



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE MESTRADO EM LOGÍSTICA E PESQUISA OPERACIONAL

PAULO DE ALMEIDA LUZ

**ESTUDO DE PLANEJAMENTO DAS OPERAÇÕES LOGÍSTICAS EM UMA
REFINARIA DE PETRÓLEO VISANDO A MELHORIA DA RENTABILIDADE:
O CASO DA LUBNOR**

FORTALEZA - CE

2008

PAULO DE ALMEIDA LUZ

ESTUDO DE PLANEJAMENTO DAS OPERAÇÕES LOGÍSTICAS EM
UMA REFINARIA DE PETRÓLEO VISANDO A MELHORIA DA
RENTABILIDADE: O CASO DA LUBNOR

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Mestrado em Logística e Pesquisa Operacional da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Logística e Pesquisa Operacional.

Área de concentração: Gestão Logística.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Ribeiro de Melo Nunes

FORTALEZA
2008

L994e Luz, Paulo de Almeida

Estudo de planejamento das operações logísticas em uma refinaria de petróleo visando a melhoria da rentabilidade : o caso da Lubnor /Paulo de Almeida Luz, 2008.
237 f. ; il. color. enc.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Ribeiro de Melo Nunes
Área de concentração : Gestão Logística
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará,
Pró – Reitoria de Pesquisa e Pós – Graduação, Fortaleza, 2008.

1. Logística. 2. Planejamento da produção. 3. Estoques - Administração. 4. Petróleo – Refinarias. I. Nunes, Fernando Ribeiro de Melo (Orient.) II. Universidade Federal do Ceará – Programa de Mestrado em Logística e Pesquisa Operacional. III. Título.

CDD 658.78

PAULO DE ALMEIDA LUZ

ESTUDO DE PLANEJAMENTO DAS OPERAÇÕES LOGÍSTICAS EM
UMA REFINARIA DE PETRÓLEO VISANDO A MELHORIA DA
RENTABILIDADE: O CASO DA LUBNOR

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Mestrado em Logística e Pesquisa Operacional da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Logística e Pesquisa Operacional.

Fortaleza, 26 de setembro de 2008

Aprovada por:

Prof. Dr. Fernando Ribeiro de Melo Nunes
(Orientador)

Prof. Dr. João Welliandre Carneiro Alexandre
(Examinador Interno)

Prof. Dr. Homero Catão Maribondo da Trindade
(Examinador Externo)

AGRADECIMENTOS

A uma energia superior, que sinto me ajudar em momentos importantes.

Aos meus pais, Paulo Oriani e Maria Adélia, pelo cuidado que tiveram na educação dos seus filhos.

À minha esposa Cláudia e aos meus filhos Rafael e Mariana, pela família que formamos e pela compreensão durante a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Fernando Ribeiro de Melo Nunes, meu orientador, pela competência, dedicação e decência demonstradas durante a orientação deste trabalho.

À Petrobras, na pessoa do Gerente Geral da Lubnor, Eribaldo Fernandes, pela oportunidade e pelo apoio recebidos.

Aos professores Welliandre Carneiro e Homero Trindade, pela contribuição que deram a este trabalho como examinadores da banca.

Ao coordenador e professor do mestrado Bosco Arruda e aos professores Carlos Américo, Fernando Nunes, Lassance Castro, Marta Bastos e Welliandre Carneiro, pelos ensinamentos recebidos ao longo do mestrado.

Aos colegas do Mestrado: Auricélio Prata, Glawther Maia, Manoel Messias, Marília Ribeiro e Roberto Linard, pela troca de informações ao longo do curso e pelo material e apoio recebidos. Agradeço de forma muito especial ao também colega do Mestrado Emílio Capelo Júnior, que além dos aspectos citados em relação aos demais colegas, deu uma contribuição fundamental para a demonstração dos fluxos em contínuo neste trabalho.

Aos colegas da Petrobras/Lubnor: Antenor Leal, Augusto César, Carlos Gomes, Cícero Moura, Daniel Muniz, Fred Vieira, Henrique Justi, Jorge Triandópolis, Julia Braga, Lorena Ferreira, Patrícia Serpa, Pedro Paulo e Sônia de Fátima, pelo apoio, material e informações recebidos.

Aos funcionários da secretaria do mestrado: Emanuel, César, e Tânia pelo apoio dado ao curso.

Ao Governo do Brasil, por ter me proporcionado a oportunidade de realizar um curso de mestrado gratuito.

“A aprendizagem é uma janela exploratória que corrige seu curso à medida em que se prossegue”

(Peter Vail)

“Tantas vezes pensamos ter chegado, tantas vezes é preciso ir além”

(Fernando Pessoa)

“Se algum dia vocês forem surpreendidos pela injustiça ou pela ingratidão, não deixem de crer na vida, de engrandecê-la pela decência e de construí-la pelo trabalho”

(Atribuída a Edson Queiroz)

RESUMO

A Lubnor é uma refinaria de pequeno porte da Petrobras instalada dentro da cidade de Fortaleza-CE, que processa petróleos do tipo naftênico, pouco disponíveis na natureza. A refinaria dispõe hoje de três opções desses óleos para processamento e produz basicamente asfaltos e lubrificantes naftênicos, sendo a única produtora nacional destes últimos. O planejamento de processamento de matéria-prima e produção dessa unidade industrial é realizado de forma centralizada pela sede da organização, que busca os melhores resultados para o todo, mesmo que isso penalize uma unidade específica. Este trabalho tem como objetivos planejar as operações logísticas em uma refinaria de petróleo para maximizar seus resultados e mostrar que sincronizando a demanda por produtos acabados e a chegada de matéria-prima, a refinaria pode aumentar a capacidade de processamento reduzindo os estoques em processo. Para esse fim, foi adotada a estratégia de pesquisa bibliográfica e exploratória aplicada a um estudo de caso. Os referenciais teóricos estão suportados na previsão de demanda, gestão de estoques e nos sistemas de apoio à decisão. Os resultados apontam que entre seis configurações possíveis de processamento pela refinaria, duas apresentam melhor rentabilidade, duas apresentam um resultado um pouco inferior e as duas outras são inviáveis. A demonstração de que é possível aumentar a produção com a redução dos estoques em processo é realizada através de uma planilha do Microsoft Excel, que tem como variável a carga da unidade. Aumentando-se a carga em 50% e 100%, os estoques em processo caem a níveis inferiores aos existentes hoje na refinaria. Ao final deste trabalho são apontadas recomendações para a solução de problemas específicos que reduzem a rentabilidade da refinaria e o nível de serviço desejado.

Palavras-chave: Planejamento da produção. Rentabilidade. Estoques em processo. Previsão de Demanda. Gestão de estoques. Sistemas de Apoio à Decisão.

ABSTRACT

Lubnor is a small tonnage Petrobras' refinery located in Fortaleza, Ceará, Brazil. It refines naphthenic crude oils, which are not easy to find in nature. There are three kinds of Brazilian naphthenics oils currently available to be processed in Lubnor. The refinery produces basically asphalts and naphthenic lubricants, and it is the only Brazilian producer of these kinds of lubricants. The kinds of petroleum to process and the production planning of the refinery are made by the headquarters of the organization, which looks for the best results for the whole Company, although it means losses for one of the refineries. This work has the following objectives: to plan the logistic operations of a petroleum refinery in order to maximize its profits and to show that the refinery can improve its processing capacity reducing its *in process* inventory by synchronizing or balancing the output of final products and the input of crude oils. To reach these objectives, it was adopted the strategy of a literature research applicable to a case study. The theoretical references concern demand forecasting, inventory management and decision support systems. The results show that among the six possible configurations of oil refining, two are profitable, other two have a little gain and the last two are unfeasible. The demonstration that it is possible to increase the production reducing the *in process* inventory is made by using a Microsoft Excel spreadsheet with one variable: the diary flow of crude oil in the distillation unit. Increasing the flow in 50% and 100%, the *in process* inventory decreases to a lower level when compared with the current inventory at the refinery. At the end of this work, there are recommendations to solve specific problems which are reducing the refinery profitability and the service level.

Key words: Production planning. Profitability. In process inventory. Demand forecasting. Inventory management. Decision Support Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplos de operações que lidam com demanda sazonal	26
Figura 2 – Demanda histórica em crescimento com tendência, fator cíclico e demanda sazonal	27
Figura 3 – Processo de gestão das previsões	28
Figura 4 – Séries temporais com (a) tendência, (b) sazonalidade e (c) variação aleatória	34
Figura 5 – Comparação entre a média móvel simples, considerando períodos de três e nove semanas, e a demanda real	36
Figura 6 – Distribuições típicas de erros de previsões	54
Figura 7 – Processo produtivo em dois estágios	62
Figura 8 – Perfil de estoque para um item	70
Figura 9 – Perfil com estoque de segurança e ciclos de pedido e inventário para um item	75
Figura 10 – Nível e Ponto de Reposição como derivados da demanda e do lead time	77
Figura 11 – Representação gráfica da quantidade econômica de pedido	80
Figura 12 – Aumento do custo gerado por um erro percentual no cálculo do LEC	84
Figura 13 – Aumento do custo gerado por um erro percentual em um parâmetro do LEC	85
Figura 14 – Perfil de estoque com reabastecimento gradual	88
Figura 15 – Deslocamento do LEC em consequência de serem considerados os custos de estocagem verdadeiros	92
Figura 16 – Deslocamento adicional do LEC em consequência da redução nos custos de pedido	93
Figura 17 – Incerteza combinada da demanda e do lead time de pedido e o papel do estoque de segurança para evitar falta de estoque	94
Figura 18 – Comparação entre os sistemas de reabastecimento de estoques por quantidade de pedido fixa e período de tempo fixo	96
Figura 19 – A proteção de 95,45%, relativa a dois desvios-padrão, significa uma proteção real de 97,72%	100
Figura 20 – Variações de <i>DL</i> como resultado das incertezas em: (a) demanda e (b) <i>lead time</i>	104
Figura 21 – Modelo de revisão periódica com incerteza na demanda e no <i>lead time</i> para um item	106
Figura 22 – Curva de Pareto com uma classificação ABC para itens em estoque	112
Figura 23 – Classificação dos sistemas de informação	118
Figura 24 – Fases do processo de decisão e o fluxo de informação	121
Figura 25 – Esquema básico de refino	125
Figura 26 – Esquema simplificado dos processos da UVAC e ULUB e sua interação	137

Figura 27 – Esquema básico de refino da UVAC.....	139
Figura 28 – As 5 etapas do processo de produção da ULUB.....	141
Figura 29 – Sistema de escoamento de óleo e gás de Paracuru-CE para a Lubnor.....	142
Figura 30 – Visão geral da UPGN.....	143
Figura 31 – Fluxograma de Produção da Lubnor.....	151
Figura 32 – Perfil de estoque de asfalto da Lubnor.....	166
Figura 33 – Perfil de estoque de petróleo da refinaria.....	173

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Rendimentos, em volume, dos derivados produzidos na unidade de destilação a vácuo da Lubnor, de acordo com o petróleo e a campanha de produção.....	138
Tabela 2 – Previsão de mercado dos produtos acabados da refinaria para 2008, em m ³ a 20°C.....	165
Tabela 3 – Composição dos derivados acabados, em volume, formados a partir de misturas de produtos intermediários m ³ a 20°C.....	167
Tabela 4 – Previsão de mercado dos produtos acabados da refinaria para 2008, em m ³ a 20°C, em função de seus componentes.....	168
Tabela 5 – Capacidade de estocagem da refinaria, em m ³	172
Tabela 6 – Fatores de correção de temperatura, por produto.....	179
Tabela 7 – Perfil de produção com a operação simultânea da ULUB I e ULUB II.....	196
Tabela 8 – Preços do produtos da Lubnor, em junho de 2008.....	196
Tabela 9 – Análise econômica das configurações 1, 3, 4 e 6.....	197
Tabela 10 – Ganhos anuais pela produção de lubrificantes na ULUB II, a partir dos excedentes de DNS.....	199
Tabela 11 (a) – Configuração 1 - Perdas econômicas pela não venda de CAP.....	200
Tabela 11 (b) – Configuração 3 - Perdas econômicas pela não venda de CAP.....	200
Tabela 11 (c) – Configuração 4 - Perdas econômicas pela não venda de CAP.....	201
Tabela 11 (d) – Configuração 6 - Perdas econômicas pela não venda de CAP.....	201
Tabela 12 – Perdas de receita pela não venda do excedente de CAP.....	202
Tabela 13 – Comparação entre as configurações: perdas de receita pela não venda do excedente de CAP.....	202
Tabela 14 – Recebimento e Estoque de Petróleo.....	206
Tabela 15 – Petróleo processado e produção diária da UVAC.....	207
Tabela 16 – Fluxos em processo dos derivados produzidos na UVAC, sua utilização na produção de derivados acabados e seus estoques de segurança.....	209

Tabela 17 – Produção diária de derivados acabados (m ³)	210
---	-----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Funcionalidade do Inventário	58
Quadro 2 – Histórico do crescimento da Lubnor	130
Quadro 3 – Produtos expedidos e suas principais aplicações	135
Quadro 4 – Unidades de processo da Lubnor	136
Quadro 5 – Os quatro módulos da planilha do SAD	175
Quadro 6 – Sistema de Apoio à Decisão: primeira parte da Configuração 1A	181
Quadro 7 – Resumo dos resultados obtidos pelo SAD para as seis configurações	192

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Sazonalidade do mercado de asfaltos: vendas médias mensais 1998-2007 ..	132
Gráfico 2 – Vendas mensais de CAP-50/70 (2002-2007), em m ³	153
Gráfico 3 – Previsão das vendas de CAP-50/70 para 2008, em m ³ , calculada pelo método de Holt-Winters, com base no histórico de 2002 a 2007	154
Gráfico 4 – Vendas mensais de CM-30 (2002-2007), em m ³	154
Gráfico 5 – Previsão das vendas de CM-30 para 2008, em m ³ , calculada pelo método de Holt-Winters, com base no histórico de 2002 a 2007	155
Gráfico 6 – Vendas mensais de CR-250 (2002-2007), em m ³	156
Gráfico 7 – Previsão das vendas de CR-250 para 2008, em m ³ , calculada pelo método de Holt-Winters, com base no histórico de 2002 a 2007	156
Gráfico 8 – Vendas de MF-380 (2002-2007), em m ³	157
Gráfico 9 – Vendas de MF-180 (2002-2007), em m ³	158
Gráfico 10 – Vendas de OAF (2002-2007), em m ³	159
Gráfico 11 – Previsão das vendas de OAF para 2008, em m ³ , calculada pelo método de Holt-Winters, com base no histórico de 2002 a 2007	159
Gráfico 12 – Vendas mensais de NH-10 (2002-2007), em m ³	160
Gráfico 13 – Previsão das vendas de NH-10 para 2008, em m ³ , calculada pelo método de Holt-Winters, com base no histórico de 2002 a 2007	161
Gráfico 14 – Vendas mensais de NH-20 (2002-2007), em m ³	161

Gráfico 15 – Previsão da venda mensal média de NH-20 para 2008, em m ³ , calculada pelo método de suavização exponencial, com base no histórico de 2002 a 2007.....	162
Gráfico 16 – Vendas mensais de NH-140 (2002-2007), em m ³	163
Gráfico 17 – Previsão da venda mensal média de NH-140 para 2008, em m ³ , calculada pelo método de suavização exponencial, com base no histórico de 2002 a 2007	163
Gráfico 18 – Vendas mensais de Isovolt (2002-2007), em m ³	164
Gráfico 19 – Previsão da venda mensal média de Isovolt para 2008, em m ³ , calculada pelo método de suavização exponencial, com base no histórico de 2002 a 2007	164
Gráfico 20 – Variação da temperatura do diesel armazenado em tanque	178

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	Cenário	16
1.2	O Problema da Pesquisa	18
1.3	Justificativa do Trabalho	18
1.4	Objetivos do Trabalho	20
1.4.1	Objetivo geral.....	20
1.4.2	Objetivos específicos.....	20
1.5	Estrutura do Trabalho.....	20

CAPÍTULO 2

2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1	Previsão de Demanda.....	22
2.1.1	Incerteza na Previsão de Demanda.....	23
2.1.2	Natureza das Previsões.....	24
2.1.3	Componentes das Previsões de Demanda.....	25
2.1.4	Gestão da Demanda.....	29
2.1.5	Técnicas de Previsão.....	29
2.1.5.1	Métodos Qualitativos.....	31
2.1.5.2	Métodos Quantitativos.....	32
2.1.5.3	Técnicas de Análise de Séries Temporais.....	33
2.1.5.3.1	Média Móvel Simples.....	35
2.1.5.3.2	Média Móvel Ponderada	36
2.1.5.3.3	Amortecimento ou Suavização Exponencial.....	37
2.1.5.3.4	Método de Holt.....	39
2.1.5.3.5	Método de Holt-Winters.....	41
2.1.5.4	Métodos Causais.....	43
2.1.5.4.1	Decomposição Clássica da Série de Tempo.....	44
2.1.5.4.2	Análise de Regressão Linear Simples.....	46
2.1.5.4.3	Análise de Regressão Linear Múltipla	48
2.1.5.4.4	Redes Neurais.....	49

2.1.6. Erros de Previsão.....	50
2.1.6.1. Fontes do Erro	51
2.1.6.2. Medição do Erro	51
2.1.6.3. Monitoramento do Erro.....	54
2.2. Estratégia e Gestão de Inventário.....	55
2.2.1. Definição de Estoque.....	56
2.2.2. Funcionalidade do Estoque.....	57
2.2.3. Valor do Estoque.....	59
2.2.4. Tipos de Estoque.....	59
2.2.4.1. Estoque de Proteção ou de Segurança.....	59
2.2.4.2. Estoques Regulares.....	60
2.2.4.3. Estoques de Ciclo	60
2.2.4.4. Estoque de Antecipação ou de Coordenação	60
2.2.4.5. Estoques no Canal	61
2.2.4.6. Estoques Especulativos	61
2.2.4.7. Estoque Obsoleto, Morto ou Evaporado	61
2.2.5. Posicionamento de Estoques	62
2.2.6. Custos Associados a Estoques	63
2.2.6.1. Custos de Preparação ou de Colocação do Pedido	64
2.2.6.2. Custos de Compra ou Aquisição	65
2.2.6.3. Custos de Capital	65
2.2.6.4. Custos de Armazenagem (ou de Manuseio e Manutenção)	66
2.2.6.5. Custos de Escassez ou Falta de Estoque	67
2.2.6.6. Custos de Obsolescência, Deterioração e Redução	68
2.2.6.7. Custos de Ineficiência da Produção	69
2.2.6.8. Custos de Descontos de Preços	69
2.2.7. Perfis de Estoque	70
2.2.8. Gestão de Estoques	70
2.2.8.1. Definições Importantes	73
2.2.8.1.1. Política de Inventário	73
2.2.8.1.2. Nível de Serviço	73
2.2.8.1.3. Inventário Médio, Ciclos de Desempenho de Inventário, Ponto de Pedido ou Reposição	75

2.2.9. Planejamento e Controle de Inventário	76
2.2.9.1. Quando Pedir: A Determinação do Ponto de Reposição	76
2.2.9.2. Quanto Pedir: O Cálculo do Lote Econômico de Compra	77
2.2.9.2.1. Análise de Sensibilidade do LEC	82
2.2.9.2.2. Ajustes do LEC	85
2.2.9.3. O Lote Econômico de Produção	88
2.2.9.4. Críticas à Abordagem do LEC	90
2.2.9.4.1. Pressupostos do Modelo do LEC	90
2.2.9.4.2. Custos Reais dos Estoques em Operações	91
2.2.9.4.3. Uso dos Modelos do LEC como Prescrições	91
2.2.9.5. Administrando a Incerteza	93
2.2.9.6. Controle de Inventário sob condições de Incerteza	94
2.2.9.6.1. Política de Revisão Contínua	97
2.2.9.6.2. Política de Revisão Periódica	105
2.2.9.7. Controle Agregado de Inventário	109
2.2.9.7.1. Prioridades de Estoque – A Classificação ABC	110
2.2.9.7.2. Giro de Estoques	114
2.2.9.7.3. Limitação no Total dos Investimentos	115
2.3. Sistemas de Apoio à Decisão	116
2.3.1. O Processo da Tomada de Decisão	116
2.3.2. Sistemas de Informação	117
2.3.3. Sistemas de Apoio à Decisão	119
2.4. Um pouco de Petróleo e Derivados	121
2.4.1. Processos de Refino	123
2.4.2. Derivados de Petróleo Produzidos na Refinaria em Estudo	125

CAPÍTULO 3

3 A ORGANIZAÇÃO EM ESTUDO E O SEU PROCESSO PRODUTIVO	128
3.1. A Lubnor	128
3.1.1. A Matéria-Prima	130
3.1.2. Produtos e Mercados	132
3.1.3. Processo Produtivo	136
3.1.3.1. UVAC	138
3.1.3.2. ULUB	140
3.1.3.3. UPGN	142

CAPÍTULO 4

4	METODOLOGIA DA PESQUISA	144
4.1.	Introdução	144
4.2.	Tipo e Natureza da Pesquisa	144
4.3.	Estratégia da Pesquisa	145
4.4.	Tipo de Estudo	146
4.5.	Coleta e Tratamento de Dados	147

CAPÍTULO 5

5	ESTUDO DE CASO	149
5.1.	Introdução	149
5.2.	Previsão de Demanda para 2008	150
5.2.1.	Cimento Asfáltico de Petróleo 50/70 (CAP-50/70).....	152
5.2.2.	Asfalto Diluído Cura Média 30 (CM-30).....	154
5.2.3.	Asfalto Diluído Cura Rápida 250 (CR-250)	155
5.2.4.	<i>Marine Fuel</i> 380 (MF-380)	157
5.2.5.	<i>Marine Fuel</i> 180 (MF-180)	158
5.2.6.	Óleo Amaciante de Fibras (OAF)	158
5.2.7.	Óleo Combustível B1 (OC-B1)	159
5.2.8.	Lubrificantes e Óleo Isolante	160
5.2.8.1.	Naftênico Hidrogenado 10 (NH-10)	160
5.2.8.2.	Naftênico Hidrogenado 20 (NH-20)	161
5.2.8.3.	Naftênico Hidrogenado 140 (NH-140)	162
5.2.8.4.	Óleo Isolante (Isovolt)	163
5.2.9.	Óleo Diesel	165
5.3.	Elaboração do sistema de Apoio à Decisão	165
5.3.1.	Considerações Iniciais	165
5.3.2.	O Sistema de Apoio à Decisão para a refinaria	167
5.4.	Estudo Comparativo entre as Configurações	179
5.4.1.	Análise por Configuração	179
5.4.1.1.	Configuração 1: Processamento de 25% de petróleo FZB e 75% de FAL	180
5.4.1.1.1.	Mês de Janeiro	182
5.4.1.1.2.	Mês de Fevereiro	185
5.4.1.2.	Configuração 2: Processamento de 25% de petróleo FZB e 75% de JUB	188

5.4.1.3. Configuração 3: Processamento de 25% de petróleo FZB e 75% de FAL+JUB	188
5.4.1.4. Configuração 4: Processamento de 100% de petróleo FAL	189
5.4.1.5. Configuração 5: Processamento de 100% de petróleo JUB	190
5.4.1.6. Configuração 6: Processamento de petróleos FAL e JUB	191
5.4.1.7. Quadro Resumo da Análise por Configuração	192
5.4.2. Análise por Produto	193
5.4.2.1. Nafta	193
5.4.2.2. Diesel	193
5.4.2.3. DNL	193
5.4.2.4. DNM	194
5.4.2.5. DNP	194
5.4.2.6. GOP	195
5.4.2.7. CAP	195
5.4.3. Análise Econômica	195
5.5. Aumento de Produção com Redução dos Estoques em Processo.....	204

CAPÍTULO 6

6.1 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	214
--------------------------------------	-----

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	220
----------------------------------	-----

Apêndice A	225
Apêndice B	226
Apêndice C	227
Apêndice D	228
Apêndice E	229
Apêndice F	230
Apêndice G	231
Apêndice H	232
Apêndice I	233
Apêndice J	234
Apêndice L	235
Apêndice M	236
Apêndice N	237

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo introdutório está dividido em cinco partes: 1) Cenário; 2) O Problema da Pesquisa 3) Justificativa do Trabalho; 4) Objetivos do Trabalho e 5) Estrutura do Trabalho.

1.1 Cenário

A Lubrificantes e Derivados de Petróleo do Nordeste – Lubnor é uma refinaria da Petrobras localizada em Fortaleza-CE, que processa petróleo e gás natural, para produção de dois dos derivados de petróleo classificados como “produtos especiais”: asfaltos e óleos lubrificantes básicos naftênicos, e dois tipos de gás: o gás natural seco e o gás liquefeito de petróleo (GLP). É responsável por 10% de todo o asfalto produzido no País e a única produtora nacional de lubrificantes naftênicos. Entretanto, os volumes de gás natural e GLP produzidos não chegam a 7% e 3% das vendas locais, respectivamente.

Inaugurada em 1966, com o nome de Asfaltos de Fortaleza - Asfor, a Lubnor iniciou suas atividades com uma única unidade de processo: a unidade de destilação a vácuo, com 65% de sua produção voltada para asfaltos. Em 1987, recebeu uma segunda unidade para processamento do gás natural proveniente dos campos marítimos de Paracuru-CE e, em 1998, foi instalada a terceira unidade, produtora de óleos lubrificantes básicos naftênicos de aplicação industrial e de um óleo isolante para transformadores elétricos. Nos anos de 1996 e 2005, a unidade de vácuo teve sua capacidade aumentada.

A indústria do petróleo não trabalha com altas margens de lucro, mas os grandes volumes produzidos e movimentados normalmente geram grandes lucros em números absolutos. Da mesma forma, as paralisações ou reduções de atividade geram grandes prejuízos. Portanto, uma refinaria de petróleo procura evitar a descontinuidade no seu processo produtivo.

A Lubnor é uma refinaria de pequeno porte e seus ganhos de escala são muito inferiores aos de uma grande ou mesmo média refinaria. Além disso, os asfaltos são produtos de baixo valor agregado e estão inseridos em um forte contexto político. Por esta última razão,

têm um rígido controle de preços exercido pelo Ministério da Fazenda. Há momentos em que o preço do cimento asfáltico de petróleo (CAP), carro-chefe da produção da Lubnor, é mantido abaixo do custo da matéria-prima. O mercado de asfaltos é sazonal, ocorrendo altos estoques desses produtos no primeiro semestre e, muitas vezes, falta no segundo.

Os lubrificantes naftênicos, por sua vez, são produtos de alto valor agregado, mas sua produção depende dos gasóleos produzidos no processo em que também são produzidos os asfaltos. Isso significa que, para obter a matéria-prima para a produção de lubrificantes, é preciso produzir asfalto.

O alto percentual de produção de asfaltos, os movimentos de alta no preço do petróleo e a necessidade de produzir asfalto para paralelamente gerar a carga para a unidade de lubrificantes impõem à Lubnor a busca de estratégias de produção que viabilizem a operação contínua de todas as suas unidades produtivas, na busca de maximização de sua receita. Entretanto, não é isso que ocorre na prática. Muitas vezes, a refinaria precisa reduzir a produção ou eventualmente paralisá-la por falta de matéria-prima ou alto estoque de asfalto.

A variedade de matéria-prima para a refinaria não é grande. Os óleos básicos naftênicos são provenientes de petróleos classificados com o mesmo nome (naftênicos), cuja disponibilidade na natureza é bem menor que a dos petróleos ditos parafínicos, normalmente utilizados pelas demais refinarias do Brasil e no mundo. A Lubnor possui, hoje, três petróleos naftênicos disponíveis para seu uso, todos produzidos em território nacional. Dois deles são provenientes do Espírito Santo e chegam à refinaria por navio e o terceiro é produzido no Ceará e transportado por carretas. Os petróleos capixabas têm produção superior à necessidade da refinaria, mas são disputados por outras refinarias e há problemas quanto à alocação de navios para transportá-los. O petróleo cearense chega todos os dias, mas sua produção corresponde a apenas 25% da carga diária processada pela refinaria.

O mercado de influência da refinaria deve ser atendido. Essa é uma premissa de gestão da Petrobras. Além disso, a interferência política no mercado de asfaltos, sobretudo em períodos de eleições, deve ser levada em conta.

O planejamento de produção da refinaria passa, portanto, dentre outros fatores, pela restrição de matéria-prima, sincronização do seu processo produtivo, rentabilidade dos seus produtos e atendimento ao mercado. O crescimento no fluxo produtivo pode ser um contribuinte importante no aumento da rentabilidade.

A refinaria não possui hoje um planejamento anual estruturado do seu processamento de matérias-primas e de sua produção, baseado na previsão de demanda dos seus mercados de atuação. Embora com a participação das refinarias, o planejamento é feito pela sede da empresa pensando a organização como um todo e de forma segregada para cada tipo de produto. Algumas vezes, entretanto, o melhor para a organização não é necessariamente o melhor para todas as suas unidades industriais. Uma refinaria pode ter que processar um determinado tipo de petróleo porque é a melhor solução para a organização como um todo, mesmo que não represente a melhor opção para a própria refinaria. Sempre haverá o caso em que será necessário fazer um *trade off* entre os ganhos de mais de unidade produtora, para garantir o melhor resultado global. Concluído o planejamento, a sede e a refinaria negociam metas anuais de produção, por derivado. A partir daí, a refinaria faz um acompanhamento mensal dessas metas e, caso elas não sejam atingidas em um determinado mês, são traçados planos de ação para a correção de eventuais desvios.

1.2 O Problema da Pesquisa

O planejamento das operações logísticas das refinarias da organização em estudo é feito de forma centralizada e voltado para a obtenção dos maiores ganhos para a organização como um todo, o que pode não ser o melhor para cada uma dessas refinarias. A Lubnor não faz, portanto, o seu próprio planejamento logístico anual. Dessa forma, algumas das decisões centralizadas podem impactar negativamente a refinaria, gerando desbalanceamento da produção com o mercado de asfaltos e lubrificantes e com o suprimento de matéria-prima, o que por sua vez pode provocar perdas de produção, de rentabilidade no *mix* de produção, no dimensionamento e gerenciamento de estoques e na confiabilidade e ociosidade dos transportes.

1.3 Justificativa do Trabalho

A importância deste trabalho reside em mostrar que uma refinaria de petróleo pode ganhar em eficiência e reduzir custos.

A redução de custos na indústria do petróleo representa valores significativos, em razão do alto preço dessa matéria-prima, que ainda constitui-se na principal fonte de energia do planeta, responsável por cerca de 36% da matriz energética mundial. Se considerado o gás natural, esse percentual sobe para 60%.

A indústria internacional do petróleo tem uma história tradicionalmente oligopolista, onde poucas grandes organizações privadas, verticalmente integradas, dominam o mercado.

A dimensão que o petróleo adquiriu na matriz energética mundial, a sua importância estratégica e a necessidade intensiva de investimentos em exploração, produção, transporte, refino e distribuição levaram muitos países a criarem companhias estatais, também integradas verticalmente.

Na busca da máxima eficiência em toda a cadeia produtiva, as grandes empresas de petróleo adotam o modelo de gestão de unidades de negócio, no qual a organização é dividida em unidades autônomas. Nesse contexto, cada refinaria constitui-se numa unidade de negócio e deve ter uma gestão própria eficaz que busque maximizar a sua lucratividade.

As unidades de negócio requerem pesados investimentos. Uma refinaria com capacidade para processar 200.000 barris de petróleo por dia representa hoje um investimento próximo de 10 bilhões de dólares, se levados em conta os valores anunciados para a instalação da refinaria Premium II, da Petrobras, no Ceará. Para proporcionar retorno a esses investimentos, as refinarias devem trabalhar com a sua carga máxima de projeto, denominada “carga de referência”.

Nos países onde os preços flutuam de acordo com as cotações do mercado internacional, as refinarias que trabalham de forma eficiente são lucrativas. Entretanto, isso não é suficiente no Brasil, onde as flutuações no preço do petróleo no mercado internacional não são repassadas aos preços sem a autorização do Ministério da Fazenda.

As refinarias de petróleo brasileiras procuram trabalhar espelhadas nos referenciais de excelência (*benchmarkings*) internacionais buscando a máxima eficiência e, conseqüentemente, a melhor lucratividade. Isso se faz ainda mais relevante nos períodos em que a conjuntura de preços é adversa.

A busca da máxima rentabilidade passa pela realização de um planejamento logístico com foco no balanceamento do processo produtivo. Neste trabalho esse planejamento é realizado utilizando-se a previsão de demanda, a gestão de estoques e um sistema de apoio à decisão.

1.4 Objetivos do Trabalho

1.4.1 Objetivo Geral

Planejar as operações logísticas em uma refinaria de petróleo visando maximizar os resultados e atender o mercado de influência com o nível de serviço desejado e mostrar que sincronizando a demanda por produtos acabados e a chegada de matéria-prima, a refinaria pode aumentar a capacidade de processamento reduzindo os estoques em processo.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Conhecer os produtos, mercados e o processo produtivo da refinaria;
- b) Elaborar a previsão de demanda de derivados acabados para 2008;
- c) Estipular uma política de recebimento de matéria-prima pela refinaria;
- d) Verificar entre o elenco de petróleos disponíveis, quais as melhores opções para processamento na refinaria;
- e) Propor uma política de estoques para a refinaria de forma que ela possa operar com carga máxima por todo o ano;
- f) Apontar a solução mais rentável para o processo produtivo da refinaria;
- g) Mostrar que é possível aumentar a produção reduzindo estoques em processo;
- h) Fornecer elementos conclusivos e propor recomendações aos gestores da refinaria para que possam realizar melhorias no seu processo produtivo.

1.5 Estrutura do Trabalho

Além deste capítulo introdutório, que aborda o cenário de realização da pesquisa, o problema da pesquisa, a justificativa para a sua realização e os objetivos propostos, essa dissertação está estruturada em mais cinco capítulos.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica envolvendo previsão de demanda, gestão de estoques, sistemas de apoio à decisão e um pouco de petróleo e derivados, que representam as bases conceituais deste trabalho.

No Capítulo 3 é feita uma descrição da organização, desde a localização geográfica, passando pelo processo produtivo, contexto ambiental e entorno tecnológico, até chegar aos seus clientes e mercados.

O Capítulo 4 expõe a metodologia de pesquisa que orientou a realização deste trabalho, sua caracterização e a técnica utilizada para a coleta de dados.

O Capítulo 5 apresenta o estudo de caso, dividido em duas partes: na primeira são calculadas as previsões de demanda para 2008 e é proposto um modelo de sistema de apoio à decisão para orientar na escolha dos petróleos a serem processados e no perfil de produção desejado, baseado na gestão de estoques e é feita a análise da rentabilidade das propostas apresentadas; na segunda é mostrado que é possível aumentar a capacidade produtiva sem aumentar a capacidade de estocagem e até reduzindo os estoques em processo, bastando que haja um balanceamento entre o recebimento de matéria-prima e a entrega de produtos acabados, com a transformação dos fluxos do processo produtivo em contínuos.

O Capítulo 6 traz as conclusões decorrentes da pesquisa efetuada e as recomendações para melhoria no planejamento logístico da refinaria em estudo, que poderão inclusive ser úteis para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este trabalho se fundamenta na logística empresarial. Trabalhou-se a logística de produção e suas necessidades no suprimento e na entrega, em função da demanda.

Estudou-se detalhadamente a previsão de demanda e o planejamento e controle de estoques. Estudou-se também os sistemas de apoio à decisão, o petróleo e sua transformação em derivados.

2.1 Previsão de Demanda

Qualquer atividade que envolva a venda, entrega ou distribuição de produtos ao mercado precisa ser planejada e controlada com base na previsão de consumo ou de vendas. De fato, o planejamento e o controle das diversas atividades da cadeia de suprimentos será tanto melhor quanto mais realistas forem as previsões de demanda. Segundo Bowersox, Closs e Cooper (2006, p. 221), “a previsão é uma definição específica do que será vendido, quando e onde; ela define os requisitos que a cadeia de suprimentos deve programar, os inventários e os recursos para seu atendimento”.

Um estudo de Proud (1999 *apud* SANTA EULÁLIA, 2001, p. 65)¹, afirma que a “demanda é a faísca que faz a ignição de todo o sistema econômico de uma cadeia de empresas”.

Ballou (2006) enfatiza a importância que a previsão exerce em diversas áreas funcionais da empresa, como a logística, o *marketing*, a produção e as finanças, por fornecer as informações básicas de entrada para o planejamento e controle das operações. Os níveis de demanda e o tempo em que ela ocorre afetam a capacidade, as finanças e a estrutura das empresas.

¹ Proud, J.F. **Master Scheduling**: a practical guide to manufacturing. New York: John Wiley, 1999. 210p.

Slack, Chambers e Johnston (2002) citam como uma das grandes vantagens das previsões a possibilidade que os gestores têm de minimizar custos e alertam para o fato de que a ausência de previsões de demanda impede as organizações de planejarem eventos futuros, o que as deixa na condição de poder somente reagir a eles. Estabelecem, ainda, três requisitos para uma previsão de demanda eficaz:

- a) ser expressa em termos úteis para o planejamento e controle;
- b) ser a mais exata possível;
- c) dar uma indicação da incerteza relativa.

Davis, Aquilano e Chase (2001) enfatizam a importância da previsão de demanda em todos os níveis da organização. Afirmam que nos níveis decisórios ela é a base para a realização do planejamento estratégico, nas áreas financeira e contábil ela alicerça o planejamento orçamentário e o controle de custos, enquanto que para o *marketing* é a base para diversas ações na área como planejamento de novos produtos, premiação dos vendedores, entre outras. A administração da produção tem a maioria de suas ações fundamentadas na previsão de demanda, como a seleção de processos produtivos, o planejamento de capacidade, as melhorias de leiaute, a programação da produção e o planejamento dos níveis de estoques. A previsão de demanda pode ser utilizada ainda para melhorar o atendimento ao cliente.

2.1.1 Incerteza na Previsão de Demanda

Embora a previsão de demanda seja necessária e proporcione informações futuras para tomadas de decisões mais eficazes por parte dos gerentes, ela não é exata (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001). Há um grande número de fatores de difícil previsibilidade e controle no ambiente empresarial. É necessário, portanto, conviver com essas imprecisões e a melhor maneira de fazê-lo é buscar o melhor método de previsão disponível e estabelecer uma prática de revisão permanente das previsões realizadas.

Figueiredo, Fleury e Wanke (2003) citam que a demanda é influenciada por diversos fatores, tais como o preço, a publicidade, o nível da atividade econômica, as necessidades dos clientes, o acesso aos produtos, dentre outros.

A inovação, citada por Rizzi (1993) como a diferenciação de produtos para enfrentamento da concorrência, representa hoje um importante fator de incerteza na demanda,

tanto pelo fato de que um produto novo não possui mercado conhecido, como pela eventual queda nas vendas que o produto concorrente sofrerá diante do novo produto.

Ballou (2006) estabelece que quando a incerteza da variável é alta a ponto de comprometer a confiabilidade das previsões realizadas pelas técnicas mais conhecidas e, conseqüentemente, provocar resultados insatisfatórios no planejamento da cadeia de suprimentos, deve ser lançado mão de métodos mais recentes, como a previsão colaborativa.

2.1.2 Natureza das Previsões

Ballou (2006, p. 242) afirma que “a previsão logística abrange a natureza espacial e temporal da demanda, a extensão de sua variabilidade e o seu grau de aleatoriedade”. O planejador logístico precisa saber onde e quando irá se manifestar o volume de demanda. A partir do *onde* são planejados os recursos de transportes e a localização dos armazéns. O *quando* define os níveis de estoques ao longo da cadeia de suprimentos. Quando existe um histórico bem definido dos níveis de demanda ao longo do tempo, os métodos de séries temporais são eficazes e bastante utilizados.

Quanto à distribuição espacial da demanda, as técnicas de previsão devem ser selecionadas levando-se em conta as diferenças geográficas que possam vir a influenciar os níveis de consumo. Quanto à variabilidade, a demanda pode ser regular, quando a análise de séries temporais atende as necessidades de previsão, ou irregular, quando as técnicas mais comuns não oferecem bons resultados (BALLOU, 2006).

Ainda segundo Ballou (2006), quando o mercado de determinado produto é pulverizado entre um grande número de clientes que fazem suas compras de forma individual, diz-se que a demanda é independente. Quando o mercado de um produto depende do de outro, então a demanda é dita dependente. Para o primeiro caso, os métodos de previsão estatísticos dão bons resultados. No segundo caso, não há necessidade de previsão já que a demanda do produto é conhecida antecipadamente, como por exemplo, a quantidade de pneus a ser adquirida por uma montadora, que é feita a partir da quantidade de carros a ser fabricada. Para Davis, Aquilano e Chase (2001), a demanda por um item é independente quando não há nenhuma relação entre essa demanda e a de um outro item qualquer e, desta forma, as quantidades necessárias são determinadas separadamente. Na demanda dependente, a necessidade por um item é determinada pela de outro item, normalmente de nível mais alto, do qual o primeiro é um componente.

2.1.3 Componentes das Previsões de Demanda

Embora as quantidades demandadas previstas sejam expressas geralmente por um único valor, elas são formadas por componentes ou categorias. Segundo Ballou (2006) e Davis, Aquilano e Chase, (2001) esses componentes são cinco: 1) demanda base ou média, 2) tendência, 3) sazonalidade, 4) ciclos e 5) fatores ou variações aleatórios. Bowersox, Closs e Cooper (2006) relatam um sexto componente: as promoções de vendas. Ballou (2006) alerta para o fato de que os mecanismos tradicionais de previsão somente dão bons resultados quando as variações aleatórias representarem apenas uma pequena parte dentre todos os componentes. Slack, Chambers e Johnston (2002) dão ênfase à sazonalidade como um componente de fundamental importância para o planejamento e controle da capacidade produtiva. Destacam que embora a sazonalidade da demanda ocorra normalmente no período de um ano, alguns produtos e serviços podem apresentar um padrão sazonal em períodos mais curtos, podendo ser até mesmo diário, como é o caso dos supermercados, onde a demanda é baixa no início do dia, mas aumenta em seguida até a hora do almoço. Depois disso enfrenta uma queda e mantém-se no mesmo patamar até o final do horário de funcionamento, quando volta a cair.

Segundo Bowersox, Closs e Cooper (2006, p. 221), “o componente de sazonalidade é geralmente um movimento recorrente de aumento ou redução no padrão de demanda, que ocorre mais comumente numa base anual”. Esses autores estabelecem índices ou fatores de sazonalidade, relacionados à demanda média. Se um determinado mês apresenta um índice ou fator de sazonalidade igual a 1,25, a demanda nesse período é 25% superior à média.

A sazonalidade pode ter diversas causas. Ballou (2006), aponta como principais as mudanças climáticas, as datas especiais que determinam padrões de compra e a disponibilidade dos produtos. Slack, Chambers e Johnston (2002) estabelecem um variado leque de causas possíveis, conforme pode ser visto na Figura 1.

A demanda-base ou média corresponde, como o próprio nome diz, à demanda histórica média, expurgados dela os outros componentes. Para produtos que não apresentam sazonalidade, tendências, fatores cíclicos ou estão sujeitos a promoções, a demanda-base produz um resultado satisfatório quando utilizada para previsão da demanda futura (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2006).

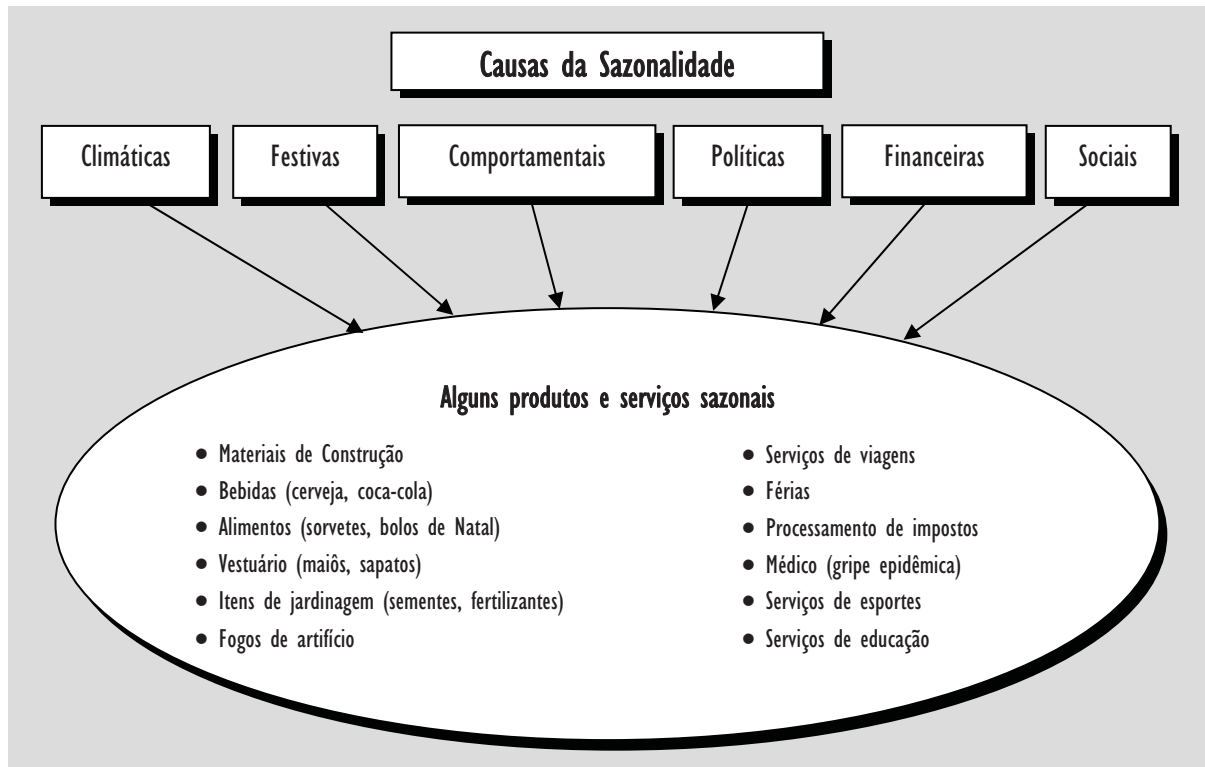


Figura 1 - Exemplos de operações que lidam com demanda sazonal. Fonte: Slack, Chambers e Johnston (2002).

O componente de tendência, de acordo com Bowersox, Closs e Cooper (2006), é um movimento geral e sistemático da demanda, numa determinada direção, por um período de tempo prolongado. A depender da direção, a tendência pode ser positiva, negativa ou neutra significando, respectivamente, um crescimento, diminuição ou inalteração do volume da demanda ao longo do tempo. Para Ballou (2006), a tendência constitui-se em movimentos de longo prazo causados por mudanças na população, no desempenho de mercado da empresa e na aceitação dos seus produtos e serviços.

O componente cíclico diferencia-se da sazonalidade pelo período de recorrência superior a um ano (BALLOU, 2006; BOWERSOX, CLOSS, COOPER, 2006). Os ciclos podem ser de alta ou baixa na demanda. Um exemplo citado por Bowersox, Closs e Cooper (2006) é o ciclo dos negócios, onde a economia oscila entre períodos de expansão e de redução da atividade a cada três ou cinco anos. Isso determina alteração na demanda de uma imensa gama de produtos e serviços, a exemplo de residências, eletroeletrônicos, automóveis e TV por assinatura. Davis, Aquilano e Chase (2001) afirmam que os fatores cíclicos são mais difíceis de serem determinados pois suas causas e o período em que atuam para aumentar ou reduzir a demanda podem não ser conhecidos.

O componente promocional, citado apenas por Bowersox, Closs e Cooper (2006), caracteriza as variações da demanda decorrentes das ações de *marketing* das organizações

como as promoções ou publicidade. Durante o período promocional há um aumento nas vendas, mas em seguida ocorre normalmente uma queda porque muitas pessoas apenas anteciparam suas compras ou compraram além de suas necessidades para aproveitar a promoção.

Por fim, o componente aleatório constitui-se nas variações inexplicáveis ou imprevisíveis, aquelas que não se enquadram como nenhum dos demais componentes. Ballou (2006) dá a esse componente também o nome de *residual*. Quando todas as causas das variações na demanda são identificadas e atribuídas a um ou mais componentes, sendo ou não constatada a participação de alguns deles, a parcela de variação que sobra é atribuída a fatores aleatórios ou residuais. Diante da impossibilidade de reconhecimento ou explicação desses fatores, o objetivo do processo de previsão é minimizar a sua magnitude, procurando identificar da melhor forma os demais componentes da demanda.

A Figura 2 mostra os componentes de tendência, cíclicos e sazonais da demanda, para um período de quatro anos.

