da operação Controle do processo de quantificação.

Fonte: Autor, 2014.

Percebe-se pelo

Quadro 11 que um valor chave proporcionado pela EMED é a confiabilidade em todos os aspectos que envolvem o faturamento, ou seja, a medição da quantidade, a fatura e o processo de quantificação. Por esta razão, os contratos de venda de derivados de petróleo privilegiam as EMEDs, quando mais de um sistema de medição está disponível em uma linha de entrega de produtos. Resta ainda explorar este valor chave e os demais valores descritos, para verificar em que situações eles podem representar ganhos em eficiência

logística. Antes, porém, é necessário considerar como os contratos de venda de derivados lidam com a questão da medição de produtos, pois neles estão estabelecidas todas as regras que nortearão qualquer discussão eventual sobre quantidades faturadas, entre fornecedores e clientes.

3.4.1.

Os contratos de venda de derivados para o modal dutoviário

Os contratos de venda de derivados de petróleo definem todos os aspectos básicos relacionados ao fornecimento, como: modais de transporte, modalidades de entrega, preços, programação de quantidades, qualidade do produto, dentre outros. Destaca-se, porém, para o estudo em questão, as cláusulas de medição, de faltas e sobras e de reclamações, usualmente incorporadas nos contratos de venda.

As cláusulas de medição definem os sistemas de medição aplicáveis oficialmente às quantificações do produto transferido, os quais podem ser estáticos ou dinâmicos e pertencer ao fornecedor ou ao cliente. Assim, são definidos: os equipamentos e instrumentos que devem compor o sistema, as exigências, quanto às calibrações, incluindo a rastreabilidade metrológica, períodos de calibração, procedimentos de controle metrológico e cálculos de quantidades. Também é definida uma hierarquia de priorização do sistema de medição que será válido para faturamento, quando mais de um sistema estiver quantificando o produto simultaneamente, durante a transferência.

No modal dutoviário, que é o caso em questão, a hierarquia dos sistemas de medição segue dois critérios: (1) priorizar o sistema de melhor desempenho metrológico, no caso, a medição dinâmica, (2) priorizar a medição do fornecedor. Em uma transação, é possível existirem até quatro sistemas de medição em condições de uso oficial, sendo dois sistemas de medição estática e dois sistemas de medição dinâmica, para cada parte. Considerando-se os critérios de priorização mencionados, a hierarquia para o caso de existirem quatro sistemas de medição seria: 1- medição dinâmica do fornecedor, 2- medição dinâmica do cliente, 3- medição estática do fornecedor, 4- medição estática do cliente. Uma exceção à regra, é quando a medição estática do cliente se dá em tanques cilíndricos horizontais e a do fornecedor em tanques esféricos. Neste caso, prevalece o tanque do cliente na hierarquia, antes do tanque esférico do fornecedor, pois o tanque cilíndrico horizontal possui melhor desempenho metrológico que o tanque esférico. Esta situação ocorre apenas no caso de

gases liquefeitos, os quais são armazenados em pressões nestes tipos de tanques pressurizados.

Na prática, um sistema de medição só poderá ser usado para faturamento se estiver atendendo aos requisitos de calibração e procedimentos definidos nas cláusulas de medição. Assim, caso o primeiro sistema da hierarquia seja desqualificado, o faturamento deve ser realizado pelo segundo e assim por diante. Se nenhum sistema estiver qualificado, deverá ser feito acordo entre as partes para decidir que medição será utilizada para o faturamento do produto transferido.

A cláusula de medição define ainda duas exigências: (1) em relação às instalações: garantia de ausência de passagem indevida de produto no alinhamento dos tanques, por meio de válvulas de alta estanqueidade (duplo bloqueio e monitorização) e (2) em relação à operação: proibição de operações simultâneas (operação pulmão) no tanque recebedor, caso se deseje considerar a sua quantificação. Assim, o tanque recebedor deve ser segregado e isolado com válvulas de duplo bloqueio enquanto recebe o produto, caso seja utilizado para quantificação de faturamento ou comparação.

A cláusula de faltas e sobras existe para nortear o tratamento que deve ser dado às diferenças encontradas entre a medição realizada pelo sistema do fornecedor e a realizada pelo sistema do cliente. Esta consideração dada à medição realizada pelo cliente é uma peculiaridade do comércio interno de derivados do Brasil.

Quando o faturamento é efetuado com base na medição do fornecedor, o que é a situação mais comum, as partes costumam considerar a medição realizada pelo cliente para fins de comparação e como uma forma de controle e garantia dos valores faturados, especialmente para o cliente. As diferenças de medição assim encontradas são consolidadas mensalmente e comparadas com limites percentuais mensais de diferenças pré-estabelecidos e que fazem parte do contrato de venda. Os limites se aplicam para situações de “faltas”, ou seja, quando a medição do cliente é inferior a do fornecedor e de “sobras”, que representam uma medição do cliente maior que a do fornecedor. O cálculo de diferenças é realizado de forma que as sobras apareçam com sinal positivo e as faltas com sinal negativo. Os limites não são simétricos, ou seja, não são centrados em zero por cento, mas são deslocados para o sentido das faltas. Isto se deve às perdas físicas reais que tendem a ocorrer, como por exemplo, as perdas por evaporação, especialmente em produtos mais voláteis.

Caso haja uma persistência de fechamentos mensais de diferenças com resultados fora do limite contratual, indicando uma tendência de sobras ou faltas, os sistemas de medição envolvidos e os procedimentos aplicados devem ser avaliados, para que se determine a causa da tendência. Se for detectado algum problema no sistema que realizou as quantificações para faturamento, deverá ser realizada uma análise técnica para definir valores e períodos de acerto do faturamento. Se a tendência foi de faltas, o cliente pode ser ressarcido, se de sobras, o fornecedor pode emitir uma fatura complementar. O sistema que apresentou falhas deverá ser normalizado antes de ser novamente considerado para quantificação com fins de faturamento, enquanto isso não ocorrer, o faturamento será realizado com base na medição do próximo sistema qualificado, seguindo a hierarquia definida no contrato.

Por fim, a cláusula de reclamação é onde estão estabelecidas todas as regras para o encaminhamento de reclamações referentes à medição e faturamento de produtos. Somente são aceitas reclamações com base em quantificações efetuadas conforme as exigências contratuais, especialmente aquelas incluídas na cláusula de medição e conforme os critérios descritos na cláusula de faltas e sobras. São definidos na cláusula de reclamação: prazos e procedimentos para o encaminhamento da reclamação, documentação necessária e período máximo de retroação para a realização de acertos comerciais.

3.4.2. Ganhos no serviço ao cliente

Segundo Christopher (1993), o mercado de *commodities* costuma dar menos importância para o produto e maior para o serviço, que vem sendo cada vez mais “*time-based*”. Isto porque o produto não costuma ter variações, sendo muito bem definido por especificações técnicas, as quais costumam ser rigorosamente atendidas pelos fornecedores. Por outro lado, as *commodities* costumam ter alta demanda, por serem insumos básicos para a economia, de modo que tem sido cada vez mais desejável, pelos clientes destes produtos, contar com dimensões do serviço que representem alta disponibilidade, regularidade, flexibilidade e velocidade na entrega.

A venda de derivados é uma venda de *commodities*, como insumos básicos, não apenas para indústrias importantes, como a petroquímica e de fertilizantes, mas também para o funcionamento de diversos modais de

transporte, com fins comerciais e domésticos. Portanto, as dimensões requeridas ao serviço de entrega destes produtos não devem ser atendidas apenas por razões comerciais, mas também por razões estratégicas, pois influenciam na economia do país. Por outro lado, a existência de *gaps* de percepção entre o que o cliente entende como valor e o que o fornecedor considera importante em um serviço de entrega, pode incentivar o cliente a buscar outro fornecimento, a fim de suprir, por exemplo, a uma demanda de quantidade não atendida ou uma programação que não esteja disponibilizando o produto no momento desejado.

3.4.2.1.

As dimensões de serviço para a entrega de derivados

No Capítulo 2, foram apresentadas diversas dimensões do serviço logístico, destacando-se aquelas que os próprios clientes, bem como a literatura acadêmica, apontam como as mais importantes. Na introdução desta seção foi contextualizado o serviço ao cliente de derivados de petróleo, citando-se alguns aspectos do serviço que são desejáveis. Estes aspectos são baseados no tempo, mas existem outras dimensões igualmente valorizadas.

A seguir, serão citadas as principais dimensões de serviço para as operações de entrega, e suas implicações no negócio, conforme a experiência da indústria de petróleo, registros de manifestação em sistemas de atendimento ao cliente (SACs) e pesquisas de satisfação aplicadas aos clientes de derivados. Foram identificadas oito dimensões, sendo as cinco primeiras relacionadas ao transporte, quase todas baseadas no tempo, enquanto que as três últimas envolvem o suporte e apoio ao cliente, em termos de medição, qualidade e informação.

- Disponibilidade de produto – é uma dimensão vital para o negócio tanto para o cliente quanto para o fornecedor. O fornecedor necessita não apenas de liquidez em suas receitas, mas também de escoar sua produção, visto que a cadeia de produção de petróleo não prevê longo tempo de armazenagem, nem de matéria prima, nem de produto acabado. O cliente, por sua vez deve atender à alta demanda do mercado e não pode perder receitas por não ter o produto disponível para venda ou para seu processo industrial, dependendo do caso.

- Consistência do prazo de entrega – é de especial importância para a indústria, que não costuma possuir capacidade de estoque suficiente para suportar atrasos nas entregas dos insumos de produção, sem que haja algum nível de descontinuidade no seu processo produtivo. Já as companhias distribuidoras, possuem mais flexibilidade para suportar algum atraso, desde que previamente informado.
- Tempo de ciclo do pedido – possui as mesmas implicações já consideradas para a dimensão de consistência do prazo de entrega, porém uma observação que se faz relevante na entrega de derivados é que o produto só é considerado recebido, quando entregue e “pronto para uso”. Caso a quantificação do produto seja realizada no tanque recebedor, do cliente, o produto só poderá ser utilizado após a quantificação ser concluída.
- Flexibilidade do sistema de distribuição – o sistema de entrega deve ser flexível o suficiente para suportar algumas alterações de programação passíveis de ocorrer, como alterações de quantidades programadas, o que pode envolver novos horários de entrega, inclusive fora do horário administrativo, assim como mudança do local de entrega.
- Entrega sem danos ao produto – a importância desta dimensão está mais relacionada a problemas de contaminação do que a produtos fora de especificação, por ser o segundo problema de ocorrência muito improvável, salvo se o produto não estiver enquadrado na especificação devido à contaminação.
- Sistema de remediação de falhas – o fornecedor deve possuir os melhores mecanismos de controle dos seus processos de programação de entrega, qualidade do produto e faturamento. A partir deste controle, é possível remediar falhas em um tempo aceitável e com menores inconvenientes para ambas as partes.
- Confiabilidade da quantidade correta – por se tratar da entrega de grânéis líquidos, esta dimensão é muito mais crítica no aspecto da quantificação, ou seja, na possibilidade de haver variações na quantidade mensurada, detectáveis pelo cliente, do que na quebra de pedidos.

- Sistema de informação de apoio – em face ao elevado vulto do negócio, tanto em relação aos ativos fixos empregados, quanto no giro de capital, o comércio de derivados produz alguma tensão para as partes envolvidas, sendo fundamental a existência de certos valores, tanto no âmbito pessoal quanto processual, das transações comerciais. Os requisitos pessoais mais importantes são: credibilidade, transparência e presteza. Os requisitos processuais mais desejáveis são: clareza e transparência nas condições contratuais e técnicas, rastreabilidade das informações fornecidas, demonstração de controle do processo de quantificação e de qualidade do produto e resposta rápida às questões suscitadas.

Uma vez identificadas as dimensões de serviço que devem ser priorizadas na venda de derivados, cabe à função de logística estruturar um sistema de transporte capaz de realizar os valores referentes a estas dimensões na entrega dos produtos. Esta estruturação não deve contemplar apenas as definições básicas de uma rede logística, como modais de transporte, localização de ativos para estocagem e especificação de equipamentos, mas também um projeto moderno e eficiente para o fluxo de informações logísticas e financeiras incorporadas ao processo de entrega.