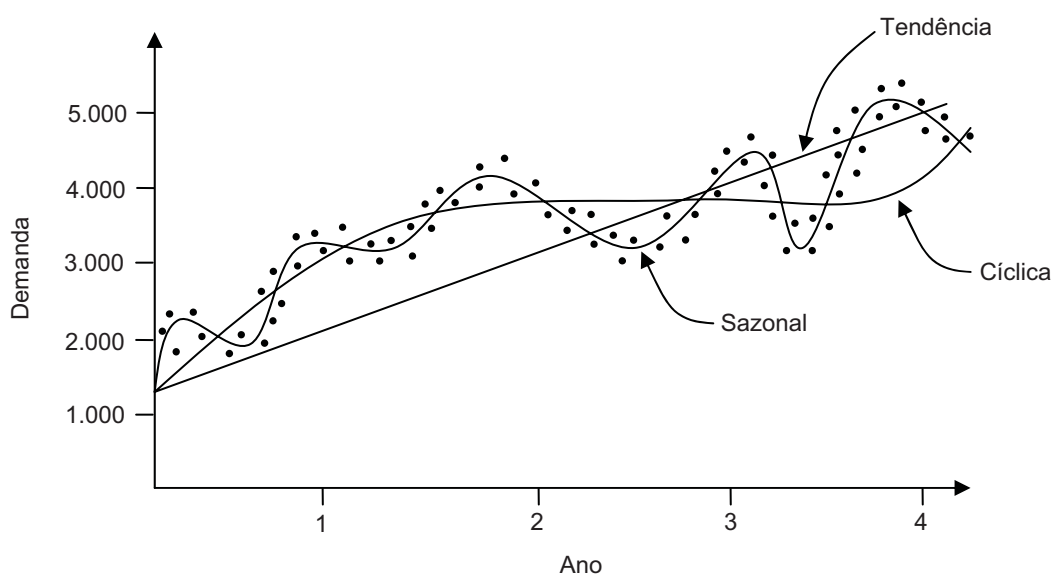


Figura 2 – Demanda histórica em crescimento com tendência, fator cíclico e demanda sazonal.
Fonte: Davis, Aquilano e Chase (2001).

A importância da previsão de demanda varia de acordo com o tipo de organização. Para Slack, Chambers e Johnston (2002), indústrias que produzem contra pedido (*make-to-order* ou *MTO*) devem ter maior previsibilidade da demanda no período correspondente ao seu tempo de produção do que, por exemplo, empresas que produzem para estoque (*make-to-stock* ou *MTS*), como é o caso dos fabricantes de bens de consumo não duráveis. As que produzem sob encomenda (*purchase-to-order*) compram a maioria das

matérias-primas, insumos e componentes somente após receber o pedido do cliente. Há organizações *resource-to-order*, que além de não poderem comprar materiais, não estabelecem compromissos com mão-de-obra e equipamentos antes da certeza de produção, como é o caso de uma empresa de construção civil, que só toma aquelas providências após ter assegurado a construção da obra. Há organizações que precisam tomar decisões em situações de incerteza no que se refere aos seus pedidos, como os produtores de jornais impressos.

Ghiani, Laporte e Musmanno (2004) estabelecem que no sistema MTS as decisões são baseadas em previsões. A produção é, portanto, uma antecipação da demanda real. Ressaltam ainda que o sistema MTO é mais adequado quando a demanda é baixa e altamente variável, pois nesse caso a previsão é pouco precisa e se for superestimada leva à formação de estoques de segurança mais altos.

O período de previsão mensal é o mais utilizado numa cadeia de suprimentos. Entretanto, muitas empresas estão adotando as previsões semanais e dependendo do tipo de atividade e do planejamento da cadeia de suprimentos, elas podem ser inclusive diárias, ou ainda trimestrais, semestrais, anuais e assim por diante. Nos planejamentos estratégicos de longo prazo, podem abranger um período superior a 10 anos.

Um processo eficaz de gestão de previsões é constituído de vários componentes, conforme pode ser visto na Figura 3, dentre os quais são destacados como fundamentais o histórico de pedidos e o banco de dados de previsões, que inclui, dentre outros, vendas anteriores, histórico de previsões, promoções realizadas, conjuntura econômica e ações de competidores (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2006).

A previsão de demanda deve ser consistente e apoiar as necessidades de diversas áreas da organização como finanças, *marketing*, vendas, compras e logística.

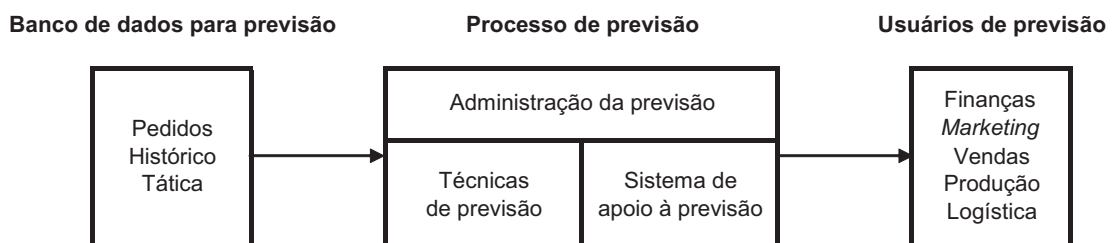


Figura 3 – Processo de gestão das previsões. Fonte: Bowersox, Closs e Cooper (2006).

2.1.4 Gestão da Demanda

A administração da demanda nas organizações tem, segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), o objetivo de redução de custos e melhoria do nível de serviço, com conseqüente melhor utilização da capacidade e aumento nos lucros. Sua realização se dá através da gestão conjunta da previsão da demanda e dos pedidos em carteira. Constitui-se na interface da empresa com o seu mercado consumidor. Para Bowersox, Closs e Cooper (2006), esse processo abrange a coleta de dados, cálculos matemáticos e estatísticos, além da capacitação e motivação dos recursos humanos para dar suporte às decisões.

O *The IOMA Handbook of Logistics and Inventory Management* (2002) estabelece dez maneiras para redução de custos na gestão da cadeia de suprimentos, dentre elas a centralização dos processos de previsão de demanda e planejamento de inventário.

Slack, Chambers e Johnston (2002) citam que um dos métodos de administrar a demanda é mudá-la através de mecanismos como a mudança de preço, a publicidade ou a criação de produtos ou serviços alternativos para manter a capacidade nos períodos de queda nas vendas ou na prestação de serviços. São muito utilizados os aumentos de preço para restringir a demanda nos períodos em que o mercado está aquecido e os descontos para estimulá-la nas épocas de baixa. A estrutura do sambódromo, no Rio de Janeiro, teria alta demanda somente no início do ano se fosse utilizada apenas para o evento do carnaval. Entretanto, é alternativamente utilizada como escola ao longo do ano como palco de grandes *shows* ou outros espetáculos nos finais de semana. Os métodos de administração da demanda não precisam ser necessariamente utilizados individualmente. O resultado pode ser melhor se forem aplicados de forma combinada.

2.1.5 Técnicas de Previsão

Slack, Chambers e Johnston (2002, p. 717) afirmam que “qualquer modelo que descreva algum aspecto do comportamento de algum sistema ou fenômeno pode ser usado para prever seu comportamento futuro”.

Uma técnica de previsão “consiste no uso do cálculo matemático e estatístico para transformar parâmetros numéricos, inclusive dados históricos, em uma previsão quantitativa” (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2006, p. 223). É parte da técnica a elaboração de modelos de séries temporais e de correlação, onde o histórico de vendas é a base para a realização da previsão e, portanto, deve refletir com exatidão o que realmente ocorreu no passado.

A gestão de demanda necessita utilizar técnicas apropriadas de previsão. As técnicas proporcionarão resultados tanto melhores quanto mais precisa for a gestão de demanda da organização. É preciso escolher a técnica que possua as habilidades mais compatíveis com as características de cada situação.

Um artigo de Makridakis, Wheelwright e Hyndman (1997, *apud* Bowersox, Closs e Cooper, 2006)² propõe os seis seguintes critérios para avaliação da aplicabilidade de uma técnica: precisão, horizonte de tempo da previsão, valor da previsão, disponibilidade dos dados, padrão de dados e a experiência do profissional responsável pela realização das previsões. A avaliação de uma técnica segundo esses critérios deve ser feita de forma qualitativa e quantitativa.

Ballou (2006) cita a padronização das técnicas ou métodos existentes, com diferentes graus de exatidão em previsões de curto e longo prazos. Normalmente esses métodos variam em relação ao nível de sofisticação quantitativa utilizado e a base lógica que derivou a previsão (dados históricos, estudos ou opiniões de especialistas).

O processo de avaliação e escolha da técnica de previsão que produza os melhores resultados não é exato, constituindo-se mais numa arte do que numa ciência (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2006). Em muitos casos, as técnicas mais simples trazem resultados mais precisos do que os proporcionados pelas técnicas mais complexas, que incorporam elementos estatísticos e analíticos sofisticados. Por essa razão são utilizadas as chamadas técnicas combinadas, como a previsão composta e a previsão focada. A primeira consiste na utilização de diversas técnicas de previsão simultaneamente, desde as mais simples até as de maior complexidade, onde são comparados os valores previstos em cada uma delas com a demanda real ocorrida no período previsto. Para os próximos períodos é então utilizada uma média das previsões obtidas pelas técnicas que geraram os melhores resultados nos períodos anteriores.

O avanço da tecnologia de informação e o interesse por previsões mais próximas da realidade possibilitaram, segundo Bowersox, Closs e Cooper (2006), o surgimento de um número crescente de programas de previsão para utilização em computadores pessoais, os quais incorporam várias técnicas de previsão e de sistemas de apoio à gestão de demanda.

² Spyros Makridakis, Steven Wheelwright, e Robert Hyndman, **Forecasting, Methods and Applications**, 3rd. Ed. New York: John Wiley, 1997.

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002) há diversas maneiras de classificar as técnicas de previsão. Uma classificação bem abrangente as divide em:

- a) subjetivas e objetivas;
- b) não causais e causais.

As técnicas subjetivas são as que envolvem julgamento e intuição. Baseiam-se na experiência. Enquanto maior o conhecimento, a vivência e o discernimento dos que as realizam, melhores os resultados. As técnicas objetivas são as que possuem procedimentos específicos e sistemáticos, o que significa que os resultados obtidos são reproduzíveis, independente do conhecimento ou da experiência de quem utiliza essas técnicas.

As técnicas não causais são as que utilizam as quantidades da demanda já ocorrida para prever os seus valores futuros, pressupondo uma correlação entre esses números. As técnicas causais são as que admitem a existência de variáveis causais que possibilitam a estimativa futura da demanda, desde que a relação causa-efeito entre as variáveis possa ser modelada. Segundo os formuladores dessas técnicas, as variáveis causais podem ser medidas e previstas de forma mais fidedigna que a própria demanda.

Ghiani, Laporte e Musmanno (2004) classificam os métodos de previsão em duas categorias principais, os *qualitativos* e os *quantitativos*.

Os métodos quantitativos dividem-se em dois grupos principais, conforme segue:

- a) Métodos de análise de séries temporais ou projeção histórica;
- b) Métodos causais.

2.1.5.1 Métodos Qualitativos

Ghiani, Laporte e Musmanno (2004) dizem que esses métodos baseiam-se principalmente na experiência ou em observações, embora possam utilizar-se de ferramentas matemáticas simples.

Ballou (2006) afirma que os métodos qualitativos são subjetivos e recorrem a julgamento, opiniões de especialistas, pesquisas e intuição para fazer previsões quantitativas sobre a demanda ou outro aspecto no futuro. Os dados históricos podem ou não estar disponíveis e há casos em que não são relevantes para a previsão. As informações disponíveis são tipicamente não quantitativas, flexíveis e subjetivas. Trata-se de um método não científico e, por essa razão, torna-se difícil sua padronização.

Bowersox, Closs e Cooper (2006) relatam que as previsões qualitativas são normalmente concluídas em reunião de consenso. São dispendiosas e consomem muito tempo. Por esta última razão, não são as mais apropriadas para a cadeia de suprimento.

Para muitas situações, as técnicas qualitativas são as únicas disponíveis, como no caso da previsão da aceitação de um novo produto ou serviço lançado no mercado, do sucesso de uma nova embalagem ou do impacto de uma nova tecnologia, situações em que não existem dados históricos disponíveis. Deve ser dada preferência a essas técnicas na realização de previsões de médio e longo prazos (GHIANI; LAPORTE; MUSMANNO, 2004 e BALLOU; 2006).

Ghiani, Laporte e Musmanno (2004) relatam que os métodos qualitativos mais utilizados são a *avaliação do grupo de vendas*, realizada pelos profissionais de vendas experientes e mais próximos dos clientes, a *pesquisa de mercado*, baseada em entrevistas com consumidores potenciais ou usuários e o *método delphi*, onde uma série de questionários são submetidos a um grupo de especialistas.

2.1.5.2 Métodos Quantitativos

Os métodos quantitativos são utilizados, segundo Ghiani, Laporte e Musmanno (2004), quando existem dados históricos suficientes para a realização da previsão. São divididos em dois grupos principais: a análise ou extrapolação de séries temporais e os métodos causais. O primeiro pressupõe que padrões de demanda do passado se repetirão no futuro. Os métodos causais partem do princípio que a demanda futura depende do comportamento presente e passado de algumas variáveis. Tanto as análises de séries temporais como os métodos causais possuem diversas técnicas de previsão, desde as mais simples até aquelas mais complexas. Entretanto, os autores orientam que, independente do método utilizado, seja escolhida a técnica mais simples possível, por duas razões:

- a) previsões obtidas por técnicas mais simples são mais fáceis de entender e explicar, o que é de grande importância no apoio aos processos de decisão, que envolvem grandes somas de investimento;
- b) no ambiente de negócios, os procedimentos mais complexos raramente obtêm resultados melhores que aqueles mais simples.

2.1.5.3 Técnicas de Análise de Séries Temporais

As técnicas de séries temporais são métodos estatísticos onde são examinados dados históricos disponíveis que tenham relações e tendências relativamente bem definidas (padrões) para que, através da análise, seja feita a previsão do comportamento futuro da demanda. Essa análise procura identificar os componentes da demanda histórica, como a sazonalidade, os padrões cíclicos e as tendências dos valores examinados para projetar a demanda futura, que presumidamente deverá refletir o passado. As séries de tempo são inerentemente estáveis em períodos curtos. As técnicas de séries temporais são mais apropriadas, portanto, para previsões de curto prazo (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2006). Segundo Ballou (2006), a precisão que pode ser alcançada para um horizonte de tempo inferior a seis meses é bastante boa.

Chang, Desai e Kratzer (2003) definem a série de dados históricos como aquela onde os dados são coletados com um interesse particular. A unidade do intervalo de tempo dos dados pode ser dia, semana, mês, quadrimestre, ano ou um período específico qualquer.

Métodos de séries de tempo são reativos por natureza, já que eventuais alterações nos dados passados vão sendo incorporadas às previsões, possibilitando uma adaptação aos padrões de tendência e sazonalidade (BALLOU, 2006). Entretanto, a ocorrência de alterações rápidas nos padrões de demanda, decorrentes de mudanças em um ou mais de seus componentes, não é detectada pelas técnicas de séries temporais. Para Bowersox, Closs e Cooper (2006), essas técnicas precisam dispor de outras abordagens para conseguir prever eventuais alterações. Ballou (2006) afirma que apenas mudanças realmente profundas comprometem as previsões de curto prazo.

Segundo Chang, Desai e Kratzer (2003), as séries de tempo têm usualmente cinco componentes principais: média, tendência, sazonalidade, movimentos cíclicos e erro randômico (aleatório).

A Figura 4 mostra a identificação dos componentes de tendência, sazonais e aleatórios em análise de séries temporais. A Figura 4(a), contém o conjunto de dados históricos das vendas trimestrais de uma empresa durante quatro anos e meio. Eliminando os componentes da tendência de aumento linear das vendas, fica-se com uma variação sazonal cíclica, conforme a Figura 4(b). Calcula-se então o desvio sazonal médio e retira-se essa influência do conjunto de dados. O que resta é a variação aleatória, como pode ser visto na Figura 4(c). As vendas futuras podem ser então previstas como se estivessem dentro de uma faixa em torno da projeção da soma dos efeitos de tendência e sazonalidade. Essa faixa será

tanto mais larga quanto maior for a variação aleatória. Apesar das causas das variações aleatórias serem desconhecidas, podem ser feitas tentativas de prever essas variações futuras pressupondo-se que elas são um reflexo do seu comportamento passado (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

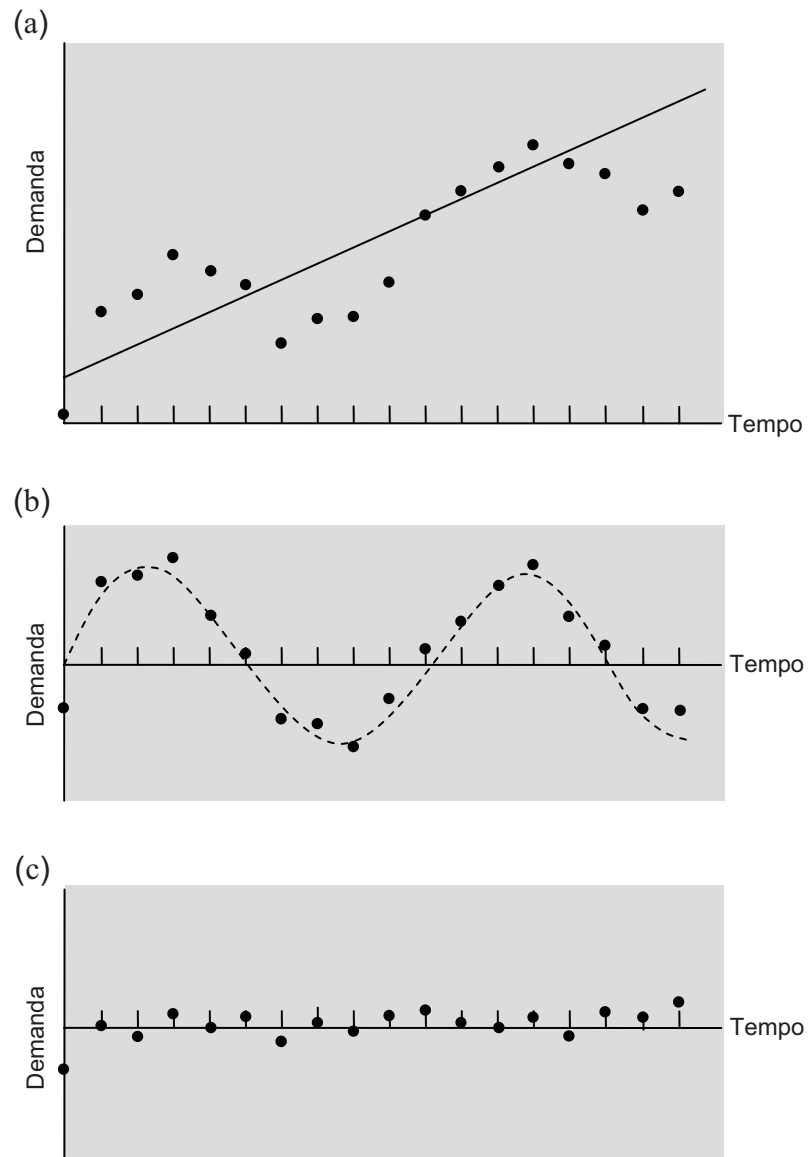


Figura 4 - Séries temporais com (a) tendência, (b) sazonalidade e (c) variação aleatória.
Fonte: Slack, Chambers e Johnston (2002).

Em seguida, são abordadas algumas técnicas de previsão que se utilizam de séries temporais.

2.1.5.3.1 Média Móvel Simples

Essa técnica calcula a demanda média ocorrida nos n períodos anteriores e a utiliza como a previsão para o período seguinte (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001). O cálculo da média móvel é feito simplesmente somando-se os dados dos últimos n períodos e dividindo-se esse total pelo número de períodos, conforme a fórmula mostrada a seguir.

$$P_t = \frac{V_{t-1} + V_{t-2} + \dots + V_{t-n}}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{t-i}}{n} \quad (1)$$

Onde:

P_t = Previsão de vendas, pela média móvel simples, para o período t

V_{t-i} = Vendas realizadas no período $t-i$

n = Número de períodos considerado na média

Não existe uma regra estabelecendo o número de períodos anteriores utilizados para cálculo da média, mas de acordo com Bowersox, Closs e Cooper (2006), é mais comum a utilização de 1, 3, 4 e 12 períodos. Para Slack, Chambers e Johnston (2002), normalmente são utilizados de 4 a 7 períodos. A utilização de um único período significa que o próximo período terá uma previsão igual à do período anterior. Para 12 períodos, a previsão para o período seguinte será igual à média dos últimos 12 períodos. À medida que um novo período se completa e os seus dados reais estão disponíveis, a média passa a incluir os dados desse período e desconsidera os do período mais antigo (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2006). Segundo Ballou (2006, p. 246), “o número de períodos é escolhido de forma a eliminar os efeitos da sazonalidade e irregularidade”. Para Davis, Aquilano e Chase (2001, p. 218), “quanto maior o número de períodos incluídos na média, mais os componentes aleatórios serão suavizados, o que pode ser desejável em alguns casos”. Entretanto, ainda segundo os autores, essa suavidade retarda o reflexo da existência de tendências crescentes ou decrescentes e, principalmente, de suas alterações. Nesse caso, um número menor de períodos implicará em previsões que seguirão mais de perto essa tendência, embora produza uma maior oscilação nos valores previstos. A Figura 5 apresenta as curvas de demanda real e de previsão de demanda para médias móveis com períodos de 3 e de 9 semanas, onde pode ser vista uma redução na velocidade de crescimento da tendência por volta da 23ª semana. Observa-se uma maior suavidade na curva de 9 semanas e uma resposta mais rápida à variação do componente de tendência na curva de 3 semanas. (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001).

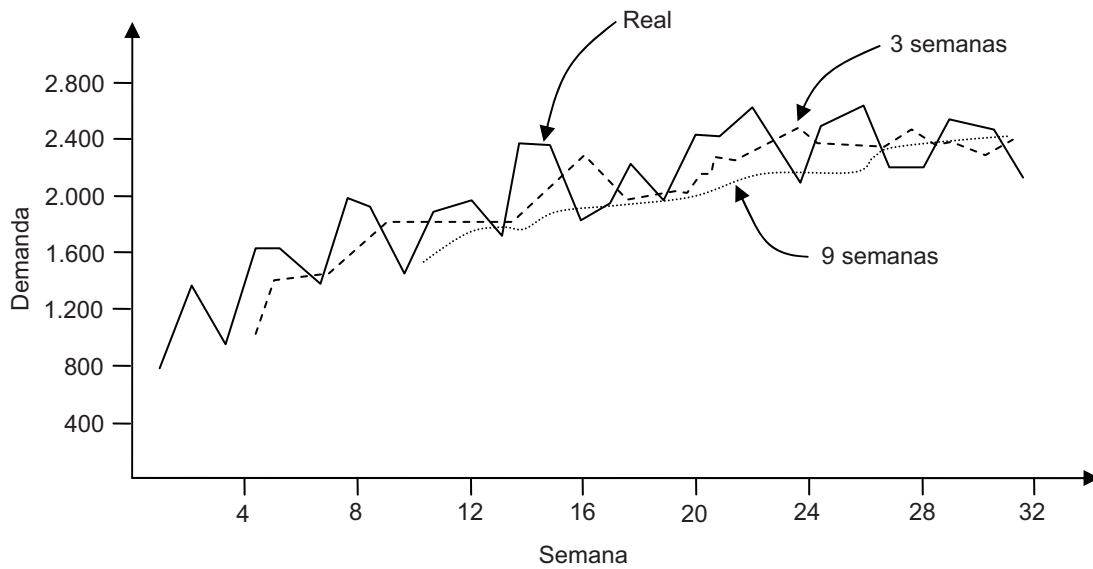


Figura 5 – Comparação entre a média móvel simples, considerando períodos de três e nove semanas, e a demanda real. Fonte: Davis, Aquilano e Chase, 2001

Bowersox, Closs e Cooper (2006) afirmam que no caso de haver grandes variações no histórico de vendas, a média móvel não as refletirá adequadamente ou responderá muito lentamente e, conseqüentemente, a previsão não será confiável.

2.1.5.3.2 Média Móvel Ponderada

A média móvel simples atribui um peso igual para cada período da série histórica de dados e, por essa razão, não detecta de forma satisfatória as alterações nos dados históricos. Essa é uma limitação para a técnica. É possível, entretanto, atribuir pesos diferentes aos diversos períodos e, conseqüentemente, variar os efeitos entre os dados mais antigos e os mais recentes. A soma dos pesos ou fatores deverá ser igual a 1. Nesse caso, usa-se o método da média móvel ponderada (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001). A fórmula para a previsão pela média móvel ponderada é a seguinte:

$$P_t = \frac{w_{t-1}V_{t-1} + w_{t-2}V_{t-2} + \dots + w_{t-n}V_{t-n}}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n w_{t-i}V_{t-i}}{n} \quad (2)$$

Com a seguinte restrição:

$$w_{t-1} + w_{t-2} + \dots + w_{t-n} = \sum_{i=1}^n w_{t-i} = 1$$

Onde:

P_t = Previsão de vendas, pela média móvel ponderada, para o período t

V_{t-i} = Vendas realizadas no período t-i

w_{t-i} = Peso atribuído ao período t-i

n = Número de períodos considerado na média

2.1.5.3.3 Amortecimento ou Suavização Exponencial

Segundo Ghiani, Laporte e Musmanno (2004), esse método pode ser visto como uma evolução da técnica da média móvel ponderada e é também conhecido como Método de Brown. Outros nomes encontrados na literatura são ponderação ou amaciamento exponencial. Ballou (2006) diz ser provavelmente o melhor método para a previsão de curto prazo, e destaca a capacidade do método de adaptar-se às principais alterações nos dados históricos. Davis, Aquilano e Chase (2001) afirmam ser a técnica mais utilizada e a que realiza praticamente tudo o que pode ser feito com a média móvel, com a vantagem de ser mais precisa e requerer uma quantidade significativamente menor de dados. O fato de utilizar menos dados é importante, pois não há a necessidade da manutenção de grandes bancos de dados históricos e de sua atualização, sempre eliminando o último período e incluindo um novo. Para a previsão de poucos itens, isso não chega a ser um problema, mas para 20.000 itens, por exemplo, a manutenção e atualização de dados exigem recursos humanos e de informática permanentes. Bowersox, Closs e Cooper (2006) confirmam as afirmações acima dizendo que a principal vantagem do amortecimento exponencial é a rapidez do cálculo das novas previsões, sem a necessidade de uma grande quantidade de registros históricos e de suas atualizações.

Na maioria das aplicações, ou com certeza em grande parte delas, “os dados históricos mais recentes tendem a ser mais indicativos do futuro do que aqueles mais antigos” (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001, p. 219). Ballou (2006), afirma que nessa técnica os dados históricos mais recentes recebem sempre uma cotação maior que os mais antigos.

Todo esse esquema de ponderação pode ser reduzido apenas ao período em andamento, uma vez que o efeito de toda a história anterior está representado na última previsão (BALLOU, 2006). A estimativa de demanda para o próximo período é feita com base na demanda real do período anterior ao que será previsto e na previsão que havia sido realizada para esse mesmo período (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002). A fórmula para o cálculo da previsão é a seguinte:

$$P_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha)P_{t-1} \quad (3)$$

Com a restrição:

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

Onde:

P_t = Previsão de vendas para o período t

P_{t-1} = Previsão de vendas para o período $t-1$

D_{t-1} = Demanda Real para o período $t-1$

α = Fator alfa ou constante de amortecimento, suavização ou amaciamento

Ghiani, Laporte e Musmanno (2004) reescrevem a equação (3) conforme segue:

$$P_t = \alpha D_{t-1} + P_{t-1} - \alpha P_{t-1} \Rightarrow P_t = P_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - P_{t-1}) \Rightarrow P_t = P_{t-1} + \alpha * e_{t-1} \quad (4)$$

Onde:

e_{t-1} = erro de previsão para o período $t-1$

Isso significa que a demanda prevista para o período t é igual à soma da previsão para o período anterior ($t-1$) com uma fração do erro de previsão para o período $t-1$. Conseqüentemente, se o valor de P_{t-1} for superestimado em relação à demanda (D_{t-1}), o valor previsto para P_t será menor do que P_{t-1} . Da mesma forma, se P_{t-1} for subestimado, então P_t será maior do que P_{t-1} .

Slack, Chambers e Johnston (2002) destacam que a constante α corresponde ao peso atribuído à última demanda real ocorrida, considerada a informação mais importante para quem faz a previsão. Já o complemento de α em relação a 1 é o valor atribuído à previsão para o período anterior que, por sua vez, inclui a demanda real do período precedente e assim por diante. Isso significa que todos os dados históricos influenciam a próxima previsão, sendo que o impacto nela vai sendo reduzido quanto mais antigo for o período.

A principal decisão quando do uso do amortecimento exponencial é a escolha da constante de amortecimento. Isso exige um grande conhecimento da técnica. Para Ballou (2006), o responsável pela previsão deve escolher um valor que permita ao método refletir grandes mudanças nas séries de tempo e que atenua as variações aleatórias. “Quanto maior o valor de α , maior o peso atribuído aos níveis de demanda mais recentes. Quanto menor o valor de α , maior o peso atribuído à demanda histórica.” (BALLOU, 2006, p. 250). A seleção do valor 1 para α , significa estabelecer que a previsão de demanda para o próximo período é igual à demanda efetivamente ocorrida nos períodos anteriores. Já um valor próximo de zero

coloca todo o peso para as demandas anteriores, o que transforma a previsão quase numa média móvel simples (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2006). Segundo Ghiani, Laporte e Musmanno (2004) e Bowersox, Closs e Cooper (2006), valores elevados para α tornam a previsão bastante sensível às alterações ocorridas na série de tempo, permitindo ao método reagir mais rapidamente a elas. Valores mais baixos reagem mais lentamente àquelas alterações, provocando um retardamento do reflexo delas na previsão de demanda. De acordo com Ballou (2006, p. 250), “valores muito altos para α podem tornar a previsão “nervosa” e traçar variações aleatórias na série de tempo, em vez das mudanças fundamentais. Valores baixos proporcionam previsões muito “estáveis”, amortecidas pelas previsões anteriores, que não serão pesadamente influenciadas pela aleatoriedade nas séries de tempo”.

Segundo Bowersox, Closs e Cooper (2006), o amortecimento exponencial não identifica a diferença entre os componentes de sazonalidade e aleatório. Logo, as previsões realizadas através desse método não eliminam a necessidade de julgamento. A seleção do valor de α trata-se, portanto, de uma troca compensatória entre eliminar variações aleatórias (valores baixos) e reagir rapidamente às alterações na demanda (valores altos).

Os valores de α , segundo Ballou (2006) e Ghiani, Laporte e Musmanno (2004), variam normalmente entre 0,01 e 0,3. Entretanto, nos casos de grandes mudanças como uma recessão, uma campanha promocional agressiva de curta duração, a retirada de produtos de linha ou quando não estão disponíveis os dados históricos de vendas, como no lançamento de um novo produto, valores de α altos podem ser utilizados por curto período de tempo, para que a previsão reflita essas mudanças mais rapidamente.

Ghiani, Laporte e Musmanno (2004) afirmam que a forma de obter o melhor valor para α é avaliar os erros de previsão ocorridos no passado para diferentes valores assumidos para a constante de suavização.

2.1.5.3.4 Método de Holt (Correção do Componente de Tendência)

A técnica de amortecimento, amaciamento, suavização ou ponderação exponencial produz bons resultados quando as alterações decorrentes das componentes de tendência e sazonalidade não são representativas em relação à aleatoriedade dos dados históricos. Para Ballou (2006), quando os dados históricos apresentam uma tendência importante ou um padrão sazonal significativo, o retardamento do reflexo desses componentes na previsão pode comprometer o processo de previsão, em razão da ocorrência de erros acima

dos padrões aceitáveis. Entretanto, o modelo pode ser expandido para permitir a identificação de componentes de tendência e sazonalidade significativos. A correção da defasagem provocada pelo componente de tendência resulta em um complemento à fórmula do amortecimento exponencial, transformando-a nas equações abaixo:

$$P_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha)(P_{t-1} + T_{t-1}) \quad (5)$$

$$T_t = \beta(P_t - P_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (6)$$

$$P'_t = P_t + T_t \quad (7)$$

Onde:

P_t = Previsão inicial de vendas para o período t

P_{t-1} = Previsão de vendas para o período t-1

D_{t-1} = Demanda Real para o período t-1

α = Fator alfa ou constante de amortecimento ou amaciamento

T_t = Tendência para o período t

T_{t-1} = Tendência para o período t-1

β = Constante ponderada da tendência

P'_t = Previsão com tendência corrigida para o período t

Ghiani, Laporte e Musmanno (2004) comentam que esse método constitui-se numa modificação do método de amortecimento exponencial, com o objetivo de suprir a deficiência deste último ao não considerar a existência de uma tendência linear na seqüência de dados.

O método baseia nas seguintes relações:

$$a_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(a_{t-1} + b_{t-1}) \quad (8)$$

$$b_t = \beta(a_t - a_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (9)$$

Aplicando recursivamente as equações (8) e (9) é possível expressar a_t e b_t como uma função da demanda passada D_1, \dots, D_t . O procedimento deve ser iniciado com a especificação de a_1 e b_1 , que podem ser escolhidos inicialmente como $a_1 = D_1$ e $b_1 = 0$. Nesse caso, $P_2 = P_1(1) = a_1 + b_1 = D_1$, como ocorre no método de amortecimento exponencial.

2.1.5.3.5 Método de Holt-Winters (Correção dos Componentes de Tendência e Sazonalidade)

Segundo Ballou (2006, p.251), para que as variações sazonais sejam consideradas, há duas condições:

- a) “os picos e vales no padrão da demanda precisam ter um motivo conhecido, e devem ocorrer na mesma época todos os anos”;
- b) “a variação sazonal deve ser maior do que as variações aleatórias ou ‘ruídos’”.

A sazonalidade não precisa ser anual, podendo ocorrer em períodos diferenciados, denominados por Ballou (2006) de “estações”.

Quando a sazonalidade da demanda não é estável e suficientemente significativa para que possa ser distinguida das variações aleatórias, a previsão pela técnica de amortecimento exponencial fica comprometida. O desenvolvimento de uma técnica que produza resultados satisfatórios nessas condições é uma tarefa de grande complexidade e dificuldade. Caso seja imperioso realizar a previsão, a utilização do amortecimento exponencial com um valor alto para a constante de ponderação β , para redução da defasagem, pode dar melhor resultado do que o uso de uma técnica complexa (BALLOU, 2006).

Considerando-se atendidas as condições relacionadas nas alíneas a e b acima, Ballou (2006) propõe que primeiro seja feita a previsão com a correção do componente de tendência e depois seja suprimida a influência da sazonalidade, conforme as equações:

$$P_t = \alpha(D_{t-1} / I_{t-1-L}) + (1 - \alpha)(P_{t-1} + T_{t-1}) \quad (10)$$

$$T_t = \beta(P_t - P_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (11)$$

$$I_{t-1} = \gamma(D_{t-1} / P_{t-1}) + (1 - \gamma)I_{t-1-L} \quad (12)$$

$$P''_t = (P_t + T_t)I_{t-L+1} \quad (13)$$

Onde além dos termos já conhecidos, são observados:

I_t = Índice sazonal para o período t

I_{t-1} = Índice sazonal para o período t-1

γ = Constante de ponderação do índice sazonal

L = Tempo de uma estação completa

P''_t = Previsão com tendência e sazonalidade corrigidas para o período t

Ballou (2006) afirma que a grande quantidade de cálculos para a solução destas equações num problema prático exige a utilização de programas de computador. Esses programas não apenas realizam a previsão, mas também assessoram o usuário na escolha dos valores iniciais para realizar o processo de previsão e no estabelecimento das constantes de ponderação.

Para Chang, Desai e Kratzer (2003), o método citado acima por Ballou (2006) trata-se do método de Holt-Winters multiplicativo. Os autores abordam ainda o método de Holt-Winters aditivo, que também calcula a previsão com componentes de tendência e sazonalidade, através do seguinte algoritmo:

$$P_t = \alpha(D_t - I_{t-c}) + (1 - \alpha)(P_{t-1} + T_{t-1}) \quad (14)$$

$$T_t = \beta(P_t - P_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (15)$$

$$I_t = \gamma(D_t - P_t) + (1 - \gamma)I_{t-c} \quad (16)$$

$$P_{t+h} = P_t + hT_t + I_{t+h-c} \quad \text{para } h = 1, 2, \dots, c \quad (17)$$

$$P_{t+h} = P_t + hT_t + I_{t+h-2c} \quad \text{para } h = c + 1, c + 2, \dots, 2c \quad (18)$$

$$P_{t+h} = P_t + hT_t + I_{t+h-3c} \quad \text{para } h = 2c + 1, 2c + 2, \dots, 3c \quad (19)$$

Onde:

D_t = Demanda Real para o período t , $t = 1, 2, 3 \dots$

P_t = Previsão de vendas para o período t

T_t = Componente de tendência para o período t

I_t = Índice ou fator sazonal para o período t

P_{t+h} = Previsão para o período $t+h$ feita no período t , para h períodos futuros

c = quantidade de períodos de um ciclo sazonal

α, β, γ = constantes de suavização. $0 \leq \alpha, \beta, \gamma \leq 1$

Seja μ a média do primeiro ciclo, i.e., $t = 1$ até c . Os valores “default” iniciais, válidos para o método de Holt-Winters aditivo e multiplicativo, são: $P_\mu = 0$, $T_0 = 0$ e $I_t = D_t - \mu$, para $t = 1$ até c .

2.1.5.4 Métodos Causais

Bowersox, Closs e Cooper (2006) afirmam que os métodos de previsão causais funcionam bem quando uma boa relação causal pode ser estabelecida entre uma variável condutora (ou causadora), como o preço, e o nível de consumo. Davis, Aquilano e Chase (2001) estabelecem como relacionamentos causais entre variáveis aqueles em que o evento referente a uma variável causa ou influencia um evento relativo à outra. “O primeiro passo na previsão causal é identificar as ocorrências que correspondem realmente às causas” (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001, p. 231). Ballou (2006, p. 248) afirma que “a premissa básica em que se assentam os métodos causais de previsão sustenta que o nível da variável de previsão é derivado do nível de outras variáveis relacionadas” e cita como exemplo uma correlação possível entre o nível de serviço e o volume de vendas, de onde conclui que “o serviço ‘causa’ vendas”. O autor prossegue dizendo que quando é possível descrever boas relações de causa e efeito entre variáveis, os métodos causais são capazes de produzir previsões exatas e efetivas, inclusive grandes alterações nas séries de tempo, no médio e longo prazos. Ballou (2006, p. 248) estabelece dois tipos de modelos causais: “os estatísticos, como os modelos de regressão e econométricos” e “os descritivos, como ocorre nos modelos de entrada e saída, ciclo de vida e simulação em computador”. O modelo trabalha com a associação entre variáveis disponíveis a partir de dados históricos.

Ballou (2006) comenta que os modelos baseados em técnicas econômicas e de regressão podem levar a erros significativos de previsão em consequência dos seguintes problemas:

- a) a difícil identificação das variáveis verdadeiramente causais;
- b) identificadas as variáveis causais, a sua associação com a variável a ser prevista pode ser bastante baixa;
- c) a grande dificuldade de identificar as variáveis que conduzem a variável a ser prevista no tempo;
- d) a aquisição de dados para as variáveis condutoras pode consumir praticamente todo o tempo do processo de previsão.

Bowersox, Closs e Cooper (2006) corroboram a posição de Ballou ao afirmarem que a identificação da variável condutora não é uma situação que ocorra com frequência na cadeia de suprimentos. Mas admitem que, embora não seja a forma mais confiável de uso

dessas técnicas, uma alta correlação entre um evento independente e as vendas de um produto pode ser utilizada para a realização da previsão.

Ballou (2006, p. 249) afirma que os modelos mais simples de séries de tempo podem ser tão bons ou até melhores que os mais sofisticados e complexos. Destaca ainda que os modelos de séries de tempo podem ser superiores aos modelos causais e conclui citando Hogarth e Makridakis, 1981, p. 115-138: “a complexidade nos modelos de previsão não aumenta necessariamente a sua precisão”.

Os métodos causais são abordados a seguir.

2.1.5.4.1 Decomposição Clássica da Série de Tempo

Ballou (2006) cita que a Decomposição da Série de Tempo se constitui num conjunto de métodos que vem sendo utilizado de forma continuada nos últimos anos. Destaca entre eles a análise espectral, a análise clássica de séries de tempo e a análise de séries de Fourier. A análise clássica da decomposição de séries de tempo é um método de grande aceitação porque, segundo Ballou (2006), possui simplicidade matemática e é tão preciso quanto os métodos mais sofisticados.

A análise clássica faz a decomposição dos dados históricos da demanda em seus diversos componentes, além da demanda-base: tendência, sazonalidade, cíclicos e aleatórios, já explicitados no item 2.1.3 deste trabalho.

A exceção dos fatores aleatórios, os demais componentes podem ser expressos como uma variação, para mais ou para menos, do valor da demanda-base ou média. Dessa forma, Bowersox, Closs e Cooper (2006) estabelecem uma fórmula para cálculo das previsões, a partir da decomposição da demanda:

$$P_t = (N_t \times S_t \times T \times C_t \times R_t) + I \quad (20)$$

Onde:

P_t = Quantidade prevista para o período t;

N_t = Nível de demanda-base para o período t;

S_t = Fator de Sazonalidade para o período t;

T = Componente de Tendência (crescimento ou retração);

C_t = Fator cíclico para o período t;

R_t = Fator promocional para o período t;

I = Parcela irregular ou aleatória.

Os valores dos componentes inexistentes numa determinada previsão têm seus valores iguais a um na fórmula acima, ou seja, não interferem no valor previsto para a demanda.

Ballou (2006), cita que a análise clássica de séries de tempo estabelece a seguinte relação entre a previsão de demanda e os seus componentes:

$$P = T \times S \times C \times R \quad (21)$$

Onde:

P = demanda prevista, em unidades ou \$;

T = nível de tendência, em unidades ou \$;

S = índice sazonal;

C = índice cíclico;

R = índice residual ou aleatório.

Na maioria das vezes, o modelo acima é reduzido apenas aos componentes de tendência e sazonalidade, porque segundo Ballou (2006), um modelo bem especificado possui um índice de valor residual igual a 1,0 e porque em grande número de casos é muito difícil diferenciar a parcela das variações cíclicas dentro das variações aleatórias. Atribuir o valor 1,0 para o índice cíclico é aceitável porque o modelo é normalmente atualizado quando os novos dados de vendas reais vão sendo incorporados à série de tempo, o que tende a compensar o efeito da variação cíclica.

Segundo Ballou (2006), quando a tendência (T) for linear, seu valor pode ser determinado de várias formas nesse modelo, como traçando uma linha de tendência “a olho”, usando algum tipo de média móvel ou utilizando o método dos mínimos quadrados. Davis, Aquilano e Chase (2001) estabelecem que o método dos mínimos quadrados permite a realização da previsão a partir de uma Análise de Regressão Linear.

O componente de sazonalidade corresponde, segundo Ballou (2006), a um índice de valor que muda a cada período de previsões. É calculado pelo quociente entre a demanda real num determinado período em relação à demanda média. A demanda média pode ser determinada pela média simples, a média móvel ou a linha de tendência ao longo de um período específico, normalmente de um ano.

2.1.5.4.2 Análise de Regressão Linear Simples

Downing e Clark (2006) referem-se a esse método como de análise da relação entre uma variável independente e uma dependente. Mede como a variável independente pode explicar a dependente. Segundo Ballou (2006) faz a relação entre demanda e outra variável que explica o nível dessa demanda.

Segundo Freund (2006, p. 398), “o problema da previsão do valor médio de uma variável em termos do valor conhecido de outra variável (ou dos valores conhecidos de outras variáveis) constitui o problema da regressão.” Utilizam-se dados observados para chegar a uma equação matemática que descreve a relação entre as variáveis. A esse processo dá-se o nome de *ajuste de curvas*. Quando a curva é uma reta (equação linear), o problema é de regressão linear.

O passo inicial da previsão, segundo Downing e Clark (2006), é coletar dados e verificar se há relação entre eles. Para isso pode ser construído um gráfico, mais precisamente um diagrama de dispersão. Mas a forma mais precisa e caracterizar se há ou não uma relação linear entre os valores é determinar a reta de regressão. Qualquer reta é definida por dois números: o coeficiente angular (\hat{m}) e o intercepto vertical (\hat{b}). A equação da reta é escrita por:

$$y = \hat{m}x + \hat{b} \quad (22)$$

Entretanto, Downing e Clark (2006) destacam que os pontos que formam uma reta de regressão não se ajustam perfeitamente a ela. Cada ponto está a uma certa distância vertical da reta, chamada de erro ou resíduo. A melhor reta de regressão será a que produzir o menor erro total possível, que é determinado através do método dos mínimos quadrados. Seja e_i o erro para o ponto (x_i, y_i) , então o quadrado desse erro será:

$$(\text{erro})^2 = [y_i - (\hat{m}x + \hat{b})]^2 \quad (23)$$

Se n pontos formam a reta de regressão, a soma dos quadrados de todos os erros em relação à reta será dada por:

$$QE_{\text{reta}} = [y_1 - (\hat{m}x_1 + \hat{b})]^2 + [y_2 - (\hat{m}x_2 + \hat{b})]^2 + \dots + [y_n - (\hat{m}x_n + \hat{b})]^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{xi})^2 \quad (24)$$

Dessa forma, existem n observações para x e y e as incógnitas na expressão de QE_{reta} são \hat{m} e \hat{b} . Devemos encontrar, portanto, os valores de \hat{m} e \hat{b} que resultarão no valor mínimo possível para QE_{reta} . Esses valores devem satisfazer as seguintes equações:

$$\hat{m} = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2} \quad (25)$$

$$\hat{b} = \bar{y} - \hat{m}\bar{x} \quad (26)$$

Aplicando-se à previsão de demanda, considerando como única variável independente o tempo, Ballou (2006) apresenta a equação de regressão linear, dada pela fórmula abaixo:

$$D = a + bt \quad (27)$$

Onde:

D = nível médio de demanda, ou tendência (variável dependente)

t = tempo

a e b = intercepto vertical (a) e coeficiente angular (b). Devem ser determinados pela série de tempo.

O cálculo dos coeficientes a e b é feito com a utilização do método dos mínimos quadrados e deve satisfazer as seguintes equações:

$$b = \frac{\sum D_t(t) - N(\bar{D})(\bar{t})}{\sum t^2 - N\bar{t}^2} \quad (28)$$

$$a = \bar{D} - b\bar{t} \quad (29)$$

Onde:

N = número de observações usadas para traçar a linha de tendência;

D_t = Demanda real no período t ;

\bar{D} = demanda média em N períodos de tempo;

\bar{t} = tempo médio ao longo de N períodos de tempo;

Segundo Ballou (2006), o cálculo do índice sazonal, baseado na linha de tendência, é feito de acordo com a fórmula:

$$S_t = \frac{D_t}{T_t} \quad (30)$$

Onde:

S_t = índice sazonal no período de tempo t

T_t = valor da tendência determinado por $T = a + bt$

A previsão para o período t será dada então por:

$$P_t = (T_t)(S_{t-L}) \quad (31)$$

Onde:

P_t = previsão da demanda para o período t ;

L = número de períodos no ciclo sazonal

2.1.5.4.3 Análise de Regressão Linear Múltipla

Downing e Clark (2006) afirmam que a regressão múltipla deve ser aplicada quando a variável dependente pode ser afetada por mais de uma variável independente. No caso da previsão demanda, essa técnica é utilizada para previsão quando outras variáveis, além do tempo, mostram uma relação com os níveis de demanda. Trata-se de uma técnica estatística que ajuda a determinar o nível de correlação entre um certo número de variáveis e a demanda. Slack, Chambers e Johnston (2002) utilizam o termo “expressão de melhor ajuste” para descrever essa correlação. Existem programas computacionais de regressão múltipla disponíveis, como o SPSS e o BMDP, que facilitam a utilização dessa técnica. Entretanto, é indispensável que os usuários desses sistemas tenham conhecimento de metodologia estatística, para que concebam o problema e construam o modelo computacional de maneira adequada, evitando a distorção dos resultados produzidos (BALLOU, 2006).

A relação entre a variável dependente e as $m-1$ variáveis independentes é apresentada por Downing e Clark (2006) e Freund (2006) através da seguinte equação:

$$y = B_1x_1 + B_2x_2 + \dots + B_{m-1}x_{m-1} + B_m + e \quad (32)$$

Onde:

y = variável dependente a ser prevista (demanda)

x_i = variáveis independentes conhecidas que afetam a demanda, como o tempo e a renda

B_i = coeficientes que representam o efeito que cada variável independente x_i tem sobre a demanda, admitindo-se que as demais variáveis independentes permaneçam constantes. São constantes numéricas determinadas com base nos dados observados.

$B_m =$ é o termo constante, análogo ao termo intercepto- y no modelo de regressão linear simples

e = erro (variável aleatória que representa os efeitos dos componentes aleatórios)

Se x_1 aumenta em uma unidade e todas as demais variáveis independentes permanecem constantes, a demanda, variável dependente, aumentará de B_1 . Dessa forma, os efeitos de x_1, x_2, \dots, x_{m-1} são aditivos, o que significa que quando uma variável independente x_i afeta y não depende do nível das demais variáveis independentes (DOWNING e CLARK, 2006).

Bowersox, Closs e Cooper (2006, p. 228) afirmam que, na análise de regressão, a relação de causa e efeito não precisa necessariamente existir caso haja um alto grau de correlação entre o evento independente condutor e a demanda, embora admitam que a técnica é mais confiável quando se baseia numa relação de causa e efeito. A capacidade de considerar fatores e eventos externos torna a análise de regressão mais adequada para realização de previsões de longo prazo ou agregadas. As vendas agregadas são aquelas que abrangem grande número de clientes e/ou uma extensa área geográfica.

Davis, Aquilano e Chase (2001) citam que a primeira dificuldade para a aplicação da análise de regressão múltipla é a coleta de dados. Havia ainda a dificuldade associada à grande quantidade de cálculos matemáticos necessários, mas esta foi superada pelo aparecimento de programas de computador específicos, a exemplo dos citados quatro parágrafos acima.

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), quando se realizam previsões de grande abrangência, como aquelas que analisam um setor industrial inteiro, as abordagens de regressões complexas são chamadas de “*modelagem econométrica*”. Esses modelos descrevem, de forma mais realista, relações complexas de causa-efeito, através da solução de um sistema de equações de regressão. A desvantagem dessa abordagem é o alto custo de desenvolvimento dos modelos.

2.1.5.4.4 Redes Neurais

Segundo Davis, Aquilano e Chase (2001), as redes neurais constituem-se em técnicas que simulam o aprendizado humano, o que significa dizer que o seu uso continuado permite o desenvolvimento do entendimento de como funcionam as complexas relações entre as entradas e saídas de um modelo de previsão. Estabeleceria, por exemplo correlações entre

entradas como histórico de vendas, condições meteorológicas, período do ano ou mês, hora do dia e saídas como as vendas. Ainda de acordo com Davis, Aquilano e Chase (2001, p.235), uma grande vantagem do uso das redes neurais está no fato de que elas realizam cálculos de forma muito mais rápida que os métodos de previsão já conhecidos.

2.1.6 Erros de Previsão

Ballou (2006) estabelece que “da mesma forma que o futuro não é exatamente espelhado no passado, a previsão de demanda futura incorrerá sempre em algum nível de erro”. O que se projeta é, de fato, uma faixa de demanda, na qual estará a demanda real. O erro demonstra o quanto a previsão se distanciou da realidade.

Hogarth e Makridakis (1981 apud Slack, Chambers e Johnston, 2002) afirmam que não é bom o desempenho das previsões, seja através de julgamentos subjetivos ou mesmo de sofisticados métodos matemáticos. Propõem uma escolha criteriosa para utilização da técnica adequada de acordo com as circunstâncias. Os autores citam que no curto prazo – até três meses – há uma inércia considerável na maioria dos fenômenos econômicos e naturais e, portanto, métodos mais simples de previsão utilizados nas séries temporais podem ter um desempenho igual ou mesmo melhor que as abordagens mais elaboradas.

Os métodos de previsão de longo prazo são de mais difícil julgamento, já que o período entre a previsão e o evento é muito grande. Entretanto, Slack, Chambers e Johnston (2002) citam que esses métodos parecem mais adequados para uma abordagem causal objetiva. Os autores citam estudos de Armstrong e Grohman, os quais concluem que os métodos econométricos proporcionam previsões de longo prazo mais acuradas do que abordagens como opiniões de especialistas ou análises de séries temporais. Os mesmos estudos constataram que a superioridade dos métodos causais objetivos aumenta à medida que cresce o horizonte de tempo da previsão. Os modelos econométricos

Segundo Davis, Aquilano e Chase (2001), a demanda é resultado da interação de fatores muito complexos para serem descritos com precisão em um modelo e, por isso, todas as previsões apresentam algum grau de erro. Entretanto, os mesmos autores afirmam que embora seja comum considerar como *erro* a diferença entre o valor da demanda prevista e o da que realmente ocorreu, se essa diferença estiver dentro de um intervalo de confiança previsto ela não se trata de um erro.

2.1.6.1 Fontes do Erro

Conforme Davis, Aquilano e Chase (2001), os erros podem se originar de várias fontes, dentre as quais os autores destacam a projeção de tendências passadas para o futuro. Numa análise de regressão, por exemplo, os erros estatísticos referem-se a desvios das observações em uma linha de regressão. Quando esta linha é utilizada para projeção da demanda futura, o erro pode não estar corretamente definido pelo intervalo de confiança projetado, pois este é baseado em dados do passado. Os autores constatam, baseados na experiência, que os erros reais tendem a ser maiores que os previstos através de modelos de previsão de demanda.

Os erros são classificados por Davis, Aquilano e Chase (2001) como:

a) Erros de distorções: são aqueles gerados por falha no modelo de previsão e ocorrem em consequência de:

- falha na inclusão de valores no modelo;
- estabelecimento de relações erradas entre as variáveis;
- utilização de linha de tendência equivocada;
- falha no estabelecimento dos pontos de variação da demanda nos mercados sazonais
- existência de tendências seculares indeterminadas.

b) Erros aleatórios: são os que não podem ser explicados pelos modelos de previsão. São referenciados como “ruídos” nos modelos.

A obtenção de previsões cada vez mais precisas, ou seja, mais próximas da realidade é um processo contínuo de aperfeiçoamento que passa pela avaliação e análise dos erros de previsões anteriores (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2006). Esses autores estabelecem que para que haja uma redução dos erros de previsão, são necessários os seguintes passos: a) definir as medidas de erro apropriadas; b) identificar o nível de medição ou de agregação de *stock keeping units* (SKUs) e locais e c) definir os ciclos de retroalimentação (*feedback*).

2.1.6.2 Medição do Erro

“Os erros de previsão podem ser medidos em bases absolutas ou relativas, utilizando-se vários métodos” (BOWERSOX, CLOSS e COOPER, 2006, p. 229).

Davis, Aquilano e Chase (2001) citam alguns termos comumente utilizados para descrever os erros de previsão: *erro-padrão*, *erro médio quadrado (variância)* e *desvio médio absoluto*. O *erro-padrão da estimativa* (S_P) é utilizado para medir a dispersão dos dados em torno de uma linha de regressão e é semelhante, em muitos casos, ao desvio padrão. Se os erros estiverem normalmente distribuídos em torno da linha de regressão, então 68,26% dos dados estão no intervalo de mais ou menos um erro-padrão da estimativa. O erro-padrão da estimativa é dado por:

$$S_P = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (D_t - P_t)^2}{n-2}} \quad (33)$$

Onde:

D_t = demanda realizada no período t

P_t = demanda prevista para o período t

n = número de períodos de previsão

O erro padrão corresponde à raiz quadrada de uma função. Davis, Aquilano e Chase (2001) destacam que, muitas vezes, é mais conveniente utilizar a própria função, o que significa usar o erro médio quadrado ou variância.

O *desvio médio absoluto* (MAD – *Mean Absolute Deviation*) é citado pelos mesmos autores e por Ballou (2006) como uma medida que foi muito utilizada para quantificar os erros de previsão. O desvio-padrão pode ter sido preferido pelos realizadores das previsões à época dos primeiros computadores, mas a então limitada memória desses equipamentos os levaram a utilizar o MAD, que corresponde à soma dos desvios absolutos entre as demandas prevista e realizada, dividido pelo número de dados, conforme a fórmula abaixo, que usa a mesma notação anterior:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |D_t - P_t|}{n} \quad (34)$$

Bowersox, Closs e Cooper (2006) e Davis, Aquilano e Chase (2001) mencionam que o MAD vem sendo novamente utilizado em razão de sua simplicidade. Outra forma de calcular o erro de previsão citada pelos seis autores é o *erro quadrático de medição* ou *média dos erros ao quadrado* (MSE – *Mean Square Error*). Usando a mesma notação acima, o MSE é calculado conforme a equação:

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (D_t - P_t)^2}{n-2} \quad (35)$$

A vantagem da abordagem do MSE em relação ao MAD, segundo Bowersox, Closs e Cooper (2006, p.229), é que pelo fato do erro ser elevado ao quadrado, ela “penaliza mais um sistema com poucos erros grandes do que outro com um grande número de erros pequenos”.

Ballou (2006) afirma que como os computadores atuais possuem mais memória do que o necessário para a realização dos trabalhos de previsão, a medida de erro hoje utilizada é o desvio-padrão, dado pela seguinte fórmula, corrigida para um grau de liberdade perdido na produção da previsão:

$$S_p = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (D_t - P_t)^2}{N-1}} \quad (36)$$

Ainda segundo Ballou (2006), as duas formas mais generalizadas da distribuição de frequência dos erros de previsão são mostradas na Figura 6.

Segundo o autor, em um modelo de previsão que capte a média dos níveis reais de demanda com acurácia aplicado a uma situação em que a variação da demanda real sobre a prevista seja pequena em relação ao nível de previsão, a forma mais comum de distribuição dos erros é a distribuição normal, conforme visto na Figura 6(a). Quando o intervalo de previsão for curto, a distribuição poderá ser enviesada, como a mostrada na Figura 6(b).

Bowersox, Closs e Cooper (2006, p.229) citam que as abordagens para medição do erro citadas tratam os erros sem se preocupar com a quantidade demandada. Um erro de 30 unidades para uma demanda de 100 unidades mostra uma previsão relativamente pobre, ao passo que o mesmo erro para uma demanda de 3.000 unidades demonstra uma previsão bastante precisa. Quando se deseja “comparar previsões de *SKUs* e locais com diferentes demandas médias, geralmente são calculados os erros percentuais, referentes à divisão do erro médio pela demanda média” (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2006, p.229).

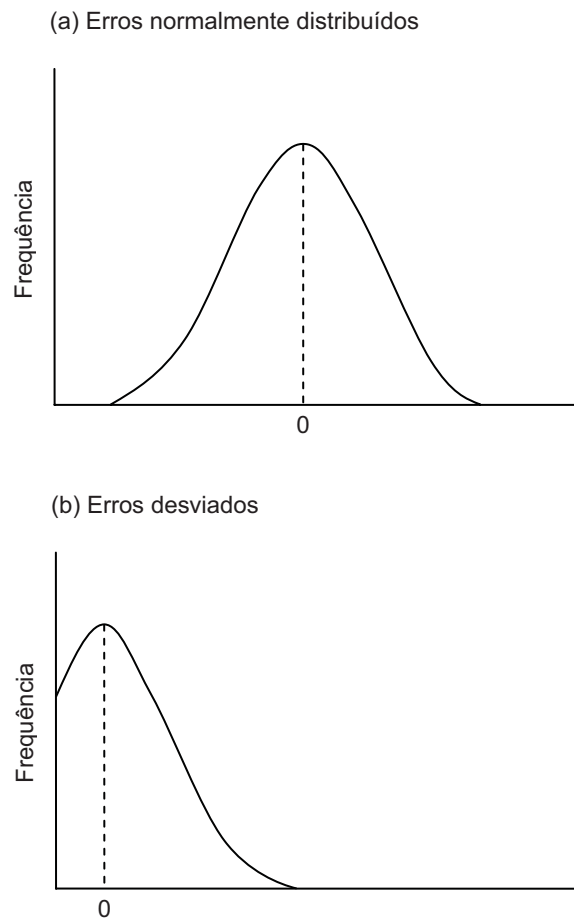


Figura 6 - Distribuições típicas de erros de previsões. Fonte: Ballou, 2006, p. 253.

2.1.6.3 Monitoramento do Erro

Bowersox, Closs e Cooper (2006) ressaltam que o erro de previsão deve ser rastreado regularmente e sugerem um acompanhamento gráfico dos erros ao longo tempo, pois este poderá indicar mudanças na eficácia das previsões.

Ballou (2006) afirma que procedimentos de previsão devem ser monitorados para que os ajustes necessários sejam realizados. O monitoramento permanente para redução do erro é uma ferramenta eficaz, especialmente nos mercados em que os padrões de demanda são dinâmicos.

Um método que utiliza um sinal de rastreamento é citado por Ballou (2006) como bastante utilizado para o monitoramento o erro de previsão. O sinal consiste geralmente num quociente do erro de previsão do período analisado com uma média de erros de previsão anteriores, que pode ser avaliado de forma contínua ou periódica. Um aumento nesse quociente indica a necessidade de ajustes.

Bowersox, Closs e Cooper (2006) destacam a necessidade do estabelecimento de ciclos adequados de retroalimentação (*feedbacks*) da previsão, como motivadores da evolução do processo de previsão. Através deles os gestores de demanda podem identificar as principais causas dos erros de previsão e criar formas de reduzi-los. Os autores ressaltam, entretanto, que é importante reconhecer que uma previsão perfeita é impossível e, conseqüentemente, as expectativas não devem ser muito altas.

2.2 Estratégia e Gestão de Inventário

Davis, Aquilano e Chase (2001) afirmam que no passado o estoque era um ativo de uma organização. Entretanto, os altos custos para sua manutenção, o fato de que ele pode encobrir ineficiências no processo produtivo e o aumento na velocidade de obsolescência dos produtos provocado pela redução dos seus ciclos de vida transformaram o estoque em um passivo que precisa ser reduzido ao mínimo possível ou eliminado. Essa redução deve ocorrer em todos os níveis ou posições de estoque: de matéria-prima, em processo e de produtos acabados.

Slack, Chambers e Johnston (2002) destacam a ambivalência existente no processo de definição de uma estratégia para estoque: se por um lado os estoques representam custos como capital e espaço físico empatados, manutenção, obsolescência, perdas e seguros, por outro proporcionam um certo nível de segurança em ambientes complexos e incertos, pois mantêm o nível de serviço necessário à conciliação entre o fornecimento e a demanda. Os estoques constituem-se, portanto, numa “*garantia contra o inesperado.*”

Bowersox, Closs e Cooper (2006) afirmam que as decisões referentes a inventário representam altos riscos e impactos na gestão da cadeia de suprimentos. O inventário direciona uma série de atividades preventivas na cadeia de suprimentos. A falta de inventário com sortimento apropriado gera perda de receita e insatisfação ou perda de clientes. A falta de materiais e componentes pode paralisar a produção ou significar sua reprogramação. Já o excesso de inventário resulta em custos. Os autores mostram que um estudo realizado em 1999, entre nove grandes fabricantes norte-americanos de produtos de consumo industriais e manufaturados (Albertson's, Kroger, Safeway, Fleming, Spartan Stores, Supervalu, Hershey, Kellogg e Nabisco) apontou que os custos associados a estoques representam, em média, entre 15 e 20% do total dos ativos daquelas organizações. A magnitude desses custos justifica a

perseguição constante de sua redução através de um programa de gestão eficaz que, se obtiver bons resultados, poderá conduzir a aumentos expressivos na lucratividade da organização.

O valor da existência de estoque é percebido quando um cliente procura um fornecedor concorrente por não encontrar o produto desejado ou quando uma linha de produção ou um projeto estão parados por falta de uma peça. Independente do que estiver sendo armazenado ou de onde essa armazenagem esteja localizada no processo produtivo, os estoques existirão porque há uma diferença (ou desarmonia) no ritmo de crescimento ou de redução entre o fornecimento e a demanda. Se o fornecimento de qualquer item ocorresse exatamente quando ele fosse demandado, não seria necessário estocá-lo (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

2.2.1 Definição de Estoque

Estoque é definido por Slack, Chambers e Johnston (2002, p.381) como a “acumulação armazenada de recursos materiais em um sistema de transformação”. O termo estoque refere-se normalmente a “recursos de entrada transformados”. Davis, Aquilano e Chase (2001, p. 469) o definem como “a quantificação de qualquer item ou recurso usado em uma organização” e estabelecem que um *sistema de estoque* é “o conjunto de políticas e controles que monitora os níveis de estoque e determina: a) quais níveis devem ser mantidos, b) quando deve ocorrer a reposição e c) o tamanho dos pedidos”. Garcia et al. (2006) afirmam que o conceito de estoque é bastante claro, uma vez que desde o começo de sua história a humanidade utiliza estoques de recursos como alimentos e ferramentas, para sobreviver e se desenvolver. Ballou (2006, p. 271) diz que “estoques são acumulações de matérias-primas, suprimentos, componentes, materiais em processo e produtos acabados que surgem em numerosos pontos do canal de produção e logística das empresas.”

Um processo produtivo possui diversos tipos de materiais armazenados. Os materiais que entram diretamente no processo possuem maior valor agregado do que os utilizados em atividades acessórias, como por exemplo, o material de limpeza (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002). Alguns materiais são armazenados apenas uma vez durante a produção enquanto outros podem ser beneficiados e estocados mais de uma vez. No caso da indústria do petróleo, alguns derivados passam por mais de uma etapa do processo produtivo.

2.2.2 Funcionalidade do Estoque

Davis, Aquilano e Chase (2001) estabelecem três razões para que as organizações mantenham estoques:

- a) Para se protegerem da incerteza: no tempo de fornecimento (*lead time*) e na quantidade da matéria-prima, nos estoques em processo e na demanda por produtos acabados, cuja previsão pode não se confirmar.
- b) Para dar suporte a um plano estratégico: quando uma empresa adota, por exemplo, uma estratégia de capacidade de produção constante, os estoques atendem o mercado nos períodos em que a demanda for maior que a produção. Os períodos em que ocorre o inverso são os responsáveis pela formação dos estoques.
- c) Para obter as vantagens da economia de escala: as organizações podem preferir produzir mais a um menor custo unitário e estocar por um determinado período. Menores custos de transporte também podem ser obtidos se cargas maiores forem despachadas, notadamente se completarem a capacidade do veículo transportador.

Garcia et al. (2006) relacionam alguns fatores que possibilitam a economia de escala: custos fixos de emissão de ordens e recebimento de pedidos, custos fixos de transporte, descontos por quantidade, custos de *set up* (preparação de máquinas) dentre outros.

Ballou (2006) enumera razões a favor e contra a presença de estoques em um canal de suprimentos. Divide as razões a favor em serviços aos clientes e redução de custos em outras atividades. Nos serviços aos clientes, os estoques significam uma disponibilidade e produtos ou serviços de forma a atender as altas expectativas dos clientes. Essa disponibilidade pode representar, muitas vezes, em um aumento no nível de vendas. No que se refere à redução de custos, a existência de estoques possibilita economias em outras atividades do canal de suprimentos que podem mais do que compensar os custos associados aos estoques. A presença de estoques proporciona economias consideráveis nas seguintes situações:

- a) manutenção de um processo produtivo sem interrupções e mais equilibrado, que independa da variação na demanda;
- b) economias em compras e transportes, obtidas em aquisições ou despachos de quantidades maiores;
- c) compras em maiores quantidades quando os preços estiverem em baixa ou haja uma tendência de alta desses preços;

d) proteção contra choques não planejados ou antecipados como greves, desastres ambientais, aumento brusco na demanda e atrasos no suprimento.

As razões contra a existência de estoques apontadas por Ballou (2006) não significam necessariamente que o nível de estoques deva ser zero, mas que seja bastante reduzido. O autor ressalta que a maior parte desses custos são de oportunidade e não aparecem nos relatórios contábeis. Diz que os argumentos dos críticos contra a presença de estoques são:

- a) absorção de capital que poderia ser aplicado de forma mais rentável na produção e no aumento de competitividade;
- b) os estoques não contribuem com valor direto para os produtos da empresa, apesar de armazenarem valor;
- c) os estoques desviam a atenção da existência de problemas de qualidade no processo produtivo;
- d) estoques no canal de suprimentos isolam os seus elos, dificultando o planejamento e a coordenação do processo como um todo.

Ching (2006) estabelece a existência de três características básicas que são comuns a todos os problemas de controle de estoque: a) os custos associados ao estoque, b) os objetivos do estoque e c) a previsão de incertezas.

Bowersox, Closs e Cooper (2006) dizem ser quatro as funções básicas do inventário, resumidas no Quadro 1: especialização geográfica, desacoplamento, balanceamento entre demanda e suprimentos e incerteza no estoque de segurança. Os inventários planejados e comprometidos com as operações são aqueles que buscam os menores níveis de estoque possíveis, mas sempre os limitando a níveis compatíveis com o desempenho das quatro funções do inventário. A parcela do inventário que ultrapassa esse nível mínimo constitui-se em um excesso de investimento.

Especialização geográfica	Permite posicionamento geográfico em unidades múltiplas de distribuição e fabricação. O inventário mantido em diferentes locais e estágios do processo de criação de valor permite sua especialização.
Desacoplamento	Permite: a) economia de escala dentro de uma única instalação; b) que cada processo opere com eficiência máxima em vez da velocidade do processo inteiro ser reduzida por causa do mais lento.
Equilíbrio entre demanda e suprimentos	Acomoda o lapso de tempo decorrido entre a disponibilidade do inventário (fabricação, desenvolvimento ou extração) e o consumo.
Incerteza no estoque de segurança	Incerteza em relação a uma demanda que exceda a previsão, ou demoras inesperadas no recebimento de pedidos ou no seu processamento; normalmente conhecido com estoque de segurança.

Quadro 1: Funcionalidade do Inventário. Fonte: Bowersox, Closs e Cooper, 2006, p.243.

2.2.3 Valor do Estoque

O valor dos estoques normalmente é comparado com outros valores do processo produtivo, como os custos totais de insumos, de mão-de-obra ou o volume de vendas. Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002, p. 382), “a razão estoque/vendas é um bom indicador do valor dos estoques em diferentes negócios”. Altos valores estocados representam custos elevados e deve haver um grande esforço no sentido de minimizar as quantidades em estoque, através da equiparação entre as taxas de fornecimento e demanda. Essa é a base de sustentação da abordagem *just-in-time*.

2.2.4 Tipos de Estoque

Slack, Chambers e Johnston (2002) afirmam que o que define os diferentes tipos de estoques são as muitas razões existentes para o desequilíbrio entre as taxas de fornecimento e demanda nas diversas etapas do processo produtivo. Garcia et al. (2006) relacionam os tipos de estoques com a função que eles exercem.

Os tipos de estoques são abordados nos itens seguintes.

2.2.4.1 Estoque de Proteção ou de Segurança

Também chamado de estoque isolador, tem como objetivo compensar as incertezas existentes no fornecimento e na demanda. Esse estoque existe para evitar desabastecimento de um determinado produto caso a demanda pelo mesmo num determinado período seja maior que a prevista. O produtor estocará materiais e produtos acabados para atendimento à demanda (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Garcia et al. (2006) destacam que esses estoques protegem a organização das incertezas em suas operações logísticas, no seu processo produtivo ou em um elo da cadeia de suprimentos. Citam como fatores imprevisíveis a demanda, o tempo de ressuprimento ou entrega (*lead time*), as quantidades recebidas, a quebra de máquinas, dentre outros. Ballou (2006) menciona que o estoque de segurança é um acréscimo ao estoque normal necessário ao atendimento da demanda média e ao prazo médio de entrega. Seu tamanho é determinado por procedimentos estatísticos e depende da variabilidade e do nível de disponibilidade do estoque principal.

2.2.4.2 Estoques Regulares

Ballou (2006) afirma que a natureza dos estoques é regular ou cíclica, correspondentes às quantidades necessárias para suprir a demanda média entre os períodos regulares de reabastecimento. A determinação das quantidades regulares estocadas depende fortemente dos tamanhos dos lotes de produção, embarques de quantidades econômicas, espaços de armazenamento disponíveis, prazos de reposição, descontos de preço e custos de movimentação.

2.2.4.3 Estoques de Ciclo

Ocorre porque um determinado estágio da atividade de produção não pode produzir simultaneamente todos os produtos que por ele passam. Enquanto estiver sendo produzido um determinado item, deve haver estoques dos demais para que o estágio seguinte não seja paralisado (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002). No caso do último estágio do processo produtivo, é necessário manter sempre estoques dos itens que não estão sendo produzidos, para evitar desabastecimento ou a falta desses itens no mercado. Garcia et al. (2006, p.14) justificam a existência dos estoques de ciclo em razão “das possibilidades de economia de escala no processo de ressurgimento”, onde os custos de pedido e *set up* são diluídos se forem expedidas maiores quantidades de itens em processo.

2.2.4.4 Estoque de Antecipação ou de Coordenação

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), são aqueles utilizados para evitar um desabastecimento ou falta de produtos nos mercados sazonais com significativas flutuações na demanda, desde que essas variações na demanda sejam relativamente previsíveis. Produtos não perecíveis podem ser fabricados e estocados durante o ano para atender uma demanda forte concentrada no final desse período. O estoque de antecipação pode também ser utilizado quando as variações no fornecimento forem significativas, como é o caso dos alimentos de safra enlatados. Garcia et al. (2006) afirmam que esses estoques são utilizados em casos onde é impossível coordenar suprimento. Esse estoque é também conhecido como estoque pulmão.

2.2.4.5 Estoques no Canal

São os estoques já alocados no ponto de fornecimento para um determinado cliente, mas ainda não disponíveis para venda ou uso pelo cliente. Este estoque pode estar no armazém do fornecedor (onde será coletado, embalado e embarcado em algum meio de transporte), em trânsito ou no armazém ou loja do demandante (cliente). “Todo estoque em trânsito é estoque no canal” (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002, p. 384). Ballou (2006) considera qualquer estoque entre elos do canal de suprimentos enquadrado nessa categoria. Assim, estoques em processo entre operações de produção também são estoques no canal. O autor cita que nos processos onde a movimentação é lenta, as distâncias longas ou existem muitos elos, o somatório das quantidades em estoque no canal tendem a superar o de matérias-primas e produtos acabados.

2.2.4.6 Estoques Especulativos

Segundo Garcia et al. (2006), as organizações formam estoques especulativos quando existem variações de preço no mercado, como é comum em economias inflacionárias. Nesse caso, sabendo que um determinado item vai aumentar de preço ou que um fornecedor está oferecendo um desconto especial que não voltará a ocorrer tão cedo, a organização pode achar conveniente adquirir aquele item em grande quantidade. Da mesma forma, se há perspectiva de aumento de preço num de seus produtos, a organização aumenta o estoque desse produto acabado. Para os autores, o termo ‘especulação’ é usado nessa situação porque os gestores das organizações devem prever e especular sobre os preços futuros para tomar suas decisões. Ballou (2006, p. 274) destaca que “matérias-primas como cobre, prata e ouro são compradas tanto para especulação quanto para o suprimento de necessidades operacionais.”

2.2.4.7 Estoque Obsoleto, Morto ou Evaporado

A parcela dos estoques que se deteriora, fica ultrapassada ou acaba sendo perdida ou roubada é enquadrada nesse tipo de estoque por Ballou (2006). Produtos de alto valor, perecíveis ou que sejam fáceis de roubar merecem cuidados de armazenagens especiais.

2.2.5 Posicionamento de Estoques

Segundo Garcia et al. (2006) os estoques podem estar presentes em diferentes etapas dos processos produtivos e de distribuição de uma organização. Por essa razão existem os estoques de matérias-primas, de semi-acabados ou em processo, também conhecidos como *WIP (work-in-process)* e de produtos acabados.

Slack, Chambers e Johnston (2002) observam que o desequilíbrio entre o fornecimento e a demanda pode ocorrer entre os diferentes estágios do processo produtivo, gerando a necessidade de estoques nesse processo. Os autores classificam os estoques de acordo com sua posição, em: estoques de matéria-prima, insumos e componentes, estoques em processo (*WIP*) e estoques de produtos acabados. A Figura 7 ilustra um processo produtivo em dois estágios e as posições dos estoques.

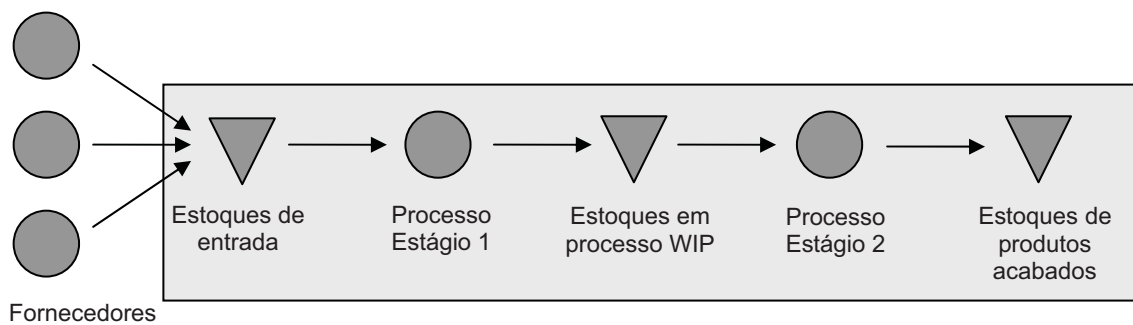


Figura 7 - Processo produtivo em dois estágios. Fonte: Adaptada de Slack, Chambers e Johnston, 2002.

Davis, Aquilano e Chase (2001) dividem as posições do estoque no processo produtivo em:

- a) entradas: itens humanos, financeiros, energia, equipamento e físicos. Este último inclui a matéria-prima, insumos, dentre outros;
- b) saídas: peças, componentes e produtos acabados;
- c) estágios intermediários: produtos inacabados, estoques em processo ou intermediários.

O estoque de itens humanos refere-se por exemplo aos talentos de uma organização. No caso de serviços, o estoque constitui-se “geralmente nos bens tangíveis que serão vendidos e nas provisões necessárias para administrar o serviço. Clientes esperando numa fila podem ser vistos como estoque” (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001, p. 469).

Os níveis de estoque em cada estágio dependem, segundo Garcia et al. (2006), das características operacionais de cada organização e do tempo que os clientes aceitam esperar para ter suas demandas atendidas, sem gerar custos de faltas e atrasos. Os autores definem esse tempo como “tempo do cliente”. O “tempo do processo” é definido como o somatório dos tempos de aquisição de materiais (compras), transformação interna (fabricação) e distribuição de produtos acabados (entrega). Esse tempo depende dos procedimentos e das tecnologias utilizadas pela organização.

Quando o tempo do cliente é menor que a soma dos tempos de fabricação e entrega, então a organização precisa formar e manter estoques de produtos acabados, política conhecida como *make-to-stock* (MTS). Dependendo da criticidade do fator tempo para o cliente, pode ser necessário manter estoques mais próximos do cliente ou mesmo dentro de suas instalações. Nos casos em que o tempo do cliente é maior que a soma dos tempos de fazer e entregar, mas menor que o tempo total de processo, a organização só precisa manter estoques de matérias-primas e insumos, iniciando a produção somente após o recebimento dos pedidos dos clientes. Esse processo é conhecido como *make-to-order* (MTO). Quando o tempo do cliente é maior do que o tempo de entregar e menor que o tempo de fazer e entregar, a organização precisa manter estoque de semi-acabados, adotando a lógica *assemble-to-order* (ATO), onde a produção é finalizada quando da chegada do pedido do cliente (GARCIA et al., 2006).

Em casos de produtos extremamente customizados e de alto custo, como navios, aviões ou plataformas de petróleo, o tempo do cliente pode ser maior que o de toda a cadeia de suprimentos da organização, não havendo necessidade de manter qualquer tipo ou posicionamento de estoque. Adota-se então a lógica *engineer-to-order* (ETO) extremos, onde o pedido do cliente dá início ao projeto do produto demandado (GARCIA et al., 2006).

As organizações (elos) ao longo de toda a cadeia de suprimentos podem trabalhar em lógicas diferentes. Um fabricante de navios pode operar em um ETO, enquanto seu fornecedor de aço precisa ter sempre estoque disponível (GARCIA et al., 2006).

2.2.6 Custos Associados a Estoques

Estoques representam custos. Este é o aspecto fundamental a ser administrado pelos gestores de estoque. São custos das mais diversas origens e parte deles são bastante significativos. Alguns desses custos decrescem à medida que o tamanho do pedido cresce, outros crescem junto com o tamanho do pedido (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Ballou (2006) define três classes gerais de custos como efetivamente importantes para definição de uma política de estoque: os custos de aquisição, de manutenção e de falta de estoques. Constituem-se em custos conflitantes ou compensatórios entre si, já que com o aumento da quantidade armazenada os custos de manutenção crescem enquanto os custos de aquisição e falta decrescem.

Davis, Aquilano e Chase (2001) afirmam que a gestão de estoques passa pela busca do custo total mínimo, resultante dos efeitos combinados de quatro elementos individuais de custos: a) custos de manuseio b) custos de preparação ou liberação de ordem de fabricação, c) custos de falta, d) custos de compra.

Estão relacionados a seguir os principais itens de custos associados aos estoques. Alguns autores concentram vários dos itens a seguir num só. Ching (2006), por exemplo, afirma que esses custos constituem-se apenas dos custos de pedir e de manter estoques. Entretanto, conforme o autor, os custos de manutenção incluem os custos de obsolescência, de capital e outros. Já Bowersox, Closs e Cooper (2006) citam apenas os custos de manutenção do inventário, onde também estão incluídos outros custos como o de capital, obsolescência e armazenagem.

2.2.6.1 Custos de Preparação ou de Colocação do Pedido

Slack, Chambers e Johnston (2002) destacam que esses custos incluem o preparo do pedido, a sua documentação, o arranjo para que seja feita a entrega, o pagamento do fornecedor e a manutenção do conjunto de informações necessárias. No que se refere ao processo produtivo em si, pode haver ainda custos de troca ou preparação quando há necessidade de fornecimento de itens, como no caso de mudança na produção de um item para a produção de outro.

Ching (2006) inclui nessa categoria os custos fixos administrativos como os custos de preenchimento do pedido de compra, de processamento do serviço burocrático na contabilidade e no almoxarifado e de recebimento do pedido. Neste último quesito é feita a verificação das características e quantidades dos produtos recebidos, além dos dados constantes na nota fiscal, para verificar se tudo corresponde ao que foi efetivamente demandado.

Ballou (2006) cita os custos de processamento, transmissão e transporte (quando as tarifas de transporte não estão embutidas no preço de aquisição) do pedido e os custos de qualquer manuseio ou processamento dos produtos no ponto de recepção.

Segundo Davis, Aquilano e Chase (2001) os custos de pedido são fixos, independente da quantidade requisitada, e referem-se aos ajustes de equipamentos, tarifas telefônicas, taxas de entrega, custos de expedição e tempo de processamento de uma ordem de compra. Já Garcia et al. (2006) dizem que os custos de pedido podem ser fixos ou variáveis e citam como exemplo o que consideram como o principal custo variável: o custo unitário de compra dos bens pedidos. Ballou (2006) afirma que alguns custos são fixos por pedido. Mas outros, como transporte, produção e manuseio dos materiais variam com o tamanho do pedido.

2.2.6.2 Custos de Compra ou Aquisição

Davis, Aquilano e Chase (2001) enquadram nessa categoria os custos diretos de aquisição do material ou produto que será estocado. Ballou (2006) afirma que os custos de aquisição de mercadorias para reposição de estoques refletem os custos de fabricação dessas mercadorias e são quase sempre significativos, ao ponto de definirem as quantidades de reposição.

2.2.6.3 Custos de Capital

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), a provável defasagem de tempo que um produtor tem entre o pagamento de seus fornecedores e o recebimento do pagamento de seus consumidores gera uma necessidade de capital para fazer “girar” os estoques, o chamado capital de giro. Os custos para ter esse capital são os juros bancários pelo seu empréstimo ou os custos de oportunidade pelo não investimento desse capital em outras opções.

Para Davis, Aquilano e Chase (2001), os custos de capital dependem da situação financeira da empresa. Se há excesso de caixa, esse custo corresponde ao custo de oportunidade, traduzido no rendimento em outros projetos ou aplicações financeiras. Se a empresa precisa tomar empréstimo para formar e manter o estoque, o custo corresponde aos custos e encargos financeiros do empréstimo.

Ballou (2006) afirma que os custos de capital referem-se ao custo do dinheiro imobilizado em estocagem e podem representar acima de 80% dos custos totais de estoque. Ainda assim, segundo o autor, estes custos formam a parcela mais intangível e subjetiva de todos os custos de estocagem, em razão do estoque poder incluir ativos de curto e longo prazos, além do fato de que o custo de capital pode variar entre a taxa máxima de juros e o

custo de oportunidade. Ballou (2006) afirma ainda que a taxa de atratividade da organização é apontada por muitos especialistas como a que melhor expressa o custo do capital. A taxa de atratividade é a taxa mínima de retorno admissível pela organização para os seus investimentos³.

Segundo Bowersox, Closs e Cooper (2006), o inventário é um ativo importante e deve trazer retorno sobre o capital nele investido, uma vez que cada centavo investido é uma troca compensatória em relação a investimentos alternativos que poderiam gerar retorno. O retorno dos investimentos em inventário corresponde à margem de lucro sobre as vendas que não ocorreriam sem a existência dele. Ainda segundo os autores, os especialistas contábeis reconhecem que a falta de sofisticação técnica na medição dificulta a mensuração dos impactos dos custos e benefícios dos inventários sobre os lucros e perdas de uma organização, como também a avaliação das trocas compensatórias entre níveis de serviço, eficiências operacionais e níveis de inventário.

Após a obtenção de dados em várias empresas, Bowersox, Closs e Cooper (2006) constataram que elas atribuem valores diferenciados aos custos de capital associados a estoques, variando desde a taxa básica de juros (paga por títulos do governo) até o alto percentual de 25%. O uso da taxa básica é explicado por ser a taxa a ser paga na obtenção de capital para repor o que foi gasto em inventário. Os valores mais altos correspondem à taxa mínima de atratividade das organizações.

2.2.6.4 Custos de Armazenagem (ou de Manuseio e Manutenção)

São os custos associados à armazenagem física como o aluguel ou a manutenção (no caso de armazém próprio) do armazém, sua iluminação, climatização e segurança (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002). Segundo Ballou (2006), os custos do prédio de estocagem são cobrados pelo volume utilizado. Se o prédio for alugado, as taxas são cobradas por peso e período de tempo utilizado, como por exemplo R\$/kg/mês. Em sendo o espaço próprio ou contratado, os custos correspondem aos custos operacionais relacionados ao espaço, como climatização e iluminação, além de custos fixos relativos à construção e armazenagem, cobrados pelo volume ocupado, como por exemplo, R\$/m³. O autor classifica esses custos como “custos de espaço” e diz serem irrelevantes quando associados a estoques em trânsito.

³ Lambert, D. M. e LaLonde, B. J. **Inventory Carrying Costs**. Management Accounting. 1976.

Para Davis, Aquilano e Chase (2001) abrangem o custo da instalação da armazenagem na forma de aluguel ou depreciação do armazém, além dos custos de seguro, impostos, taxas, utilidades, segurança e pessoal de apoio. Garcia et al. (2006) destacam que os custos de manutenção de estoques são proporcionais à quantidade estocada e ao tempo de estocagem. Citam ainda que uma simplificação usualmente praticada para realizar o cálculo desses custos é considerá-los como uma fração do seu valor unitário. Ballou (2006) afirma que os custos do seguro são uma garantia contra perdas por incêndios, roubos ou fenômenos atmosféricos, como tempestades, e que os custos dos impostos representam muito pouco em relação aos custos totais de manutenção. Esses custos totais de manutenção podem representar de 20 a 40% do valor do estoque.

Bowersox, Closs e Cooper (2006) afirmam que os custos de estocagem constituem-se da parcela dos custos de manutenção referente às despesas de instalação ou aluguel e manuseio. As despesas com instalação ou aluguel não dizem respeito diretamente ao valor do inventário e são maiores que as despesas com manuseio. Os custos de estocagem devem ser calculados por uma medida padrão como custo por dia, custo por área ocupada ou por volume ocupado.

A despesa total dos custos de manutenção do inventário é expressa como um percentual do valor do inventário médio anual. Entre os componentes desses custos estão os impostos e as despesas com seguros. Os primeiros são cobrados em função de nível de inventário médio em um determinado período de tempo e os segundos têm seu valor estipulado com base no risco previsto ou em perdas ao longo do tempo. Os produtos perigosos têm alto custo de seguro, mas que podem ser atenuados pela existência de sistemas de combate a emergência nos locais de armazenagem, como circuito fechado de TV e equipamentos de combate a incêndio (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2006).

2.2.6.5 Custos de Escassez ou Falta de Estoque

O não atendimento ou atendimento parcial de um pedido por parte do fornecedor pode significar a busca de um novo fornecedor para atender a necessidade do produtor, caso ele não possa esperar para receber o que está demandando. Ele procurará outro fornecedor e poderá decidir ficar com este último. Dependendo do porte do produtor ou do seu poder de formar opinião, o custo dessa perda pode ser muito alto para o fornecedor. Mesmo que os fornecedores concorrentes não disponham de estoque, o produtor pode decidir trocar de fornecedor pelo simples fato do seu fornecedor tê-lo deixado na mão e, por exemplo,

paralisado as suas operações, imputando-lhe custos igualmente altos. No que se refere ao processo produtivo interno, uma falta de estoque pode significar tempo ocioso no estágio seguinte, ineficiências, paralisação de produção e não atendimento a pedidos de consumidores, provocando insatisfação ou perdas dos consumidores, o que também pode implicar em custos relevantes (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Ballou (2006) diz que a falta de estoque para atendimento a um pedido colocado gera dois tipos principais de custos: os das vendas perdidas e o de pedidos atrasados. O primeiro ocorre pela perda do lucro quando o cliente cancela o pedido e de um adicional pela consequência negativa que essa falta possa vir a gerar nas vendas futuras. Esse primeiro tipo de custo de falta é mais comum para produtos onde o cliente encontra facilmente um similar no mercado. O segundo tipo ocorre quando o cliente aceita aguardar para que o seu pedido seja atendido. Não há perda da venda, mas o adiamento pode gerar custos adicionais de processamento das vendas e de manuseio e transporte, quando não for possível utilizar os canais normais de distribuição. Esses custos são tangíveis e podem ser calculados, mas pode haver também custos intangíveis referentes às vendas que deixarão de ser realizadas no futuro. Estes são de difícil mensuração. Esse segundo tipo de custo de falta ocorre mais comumente em produtos já consolidados na preferência do cliente.

Davis, Aquilano e Chase (2001) estabelecem que o custo de falta compõe-se do lucro perdido na venda em si e de qualquer “má vontade” que possa advir por parte do cliente. Afirmam ainda os autores que há uma compensação (*trade-off*) entre os custos de manter estoques para atender a demanda e os custos de falta de estoque. Esse balanço seria em alguns casos de difícil avaliação, quando não for possível estabelecer os lucros cessantes, os clientes perdidos e as eventuais penalidades que venham a ocorrer posteriormente.

Garcia et al. (2006, p.16) citam como exemplos de custos de falta de estoque: “as perdas de venda, a deterioração de imagem da organização, o pagamento de multas contratuais, a perda de fatia de mercado (*market share*), a reprogramação de atividades e a utilização de planos de contingência.”

O grande desafio da organização será estabelecer o nível de serviço desejado, uma vez que o custo para manter estoques que atendam integralmente a demanda, em qualquer época, é bastante elevado.

2.2.6.6 Custos de Obsolescência, Deterioração e Redução

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), itens armazenados por muito tempo

podem tornar-se obsoletos, como itens de vestuário que saem de moda, ou podem deteriorar-se, como alimentos.

De acordo com Davis, Aquilano e Chase (2001) os custos de obsolescência referem-se à depreciação do valor dos produtos com o passar do tempo, como é caso de produtos de alta tecnologia, que estão sempre sendo superados por novos modelos e ao refugo de produtos perecíveis, como alimentos e remédios. Os autores denominam “custos de redução” aqueles referentes a furtos ou danos. Esses custos provocam uma diminuição da quantidade estocada disponível para venda ou uso. Bowersox, Closs e Cooper (2006) mencionam que esses custos são normalmente estimados com base em experiências anteriores. Já Ballou (2006) afirma que os custos dessa categoria são estimados como perda direta do valor do produto, custo de retrabalho ou como custo de fornecimento do produto a partir de um outro local.

Os estoques dos principais produtos da Lubnor não apresentam riscos altos de deterioração. Os asfaltos armazenados nos tanques das refinarias de petróleo podem ser mantidos estocados em temperatura elevadas sem sofrer deterioração (TONIAL, 2001). Os lubrificantes são submetidos a tratamentos severos com hidrogênio, o que lhes confere uma excelente estabilidade à oxidação (ZAMBONI, 2008).

2.2.6.7 Custos de Ineficiência de Produção

Slack, Chambers e Johnston (2002) referem-se à filosofia do *just-in-time*, para afirmar que estoques altos, notadamente os estoques em processo, podem encobrir ineficiências no processo produtivo.

2.2.6.8 Custos de Descontos de Preços

Esse tipo de custo é citado apenas por Slack, Chambers e Johnston (2002) e ocorre quando um fornecedor oferece descontos para pedidos em grande quantidade de um determinado material, mas ao mesmo tempo impõe custos extras para os pedidos em menor quantidade. Isso pode resultar em um custo total do pedido superior ao que ocorreria se o comprador optasse por outro fornecedor.

2.2.7 Perfis de Estoque

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), um perfil de estoque é uma representação gráfica das suas quantidades estocadas ao longo do tempo. A Figura 8 mostra um perfil de estoque simplificado para um item que possui demanda constante D e, portanto, pedidos sempre da mesma quantidade Q (lote) em espaços de tempo iguais. Para efeito de simplificação admite-se que quando o estoque de itens acaba, o pedido de um novo lote de Q itens chega instantaneamente. Nesse caso o estoque médio será igual a $Q/2$, já que as áreas sombreadas no primeiro período da Figura 8 são iguais. O intervalo de tempo (período) entre as entregas será igual a Q/D e a frequência de entregas ou o número de entregas realizadas no período de tempo considerado será igual a D/Q (inverso do intervalo de tempo). Alguns itens precisam de preparação antes da entrada no processo produtivo, o que já deve estar contemplado no perfil.

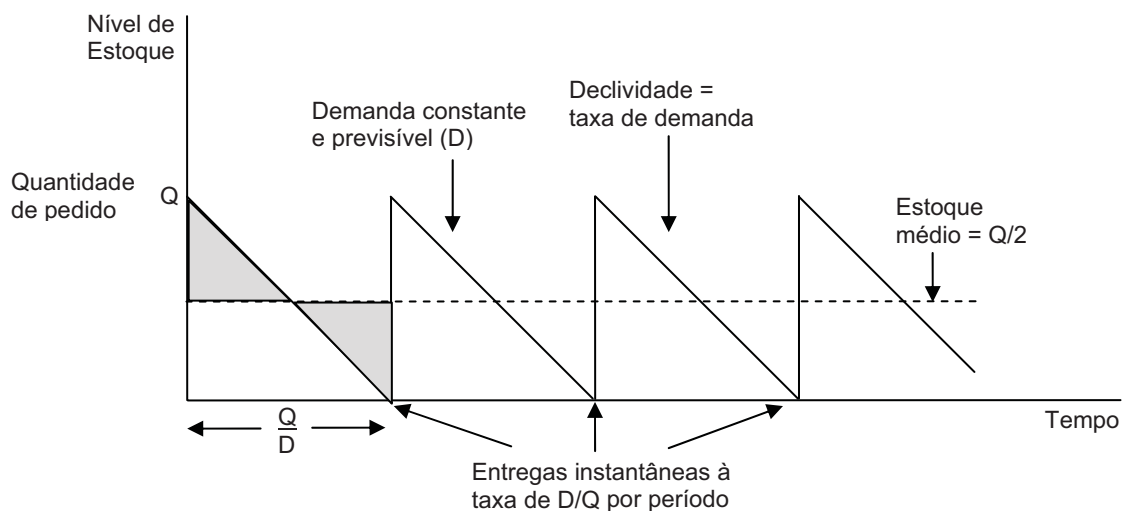


Figura 8 - Perfil de estoque para um item. Fonte: Slack, Chambers e Johnston, 2002, p. 387.

2.2.8 Gestão de Estoques

A gestão de estoques de matéria-prima, insumos, componentes em processo e de produtos acabados na cadeia de suprimentos compreende a gestão de pedidos aos fornecedores, das entregas, das necessidades do processo produtivo e da distribuição e entrega dos produtos acabados. Garcia et al. (2006) destacam que, em razão da humanidade utilizar estoques desde o início de sua história, o conceito de gestão de estoques é amplamente difundido, estando presente não só nas organizações, mas no dia-a-dia das pessoas. Ballou

(2006) afirma que em razão dos altos custos de manutenção, uma gestão cuidadosa dos níveis de estoques torna-se uma atividade de grande relevância econômica em uma organização.

Conforme Slack, Chambers e Johnston (2002), são três os principais tipos de decisão a serem tomadas pelos gestores de estoques:

- a) Quanto pedir (*decisões de volume* de suprimento);
- b) Quando pedir (*decisões de momento* de reposição);
- c) Como controlar o sistema (procedimentos, rotinas, prioridades, informações).

Davis, Aquilano e Chase (2001, p. 469) classificam a gestão de estoques, conforme citado no item 3.1 deste trabalho, como “o conjunto de políticas e controles que monitora os níveis de estoque e determina: a) quais níveis devem ser mantidos, b) quando deve ocorrer a reposição e c) o tamanho dos pedidos.” Os mesmos autores estabelecem que esses itens correspondem ao objetivo básico de uma análise de estoque e alertam para a tendência atual das empresas firmarem parcerias com seus fornecedores mantendo com eles relações de longo prazo. Esse enfoque altera as relações entre o cliente e o fornecedor, onde este último deixa de fornecer apenas quando recebe o pedido. A responsabilidade pelo fornecimento passa a ser compartilhada, onde o cliente mantém o fornecedor informado sobre as quantidades em estoque e o fornecedor planeja a sua produção de maneira que não haja falta de nenhum item nas instalações do cliente.

Garcia et al. (2006) afirmam que a complexidade da tomada de decisões por um gestor de logística aumenta rapidamente com o aumento do número de unidades mantidas em estoque (*stock keeping units* – SKUs) e de instalações, o que às vezes inviabiliza uma solução ótima exata para o sistema logístico e torna conveniente o uso de aproximações. Citam como algumas das decisões mais importantes:

- a) quanto pedir: especificar a quantidade requerida, com base na demanda esperada, nas restrições de suprimento e nos descontos e custos envolvidos;
- b) quando pedir: determinar o momento de emitir um pedido, com base no *lead time* de ressuprimento, na demanda esperada e no nível de serviço desejado;
- c) estabelecer a frequência de revisão dos níveis de estoque, com base, dentre outros fatores, na tecnologia existente e nos custos de revisão;
- d) onde localizar os estoques, com base nos custos de distribuição, nas restrições de serviço, no tempo de espera aceito pelos clientes, no tempo de distribuição, nos custos de estoque, custos das instalações, dentre outros;

e) Como controlar o sistema, utilizando indicadores de desempenho e monitorando as operações.