Da mesma forma, a função de marketing deve priorizar o relacionamento com o cliente, disponibilizando um canal eficaz de comunicação e designando pessoal dedicado ao atendimento das possíveis demandas comerciais, inclusive discussões sobre quantidades faturadas. As pessoas envolvidas devem ter bom conhecimento técnico sobre os produtos e suas aplicações e sobre o processo de entrega, incluindo qualidade e medição. Também devem conhecer razoavelmente o negócio do cliente. A comunicação deve ser realizada não apenas por meio de sistemas informatizados, mas também de forma presencial, criando-se uma rotina de reuniões periódicas com os clientes, para discussões que levem à melhoria contínua do processo de entrega de produtos, em todos os aspectos.

3.4.2.2.

Ganhos agregados nas dimensões baseadas em tempo

As dimensões do serviço baseadas em tempo podem ser priorizadas já na definição dos modais de transporte que serão empregados. A indústria de petróleo, no Brasil, pode utilizar cinco modais: rodoviário, ferroviário, marítimo, hidroviário e dutoviário. Cada modal possui pontos fortes e fracos, se comparado aos outros, com relação ao que ele pode favorecer em uma determinada dimensão do serviço.

O caso em estudo contempla apenas entregas de produtos realizadas por modal dutoviário. A principal razão para a indicação deste modal, em entregas locais, é a dimensão de consistência do prazo de entrega, devido à baixíssima probabilidade de interrupção no transporte com dutos, o que é um risco mais comum quando se utilizam outros modais, como o rodoviário, por exemplo. Assim, as industriais petroquímicas e os grandes polos de distribuição de combustíveis, em geral, situam-se próximos às refinarias ou terminais para que possam receber seus produtos com prazo de entrega altamente confiável, por meio de dutos dedicados.

Por serem ativos com localização e arranjo pré-determinados, os dutos não são uma boa solução para a dimensão de disponibilidade, no sentido de garantir entregas em qualquer localização, mas por serem dedicados aos clientes que os utilizam, permitem alta disponibilidade em termos de garantia da quantidade demandada, visto que operam 24 horas por dia e sete dias por semana.

O mesmo se pode dizer em relação à dimensão de flexibilidade, a qual é elevada, em termos de programação das entregas, mas não na sua localização. Mudanças na programação, como o envio de cotas extras emergenciais são facilmente efetuadas, em uma entrega local por meio de duto e de forma praticamente irrestrita, em relação a horário.

O duto é considerado um modal lento, porém, em entregas locais, com grandes quantidades programadas, este modal afeta positivamente o tempo de ciclo do pedido. Isto se deve à pequena distância que o produto terá que percorrer e o grande número de ciclos que seriam necessários para que outro modal, como o rodoviário, por exemplo, pudesse atender à mesma demanda de quantidade.

Nas entregas dutoviárias, devido às pequenas distâncias entre a unidade de entrega e a unidade recebedora, são utilizados dutos distintos para cada tipo

de produto, de modo a evitar qualquer possibilidade de contaminação, por mistura de produtos. Isso é de especial importância quando se lida com produtos de alto grau de pureza ou com baixos teores de enxofre, onde a mínima quantidade de contaminante pode tirar o produto de sua especificação comercial.

Até este ponto percebe-se que o modal dutoviário atende satisfatoriamente e, em alguns aspectos, com excelência, às quatro dimensões do serviço baseadas em tempo, em entregas locais. Para entregas dispersas, este modal não é flexível, porém, o fornecedor de derivados no Brasil conta com outros quatro modais, que podem ser utilizados, inclusive em conjunto, através de uma composição intermodal.

Apesar dos ganhos obtidos pela utilização do modal dutoviário, nas dimensões de serviço com base no tempo, o viés comercial das entregas locais introduz necessariamente um tempo de parada na transferência, que contribui para o aumento do tempo de ciclo do pedido, prejudicando assim esta dimensão. Este tempo de parada se deve à atividade de quantificação para faturamento dos produtos transferidos, que são realizadas, a priori, com base nas medições em tanques, geralmente em tanques expedidores.

Como foi visto em 2.2.2, as medições de nível e temperatura e a coleta de amostras para a apuração da densidade no tanque são atividades necessárias para a quantificação e devem ser realizadas, uma a uma, com o produto em total repouso no interior do tanque. Esta interrupção ocorre na medição inicial e na medição final, ao término da transferência, para que a quantificação seja então concluída. Além do tempo de repouso, ainda existe um tempo considerável gasto para liberação do operador e para que este chegue ao tanque, suba ao seu topo e efetue as medições de nível e temperatura e colha as amostras. A soma total dos tempos considerados é da ordem de horas, mas isso pode ser melhorado caso o tanque disponha de medidores automáticos de nível e temperatura em condições legais de uso.

Se a quantificação for feita pelo tanque expedidor, a parada final não afeta o tempo da transferência, pois as medições finais são feitas com o produto já transferido e disponível para o cliente. Porém, caso a medição para faturamento seja feita no tanque recebedor, ou seja, do cliente, este deverá aguardar as medições finais, após o devido tempo de repouso, antes de poder dispor do produto recebido.

O efeito de parada devido à quantificação no tanque não afeta a dimensão de consistência do prazo de entrega, pois o processo ocorre sempre da mesma maneira e com os mesmos *gaps* de tempo. Uma importante perda pode ser

atribuída à dimensão de disponibilidade, se a medição for feita no tanque recebedor, considerando-se que, na parada para a medição final, o produto encontra-se no local de entrega, porém “indisponível” para uso, por algum tempo. Isto pode ser crítico para o negócio de alguns clientes. Já a flexibilidade pode ser reduzida, pois a linha de venda estará indisponível nos momentos em que os tanques estiverem em repouso, no início ou no fim de uma transferência, criando-se assim “janelas de indisponibilidade”.

O uso de uma EMED para a quantificação do produto transferido reduz consideravelmente o tempo de ciclo do pedido e seus efeitos sobre as outras dimensões baseadas em tempo. Isto é obtido através da redução do tempo de transferência, visto que a quantificação em uma EMED é totalmente automatizada e processada em tempo real, eliminando o tempo gasto com a parada do tanque e com as atividades do operador. Desta forma, o cliente pode, não apenas utilizar o produto imediatamente após a transferência, mas até mesmo durante a mesma, se desejar, desde que abra mão da medição em seu tanque para fins de comparação e avaliação de diferenças de medição. Cabe assim ao cliente decidir sua prioridade, dependendo da criticidade que o tempo de ciclo do pedido representa para o seu processo e da confiança que deposita na quantificação realizada pelo sistema de medição do fornecedor.

Cabe observar que o tempo gasto para o recolhimento de amostras de produto no tanque, somado ao tempo de envio e análise destas amostras em laboratório, produz um aumento do tempo de ciclo do pedido, mesmo quando se utiliza uma EMED. A análise destas amostras permite apurar a densidade a 20°C do produto contido no tanque, que é um dado necessário para a sua certificação oficial, sem a qual o produto não pode ser comercializado.

Quanto à flexibilidade, a EMED pode representar uma garantia maior de fornecimento fora de horários administrativos, por demandar menos pessoal em sua operação, ou em situações que possam inviabilizar a ida de um operador ao tanque, como no caso de risco de descargas atmosféricas. Estas duas situações podem ser contornadas com uma EMED desde que ainda reste produto certificado no tanque, ou seja, que não seja necessário realizar a amostragem de produto. O aumento da flexibilidade também é favorecido com o uso de uma EMED, devido à possibilidade de redução das janelas de indisponibilidade, já mencionadas. A redução destas janelas possibilita ainda, alternar clientes em uma transferência, pela simples operação das válvulas de alinhamento do produto, sem ter que parar o fluxo a cada cliente para a medição final no tanque expedidor, antes de iniciar transferência do próximo cliente. Isto representa

maior disponibilidade do duto, aumentando a flexibilidade e redução do tempo de espera do cliente para receber o produto, reduzindo também desta forma o tempo de ciclo do pedido.

A EMED pode ainda agregar algum valor na dimensão de entrega sem danos ao produto, por dispor de mecanismos de diagnóstico ou instrumentos que indicam a presença de sujeira ou carepas no medidor ou no filtro instalado na linha. Estes mecanismos existem para a proteção da integridade do sistema de medição, mas podem servir de alerta para riscos de contaminação. Outra possibilidade é o caso de EMEDs que quantificam produtos de alta pureza como, por exemplo, o propeno grau polímero, cuja especificação de pureza é 99,5%. Estas EMEDs costumam utilizar densímetros de linha, pois o propeno é quantificado em massa. Com a monitorização contínua da densidade proporcionada pelo densímetro de linha, qualquer variação que indique que o produto está fora de sua especificação será facilmente detectada pelo operador da EMED, que poderá então interromper imediatamente a transferência.

3.4.2.3.

Ganhos agregados nas dimensões de apoio ao cliente

Os serviços de apoio ao cliente de derivados, embora sejam usualmente intermediados pela função de marketing, contam também com a estrutura logística de entrega, para a sua eficácia. Nas operações de entrega de produtos, as dimensões de apoio passam a representar efetivamente um valor, quando as outras dimensões relacionadas ao transporte eventualmente falham, no atendimento mínimo aos anseios e necessidades do cliente.

O principal valor, no qual devem ser fundamentadas as dimensões de apoio ao cliente é a “credibilidade”. Este valor é conquistado por meio de uma estratégia de relacionamento e pelos atributos pessoais das pessoas envolvidas com o cliente, mas também está atrelado à “confiabilidade” dos recursos que estas pessoas podem dispor em termos de *hardware* logístico, além dos sistemas de informação.

A EMED é um recurso tecnológico, cujas características operacionais agregam alta confiabilidade ao processo de faturamento de derivados como visto em 3.4 e resumido no

Quadro 11. Esta confiabilidade se desdobra em três frentes: confiabilidade da operação, confiabilidade da medição e confiabilidade e velocidade do fluxo de informações, as quais se relacionam às três dimensões de apoio ao cliente,

respectivamente: sistema de remediação de falhas, confiabilidade da quantidade correta e sistema de informação de apoio. Estas três frentes da confiabilidade não são mutuamente excludentes, pois não há proveito em se confiar na medição de um sistema, se existem dúvidas quanto à sua operação. Por outro lado, mesmo quando se confia na medição e na operação, é necessário confiar que o valor faturado corresponde realmente à quantidade apurada na medição, ou seja, que não existem distorções no fluxo de informações.

O sistema de remediação de falhas, como dimensão do serviço na entrega de derivados, possui um valor percebido pelo cliente que será tanto maior quanto maior for a facilidade de detectar as falhas de operação, para que possa haver a devida velocidade nas medidas corretivas. O processo de quantificação realizado por EMEDs disponibiliza mecanismos de diagnóstico, descritos em 3.3.3, que possibilitam detectar falhas durante ou pouco tempo após a entrega do produto. Ao serem detectadas, as falhas do processo podem ser imediatamente corrigidas e comunicadas ao cliente, antes mesmo que este tenha conhecimento do problema, evitando abertura de reclamação. As correções podem incluir alterações no valor a faturar ou já faturados, sendo o fato comunicado ao cliente independentemente da situação. Esta comunicação antecipada ao cliente, sobre o problema ocorrido ajuda a produzir confiabilidade na operação. Neste ponto, Garland (2008) define uma linha de ação cuja sequência é: (1) “detectar” que existe um problema; (2) “determinar” o que está causando o problema; (3) “corrigir” o problema. O autor ressalta, porém, que isso só pode ser alcançado estabelecendo-se linhas claras de autoridade e responsabilidade. Assim, este nível de atuação depende fortemente da experiência dos operadores da EMED e do entrosamento entre as áreas de transferência, manutenção e relacionamento com o cliente. O principal retorno obtido pelo fornecedor com o uso de uma EMED, na dimensão relacionada à remediação de falhas, é uma redução significativa na quantidade de reclamações de clientes e consequente ganho na imagem da empresa.