Segundo Bowersox, Closs e Cooper (2006), a gestão de inventário é o componente mais importante na estratégia logística e trata-se de uma atividade de risco. Em uma organização industrial esse risco é de longo prazo porque o comprometimento com inventários é profundo e de longa duração. De fato, um fabricante está comprometido com estoques ao longo de toda a cadeia de suprimentos, seja de matérias-primas, peças, componentes, produtos em processo e acabados. Estes últimos são geralmente deslocados para armazéns (risco adicional de transporte) e, em algumas ocasiões, são consignados nas instalações dos clientes, mantendo assim o risco com a indústria.

Ainda de acordo com os mesmos autores, os atacadistas têm um risco menor que os fabricantes, mas ainda assim é um risco alto, pois armazenam grandes quantidades e sortimento de produtos de diferentes fabricantes, muitas vezes por longos períodos, como nas antecipações de inventários de mercados sazonais. Finalmente, o varejista aparece com um risco menor que o atacadista, mas que também se constitui em um risco considerável. O alto custo dos espaços para armazenamento obriga os varejistas a priorizarem o giro dos estoques e a lucratividade direta sobre os produtos. Os grandes varejistas assumem uma posição de risco pela variedade de produtos, mas o diluem entre a grande quantidade de SKUs. Os varejistas têm transferido ao máximo os riscos de estocagem para os atacadistas, exigindo destes entregas rápidas de produtos variados nas quantidades mínimas necessárias para garantir a continuidade das vendas nas lojas. Varejistas de especialidades lidam com riscos menores no que se refere à quantidade de SKUs em estoque, mas seus riscos aumentam por concentrarem todo o inventário nas lojas por um período de tempo maior que o dos varejistas de produtos de consumo em massa.

Para Ballou (2006) gerenciar estoques é também equilibrar a disponibilidade dos produtos ou serviços com os custos de abastecimento necessários para garantir essa disponibilidade. O objetivo é atingir a meta estipulada para o nível de serviço ao cliente desejado com os menores custos de estoque possíveis.

2.2.8.1 Definições Importantes

2.2.8.1.1 Política de Inventário

Bowersox, Closs e Cooper (2006) afirmam que a política de inventário consiste no conjunto de diretrizes que definem: a) o que comprar ou fabricar; b) quando iniciar uma ação de compra ou fabricação; c) que quantidade operar e d) onde localizar geograficamente o inventário. Algumas empresas decidem localizar o estoque em um armazém na própria fábrica. Outras preferem deslocar parte do seu estoque para armazéns regionais ou locais, no intuito de manter seus produtos mais perto do mercado. “O desenvolvimento de uma política em bases racionais é a questão mais difícil envolvendo a gestão de inventário” (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2006, p. 243).

A política define também como gerir o inventário. A gestão pode ser feita considerando cada instalação de armazenagem isoladamente ou de forma centralizada, abrangendo todas as instalações de estocagem. Os avanços na tecnologia da informação e nos sistemas de planejamento integrado têm permitido que mais empresas adotem a gestão centralizada dos inventários.

Garcia et al. (2006) definem políticas de estoques como sistemas de controle formados por um conjunto de regras e parâmetros que possibilitam a tomada de decisão de *quando* e *quanto* pedir ao longo do tempo. Essas políticas devem ser parametrizadas com o auxílio de modelos matemáticos probabilísticos que representem de forma acurada as características e trocas compensatórias das operações logísticas reais.

Algumas definições importantes são destacadas por Garcia et al. (2006):

- a) *Estoque à Mão*: é o estoque existente na organização;
- b) *Estoque Líquido*: é o estoque à mão menos as vendas consolidadas mas ainda não entregues por falta de estoque (*backorders*);
- c) *Posição de Estoque*: é a soma do estoque líquido com os pedidos em trânsito.

2.2.8.1.2 Nível de Serviço

Segundo Bowersox, Closs e Cooper (2006), o nível de serviço corresponde à meta ou medição do desempenho dos inventários de uma organização, no que se refere ao atendimento aos clientes. Geralmente é medido pelo *tempo de duração do ciclo de um pedido*

ou ciclo de desempenho do pedido, pela proporção de atendimento caso a caso, pela proporção de atendimento de linhas, pela proporção de atendimento de pedidos ou por qualquer combinação desses aspectos.

A rigor, os quatro aspectos podem ser condensados em um só: o percentual de pedidos atendidos conforme o que foi solicitado pelo comprador no que se refere à quantidade, prazo, integridade física e qualidade. São muitas as estratégias utilizadas para atingir um alto nível de serviço. Dentre elas estão: aumentar o inventário, utilizar transporte mais rápido e promover a colaboração entre clientes e fornecedores de serviço para reduzir a incerteza.

Davis, Aquilano e Chase (2001) definem o nível de serviço como sendo a probabilidade de que todos os pedidos de clientes feitos durante o *lead time* sejam atendidos pelo estoque sem que os clientes tenham que esperar em decorrência de falta nesse estoque. Um nível de serviço de 95% significa a probabilidade de que 95% dos pedidos sejam atendidos.

Ballou (2006) define o *nível de serviço* ou *índice de atendimento* como a probabilidade de atendimento ao cliente na quantidade e no tempo desejados, com produto do estoque existente. Para um item único, pode ser definido como:

$$\text{Nível de Serviço} = 1 - \frac{\text{Número esperado de unidades em falta anualmente}}{\text{Demanda anual total}}$$

O gestor de estoques deve controlar o número esperado de unidades faltantes. Este cálculo, entretanto, considera apenas um item. Considerando-se um pedido múltiplo, de cinco itens por exemplo, se cada item possui um nível de serviço de 95%, o nível de serviço para atender o pedido na íntegra será de:

$$\text{Nível de Serviço para o pedido total} = 0,95 \times 0,95 \times 0,95 \times 0,95 \times 0,95 = 0,77$$

Garcia et al. (2006) estabelecem duas formas usuais de definição do nível de serviço ao cliente, em função dos quais podem ser especificadas as políticas de estoque:

a) *Probabilidade de não haver falta de estoque (stockout) durante o lead time de reposição*: corresponde à probabilidade de que a demanda durante o *lead time* de reposição seja menor que o ponto de reposição. É também chamado de “nível de serviço do ciclo”, pois representa o percentual de ciclos de reabastecimento sem falta de produto;

b) *Disponibilidade*: é a fração da demanda atendida diretamente pelo estoque à mão. Em outras palavras é a demanda total menos *backorders* e vendas perdidas, dividido pela demanda total.

2.2.8.1.3 Inventário Médio, Ciclos de Desempenho e de Inventário, Ponto de Pedido ou Reposição

O perfil mostrado na Figura 8 é determinístico, pois admite uma demanda constante e não considera as incertezas. Para se proteger de eventos indesejados como o aumento na demanda ou o atraso na entrega de pedidos, as organizações mantêm *estoques de segurança*. Segundo Bowersox, Closs e Cooper (2006) esses estoques são bastante representativos em um sistema de logística comum. A Figura 9 ilustra graficamente a existência do estoque de segurança. Ele é mantido constante ao longo de todo o período considerado.

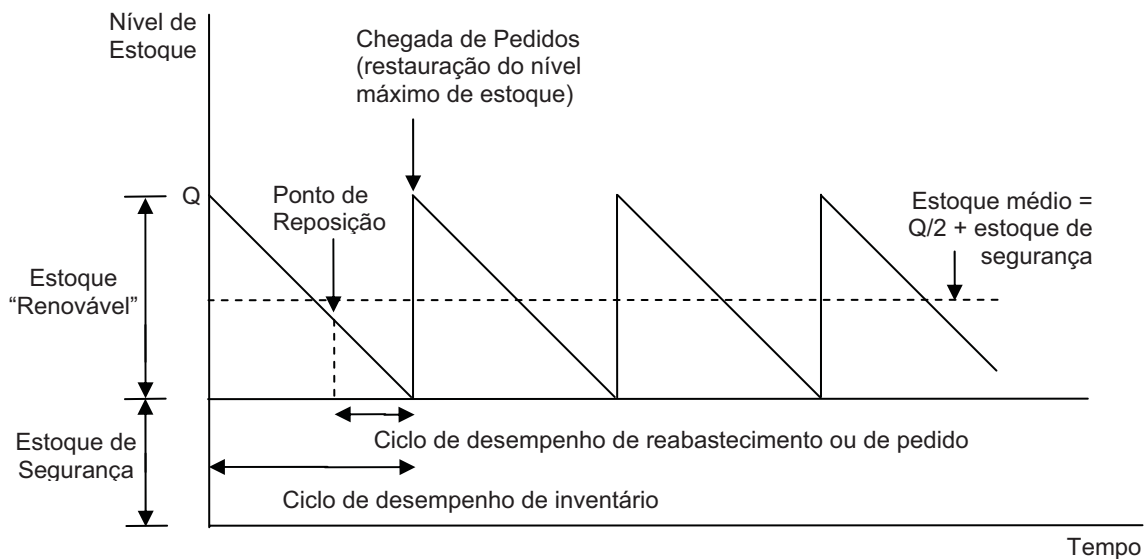


Figura 9 - Perfil com estoque de segurança e ciclos de pedido e inventário para um item. Fonte: Adaptada de Bowersox, Closs e Cooper (2006, p. 244-245).

Na gestão logística, portanto, o *inventário médio* corresponde à soma do nível do estoque de segurança e do estoque básico. O *estoque básico* ou *tamanho do lote de estoque* é definido por Bowersox, Closs e Cooper (2006, p.244) como a “parte do inventário médio resultante da renovação do estoque.” O estoque básico é, portanto, o estoque médio da parte “renovável” do inventário. O *ciclo de desempenho do inventário* de um item corresponde ao período entre o valor máximo do estoque (chegada do pedido) e o ponto em que o nível de

estoque chega ao mínimo (nível do estoque de segurança). Antes de o estoque atingir o mínimo é feito um pedido de reposição, que deve chegar tão logo a última unidade seja vendida, de maneira que o inventário seja novamente completado antes que seja necessário lançar mão do estoque de segurança. Se houvesse um perfeito controle sobre todo o processo, o estoque de segurança seria desnecessário. A quantidade solicitada para renovação é denominada *quantidade do pedido* e o nível de estoque que desencadeia um novo pedido recebe o nome de *ponto de reposição ou de pedido*. O *ciclo de desempenho de reposição ou reabastecimento* corresponde ao período entre o ponto de pedido e o ponto em que o nível de estoque é mínimo. A organização pode decidir trabalhar com estoque mais alto ou baixo, aumentando ou diminuindo, respectivamente a quantidade do pedido. (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2006).

2.2.9 Planejamento e Controle do Inventário

Planejar e controlar inventários é lidar com a ambivalência dos efeitos negativos dos custos e riscos de manter estoques e o efeito positivo de ter o produto disponível para entrega, garantindo o nível de serviço desejado, o que representa uma segurança em um ambiente complexo e de incertezas.

2.2.9.1 Quando Pedir: A Determinação do Ponto de Reposição

Slack, Chambers e Johnston (2002) estabelecem que o ponto de reposição, também chamado de ponto de pedido, reabastecimento ou ressuprimento (R) pode ser expresso de duas formas: pelo tempo entre a colocação e a chegada do pedido no ponto de estoque zero ou pelo nível mínimo admissível de estoque para liberar um novo pedido de reabastecimento de forma a garantir que o produto chegue no nível de estoque zero. A Figura 10 ilustra esse conceito: nela o ponto de reposição ocorre duas semanas antes do ponto de estoque zero ou quando o estoque atingir o nível de 200 unidades.

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), o cálculo do ponto de reposição é feito através da multiplicação da demanda média diária no período considerado (D_m) pelo número de dias entre a liberação de um pedido e sua entrega, o chamado *lead time* de pedido (L). O ponto de reposição é:

$$R = D_m \times L \quad (37)$$

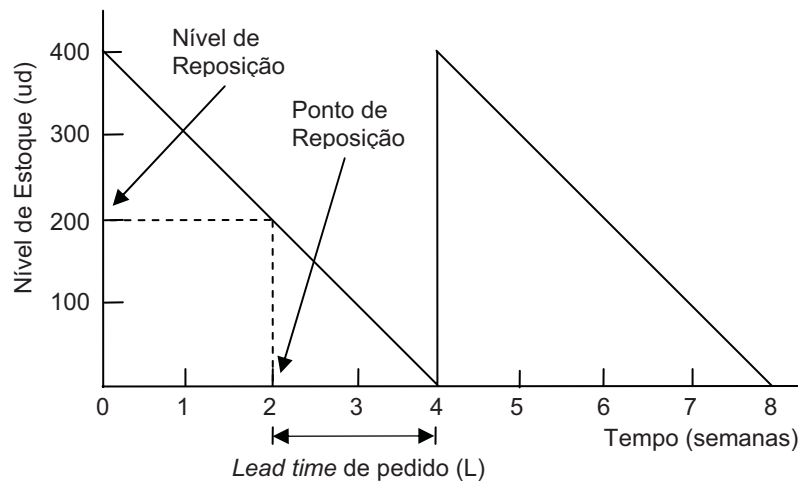


Figura 10 - Nível e Ponto de Reposição como derivados da demanda e do lead time.
Fonte: Slack, Chambers e Johnston (2002, p.397).

Bowersox, Closs e Cooper (2006) destacam que em situações de incerteza na demanda ou na duração do ciclo de desempenho de reabastecimento, faz-se necessária a formação do estoque de segurança (E_S). Nesse caso, a fórmula do ponto de reposição passa a ser:

$$R = D_m \times L + E_S \quad (38)$$

2.2.9.2 Quanto Pedir: O Cálculo do Lote Econômico de Compra

A abordagem do lote econômico de compra (LEC), também muito conhecido pela sua sigla em inglês EOQ (*Economic Order Quantity*), é a forma mais comum de quanto pedir de um item específico, quando o estoque precisa de reabastecimento. Ela consiste na busca do melhor equilíbrio entre as vantagens e desvantagens de manter estoques (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002). Segundo Garcia et al. (2006), o modelo do LEC é determinístico, o que significa que não considera incertezas, tão presentes no ambiente operacional das organizações. Os autores ressaltam, entretanto, que os modelos determinísticos são úteis para apoiar decisões em situações reais, porque são robustos quando se trata de avaliar as trocas compensatórias de custos existentes, além de servirem de base para o desenvolvimento de modelos mais complexos. A grande vantagem desses modelos, segundo os autores, é a sua maior facilidade de implementação e utilização. O modelo do LEC é resultado do trabalho realizado por Ford Harris, em 1913, na Westinghouse

Corporation e mesmo com quase cem anos de existência, sua primeira formulação e extensões ainda são utilizados para apoiar decisões em muitas situações reais.

Slack, Chambers e Johnston (2002) demonstram como calcular o LEC a partir do conhecimento do custo total anual de manutenção de estoque de uma unidade de um produto específico (C_e) e o custo total de colocação de um pedido (C_p) do mesmo produto. Nesse caso, os custos de manutenção incluem os custos de capital e obsolescência, e os custos do pedido incluem os custos de descontos no preço. O LEC será a quantidade que trará o menor somatório dos custos de pedido e de manutenção do estoque. Como o estoque de segurança é fixo, o cálculo do LEC corresponde apenas à parte “renovável” do inventário. Conforme já visto na Figura 8, segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), o estoque médio (sem a consideração da existência de um estoque de segurança) equivale à metade da quantidade de pedido ($Q/2$). O período entre entregas é igual a Q/D e a frequência anual de entregas é D/Q , para uma demanda anual constante de valor total D . O custo total anual do estoque será igual ao somatório dos custos de manutenção e custos de pedido, calculado da conforme segue:

Custo de manutenção = custo de manutenção por unidade x estoque médio:

$$CM = C_e \times \frac{Q}{2} \quad (39)$$

Custo de pedido = custo por pedido x número de pedidos por ano:

$$CP = C_p \times \frac{D}{Q} \quad (40)$$

Logo, o custo total anual será:

$$CT = CM + CP = C_e \times \frac{Q}{2} + C_p \times \frac{D}{Q} \quad (41)$$

Para encontrar o valor mais econômico para o lote de compras, verifica-se a taxa de variação dos custos totais em relação à quantidade de pedido (Q). Para o cálculo do custo total mínimo, conforme mostrado na curva da Figura 11 é preciso encontrar o ponto da curva onde o declive do custo total é zero. Isso é feito calculando-se a derivada da expressão do custo total com relação à Q e igualando-a a zero, conforme segue:

$$\frac{\partial CT}{\partial Q} = \frac{C_e}{2} - \frac{C_p D}{Q^2} = 0 \rightarrow \frac{C_e}{2} = \frac{C_p D}{Q_0^2} \rightarrow Q_0 = LEC = \sqrt{\frac{2C_p D}{C_e}} \quad (42)$$

Davis, Aquilano e Chase (2001) incluem o custo de aquisição, igual ao custo de aquisição de uma unidade multiplicado pela demanda total no período ($CA = C_a \times D$) como parcela do custo total, que passa a ser:

$$CT = C_a \times D + C_e \times \frac{Q}{2} + C_p \times \frac{D}{Q} \quad (43)$$

Isso, entretanto, não altera a fórmula encontrada para o LEC, pois o valor da derivada de uma constante é zero.

A partir do cálculo do LEC, outros parâmetros importantes podem ser definidos:

a) o intervalo de tempo entre pedidos ou ciclo de pedidos será:

$$T_{cp} = \frac{LEC}{D} \quad (44)$$

b) a frequência anual de pedidos será ou número de pedidos realizados no ano será:

$$f_p = \frac{D}{LEC} \quad (45)$$

c) o giro do estoque, correspondente à demanda no período considerado dividida pelo estoque médio será:

$$G_e = \frac{D}{LEC/2} = \frac{2D}{LEC} = \sqrt{\frac{4D^2}{2C_p D}} = \sqrt{\frac{4D^2 C_e}{2C_p D}} \Rightarrow G_e = \sqrt{\frac{2DC_e}{C_p}} \quad (46)$$

Segundo Davis, Aquilano e Chase (2001), a abordagem do LEC é um bom ponto de partida para o trabalho com os modelos de estoque. Bowersox, Closs e Cooper (2006) afirmam que o modelo do LEC determina a quantidade ideal de reposição para um produto específico e ilustra a importância das trocas compensatórias entre a manutenção do inventário e os custos dos pedidos de reposição.

A Figura 11 mostra a relação existente entre os custos de manutenção dos estoques, os custos do pedido e os custos totais. O lado esquerdo da Figura 11 mostra que uma

maior quantidade de pedidos em lotes menores representam altos custos de pedido (em razão do maior número de pedidos no período considerado) e baixos custos de manutenção (em consequência das menores quantidades estocadas). Seguindo em direção ao centro da Figura 11, vê-se que os custos de pedido caem de forma mais brusca do que crescem os custos de manutenção, o que significa que os custos totais caem até ser atingido o ponto onde somatório dos custos de manutenção e de pedido atinge um mínimo, correspondente ao ponto ótimo de compra ou lote econômico de compra (b). Continuando para a extremidade direita da Figura 11 o decréscimo nos custos do pedido é mais lento que o acréscimo nos custos de manutenção e o custo total volta a subir.

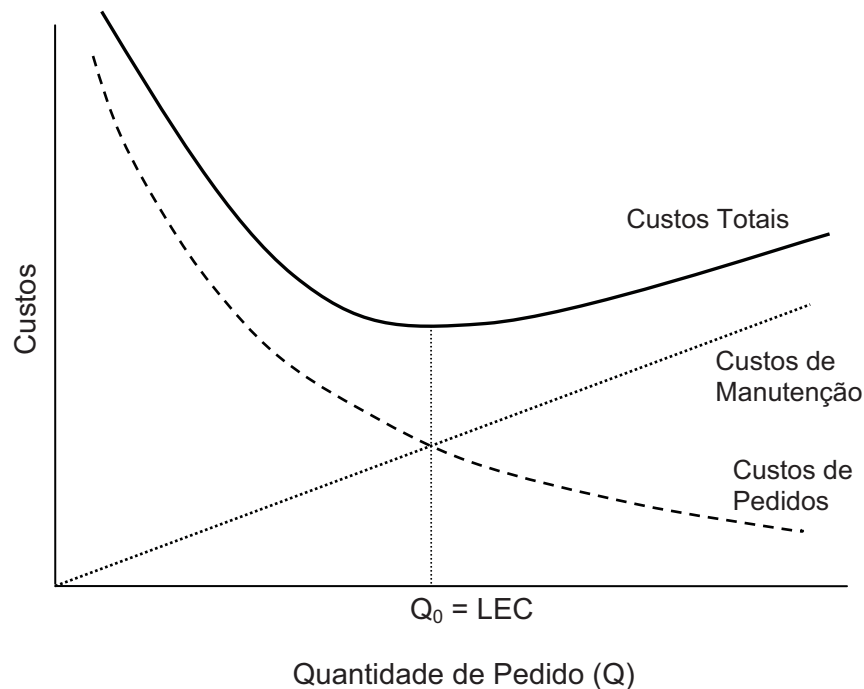


Figura 11 - Representação gráfica da quantidade econômica de pedido. Fonte: Slack, Chambers e Johnston (2002, p.389).

O tamanho do lote equilibra o custo de manutenção de inventários e o custo dos pedidos. A chave para entender essa relação é lembrar que o inventário médio é igual à metade da quantidade do pedido. Portanto, quanto maior a quantidade do pedido, maior o inventário médio e, conseqüentemente, maior o custo anual de manutenção. Porém, quanto maior a quantidade do pedido, menos pedidos são feitos por período de planejamento e, conseqüentemente, mais baixo será o custo total. (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2006, p.247).

Davis, Aquilano e Chase (2001), Bowersox, Closs e Cooper (2006) e Garcia et al. (2006) relacionam, entretanto, os seguintes pressupostos para que o modelo determinístico do LEC seja válido:

- a) a demanda pelo produto é conhecida, constante e uniforme durante o período considerado;
- b) o pedido chega completo em um único instante de tempo;
- c) o tempo entre o pedido e o recebimento (*lead time*) é determinístico e constante;
- d) o preço unitário do produto é constante, sem descontos para compras em maiores quantidades e sem variar ao longo do período considerado;
- e) os custos de pedido e de estoque independem da quantidade pedida e não variam com o tempo;
- f) todas as demandas pelo produto são atendidas, não sendo permitido faltas ou atrasos;
- g) o controle de estoque do produto em estudo não tem interferência com o de outros produtos;
- h) Não há restrições de armazenagem e capacidade de transporte;
- i) Não há inventário do produto em trânsito.

Bowersox, Closs e Cooper (2006, p.248) comentam que “as restrições impostas por algumas das condições acima podem ser superadas por extensões de cálculos computacionais.” Os autores estabelecem três importantes aspectos decorrentes das relações referentes ao ciclo de desempenho de inventário, custo de inventário e formulações de pedido econômico, que orientam o planejamento de inventário:

- a) o LEC é encontrado onde o custo anual de pedidos e o custo de manutenção do inventário são iguais;
- b) o inventário básico médio é igual à metade da quantidade de pedido;
- c) mantendo-se iguais os demais aspectos, o valor da unidade de inventário está diretamente relacionado com a frequência dos pedidos de reposição. Isso quer dizer que enquanto maior o valor do produto, menor deverá ser seu estoque e mais freqüentemente ele será requisitado.

A fórmula do LEC não considera a possibilidade de falta de estoques. Entretanto, essas situações não são raras. Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), há mercados em

que os consumidores estão dispostos a esperar se houver falta de um determinado item. Mesmo sem estoque, a demanda continua, produzindo um “estoque negativo”. Quando o pedido chega, os clientes são atendidos e a quantidade não entregue formará novo nível e estoque. Nesses casos a fórmula do LEC passa a ser:

$$LEC = \sqrt{\frac{2C_p D}{C_e}} \cdot \sqrt{\frac{C_e + C_s}{C_s}} \quad (47)$$

Onde:

C_s = custo por unidade de falta por período de tempo

2.2.9.2.1 Análise de Sensibilidade do LEC

Garcia et al. (2006) mencionam a existência de uma crítica ao modelo do LEC em razão da dificuldade de estimar os seus parâmetros (demanda por período, custos de pedidos e de manutenção do estoque). Entretanto, os autores ressaltam que uma característica básica do modelo é a sua robustez para absorver os efeitos desses erros de estimativa no custo total resultante.

O exame da Figura 11 mostra que uma variação relativamente pequena, para mais ou para menos, em torno do tamanho do LEC, não implicará em uma variação significativa no valor dos custos totais. Isso quer dizer que pequenos erros de estimativa no valor da demanda ou nos custos de manutenção ou do pedido não implicarão em desvio significativo do LEC, o que facilita bastante o processo de cálculo (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

De fato, como mostra Ballou (2006), isso pode ser confirmado através da própria fórmula do LEC. Caso ocorra, por exemplo, uma variação de 10% no valor da demanda ou do custo do pedido, a variação correspondente no LEC seria, conforme a equação (42):

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot C_p \cdot D \cdot 1,1}{C_e}} = \sqrt{1,1} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot C_p \cdot D}{C_e}} = 1,0488 \cdot LEC$$

Isso significa um aumento de apenas 4,88% na quantidade de pedido. Por outro lado, um erro de 15% para menos no custo de manutenção em relação ao valor presumido, produz um aumento na quantidade de pedido de apenas 8,47%, conforme mostrado abaixo.

$$Q_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot C_p \cdot D}{0,85 \cdot C_e}} = \sqrt{\frac{1}{0,85}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot C_p \cdot D}{C_e}} = 1,0847 \cdot LEC$$

Caso a falha de estimativa ocorra em mais de um dos valores da fórmula do LEC, pode haver uma compensação entre as variações, implicando numa pequena variação final. O importante é que a variação resultante não seja significativa.

Garcia et al. (2006, p. 27) destacam que “a penalidade por usar um valor não ótimo para o LEC é muito menor que o erro de estimativa.” A robustez do modelo em relação aos custos totais, parâmetro de enorme relevância para as organizações, é explicada pelo fato de que uma variação na quantidade de pedido (Q) determina variações em sentidos contrários nos componentes do custo total. Um aumento de Q ($Q > LEC$) significa um aumento correspondente nos custos de manutenção e uma redução no custo de pedidos. Uma redução de Q ($Q < LEC$) determina o contrário. Isso pode ser visto com facilidade utilizando-se a fórmula (41). Caso o lote de compra seja 50% superior ao LEC, o custo total no período seria:

$$CT' = CM' + CP' = C_e \times \frac{1,5Q}{2} + C_p \times \frac{D}{1,5Q} \rightarrow CT' = 1,5CM + \frac{CP}{1,5}$$

Supondo-se um LEC onde os custos de manutenção e de pedido no período considerado sejam iguais 100 unidades monetárias, cada. O custo total seria, portanto, de 200 unidades monetárias. Um aumento de 50% na quantidade de pedido ($Q' = 1,5 \cdot Q$) determinaria o seguinte valor para o custo total:

$$CT' = 1,5 \times 100 + \frac{100}{1,5} = 216,66 \text{ unidades monetárias}$$

Esse valor corresponde a um aumento de apenas 8,33% no custo total, número bem inferior à variação de 50% no valor do LEC, mostrando a robustez do modelo.

Garcia et al. (2006) mostram que se houver um erro de estimativa em algum parâmetro do LEC (D , C_e e C_p), a variação do custo total é ainda menor. Um erro de estimativa de 100%, para mais, no custo por pedido (C_p) implica, de acordo com a equação (42), em um aumento de apenas 41% na quantidade de pedido, conforme segue:

$$Q' = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot C_p \cdot D}{C_e}} = 1,4142 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot C_p \cdot D}{C_e}} = 1,4142 \cdot LEC$$

Conseqüentemente, o novo custo total seria:

$$CT'' = CM'' + CP'' = C_e \times \frac{1,4142Q}{2} + C_p \times \frac{D}{1,4142Q} \rightarrow CT'' = 1,4142CM + \frac{CP}{1,4142}$$

Seguindo o mesmo exemplo anterior do LEC, onde CM e CP são iguais a 100 unidades monetárias, cada e $CT = 200$ unidades monetárias, o novo valor do custo total seria:

$$CT'' = 1,4142 \times 100 + \frac{100}{1,4142} = 212,13 \text{ unidades monetárias}$$

Esse valor corresponde a um aumento de apenas 6,07% no custo total. Caso houvesse um erro de estimativa de 100%, para mais, no custo de manutenção por unidade (C_e), o valor da nova quantidade de pedido seria 29% menor que o LEC original ($Q' = 0,71 \cdot Q$) e o aumento do custo total seria também de 6,07%. Garcia et al. (2006) concluem que um mesmo erro percentual p em qualquer parâmetro do LEC produz o mesmo aumento no custo total.

As Figuras 12 e 13 mostram a variação do custo total para diferentes percentuais de variação da quantidade de pedido (a) e dos parâmetros do LEC (b).

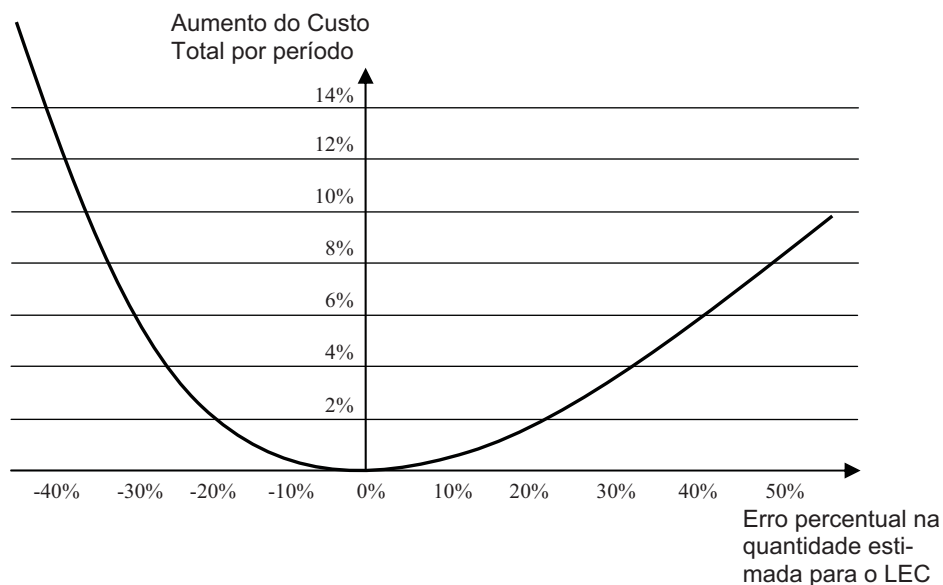


Figura 12 - Aumento do custo gerado por um erro percentual no cálculo do LEC.
Fonte: Garcia et al., 2006.

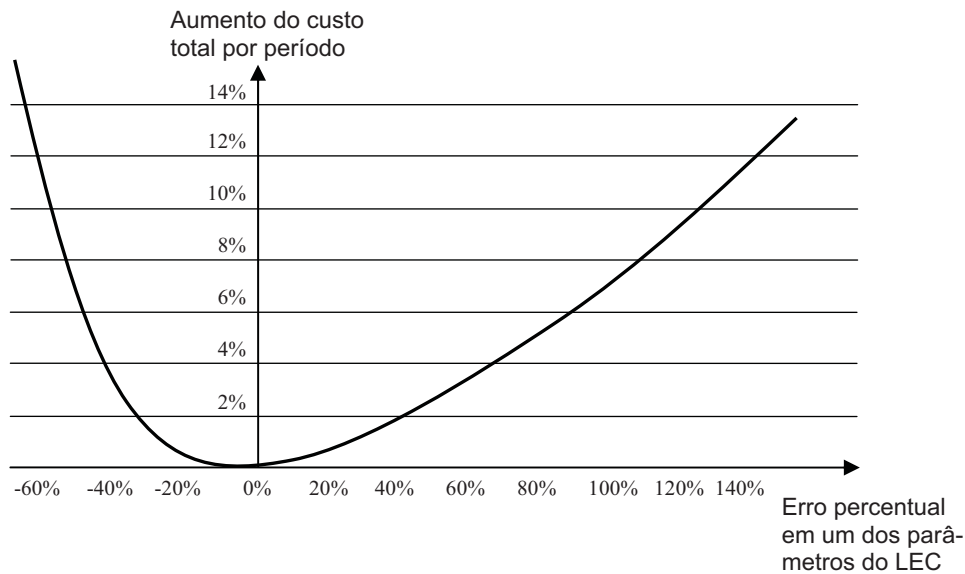


Figura 13 - Aumento do custo gerado por um erro percentual em um parâmetro do LEC. (Fonte: Garcia et al., 2006)

2.2.9.2.2 Ajustes do LEC

Bowersox, Closs e Cooper (2006) estabelecem três ajustes típicos que podem ser feitos ao LEC para adaptá-lo a aplicações reais, onde ocorrem situações de compra especiais: tarifas de transporte, descontos por quantidades e outros ajustes, conforme segue:

a) Tarifas de Transportes

O transporte é o principal componente dos sistemas logísticos das empresas (FIGUEIREDO; FLEURY; WANKE, 2003). Os autores citam que, em média, o transporte é responsável por 64% dos custos logísticos e que afeta diretamente o tempo de entrega, a confiabilidade e a segurança dos produtos.

Quando os produtos são adquiridos na modalidade *Free on Board* (FOB), onde o comprador recebe esses produtos na origem e providencia o transporte até as suas instalações, a posse e a responsabilidade sobre eles são transferidas ao comprador no momento do embarque (COLLYER; COLLYER, 2002). Nesse caso, segundo Bowersox, Closs e Cooper (2006), o custo de transporte deve ser analisado, já que normalmente os transportadores oferecem fretes unitários cada vez mais baratos quanto maiores forem as quantidades transportadas. Logo, as organizações preferirão adquirir em quantidades que ofereçam o melhor preço de transporte. O aumento da quantidade pedida aumenta o inventário médio e,

conseqüentemente, o custo de manutenção do inventário. Por outro lado reduz o número de pedidos e os custos a eles associados. Faz-se necessária, portanto, uma análise do custo total para as duas situações: com a quantidade determinada pelo LEC ou com a definida pelo custo de transporte. O impacto da redução das tarifas de transporte no custo total pode ser significativo e maior que o referente às alterações nos custos de manutenção e de pedidos (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2006).

Dois importantes fatores são ainda destacados por Bowersox, Closs e Cooper (2006) quando a compra é feita com recebimento dos produtos na origem: em primeiro lugar, o comprador assume o risco total sobre o inventário de produtos no momento do embarque, inclusive pelos custos de eventuais encargos associados; e em segundo lugar, o custo do produto adquirido passa a ser o custo de aquisição acrescido do valor do frete. É sobre esse valor que deverá ser calculado o custo de manutenção do inventário.

b) Descontos por Quantidade

Esse é um caso análogo ao das tarifas de transporte. Caso o fornecedor ofereça descontos para aquisições em maiores quantidades, o LEC deve ser calculado e verificado para cada faixa de pedido (preço por quantidade pedida). Bowersox, Closs e Cooper(2006) afirmam que se o desconto no preço de compra for suficiente para compensar a diferença entre o aumento no custo de manutenção do inventário e a redução no custo de pedido, então a aquisição de um lote maior torna-se viável.

Davis, Aquilano e Chase (2001) ressaltam que o cálculo do LEC para uma determinada faixa de pedido só será viável se a quantidade encontrada estiver dentro da faixa. Caso contrário, deve ser calculado o custo relativo à quantidade mínima da faixa de pedido relativa ao preço com desconto. Em seguida esse custo deve ser comparado ao custo encontrado para o LEC básico. Por exemplo, se o LEC básico calculado para um determinado produto foi de 300 unidades e o fornecedor passa a oferecer um desconto no preço para pedidos acima de 500 unidades, o resultado do cálculo do novo LEC considerando o preço com desconto só será viável se a nova quantidade encontrada for maior do que 500. Uma quantidade de 450 unidades, por exemplo, é uma solução inviável porque um pedido nessa quantidade não terá desconto no preço. Nesse caso, compara-se o custo total para a quantidade de pedido de 500 unidades (início da faixa de pedido com desconto) e compara-se com o custo total associado ao LEC básico para que seja determinada a melhor alternativa. Os autores fazem ainda um alerta sobre o fato de que a redução de custos de aquisição para

maiores quantidades freqüentemente faz parecer econômica a realização de pedidos em quantidades bem superiores ao LEC. Por essa razão, ao utilizarem o modelo com desconto de preço, os gestores de logística de uma organização devem ser especialmente cuidadosos quando forem estimar o período de obsolescência do produto e os seus custos de armazenagem.

Garcia et al. (2006) destacam que como geralmente os fornecedores oferecem descontos por faixas de quantidade pedida, a curva de custo total terá descontinuidades nos pontos referentes a essas quantidades. Nesses pontos a fórmula do LEC não pode ser utilizada sem sofrer ajustes posteriores: se o LEC encontrado estiver acima do limite superior do intervalo relativo ao preço unitário considerado, seu valor deve ser alterado para o limite superior. Caso o LEC encontrado seja menor que o limite inferior do intervalo, deve ser adotado o limite inferior.

c) Outros Ajustes do LEC

Garcia et al. (2006) afirmam que a existência de restrições é comum em muitas situações, o que inviabiliza a aplicação do valor exato encontrado para o LEC e lhe impõe ajustes. Algumas restrições têm soluções simples. A título de exemplo, os autores citam o caso de um fornecedor que exige uma quantidade mínima de pedido e o LEC calculado é menor que essa quantidade. Não havendo fornecedor alternativo, a solução é comprar a quantidade mínima. Da mesma forma, se o LEC calculado for maior que a capacidade de transporte, então a quantidade de pedido deve ser ajustada para essa capacidade.

Bowersox, Closs e Cooper (2006) apontam cinco situações especiais que podem requerer ajustes no LEC:

- a) tamanho da produção em lote: o fornecedor produz lotes mais econômicos sob a perspectiva da produção;
- b) compra de itens múltiplos: compra de mais de um produto simultaneamente, com descontos de transporte e quantidade;
- c) limitação de capital: restrições orçamentárias podem impedir a aquisição do LEC, inclusive considerando os custos para sua manutenção;
- d) transporte por frota própria: representa um custo fixo e os caminhões da frota precisam trafegar com carga máxima;

e) cargas unitizadas: produtos transportados em *pallets* ou caixas padronizadas podem requerer adaptações do tamanho do lote de compra às capacidades de transporte.

2.2.9.3 O Lote Econômico de Produção

O modelo do LEC pressupõe que os pedidos cheguem de uma só vez para atendimento a um determinado período de produção. Há casos, entretanto, em que os pedidos chegam gradualmente durante aquele período, como ocorre, segundo Garcia et al. (2006), especialmente em manufaturas. Davis, Aquilano e Chase (2001) chamam esse modelo de *quantidade fixa com uso*, uma vez que a produção e o uso ocorrem simultaneamente. Os autores citam que o modelo se aplica entre estágios do processo produtivo e em contratos de longo prazo entre organizações, onde as entregas são feitas com frequência semanal ou mesmo diária. A Figura 14 mostra o perfil de estoque com abastecimento gradual.

A taxa de produção (P) deve ser superior à demanda constante (D). A produção se dá pelo período necessário para formar um determinado volume de estoque. A empresa passa então a fabricar outros produtos até que seja iniciado um novo lote de produção do primeiro. O problema é determinar qual o tamanho mais econômico para o lote, conhecido por Lote Econômico de Produção (LEP) ou, em inglês, *Economic Production Quantity* (EPQ).

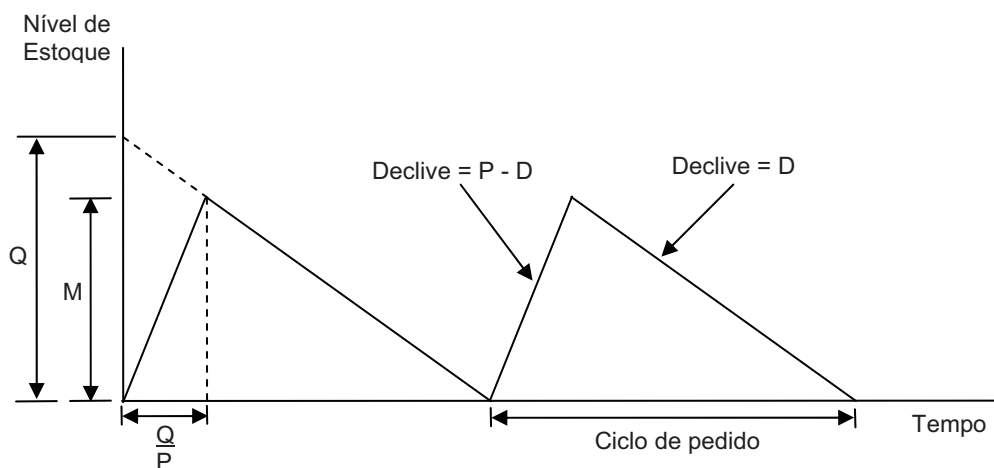


Figura 14 - Perfil de estoque com reabastecimento gradual. Fonte: Slack, Chambers e Johnston (2002).

Slack, Chambers e Johnston (2002) demonstram a fórmula do LEP considerando, além de P e D :

- Nível máximo de estoque = M
- Declive de estoque sendo produzido (estoque acumulado por período de tempo) = $P - D$
- Quantidade de pedido = Q
- Tempo de produção = $\frac{Q}{P}$
- Outra forma para declive do estoque sendo produzido = $M \div \frac{Q}{P} = \frac{M \cdot P}{Q}$

Logo:

$$\frac{M \cdot P}{Q} = P - D \rightarrow M = \frac{Q \cdot (P - D)}{P} \quad (48)$$

O estoque médio será:

$$\frac{M}{2} = \frac{Q \cdot (P - D)}{2P} \quad (49)$$

O custo total será:

$$CT = CM + CP = C_e \times \frac{M}{2} + C_p \times \frac{D}{Q} \rightarrow CT = C_e \times \frac{Q(P - D)}{2P} + C_p \times \frac{D}{Q} \quad (50)$$

Da mesma forma que no LEC, para encontrar o ponto de valor mínimo para o custo total, é calculada a sua derivada em relação a Q , a qual é depois igualada a zero, conforme segue:

$$\frac{\partial CT}{\partial Q} = \frac{C_e(P - D)}{2P} - \frac{C_p D}{Q^2} = 0 \rightarrow LEP = \sqrt{\frac{2C_p D}{C_e(1 - D/P)}} \quad (51)$$

Garcia et al. (2006) exprime o LEP em função do LEC:

$$LEP = \frac{\sqrt{\frac{2C_p D}{C_e}}}{\sqrt{1 - \frac{D}{P}}} \rightarrow LEP = \sqrt{\frac{2C_p D}{C_e} \cdot \frac{P}{(P - D)}} \rightarrow LEP = LEC \cdot \sqrt{\frac{P}{P - D}} \quad (52)$$

Garcia et al. (2006) observam da equação acima que se a taxa de produção (P) for muito maior que a demanda (D), o LEP tende a ser igual ao LEC. Caso P tenda ao valor de D, o LEP tenderá ao infinito, o que significa uma produção contínua atendendo a demanda tão logo ela ocorra.

2.2.9.4 Críticas à Abordagem do LEC

Slack, Chambers e Johnston (2002) afirmam que a abordagem para determinação da quantidade de pedido do LEC, que envolve a otimização de custos através das trocas compensatórias entre os custos de manutenção e os custos de pedidos de estoques, sempre foi alvo de críticas. Os autores analisam três classes de críticas, que dizem respeito aos pressupostos incluídos no modelo, custos reais de estoque em operações e uso dos modelos como instrumentos prescritivos, conforme exposto a seguir.

2.2.9.4.1 Pressupostos do Modelo do LEC

No intuito de permitir a simplificação relativa do modelo do LEC, foram assumidos alguns pressupostos, já descritos neste trabalho, como a estabilidade da demanda, o custo de pedido constante e identificável, o custo de manutenção de estoque variando linearmente com a quantidade estocada, os custos de falta identificáveis, dentre outros. Slack, Chambers e Johnston (2002) ressaltam que embora nenhum desses pressupostos corresponda exatamente à realidade, a maioria deles pode se aproximar dela. Além disso, discorrem sobre a robustez do modelo do LEC, no sentido de que a forma da curva do custo total (Figura 11) permite que pequenos erros de estimativa não representem erro significativo no custo total de uma quantidade de pedido perto da ótima. Esses autores destacam, entretanto, que em algumas ocasiões os pressupostos impõem sérias limitações ao modelo. Lembram, por exemplo, que o pressuposto de demanda constante, ou mesmo demandas que obedeçam a distribuições de probabilidade conhecidas, não se enquadra em uma grande gama de problemas de operações com estoque, como é caso da venda de livros, cujo mercado é bastante influenciado pela publicidade feita, pela crítica recebida e até mesmo pela fidelidade do público com cada autor. Nesse caso, pode haver fortes picos de demanda que não são considerados pelo modelo do LEC.

No que se refere aos custos de pedido e de manutenção, Slack, Chambers e Johnston (2002) ressaltam que o custo de pedido de um item incluído em um pedido regular

maior de diversos itens a um mesmo fornecedor, pode ser significativamente menor que se o pedido for exclusivamente para aquele item. Da mesma forma, um aumento na quantidade estocada pode representar um custo marginal de manutenção de estoques que corresponda meramente ao custo do capital de giro, mas também pode ser que a maior quantidade estocada imponha a necessidade de aluguel ou construção de um novo armazém, elevando consideravelmente os custos de manutenção dos estoques. Os autores concluem que os gestores que utilizam o modelo do LEC devem verificar se os pressupostos considerados estão dentro dos limites de variação admissíveis para a utilização do modelo.

2.2.9.4.2 Custos Reais dos Estoques em Operações

Conforme já comentado neste trabalho, a existência de estoques em operações esconde os problemas de produção, evitando as iniciativas para solucioná-los. As críticas à abordagem do LEC são no sentido de que esses custos de ineficiência podem não ser computados nos custos de manutenção de estoques quando da utilização do modelo. Se eles fossem considerados, haveria um aumento na inclinação da linha de custos de manutenção de estoque, o que significaria tanto um aumento no nível dos custos totais para qualquer quantidade de pedido, como, de forma mais significativa, deslocaria o ponto de custo mínimo para a esquerda, reduzindo o tamanho do LEC. Isso significa que “quanto mais uma operação é contrária à manutenção de estoques, mais sua curva se desloca no sentido de menores pedidos, mais freqüentes” (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002, p. 395). De fato, operações dessa natureza caminham em direção à produção enxuta, de estoque zero, defendida pela filosofia do *just-in-time* (JIT). Não havendo estoques amortecedores entre os diversos estágios do processo produtivo, os problemas ficariam mais evidentes e afetariam todo o sistema, mobilizando a força de trabalho no sentido de solucioná-los o mais rapidamente possível. A Figura 15 mostra o efeito do aumento dos custos de manutenção de estoques no LEC.

2.2.9.4.3 Uso dos Modelos do LEC como Prescrições

Slack, Chambers e Johnston (2002) dizem que a crítica provavelmente mais importante à abordagem do LEC é oriunda das filosofias japonesas inspiradas no JIT. A ênfase do LEC em tentar determinar custos fixos representativos de pedido e de manutenção para, a partir daí, otimizar o custo total transformam o modelo em essencialmente reativo. Em

vez de tentar encontrar os custos reais, os gestores deveriam procurá-los. O objetivo da abordagem do LEC, de descobrir a quantidade de pedido ótima deveria, segundo os críticos, ser de procurar reduzir os níveis de estoques necessários para garantir a continuidade da produção. A abordagem do LEC de determinação de custos não deveria ser admitida “como uma prescrição estrita de quais decisões tomar” (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002, p.395). De acordo com Weiss (1990 *apud* Davis, Aquilano e Chase, 2001), o que precisa ser gerenciado é o tamanho do lote e o controle do estoque no sentido de que ele seja o menor possível. O meio para reduzir o tamanho dos lotes é diminuir o tempo e os custos de preparação de pedidos.

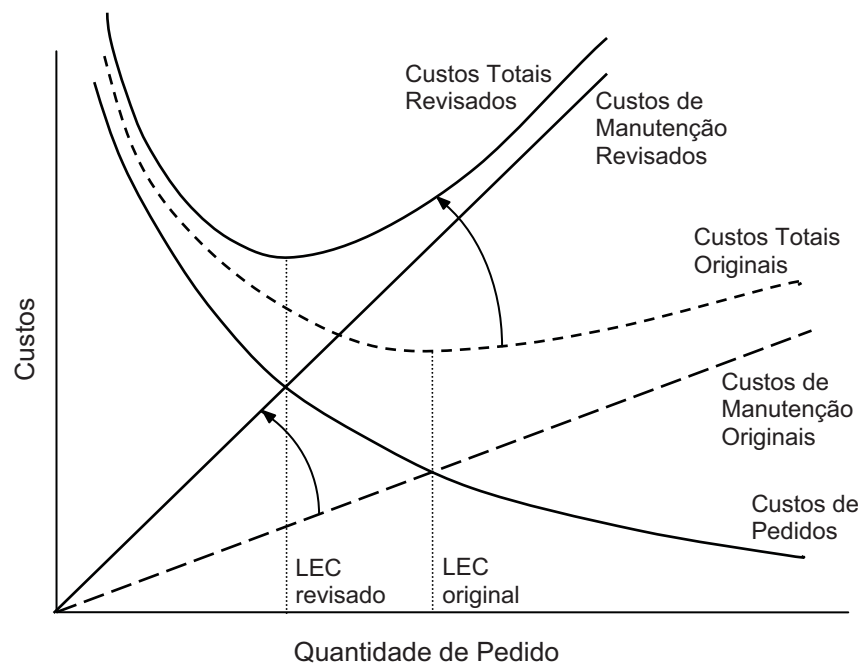


Figura 15 - Deslocamento do LEC em consequência de serem considerados os custos de estocagem verdadeiros. Fonte: Slack, Chambers e Johnston (2002).

Slack, Chambers e Johnston (2002) citam que muitas organizações têm envidado esforços consideráveis para reduzir os custos de pedido, no intuito de proporcionarem uma queda do valor do LEC. Além da redução do LEC ocasionada pela estimativa mais realista dos custos de manutenção, conforme mostrado na Figura 15, a redução do custo de pedido desloca o valor do LEC ainda mais para a esquerda na representação gráfica, como pode ser visto na Figura 16.

As ações de redução de custos nada mais são, portanto, do que a tentativa de eliminar estoques ou, pelo menos, reduzi-los ao menor nível admissível.

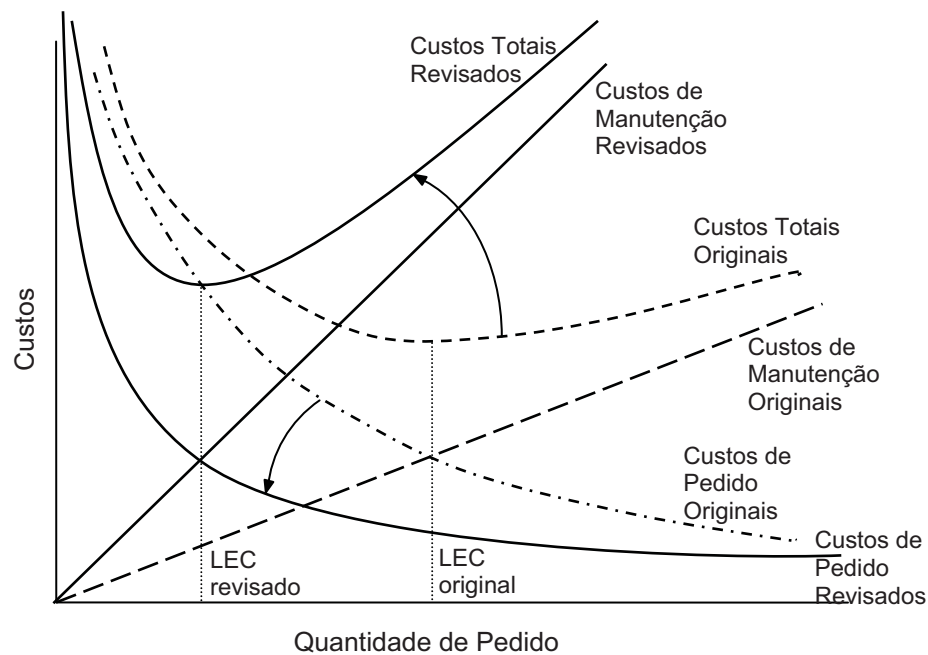


Figura 16 - Deslocamento adicional do LEC em consequência da redução nos custos de pedido.
Fonte: Slack, Chambers e Johnston (2002).

2.2.9.5 Administrando a Incerteza

Conforme já abordado neste trabalho, o modelo do LEC, por ser determinístico, não considera as incertezas presentes na maioria das situações reais. Entretanto, trata-se de um método bastante útil para apoiar decisões e desenvolver modelos mais complexos pela sua robustez no *trade-off* de custos e facilidade de implementação e utilização. Bowersox, Closs e Cooper (2006) destacam a utilidade de serem compreendidas as relações de inventário sob condições de certeza. No entanto, ressaltam que uma política de inventário deve considerar a incerteza inerente à realidade, nesse caso, as incertezas da demanda e do ciclo de desempenho (*lead time*) do pedido.

Garcia et al. (2006) fazem referência à existência de incertezas em praticamente todos os ambientes de negócios. No caso das operações logísticas, elas estão presentes, por exemplo, na previsão de demanda, no *lead time* de reposição e nas quantidades efetivamente recebidas de um determinado item. Incertezas, segundo os autores, podem prejudicar o processo de atendimento da demanda e aumentar os seus custos. Usualmente as organizações lidam com incertezas utilizando-se de *estoques de segurança*, que embora representem um aumento no custo de manutenção do inventário evitam as perdas de vendas e os atrasos de entrega (*backorders*) provocados pela falta de estoque. Essas perdas e atrasos têm, muitas

vezes, um custo bastante significativo, além de deteriorarem o nível de serviço ao cliente. Muitas organizações erram ao adotarem medidas simplistas ou generalistas para calcularem os estoques de segurança, sem levar em conta as particularidades de cada item. Uma estimativa de estoque de segurança igual a 15 dias da demanda média, por exemplo, para todos os itens pode gerar um nível de estoque exagerado para um SKU e subdimensionado para outro.

Davis, Aquilano e Chase (2001) definem o estoque de segurança como uma adição à demanda média prevista durante o *lead time* e afirmam que o tamanho desse estoque depende não só da variação da demanda e do *lead time*, mas também do nível de serviço que a organização deseja fornecer aos seus clientes.

Slack, Chambers e Johnston (2002) afirmam que a demanda e o *lead time* de pedido não são perfeitamente previsíveis e, portanto, têm grande probabilidade de sofrer variações. O perfil de estoque da Figura 17 retrata uma situação real, onde pode ser verificada a necessidade de que os pedidos de reabastecimento sejam feitos antes do que seriam os pontos de reposição de uma situação determinística, para garantir a existência de algum nível de estoque na data prevista para a chegada do pedido.

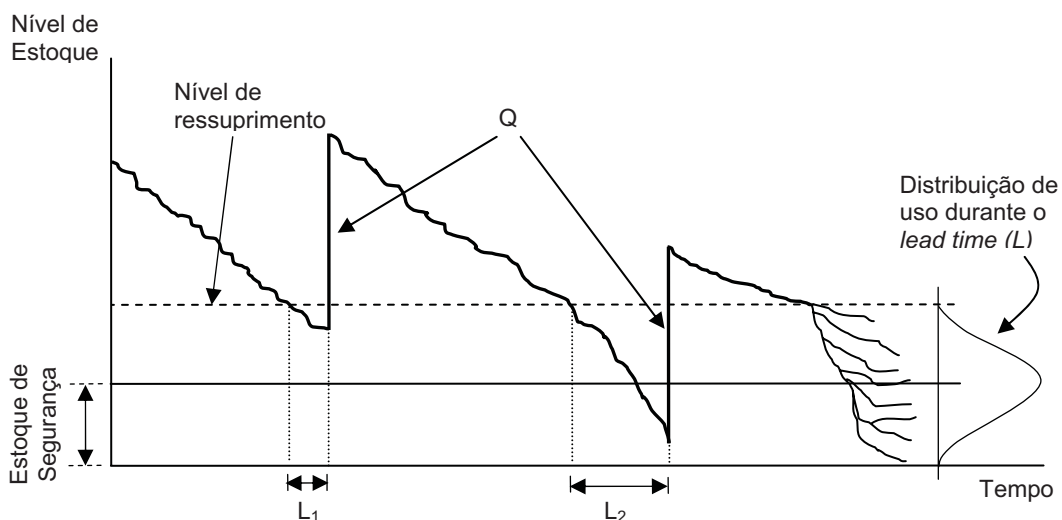


Figura 17 - Incerteza combinada da demanda e do lead time de pedido e o papel do estoque de segurança para evitar falta de estoque. Fonte: Adaptada de Slack, Chambers e Johnston (2002), Ballou (2006), García et al. (2006) e Bowersox, Closs e Cooper (2006).

2.2.9.6 Controle de Inventário sob Condições de Incerteza

Segundo Bowersox, Closs e Cooper (2006), o controle de inventário é o conjunto de procedimentos administrativos que possibilitam a implementação da política de inventário. Ele compreende as ações de mensuração do estoque, localização dos itens em estoque e

controle de entradas e saídas, que podem ser realizadas através de métodos informatizados ou manuais. O controle de inventário define a frequência de revisão dos estoques para que sejam determinados *quando* e *quanto* adquirir novos itens. A frequência das revisões determina duas políticas diferentes de controle de inventário: a de revisão contínua e a de revisão periódica.

Davis, Aquilano e Chase (2001, p.472) definem *sistema de estoque* como aquele que “fornece a estrutura organizacional e as políticas operacionais para manter e controlar bens a serem estocados.” O sistema é responsável por todo o processo de pedido e recebimento de bens. Em relação aos pedidos compreende a emissão, liberação, registros e recebimento pelo fornecedor. No que se refere ao recebimento, inclui o acompanhamento dos prazos de fabricação, saída e chegada dos bens e da sua adequação ao que foi pedido. Os autores estabelecem dois tipos de sistemas de estoque: quantidade fixa de pedido e período de tempo fixo. O primeiro inicia um pedido quando um determinado nível mínimo de estoque admissível for atingido, que depende do nível de demanda. A partir desse nível, o estoque precisa ser continuamente monitorado, pois para evitar uma interrupção na produção o pedido precisa chegar antes ou na data de esgotamento do estoque. O segundo libera os pedidos ao final de períodos de tempo predeterminados, chamados períodos de revisão dos estoques. Entre esses períodos não há controle de estoques, embora os autores ressaltem que algumas organizações praticam um sistema misto.

Algumas características dos dois sistemas são apontadas por Davis, Aquilano e Chase (2001):

- a) no modelo de período de tempo fixo o estoque é maior que no de pedido fixo, pois não deve haver faltas entre os períodos de revisão;
- b) o modelo de período de tempo fixo é preferido para compras de muitos itens de um mesmo fornecedor, obtendo-se ganho de escala;
- c) para itens mais caros, o modelo de quantidade fixa é mais favorável, pois permite estoques menores;
- d) o modelo de quantidade fixa é melhor para componentes críticos de reposição ou reparo, pois o controle permanente permite respostas mais rápidas para evitar uma queda indesejável ou falta no estoque;
- e) em razão do acompanhamento permanente das saídas e entradas de itens em estoque, o modelo de quantidade fixa requer mais tempo e recursos despendidos.

A Figura 18 mostra os fluxogramas de funcionamento dos dois sistemas, onde no modelo de quantidade fixa de pedido, a cada retirada de um item em estoque ocorre um registro de baixa e é feita a comparação entre a quantidade remanescente e o ponto de pedido. Se este ponto for atingido ou ultrapassado, novo pedido é liberado. Se isso não acontece, o sistema não sofre alterações até a próxima retirada. No modelo de período de tempo fixo, as revisões a tempo certo verificarão os níveis de estoque e, se for constatada a possibilidade de falta até a próxima revisão, um novo pedido é liberado. Caso contrário, aguarda-se a próxima revisão.

As políticas de revisão contínua e revisão periódica, também denominadas sistemas, modelos ou abordagens diferentes de controle de inventário, são apresentadas a seguir.

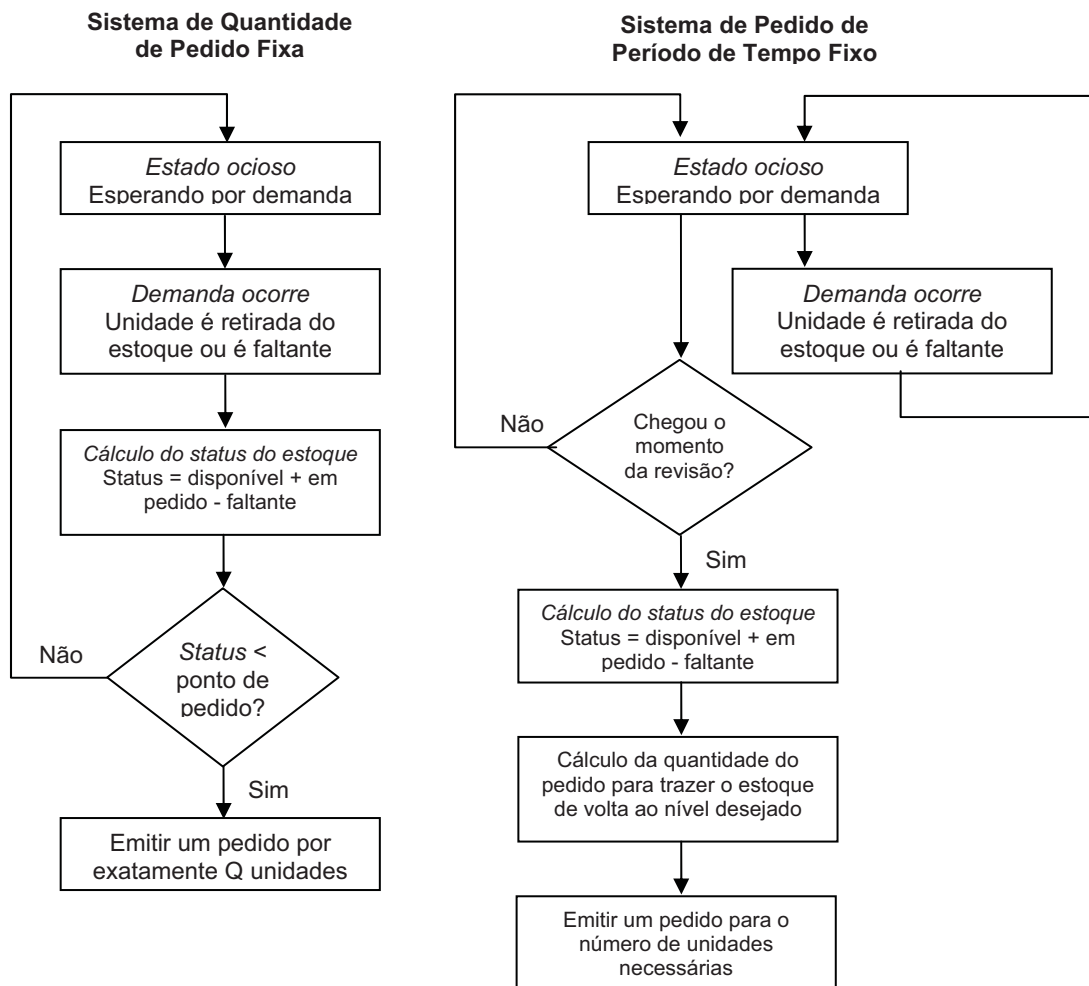


Figura 18 - Comparação entre os sistemas de reabastecimento de estoques por quantidade de pedido fixa e período de tempo fixo. Fonte: Davis, Aquilano e Chase (2001).

2.2.9.6.1 Política de Revisão Contínua

Slack, Chambers e Johnston (2002) estabelecem que a metodologia para decidir quando colocar o pedido de reabastecimento é chamada de *Abordagem de Revisão Contínua*, em razão da necessidade de acompanhamento dos níveis de estoque de cada item, para então colocar o pedido de reposição. Segundo os autores, esse acompanhamento constante é a desvantagem do método. Entretanto, ele possui a grande virtude de permitir que os pedidos sejam feitos na quantidade fixa estabelecida pelo LEC (possivelmente ótima), mesmo com o ritmo irregular determinado pela taxa de variação da demanda.

Segundo Bowersox, Closs e Cooper (2006), um processo de controle contínuo de inventário deve contemplar uma revisão diária do inventário, com um rastreamento preciso de todas as SKUs, para que sejam verificadas as necessidades de reposição. O processo de revisão contínua para um determinado item é considerado implementado quando são estabelecidos o ponto de reposição (quando pedir) e a quantidade de pedido (quanto pedir). O ponto de reposição é determinado através da equação (37), mostrada no item 2.2.9.1 deste trabalho e a quantidade de pedido é determinada através da fórmula do LEC. A cada revisão é feita uma comparação entre o inventário total (disponível + encomendado) e o ponto de reposição definido. Se aquele for menor ou igual a este, é necessário fazer um pedido de reabastecimento. Matematicamente o processo é o seguinte:

Se $E_d + E_e \leq R$, então um novo pedido deve ser colocado

Onde: E_d = estoque disponível;
 E_e = estoque encomendado
 R = ponto de reposição.

O estoque médio é igual ao estoque médio básico mais o estoque de segurança, conforme a fórmula:

$$E_m = \frac{Q}{2} + E_s \quad (53)$$

Ballou (2006) denomina o modelo de revisão contínua como *método do ponto de pedido*. Para o autor, esse método presume que a demanda seja perpétua e age permanentemente para reduzir o nível do estoque. O nível efetivo dos estoques em um determinado momento é formado pela quantidade disponível, mais a quantidade pedida

menos os comprometimentos, tais como pedidos de clientes já colocados mas não atendidos. Quando os prazos de entrega são prolongados ou as taxas de demanda são altas, a quantidade do ponto de pedido pode exceder a quantidade de pedido. Nesses casos, para que o controle pelo método do ponto de pedido funcione de forma adequada, o pedido deve ser realizado com base no nível efetivo de estoque, o que pode levar à colocação de um segundo pedido antes que o primeiro chegue ao estoque. A variação da demanda entre a colocação e a chegada de um pedido pode gerar falta de estoque antes da reposição. O controle da probabilidade de que isso venha a ocorrer é feito mediante um aumento ou redução do ponto de pedido e pelo ajuste da quantidade de pedido.

Garcia et al. (2006) ressaltam que na política de revisão contínua, o monitoramento permanente das alterações nos níveis de estoque permite que as decisões de reposição sejam tomadas em qualquer momento. Esse dinamismo possibilita um nível mais baixo de estoques de segurança e, conseqüentemente, do estoque médio, com o mesmo nível de serviço obtido pela política de revisão periódica, abordada no item 3.8.2.7.2 deste trabalho.

Slack, Chambers e Johnston (2002) denominam o *estoque de segurança* também de *estoque isolador*, por este exercer uma função de proteção (isolamento) da organização em relação às incertezas. Os autores afirmam que quanto mais cedo for colocado o pedido de reposição, mais alto será o nível esperado para o estoque de segurança no momento da chegada do pedido. O nível do estoque de segurança será definido de acordo com a variabilidade do *lead time* de pedido e da taxa de demanda e deverá ser calculado em função da probabilidade admissível de falta para o estoque. Primeiro são determinadas as distribuições de probabilidade que descrevem a variação do *lead time* e a taxa de demanda durante o *lead time*. Em seguida, essas duas distribuições são combinadas para fornecerem a distribuição do ‘uso do item em estoque durante o *lead time*’. A combinação é feita através da multiplicação dos valores relativos à taxa de demanda pelos valores correspondentes ao *lead time*. O estoque de segurança será definido a partir da probabilidade de falta admissível para o item. Maiores variações na demanda e no lead time, além de percentuais mais altos desejados para os níveis de serviço implicarão na necessidade de estoques de segurança mais altos.

Bowersox, Closs e Cooper (2006) sugerem que a demanda seja analisada durante todo o ciclo de desempenho de inventário e não apenas no ciclo de desempenho de pedido (*lead time*), por ser este um período curto de tempo e pela dificuldade na coleta de dados necessários. Esses autores afirmam ainda que as probabilidades de ocorrência da demanda e do ciclo de desempenho admitem um padrão em torno de uma medida central e que a

distribuição normal é a mais utilizada no controle de inventário, embora outras distribuições sejam aplicáveis.

Segundo Bowersox, Closs e Cooper (2006), são necessários três passos para a realização do planejamento do estoque de segurança: avaliar a probabilidade da falta de estoque, prever o potencial de demanda durante o período de falta de estoque e estabelecer um nível desejado de proteção contra a falta de estoque. Segundo os autores, o nível de proteção desejado é uma decisão política da organização. A probabilidade de falta no estoque é calculada a partir da variação tanto da taxa de demanda quanto do ciclo de desempenho. Conhecida a frequência histórica dessas variáveis, é feito o cálculo de ambos os desvios-padrão. O valor desses desvios fornece um método para avaliar o estoque de segurança necessário ao oferecimento de um grau específico de proteção acima da taxa de demanda e do ciclo de desempenho médios. Isso é obtido através da combinação dessas variáveis independentes para que seja avaliado o impacto conjunto da probabilidade de variação de ambas. O cálculo das condições do estoque de segurança podem ser feitos por simulação ou procedimento numérico mas, neste último caso, a ponderação exata de duas variáveis requer a expansão multinomial e seus cálculos extensos. Bowersox, Closs e Cooper (2006) propõem um método direto em duas etapas: calcular os desvios-padrão da taxa de demanda e do ciclo de desempenho e em seguida aproximar o desvio padrão combinado através da fórmula (55), que calcula o desvio-padrão combinado ou agregado de um ciclo médio de μ_t dias com uma demanda média de μ_d por dia, onde os desvios-padrão de cada uma dessas variáveis são μ_t e μ_d , respectivamente. A média da distribuição combinada corresponde ao produto de μ_t com μ_d .

$$\mu_c = \mu_t \cdot \mu_d \quad (54)$$

$$\sigma_c = \sqrt{\mu_t \sigma_d^2 + \mu_d^2 \sigma_t^2} \quad (55)$$

Onde:

σ_c = desvio-padrão das probabilidades combinadas

μ_t = tempo do ciclo de desempenho médio

σ_t = desvio-padrão do ciclo de desempenho (tempo)

μ_d = vendas médias diárias (demanda)

σ_d = desvio-padrão de vendas diárias

Calculado o desvio-padrão para uma distribuição normal da combinação das variáveis taxa de demanda e ciclo de desempenho, é possível afirmar que um estoque de

segurança igual ao estoque médio, adicionado de um desvio-padrão, protegeria a organização contra 68,27% de todos os eventos possíveis de gerar falta. Se a adição for de dois desvios-padrão, a proteção será de 95,45% e, para três desvios-padrão, será de 99,73%. Contudo, Bowersox, Closs e Cooper (2006) alertam para o fato de que as situações que preocupam são somente aquelas referentes à probabilidade de eventos que excedam o valor médio. Não há qualquer problema de inventário se a taxa de demanda for menor que o seu valor médio ou se o ciclo de desempenho for inferior ao médio. Se, por exemplo, a organização adotar o nível de segurança relativo a dois desvios-padrão, a proteção abrangerá, de fato, todas as situações da taxa de demanda compreendidas entre ± 2 desvios-padrão da média, adicionados os 2,27% referentes ao tempo em que a demanda for mais de dois desvios-padrão abaixo da média. A distribuição normal passa a ser, portanto, de uma cauda, conforme pode ser observado na Figura 19.

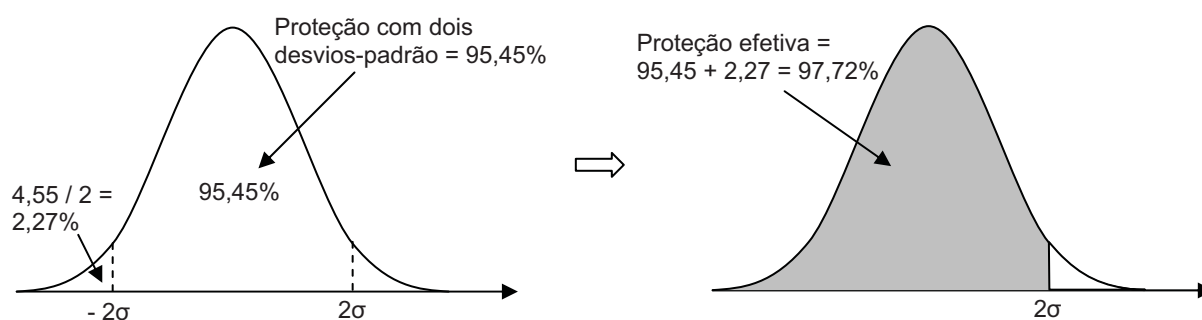


Figura 19 - A proteção de 95,45%, relativa a dois desvios-padrão, significa uma proteção real de 97,72%. Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de exemplo de Bowersox, Closs e Cooper (2006).

Bowersox, Closs e Cooper (2006) alertam ainda para o fato de que os percentuais de 97,72% apresentado na Figura 19 e de seu complemento, 3,28% não correspondem, respectivamente, aos percentuais de disponibilidade e indisponibilidade do item em relação à demanda, mas sim às probabilidades de *não* ocorrência e de ocorrência de falta de estoque durante os ciclos de desempenho. No caso mostrado na Figura 19, o nível de proteção de dois desvios-padrão adotado significa que há probabilidade de *não* ocorrência de falta de estoque em 97,72% dos ciclos de desempenho e de haver falta em 3,28% desses ciclos.

O que representa a disponibilidade do item em estoque ou a magnitude de uma falta de estoque é, segundo Bowersox, Closs e Cooper (2006, p. 256), o *Nível de Serviço* ou *Índice de Atendimento*, já apresentado no item 2.2.8.1.2 deste trabalho. Esse índice corresponde ao “percentual de unidades que podem ser supridas quando solicitadas ao inventário disponível”. Um aumento na quantidade de pedido não interfere na variabilidade da taxa de demanda e do ciclo de desempenho, entretanto, produz uma alteração no nível de

serviço. “Para um determinado nível de estoque de segurança, um aumento na quantidade de pedido provoca uma redução na magnitude relativa das faltas de estoques potenciais e, inversamente, aumenta-se a disponibilidade de serviços aos clientes” (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2006, p. 256). Essa relação é dada por:

$$NS = 1 - \frac{f(k)\sigma_c}{Q} \rightarrow f(k) = (1 - NS) \cdot \frac{Q}{\sigma_c} \quad (56)$$

Onde:

NS = magnitude da falta de estoque ou nível de disponibilidade do produto (nível de serviço);

$f(k)$ = uma função da curva de perda normal, que fornece a área na cauda direita de uma distribuição normal;

σ_c = desvio-padrão das probabilidades combinadas considerando as incertezas da taxa de demanda e do ciclo de desempenho;

Q = quantidade no pedido de reposição.

A partir de um nível de serviço desejado e de valores previamente calculados para a quantidade de pedido e para o desvio-padrão combinado, determina-se a função de perda para a curva normal ($f(k)$). Compara-se o valor encontrado para $f(k)$ com o valor que mais dele se aproxima na tabela ‘Função Perda Normal’ (que apresenta os valores da perda integral para uma distribuição normal padronizada), para encontrar o valor do fator k referente a $f(k)$. O cálculo do nível necessário para o estoque de segurança será:

$$E_s = k \times \sigma_c \quad (57)$$

Onde:

E_s = estoque de segurança, em unidades;

k = o fator k que corresponde a $f(k)$

Um aumento na quantidade de pedido pode compensar uma diminuição no nível do estoque de segurança ou vice-versa. Cabe ao gestor descobrir qual a combinação de quantidades que proporcionará o serviço ao cliente ao menor custo.

Ballou (2006) apresenta a notação utilizada para a curva normal z e $E_{(z)}$, para k e $f(k)$, respectivamente. Para cada valor de z , corresponde um valor $E_{(z)}$ na tabela Função Perda Normal. Quando z é positivo, os valores de $E_{(z)}$ da tabela podem ser aproximados através da seguinte equação:

$$E_{(z)} = e^{(-0,92 - 1,19 \cdot z - 0,37 \cdot z^2)} \quad (58)$$

Quando são conhecidos os custos de falta de estoques, Ballou (2006, p.289-290) afirma que não é necessário estabelecer um nível de serviço ao cliente, pois o equilíbrio ótimo entre o serviço e o custo pode ser calculado. O autor apresenta o esboço de um procedimento computadorizado interativo, em cinco passos, onde c_f é o custo de falta de estoque:

- a) Aproximar a quantidade de pedido (Q) através da fórmula do LEC;
- b) Computar a probabilidade de ter estoque durante o *lead time* se for permitido o pedido pendente:

$$P = 1 - \frac{Q \cdot C_e}{D \cdot c_f} \quad (59)$$

ou se durante uma falta de estoque há perda de venda:

$$P = 1 - \frac{Q \cdot C_e}{D \cdot c_f + Q \cdot C_e} \quad (60)$$

Encontrar o desvio-padrão da demanda durante o *lead time* (σ_d). Encontrar o valor de z que corresponda a P na tabela de distribuição normal. Encontrar o valor de $E_{(z)}$ correspondente a z na tabela da função perda normal.

- c) Determinar um Q revisado da seguinte fórmula modificada do LEC:

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot (C_p + c_f \cdot \sigma_d \cdot E_{(z)})}{C_e}} \quad (61)$$

- d) Repetir os passos 2 e 3 até não haver mais mudanças em P ou Q .
- e) Computar o ponto de pedido (R) e outras estatísticas desejadas.

Garcia et al. (2006) afirmam que os modelos existentes para o cálculo do ponto de pedido e do lote de reposição são baseados em otimização de custos e/ou restrições de serviço. Nesses modelos assume-se que todas as demandas por unidade de tempo (d_t) possuem a mesma média μ_d e o mesmo desvio-padrão σ_d . O ponto de pedido (R) depende da demanda no *lead time* (DL), que corresponde à soma das demandas por unidade de tempo durante o *lead time* de reposição (L).

$$DL = \sum_{t=1}^L d_t \quad (62)$$

Como a taxa de demanda e o *lead time* são incertos, *DL* também é uma variável aleatória. O ponto de pedido deve ser determinado com base na distribuição de probabilidades de *DL*. Por exemplo, se é desejado que a probabilidade de não haver falta de estoque durante o *lead time* é de 90%, então *R* deve ser igual a 90% de *DL*. (GARCIA et al., 2006, p.61).

Outro ponto que deve ser assumido, segundo Garcia et al. (2006), é que *DL* seja aderente à distribuição normal. O ponto de pedido é então expresso como função dessas estatísticas:

$$R = \mu_{DL} + k \cdot \sigma_{DL} \quad (63)$$

Onde:

k = fator de segurança

Garcia et al. (2006) afirmam que o segundo termo da equação acima corresponde ao estoque de segurança (*E_s*). A equação anterior pode então ser desdobrada nas duas equações abaixo:

$$R = \mu_{DL} + E_s \quad (64)$$

$$E_s = k \cdot \sigma_{DL} \quad (65)$$

A demanda no *lead time* (*DL*) abordada por Garcia et al. (2006) corresponde à combinação das distribuições de probabilidade da variação do *lead time* e da taxa de demanda durante o *lead time* formando a distribuição do ‘uso do item em estoque durante o *lead time*’ abordada por Bowersox, Closs e Cooper (2006). Segundo Garcia et al. (2006), os valores de μ_{DL} e σ_{DL} podem ser obtidos através da coleta de seus dados históricos e o conseqüente cálculo direto dessas estatísticas. Entretanto, os autores afirmam que a maneira mais comum de obtê-los é pelas estatísticas da taxa de demanda e do *lead time*. As Figuras 20 (a) e (b) ilustram as variações possíveis de *DL* como resultado das incertezas na demanda por unidade de tempo e no *lead time*, admitindo a aderência dessas variáveis à distribuição normal.

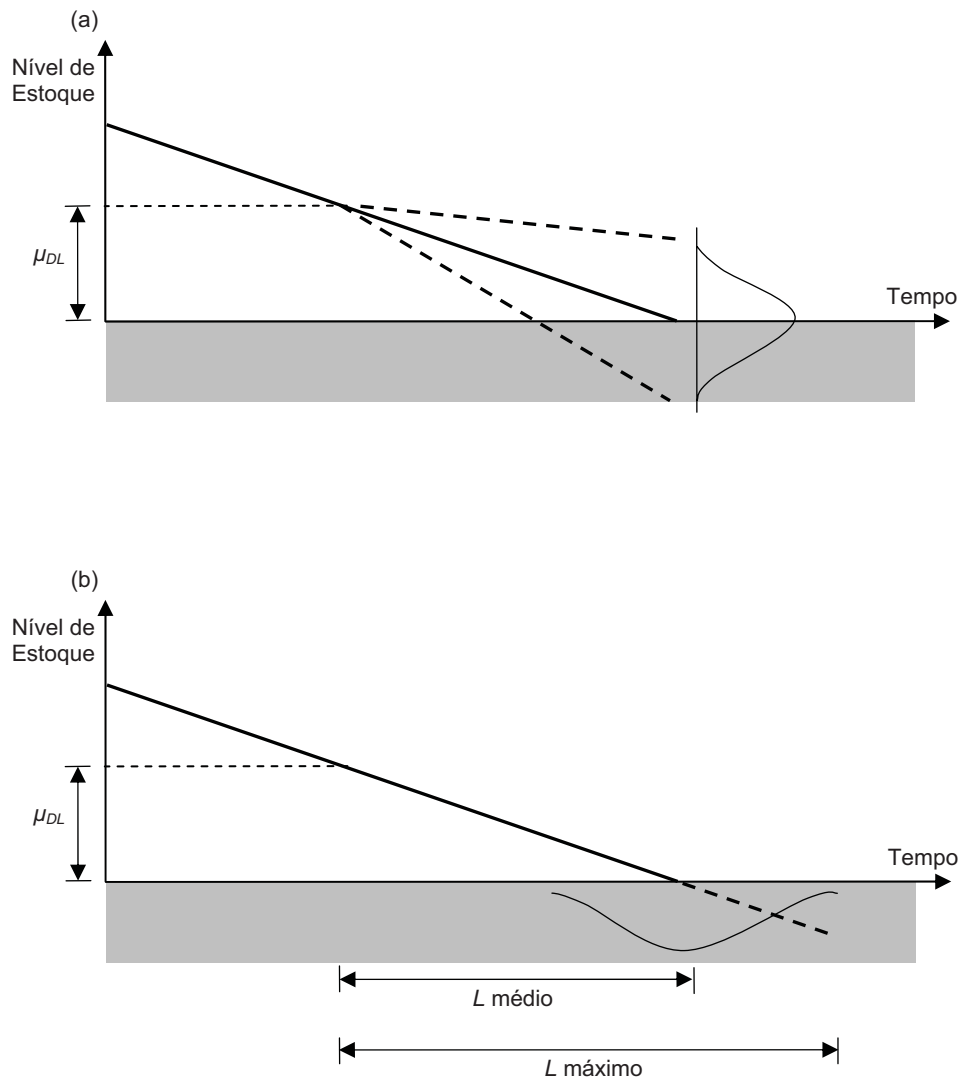


Figura 20 - Variações de DL como resultado das incertezas em: (a) demanda e (b) *lead time*. Fonte: Garcia et al. (2006).

Se apenas as taxas de demanda (d) fossem aleatórias, sem correlação entre si, a média de DL seria a taxa de demanda média (μ_d) vezes o *lead time* (L) e a variância de DL seria a soma das variâncias de cada taxa de demanda, conforme as equações:

$$\mu_{DL} = \mu_d \cdot L \quad (66)$$

$$\sigma_{DL}^2 = \sigma_d^2 \cdot L \rightarrow \sigma_{DL} = \sigma_d \cdot \sqrt{L} \quad (67)$$

Quando o *lead time* também é aleatório, com média μ_L e desvio-padrão σ_L , a derivação analítica é mais complexa, mas as expressões resultantes chegam às mesmas equações (54) e (55) apresentadas por Bowersox, Closs e Cooper (2006):

$$\mu_{DL} = \mu_d \cdot \mu_L$$

$$\sigma_{DL} = \sqrt{\mu_L \sigma_d^2 + \mu_d^2 \sigma_L^2}$$

A partir deste ponto, o método proposto por Garcia et al. (2006) difere do proposto por Bowersox, Closs e Cooper (2006), pois os primeiros definem duas formas para o nível de serviço, conforme item 2.2.8.1.2. deste trabalho: probabilidade de não haver falta de estoque (*stockout*) durante o lead time de reposição e disponibilidade.

2.2.9.6.2 Política de Revisão Periódica

A política de *Revisão Periódica* é classificada por Slack, Chambers e Johnston (2002) como uma abordagem alternativa mais simples que a Revisão Contínua. Nela os pedidos são realizados a intervalos de tempo regulares e fixos, como semanal ou mensalmente, mas em quantidades variáveis. Essas quantidades são as necessárias para elevar o nível do estoque até um máximo predeterminado, suficiente para atender a demanda entre a colocação do pedido de reabastecimento e a chegada do pedido seguinte. Se por um lado essa abordagem dispensa o acompanhamento contínuo dos estoques, por outro ela sacrifica o uso da quantidade ótima fixa de reabastecimento determinada pelo modelo do LEC e requer níveis mais altos para os estoques de segurança do que os estabelecidos pela política de revisão contínua. A Figura 21 ilustra esse processo. No instante T_1 é realizada a revisão do estoque e feito o pedido de reposição na quantidade Q_1 , necessária para que o nível atinja um máximo predeterminado Q_m . Entretanto, quando o pedido chega em $T_1 + t_1$, o nível máximo não será atingido pois houve demanda (incerta) durante o período t_1 . Também como consequência da incerteza, t_1 poderá ser diferente do *lead time* esperado. Nenhuma revisão é feita até o instante T_2 , quando um novo pedido é realizado, desta vez numa quantidade Q_2 , correspondente à diferença entre Q_m e a quantidade estocada no momento da revisão. Os estoques de segurança devem ser calculados de maneira similar baseados na distribuição de uso no *lead time* (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

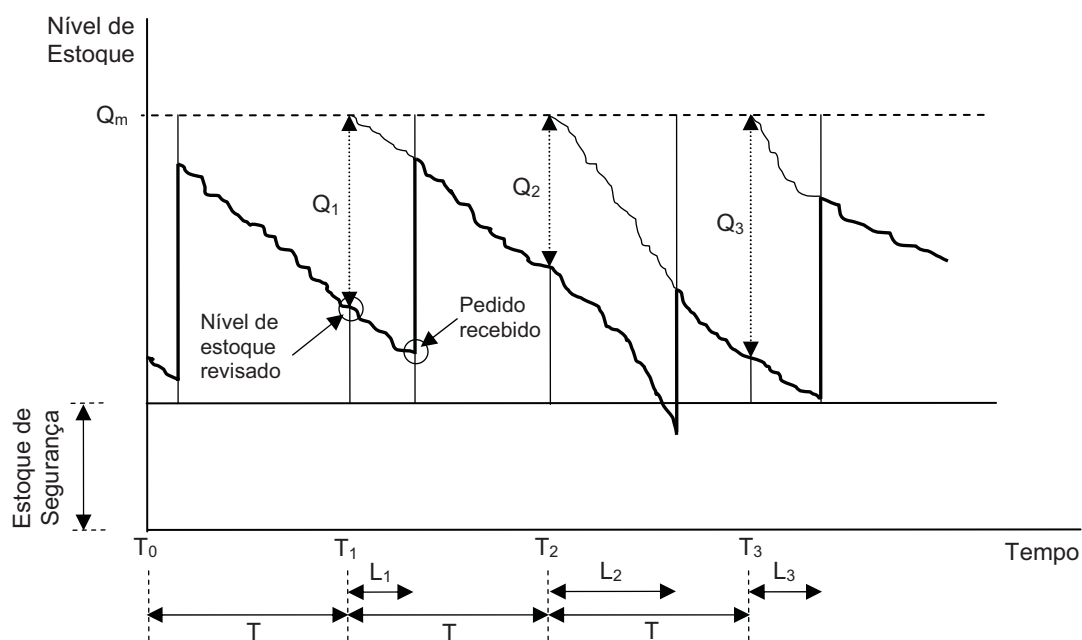


Figura 21 - Modelo de revisão periódica com incerteza na demanda e no *lead time* para um item. Fonte: adaptada de Slack, Chambers e Johnston (2002), Ballou (2006) e Davis, Aquilano e Chase (2001).

O cálculo do intervalo de tempo entre revisões (T) é feito de forma determinística a partir da fórmula do LEC, conforme equação (44). Slack, Chambers e Johnston (2002) comentam que não há paradoxo no fato desse cálculo ser feito pressupondo uma demanda constante, quando ela é, na realidade, incerta. Isso é possível pela determinação de um estoque máximo que permita uma probabilidade admissível de falta de estoque, considerando as incertezas na demanda e no *lead time*, com base no conhecimento prática durante o período de revisões somado ao *lead time*.

Bowersox, Closs e Cooper (2006, p. 259) afirmam que “o ponto básico de reposição deve ser ajustado para considerar os intervalos prolongados entre as revisões” e estabelecem a seguinte fórmula para calcular aquele ponto:

$$R = D_m \cdot \left(L + \frac{P}{2}\right) + E_S \quad (68)$$

Onde:

R = ponto de reposição

D_m = demanda média diária

L = duração média do ciclo de desempenho de pedido (*lead time*), em dias

P = período de revisão, em dias

E_S = Estoque de Segurança

Como a contagem do inventário ocorre periodicamente, qualquer item poderia ficar abaixo do ponto desejado de reposição antes do período de revisão. Entretanto, a hipótese é de que o inventário ficará abaixo da condição ideal de reposição antes da contagem periódica, aproximadamente na metade dos tempos de revisão. (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2006, p.259-260).

O estoque médio, para o caso da revisão periódica, é calculado pela fórmula:

$$E_m = \frac{Q}{2} + \frac{(P \cdot D_m)}{2} + E_s \quad (69)$$

Bowersox, Closs e Cooper (2006) ressaltam que em consequência do intervalo de tempo fixo entre as revisões, o sistema de revisão periódica geralmente necessita de um estoque médio mais alto do que o de revisão contínua.

Segundo Ballou (2006), o método de revisão contínua exerce um controle preciso sobre cada item em estoque e, conseqüentemente, proporciona um menor custo relevante total. Entretanto, esse método não deixa de apresentar algumas desvantagens econômicas, como o não aproveitamento dos descontos de compras em grande quantidade. Esse benefício é obtido no método de revisão periódica, onde os níveis de estoque de múltiplos itens são revisados simultaneamente, possibilitando a realização de pedidos conjuntos e, conseqüentemente, economias de produção, transporte e aquisição. Embora o método de revisão periódica exija um estoque ligeiramente maior que o de revisão contínua, os custos adicionais de manutenção são mais do que compensados pelos menores custos administrativos e de aquisição. O autor relaciona as seguintes razões para que seja feita a opção pelo controle de revisão periódica:

- a) A contabilização de estoques pode ser manual. Quando a quantidade de itens é muito grande, pode ser feita uma *contagem por ciclos*, que se constitui na revisão de uma parte do estoque a cada dia ou semana. Nesse caso, os itens são classificados por grupos em ordem alfabética, de acordo com a frequência dos pedidos. Os itens mais requisitados formariam o grupo A e assim por diante. Isso permite um aproveitamento mais eficiente da carga de trabalho dos empregados;
- b) A aquisição de um grande número de itens pode ser feita de um mesmo fornecedor, reduzindo os custos de aquisição e transporte;
- c) A previsibilidade dos pedidos possibilita um controle adequado do ritmo de produção, reduzindo as interrupções por falta de produtos em estoque.

Garcia et al. (2006, p.65) corroboram a primeira das razões apontadas por Ballou (2006) ao ressaltarem que “a revisão periódica permite a redução de custos de controle de estoques, especialmente em ambientes pouco informatizados.”

No item 2.2.9.2.1 deste trabalho vimos que soluções aproximadas em controle de estoques são razoáveis, em razão da robustez do modelo do LEC. Dessa forma, Ballou (2006) propõe que o cálculo do estoque de segurança no método de revisão periódica seja realizado a partir desse modelo. O intervalo entre as revisões será, portanto, LEC/D . A organização pode optar por estabelecer um intervalo que considere mais adequado às suas práticas, embora isso possa comprometer uma política ótima de estoques. Encontrados a quantidade de pedido e o período entre revisões, o próximo passo é elaborar a distribuição para a demanda durante o período compreendido pelo período de revisão e o *lead time* e calcular o respectivo desvio-padrão. O nível máximo do estoque (Q_m) é obtido pela fórmula:

$$Q_m = d(T + L) + z \cdot (\sigma_d) \quad (70)$$

Onde:

$T + L$ = período entre revisões mais o *lead time*

d = taxa média de demanda diária

$d(T + L)$ = mediana da distribuição de demanda em $T + L$

z = número de desvios-padrão da distribuição de demanda em $T + L$

σ_d = desvio padrão da distribuição de demanda em $T + L$

O estoque médio é dado por:

$$E_m = \frac{dT}{2} + z \cdot (\sigma_d) \quad (71)$$

Segundo Garcia et al. (2006), a quantidade de reabastecimento não é constante e é calculada por:

$$Q = Q_m - I_0 \quad (72)$$

Onde:

I_0 = nível do estoque no momento da realização do pedido

Como a demanda é incerta, I_0 só é conhecido no momento da colocação do pedido.

O cálculo do nível máximo de inventário (Q_m) e do estoque de segurança (E_s) através da otimização do custo total esperado (CTE) é de grande complexidade analítica e, por

esta razão, Garcia et al. (2006) afirmam ser mais vantajoso utilizar uma abordagem mais simples, onde o período entre revisões (T) é calculado a partir da fórmula do LEC. Entretanto, esses autores acrescentam um custo de revisão (cr) dos níveis de estoque ao custo de colocação do pedido (C_p). Assim, a fórmula para o cálculo do T ótimo é:

$$T = \frac{LEC}{D} \rightarrow T = \frac{\sqrt{\frac{2 \cdot (C_p + cr) \cdot D}{C_e}}}{D} \rightarrow T = \sqrt{\frac{2 \cdot (C_p + cr)}{C_e \cdot D}} \quad (73)$$

Segundo Garcia et al. (2006), as políticas de revisão periódica são muito úteis quando são adquiridos vários itens simultaneamente de um mesmo fornecedor. Considerando a reposição conjunta de N itens, o valor de T será:

$$T = \sqrt{\frac{2 \cdot (C_p + cr)}{\sum_{i=1}^N C_{e_i} \cdot D_i}} \quad (74)$$

Garcia et al. (2006) ressaltam que muitas vezes o valor encontrado para T não é viável, devendo ser aproximado para o valor viável mais próximo. Entretanto, destacam que essa condição não chega a ser relevante, já que T tem as mesmas propriedades de robustez do LEC, conforme item 2.2.9.2.1 deste trabalho. Para o cálculo de Q_m e E_S , os autores ressaltam que deve ser assumida uma distribuição de probabilidades normal para a demanda durante o tempo de revisão mais o *lead time* e apresentam as seguintes equações:

$$Q_m = \mu_d \cdot (\mu_L + T_{cp}) + E_S \quad (75)$$

$$E_S = k \cdot \sqrt{(\mu_L + T_{cp}) \cdot \sigma_d^2 + \mu_d^2 \cdot \sigma_L^2} \quad (76)$$

O fator de segurança k pode ser calculado das mesmas duas formas propostas no item anterior (revisão contínua), por restrição de serviços ou otimização dos custos totais (GARCIA et al., 2006).

2.2.9.7 Controle Agregado de Inventário

Slack, Chambers e Johnston (2002) afirmam que os modelos utilizados para controle de estoques apresentados anteriormente, mesmo os que realizam um tratamento

probabilístico da demanda e do *lead time* são simplificações da complexidade do gerenciamento de estoques real, que envolve milhares de itens estocados, centenas de fornecedores e possivelmente dezenas de milhares de consumidores individuais. Para gerir essa complexidade é preciso discriminar os vários itens estocados, de forma que sejam estabelecidas prioridades de acordo com a importância de cada um, bem como dispor de um sistema de processamento de dados com capacidade para fazer o controle dos estoques a uma velocidade aceitável.

Bowersox, Closs e Cooper (2006, p. 268) estabelecem que “uma estratégia integrada de gestão de inventário define as políticas e os processos utilizados para determinar onde localizar o inventário, quando iniciar os embarques de reposição e quanto alocar”.

Segundo Ballou (2006), a utilização de uma política criteriosa de controle em separado para cada item de estoque e do inventário total é uma condição ideal de gestão de estoques desejada pelas organizações. Entretanto, o grande nível de detalhamento exigido mobiliza recursos e gera custos. Conseqüentemente, métodos de controle coletivo de grupos de itens vêm sendo bastante utilizados.

Alguns controles coletivos de inventário são abordados a seguir.

2.2.9.7.1 Prioridades de Estoque – A Classificação ABC

Slack, Chambers e Johnston (2002) afirmam que nos inventários compostos por mais de um item, sempre haverá aqueles itens mais importantes para a organização. Essa importância é decorrente de dois fatores: a alta taxa de utilização do item, que em caso de falta produz impacto negativo imediato no nível de serviço, e o alto valor do item, que representa alto custo de manutenção do estoque. Uma forma de discriminar itens em estoque é classificá-los de acordo com suas *movimentações de valor*. Estas movimentações correspondem à multiplicação da taxa de uso de cada item pelo seu respectivo valor individual. Assim, os itens que apresentam maiores movimentações de valor devem ser controlados de forma mais rigorosa que aqueles com valores inferiores para essas movimentações. Um item de baixo custo, mas de alta taxa de uso, pode ser mais importante que um de alto custo e baixa taxa de uso. A movimentação de valor traduz a representatividade de cada item em relação ao custo total do estoque (CHING, 2006).

Ballou (2006) afirma que o problema logístico de uma organização é a soma dos problemas de cada um de seus produtos. Segundo Davis, Aquilano e Chase (2001), manter o controle e o registro adequados de cada item em estoque são dois dos maiores desafios

enfrentados pelos sistemas de estoques. Atividades como a contagem de itens, a colocação e o recebimento de pedidos exigem tempo de pessoal e dinheiro. Os recursos disponíveis para controle de inventário devem ser utilizados da forma mais racional possível, o que pode ser obtido pelo estabelecimento de foco nos itens mais importantes do inventário.