A confiabilidade da quantidade correta é a dimensão mais considerada, para a indicação de uma EMED como sistema de medição, por razões de ordem financeira, como foi discutido em seções anteriores. Fornecedores e clientes têm como premissa que a quantificação com EMED é mais confiável que em tanques de armazenamento e, por isso, priorizam as EMEDs na hierarquia de sistemas de quantificação definidos nos contratos de venda.

O sistema de informação de apoio é uma dimensão que pode ter um importante suporte, através da medição com EMEDs, especialmente na

rastreabilidade das informações e na demonstração de controle do processo de quantificação. Isto porque todas as atividades operacionais de uma EMED podem ser registradas em relatórios impressos ou eletrônicos, os quais são protegidos contra a edição de seu conteúdo. Os principais relatórios emitidos são descritos a seguir, juntamente com o tipo de informação que encerram e sua utilidade.

- Relatório de batelada ou diário – apresenta todos os dados da operação de transferência, seja de uma quantidade fixa ou contínua (24h). Os principais dados são: valores médios das grandezas medidas (temperatura, pressão e densidade) até o fim da transferência, fatores de conversão, quantidades totalizadas em volume nas condições de medição e nas condições de base e quantidades totalizadas em massa. A partir destes dados, é possível verificar a consistência das quantidades apuradas.
- Relatório instantâneo – apresenta praticamente os mesmos dados do relatório de batelada, mas com valores instantâneos e não médios, ou seja, são os valores exatos no momento em que o relatório foi emitido. Isto permite uma verificação manual dos cálculos dos fatores de conversão efetuados pelo computador de vazão.
- Relatório de prova do medidor – este relatório, bem como os dados que nele constam foram descritos em 3.3.3, onde também foi descrita a sua utilidade, na verificação de confiabilidade do fator de correção (meter factor) apurado para o medidor. É importante demonstrar que o meter factor foi apurado de forma confiável, pois ele afeta diretamente na quantidade totalizada e no faturamento. Em resumo, este relatório demonstra: os valores e níveis de estabilidade das grandezas físicas, os fatores de correção por temperatura e pressão aplicados ao volume do provador e os fatores de conversão por temperatura e pressão para o produto, tanto no medidor quanto no provador. Todas estas variáveis afetam o valor do meter factor apurado.
- Relatório de trilha de auditoria (audit trail) – apresenta registros de alterações que podem afetar as quantificações, com informações sobre valor anterior, valor novo e data e hora da alteração. Assim, alterações

importantes como a dos fatores de correção do medidor (MF) ou do densímetro de linha (DMF), são registradas para futuras auditorias.

- Relatório de alarmes – apresenta registros como, grandezas físicas fora de faixa ou falha do medidor e dos instrumentos eletrônicos.
- Relatório de configuração – apresenta os valores de todos os itens configuráveis em uma EMED, sendo que diversos deles afetam a quantificação e a confiabilidade de todo o sistema. Os itens abrangem aspectos como: medidor, transmissores eletrônicos (interligações e faixas de medição), sistema de prova, fatores de correção (MF e DMF), níveis de alarmes, características do produto, características ambientais, dentre muitos outros.

A emissão destes relatórios, bem como da carta de controle estatístico dos *meter factors*, mostrada em 3.3.3 (Figura 17), fornece um poderoso material para a auditoria e controle de todo o processo de quantificação do produto, sendo útil para garantir a rastreabilidade de qualquer informação prestada ao cliente, com respeito a quantidades faturadas. Neste ponto, é importante ressaltar que os contratos de venda de derivados, onde são utilizadas EMEDs, possuem itens que garantem às partes o acesso a relatórios e informações que demonstrem a sua confiabilidade. Pelo menos dois documentos são descritos explicitamente no contrato para apresentação obrigatória, caso requeridos: o relatório de prova do medidor e a carta de controle de *meter factors*.

O recurso de comunicação de dados disponibilizados pelas EMEDs, também tem um papel importante quanto a confiabilidade do fluxo de informações financeiras, pois os valores quantificados pela EMED, podem migrar automaticamente para os sistemas corporativos. Esta migração é feita de forma segura e evita a possibilidade de erros humanos na digitação de valores no sistema ou na emissão de nota fiscal. Esta facilidade evita transtornos com o cliente, como, dúvidas sobre os valores faturados ou retrabalho com a nota fiscal, realizando assim premissas importantes do conceito de pedido perfeito, o que pode reduzir os riscos de reclamações.

3.4.3. Ganhos financeiros

Embora as EMEDs possam trazer ganhos consideráveis ao serviço de entrega de derivados, aumentando assim a eficácia do serviço logístico, o seu emprego representa, na maioria das vezes, um custo adicional. Em geral, o fornecedor conta com tanques expedidores, em sua planta, os quais podem ser facilmente habilitados para a quantificação de produtos e com conformidade legal. Mesmo quando não existem tanques expedidores, é possível pensar em realizar a quantificação pelo tanque recebedor do cliente, caso a sua operação permita as paradas para repouso necessárias para as medições. Por esta razão, a análise econômica de investimentos em EMEDs não costuma ser favorável, embora uma EMED de porte normal represente um custo de implementação e operação baixo, em relação aos demais ativos. Ainda assim, o investimento em uma EMED pode ser realizado, se o ganho em serviço com o seu uso representar uma vantagem competitiva para manter o negócio, pois o custo da perda do negócio ou os custos gerados pela insatisfação do cliente podem ser maiores que o investimento na EMED.

As considerações feitas até aqui, quanto à viabilidade do investimento em EMEDs, contemplou apenas a eficácia do serviço, porém, a análise completa deste investimento, com vistas à eficiência logística deve contemplar também possíveis ganhos financeiros. A noção de ganho financeiro gerado por um ativo fixo pode assumir diversas concepções, em face ao investimento realizado, mas a ideia central é que, independente da concepção, o retorno ao investimento seja favorável à organização. Algumas destas concepções de ganho financeiro são citadas a seguir:

- Geração de receitas – é o que se espera geralmente de um ativo, como por exemplo, uma máquina fabril. O ganho existirá caso a receita gerada pela máquina seja superior ao investimento feito para a sua aquisição e operação, em um determinado horizonte de planejamento.
- Redução de perdas financeiras – neste caso, existe ganho real quando o valor investido, de alguma forma elimina perdas financeiras que seriam maiores que o valor investido, caso não houvesse o investimento. Outra possibilidade é quando o investimento produz uma redução de perdas em um valor superior ao do valor investido. Além de perdas conhecidas, a

mesma concepção de ganho se aplica a riscos financeiros. Neste caso, é necessário avaliar a incerteza dos riscos para analisar se existe ganho financeiro no investimento. Exemplos típicos de ativos que podem gerar ganhos desta forma são: equipamentos de segurança laboral e patrimonial, tecnologia da informação, *no-breaks*, dentre outros.

- Redução do custo operacional – a ideia é semelhante à de redução de perdas, mas se refere a custos que são, a princípio, previsíveis e necessários ao negócio. O investimento em automação de processos, por exemplo, pode reduzir custos de mão-de-obra e de materiais. Obviamente os custos reduzidos devem ser superiores ao valor do investimento, no horizonte de planejamento.
- Redução do custo de oportunidade – é o ganho que um ativo produz quando, de alguma forma, sua implantação libera capital de giro para outros investimentos, que podem inclusive ser financeiros. O capital de giro pode ser liberado de várias formas, como por antecipação de recebíveis ou redução de inventários. Um exemplo para este ganho seria o investimento em ativos de transporte, com a finalidade de reduzir inventários em alguma localização da rede logística. Outro exemplo, em uma linha oposta ao primeiro, poderia ser o investimento em armazéns para antecipar entregas e, conseqüentemente os recebíveis. O retorno de investimentos financeiros são receitas também consideradas como capital de giro, assim, ao promover uma redução do custo de oportunidade, o ativo também poderá, indiretamente, gerar receitas.
- Redução de investimentos em ativos logísticos – neste caso, existirá um ganho financeiro quando o investimento em um ativo substitui e evita investimentos em ativos com custos superiores, sem perdas para o negócio. O exemplo do investimento em transporte também serve para este caso, pois a redução em inventários pode evitar gastos com a construção de armazéns.

EMEDs não são ativos que geram receita, ao menos diretamente, porém podem gerar os outros tipos de ganhos financeiros, dentre os aqui descritos.

O retorno ao investimento em uma EMED é uma análise econômica multifuncional, que deve ser realizada a cada projeto logístico, pelas funções de

marketing, logística e medição e finanças. Esta análise deve considerar a rentabilidade do negócio, o porte da EMED nas condições operacionais previstas e os ganhos financeiros possíveis, no contexto da transação, a partir dos recursos tecnológicos que a EMED agrega. Para isto, é necessário conhecer como estes recursos podem contribuir para a realização dos ganhos financeiros desejados.

3.4.3.1.

Contribuição para a redução de perdas financeiras

O desempenho metrológico de um sistema de medição afeta diretamente o faturamento das vendas de derivados e, portanto, as economias, tanto do fornecedor quanto do cliente. Como foi pontuado em 2.2.4, os erros de medição são normalmente corrigidos, porém as incertezas não, embora possam ser estimadas ou limitadas. Assim, é possível estimar riscos de perdas, relacionados ao faturamento, com base na estimativa ou limitação das incertezas inerentes aos sistemas de medição que realizam quantificação para faturamento. A mensuração dos riscos se dá pela conversão das incertezas percentuais inerentes ao sistema em incertezas de quantidades de produto medido, as quais podem ser convertidas em valores monetários. Até este ponto, entende-se que os riscos são iguais para ambas as partes do negócio, pois as incertezas não são valores polarizados, mas podem afetar o faturamento para mais ou para menos com igual probabilidade.

A estimativa do risco financeiro associado às incertezas de medição pode ou não justificar o investimento na melhoria do sistema de medição em uso. Rasmussem e Plasczyk (2007) afirmam que a maioria dos sistemas de medição podem ser melhorados, de uma forma ou de outra, mas as melhorias normalmente estão associadas a custos (investimentos). Segundo os autores, a justificativa para estes custos é baseada nos custos estimados para as perdas na quantificação de produtos, sendo que estas dependem das incertezas associadas ao equipamento e procedimentos que estão sendo utilizados.

A redução dos riscos financeiros das operações de venda, quando se investe em um sistema de medição, deve ser estimada com base na redução da incerteza na quantificação, proporcionada pelo novo sistema. Para a situação em estudo, a ideia é avaliar a redução de riscos proporcionada pelo uso de uma EMED, em lugar de uma medição em tanques já existentes. Esta avaliação consiste inicialmente em uma comparação qualitativa e quantitativa do

desempenho metrológico destes dois sistemas. A avaliação qualitativa compara a exatidão, que expressa o grau de aproximação entre a quantidade apurada e a quantidade real, representando, portanto, a qualidade de não possuir erros sistemáticos significativos para o processo ou de conseguir corrigi-los satisfatoriamente. A avaliação quantitativa compara as incertezas ou faixas de incertezas estimadas para cada sistema.

O erro sistemático de medição, gerado pela quantificação com EMED, é corrigido e deve ser igual a zero ou muito próximo de zero, conforme Inmetro (2003a). Isto é relativamente fácil de obter devido à tecnologia empregada. Na quantificação com tanques, nem todos os erros são corrigidos, mas os que permanecem são desprezíveis para o processo de quantificação. Assim, quanto à precisão, pode-se dizer que é “alta”, para a EMED e “boa”, para tanques.

As incertezas estimadas para a quantificação em tanques foram apresentadas no Quadro 8, em 2.2.4.1, com base em trabalhos teóricos e práticos. Tomando-se apenas os trabalhos de Berto (1997) e Comstock (2014), que consideraram as contribuições das incertezas referentes aos efeitos do produto sobre o tanque, as quais são reais e significativas, pode-se compor uma faixa de variação de incertezas para a quantificação em tanques, utilizando o menor e o maior valor estimados nestes dois trabalhos. Desta maneira, obtém-se a faixa de 0,25% a 0,50%.

Quanto às incertezas estimadas para uma EMED, pode-se adotar os valores mais realistas de Berto (1997), que variam de 0,05% a 0,10%, em vez do valor limite de 0,3%, definido por Inmetro (2003a). O autor se refere a valores estimados para a medição de petróleo, que costuma ser mais complexa e com maior nível de incerteza envolvida, em comparação com a medição de derivados, razão pela qual a faixa considerada é uma estimativa conservadora.

As incertezas tratadas aqui, se referem à medição de derivados que não sejam gases liquefeitos, pois estes produtos possuem estimativas de incertezas muito maiores, tanto na medição estática quanto na dinâmica. O Quadro 12 mostra a comparação entre os sistemas de medição, com base nas premissas consideradas.

A exatidão não necessita ser levada em conta, pois em ambos os casos ela é satisfatória para o processo de quantificação. No comparativo de incertezas estimadas, percebe-se uma faixa de redução que pode chegar a 0,40%, porém pode ser mais seguro considerar uma redução média, que é de 0,30%.

Quadro 12 – Comparativo de qualidade metrológica EMED x TANQUE

	TANQUE (medição estática)	EMED (medição dinâmica)
Exatidão	BOA	ALTA
Faixa de Incerteza	0,25% a 0,50%	0,05% a 0,10%
Incerteza média	0,38%	0,08%
Faixa de redução	0,20% a 0,40%	
Redução média	0,30%	

Fonte: Autor, 2014.

A análise de redução de riscos financeiros, com base em avaliações de reduções de incertezas estimadas, pode considerar hipóteses mais ou menos conservadoras, adotando-se respectivamente o menor ou o maior valor da faixa de redução, em vez da redução média. Estudo semelhante pode ser feito para gases liquefeitos, onde é esperada uma redução na estimativa de incertezas ainda maior, devido às incertezas mais elevadas, inerentes à quantificação em tanques pressurizados.

Até este ponto, foi estimada uma redução percentual em riscos financeiros que, a princípio, pode ser aplicada ao fornecedor e ao cliente, com mesma probabilidade. Em outras palavras, os faturamentos tenderão a ser mais próximos do valor correto, mas ainda serão realizados com valores a maior ou a menor, com a mesma probabilidade. Caso os limites contratuais de diferenças de medição sejam extrapolados em algum momento, pode ser cogitada entre as partes a realização de um acerto comercial, o qual tenderá a envolver valores menores, considerando as incertezas reduzidas no novo sistema utilizado para faturamento. Cabe observar, que isso pode não ser uma regra geral, visto que as diferenças de medição dependem de ambos os sistemas, o do fornecedor, que quantifica para faturamento e o do cliente, que quantifica para fins de comparação (esta é a situação mais comum). Portanto, as hipóteses consideradas aqui, pressupõem que todos os sistemas de medição estejam operando com a qualidade metrológica requerida para transferência de custódia e mantendo um comportamento estável no tempo.

A redução da magnitude dos erros aleatórios no faturamento e, por consequência, nos valores dos eventuais acertos comerciais, representam uma vantagem maior, para o fornecedor, do que para o cliente. O Quadro 13 mostra

as situações de perdas e ganhos financeiros para o fornecedor, em função de faturamentos a menor ou a maior, com ou sem acertos comerciais efetuados.

Quadro 13 – Perdas e ganhos do fornecedor por incertezas no faturamento

	Faturamento a maior	Faturamento a menor
Com acerto	Perda (majoração de tributos)	Perda (atraso de recebíveis)
Sem acerto	Ganho	Perda (redução de receitas)

Fonte: Autor, 2014

Em um primeiro olhar, nota-se que, das quatro situações mostradas no Quadro 13, existem três situações que podem representar perdas financeiras para o fornecedor e apenas uma que pode representar algum ganho. O ganho mencionado, assim como as perdas, são apenas possibilidades, dentro de uma operação normal e não ocorrências desejáveis, intencionais ou previsíveis, pelas partes do negócio.

A possibilidade de ganho para o fornecedor é um evento de simples entendimento, mas de baixa probabilidade. Trata-se de um faturamento majorado, em relação à quantidade entregue, que confere ao fornecedor uma receita maior que a devida, confirmada pela não realização de acerto comercial. A probabilidade deste evento é baixa, porque, historicamente, faturamentos a maior produzem mais acertos que a menor, pois é no primeiro caso é que ocorrem a maior parte das reclamações de clientes, devido a diferenças de quantificação acima dos limites contratuais. Mesmo que se confirme este ganho, esta situação pode produzir diferenças acima do permitido entre estoques físicos e contábeis, pois representa uma saída contábil de produtos mais elevada que a saída física, o que pode gerar problemas fiscais.

As três possibilidades de perda financeira para o fornecedor são:

- Faturamento a maior com acerto – neste caso, o valor faturado a mais é devolvido ao cliente, mas os tributos de venda pagos pelo fornecedor são calculados sobre o valor de venda e, portanto, também são majorados. O ressarcimento ao cliente não produz ressarcimento ao fornecedor dos tributos pagos em excesso e isto representa uma perda financeira.

- Faturamento a menor com acerto – quando o fornecedor fatura a menor, é possível acordar com o cliente uma fatura complementar como medida de acerto, mas isto demanda vários dias, gerando assim atraso nos recebíveis, com perda financeira devido ao aumento do custo de oportunidade.
- Faturamento a menor sem acerto – neste caso a razão da perda financeira é evidente, devido à redução confirmada da receita que deveria ser auferida na venda.

Para que a análise destas quatro situações possa ser efetivamente útil em uma decisão de investimento em uma EMED, é necessário estimar a probabilidade das perdas, para realizar em seguida uma possível quantificação financeira destas perdas. Se as quatro situações apresentadas tivessem exatamente a mesma probabilidade de ocorrer, a probabilidade de perdas para o fornecedor seria de 75% (três em quatro). Assumindo-se inicialmente esta hipótese, bem como uma redução média de incerteza no faturamento de 0,30%, já anteriormente assumida, pode-se inferir que existiria uma favorabilidade de 0,23% (75% de 0,30%) para o fornecedor, na redução de riscos financeiros. Este percentual é o que deveria ser efetivamente considerado como ganho, em termos de redução de perdas financeiras, para a análise do investimento na EMED, após ser convertido em valor monetário.

No exemplo dado são consideradas probabilidades iguais de ocorrência para as quatro situações abordadas, para simplicidade de raciocínio, mas isso não é o esperado na prática. O divisor de águas é a probabilidade de haver ou não acertos comerciais, pois as probabilidades de ocorrência de faturamentos a maior ou a menor são iguais, por definição.

Além das probabilidades consideradas, a real análise de investimento deve considerar não apenas os percentuais, mas o valor monetário envolvido em cada situação. Isto representa um levantamento dos custos reais de tributos excedentes, de oportunidades de investimentos financeiros adiadas, ou de receitas perdidas nas vendas, ou ainda, dos ganhos monetários reais em faturamentos a maior, sem ocorrência de acertos. Tanto os percentuais, quanto os valores monetários que devem ser empregados em uma avaliação real de perdas e ganhos, podem ser obtidos por análise estatística dos dados históricos das operações de transferência, bem como dos registros de reclamações e valores aplicados em acertos comerciais.

A rigor, a redução das incertezas de medição podem representar menores riscos também para o cliente. Um faturamento a maior sem acerto gera perdas para o cliente, por se pagar mais caro pela quantidade recebida. Caso haja acerto, o que leva algum tempo para se efetivar, existe a perda de oportunidade de investimentos, pelo capital parado na transação. Se o faturamento for a menor e for realizado algum acerto, o cliente leva uma vantagem por reter parte do capital pelo tempo demandado para o acerto ser efetivado. No caso de um faturamento a menor, sem acerto, o cliente tem um ganho real, mas fica sujeito a problemas com o fisco, por estar com uma entrada contábil menor que a física. A prática comercial tem demonstrado que ambas as partes têm interesse em quantificações realizadas com as menores incertezas possíveis e com as diferenças de medição enquadradas nos limites contratuais.

Além da redução de riscos financeiros a partir da redução de incertezas na quantificação de produtos para faturamento, existe outro ponto a ser considerado para a indicação do uso de uma EMED, sob o ponto de vista de perdas financeiras relacionadas às receitas em vendas. Trata-se da tendência de medições a menor nos sistemas de quantificação dos clientes, conhecidas como “faltas” e que são observáveis em algumas situações. As faltas se deve a alguns fatos conhecidos, especialmente as perdas reais por evaporação no processo de transferência. Esta tendência também se confirma através dos limites contratuais para as diferenças de quantificação, que são assimétricos e com tendências a faltas.

Apesar do que se conhece de forma genérica, esta tendência de faltas deve ser estudada estatisticamente em cada caso, ou seja, por cliente, tipo de produto e tipo de sistema, podendo não ser confirmada em todos os casos. Uma vez confirmada, esta tendência representa evidentemente uma perda financeira para o fornecedor quando o faturamento é realizado pelo sistema de medição do cliente. Visto que a EMED é um sistema universalmente conhecido como sendo de alta confiabilidade metrológica e é o primeiro na hierarquia contratual, a sua indicação representa uma garantia do faturamento para o fornecedor, evitando a medição a menor no cliente. Esta garantia é embasada também no alto fator de utilização das EMEDs que é melhor que 97%. O fator de utilização é o percentual de tempo que uma EMED opera sem paradas em um determinado período. Novamente, neste caso, os ganhos por reduções de perdas devem ser avaliados e apurados formalmente, com base em dados reais, para que possam nortear a viabilidade econômica do investimento em uma EMED.

3.4.3.2.

Contribuição para redução do custo operacional

O custo operacional de uma EMED é relativamente baixo, em função do elevado grau de automação de que é dotado este sistema de medição. O mesmo se pode dizer para os custos de manutenção, em função da confiabilidade e da disponibilidade dos componentes utilizados.

Sulton (2007) menciona que os custos com manutenção associados ao sistema de medição dinâmica são mínimos e a vida útil do sistema tende ao infinito. Pontua que, em um primeiro olhar, o treinamento adicional necessário para se operar propriamente o sistema costuma ser uma preocupação, mas que tem sido demonstrada, na prática, maior facilidade para alguém aprender a operação de medidores do que a medição manual de tanques. O autor discorre sobre sistemas de medição dinâmica em caminhões, que são mais simples em concepção e operação que EMEDs, porém as considerações servem para ambos os sistemas, pois possuem a mesma estrutura básica e os mesmos princípios de operação.

Em 3.4.2.2, foi mencionada a redução de homem-hora (HH) no campo devido à automação do processo de medição com o uso de EMED, com foco na melhoria do serviço. É evidente que esta redução de HH reduz também os custos operacionais, pois o processo de medição se torna mais ágil e eficiente, com menos movimentação de pessoas, menos anotações em papel ou digitações. Redução semelhante de HH ocorre também no processo de impressão e emissão de faturas, visto que a EMED permite a emissão direta de fatura e nota fiscal eletrônica, por meio do seu recurso de comunicação de dados, desde que esteja conectada ao sistema corporativo da organização.

Com relação à economia de materiais, pode-se mencionar a eliminação de despesas decorrentes de erros de emissão de documentos para faturamento, despesas contínuas com materiais frágeis, como trenas de profundidade e termômetros de líquido em vidro, dentre outras.

Em termos de operações logísticas, pode-se mencionar a redução das janelas de indisponibilidade, que permitem maior escoamento do produto estocado, melhorando assim o giro de capital.

Observando-se as possibilidades de redução de custos operacionais aqui pontuadas, percebe-se que a medição dinâmica por meio de EMEDs contribui para a eliminação de vários tipos de desperdícios, como é preconizado pelo conceito de logística enxuta, apresentado em 2.1.2.1.

3.4.3.3.