Ching (2006) destaca que os métodos de controle de inventário consideram a mesma disponibilidade desejada e o mesmo nível de acompanhamento para todos os itens. No entanto, o capital empatado nos estoques e os custos operacionais podem ser reduzidos se uma maior atenção for dada aos itens mais significativos para a organização em termos de vendas, margem de lucro, fatia de mercado, competitividade, requisitos de marketing e níveis de serviço (CHING, 2006; BALLOU, 2006). “Aplicando-se de maneira seletiva uma política de estoques a esses diferentes pontos, torna-se possível atingir metas de serviço com níveis de estoque menores do que com uma política única aplicada conjuntamente a todos os produtos” (BALLOU, 2006).

A *Lei de Pareto*, também conhecida como *Princípio de Pareto* ou *Regra 80-20* foi estabelecida por Vilfredo Pareto, em 1897, quando realizou um estudo em que constatou que 20% da população italiana detinham 80% da riqueza total do País. Essa lógica de poucos possuindo ou representando mais e muitos possuindo ou representando menos ocorre nas mais variadas situações, como nos sistemas de estoque, onde uma quantidade pequena dos tipos de itens totais estocados representa uma grande parcela da movimentação de valor desses estoques.

A classificação ABC, também denominada por Bowersox, Closs e Cooper (2006) de classificação de sintonia fina (*fine line*) é baseada no princípio de Pareto e consiste na divisão dos itens em estoque em três categorias: A, B e C, conforme a relevância dos itens classificados. Segundo Davis, Aquilano e Chase (2001), trata-se de uma técnica de controle e contagem que pode melhorar a precisão dos registros. Slack, Chambers e Johnston (2002) propõem a seguinte segmentação para a classificação ABC:

- a) itens classe A: correspondem à parcela de 20% dos tipos de itens de mais alta movimentação de valor e representam cerca de 80% da movimentação de valor total do inventário;
- b) itens classe B: são os itens considerados de valor médio, correspondentes aos seguintes 30% dos tipos de itens em estoque e representam em torno de 10% da movimentação de valor total do inventário;

c) itens classe C: são os itens de movimentação de valor mais baixa, que apesar de compreenderem cerca de 50% do total de tipos de itens estocados, representam em torno de apenas 10% da movimentação de valor total do inventário.

Essa classificação é ilustrada na Figura 22.

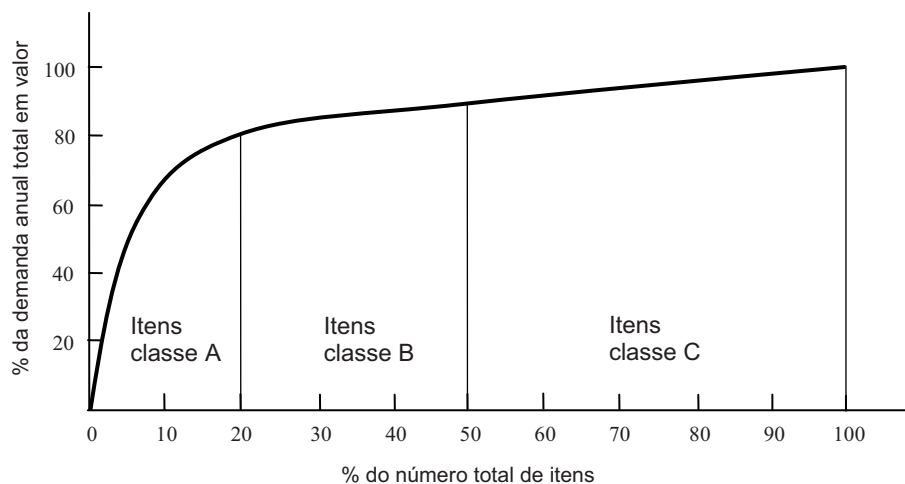


Figura 22 - Curva de Pareto com uma classificação ABC para itens em estoque.
Fonte: Slack, Chambers e Johnston (2002).

Segundo Ballou (2006), quando se deseja dar um tratamento estatístico aos pontos da curva 80-20, vale a pena descrevê-la matematicamente. Bender (1981, apud Ballou, 2006), propõe a seguinte relação para a determinação de uma constante A, por meio aproximações sucessivas:

$$Y = \frac{(1 + A) X}{A + X} \rightarrow A = \frac{X(1 - Y)}{Y - X} \quad (77)$$

Onde:

Y = fração cumulativa das vendas

X = fração cumulativa dos itens

A = uma constante a ser determinada

Calculando-se o valor de A, é possível estabelecer uma relação entre X e Y.

Ballou (2006) afirma que a proporção exata 80-20 é raramente observada e Davis, Aquilano e Chase (2001) ressaltam que os limites da segmentação são grosseiros, uma vez que as fronteiras ou pontos de separação entre as classes de itens podem sofrer variações consideráveis. Além disso, a segmentação pode não ser nítida. Os pontos de separação entre as classes dependem do conjunto de itens em estoque e da disponibilidade de mão-de-obra para realizar a classificação. Alguns autores estabelecem para a separação 20-30-50% dos

itens em estoque uma representatividade 80-15-5%, respectivamente (GARCIA et al., 2006; CHING, 2006). Apesar dessas considerações, Davis, Aquilano e Chase (2001) destacam que a importância da classificação ABC está na possibilidade que ela oferece de separar o que é relevante do que não o é. Afirmam ainda que o objetivo é estabelecer graus apropriados de controle para cada item. Garcia et al. (2006) ressaltam que essa classificação pode indicar quais itens geram os maiores custos de manutenção de estoques e Ching (2006) afirma que a curva ABC pode servir de base para a organização estabelecer uma política de estoque. Métodos de gestão de estoques que requerem pessoal mais qualificado e recursos computacionais devem ser usados para itens classe A, enquanto regras mais simples e de menor custo são aplicadas aos itens de classe C. Clientes de itens classe A devem ter maior disponibilidade de produtos e melhores condições de entrega. Fornecedores desses itens podem ser priorizados em programas de parceria (GARCIA et al., 2006).

Embora o uso anual e o valor do item sejam os dois critérios mais utilizados para determinar um sistema de classificação de estoque, Slack, Chambers e Johnston (2002) estabelecem três outros critérios que podem contribuir nesse processo, conforme segue:

- a) *Conseqüência da falta de estoque*: itens cuja falta possa determinar atrasos ou interrupções na produção devem ter alta prioridade de controle;
- b) *Incerteza de fornecimento*: itens de fornecimento incerto, mesmo de baixo valor, podem necessitar de um controle mais rigoroso;
- c) *Alta obsolescência ou risco de deterioração*: itens enquadrados nessa categoria podem exigir monitoração extra.

Bowersox, Closs e Cooper (2006, p.268) assinalam que a classificação ABC “agrupa produtos, mercados ou clientes com características similares, para facilitar a gestão de inventário” e que deve ser “compatível com os objetivos de serviço e estratégias da organização.” Os autores estabelecem que essa classificação pode ser baseada em diversas medidas como vendas, contribuição ao lucro, valor de inventário, taxa de uso e natureza do item. Os itens em estoque são classificados em ordem decrescente da medida considerada. A utilização de letras para denominar cada classe ou categoria indica por que o processo é comumente chamado de análise ABC. Algumas empresas refinam a classificação utilizando quatro ou cinco categorias.

Uma classificação de estoques mais complexa pode incluir itens em mais de um critério, gerando um índice combinado (SLACK, CHAMBERS, JOHNSTON, 2002; BOWERSOX, CLOSS, COOPER, 2006). Um item classificado como ABA pode significar

que pertence à categoria A pelo critério de valor, à B pelo de falta de estoque e à classe A novamente pelo do risco de obsolescência. Nesse caso, a política de inventário, inclusive os estoques de segurança, é estabelecida por uma classificação ponderada. A forma de classificação define os grupos de itens que têm estratégias similares de inventário.

2.2.9.7.2 Giro de Estoques

O giro de estoques, já abordado nos itens 2.2.6.3 e 2.2.9.2 deste trabalho, é considerado por Ballou (2006) como um dos mais praticados métodos de controle agregado de estoques. Isso porque o acompanhamento do giro é bastante simples e os dados necessários estão prontamente disponíveis nos balanços financeiros das organizações. O autor afirma que o giro de estoques consiste na razão entre as vendas anuais ao custo do estoque e o investimento médio em estoque no mesmo período, o que corresponde à relação entre a demanda anual e o estoque médio no período.

$$Giro = \frac{\text{Vendas anuais a custo de estoque}}{\text{Investimento médio em estoque}}$$

Ao estabelecer uma meta para o giro de estoques, a organização controla o investimento em estoques a partir do nível de vendas. Isso faz com que os estoques variem diretamente com a demanda, o que, de acordo com Ballou (2006), trata-se de uma desvantagem, pois os gestores esperam que os estoques aumentem a uma taxa decrescente em função das economias de escala. O autor destaca que o controle de estoques pelo giro impõe um custo a ser pago pela simplicidade do processo.

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), para medir estoques não basta apenas conhecer o seu nível absoluto em um determinado momento, calculado pela soma dos custos de aquisição ou mercado de cada item armazenado. Essa medida, embora útil, não fornece indicação do tamanho do investimento em estoque relativo ao fluxo total da operação. Daí a importância do cálculo do giro do estoque, traduzido na frequência com que o estoque é totalmente utilizado em um determinado período. Os autores citam outra medida de comparação entre estoque e operações, denominada *cobertura de estoque*, que expressa a quantidade de tempo que duraria o estoque, sob demanda normal e sem reabastecimento. O período de cobertura corresponde ao inverso do giro de estoque, pois enquanto este é calculado pela divisão da demanda pelo estoque no período correspondente, o período de cobertura é encontrado pelo cálculo da fração inversa (estoque dividido pela demanda).

Os cálculos do giro e da cobertura de estoque são feitos para cada item individualmente. Para conhecer a cobertura média ou o giro médio de estoque para o total de itens estocados, calcula-se a média ponderada dos valores de cada item em relação à demanda (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

2.2.9.7.3 Limitação no Total dos Investimentos

Ballou (2006, p.308) afirma que “os estoques representam um pesado investimento de capital para muitas empresas.” Por essa razão, os gestores muitas vezes estabelecem limites para o tamanho dos estoques. Isso significa que, a política de estoques deve incluir a não superação da meta desejada e os mecanismos de controle devem permitir ajustes caso os limites sejam extrapolados em algum momento. Para o caso de uma política de controle de revisão contínua com certeza do prazo de entrega, em que um limite monetário seja arbitrado para o conjunto dos itens estocados, então esse limite pode ser representado por:

$$\sum_i C_i \frac{Q_i}{2} \leq L \quad (78)$$

Onde:

L = limite de investimento para i itens estocados, em moeda corrente

C_i = valor do item i no estoque

Q_i = quantidade de pedido de um item i em estoque

Quando o valor médio de estoque para todos os itens supera o limite estabelecido para o investimento (L), as quantidades de pedido de cada item devem ser reduzidas para baixar os níveis dos estoques médios e manter a meta para L . Para encontrar essas quantidades, Ballou (2006) propõe um aumento artificial do custo de manutenção de cada item na fórmula do LEC. Nessa fórmula, o custo de manutenção de um item i em estoque (C_e) pode ser representado pela multiplicação do valor (custo de aquisição) do item em estoque C_i pelo percentual que representa o custo de manutenção do item em relação ao seu valor total (I), conforme segue:

$$Q_i = \sqrt{\frac{2 \cdot C_{pi} \cdot D_i}{I \cdot C_i}} \quad (79)$$

Aumentando-se o valor do percentual I para $I + \alpha$, então:

$$Q_i = \sqrt{\frac{2 \cdot C_{pi} \cdot D_i}{(I + \alpha) \cdot C_i}} \quad (80)$$

O valor de α será dado por:

$$\alpha = \left(\frac{\sum_i \sqrt{2 \cdot C_{pi} \cdot D_i \cdot C_i}}{2L} \right)^2 - I \quad (81)$$

Encontrado o valor de α , as quantidades revisadas de pedido para cada item são dadas pela equação (80).

2.3 Sistemas de Apoio à Decisão

2.3.1. O Processo da Tomada de Decisão

Segundo Lactermacher (2002, p.4, *apud* Maia, 2008) o processo de tomada de decisão consiste em

identificar um problema ou uma oportunidade e selecionar uma linha de ação para resolvê-lo. Um problema ocorre quando o estado atual de uma situação é diferente do estado desejado. Uma oportunidade ocorre quando as circunstâncias oferecem a chance do indivíduo/organização ultrapassar seus objetivos e/ou metas.

Para Chiavenato (1999) o processo decisório se constitui na análise e escolha entre várias alternativas possíveis para a ação que o gestor deverá seguir.

Gomes, Gomes e Almeida (2002) afirmam que a necessidade da tomada de decisão ocorre quando se está diante de um problema que possui mais de uma alternativa para sua solução ou mesmo quando existe somente uma ação de solução, pois nesse caso o gestor toma a decisão de agir ou não. Dizem que o elemento chave para que um gerente tome uma decisão acertada é o conhecimento da natureza do problema sob os mais diversos aspectos.

Tanto Chiavenato (1999) como Gomes, Gomes e Almeida (2002) estabelecem que a tomada de decisão pode ocorrer em três diferentes situações:

- a) decisão em condições de certeza: quando são conhecidas as conseqüências da decisão;
- b) decisão em condições de risco: quando as conseqüências da decisão não são conhecidas, mas é possível estabelecer uma probabilidade para sua ocorrência;
- c) decisão em condições de incerteza ou ignorância: quando não há nenhuma possibilidade de prever as conseqüências da decisão.

2.3.2. Sistemas de Informação

Falsarella e Chaves (1995, p.1) apresentam a seguinte definição para sistemas de informação (SI):

Sistemas de Informação (SI) são sistemas que permitem a coleta, o armazenamento, o processamento, a recuperação e a disseminação de informações. SI são, hoje, quase sem exceção, baseados no computador e apóiam as funções operacionais, gerenciais e de tomada de decisão existentes na organização.

Os autores classificam os sistemas de informação em:

- a) Sistemas Transacionais
- b) Sistemas Gerenciais
- c) Sistemas Executivos
- d) Sistemas Especialistas
- e) Sistemas de Apoio à Decisão

Os sistemas transacionais, também conhecidos como operacionais, têm aplicação específica e estão mais ligados à área administrativo-financeira. São exemplos de sistemas transacionais os sistemas de folha de pagamento, contabilidade, contas a pagar e receber, faturamento, dentre outros.

Os sistemas gerenciais fornecem informações integradas e resumidas provenientes dos sistemas transacionais e permitem aos gerentes de médio escalão acompanhar o desempenho de sua gerência e de toda a organização.

Os sistemas executivos aliam as informações dos sistemas gerenciais a informações do meio externo à organização para uso pela alta gerência com o objetivo de controlar os fatores críticos de sucesso.

Os sistemas especialistas armazenam e distribuem o conhecimento e as experiências de especialistas da organização com o objetivo de disseminar o conhecimento,

garantir que esse conhecimento não seja “perdido” com a saída ou aposentadoria dos especialistas e que seja utilizado por todas as pessoas da organização.

Os sistemas de apoio à decisão (SAD), são sistemas normalmente informatizados que auxiliam o gestor na tomada de decisão.

O que diferencia os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) dos demais sistemas é que os SAD fornecem informações que efetivamente contribuem para o processo de tomada de decisão, enquanto os outros sistemas até podem oferecer esse tipo de informação, mas não são concebidos para esse fim.

O’Brien (2002) destaca que os sistemas de informação podem ser classificados conceitualmente como operações ou como sistemas de informação gerencial. A Figura 23 mostra esta classificação conceitual dos SI, feita de modo a destacar os papéis principais que cada um desempenha nas operações e administração de um negócio.

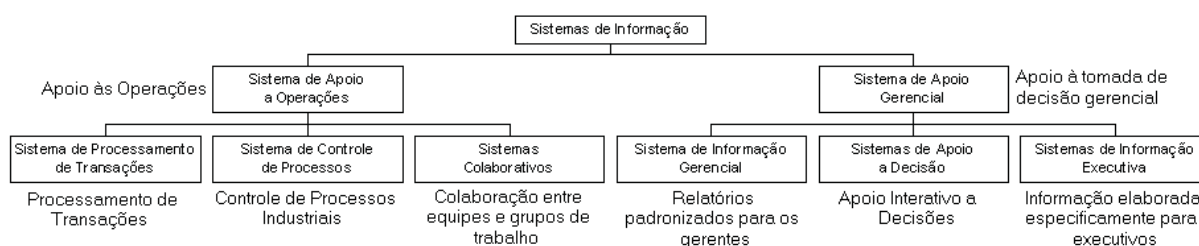


Figura 23 - Classificação dos sistemas de informação. Fonte: O’Brien, 2002.

Segundo Laudon e Laudon (2004), os sistemas de informação, aí incluídos os SAD são baseados nos seguintes conceitos:

- a) dados: são fatos puros ou descrições básicas de elementos, eventos, atividades e transações que são capturados, registrados, armazenados e classificados em um banco de dados;
- b) informação: é a organização de um conjunto de dados de modo a fazer sentido;
- c) conhecimento: conjunto de informações organizadas e processadas para transmitir discernimento, experiência, aprendizagem ou habilidade;
- d) sistema de informação: responsável pela transformação de dados em informações.

Laudon e Laudon (2004) definem um SI como um conjunto de componentes integrados com o objetivo de coletar, recuperar, processar, armazenar e distribuir informação para facilitar o planejamento, o controle, a coordenação, a análise e o processo decisório nas organizações.

2.3.3 Sistemas de Apoio à Decisão

Para Sprague e Watson (1991), um sistema de informação que forneça informações para qualquer processo de tomada de decisão em áreas de planejamento estratégico, controle gerencial e controle operacional é um sistema de apoio à decisão. Entretanto, os SAD podem ser extremamente complexos. Segundo Falsarella e Chaves (1995), uma condição para que um SAD seja criado é que exista na organização um ambiente de apoio à decisão, compreendendo:

- a) banco de dados com informações internas e externas organização;
- b) sistema gerenciador de banco de dados;
- c) ferramentas de apoio à decisão: *softwares* de simulação e representação gráfica;
- d) ambiente aplicativo: sistemas aplicativos que analisam alternativas e fornecem soluções para os problemas;
- e) Ambiente operacional: *hardwares* e *softwares* que fazem a integração dos sistemas.

O SAD é também conhecido pela sua denominação em inglês, *Decision Support Systems* (DSS).

Para Turban, McLean e Wetherbe (2004), o SAD é a representação simplificada ou abstração da realidade. Isso porque a realidade é muito complexa para ser copiada fielmente. Com o SAD, é possível realizar experiências virtuais e uma análise sobre um modelo da realidade, em vez de fazê-lo na própria realidade.

Turban, McLean e Wetherbe (2004) estabelecem, dentre outras, as seguintes características e capacidades para o SAD:

- a) apoio aos tomadores de decisão em todos os níveis gerenciais e em todas as fases do processo decisório;
- b) pode ser adaptado para lidar com as alterações na realidade;
- c) fácil de construir e utilizar, em muitos casos;
- d) promove o aprendizado, que conduz a novas demandas e ao aprimoramento contínuo do aplicativo;
- e) utiliza geralmente modelos quantitativos;
- f) permite a realização de análise de sensibilidade.

Segundo Falsarella e Chaves (1995), os SAD possuem funções específicas que não estão vinculadas aos demais sistemas e, por isso, podem buscar as informações necessárias à tomada de decisão nos bancos de dados daqueles sistemas.

Os autores afirmam relacionam os seguintes fatores determinantes do surgimento dos SAD na década de 70:

- a) acirramento da competição entre as organizações;
- b) necessidade de tomar decisões com agilidade;
- c) disponibilidade de tecnologia de informática para armazenagem e busca rápida de informações e conhecimentos;
- d) necessidade de utilizar a computação para apoiar a realização do planejamento estratégico das organizações.

Annes (2008) cita que o objetivo de um SAD não é substituir o tomador de decisão, e sim apoiá-lo nas atividades de tomada de decisão. Para ele, é possível construir um bom banco de dados e transformá-lo em vantagem competitiva através da identificação de padrões através do SAD.

De acordo com Falsarella e Chaves (1995), a motivação para o uso dos SAD nas organizações é a possibilidade de incorporar as informações fornecidas pelo sistema aos dados históricos e experiências individuais da empresa, facilitando a tomada de decisão. Os autores destacam os seguintes fatores que determinantes para o sucesso e a continuidade do uso do SAD em uma organização:

- a) o modelo deve ser construído para atender as necessidades da organização;
- b) o sistema deve ser permanentemente atualizado de forma rápida;
- c) as novas informações que ajudam no processo decisório devem ser incorporadas ao sistema e estar disponíveis para outras pessoas;
- d) interface amigável com o usuário;
- e) a obtenção de informações internas e externas à organização deve ser imediata;
- f) disseminação dos benefícios da utilização do SAD através de cursos, palestras, dentre outros.

A Figura 24 mostra que a informação utilizada nos SAD vem tanto de ambientes internos como externos à organização. A informação interna é gerada pelas áreas funcionais e a externa se origina de fontes como a internet, banco de dados on-line, jornais, informativos setoriais, relatórios governamentais e contatos pessoais.

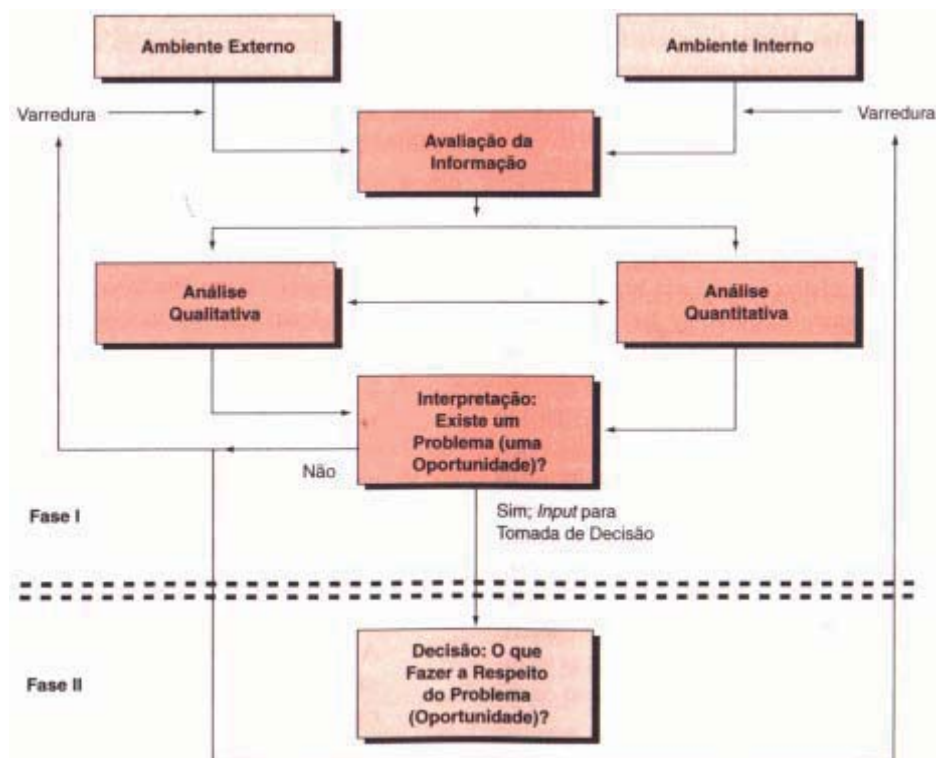


Figura 24 – Fases do processo de decisão e o fluxo de informação. Fonte: Turban, McLean e Wetherbe, 2004.

2.4 Um pouco de Petróleo e Derivados

Este tópico aborda alguns conhecimentos sobre o petróleo e seus derivados, com foco nas matérias-primas, processos e produtos da refinaria em estudo.

O petróleo é composto basicamente de hidrocarbonetos. Há uma pequena parcela de outros constituintes, que formam as chamadas impurezas: oxigênio, nitrogênio, enxofre e metais pesados. A conformação, o tamanho e a quantidade das moléculas dos hidrocarbonetos variam bastante entre os diversos tipos de petróleos encontrados nas várias partes do globo terrestre, o que difere os petróleos entre si. Gary e Handwerk (1980, p. 17) resumem essas características quando afirmam que “As composições químicas dos petróleos são surpreendentemente uniformes, ao passo que suas características físicas variam amplamente.”

A *American Society for Testing Materials* (ASTM, 2008, p. 10) define o petróleo como: “uma mistura de hidrocarbonetos de ocorrência natural, geralmente em estado líquido, a qual pode também incluir compostos de enxofre, nitrogênio, oxigênio, metais e outros elementos.”

Cardoso (2005) relata que o *American Petroleum Institute* (API) é a entidade que classifica e padroniza os mais diversos assuntos concernentes ao petróleo. Dentre eles está a densidade, uma das características que diferenciam os petróleos entre si, expressa pelo grau API (°API). Segundo Farah (1989), a densidade relativa de uma substância representa a relação entre a sua massa específica e a massa específica de um padrão, relacionadas a temperaturas definidas. O grau API consiste numa escala que varia inversamente com a densidade relativa de líquidos, o que significa que quanto maior a densidade, menor o grau API.

A relação entre o grau API e a densidade relativa se dá, segundo Farah (2003), através da seguinte equação:

$$^{\circ}API = \frac{141,5}{d_{60/60^{\circ}F}} - 131,5 \quad \text{ou} \quad ^{\circ}API = \frac{141,5}{d_{15,6/15,6^{\circ}C}} - 131,5 \quad (82)$$

O óleo de referência de qualidade no mercado mundial é o petróleo *Brent*, do Mar do Norte, que possui °API de 37,8. Os petróleos encontrados no Brasil são mais densos e possuem em média, 19°API. Gary e Handwerk (1980) afirmam que a densidade dos petróleos pode variar entre números inferiores a 10°API e superiores a 50°API.

Outra característica importante dos petróleos é a viscosidade, que segundo Brasil (1999, p. 57) “é a propriedade que determina o grau da resistência de um fluido a uma força cisalhante.” Mede a resistência que um fluido apresenta para escoar. Fluidos menos viscosos escoam com maior facilidade. A viscosidade deve ser expressa em função de uma temperatura, uma vez que varia com temperatura de forma inversamente proporcional. Os petróleos consumidos pela refinaria em estudo são ultraviscosos.

Inicialmente, os petróleos podem ser divididos em leves, médios e pesados. Como o próprio nome diz, os leves são aqueles que possuem um maior número de hidrocarbonetos com moléculas menores, e portanto mais leves, que as predominantes nos petróleos pesados. São, portanto, óleos de menor densidade e viscosidade. Segundo Dantas Neto e Gurgel (2008), essa divisão é feita de acordo com o °API, conforme segue:

- Petróleos Leves: acima de 30°API (< 0,72 g / cm³)
- Petróleos Médios: entre 21 e 30°API
- Petróleos Pesados: abaixo de 21°API (> 0,92 g / cm³)

Depois de fracionados, os petróleos leves produzem predominantemente os chamados derivados leves (óleo diesel, querosene de aviação, gasolina e GLP), enquanto que

nos petróleos pesados predomina a produção de derivados pesados (óleo combustível, asfaltos, lubrificantes e parafinas). Como os derivados leves são os mais consumidos no planeta e têm as mais importantes aplicações, os petróleos leves têm maior valor de mercado e são considerados de melhor de qualidade que os pesados.

Os petróleos processados na Lubnor têm de 13 a 17°API e são, portanto, pesados.

Uma outra divisão entre os petróleos é feita a partir de sua constituição química. Segundo Farah (2002, p. 16), “os hidrocarbonetos presentes no petróleo apresentam propriedades físicas bastante distintas entre si, o que se reflete sobre as propriedades físicas dos petróleos”. As concentrações de cada tipo de hidrocarboneto – parafínico, naftênico ou aromático – determinarão a classificação dos petróleos em: de base parafínica, naftênica ou aromática. A grande maioria dos petróleos existentes na natureza é de base parafínica, que é formada por hidrocarbonetos saturados de cadeias abertas (alcanos). Os petróleos de base naftênica têm predominância de hidrocarbonetos saturados de cadeia fechada (cicloalcanos ou ciclanos) e segundo a *National Petrochemical and Refiners Association* (NPRA, 2005) representam apenas de 2 a 3% das reservas globais. De acordo com Farah (2002), esses petróleos são encontrados somente na América do Sul, na Rússia e no Mar do Norte.

2.4.1 Processos de Refino

O petróleo no estado em que é extraído do solo tem pouquíssimas aplicações. Para que o seu potencial energético seja aproveitado, através da sua transformação em derivados comercializáveis, deve ser submetido a processos de separação, conversão e tratamento (ABADIE, 1990). São esses os chamados *Processos de Refino*, que operam de forma ininterrupta, 24 horas por dia, 365 dias por ano. A refinaria objeto deste trabalho não foge a essa regra.

Segundo Neiva (1986, p. 118), “o refino do petróleo constitui-se num conjunto de processos de beneficiamento pelos quais passa o óleo mineral bruto, para a obtenção de determinados produtos. Refinar significa, portanto, separar as frações desejadas, processá-las e industrializá-las em produtos vendáveis”.

Existem vários processos de beneficiamento ou processos de refino, dentre eles a destilação (atmosférica e a vácuo), o craqueamento térmico, o craqueamento catalítico, a reforma catalítica, o hidrocraqueamento, o coqueamento retardado e os tratamentos. A Lubnor produz lubrificantes a partir de um processo de tratamento denominado hidrotratamento.

Em uma refinaria, o petróleo começa a ser processado em unidades de destilação. Abadie (1990) afirma que a destilação é um processo de separação física feita através da diferença entre pontos de ebulição de compostos coexistentes numa mistura líquida. Constitui-se, portanto, na separação do petróleo em seus grupos de hidrocarbonetos, formados a partir do tamanho de suas moléculas. Cada derivado possui uma faixa de destilação compreendida entre os seus pontos inicial e final de ebulição. A destilação é normalmente realizada em duas etapas: a primeira é a atmosférica ou primária, onde a pressão dentro da torre de processo é igual à pressão atmosférica. A segunda é a destilação a vácuo, onde é feito vácuo no interior da torre. A primeira etapa retira as frações mais leves do petróleo e no fundo da torre é retirado o chamado resíduo atmosférico ou cru reduzido. Essa fração ainda contém hidrocarbonetos leves que não puderam ser removidos na primeira etapa da destilação. Na destilação a vácuo, como o próprio nome diz, é feito um vácuo na torre e a pressão cai para próximo de zero. Essa queda na pressão exercida sobre o cru reduzido diminui o seu ponto de ebulição, permitindo a retirada de novas frações leves.

Os petróleos pesados, ao contrário dos leves, possuem frações menores de hidrocarbonetos leves e grande quantidade de hidrocarbonetos pesados. As moléculas mais pesadas formam os chamados asfaltenos. A separação entre compostos mais pesados, que possuem pontos de ebulição mais altos, não ocorre à pressão atmosférica. Segundo Gary e Handwerk (1980), para destilar as frações mais pesadas do petróleo à pressão atmosférica, a temperatura do petróleo teria que ser muito alta, o que provocaria um craqueamento (quebra) térmico das moléculas. Por essa razão, essas frações são destiladas a vácuo, onde a baixa pressão reduz a temperatura de ebulição e permite a separação. Como a refinaria em estudo processa somente petróleos pesados, ela utiliza o processo de destilação a vácuo.

A Figura 25 ilustra um esquema básico simplificado de refino de uma refinaria que processa petróleo leve. A torre de fracionamento da Figura representa uma série de processos diferentes, os quais são, de fato, realizados em várias torres de diferentes unidades de processo que formam o conjunto de processos de separação, conversão e tratamento ou acabamento. Alguns desses processos são físicos, como a destilação, onde ocorre somente uma separação física das moléculas, sem mudança em suas estruturas. Outros são químicos ou físico-químicos, onde ocorrem reações químicas e conseqüente alteração na estrutura das moléculas.

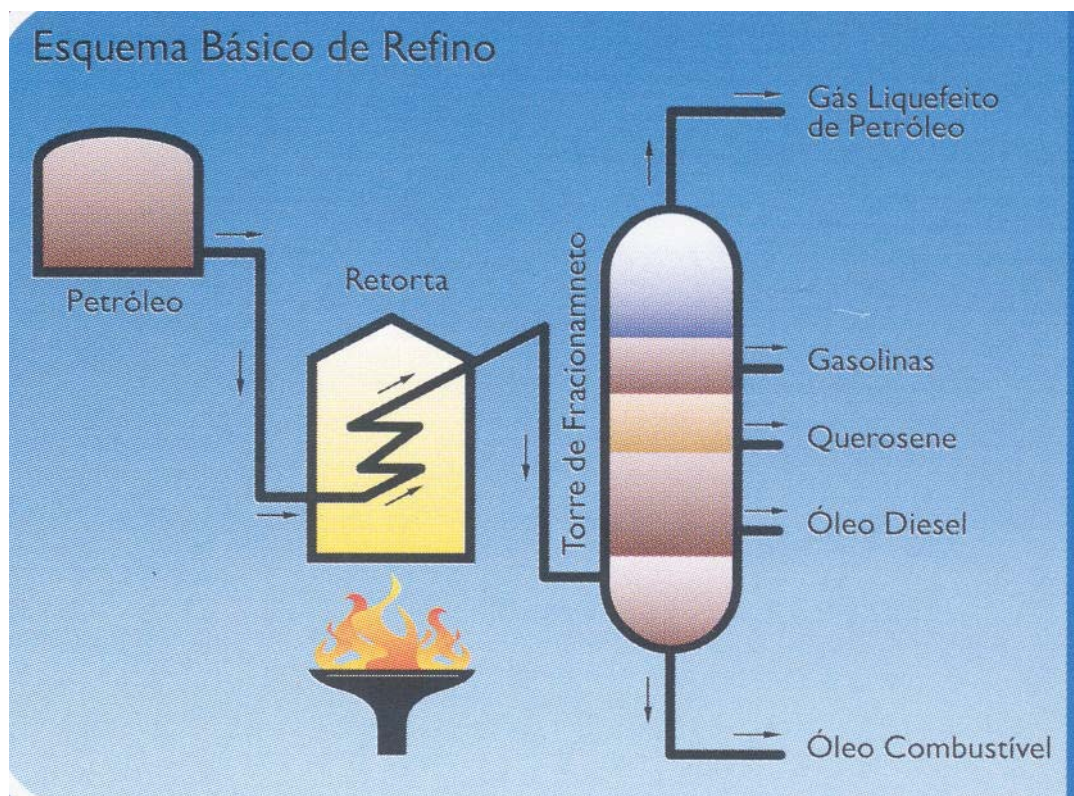


Figura 25 - Esquema básico de refino. Fonte: Petrobras, 2005.

Farah (2002) explica que nos processos de separação os constituintes do petróleo são separados de acordo com alguma de suas propriedades físicas, como o ponto de ebulição. Nos processos de conversão há uma transformação dos constituintes através de processos químicos e no acabamento ou tratamento ocorre apenas a remoção de contaminantes, não havendo alteração física ou química nos hidrocarbonetos constituintes do petróleo.

Os diferentes processos de refinação produzem os diversos derivados de petróleo conhecidos, dentre eles o gás liquefeito de petróleo (GLP), conhecido como gás de cozinha, a nafta petroquímica, os solventes, a gasolina, os querosenes iluminante e de aviação, o óleo diesel, os óleos lubrificantes, as parafinas, os óleos combustíveis, os asfaltos e o coque de petróleo.

Segundo Gary e Handwerk (1980), os processos de refino de petróleo e petroquímicos geram cerca de 2.500 produtos diferentes.

2.4.2 Derivados de Petróleo Produzidos na Refinaria em Estudo

Segundo o Relatório de Gestão da Área de Abastecimento da Petrobras (2007, p. 43), o mercado de derivados de petróleo é dividido em três segmentos:

- a) Combustíveis: diesel, gasolina, querosene de aviação e gasolina de aviação;
- b) Produtos Industriais: óleo combustível, nafta petroquímica, propano, propeno, etano e coque;
- c) Produtos especiais: gás liquefeito de petróleo (GLP), asfaltos, lubrificantes, parafinas, solventes, fertilizantes, gases especiais, enxofre e resíduo aromático.

O interesse deste trabalho recai sobre os produtos especiais, mais especificamente os asfaltos e os lubrificantes, por serem os principais derivados produzidos pela refinaria em estudo.

Segundo o Instituto de Asfalto (1989), os asfaltos têm uma gama bastante diversificada de aplicações, mas são utilizados principalmente na pavimentação de rodovias e como impermeabilizantes.

Os asfaltos produzidos pela refinaria em estudo são o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP-50/70) e os asfaltos diluídos Cura Média 30 (CM-30) e Cura Rápida 250 (CR-250). Os números 50 e 70 definem o intervalo estabelecido nas especificações do CAP para um ensaio de laboratório com o nome de “penetração”. Segundo Bernucci et al. (2007), a penetração corresponde à profundidade, em décimos de milímetro, que uma agulha padrão de 100g de massa penetra numa amostra de volume padronizado de CAP, por 5 segundos, à temperatura de 25°C. Os asfaltos diluídos, como o próprio nome diz, resultam da diluição do CAP com solventes e são classificados de acordo com o tempo de cura e com a viscosidade. Segundo Neiva (1986, p. 209), “a cura é o tempo necessário para a evaporação do solvente após a aplicação do produto”. No CM-30 e CR-250, CM e CR significam cura média e cura rápida, respectivamente, ao passo que os números 30 e 250 correspondem ao valor da viscosidade cinemática do produto, em cSt (centstokes) a 60 °C.

A entrega do CAP-50/70 deve ser feita a uma temperatura mínima de 140°C e máxima de 177°C, conforme estabelece a Resolução nº 19, de 11.07.2005, da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2008).

Os lubrificantes produzidos pela refinaria constituem-se em três tipos de óleos lubrificantes básicos naftênicos: o NH-10, NH-20 e NH-140, onde NH significa *naftênico hidrogenado* e os números 10, 20 e 140 correspondem à viscosidade do produto, em cSt (centstokes) a 40 °C. A Lubnor produz ainda um óleo isolante para transformadores e disjuntores elétricos, que recebeu o nome comercial de Isovolt.

Como o próprio nome “básico” está dizendo, os óleos só adquirem a condição de lubrificantes acabados após receberem aditivos.

Os óleos produzidos pela Lubnor são de base naftênica e são utilizados na formulação de óleos e graxas de uso industrial. Esses óleos não são utilizados como lubrificantes de motores automotivos. Nesse caso, os óleos lubrificantes são de base parafínica.

Os óleos básicos naftênicos não são utilizados como lubrificantes automotivos principalmente porque possuem baixo índice de viscosidade (IV). Segundo Trindade (2008), esse índice mede a variação da viscosidade com a variação da temperatura. Essas grandezas são inversamente proporcionais, o que significa que quanto maior a temperatura do óleo, menor sua viscosidade. Um óleo com IV alto apresenta pouca variação na viscosidade com a mudança na sua temperatura. O baixo IV dos lubrificantes naftênicos os contra-indicam para uso em motores automotivos porque a viscosidade desses óleos é baixa nas altas temperaturas a que são submetidos esses motores, o que significa que em altas temperaturas esses óleos perdem boa parte do seu poder de lubrificação.

No mercado automotivo, os óleos básicos naftênicos são muito utilizados como fluido de amortecedores, onde a função do óleo não é a lubrificação. Segundo Lazaro (2008), sua função é absorver e dissipar energia, reduzindo o efeito de irregularidades na pista. Esses óleos são utilizados também em amortecedores de motocicletas, no sistema de pouso de aeronaves e no suporte de equipamentos pesados.

O óleo isolante, como o próprio nome diz, é utilizado para isolamento elétrico em transformadores e disjuntores.

CAPÍTULO 3

3 A ORGANIZAÇÃO EM ESTUDO E O SEU PROCESSO PRODUTIVO

3.1 A Lubnor

No início da década de 60, a Petróleo Brasileiro S.A. – Petrobras, empresa de economia mista e capital aberto, diante do contexto favorável de expansão sócio-econômica do Estado e do forte crescimento da malha rodoviária do Brasil no final da década de 50, decidiu investir na implantação de uma fábrica de asfaltos na região Nordeste do Brasil e optou pela área do Complexo Industrial Portuário do Mucuripe, em Fortaleza, capital do estado do Ceará, Brasil. Em 24 de junho de 1966, com a presença do então presidente Mal. Castelo Branco, foi inaugurada a Asfaltos de Fortaleza – Asfor, que não chegava a ser uma refinaria, mas uma fábrica de asfaltos.

Contando inicialmente com apenas uma unidade de destilação a vácuo, a Asfor processava 1.300 m³/dia de petróleo. Contudo, ao longo dos anos passou por ampliações na unidade de destilação alcançando a capacidade produtiva de 3.300 m³/dia. Além do aumento de capacidade recebeu duas novas unidades de processo, diversificando sua produção na direção de produtos de maior valor agregado. Esse crescimento fez com que deixasse a condição de fábrica e se transformasse numa refinaria de petróleo.

Na década de 80, com a descoberta de petróleo e gás natural no litoral de Paracuru-CE, foi construído um gasoduto interligando os poços produtores à então Asfor, que recebeu, em 1987, sua segunda unidade de produção, a Unidade Processamento de Gás Natural, o que possibilitou a realização da distribuição de gás natural para as indústrias da cidade de Fortaleza.

Em maio de 1998, entra em operação a terceira unidade de processo, a Unidade de Lubrificantes, única unidade produtora de lubrificantes naftênicos do país. A partir daí, a Asfor passou a se chamar Lubrificantes e Derivados de Petróleo do Nordeste – Lubnor e deixou de ser uma fábrica para se transformar numa refinaria, embora de pequeno porte, da Petrobras.

As três unidades produtivas são conhecidas pelas suas siglas: Unidade de Destilação a Vácuo (UVAC), Unidade de Lubrificantes (ULUB) e Unidade de Processamento

de Gás Natural (UPGN). A ULUB, por sua vez, é subdividida em unidades: Unidade de Geração de Hidrogênio (UGH), Unidade de Hidrotratamento (HDT) e Unidade de Tratamento de Águas Ácidas (UTAA).

O sistema de gestão da refinaria utiliza instrumentos modernos como o *Balanced Scorecard* (BSC). Segundo Kaplan e Norton (1997), o BSC integra as medidas provenientes da estratégia, considerando o desempenho financeiro do passado e incorporando os vetores do desempenho futuro da organização. Esses vetores abrangem as perspectivas do cliente, dos processos internos, e do aprendizado e crescimento. Os objetivos estratégicos da organização são desdobrados em processos, que por sua vez são associados a indicadores para acompanhamento da implementação das estratégias definidas.

A organização é certificada pelo Bureau Veritas Certification (BVC) nas seguintes normas: ISO-9001:2000, voltada para a qualidade dos produtos e processos, ISO 14.001:2004, concernente à gestão ambiental, OHSAS 18.001:1999, voltada para a segurança e saúde dos trabalhadores e da população circunvizinha e na SA-8000:2001, concernente à responsabilidade social da organização.

A gestão das refinarias da Petrobras é praticada buscando atingir os referenciais de excelência ou *benchmarkings* estabelecidos pela Solomon Associates. Os estudos da Solomon (2001) têm o objetivo de divulgar os dados de desempenho da indústria de forma a permitir que cada refinaria avalie sua posição competitiva. Esses estudos proporcionam um meio de comparar refinarias com capacidades de processamento diferentes, a partir do conceito de Capacidade Equivalente de Destilação (CED) ou *Equivalent Distillation Capacity* (EDC).

A Lubnor constituiu-se, ainda, no braço logístico da Petrobras no Ceará e comercializa os produtos distribuídos no Maranhão, constituindo-se no maior contribuinte no recolhimento de ICMS, incluindo a substituição tributária, nos Estados do Ceará, desde 1999, e Maranhão, desde 2000.

A Lubnor constrói seu "entorno tecnológico" através cooperações científicas, inicialmente realizadas com o Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes) e a Universidade Federal do Ceará (UFC), mas que hoje envolve entidades de 10 estados do Norte e Nordeste (MA, PA, MA, CE, RN, PA, PE, AL, SE e BA). A criação do CEASF - Centro de Excelência em Asfaltos vem possibilitando, nestes estados, o desenvolvimento de competências na busca de soluções locais de pavimentação asfáltica. Nesse mesmo princípio, estão sendo desenvolvidos projetos para a produção de biolubrificantes produzidos a partir de oleaginosas da região (mamona e outras). O Cenpes está concluindo a construção, na Lubnor, de um posto

avançado com plantas piloto para produção dos biolubrificantes. Esta experiência visa ter todo o ciclo tecnológico dominado localmente em produtos inovadores baseadas em materiais primas locais.

Um novo salto está sendo dado pela Lubnor: a duplicação da unidade produtora de lubrificantes, com um investimento de cerca de 70 milhões de dólares. O Quadro 2 mostra o histórico do crescimento industrial da refinaria.

Histórico do Crescimento Industrial da Lubnor
1966 ▪ Inauguração da Fábrica de Asfaltos de Fortaleza – Asfor
1987 ▪ Instalação da Unidade de Processamento de Gás Natural – UPGN
1995 ▪ Instalação de uma turbina para cogeração de energia elétrica e vapor
1996 ▪ Primeira ampliação da capacidade de processamento de petróleo
1997 ▪ Automação industrial das unidades com controle centralizado
1998 ▪ Instalação da Unidade de Lubrificantes - ULUB e mudança do nome para Lubnor
1999 ▪ Obtenção da Certificação ISO 9002
2001 ▪ Obtenção da Certificação ISO 14001 e OHSAS 18001
2004 ▪ Obtenção da Certificação SA 8000
2005 ▪ Nova ampliação da capacidade de processamento de petróleo para 3.300 m ³ /dia
2008 ▪ Instalação do Núcleo Experimental de Biolubrificantes

Quadro 2 - Histórico do crescimento da Lubnor. Fonte: Petrobras, 2008.

3.1.1 A Matéria-Prima

A principal matéria-prima de uma refinaria de petróleo é, como o próprio nome diz, o petróleo. Refinar o petróleo significa transformá-lo em seus derivados através de processos físicos, químicos ou físico-químicos. Algumas refinarias, como é o caso da Lubnor, processam também o gás natural. O refino de petróleo e gás natural é demandante intensivo

de insumos como energia elétrica, vapor, ar comprimido, catalisadores e outros produtos químicos específicos.

Normalmente as refinarias processam mais de um tipo de petróleo, não só para evitar a dependência de um único suprimento de matéria-prima, mas também para que seja possível otimizar o perfil de produção de acordo com as características dos mercados de derivados.

A Lubnor tem como principais produtos os asfaltos e os lubrificantes básicos naftênicos. Conseqüentemente, a refinaria processa somente petróleos pesados de base naftênica.

Até o ano 2000, o Brasil não produzia óleo naftênico em quantidade suficiente para atender a Lubnor, o que a deixava refém do suprimento de petróleo venezuelano. Hoje há quatro tipos de petróleos naftênicos nacionais, dos quais três deles estão disponíveis para serem utilizados pela refinaria: o primeiro é proveniente do campo terrestre de Fazenda Alegre, no Espírito Santo, o segundo do campo também terrestre de Fazenda Belém, nos municípios de Icapuí e Aracati, no Ceará e o terceiro do campo marítimo de Jubarte, em águas profundas do litoral capixaba. Esses petróleos são processados normalmente um de cada vez. Apenas em situações especiais, que não fazem parte do escopo deste trabalho, são processadas misturas do petróleo Fazenda Alegre e Fazenda Belém.

Os petróleos Fazenda Alegre e Jubarte são recebidos através de navios no Porto do Mucuripe, de onde são bombeados, através de duto, direto para os tanques de petróleo da Lubnor. Esses navios carregam o óleo de produção terrestre no Terminal Norte Capixaba e o óleo de produção marítima no próprio campo marítimo de Jubarte, onde recebe o óleo de outro navio que, por sua vez, recebe a produção do campo. A periodicidade de recebimento dos navios e as quantidades que eles transportam variam conforme a disponibilidade de navios e as necessidades da mesma matéria-prima em outras refinarias.

O petróleo Fazenda Belém, pelo pequeno volume produzido e pela proximidade do campo produtor em relação à Lubnor (cerca de 200 km), é transportado através de carretas. Entretanto, a produção desse óleo é inferior à carga diária processada pela refinaria.

Os petróleos Fazenda Alegre e Fazenda Belém podem ser classificados como ultrapesados, por terem alta densidade ($^{\circ}\text{API}$ 13) e ultraviscosos, por possuírem viscosidade cinemática média de 3.200 cSt a 50°C e 2.000 cSt a 50°C , respectivamente. Ambos são mais pesados e viscosos que o Jubarte, de $^{\circ}\text{API}$ 17 e 320 cSt a 50°C . Em razão dessas características, para que sejam processados e bombeados nas instalações existentes na Lubnor, esses petróleos são aquecidos a 70°C (Fazenda Alegre e Fazenda Belém) e 55°C (Jubarte).

3.1.2 Produtos e Mercados

A Lubnor é uma refinaria voltada para o segmento de produtos especiais, em particular, asfaltos e lubrificantes. Existe produção de GLP, mas numa quantidade muito pequena, não chegando a 3% do mercado do estado do Ceará. A produção de derivados de petróleo da Lubnor é basicamente formada por asfaltos e lubrificantes, numa proporção aproximada de 65% e 15% do total produzido em volume, respectivamente. Os cerca de 20% restantes são divididos entre óleo diesel, nafta, óleo amaciante de fibras, gasolina natural e GLP.