Contribuição para a redução do custo de oportunidade

Um dos conceitos mais focados recentemente, em relação a possibilidades de ganhos financeiros com o uso de medição dinâmica é a redução de custos de oportunidade, a partir da antecipação de receitas, ou redução do ciclo caixa-a-caixa, conforme definido por Christopher (2011), que finaliza com a entrada efetiva da receita de um produto vendido no caixa da empresa. Quanto maior a antecipação dos recebíveis, maior o capital livre para investimento em outras oportunidades, que podem gerar mais receitas. Uma EMED permite a disponibilização *on-line* dos resultados totais ou parciais da quantificação do produto transferido, nos sistemas corporativos de faturamento, por meio de seus recursos de comunicação de dados, possibilitando o envio da nota fiscal imediatamente após a entrega. Isto vale para tanto para transferências com quantidades pré-definidas, como para transferências diárias (24h), sendo que no segundo caso, a EMED totaliza o produto em uma determinada hora do dia, conforme programado pela área de operação.

Na descrição de Myers (2005), a medição em linha não apenas elimina o tempo da medição manual, considerando o tempo no tanque ou tempo devido a problemas com o clima, além do tempo gasto nas anotações, mas também o tempo decorrido entre a entrega do produto e o seu pagamento. Assim, a antecipação de receitas pode ser obtida por duas vias que se complementam: a redução do tempo de ciclo do pedido e a automação do fluxo de informações.

Estudos preliminares, realizados no Brasil, em sistemas de faturamento de derivados de petróleo, indicam que um processo de automação do faturamento, incluindo a migração automática do valor da quantidade de produto apurada por EMED, leva a uma redução significativa do tempo para a emissão de nota fiscal. Segundo estes estudos, estima-se um custo de oportunidade da ordem de 0,02% dos valores faturados após o dia da entrega, referente a receitas financeiras não auferidas devido ao tempo decorrido para o envio das notas fiscais. Trata-se de um valor considerável, levando-se em conta que o mercado de derivados movimenta dezenas de bilhões de reais por ano.

Além da maior velocidade no fluxo de informações financeiras, devido à conexão da EMED com o sistema de faturamento, a leitura automática dos valores quantificados pela EMED, elimina o tempo de retrabalho e nova emissão

de notas fiscais, devido a erros de leitura e digitação. Este tipo de atraso representa uma importante parcela de tempo do processo de faturamento.

3.4.3.4.

Contribuição para a redução de investimentos em ativos logísticos

Este tipo de ganho talvez seja o mais representativo, dentre os ganhos aqui abordados, pois se trata da possibilidade de redução de investimentos em tanques de armazenamento. Os tanques são ativos fixos de alto custo de implantação e manutenção, razão pela qual o seu número e dimensões, em um parque de armazenamento são critérios muito racionalizados em um projeto logístico nas áreas de transferência e estocagem de produtos.

Na logística de entrega de produtos para clientes, os tanques são necessários não apenas para armazenagem, mas também para a quantificação dos produtos transferidos, o que pode ser efetuado nos tanques expedidores ou recebedores. No âmbito da quantificação, deve ser previsto ainda, um excedente na capacidade de armazenagem, devido à necessidade de segregação do tanque que estiver sendo medido. Desta maneira, se torna possível parar um tanque para medição, enquanto os outros movimentam produto, evitando assim interrupções no processo de envio ou recebimento, porém este excedente encarece o projeto.

Existem pelo menos duas situações, em que os tanques são necessários, exclusivamente para fins de quantificação e dispensáveis para a armazenagem. Uma delas é o caso dos produtos vendidos em transferências diárias contínuas, onde o produto produzido pode ser enviado diretamente da unidade que o produz para o duto e transferido para o cliente, sem ser previamente armazenado em um tanque. Caso não existam também tanques recebedores, ou os existentes não possam ser utilizados para medição, a solução mais imediata para possibilitar o faturamento seria a construção de tanques expedidores, especificamente para este fim.

Outra situação é quando os tanques expedidores estão muito distantes do ponto de entrega ou é realizada operação em poliduto, com corte de produtos na região de entrega, assumindo-se ainda que a quantificação nos tanques do cliente seja inviável. Neste caso, é necessário construir tanques próximos à região de entrega ao cliente, após o corte de produtos e com expedição dos produtos para o cliente por meio de dutos dedicados.

Nos dois casos mencionados foi assumido que a tancagem do cliente não fosse considerada para fins de faturamento. Isto normalmente ocorre quando a capacidade da tancagem do cliente é insuficiente para que haja segregação de algum tanque ou quando o fornecedor deseja evitar perdas no faturamento, devido à natural tendência de medição a menor no tanque do cliente, como descrito em 3.4.3.1.

A construção de tanques com o fim exclusivo de quantificação para faturamento pode ser evitada com a instalação de EMEDs, transferindo-se desta forma a medição para o duto de entrega. O custo de uma EMED, tanto de implantação quanto de manutenção é muito inferior ao de tanques de armazenamento, considerando-se nesta comparação as mesmas condições operacionais (produto, vazão, quantidades transferidas, etc.).

O Quadro 14 mostra uma comparação de custos, envolvendo a implantação e manutenção de tanques e EMEDs. Os custos são mostrados em ordem de grandeza, pois variam muito em função do porte do tanque ou da EMED. Para efeito de comparação, foi considerado um tanque cilíndrico de teto fixo e porte médio, para expedição de derivados e uma EMED com dois tramos e um provador de pequeno volume.

Quadro 14 – Comparativo de custos EMED x Tanques

	Implantação (R\$)	Manutenção (R\$/ano)
Tanque	10.000.000 a 20.000.000	95.000
EMED	2.000.000 a 3.000.000	40.000

Fonte: Autor, 2014

Na comparação de custos entre tanque e EMED, deve ainda ser considerado que o Quadro 14 informa custos para cada tanque, porém, em geral, mais de um tanque é necessário para quantificação, visto que um tanque deve ser segregado para as medições, enquanto os outros expedem o produto. Desta forma, a comparação envolve o custo de uma EMED, contra o custo de mais de um tanque.

3.4.4. Análise dos ganhos

Os ganhos em eficiência logística obtidos por uma EMED, tanto na melhoria do serviço, quanto no desempenho financeiro, bem como a sua significância, em face aos custos de investimento para a sua implantação, dependem das circunstâncias e características do projeto logístico e do negócio. O Quadro 15 mostra uma visão ampliada dos valores logísticos agregados por uma EMED, já apresentados no Quadro 11, acrescentando os ganhos oportunizados por estes valores, os quais foram descritos nesta seção.

Os ganhos mostrados no Quadro 15 não são mutuamente excludentes, de modo que diversas formas de melhorias de serviço, bem como diversos tipos de redução de custos podem ocorrer, de forma concomitante, com a implantação de uma EMED.

Os ganhos marcados com asterisco são aqueles que têm maior significância, no âmbito do valor a que estão relacionados no Quadro 15, tanto para a prática comercial de derivados, como para a racionalização de projetos logísticos. Esta significância diz respeito à real possibilidade de ocorrência do ganho, ao ser implantada uma EMED e a intensidade de seus efeitos. Por exemplo, A substituição de um tanque expedidor por uma EMED, caso viável, em face às circunstâncias do projeto e do negócio, produzirá um ganho certo e elevado, pois é notório que os custos de implantação e manutenção de um tanque são muito superiores aos de uma EMED. Assim, este é um ganho de alta significância para o negócio e para decisão de investir em uma EMED. Por outro lado, a redução correspondente em HH para a operação de medição pode ser real, mas não muito significativa, caso o tanque expedidor empregado possua medição automática de nível e temperatura, recursos estes que também podem reduzir sensivelmente a presença de operadores no campo, bem como, em algum nível, o tempo de ciclo do pedido.

Os ganhos logísticos e comerciais mais significativos, em relação ao serviço, são as melhorias das dimensões baseadas em tempo e a redução de riscos de reclamação de clientes. Com relação aos ganhos financeiros, destacam-se a redução de riscos ou perdas no faturamento, a redução de custos de implantação e manutenção de tanques, a redução de custos de reprocessamento do faturamento e a redução dos custos de oportunidade, que podem aumentar a geração de receitas.

Quadro 15 – Ganho em eficiência logística obtido com uma EMED

Característica	Valor	Ganhos no serviço	Ganhos financeiros
Alto desempenho metrológico	Confiabilidade da medição	Confiabilidade da quantidade correta (Reclamações)*	Redução de perdas e riscos financeiros (faturamento)*
Automação e processamento em tempo real	Viabilidade de medição diretamente no duto	Tempo de ciclo do pedido* Flexibilidade* Disponibilidade*	Redução de investimentos em ativos logísticos (tanques)* Redução de custos operacionais (manutenção em tanques)* Redução do custo de oportunidade
	Redução de mão-de-obra no campo	Tempo de ciclo do pedido Flexibilidade Disponibilidade	Redução do custo operacional (HH e materiais) Redução do custo de oportunidade
Comunicação de dados	Confiabilidade e velocidade do fluxo de informações	Sistema de informação de apoio (reclamações)*	Redução do custo de oportunidade* Redução do custo operacional (faturamento)*
Mecanismos de diagnóstico	Confiabilidade da operação	Sistema de remediação de falhas* (reclamações) Sistema de informação de apoio (reclamações)* Entrega sem danos ao produto (reclamações)	Redução de perdas e riscos financeiros (ressarcimentos)*

Fonte: Autor, 2014.

Os ganhos financeiros têm grande probabilidade de justificarem o investimento em uma EMED, tornando-se assim os ganhos nos serviços ao cliente não onerosos ou menos onerosos para o fornecedor, comprovando a

eficiência logística desta solução. Contudo, para uma verificação mais objetiva da viabilidade econômica da implantação de uma EMED, é necessário quantificar os ganhos possíveis para o caso em estudo e aplicá-los em algum método, para analisar o retorno ao investimento. Visto que a perspectiva de uso de uma EMED é de longo prazo, alguns métodos de análise são mais indicados, como o VPL ou a TIR.

Uma avaliação preliminar do investimento também pode ser realizada através da análise Du Pont do ROI, descrita em 2.1.2.2. Esta análise é feita a partir da correlação entre os ganhos financeiros previstos e os seus efeitos no ROI ou em seus fatores constituintes: margem operacional e giro de capital, independentemente. Os ganhos no serviço podem também trazer resultados financeiros indiretos, mas não diferentes dos que já estão sendo analisados no âmbito econômico e financeiro. O Quadro 16 mostra a correlação entre os ganhos financeiros relativos às descrições do Quadro 15 e os seus impactos qualitativos no ROI, a partir dos seus fatores constituintes.

Cada análise mostrada no Quadro 15 assume uma situação de projeto em que ainda será decidida a forma de quantificação do produto, se por meio de tanques ou de uma EMED, considerando que não seja necessária a implantação de tanques para fins de armazenagem. Sob esta premissa, não se considera um aumento dos ativos fixos, o que ocorreria, por exemplo, se já houvessem tanques instalados e uma EMED estivesse sendo acrescentada à planta.

Caso uma análise seja feita sob a premissa de que já existam tanques instalados (com exceção da análise da última linha do Quadro 16), sendo a EMED uma opção de melhoria para a eficiência das entregas, haverá a mesma tendência de aumento da margem operacional, porém com alguma redução do giro de capital, devido ao aumento de investimentos em ativos fixos. Neste caso, o ROI será favorável caso o aumento na margem afete mais o índice do que a redução do giro, no caso estudado.

Quadro 16 – Impacto dos ganhos financeiros pelo uso de EMED no ROI

Ganho financeiro	Análise	Margem Operacional	Giro de Capital	ROI
Redução de perdas e riscos financeiros (faturamento, ressarcimentos)	Aumento de receitas nos faturamentos e redução de ressarcimentos, elevando o lucro operacional sem aumento das vendas líquidas	↑	—	↑
Redução de custos operacionais (HH, materiais, manutenção em tanques, emissão de faturamento)	Redução de custo das vendas e custos administrativos sem alteração das vendas líquidas	↑	—	↑
Redução do custo de oportunidade (fluxo de informações, tempo de ciclo do pedido)	Antecipação de recebíveis, gerando caixa a partir de retorno de investimentos financeiros, produzindo aumento do lucro operacional	↑	—	↑
Redução de investimentos em ativos logísticos (tanques)	Redução de investimentos em ativos fixos, reduzindo o capital investido	—	↑	↑

Fonte: Autor, 2014.

4

Exemplos práticos

Este Capítulo apresenta três exemplos de situações práticas reais no comércio de derivados brasileiro, respectivamente relacionados a três indicações logísticas, onde a escolha de uma EMED como sistema de quantificação para faturamento pode gerar um ganho significativo em eficiência no processo de entregas locais por modal dutoviário.

Embora os exemplos escolhidos sejam reais, não foi realizada uma abordagem no formato de estudos de casos, pois a intenção do seu uso é apenas ilustrativa, para realce dos fundamentos de análise de investimentos em EMEDs, desenvolvidos no Capítulo 3.

As três indicações logísticas são descritas a seguir, sendo que uma delas destaca a melhoria no serviço e as outras duas a redução de riscos financeiros.

- Venda de produtos a clientes que necessitam de fornecimento ininterrupto para o seu processo produtivo, com os seus tanques operando normalmente em pulmão, com poucas possibilidades de paradas para a realização de quantificação para faturamento. As paradas dos tanques, quando realizadas, interrompem o processo produtivo a ponto de prejudicar o negócio. As entregas de insumos para as indústrias petroquímicas, como propeno e nafta, são um exemplo típico desta situação.
- Venda de produtos a clientes, onde o fornecedor não dispõe de tanques expedidores e os tanques recebedores do cliente são impróprios ou sem capacidade suficiente para suportar paradas para quantificação. Esta situação é comum nas transferências de propeno liquefeito para as indústrias petroquímicas.
- Venda ou entrega para armazenagem de produtos de alto valor agregado ou em grandes quantidades, onde se deseja maior qualidade metrológica em sua quantificação, para reduzir riscos ou perdas financeiras, atreladas

às incertezas do valor faturado. Esta situação é comum na entrega para companhias distribuidoras de derivados, que normalmente possuem recursos de quantificação conformes, em seus tanques recebedores.

4.1.

Exemplo 1: Fornecimento de nafta a uma indústria petroquímica

A escolha da indústria petroquímica para este exemplo, se deve ao fato de que esta indústria tem experimentado condições bastante críticas em relação à disponibilidade de matéria prima. Segundo Gomes et al.(2005), o crescimento da demanda de quase todos os grupos de produtos da cadeia petroquímica tem levado a um aumento da utilização da capacidade instalada das unidades industriais, de modo que em poucos anos será atingido o limite de sua utilização. Este limite naturalmente envolve a capacidade de estoque (tanques), que se tornará cada vez mais escassa e difícil de gerenciar pelos métodos convencionais. Este fato aumenta os riscos de interrupções da produção, em algum momento, em uma determinada unidade de produção. Os autores também pontuam que a nafta é a principal matéria-prima utilizada no setor petroquímico nacional, e que é um produto de alto custo, pois segue a escalada de aumento de preço do petróleo. Acrescentam ainda que, mesmo que haja uma redução no preço do petróleo no futuro, é prevista a manutenção dos preços da nafta num patamar mais alto, em consequência de um crescimento do preço relativo da nafta em relação ao preço do petróleo.

Verificam-se assim dois pontos críticos com relação ao fornecimento de nafta: (1) é um insumo que requer alta disponibilidade e, portanto, requer um serviço de entrega com bom desempenho nas dimensões baseadas em tempo, especialmente com baixo tempo de ciclo do pedido; (2) é um produto que possui preço elevado e é adquirido em grandes quantidades, de modo que deve ser corretamente quantificado na entrega.

4.1.1.

Caracterização do problema

Conforme já delineado, este exemplo trata de uma situação real em que é necessário propor uma solução logística que possibilite a disponibilidade imediata da nafta ao ser recebida nos tanques de armazenamento da unidade e, ao mesmo tempo, garantir a qualidade necessária da quantificação para o seu faturamento, com as menores incertezas possíveis e dentro da legalidade.

Neste exemplo, a nafta é recebida de uma empresa de transporte, por bombeamento em duto dedicado com origem em um terminal. O cliente dispõe de quatro tanques de armazenamento e todos possuem válvulas de alinhamento com o duto para receber a nafta. A decisão do uso de modal dutoviário já prevê a necessidade de alta consistência no prazo de entrega, ainda mais levando-se em conta a quantidade diária de nafta demandada pelo cliente, que a recebe em regime contínuo e com vazão superior a 1.000 m³/h. A transportadora recebe a nafta de diversos produtores (refinarias) por meio de dutos e não possui tanques de armazenamento para este produto, no seu terminal. Cabe à transportadora operar os dutos e realizar as quantificações para faturamento nos tanques recebedores da petroquímica, sendo a nafta quantificada em massa.

Dos quatro tanques que o cliente dispõe, um deve ser segregado para as medições, enquanto os outros três fornecem matéria prima para o processo. O problema é que a demanda do processo utiliza rapidamente os estoques e frequentemente o tempo de parada do tanque segregado afeta sensivelmente a sua continuidade. De qualquer forma, a segregação acaba sendo efetuada em algum momento, com prejuízo da produção, a fim de evitar erros grosseiros de quantificação e os respectivos riscos financeiros, além de garantir a conformidade legal do faturamento. Esta situação se agrava, quando ocorre uma eventual parada do duto, acarretando na redução de estoques. Com estoques reduzidos, torna-se necessário o recebimento de maiores quantidades de nafta, para reposição, tornando mais problemática a separação de um tanque para a quantificação.

O procedimento de quantificação é complexo e demanda pessoal especializado para a sua operação. A transportadora é quem realiza as medições e envia operadores do terminal para efetuarem a quantificação no sítio do cliente em duas ocasiões, para as medições iniciais e finais que são realizadas antes e após a transferência, respectivamente. Isto representa uma parada do tanque recebedor, por um período constituído pelas seguintes parcelas de tempo: (1) primeiro tempo de repouso, (2) primeira visita dos operadores, (3) tempo da transferência e (4) segundo tempo de repouso, (5) segunda visita dos operadores e (6) Consolidação dos dados das medições e realização dos cálculos da quantidade transferida.

O tempo de visita dos operadores é composto de: (1) liberação para o serviço, (2) deslocamento até o sítio do cliente (pode estar a quilômetros de distância), (3) recepção e liberação para iniciar o trabalho nos tanques do cliente e (4) realização das medições e amostragens necessárias. Os cálculos de

quantificação com as medições iniciais, não afetam o tempo total de entrega, pois são realizados durante a transferência, mas os cálculos finais, que fornecerão a quantidade total transferida são acrescentados, pois ocorrem após a transferência.

É comum ocorrerem situações em que a transferência termina fora do horário administrativo do terminal, de modo que as medições finais, para fechamento da quantificação ficam transferidas para o dia seguinte, aumentando significativamente o tempo de parada do tanque.

O produto será considerado entregue e estará disponível para o cliente apenas quando a quantidade transferida for determinada, para posterior emissão de fatura e nota fiscal. O serviço de entrega assim estabelecido não satisfaz às necessidades do cliente, devido ao alto tempo de ciclo do pedido, gerando prejuízos em seu negócio, tanto em custos operacionais, quanto em perdas de receitas. Também o fornecedor sofre prejuízos, com a perda de receitas, devido às janelas de indisponibilidade para a transferência, o que reduz a quantidade vendida e com os atrasos no faturamento.

4.1.2. Soluções envolvendo tanques

Pelo menos três abordagens podem ser feitas para solucionar o problema de entrega, envolvendo tanques de armazenamento. A primeira seria o uso de medidores automáticos de nível e temperatura, instalados nos tanques recebedores do cliente. Estes instrumentos podem efetuar e informar automaticamente, por sistemas de comunicação eletrônica, a medição instantânea de nível e temperatura do produto em um tanque. O ganho em tempo de operação, porém, não será muito significativo, pois o operador terá que se deslocar, de qualquer maneira, para fazer as amostragens de produto no tanque, para levantamento da densidade. Além disso, o tempo de repouso terá que ser observado, independente do uso de medições automáticas e os cálculos de quantidades continuarão a ser efetuados manualmente. Assim, a única melhoria observada seria uma redução no tempo de visita dos operadores, nas tarefas de medição, cuja vantagem deve ainda ser confrontada com o investimento em medidores automáticos de nível e temperatura. Outra razão que contra indica esta solução é que estes medidores demandam de intenso e especializado acompanhamento metrológico, com operações contínuas de calibração e ajustes, para manter sua confiabilidade, o que passaria a ser

também atribuição da transportadora. Por fim, não haverá ganho significativo na quantificação, pois independente da medição ser manual ou automática, a qualidade da quantificação é limitada pelas imperfeições inerentes ao tanque.

A segunda abordagem seria o aumento da tancagem do cliente, que é uma solução simples e eficaz, porém cara, pois o custo de construção de tanques é muito elevado. Além disso, um tanque compromete uma área razoável da planta de produção, considerando-se a área de contenção (dique de segurança) que deve existir ao redor dele. Outro ponto a ser considerado, é que o incremento em capacidade de armazenagem não representa uma vantagem em termos logísticos, pois muito raramente haverá problemas com estoques de nafta por falta de fornecimento. Isto porque o recebimento feito por modal dutoviário pode suprir a indústria sem interrupções ou falhas na programação em quase 100% das vezes, considerando-se as paradas programadas. Rabelo (2012) pontua que quanto mais rápido e confiável for o serviço de transporte, menor será o estoque requerido em ambas as pontas da movimentação. O aumento da tancagem do cliente, porém, poderia ser conveniente caso a planta esteja em expansão, devido ao aumento da demanda produtiva. Neste caso, o aumento das receitas pode justificar este investimento.

A terceira abordagem, semelhante à segunda, seria a implantação de um ou mais tanques expedidores, no terminal, preferencialmente com recursos de medição eletrônica de nível e temperatura. Nesta situação, a quantificação seria feita pelos tanques do fornecedor e os quatro tanques do cliente estariam liberados para operar em pulmão. Esta condição pressupõe, obviamente, que o cliente prescindir de uma quantificação local, para comparação e acompanhamento, bem como do direito de reclamar as quantidades faturadas. O nível de serviço seria superior com esta solução, em relação às duas primeiras proposições, pois haveria substancial redução do tempo de ciclo do pedido, visto que os tempos de deslocamento e liberação para os trabalhos de medição no sítio do cliente seriam eliminados. O problema desta solução é o mesmo pontuado para a segunda proposição, ou seja, o elevado custo do investimento em tanques e a necessidade de adequações do espaço físico da planta, neste caso, do fornecedor.

Das três soluções propostas, envolvendo tanques, apenas a segunda e a terceira são eficazes, mas representam investimentos elevados. Nenhuma das soluções agrega qualidade significativa para a quantificação, embora este ponto não seja o foco do problema.

4.1.3.

Transferindo a solução para o duto

Os impasses descritos para as soluções, com base em tanques, só poderiam ser evitados se estes equipamentos forem isentos da utilização para fins de faturamento. Isto foi possível, no exemplo em questão, através da medição dinâmica, diretamente no duto, realizada através da implantação de uma EMED. Por ser responsável pelo faturamento, o fornecedor arcou com os custos de implantação e manutenção da EMED, que são muito inferiores aos mesmos tipos de custos, caso fosse adotada a solução com tanques. Para atender à vazão especificada, foi construída uma EMED com três tramos de medição, em paralelo, cada um dotado de um medidor tipo turbina e um densímetro de linha, para a obtenção da quantificação mássica. Os três tramos em conjunto podem medir vazões superiores a 1.200m³/h (800 t/h de nafta), podendo chegar a cerca de 1.600m³/h (mais de 1000 t/h de nafta).

O uso de densímetros de linha eliminou a necessidade de realização de amostragem do produto e, por consequência, qualquer necessidade dos operadores subirem aos tanques. Nesta nova situação, o cliente pode operar em pulmão com todos os seus tanques e o envio de nafta passou a ser em regime contínuo. O resultado final foi uma operação que não interfere no tempo de ciclo do pedido, que passou a ser constituído apenas dos processos comerciais, sendo estes normalmente pré-ajustados.