Conforme já mencionado neste trabalho, os asfaltos produzidos na refinaria são o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP-50/70) e os asfaltos diluídos: Cura Média 30 (CM-30) e Cura Rápida 250 (CR-250).

O mercado de asfaltos da Lubnor atinge hoje nove estados brasileiros, sendo a maior parcela em seis estados da Região Nordeste (Ceará, Maranhão, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco), mas também chegando a parte do Tocantins, Pará e Amapá. Este mercado tem uma sazonalidade bem definida, sendo mais forte no segundo semestre do ano, época em que praticamente não chove, em contraste a baixa demanda do primeiro semestre, consequência do período chuvoso. Historicamente, o mês de abril é o de mais baixa demanda, enquanto setembro concentra a demanda mais alta. O Gráfico 1 mostra esta sazonalidade.

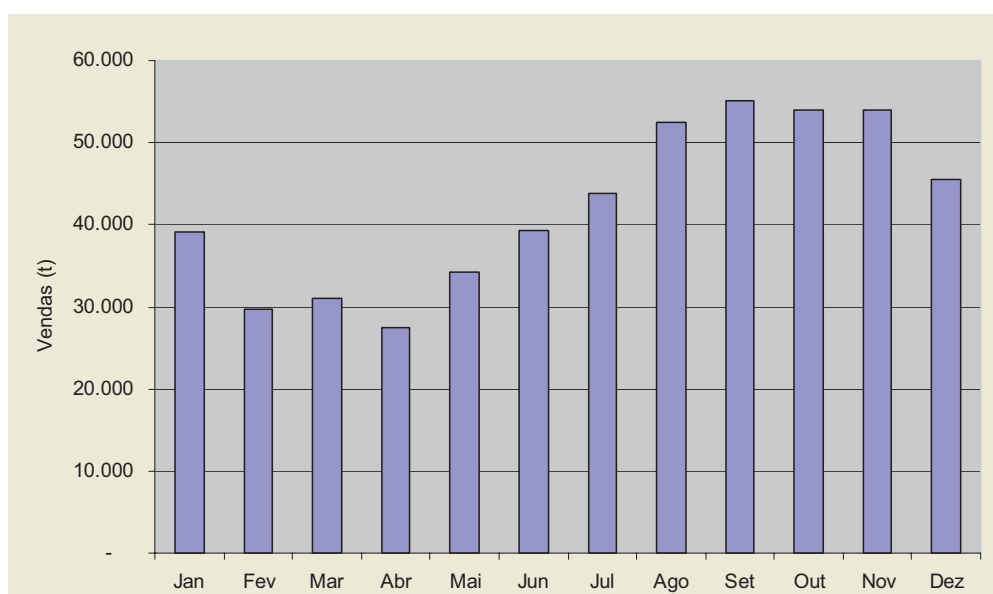


Gráfico 1 - Sazonalidade do mercado de asfaltos: vendas médias mensais 1998-2007. Fonte: Petrobras, 2008.

No primeiro semestre, para evitar a redução de carga na UVAC ou até a paralisação dessa unidade por falta de espaço para armazenagem de CAP-50/70, a refinaria precisa produzir óleos combustíveis marítimos, conhecidos internacionalmente pelo nome MFs (*marine fuels*) ou IFOs (*intermediate fuel oils*), utilizados nas operações de abastecimento a navios (*bunkering*) de armadores nacionais ou estrangeiros, no Porto do Mucuri. Além desses dos MFs e IFOs, a Lubnor fornece um terceiro combustível marítimo: o óleo diesel marítimo (*marine gasoil* - MGO). Esses óleos são utilizados pelos navios como combustível em seus motores propulsores e auxiliares e em suas caldeiras. Os óleos utilizados como combustíveis nos navios são genericamente chamados de *bunker*. A produção de MFs da Lubnor é feita pelo processo de mistura, através da diluição do CAP-50/70 com gasóleo pesado (GOP). Essa alternativa reduz os estoques de CAP e ajuda a refinaria a tentar manter a UVAC operando com carga máxima, e conseqüentemente, garantir a produção dos destilados naftênicos para a produção de lubrificantes na ULUB. Entretanto, a produção de GOP da Lubnor não é suficiente para atendimento à demanda, o que obriga a refinaria a utilizar diluentes mais caros. Conforme será visto adiante, a produção de diluente varia com o tipo de petróleo processado. Este será um dos pontos importantes focados neste trabalho.

Os maiores clientes de *bunker* da Lubnor são os armadores internacionais. Este mercado é muito sensível à confiabilidade no fornecimento. Para garantir que o cliente manterá o Porto do Mucuri como um possível local de abastecimento, é necessário que haja produto continuamente disponível, o que se traduz em um nível de serviço de 100%. Um porto que apresenta falta de produto afasta os armadores, que procuram fontes mais confiáveis de suprimento. Portanto, a Lubnor precisa garantir o fornecimento do produto também no segundo semestre, para evitar a perda de clientes estratégicos, que garantem o mercado do produto no primeiro semestre. Caso o mercado de asfaltos esteja muito aquecido no segundo semestre, de forma que todo o CAP produzido seja vendido como asfalto, a Lubnor precisa adquirir o *bunker* de outra refinaria para continuar atendendo seus clientes.

Toda a entrega de asfaltos da refinaria é feita via rodoviária, através de uma estação de carregamento rodoviário, onde os produtos são bombeados diretamente dos tanques de armazenamento para carretas apropriadas pertencentes a transportadores contratados pelos compradores de asfaltos. As carretas podem dirigir-se diretamente para as usinas de asfalto ou descarregar o produto em tancagem adequada existente nas instalações de algumas das distribuidoras.

Os lubrificantes produzidos pela refinaria, conforme já citado, constituem-se em três tipos de óleos lubrificantes básicos naftênicos e um óleo isolante para transformadores e

disjuntores elétricos. Os lubrificantes básicos são denominados de NH-10, NH-20 e NH-140 e o óleo isolante para transformadores recebeu o nome comercial de Isovolt.

Os óleos básicos naftênicos são adquiridos por formuladores, que os misturam com diferentes aditivos químicos conferindo-lhes diversas aplicações. Após aditivados, os óleos básicos transformam-se em óleos acabados, que são embalados e vendidos aos revendedores especializados.

O óleo isolante elétrico para transformadores e disjuntores é vendido à Petrobras Distribuidora e não é aditivado. Para transformar-se em produto acabado o óleo passa somente por um processo de secagem adicional ao que já é feito na refinaria. Em seguida é revendido aos fabricantes de transformadores e disjuntores elétricos em tambores de 200 litros.

A maior fatia de mercado para os quatro produtos está nas regiões Sudeste e Sul. Para chegarem a esses mercados, esses produtos são bombeados dos tanques da refinaria para navios atracados no pier petroleiro do Porto do Mucuripe, que os transportam para terminais localizados no Rio de Janeiro e em São Paulo. De lá são entregues por via rodoviária para os formuladores e, no caso do Isovolt, para a Petrobras Distribuidora. O mercado da região Nordeste é atendido via rodoviária. As regiões Norte e Centro-Oeste são atendidas a partir da tancagem no Sudeste. Nos mercados de lubrificantes naftênicos e óleo isolante não existe o componente da sazonalidade. Embora a Lubnor seja a única produtora nacional de lubrificantes naftênicos, a Petrobras possui concorrentes de peso no mercado nacional, com destaque para a Nynas, empresa formada pela parceria da sueca Neste Oil com a venezuelana PDVSA. De acordo com o *site* dessa organização, ela é a líder mundial na produção de óleos naftênicos (NYNAS, 2008).

Conforme citado em 3.1, a Lubnor é o braço logístico da Petrobras no Ceará. Ela executa essa função entregando às distribuidoras locais óleo diesel, gasolina, querosene de aviação e GLP provenientes de outras refinarias, terminais ou campos de produção, transportados até Fortaleza por navios, em operações de cabotagem ou, eventualmente, importação. As produções de diesel e GLP da refinaria são bastante reduzidas e não chegam a atender, respectivamente, 5% e 3% do mercado local, em volume.

A Lubnor produz o óleo amaciante de fibras (OAF), utilizado para tornar maleáveis algumas fibras vegetais, como o sisal. A produção de OAF é pequena, representando somente cerca de 3% da produção total da refinaria.

O óleo combustível, OC-A1, que na Lubnor, pelo seu baixo teor de enxofre enquadra-se como OC-B1, é utilizado principalmente em caldeiras industriais e de hospitais.

O gás natural é produzido nos campos marítimos de Paracuru e chega à Lubnor por um gasoduto submarino, que alimenta a UPGN, onde são extraídas as frações líquidas do gás (GLP e C₅+). A parcela que sobra (mais de 95%) é chamada de gás seco ou residual. A maior parte do gás residual é hoje consumido como combustível na Lubnor e o restante é entregue por duto à Companhia de Gás do Ceará - Cegás, que o distribui numa malha de gasodutos para indústrias, hospitais, lavanderias industriais, panificadoras, postos de gás natural veicular, hotéis, dentre outros.

A nafta produzida na Lubnor não é um produto acabado e é utilizada na produção dos asfaltos diluídos.

O portfólio dos produtos expedidos pela Lubnor e suas principais aplicações comerciais podem ser vistos no Quadro 3, onde estão incluídos a produção própria e os derivados recebidos de outras origens.

GRUPOS DE PRODUTOS	PRODUTO	EXPEDIDO POR	PRINCIPAIS USOS
ASFALTOS	CAP-50/70	Carreta, Duto	Pavimentação Asfáltica, Impermeabilizantes
	CM-30	Carreta, Navio	Imprimação
	CR-250	Carreta, Duto	Fabricação de Emulsões
ÓLEO ISOLANTE	ISOVOLT	Navio, Carreta	Isolante para Transformadores Elétricos
LUBRIFICANTES	NH-10	Navio, Carreta	Fluido de Amortecedores
	NH-20	Navio, Carreta	Óleos de Corte e Refrigeração
	NH-140	Navio, Carreta	Fabricação de Graxas Especiais
ÓLEO COMBUSTÍVEL	OC-A1	Duto, Carreta, Navio	Queima em Caldeiras Industriais
ÓLEOS COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS	MF-380	Navio	Combustível de Navios
	MF-180	Navio	Combustível de Navios
ÓLEO AMACIANTE DE FIBRAS - OAF	OAF	Carreta	Amaciante de Fibras Vegetais
COMBUSTÍVEIS e GLP	DIESEL INTERIOR	Duto, Carreta	Combustível de Caminhões e Ônibus
	DIESEL METROPOLITANO	Duto, Carreta	Combustível de Caminhões e Ônibus
	DIESEL MARÍTIMO	Navio	Combustível de Navios
	QAV-1	Duto	Combustível de Aviões a Jato
	GASOLINA	Duto	Combustível de Veículos de Passeio
	GLP	Duto	Gás de Cozinha
GÁS NATURAL	GÁS SECO	Duto	Combustível Automotivo, Caldeiras

Quadro 3: Produtos expedidos e suas principais aplicações. Fonte: Petrobras, 2008.

3.1.3 Processo Produtivo

As unidades de processo da Lubnor e sua capacidade de processamento estão relacionadas no Quadro 4.

Ao chegar à Lubnor, em navios ou caminhões, o petróleo é armazenado em tanques que possuem sistema de aquecimento, para que possam ser enviados para processamento a uma temperatura de 80 °C (Fazenda Belém), 70 °C (Fazenda Alegre) e 60 °C (Jubarte). Desses tanques, o petróleo é bombeado para a Unidade de Destilação a Vácuo – UVAC, que tem regime de operação ininterrupto, com previsão de parada para manutenção geral uma vez a cada quatro anos.

Unidade de Processo	Sigla	Processo Utilizado	Capacidade de Processamento (m³/d)
Unidade de Vácuo	UVAC	Dessalinização	3.300
		Destilação a Vácuo	3.300
Unidade de Lubrificantes	ULUB	Geração de Hidrogênio	40.000
		Hidrotratamento	530
Unidade de Processamento de Gás Natural	UPGN	Destilação e Absorção	1.050.000

Quadro 4 - Unidades de processo da Lubnor. (Fonte: Petrobras, 2008)

A matéria-prima petróleo é processada na UVAC, de onde são retirados produtos acabados, como o cimento asfáltico de petróleo (CAP) e o óleo amaciante de fibras (OAF), e produtos intermediários (os que não são acabados) como a nafta, o diesel intermediário e os destilados naftênicos. Estes últimos constituem-se na matéria-prima para a produção de lubrificantes na ULUB. Os destilados naftênicos (DNs) são enviados da UVAC para tanques, um para cada DN, antes de serem processados na ULUB. Os processos de produção dessas unidades e da UPGN são discutidos em seguida. A Figura 26 mostra um esquema bastante simplificado dos dois processos e sua interação, sem levar em conta suas complexidades e as tancagens de matéria-prima, produtos intermediários e produtos acabados.

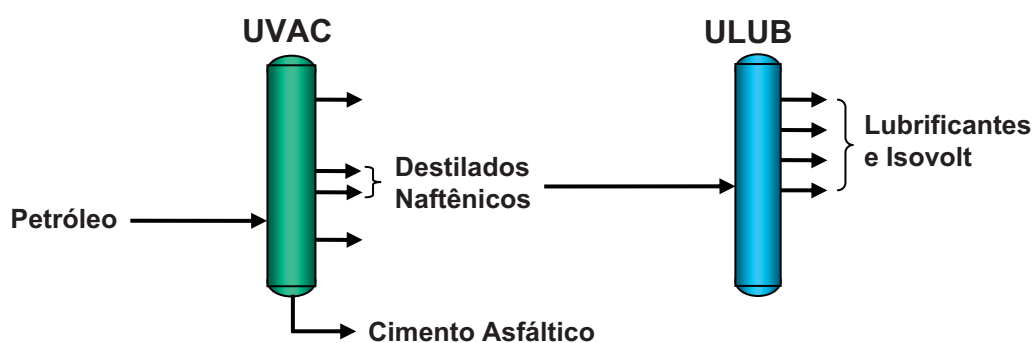


Figura 26 - Esquema simplificado dos processos da UVAC e ULUB e sua interação. Fonte: Petrobras (2008).

Os rendimentos da destilação a vácuo dos três petróleos processados na refinaria são apresentados na Tabela 1, onde FAL é a sigla para o petróleo Fazenda Alegre, FZB para o Fazenda Belém e JUB para o Jubarte. DS significa diesel. DNL, DNM e DNP são os destilados naftênicos leve, médio e pesado, respectivamente e *Slop Wax* é um produto intermediário destinado à produção de óleo combustível. O *Slop Wax* só é produzido no processamento de Jubarte. Nos outros dois petróleos, essa corrente é incorporada ao CAP-50/70. O termo campanha se refere ao perfil de rendimento do que está sendo produzido ou do tipo de petróleo que está sendo processado. Normalmente, a campanha refere-se ao perfil de produção dos DNs. Nesse caso são dois tipos de campanha: DNL/DNP e DNM/DNP. Uma campanha de DNL/DNP significa que estão sendo produzidos o DNL e o DNP. Uma campanha de FAL significa que está sendo processado o petróleo Fazenda Alegre. Para o processamento de qualquer dos três petróleos, a carga da UVAC é de 3.300 m³/dia.

Embora a maior parte da produção de derivados da refinaria seja feita pelo refino do petróleo nas unidades de processo, uma parcela dela é feita através da mistura entre derivados acabados e intermediários.

Os óleos combustíveis marítimos (MFs) são produzidos através da diluição do CAP. O diluente ideal para essa operação é o GOP, mas a sua produção é insuficiente para atender o mercado de MFs.

Os petróleos FAL, FZB e JUB têm um custo similar. O petróleo JUB, por ser um pouco menos pesado, deveria ser mais caro, mas não é o que ocorre na estrutura de preços atual da organização estudada.

A refinaria possui ainda uma terceira unidade, a Unidade de Processamento de Gás Natural (UPGN), que produz o GLP (gás de cozinha) a partir do gás natural. Essa

unidade não representa um gargalo para a produção da refinaria e, portanto, não faz parte do escopo deste trabalho.

Tabela 1 – Rendimentos, em volume, dos derivados produzidos na unidade de destilação a vácuo da Lubnor, de acordo com o petróleo e a campanha de produção.

Petróleo	Fazenda Alegre		Fazenda Belém		Jubarte	
Campanha						
Produto (%vol)	DNL/DNP	DNM/DNP	DNL/DNP	DNM/DNP	DNL/DNP	DNM/DNP
Nafta	2,8	3,0	5,1	5,5		4,6
Diesel	3,8	10,3	3,4	8,5		8,8
DNL	10,7	0,0	11,3	0,0		0,0
DNM	0,0	9,8	0,0	7,0	Não	11,8
DNP	17,7	16,7	23,2	15,7	Testado	28,0
GOP	4,9	0,0	0,0	5,8		0,0
Slop Wax	0,0	0,0	0,0	0,0		5,0
CAP	60,1	60,2	57,0	57,5		41,8
Total	100,00	100,00	100,00	100,00		100,00

Fonte: Petrobras, 2008.

A sazonalidade do mercado de asfaltos, derivados produzidos em maior quantidade e responsáveis pela maior parcela do faturamento da refinaria, aliada à necessidade de manter no nível máximo a produção de lubrificantes constituem-se nos principais fatores que definem o perfil de produção da refinaria. Outros fatores importantes são a capacidade de estocagem de petróleo, derivados intermediários e acabados existente, a disponibilidade da matéria-prima e a logística de recebimento da matéria-prima e de entrega dos derivados.

A seguir são feitas algumas considerações acerca dos processos produtivos nas três unidades de processamento de petróleo da Lubnor: UVAC, ULUB e UPGN.

3.1.3.1 UVAC

A UVAC é a unidade que processa o petróleo cru, “*in natura*”, promovendo a separação física dos seus hidrocarbonetos constituintes. Ampliada e modernizada em abril de 2005, a unidade teve sua capacidade de processamento aumentada, recebendo uma nova torre e um novo forno, em substituição aos anteriores. A capacidade de processamento foi ampliada para 3.300 m³/dia. Recebeu, também, em março de 2006, uma dessalgadora (ou dessalinizadora), cuja função é a remoção de sais, água e partículas em suspensão no petróleo,

que causam corrosão e depósitos em equipamentos e tubulações, reduzindo o tempo de campanha da unidade e a vida útil dos equipamentos. Nesse caso, o significado do termo campanha é o tempo de operação entre paradas para manutenção da unidade.

Antes de chegar à torre fracionadora (torre de vácuo), o petróleo bombeado do tanque passa pela dessalgadora e, em seguida, pelo forno, onde é aquecido a cerca de 370 °C. Ao entrar na torre, a alta temperatura do óleo e a pressão nula (vácuo) provocam a vaporização de grande parte da massa aquecida. A fase gasosa (vaporizada) sobe e a fase líquida desce. As frações vaporizadas perdem temperatura gradativamente à medida que vão subindo e, ao liquefazerem-se, vão sendo retiradas originando os diversos “cortes”, que nada mais são que os produtos do processo, estratificados por faixas de pontos de ebulição.

A Lubnor, como já foi dito, processa petróleos pesados e a produção de sua destilação a vácuo ocorre conforme a Figura 27.

A corrente de gasóleo leve (GOL) é adicionada ao diesel. Os DNs (destilados naftênicos) 10, 30 e 300 correspondem ao DNL, DNM e DNP, respectivamente. Os DNs são enviados para tanques segregados e formam a matéria-prima (carga) da Unidade de Lubrificantes. A corrente de *Slop Wax* não aparece quando do processamento de petróleo FAL ou FZB, porque ela é incorporada ao CAP. No processamento do petróleo JUB, o *slop wax* é retirado da corrente de CAP e utilizado para a produção de óleo combustível através de mistura. O OAF, embora não apareça na Figura 27, pode ser produzido diretamente da unidade, constituindo-se na mistura das correntes de DNL e DNP, que são direcionadas para um mesmo tanque.

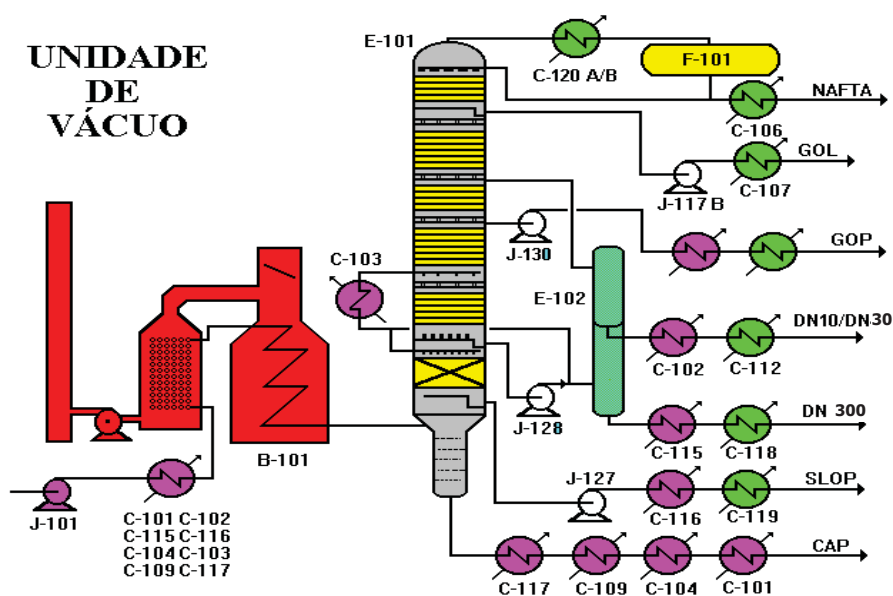


Figura 27 - Esquema básico de refino da UVAC. Fonte: Petrobras, 2008.

A produção de diesel da refinaria é muito pequena em relação ao consumo local e não é produzida contemplando todas as especificações da ANP. Por essa razão, essa corrente é adicionada ao diesel recebido de outras refinarias da Petrobras ou do exterior.

A corrente de maior rendimento e a mais importante da UVAC é a de CAP-50/70, que já sai pronto para entrega ao mercado. É o produto utilizado para a construção do pavimento asfáltico. O CAP é armazenado em tanques a 140 °C. À temperatura ambiente ele quase se solidifica.

O GOP (gasóleo pesado) e a nafta são produtos intermediários, ou seja, não podem ser vendidos aos clientes por não se enquadrarem nas especificações da ANP. Precisam passar por novos processos de refino ou serem adicionados a outro produto. São utilizados na produção de asfaltos diluídos, o CM-30 e o CR-250, como será visto adiante.

Todos os produtos da UVAC, acabados ou intermediários, são armazenados em tanques cilíndricos verticais. Os tanques dos produtos “escuros” ou “pesados” possuem, como já foi dito, um sistema de aquecimento, para que permaneçam fluidos o suficiente a fim de que possam ser bombeados.

3.1.3.2 ULUB

Os destilados naftênicos, como já foi dito, formam a carga da Unidade de Lubrificantes (ULUB). Eles são processados um de cada vez e cada um deles só gera um produto acabado. O DN-10, depois de processado origina o NH-10 (Naftênico Hidrogenado 10) ou o ISOVOLT (um de cada vez). O DN-30 produz o NH-20 e o DN-300, o NH-140. Os números após as siglas DN e NH referem-se à viscosidade, em cSt (centstokes) a 40 °C. Os NHs constituem-se nos chamados óleos básicos, porque suas principais aplicações são obtidas após receberem aditivos. São vendidos, portanto, a beneficiadores que os transformam em vários produtos de aplicação no mercado.

A ULUB é composta de três unidades: a unidade de hidrotratamento (HDT), a unidade de geração de hidrogênio (UGH) e a unidade de tratamento de águas ácidas (UTAA). O processo inicia-se na UGH, que recebe o gás natural seco da UPGN e retira dele o hidrogênio necessário, liberando gás carbônico. O gás natural é constituído, basicamente, de metano. A UGH extrai o hidrogênio do metano através de um processo de *reforma a vapor*, ou seja, além do gás natural, faz-se necessária a presença de vapor d'água.

A HDT recebe o destilado naftênico (DN) que, conforme já citado, é formado por hidrocarbonetos e outros compostos denominados impurezas. O objetivo do hidrotratamento é

a retirada de enxofre, nitrogênio e oxigênio, para garantir a estabilidade do produto à oxidação, ou seja, manter suas características (vida útil) por muito tempo, uma vez que aquelas impurezas ligam-se com certa facilidade ao oxigênio presente na atmosfera, alterando a constituição química e, conseqüentemente, as propriedades do óleo. Além disso, a presença de compostos de enxofre torna o óleo corrosivo.

O hidrotreatamento dá-se em cinco etapas: aquecimento, reação, separação, retificação e secagem. A carga (DN) é inicialmente aquecida a uma temperatura de 340 °C, para obtenção da energia necessária às reações. Ao sair do forno, a carga recebe a corrente de hidrogênio aquecido proveniente da UGH e, juntas penetram nos reatores, que operam à alta pressão. Os reatores são formados por leitos de catalisadores seletivos, depositados em várias camadas, que hidrogenam os compostos que por eles passam, através da subtração das impurezas, formadas por compostos instáveis. As reações geram o ácido sulfídrico (H_2S) e a fração vaporizada da amônia (NH_3), que são enviados para um incinerador de gases, onde são queimados a uma temperatura próxima aos 1.000 °C. A amônia líquida é enviada em meio aquoso para a UTAA, onde é separada e, em seguida, enviada para a Unidade de Tratamento de Despejos Industriais (UTDI).

O efluente do reator passa em seguida por um processo de separação, onde é retirada a maior parcela das impurezas (H_2S e NH_3), as quais encontram-se vaporizadas.

A próxima etapa consiste na injeção de vapor de baixo para cima e de produto de cima para baixo. Esse processo é denominado *retificação* e nele são retiradas as últimas frações de impurezas.

Finalmente, o produto passa por uma secagem a vácuo, para eliminação dos últimos traços de água. Um esquema simplificado processo pode ser visto na Figura 28.

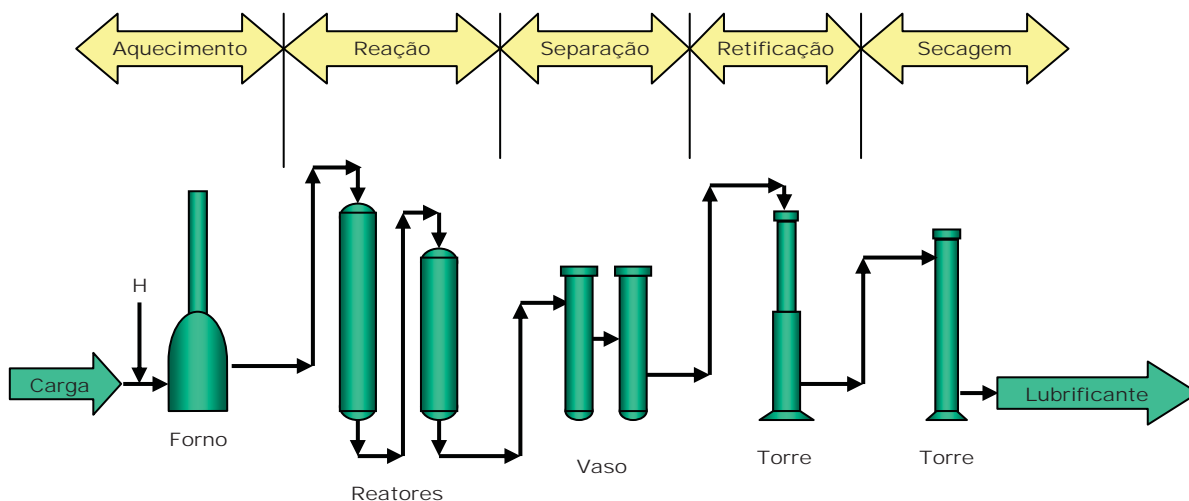


Figura 28 - As 5 etapas do processo de produção da ULUB. Fonte: Petrobras, 2008.

Os produtos da ULUB são estocados em tanques cilíndricos verticais, um para cada produto, totalizando quatro tanques.

3.1.3.3 UPGN

O gás natural recebido na Lubnor é produzido pelas plataformas marítimas de produção no litoral de Paracuru-CE. São nove plataformas em quatro campos de produção denominados Atum, Xaréu, Curimã e Espada, produzindo em lâminas d'água de 50m a 100m de profundidade. A produção do gás é concentrada na plataforma de Curimã 1 (PCR-1) e enviada para a Lubnor através de um duto submarino de 83 km de extensão, conforme mostrado na Figura 29.

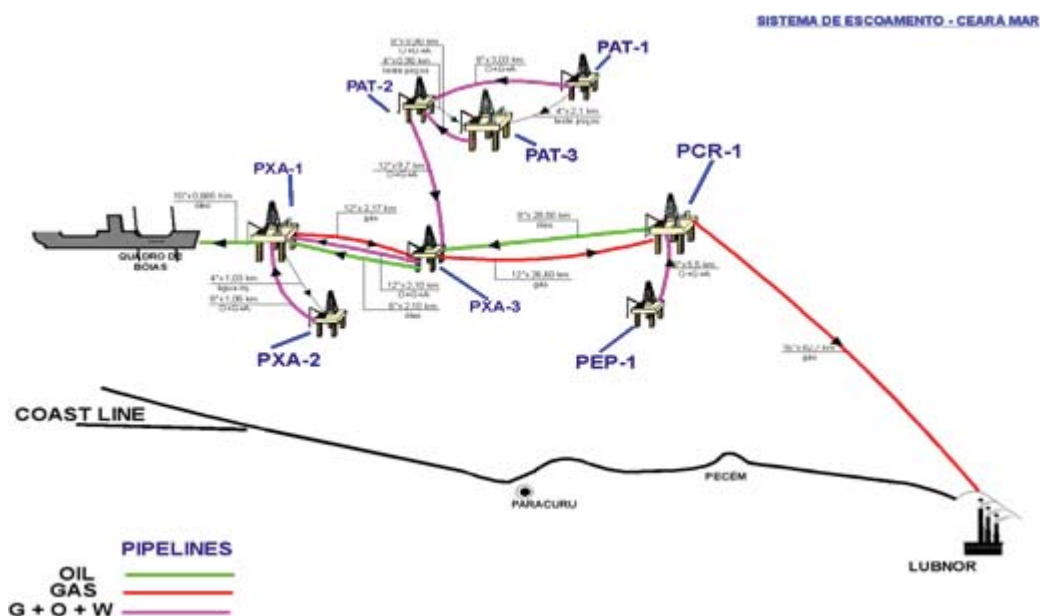


Figura 29 - Sistema de escoamento de óleo e gás de Paracuru-CE para a Lubnor. Fonte Petrobras 2008.

Ao chegar à Lubnor, o gás natural é processado na Unidade de Processamento de Gás Natural – UPGN, onde são retiradas as frações de GLP e gasolina natural contidas no gás. Essas frações correspondem à umidade do gás. Após a retirada, o gás seco ou residual é enviado para o gasoduto da Cegás, conforme já explanado no item 3.1.2. A UPGN tem capacidade de processar até 1.050.000 m³/d, produzindo comercialmente GLP, gasolina natural e gás residual seco (metano e etano) utilizado como combustível industrial e automotivo.

O processamento na UPGN ocorre também em cinco etapas: compressão, absorção, desetanização, fracionamento e desbutanização, conforme segue: o gás natural é submetido à compressão e enviado à torre de absorção, onde são removidas as frações leves do gás natural, metano e etano, através do escoamento em contracorrente de um óleo de absorção com o gás. O produto de fundo da torre é a fração líquida do gás, contendo ainda uma quantidade residual de etano e o óleo de absorção. Essa mistura é levada à torre desetanizadora, onde é retirado o restante do etano. A fração líquida, conhecida como Líquido de Gás Natural (LGN) segue então para a torre de fracionamento, próxima etapa do processo. Na fracionadora, separa-se por destilação o óleo absorvedor (no fundo) que retorna ao processo, do LGN (produto de topo), que é carga da torre desbutanizadora. Na desbutanizadora, separa-se, também por destilação, o GLP (no topo) da gasolina natural (no fundo). A Figura 30 apresenta uma visão geral da UPGN.



Figura 30 - Visão geral da UPGN. Fonte: Petrobras, 2008.

CAPÍTULO 4

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

4.1 Introdução

Concluída a revisão da literatura referente ao petróleo e seus derivados, à previsão de demanda, à gestão de estoques e aos Sistemas de Apoio à Decisão, este capítulo propõe-se a descrever a metodologia utilizada para atingir os objetivos deste trabalho. Na revisão bibliográfica buscou-se mostrar, de forma detalhada, as atuais bases teóricas sobre o tema.

Segundo Severino (2004), a temática de qualquer trabalho de pesquisa científica deve ser realmente vivenciada pelo pesquisador, no nível da avaliação da relevância e significação que os problemas abordados representam para o próprio pesquisador. Daí a razão deste trabalho abordar um tema relativo ao campo de atuação do pesquisador, empregado da Petrobras, que consiste na movimentação e armazenagem de petróleo e derivados, mais especificamente no recebimento e estocagem de petróleo, no processamento do petróleo, na produção e estocagem dos derivados produzidos nas unidades de processo, na produção e estocagem dos derivados produzidos através de misturas e na entrega de derivados acabados aos clientes por via dutoviária, rodoviária, marítima ou ferroviária.

4.2 Tipo e Natureza da Pesquisa

A utilização de amostras amplas de informações numéricas atribui um caráter quantitativo ao trabalho de pesquisa, conforme estabelecem Marconi e Lakatos (2004).

Richardson et al. (1999) descreve o método de pesquisa quantitativo

caracteriza-se pelo emprego da quantificação tanto nas modalidades de coleta de informações quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas, desde a mais simples como percentual, média, desvio-padrão, às mais complexas como coeficiente de correlação e análise de regressão.

Quanto à natureza das variáveis envolvidas, a pesquisa pode ser classificada como qualitativa e quantitativa. Qualitativa porque é decorrente do caráter descritivo, da busca do entendimento do processo como um todo e da busca na pesquisa bibliográfica do conhecimento necessário para desenvolver um modelo para melhoria do desempenho e

porque tem o objetivo de conhecer as características do processo produtivo da refinaria estudada, no intuito de utilizar um modelo apropriado. Assim, a explicação para os fatos encontrados foi feita com base na observação direta, na sua descrição e pela interpretação do autor. Quantitativa porque há uma ampla coleta de dados referentes aos petróleo utilizados e os derivados produzidos, para submetê-los a modelos de otimização e comprovação, com o objetivo de propor uma melhoria no processo produtivo, com foco na gestão de estoques e porque as técnicas utilizadas na previsão de demanda e gestão de estoques são baseadas em dados históricos e modelos causais.

Os dados coletados de vendas de derivados foram objeto de tratamento estatístico para que fossem estornados aqueles não representativos (*outliers*), por serem fruto de ocasiões meramente conjunturais do cenário político-econômico em que ocorreram.

Martins (2002) destaca as abordagens teórica e empírica da pesquisa. A primeira, segundo o autor, refere-se à formulação de quadros de referências e ao estudo teórico e a segunda à aplicação do estudo das teorias à realidade social. Este trabalho utiliza a metodologia teórico-empírica da pesquisa através da realização de um estudo exploratório a partir de um estudo de caso.

4.3 Estratégia da Pesquisa

De acordo com Gil (2002), o planejamento da pesquisa consiste na diagramação, análise e interpretação dos dados coletados, de acordo com o ambiente da coleta e as formas de controle das variáveis envolvidas. O autor define duas formas para a coleta de dados:

- a) as fontes em papel, que se constituem nas pesquisas bibliográficas e documentais, inclusive os dados disponíveis em meio eletrônico, na internet;
- b) os dados obtidos a partir de pesquisas experimentais, levantamentos e estudos de casos, inclusive os dados em meio eletrônico obtidos a partir dos sistemas e bancos de dados da organização estuda.

Bigaton (2005, *apud* Miglioli, 2006) destaca que a revisão bibliográfica trata-se de um modo de formular as questões da pesquisa de forma mais precisa e deve ser vista como um meio para atingir o objetivo do estudo.

Koche (2002) afirma que o objetivo da pesquisa bibliográfica é conhecer e analisar as contribuições teóricas sobre o problema a ser estudado. Ela permite a ampliação dos conhecimentos para melhor compreensão do problema da pesquisa.

O presente trabalho adota a estratégia de pesquisa bibliográfica e documental e de estudo descritivo aplicado a um estudo de caso. Tem na base de sua pesquisa bibliográfica livros, manuais, artigos, normas, dissertações, teses, sítios de empresas e entidades na internet e farto material produzido pela Petrobras ou disponível em seus bancos de dados, envolvendo os assuntos de petróleo e derivados, previsão de demanda, gestão de estoques e Sistemas de Apoio à Decisão, com a finalidade de obter uma atualização sobre os temas pesquisados.

Os referenciais teóricos suportam-se na Previsão de Demanda, na Gestão de Estoques e nos Sistemas de Apoio à Decisão, sua conceituação e fundamentação, os métodos e técnicas utilizados. O material pesquisado constitui-se das fontes mais recentes encontradas, principalmente fontes editadas já neste século.

No que se refere aos objetivos, a pesquisa realizada neste trabalho classifica-se como exploratória. Gil (2002, p. 43) define a pesquisa exploratória como aquela que “tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses”. O autor destaca que predominantemente a pesquisa exploratória envolve o levantamento bibliográfico, as entrevistas e a análise de exemplos que estimulem a compreensão. Do ponto de vista teórico ela explora, na literatura pertinente, concepções, teorias e princípios relacionados ao problema.

Quanto à sua natureza, o presente trabalho pode ser classificado como sendo uma pesquisa aplicada, pois segundo Mattar (1999), esse tipo pesquisa é predominantemente desenvolvido em ambiente empresarial, com o objetivo de ganhar conhecimentos para ajudar na solução de problemas práticos específicos das empresas.

Quanto ao ambiente, a pesquisa é classificada como uma pesquisa de campo, porque ocorre em situações ambientais reais, com sujeitos reais em condições ambientais consideradas normais para o problema estudado. Foram realizadas entrevistas e visitas de campo.

4.4 Tipo de Estudo

Quanto à amplitude e profundidade do escopo, a pesquisa pode ser classificada como um estudo de caso, onde a partir de um conjunto de dados e informações de uma organização é possível utilizar a metodologia científica para solucionar algum problema definido para a pesquisa.

Entre as vantagens do estudo de caso estão os fatos de que este método lida com situações reais e que permite a utilização da bibliográfica associada à pesquisa de campo para uma melhor compreensão do problema estudado.

Segundo Gil (2002), o estudo de caso consiste no método mais adequado para a investigação de um fato onde não é possível distinguir com facilidade os limites entre o fato em si e o seu contexto. O autor destaca que o método é também o mais completo de todos os delineamentos de coleta de dados, pois se utiliza tanto de dados adquiridos diretamente com pessoas, como daqueles obtidos através de pesquisas bibliográficas e documentais. Ainda de acordo com Gil (2002), o método vem sendo utilizado de forma cada vez mais freqüente, porque possibilita:

- a) Explorar situações reais, cujos limites não estão claramente definidos;
- b). Resguardar o caráter unitário do objeto estudado;
- c) Descrever o contexto em que se encontra a investigação;
- d) Explicar as variáveis causais de fatos em que não seja possível a realização de levantamentos e experimentos.

4.5 Coleta e Tratamento dos dados

Os dados sobre a organização estudada foram todos obtidos nos bancos de dados e em publicações da própria empresa, no conhecimento que o autor deste trabalho adquiriu ao longo de 18 anos como empregado da Companhia e em entrevistas com outros empregados da refinaria em estudo. Os dados constantes deste trabalho correspondem aos números reais multiplicados por um mesmo fator, para atender o que estabelece a política de segurança da informação da organização estudada. O fato de não corresponderem aos dados reais não invalida este trabalho, pelo fato de serem todos distantes dos valores reais na mesma proporção.

Os dados coletados de vendas de derivados foram objeto de tratamento estatístico para que fossem estornados ou alterados aqueles não representativos (*outliers*), uma vez que interferiam negativamente de forma significativa na previsão de demanda. São pontos que produziram valores discrepantes, em razão de alterações político-econômicas conjunturais.

A metodologia utilizada permitiu que os dados fossem coletados, interpretados, analisados e tratados. Dessa forma, os objetivos deste estudo foram atingidos, com a

proposição do melhor perfil de produção e a confirmação de hipótese. Permitiu, ainda, levar ao conhecimento do meio acadêmico dados e fatos sistematizados da maior empresa do País, pertencente ao segmento industrial de energia, que junto com o de produtos alimentícios representam, no contexto atual, a maior preocupação da população do planeta, sobretudo pelos seus impactos no desenvolvimento sustentável.

Ao final, a análise detalhada dos dados e os modelos propostos permitiram chegar a conclusões sobre o processo produtivo estudado. A partir dessas conclusões foram feitas recomendações para a melhoria do processo, que podem ser utilizadas pela refinaria ou em trabalhos futuros sobre o tema abordado.

CAPÍTULO 5

5 ESTUDO DE CASO

5.1 Introdução

Os números referentes a estoques, capacidade de produção e mercados considerados neste Estudo de Caso não são reais. Correspondem à multiplicação dos valores reais por um mesmo fator, em respeito ao que preconiza a política de segurança da informação da Petrobras.

O planejamento da produção nas refinarias da Petrobras é feito de forma centralizada na sede da Companhia. Há encontros em nível nacional, separados por tipo de derivado. O sistema é analisado como um todo com o objetivo de alcançar o melhor resultado. A pesquisa operacional é utilizada como ferramenta de um complexo sistema de apoio à decisão, alimentado com as informações dos petróleos disponíveis no Brasil e no mundo, dos mercados de derivados do País, das capacidades de produção de cada refinaria, das capacidades dos transportes aquaviário, dutoviário e rodoviário, dos preços de matéria-prima e produtos, entre outros. O resultado encontrado é utilizado para negociar as metas de produção anuais de cada refinaria. O planejamento é acompanhado mensalmente, através de nova “rodada” do sistema de apoio à decisão, após retroalimentação com informações atualizadas.

O sistema pode indicar que um determinado tipo de petróleo deva ser processado numa refinaria específica porque isso maximizará o ganho global. Entretanto, as soluções não são necessariamente otimizadas em nível individual. Isso significa que uma determinada refinaria pode ser “penalizada” nos seus resultados se isso produzir o melhor resultado para a organização.

Neste estudo é proposta uma metodologia para o planejamento logístico da Lubnor, buscando o melhor perfil de produção para essa refinaria em 2008, sem preocupação com as interferências no planejamento das demais refinarias. Uma das premissas do estudo é de que a refinaria atenda o seu mercado de influência com um nível de serviço de 100% e, para isso, é preciso partir de uma previsão de demanda para o período. O estudo mostra também que através de um processo de transformação dos fluxos da cadeia de suprimentos

em contínuos, a refinaria pode aumentar a capacidade produtiva sem que seja necessário aumentar o seu parque de tancagem.

Este estudo está assim dividido:

- a) previsão das demandas dos produtos acabados e intermediários da refinaria para 2008;
- b) estudo do processo produtivo na UVAC e ULUB, contemplando o suprimento de matéria-prima, os estoques em processo (produtos intermediários) e de produtos acabados e a expedição de derivados;
- c) escolha do melhor perfil de produção para a refinaria;
- d) verificação da possibilidade de aumento de produção sem aumento de tancagem.

Um fluxograma do processo produtivo da Lubnor é mostrado na Figura 31. A refinaria recebe três tipos de petróleos e o gás natural. Os petróleos são processados, um de cada vez, na UVAC e a parte da produção dessa unidade formada pelos destilados naftênicos é processada na ULUB, onde são produzidos os óleos básicos naftênicos: NH-10, NH-20, NH-140 e Isovolt. Entre as demais correntes produzidas na UVAC, duas são de produtos acabados: o diesel e o CAP. As outras correntes dessa unidade, nafta e GOP, assim como o próprio CAP são utilizadas para a produção por mistura de quatro outros produtos acabados: MF-180, MF-380, OC-B1 e OAF. O gás natural é processado na UPGN e gera gasolina, GLP e gás residual.

5.2 Previsão de Demanda para 2008

A proposta de um modelo para o processamento de petróleo na refinaria passa por uma previsão de demanda dos seus produtos acabados.

Uma refinaria de petróleo produz para estoque (*make-to-stock*) e, diferente do ocorre com as empresas que produzem sob encomenda (*purchase-to-order*), a demanda futura não é conhecida. Essa é, de fato, uma característica dos fabricantes de produtos não duráveis. É necessário fazer as previsões de demanda. A qualidade das informações do histórico da demanda por produto existente na Petrobras possibilita a realização de previsões de demanda eficazes utilizando-se os métodos de análise de séries temporais. Os padrões de demanda não têm sofrido alterações relevantes e devem se repetir em 2008. Além disso, o componente de

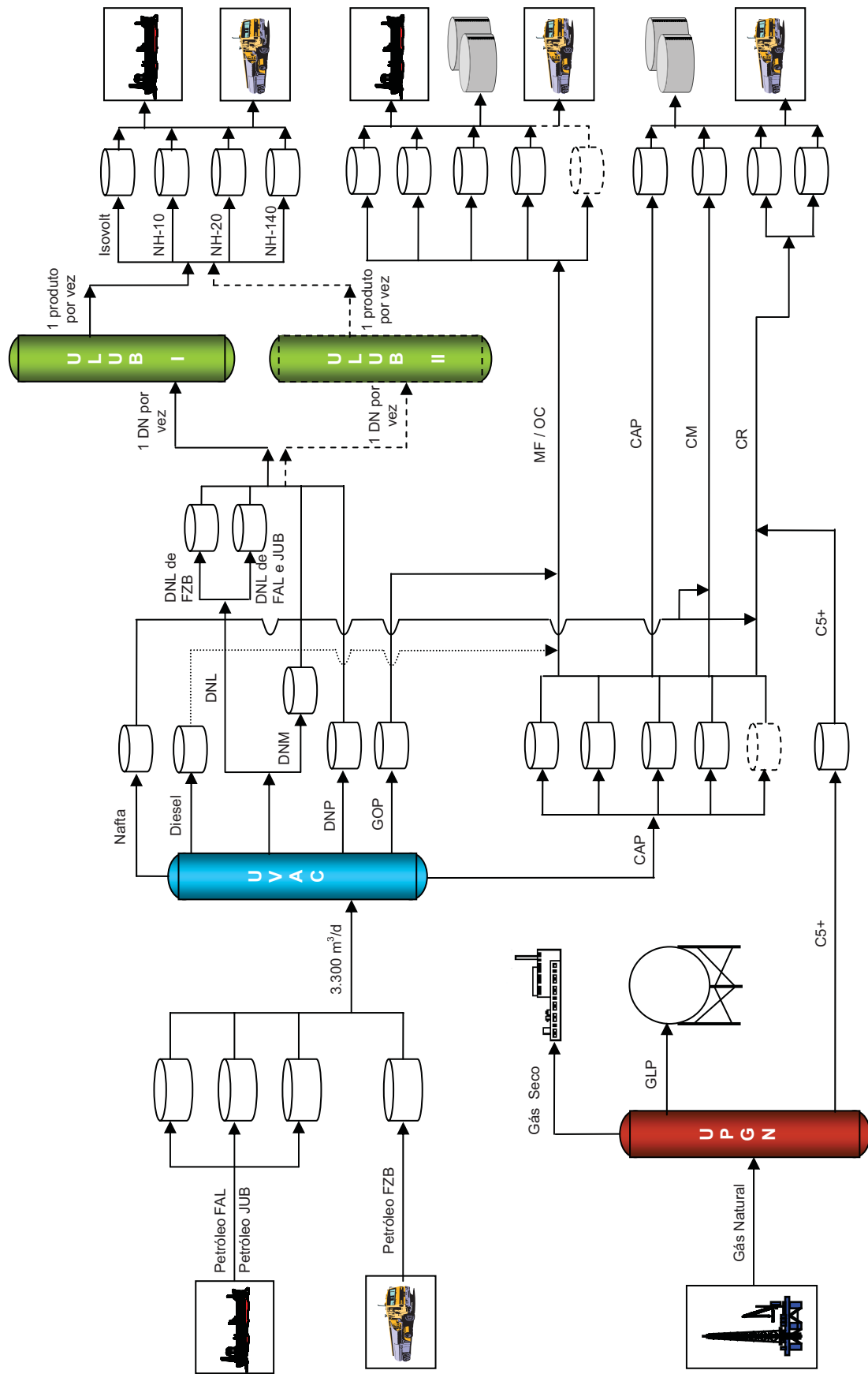


Figura 31 – Fluxograma de Produção da Lubnor. Fonte: Elaboração do autor.

sazonalidade no mercado de asfaltos está muito bem definido e, com raras exceções, segue o mesmo padrão há mais de 20 anos. Em alguns derivados a tendência de crescimento na demanda é facilmente observada. Aqueles produtos que não possuem um padrão de demanda bem definido podem ter uma previsão de demanda média mensal para o ano.

As previsões de demanda deste estudo são realizadas através da utilização do programa WinQSB, versão 2.0, um *software* de suporte à decisão desenvolvido em 2003 por Chang, Desai e Kratzer e que dispõe de diversos métodos de previsão.

A importância da previsão de demanda e da gestão de estoques para a refinaria está na decisão sobre que níveis de estoques devem ser mantidos para garantir o nível de serviço desejado. O custo dos estoques de petróleo e de seus derivados é bastante relevante, em razão dos altos custos de capital e armazenagem. O petróleo e os derivados escuros ou pesados – asfaltos e óleos combustíveis – são produtos de alta viscosidade e necessitam de aquecimento permanente para que estejam fluidos o suficiente para serem bombeados. O aquecimento é feito através de serpentinas por onde passa vapor d'água, que por sua vez é gerado em caldeiras movidas a gás natural. Os custos de produção do vapor e da manutenção da rede de distribuição desse insumo são muito altos.