Além do ganho no serviço, o nível de incerteza das quantificações passou a ser limitado a 0,3%, com grande probabilidade de ser menor, como foi mencionado em 3.4.3.1. Segundo estimativas das partes envolvidas, as incertezas das quantificações mássicas nos tanques do cliente eram da ordem de 2,00%, de modo que a implantação da EMED reduziu consideravelmente os riscos financeiros para ambas as partes.

Por fim, houve ampliação na capacidade de vazão para o fornecimento de nafta, eliminando um gargalo logístico que possibilitará o crescimento do negócio para as partes envolvidas.

4.2.

Exemplo 2: Fornecimento de propeno a uma indústria petroquímica

Este exemplo também está inserido no contexto do comércio de insumos petroquímicos, porém o produto em questão é um gás liquefeito. O propeno é um hidrocarboneto que possui elevada pressão de vapor e, consequentemente

demanda de elevada pressão de condicionamento, tanto em tanques quanto em dutos para manter a sua fase completamente líquida à temperatura ambiente. Também é um produto de alto valor para a venda e possui alta demanda para os processos da indústria petroquímica, a semelhança do que ocorre para a nafta. Isto requer um fornecimento contínuo, com uma estrutura logística que garanta o mínimo de paradas.

A unidade de produção de propeno opera continuamente, de modo que o produto que sai da unidade deve ser expedido diretamente para venda ou armazenado em tanques do fornecedor, caso contrário a unidade deve ter sua operação interrompida. A transferência de propeno por modal dutoviário é feita diretamente por refinarias, normalmente em curtas distâncias e os clientes recebem o produto em tanques esféricos pressurizados.

O processamento do propeno no processo petroquímico gera um resíduo gasoso reaproveitável, que é enviado de volta à refinaria, por meio de outro duto, a qual o recicla em seu processo produtivo. Este resíduo é medido por medição dinâmica, através de um medidor mássico do cliente e faturado contra a refinaria. A quantidade do resíduo é pequena e o seu valor comercial é baixo. O cliente também possui um outro medidor mássico, instalado na refinaria, para a quantificação do propeno adquirido, visto que os seus tanques esféricos operam sempre em pulmão, devido à elevada demanda de matéria prima em seu processo de produção. O medidor do cliente é instalado na área da refinaria, para reduzir os riscos de vaporização do produto ao longo do duto, especialmente nos dias mais quentes.

O projeto inicial da estrutura de entrega de propeno não contempla a implantação de tanques expedidores da refinaria, para fins de quantificação. Contudo, um tanque esférico é instalado entre a unidade de produção e o duto de entrega, o qual opera em pulmão, com a função de estabilizar a vazão de saída e viabilizar a medição realizada pelo medidor mássico do cliente.

4.2.1. Caracterização do problema

A semelhança do exemplo estudado em 4.1, não existem opções para que a quantificação para faturamento seja realizada pelo fornecedor que, apesar de investir na construção de um tanque expedidor, não pode utilizá-lo para faturamento. Visto que os tanques do cliente se encontram na mesma situação,

a única opção de faturamento, no exemplo em questão, é o medidor mássico do cliente.

No exemplo estudado, o medidor mássico do cliente não pode ser considerado uma EMED, apesar de realizar medição dinâmica, por pelo menos três razões triviais: (1) não existem dispositivos adicionais condicionadores de fluxo a montante do medidor, (2) não existe controle da pressão no duto e, portanto a garantia que ele esteja sendo medido totalmente em fase líquida e (3) a calibração do medidor não é realizada por meio de provador, mas sim em laboratório de calibração, fora das condições operacionais do processo de entrega. Portanto, o medidor não possui a qualidade metrológica de uma EMED, nem os seus recursos de diagnóstico, o que compromete a confiabilidade da medição por ele efetuada.

O problema em questão é o desconforto do fornecedor, com relação ao desconhecimento do nível de exatidão e incertezas dos valores faturados e a necessidade criar condições para efetuar o faturamento, a partir de um sistema de medição que seja prevalente sobre o do cliente.

4.2.2. Soluções com a medição estática

O tanque esférico expeditor, caso pudesse ser usado para a quantificação, não prevaleceria sobre o medidor do cliente, devido a conhecida má qualidade da determinação de quantidades em tanques esféricos pressurizados, razão pela qual, são considerados a última opção para faturamento nos contratos de venda.

Uma opção que poderia prevalecer sobre o medidor do cliente seria o uso de tanques cilíndricos horizontais pressurizados, que são a segunda opção de faturamento nos contratos, perdendo lugar apenas para as EMEDs. Para usar esta opção, seria necessário utilizar um certo número mínimo de tanques, de modo que pelo menos um deles possa ser segregado para a quantificação, enquanto os outros enviam o produto. A operação com mais de um tanque é necessária porque o fluxo de produto não pode ser interrompido. A interrupção do fluxo, que implica na parada da unidade de produção, representa prejuízos para ambas as partes. A petroquímica perde a continuidade de seus processos e a refinaria é obrigada a degradar alguns produtos já processados.

Esta solução trás o benefício da inclusão de mais uma referência de medição, melhorando o controle sobre os valores faturados, mas não deve agregar muito em termos de qualidade metrológica.

4.2.3. Soluções com a medição dinâmica

Certamente a medição dinâmica representa uma solução com vantagens em custos e confiabilidade, em relação a solução com tanques, mas a opção mais barata seria, a princípio, a instalação de um medidor mássico idêntico ao do cliente e com o mesmo procedimento de calibração externa. Pelas premissas contratuais, havendo igualdade na qualidade da medição entre o sistema do fornecedor e o sistema do cliente, prevalece o sistema do fornecedor.

Estudos preliminares, baseados em séries históricas de diferenças de medição entre EMEDs e medidores mássicos (instalados e operados na forma descrita neste exemplo), em transferências de propeno, mostram uma tendência de medição a menor, pelo medidor mássico, na ordem de 2,00%. É uma diferença muito elevada, mesmo considerando-se que a EMED tem a sua parcela de incertezas.

Considerando-se a significativa quantidade de propeno comercializado por uma refinaria, bem como o seu valor de venda e as perdas em receitas geradas pela medição mássica do cliente, o uso de uma EMED a montante do tanque expedidor é uma solução de medição fortemente recomendada neste caso.

Os dispositivos de condicionamento do fluxo e de controle de pressão e vazão do produto, disponibilizados pela EMED, possibilita ainda realizar a medição sem o uso do tanque esférico empregado inicialmente. Assim, este ativo fica liberado para outra aplicação na refinaria. Este fato pode representar uma grande economia, caso haja necessidade de aumentar o parque de tancagem de outros gases liquefeitos comercializados pela refinaria, como por exemplo o GLP, o que de fato ocorre, eventualmente.

4.3. Exemplo 3: Fornecimento de querosene de aviação a uma companhia distribuidora

Este exemplo se refere a uma situação de projeto de uma estrutura logística para entrega de querosene de aviação (QAV) à uma companhia distribuidora. O QAV é produzido por uma refinaria que possui tanques

expedidores para este produto. A distribuidora também possui tanques recebedores em condições de realizar quantificação para faturamento.

A refinaria se encontra a cerca de 60km do cliente mas envia o QAV em poliduto, juntamente com nafta. Estes produtos são separados em um terminal, próximo ao cliente. Após a separação, a nafta é enviada para um porto local, onde é carregada em navio. O QAV é enviado simultaneamente para o cliente e para o porto, sendo que a ramificação do duto se dá fora do terminal. Não existem tanques de armazenamento para estes produtos no terminal, nem sistemas de medição dinâmica para quantificar as entregas aos navios. Os produtos carregados são medidos diretamente nos tanques dos navios.

O QAV é um produto de alto valor comercial e o fornecimento em questão é em grandes quantidades, de modo que as incertezas de medição podem ter grande impacto econômico para as partes.

4.3.1. Caracterização do problema

Com esta concepção do projeto da logística de entrega, o fornecedor não terá recursos para realizar a quantificação para faturamento, embora disponha de tanques expedidores em condições para isto. A razão é o compartilhamento do duto, pois os cortes de produto realizados no terminal para separar o QAV da nafta, geram perdas físicas (degradações) de ambos os produtos, de modo que o cliente estaria recebendo menos QAV do que foi efetivamente faturado.

Neste contexto, a medição deve ser realizada necessariamente nos tanques do cliente. Esta situação, não gera o mesmo desconforto para o fornecedor, quanto a situação descrita em 4.2, onde o nível de confiabilidade da medição do cliente era baixo e era prevista uma tendência de erros de quantificação elevados e a menor. Ainda assim, existe a conhecida tendência de medição a menor no cliente e a quantificação realizada em seus tanques não poderá ser verificada, salvo por meio da realização balanços com altas incertezas, envolvendo as quantidades carregadas em navios e a medição de produtos degradados.

4.3.2. Estabelecendo a medição do fornecedor próxima ao cliente

A solução para garantir a medição do fornecedor deve ser implementada em um único local, que é o ramal de QAV para a distribuidora, após a

ramificação que conduz o produto simultaneamente ao porto. Este local, se encontra fora do terminal.

O sistema de quantificação pode ser estático ou dinâmico, mas existem duas razões para privilegiar o dinâmico: (1) a operação é distante e convém que seja totalmente automatizada; (2) os custos elevados para a construção de um parque de tanques fora do terminal.

A implantação de uma EMED neste caso, pode reduzir os riscos discutidos em 3.4.3.1, os quais, em face das quantidades e do valor do QAV, podem ser elevados o suficiente para justificarem este investimento.

5

Conclusões e propostas de estudos futuros

A eficiência logística consiste em oferecer um nível de serviço que atenda aos valores percebidos pelo cliente, com custos otimizados ou racionalizados, de modo a garantir lucratividade e viabilidade do negócio, para ambas as partes envolvidas.

A logística de entrega de derivados de petróleo por modal dutoviário, em operações de venda, é substancialmente afetada pelas atividades de quantificação do produto entregue, com fins de faturamento. A escolha do método de medição a ser empregado na estrutura logística deve ser aquela que possa viabilizar ou promover as principais dimensões requeridas pelos clientes para estes serviços. Ao mesmo tempo, o sistema de medição empregado e os seus procedimentos de operação devem estar em conformidade legal, atendendo aos requisitos da regulamentação oficial e do contrato de venda.

As Estações de Medição (EMEDs) apresentam características funcionais relevantes para a logística de entrega, capazes de criar valores logísticos que afetam positivamente as dimensões mais importantes para este serviço, como as dimensões baseadas no tempo e no apoio ao cliente. Além dos valores para o serviço, estas características também disponibilizam diversas possibilidades de redução de custos, com base na qualidade e confiabilidade das medições, tanto para o fornecedor quanto para o cliente. O nível do ganho em eficiência, tanto em serviço, quanto em custos e a decisão de investimento em uma EMED, depende de como se configura o negócio e as estruturas logísticas existentes. Alguns exemplos reais da comercialização de derivados no mercado interno nacional foram empregados para ilustrar este fato. A partir dos exemplos analisados, foi possível verificar que:

- Na implantação de uma EMED em uma linha de venda de nafta, houve redução significativa do tempo de ciclo do pedido e uma melhoria na disponibilidade do produto, em relação ao fornecimento com quantificação em tanques. Ao mesmo tempo, esta melhoria no serviço reduziu riscos financeiros e possibilitou a expansão dos negócios para o fornecedor e para o cliente.

- Em uma linha de venda de propeno, uma EMED foi empregada como solução para a eliminação de perdas previsíveis no faturamento, bem como para o aumento de sua confiabilidade. Além disso, um tanque esférico ficou liberado da linha de propeno, para ser usado em outra aplicação, reduzindo custos futuros com tancagem.
- Em um projeto de estrutura logística complexa, para venda de querosene de aviação, em que o faturamento não poderia ser realizado pelo fornecedor, mas obrigatoriamente pelo cliente, foi argumentado que a implantação de uma EMED poderia reverter esta situação. A argumentação utilizada é que a avaliação da redução de riscos financeiros, por faturar com a quantificação do cliente, pode justificar o investimento na EMED e garantir os faturamentos futuros com menores riscos de perdas nas receitas.

Os ganhos verificados nestes exemplos foram possíveis, a partir de concepções de projeto onde, de alguma forma, houve integração entre as funções de marketing e logística (que também realizou as análises financeiras), com funções técnicas de medição. A sistematização do planejamento logístico, com base neste tipo de análise multifuncional, tende a multiplicar o número de projetos de novas unidades ou de alterações em unidades existentes, que possuam alta eficiência no serviço de entrega de derivados, com fins comerciais.

5.1.

Propostas de estudos futuros

- Propor variáveis e desenvolver um método de medição de desempenho para verificar o ganho em eficiência da aplicação de uma EMED em um determinado serviço logístico.
- Desenvolver um método de apoio à decisão para investimentos em EMEDs, a partir da avaliação do ganho em eficiência dos serviços logísticos, de acordo com o caso em estudo.

- Desenvolver um estudo de caso, envolvendo a avaliação de viabilidade técnica e econômica para a implantação de uma EMED, para melhoria de serviços logísticos, quantificando-se os ganhos financeiros.
- Desenvolver estudos semelhantes, relacionados à entrega de outros commodities, onde a medição ou outro aspecto específico possa interferir no serviço logístico.
- Desenvolver um estudo sobre aplicação da medição dinâmica, para melhoria do fechamento contábil de unidades armazenadoras ou inventários em dutos, no caso de transportadoras.

ANDERSON, E. W.; MITTAL, V. **strengthening the satisfaction-profit chain**. Journal of service research, 2000. v.3, n.2, p.107-120.

ANDRADE, P. C. N.; FERREIRA, L. E. A.; ROCHA, P. S. M.; **Considerações sobre incerteza na medição de petróleo e gás**. Revista Analytica, 2006. n.23, p.72-75.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Resolução ANP nº 7, de 09 de fevereiro de 2011**.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Resolução Conjunta ANP/Inmetro nº 1, de 10 de junho de 2013**.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **38º Leilão de Biodiesel**. Edital Leilão Público 033/14 - ANP - inclusão do Anexo II com os PMR's Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=71823&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1407265960375>. Acesso em: 5 Ago. 2014.

AMERICAN PETROLUM INSTITUTE. **Manual of Petroleum Measurement Standards**. Cap. 11.2.1 e 11.2.1 M - Compressibility Factors for Hydrocarbons: 0-90" API Gravity and 638-1074 Kilograms per Cubic Metre Ranges, 1984.

AMERICAN PETROLUM INSTITUTE. **Manual of Petroleum Measurement Standards**. Cap. 11.2.2M - Compressibility Factors for Hydrocarbons: 350-637 Kilograms per Cubic Metre Density (15°C) and - 46°C to 60°C Metering Temperature, 1986.

AMERICAN PETROLUM INSTITUTE. **Manual of Petroleum Measurement Standards**. Cap. 14 - Natural Gas Fluid Measurement, Seção 6 - Continuous Density Measurement, 1991.

AMERICAN PETROLUM INSTITUTE. **Manual of Petroleum Measurement Standards**. Cap. 11 - Physical Properties Data: addendum à Seção 2, Parte 2 - Compressibility Factors for Hydrocarbons Correlation of Vapor Pressure for Commercial Natural Gas Liquids, 1994.

AMERICAN PETROLUM INSTITUTE. **Manual of Petroleum Measurement Standards**. Cap. 21-Flow Measurement Using Electronic

Metering Systems: addendum à Seção 2 - Flow Measurement Using Electronic Metering Systems, Inferred Mass, 2000.

AMERICAN PETROLUM INSTITUTE. **Manual of Petroleum Measurement Standards**. Cap. 3 - Tank Gauging, Seção 1B - Standard Practice for Level, 2001.

AMERICAN PETROLUM INSTITUTE. **Manual of Petroleum Measurement Standards**. Cap. 7 - Temperature Determination, 2001.

AMERICAN PETROLUM INSTITUTE. **Manual of Petroleum Measurement Standards**. Cap. 5 – Metering, Seção 6 - Measurement of Liquid Hydrocarbons by Coriolis Meters, 2002.

AMERICAN PETROLUM INSTITUTE. **Manual of Petroleum Measurement Standards**. Cap. 3 - Tank Gauging Seção 1A -Standard Practice for the Manual Gauging of Petroleum and Petroleum Products, 2005.

AMERICAN PETROLUM INSTITUTE. **Manual of Petroleum Measurement Standards**. Cap. 11 - Physical Properties Data – Seção 1 - Temperature and Pressure Volume Correction Factors for Generalized Crude Oils, Refined Products, and Lubricating Oils, 2007.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D1265-11**. Standard Practice for Sampling Liquefied Petroleum (LP) Gases, Manual Method, 2011.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D2163-14**. Standard Test Method for Determination of Hydrocarbons in Liquefied Petroleum (LP) Gases and Propane/Propene Mixtures by Gas Chromatography, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-14883**: Petróleo e produtos de petróleo - Amostragem manual, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5992**: Álcool etílico e suas misturas com água - Determinação da massa específica e do teor alcoólico - Método do densímetro de vidro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-15639**: Álcool etílico e suas misturas com água - Determinação da massa específica e do teor alcoólico - Método da densimetria eletrônica, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-16020**: Medição eletrônica de líquidos — Computadores de vazão, 2011.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: Logística Empresarial. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BATAGIN, H. R. **O Elo Perdido na Evolução da Gestão da Cadeia de Suprimentos: O Pagamento Eletrônico Via EIPP.** Grupo de estudos logísticos UFSC, 2005.

BEAMON, B. M. **Supply chain design and analysis: Models and method.** International Journal of Production Economics, 1998. v.55, n.3, p.281-294.

BERTO, F. J. **Technology review of tank measurement errors reveals techniques for greater accuracy.** The Oil and Gas Journal, 1997.

BOWERSOX, D. J.; COOPER, M. B.; CLOSS, D. J. **Gestão logística de cadeias de suprimentos.** Porto Alegre: Bookman, 2006.

CAVALCANTE, F. **O Tratamento das receitas financeiras na análise econômica.** Cavalcante & Associados. Up-to-date, n.433. Disponível em: <http://www.cavalcanteassociados.com.br/utd/UpToDate433.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2014.

CHRISTOPHER, M. **Logistics and competitive strategy.** European Management Journal. Cranfield, 1993. v.11, n.2, p.258-261.

CHRISTOPHER, M. **Logistics & supply chain management.** Financial Times Prentice Hall, 2011.

CONSELHO NACIONAL DO PETRÓLEO. **Resolução nº 1, de 25 de maio de 1963.** Publicada no D.O.U. de 28 de maio de 1963.

CONSELHO NACIONAL DO PETRÓLEO. **Resolução nº 6, de 25 de junho de 1970.** Publicada no D.O.U. de 13 de julho de 1970.

COMSTOCK, D. **Measurement accuracy and sources of error in tank gauging.** Annual International School of Hydrocarbon measurement. Oklahoma City: ISHM, 2014.

DOMINGUEZ, S. V. **O valor percebido como elemento estratégico para obter a lealdade dos clientes.** Caderno de pesquisas em administração. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000. v.7, n.4, P.53-64.

DO VAL, L. G.; HIJJI, A. S. A. **Uncertainty analysis of custody transfer operations with upright cylindrical tanks.** OIML Bulletin, 2012. v.53, vn.2, p.24-32.

EBERT, L. **Lease vs. buy: the corporate perspective.** Real Estate Issues, 1987. v.12, n.1, p.15-20.

FAÉ, M. I.; MARCHESI, M. J. **Perdas e Erros de Medição em Movimentações de Granéis Líquidos.** Congresso Internacional de Pesquisa em Logística. RIRL, 2004.

FERNANDEZ, N. S.; SCAVARDA, L. F.; LEIRAS, A.; HAMACHER, S. **Diseño de sistemas de medición de desempeño de proveedores**: experiencias de un caso de estudio. Produção. Rio de Janeiro, 2012. v.22, n.1, p. 43-57.

FISHER, M. L. **What is the right supply chain for your product?** Harvard business review, 1997. v.75, p.105-117.

FLEURY, P. F.; SILVA, C. R. L. **Avaliação do serviço de distribuição física**: a relação entre a indústria de bens de consumo e o comércio atacadista e varejista. Gestão e Produção. Rio de Janeiro, 1997. v.4, n.2, p.204-218.

GARLAND, H. H. **Resolving liquid measurement differences**. 83rd Annual International School of Hydrocarbon measurement. Oklahoma City: ISHM, 2008. p.404-406.

GOMES, G; DVORSAK, P; HEIL, T. **Indústria Petroquímica Brasileira**: Situação Atual e Perspectivas. Rio de Janeiro: BNDES Setorial, 2005. n. 21, p.75-104.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Going lean**. Lean Enterprise Research Centre Text Matters. New York, 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Portaria n.º 113, de 16 de outubro de 1997**.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Portaria Inmetro nº 64, de 11 de abril de 2003**.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Portaria Inmetro nº 71, de 28 de abril de 2003**.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Portaria Inmetro n.º 232, de 08 de maio de 2012**. Vocabulário Internacional de Metrologia – Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012).

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Portaria Inmetro nº 648, de 12 de dezembro de 2012**.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Metrologia Legal**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/metlegal/> Acesso em: 03 Ago. 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE PESOS E MEDIDAS. **Portaria INPM nº. 33, de 28 de abril de 1967**.

INSTITUTO NACIONAL DE PESOS E MEDIDAS. **Portaria INPM nº. 15, de 02 de maio de 1967.**

JOHNSON, H. T.; KAPLAN, R. S. **Relevance lost: The Rise and Fall of Management Accounting.** Boston: Harvard Business School Press, 1987.

LAI, K.; CHENG, T.C.E. **Just-in-time logistics.** Oxon: Ashgate Publishing Ltd, 2009.

MYERS, C. R. **Crude oil gathering - metering versus manual gauging.** Annual International School of Hydrocarbon measurement. Pennsylvania: ISHM, 2005.

NEELY, A. D.; GREGORY, M.; PLATTS, K. **Performance measurement system design: A literature review and research agenda.** International Journal of Operations and Production Management. Cambridge, 1995. v.15, n.4, p.80-116.

NOVACK, R. A.; RINEHART, L. M.; WELLS, M. V. **Rethinking concept foundations in logistics management.** Journal of Business Logistics, 1992. v.13, n.2, p.233-267.

PETRÓLEO BRASILEIRO. **Medição Dinâmica de Produtos Líquidos em Estações de Medição.** Apostila de treinamento interno. Petrobras, 2011.

PETRÓLEO BRASILEIRO. **Controle estatístico de fatores em estações de medição.** Procedimento interno. Petrobras, 2012.

RABELO, F. C. **Gestão de Estoques na Cadeia de Logística Integrada,** 2006. Disponível em:
http://www.supplychainonline.com.br/arquivos/Gestao%20Estoques%20Cadeia%20Integrada_1.pdf. Acesso em: 01 set. 2014.

RACHLIN, R. **Return on investment manual: tools and applications for managing financial results.** New York: M. E. Sharpe, Inc., 1997.

SAMANEZ, C. P. **Gestão de investimentos e geração de valor.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

RASMUSSEN, J. T.; PLASCZYK, M. R. **Troubleshooting liquid pipeline losses and gain.** Annual International School of Hydrocarbon measurement. Oklahoma City: ISHM, 2007.

SCHEFFLER, J. R. **Análise das medições para gás liquefeito de petróleo: implementação de uma nova estação de medição.** Trabalho de diplomação em engenharia química. Porto Alegre: UFRGS, 2011.

SILVA, C. R. L.; FLEURY, P. F. **Avaliação da organização logística em empresas da cadeia de suprimento de alimentos: indústria e comércio.**

Revista de Administração Contemporânea, Curitiba, 2000. v.4, n.1, p.47-67.

SULTON, J. W. **Crude oil gathering by truck metering versus manual gauging**. Annual International School of Hydrocarbon measurement. Tulsa: ISHM, 2007.

TONTINI, G.; ZANCHETT, R. **Atributos de satisfação e lealdade em serviços logísticos**. Gestão e Produção, São Carlos, 2010. v.17, n.4, p.801-816.