A refinaria em estudo não trabalha com um planejamento anual da demanda e um dos objetivos deste trabalho é propor uma forma de calculá-la e acompanhá-la.

O sistema de vendas de asfaltos e lubrificantes da Lubnor não possui carteira de pedidos. No caso dos asfaltos, os produtos são mantidos prontos e aquecidos em seus tanques de armazenamento para entrega. Os clientes enviam, diariamente, suas carretas para serem carregadas na estação de carregamento rodoviário (ECR), localizada dentro do terreno da refinaria. No que se refere aos lubrificantes, a parcela entregue ao mercado local é feita via carregamento rodoviário, da mesma forma que nos asfaltos, ao passo que o maior volume, destinado ao mercado do Sul-Sudeste é transportado em navios até terminais instalados no Rio de Janeiro e em São Paulo, de onde os produtos seguem por carretas até as instalações industriais dos formuladores.

A seguir são calculadas as previsões de demanda para cada derivado da Lubnor.

5.2.1 Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP-50/70)

Conforme dito anteriormente, o mercado de asfaltos possui sazonalidade anual em razão do período de chuvas na área de abrangência de mercado da refinaria, com baixa demanda no primeiro semestre e alta demanda no segundo. Com as chuvas, a base sobre a

qual é aplicado o asfalto fica inadequada para receber o pavimento e, conseqüentemente, a maioria das obras de pavimentação asfáltica são realizadas no segundo semestre de cada ano.

A previsão de demanda é feita através do método de Holt-Winters, disponível no software WinQSB 2.0, que considera os componentes de tendência e sazonalidade.

Os dados históricos das vendas de CAP da refinaria, em m³, no período 2002-2007 estão relacionados no Gráfico 2. A escolha do período de seis anos de dados históricos foi feita para equilibrar anos de demanda mais alta (2002, 2006 e 2007) com os de demanda mais baixa (2003 a 2005). Anos em que há eleições são normalmente de maior demanda. O fato de 2004 ter sido de demanda mais baixa tem causas políticas, embora, nesse caso específico, não tenham sido eleitorais. Em 2002 pode ser observado um comportamento atípico das vendas no período de março a julho.

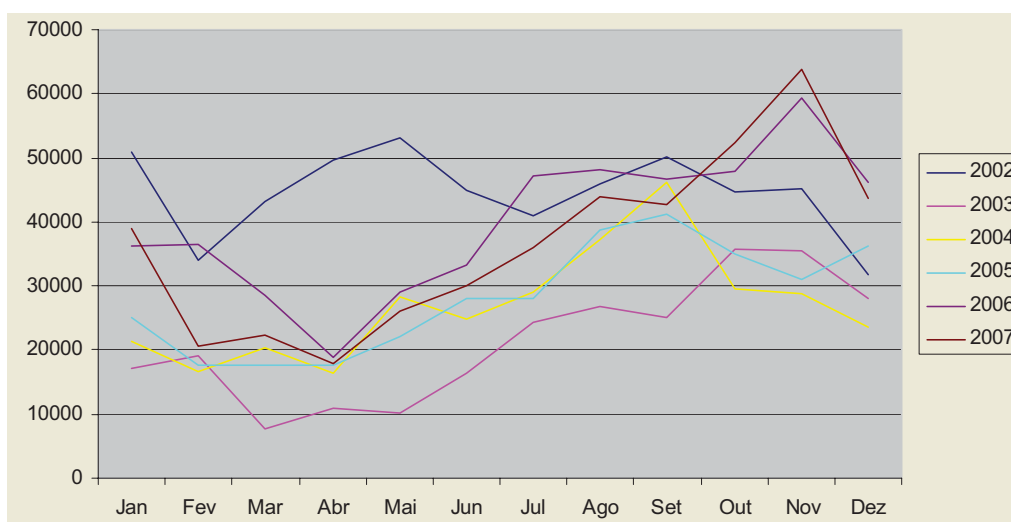


Gráfico 2 - Vendas mensais de CAP-50/70 (2002-2007), em m³. Fonte: Lubnor, 2008.

O lançamento das vendas 2002-2007 no WinQSB, método de Holt-Winters, gera o Gráfico 3, onde a linha em preto representa os valores reais das vendas dos últimos 6 anos e a linha em azul as previsões para os últimos 5 anos e para os 12 meses de 2008. Os valores escolhidos para os coeficientes α , β e γ foram, respectivamente, 0,16, 0,3 e 0,3. Com isso foi dado um peso maior aos dados históricos da demanda e aos dados mais recentes para os componentes de tendência e sazonalidade. Pode ser notada uma correlação entre as curvas. Os valores numéricos previstos para a demanda de CAP em 2008 estão relacionados na Tabela 2, ao final das previsões, na página 165 deste trabalho.

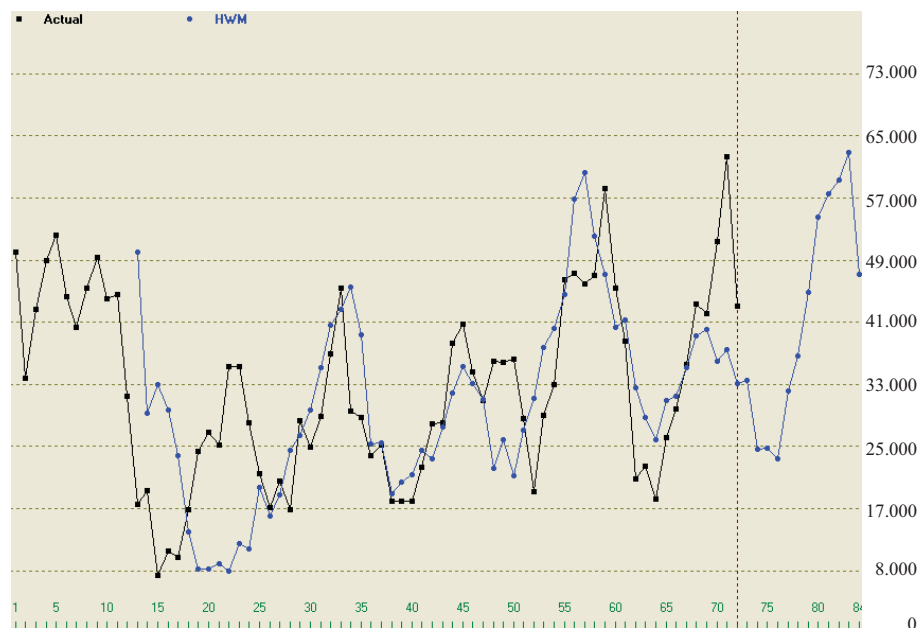


Gráfico 3 - Previsão das vendas de CAP-50/70 para 2008, em m^3 , calculada pelo método de Holt-Winters, com base no histórico de 2002 a 2007.

5.2.2 Asfalto Diluído Cura Média 30 (CM-30)

O CM-30 é normalmente utilizado como impermeabilizante da base do pavimento e ligante entre a base e a camada de CAP ou emulsão feita com CAP. De acordo com *The Shell Bitumen Handbook* (1990, p. 45), emulsões asfálticas são “sistemas bifásicos heterogêneos consistindo de dois líquidos imiscíveis, asfalto e água”. Os dados históricos das vendas de CAP da refinaria, em m^3 , no período 2002-2007 e estão relacionados no Gráfico 4.

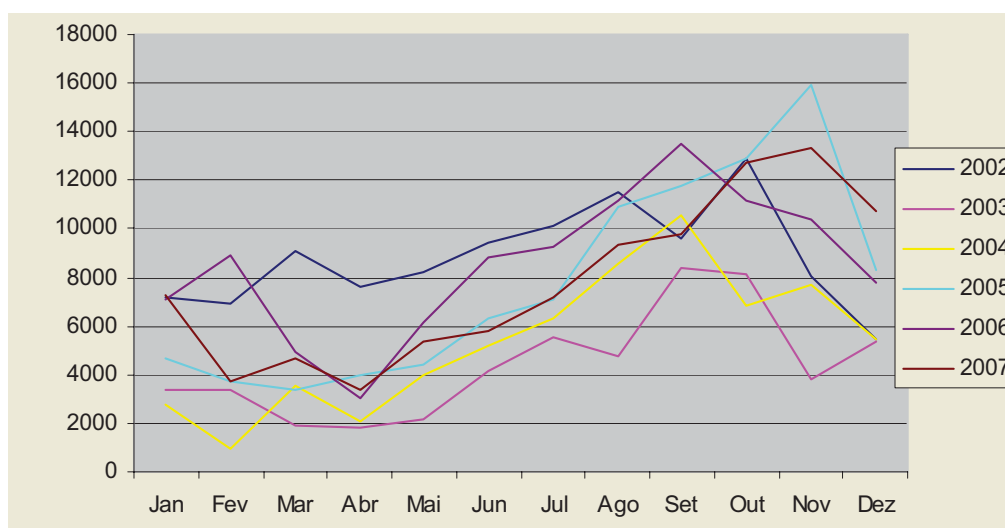


Gráfico 4 - Vendas mensais de CM-30 (2002-2007), em m^3 . Fonte: Lubnor, 2008.

O mercado de CM possui, portanto, a mesma sazonalidade do mercado de CAP. Conseqüentemente, a técnica de previsão escolhida foi, mais uma vez, a de Holt-Winters. O Gráfico 5 apresenta os dados históricos dos últimos 6 anos, em preto, e as previsões nos últimos 5 anos e para os 12 meses de 2008, em azul. Os valores numéricos previstos para a demanda de CM-30 em 2008 estão relacionados na Tabela 2.

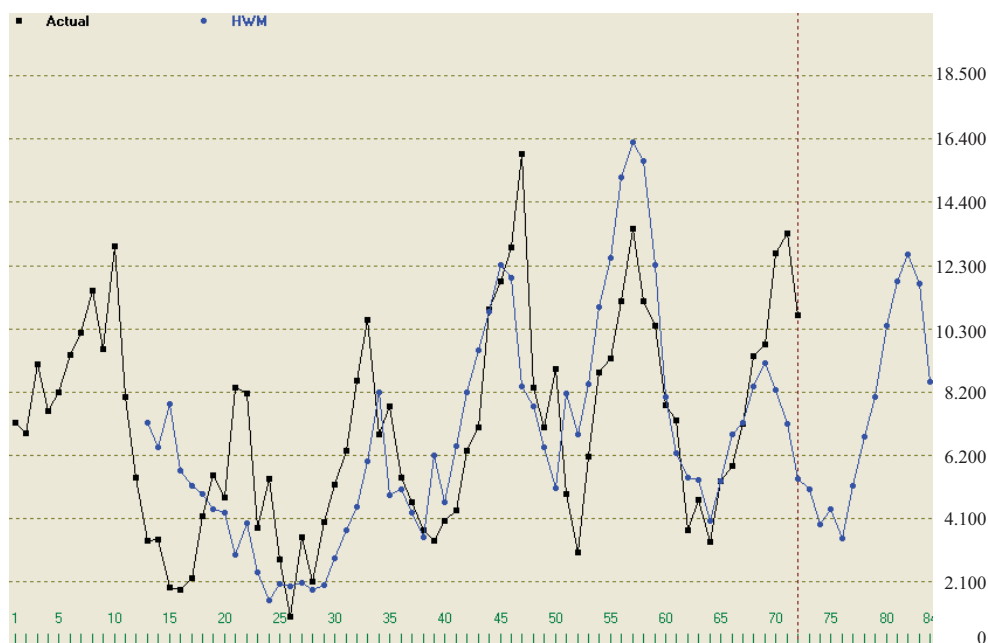


Gráfico 5 - Previsão das vendas de CM-30 para 2008, em m³, calculada pelo método de Holt-Winters, com base no histórico de 2002 a 2007.

5.2.3 Asfalto Diluído Cura Rápida 250 (CR-250)

O CR-250 apresenta comportamento sazonal, mas não o mesmo do CAP-50/70 e do CM-30. Isso se dá pela sua grande utilização nos processos de *tapa-buraco* em pavimentos asfálticos, pois o produto cura rapidamente e permite que a interrupção do tráfego durante o serviço seja feita em um menor espaço de tempo. Como o processo de tapa buracos ocorre mais fortemente após o período chuvoso, a maior venda de CR-250 ocorre em meados do ano. Os dados históricos das vendas de CR, em m³, no período 2002-2006 estão relacionados no Gráfico 6. Não foram considerados os dados de 2007 por ter sido um período de vendas bastante atípicas, o que não deve se repetir em 2008. O método de Holt-Winters mostrou-se adequado para fazer a previsão.

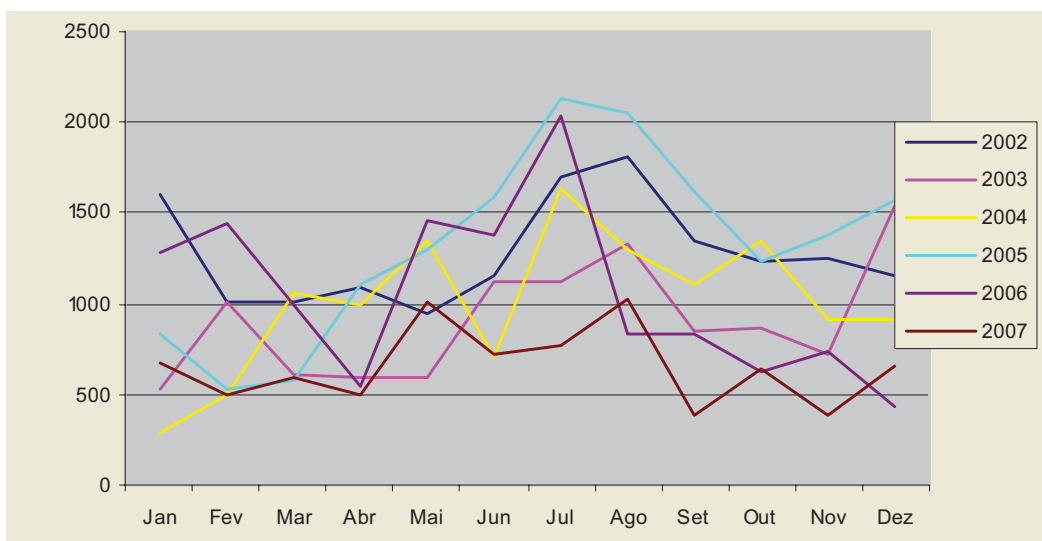


Gráfico 6 - Vendas mensais de CR-250 (2002-2007), em m³. Fonte: Lubnor, 2008.

O gráfico 7 apresenta os dados históricos dos últimos 5 anos, em preto, e as previsões nos últimos 4 anos e para os 12 meses de 2008, em azul.

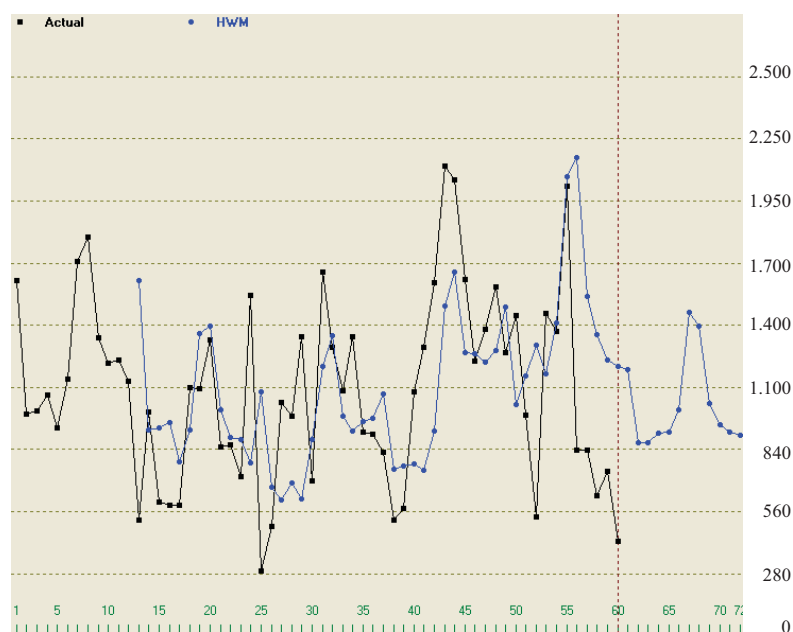


Gráfico 7 - Previsão das vendas de CR-250 para 2008, em m³, calculada pelo método de Holt-Winters, com base no histórico de 2002 a 2007.

Os valores previstos para a demanda de CR-250 em 2008 estão relacionados na Tabela 2.

5.2.4 Marine Fuel 380 (MF-380)

O mercado de MF-380 não possui o componente de sazonalidade. Por tratar-se de um combustível para navios, há demanda pelo produto o ano todo. Entretanto, as vendas são bastante irregulares em decorrência da disponibilidade dos componentes que formam o MF-380: CAP-50/70, que representa 32% em volume e diluente, normalmente o GOP, com 68% em volume. A produção de GOP da refinaria é insuficiente para produzir todo o MF demandado. Ao mesmo tempo, a demanda pelo CAP pode ser forte o bastante para que não haja produto disponível para fazer MF. A falta de um desses componentes significa falta de MF. É comum haver demanda reprimida por falta do produto. Dessa forma, os dados históricos não são representativos para alimentarem um sistema previsão de vendas a partir da análise de séries temporais. O Gráfico 8 mostra o histórico de vendas, em m³, entre 2002 e 2007. Nele observa-se que em julho, agosto e setembro de 2004 e em setembro de 2006, não houve venda do produto e que em março de 2004 e 2005, outubro de 2002 e 2003 e novembro de 2007 elas foram próximas de zero. Apesar dessas considerações, o gráfico indica que, na média, o volume de vendas entre maio e novembro é cerca do dobro do ocorrido nos períodos de janeiro a abril e novembro a dezembro, embora não haja padrão sazonal bem definido. Maio a outubro corresponde a 2/3 da demanda, enquanto os outros meses correspondem ao terço restante. Os dados históricos das vendas de MF-380 disponíveis, a demanda de asfaltos e o conhecimento do mercado do pessoal da Lubnor permitem uma previsão anual de mercado para o MF-380 de 110.000 m³ em 2008. Pode ser estabelecida, portanto, sem prejuízo aos objetivos deste trabalho, uma demanda de:

- a) $110.000 \cdot (1/3) / 6 = 6.111 \text{ m}^3 / \text{mês}$, para os períodos jan-abr e nov-dez;
- b) $110.000 \cdot (2/3) / 6 = 12.222 \text{ m}^3 / \text{mês}$, para o período de maio a outubro.

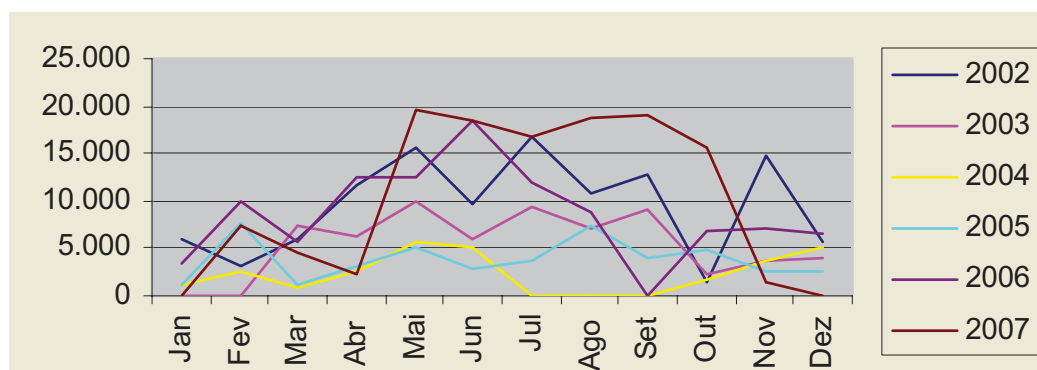


Gráfico 8 - Vendas de MF-380 (2002-2007), em m³. Fonte: Lubnor, 2008.

5.2.5 Marine Fuel 180 (MF-180)

A abordagem para o MF-180 é semelhante à do MF-380, com um agravante: o consumo de diluente é de 79% em volume, 16% a mais do que no MF-380. Como a produção de GOP da refinaria é insuficiente para o atendimento da demanda, a produção de MF-180 é ainda mais restritiva que a de MF-380. A falta de diluente e o aquecimento no mercado de CAP podem determinar a falta de MF. O Gráfico 9 mostra que, com exceção de 2002 e 2005, houve falta do produto em vários meses dos demais anos. Em 2004, só houve produto disponível no último trimestre. Não há, portanto, um padrão definido para as vendas. Os dados históricos, da mesma forma que ocorre com o MF-380, não são representativos para alimentar um sistema de previsão de demanda de forma a trazer um resultado confiável. Mais uma vez vale o conhecimento do mercado pelo pessoal da refinaria, que prevêem uma venda anual do produto em torno de 55.000 m³, metade do previsto para o MF-380. Por não haver sazonalidade nem padrão definido, as vendas podem ser distribuídas igualmente durante o ano. O volume mensal previsto será de $55.000/12 = 4.583 \text{ m}^3$.

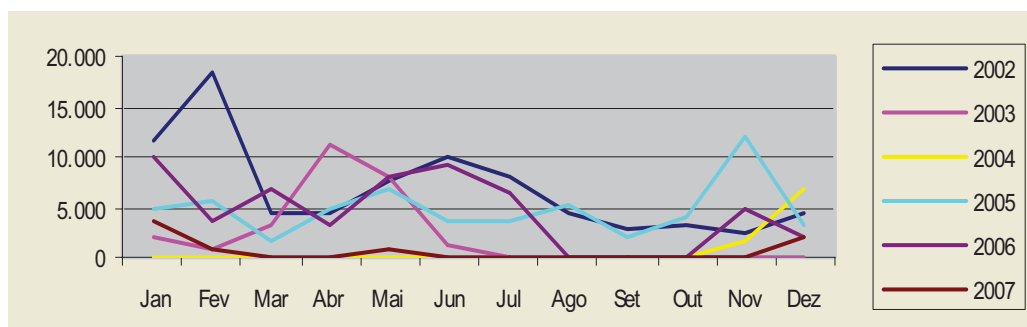


Gráfico 9 - Vendas de MF-180 (2002-2007), em m³. Fonte: Lubnor, 2008.

5.2.6 Óleo Amaciante de Fibras (OAF)

O mercado de OAF não apresenta sazonalidade, mas o Gráfico 10 mostra uma tendência de crescimento ano a ano. Por essa razão, o método de previsão escolhido foi o de Holt-Winters com fatores $\alpha = 0,1$, para dar maior peso à série histórica, $\beta = 0,25$ e $\gamma = 0,25$, para dar maior peso às taxas mais recentes da tendência de crescimento. O Gráfico 11 apresenta os dados históricos dos últimos 6 anos, em preto, e as previsões nos últimos 5 anos e para os 12 meses de 2008, em azul. Os valores previstos para a demanda de OAF em 2008 estão relacionados na Tabela 2.

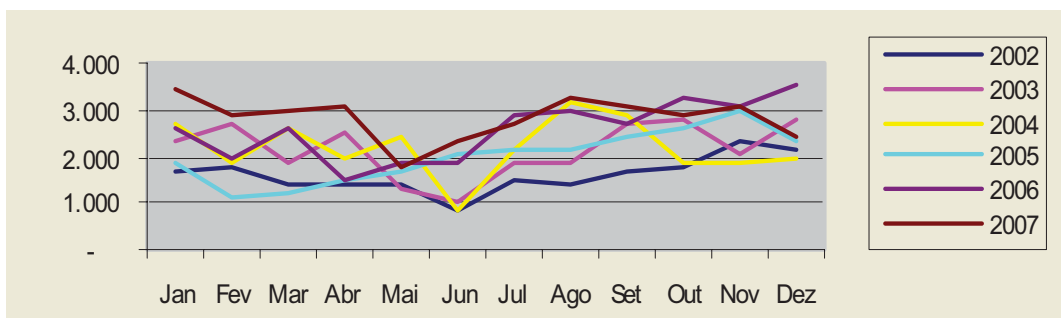


Gráfico 10 - Vendas de OAF (2002-2007), em m³. Fonte: Lubnor, 2008.

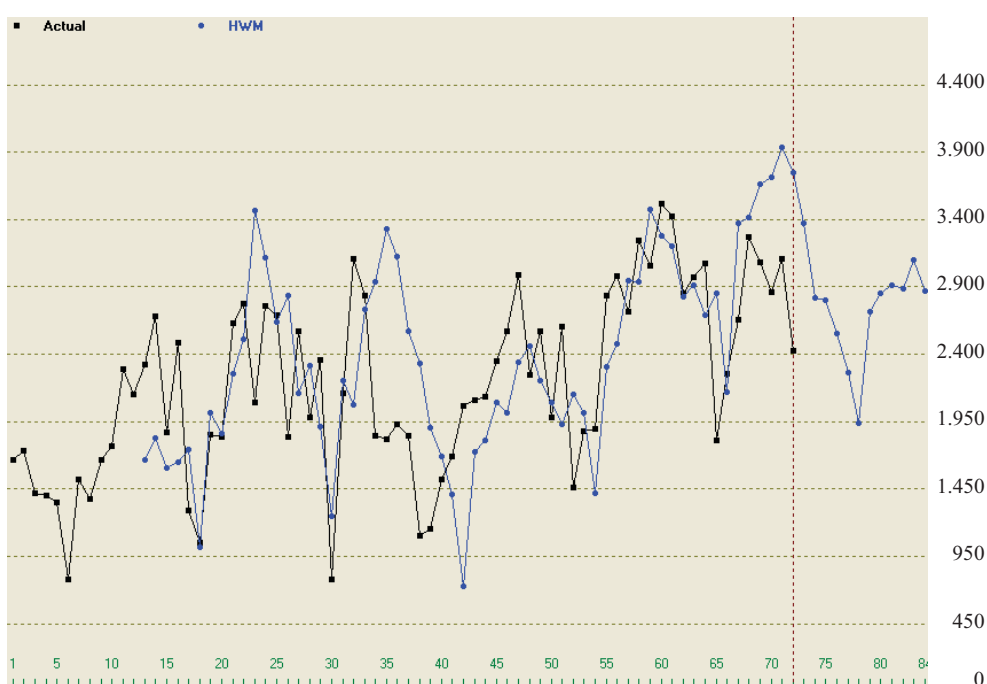


Gráfico 11 - Previsão das vendas de OAF para 2008, em m³, calculada pelo método de Holt-Winters, com base no histórico de 2002 a 2007.

5.2.7 Óleo Combustível B1 (OC-B1)

O óleo combustível B1 tem sido deslocado do mercado pelo gás natural. O consumo de OC-B1 se reduz hoje a poucos e pequenos consumidores, com uma demanda relativamente constante, sem tendências ou sazonalidade. Não se faz necessária, portanto, a utilização de uma técnica para previsão da demanda em 2008. Estabelecer um valor médio mensal de vendas em 1.080 m³ é bastante representativo da realidade esperada.

5.2.8 Lubrificantes e Óleo Isolante

Os mercados desses produtos não são sazonais nem apresentaram tendências consistentes de alta ou baixa nos últimos anos. A estratégia de preços da Petrobras é um importante componente na variação das vendas. Apenas o NH-10 tem apresentado um comportamento cíclico e, por essa razão, apenas para esse produto será utilizado o método de Holt-Winters. Para os demais produtos será utilizada a técnica de suavização exponencial para previsão de um valor médio a ser adotado para todo o ano. Essa técnica é indicada para previsões de curto prazo. Entretanto, como o que se deseja é obter um valor médio para o ano todo, ela revelou-se a mais adequada, após a realização de testes com as várias técnicas de previsão.

5.2.8.1 Naftênico Hidrogenado 10 (NH-10)

O Gráfico 12 mostra as vendas do produto entre 2002 e 2007. A demanda apresenta uma sazonalidade relativamente bem definida, com exceção do ano de 2006, onde há uma alta nas vendas em meados do ano, contra uma baixa existente nos demais anos. Há também uma tendência de crescimento após a atípica curva do ano de 2002, quando as vendas foram bastante altas. O uso do método de Holt-Winters apresenta uma previsão condizente com o histórico de vendas. Os fatores utilizados foram $\alpha = 0,25$, $\beta = 0,25$ e $\gamma = 0,20$, para dar maior peso ao histórico e componentes de sazonalidade e tendência mais recentes, reduzindo a influência da alta de 2002.

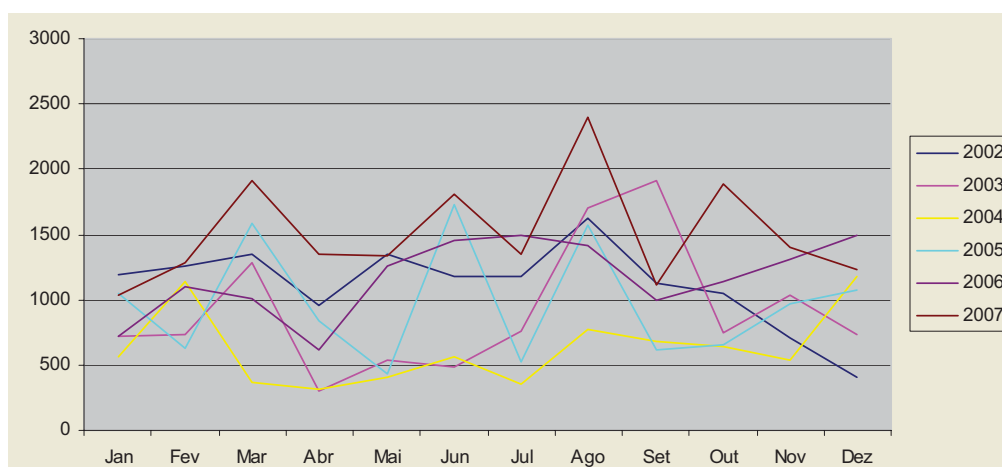


Gráfico 12 - Vendas mensais de NH-10 (2002-2007), em m³. Fonte: Lubnor, 2008.

O Gráfico 13 apresenta os dados históricos dos últimos 6 anos, em preto, e as previsões nos últimos 5 anos e para os 12 meses de 2008, em azul. Os valores previstos para a demanda de NH-10 em 2008 estão relacionados na Tabela 2.

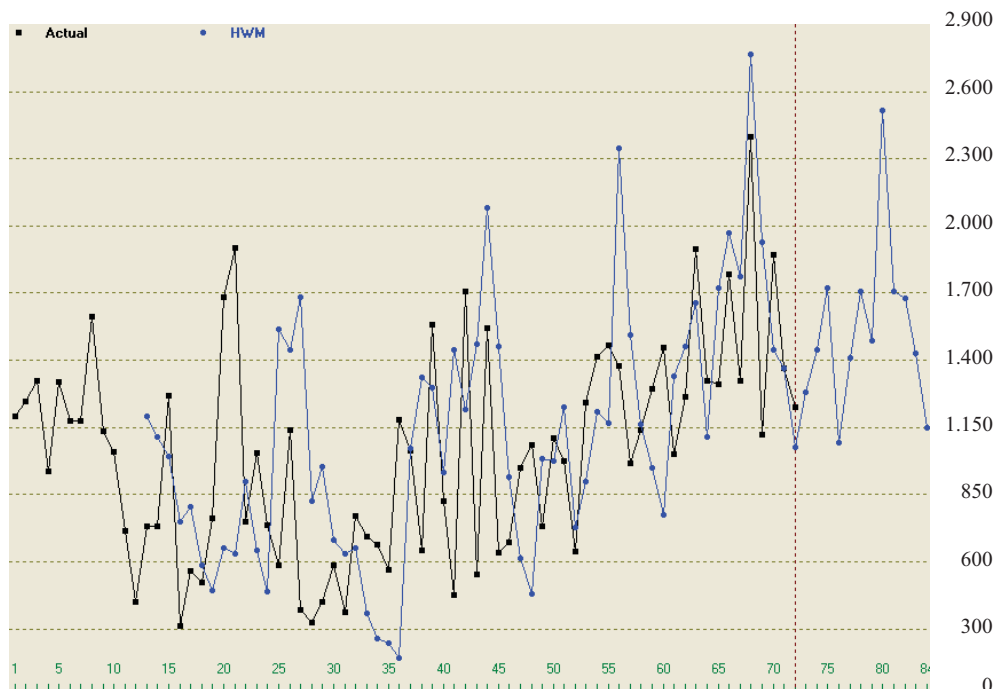


Gráfico 13 - Previsão das vendas de NH-10 para 2008, em m³, calculada pelo método de Holt-Winters, com base no histórico de 2002 a 2007.

5.2.8.2 Naftênico Hidrogenado 20 (NH-20)

O gráfico 14 mostra as vendas do produto entre 2002 e 2007, onde pode ser visto que não há uma definição no padrão de vendas nem nos componentes de tendência e sazonalidade. Por essa razão opta-se pela previsão para os próximos 12 meses através do método de suavização exponencial, para definir um valor médio a ser utilizado por todo o ano. Os fatores utilizados foram $\alpha = 0,25$, para dar peso aos dados de vendas mais recentes e $\beta = 0,05$ para dar maior peso à série histórica já que não há uma definição de sazonalidade.

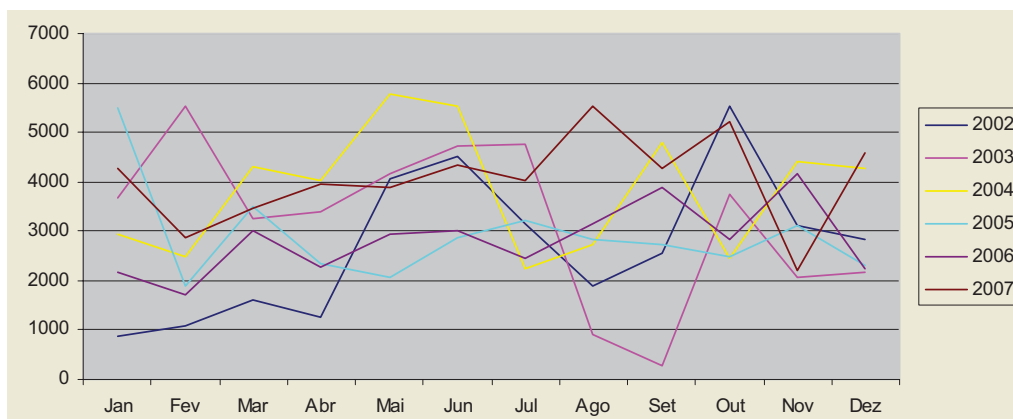


Gráfico 14 - Vendas mensais de NH-20 (2002-2007), em m³. Fonte: Lubnor, 2008.

O gráfico 15 apresenta os dados históricos dos últimos 6 anos, em preto, e as previsões suavizadas nos últimos 5 anos e para os 12 meses de 2008, em azul. O valor médio mensal previsto é de 3.947 m³.

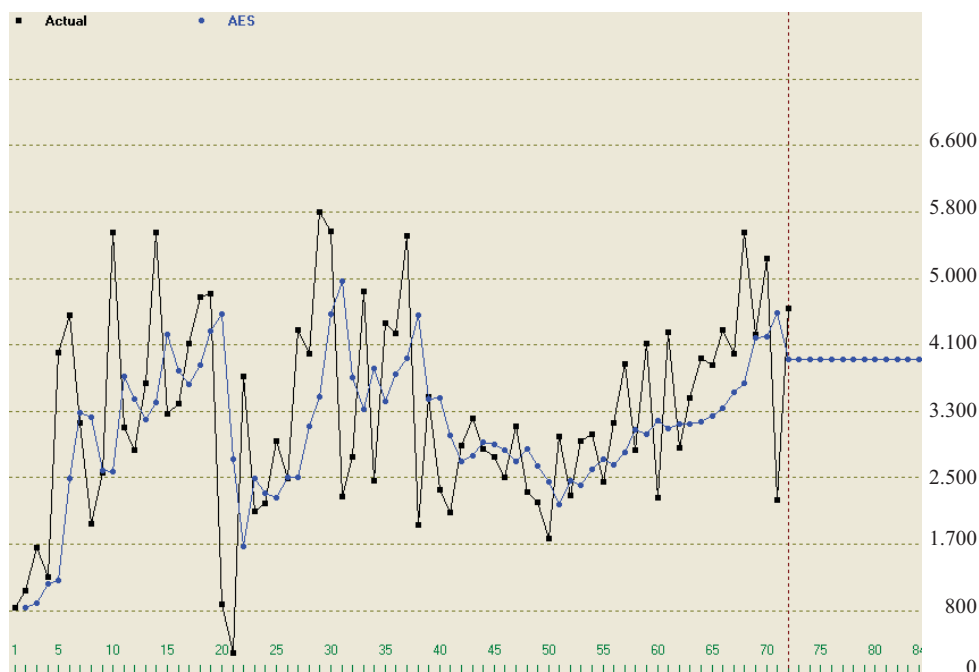


Gráfico 15 - Previsão da venda mensal média de NH-20 para 2008, em m³, calculada pelo método de suavização exponencial, com base no histórico de 2002 a 2007.

5.2.8.3 Naftênico Hidrogenado 140 (NH-140)

O Gráfico 16 mostra as vendas do produto entre 2002 e 2007, onde, da mesma forma que no NH-20, pode ser verificado que não há uma definição no padrão de vendas nem nos componentes de tendência e sazonalidade. Com exceção de três picos ocorridos, os volumes não variam tanto em torno de um valor central. Portanto, opta-se novamente pela técnica de suavização exponencial, para definir um valor médio a ser utilizado por todo o ano. Os fatores utilizados foram os mesmos adotados para o NH-20: $\alpha = 0,25$, para dar peso aos dados de vendas mais recentes e $\beta = 0,05$ para dar maior peso à série histórica e reduzir a influência dos picos ocorridos em 2006 e 2007.

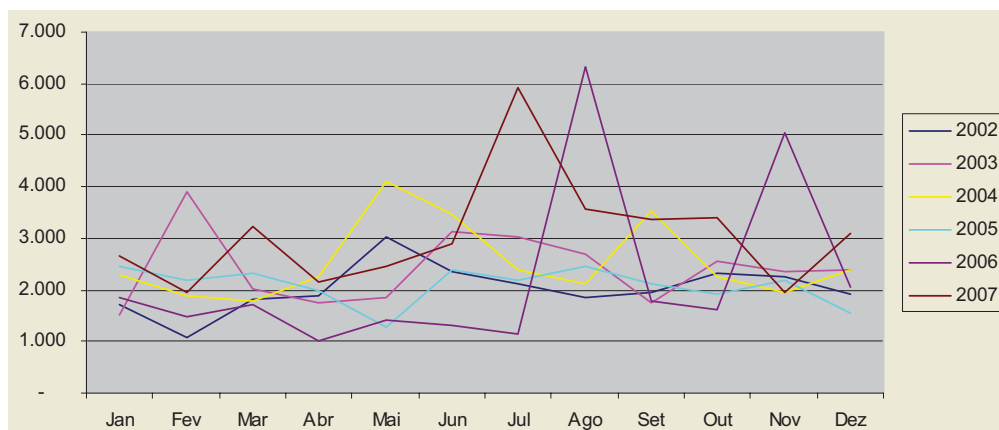


Gráfico 16 - Vendas mensais de NH-140 (2002-2007), em m³. Fonte: Lubnor, 2008.

O gráfico 17 apresenta os dados históricos dos últimos 6 anos, em preto, e as previsões suavizadas nos últimos 5 anos e para os 12 meses de 2008, em azul. O valor médio mensal previsto é de 8.342 m³.

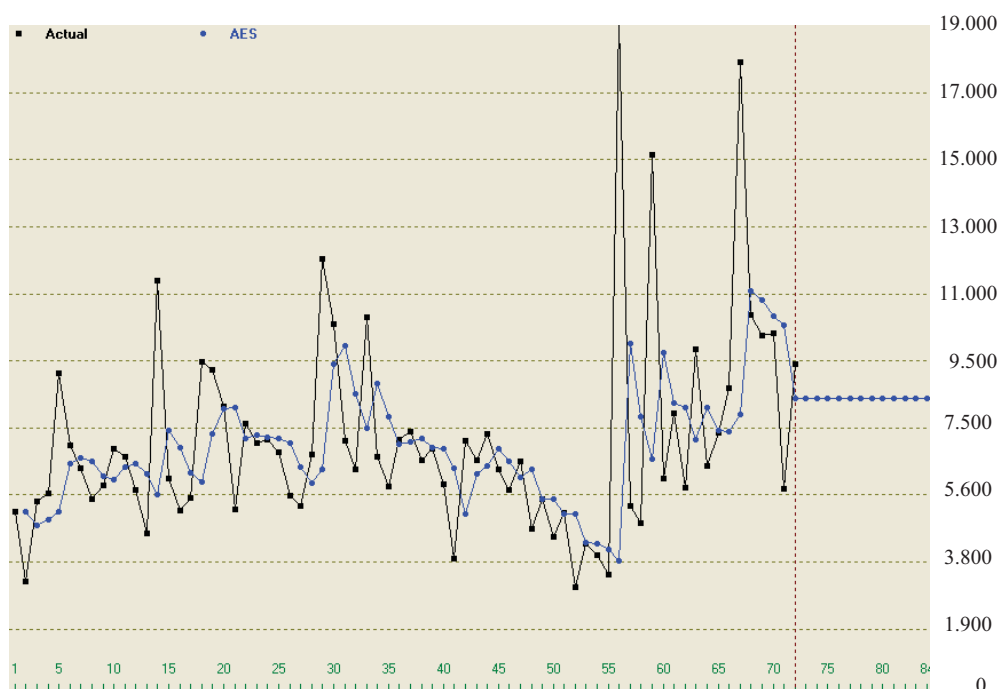


Gráfico 17 - Previsão da venda mensal média de NH-140 para 2008, em m³, calculada pelo método de suavização exponencial, com base no histórico de 2002 a 2007.

5.2.8.4 Óleo Isolante (Isovolt)

O gráfico 18 mostra as vendas do produto entre 2002 e 2007. Os muitos picos e vales em pontos diferenciados mostram não haver um padrão de demanda nem componentes de tendência e sazonalidade. Não há como projetar um padrão de vendas. É possível,

entretanto, partir para um valor médio representativo das vendas mensais em 2008, o que não traz prejuízo à proposta deste trabalho. Com esse fim, foi escolhida a técnica de suavização exponencial. Os fatores utilizados foram $\alpha = 0,235$ e $\beta = 0,255$, para que a previsão produzisse um número condizente com o histórico de vendas.

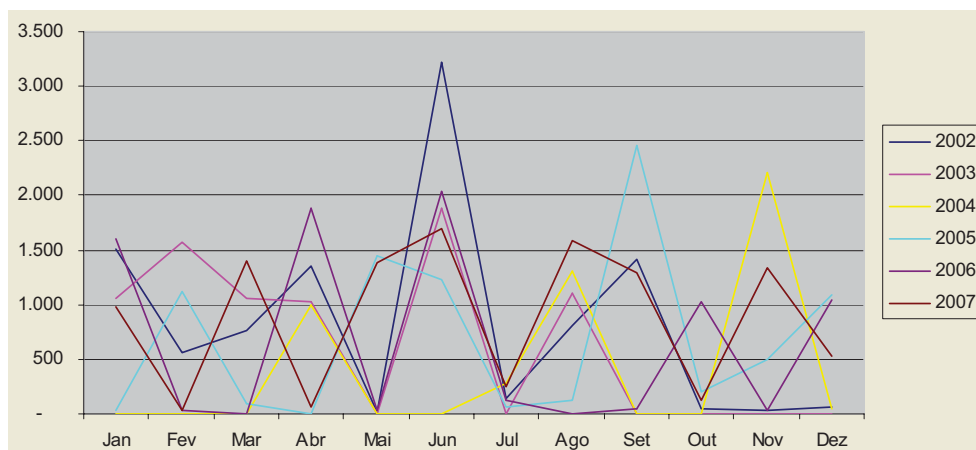


Gráfico 18 - Vendas mensais de Isovolt (2002-2007), em m^3 . Fonte: Lubnor, 2008.

O gráfico 19 apresenta os dados históricos dos últimos 6 anos, em preto, e as previsões suavizadas nos últimos 5 anos e para os 12 meses de 2008, em azul. O valor médio mensal previsto é de $2.500 m^3$.

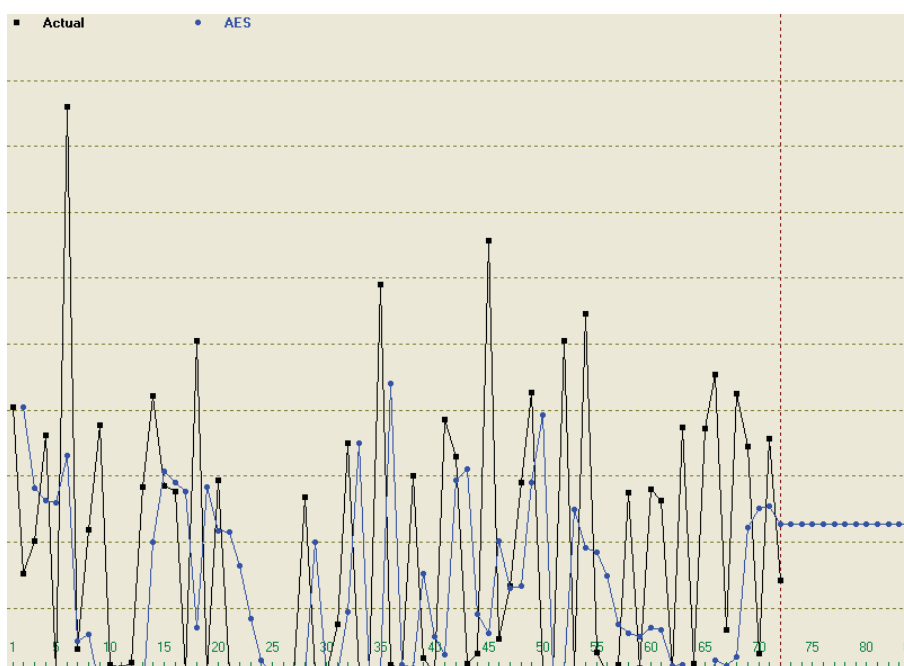


Gráfico 19 - Previsão da venda mensal média de Isovolt para 2008, em m^3 , calculada pelo método de suavização exponencial, com base no histórico de 2002 a 2007.

5.2.9 Óleo Diesel

O volume de diesel produzido pela refinaria é muito pequeno em relação ao mercado local e, portanto, não faz sentido fazer previsão de demanda, já que ela é muitas vezes maior que a produção. Todo o diesel produzido é adicionado ao diesel recebido de outras refinarias e vendido às companhias distribuidoras locais.

A Tabela 2 resume as previsões de demanda mensais dos produtos acabados da Lubnor, em m³, realizadas para o ano de 2008. Nela não está considerado o diesel, pelos motivos explicados anteriormente.

Tabela 2 - Previsão de mercado dos produtos acabados da refinaria para 2008, em m³ a 20°C.

Prod. \ Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
CAP	33.044	24.098	24.182	22.779	31.647	36.200	44.540	54.473	57.554	59.265	62.894	46.969
CM	5.057	3.911	4.412	3.476	5.186	6.759	8.040	10.363	11.787	12.693	11.740	8.546
CR	1.202	872	871	914	922	1.022	1.463	1.400	1.051	953	922	905
OAF	3.378	2.837	2.819	2.576	2.298	1.931	2.738	2.867	2.928	2.901	3.106	2.890
OCB1	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080
MF180	4.583	4.583	4.583	4.583	4.583	4.583	4.583	4.583	4.583	4.583	4.583	4.583
MF380	6.111	6.111	6.111	6.111	12.222	12.222	12.222	12.222	12.222	12.222	6.111	6.111
NH10	1.298	1.478	1.745	1.083	1.443	1.729	1.518	2.505	1.728	1.697	1.463	1.146
NH20	3.947	3.947	3.947	3.947	3.947	3.947	3.947	3.947	3.947	3.947	3.947	3.947
NH140	8.342	8.342	8.342	8.342	8.342	8.342	8.342	8.342	8.342	8.342	8.342	8.342

Fonte: Elaborada pelo autor, com base em dados de vendas pretéritas da Lubnor.

5.3 Elaboração do Sistema de Apoio à Decisão

5.3.1 Considerações Iniciais

Neste trabalho é proposto um sistema de apoio à decisão (SAD) baseado nos volumes dos produtos da UVAC, uma vez que todos os produtos acabados passam primeiro pelo processo de destilação, exceto o C₅+ produzido na UPGN, que entra apenas na formulação do CR-250. O SAD deverá apontar, dentre os petróleos disponíveis para a refinaria, quais deles devem ser refinados e em que momento.

A política de estoques da refinaria em estudo é fortemente influenciada pelo nível de serviço na entrega de asfaltos e pela produção de lubrificantes. Como única fornecedora de asfaltos para a região compreendida entre parte do estado de Pernambuco até o Amapá,

passando inclusive pelo Tocantins, a Lubnor precisa atender a demanda pelos produtos com um nível de serviço de 100% no *lead time* desejado pelo cliente, também conhecido como “tempo do cliente”. Mesmo que a refinaria optasse por reduzir esse nível, haveria uma pressão política muito forte para que ela voltasse atrás. Ressalto que isso não se trata de uma opinião, mas de uma constatação. Por outro lado, quando as duas unidades de lubrificantes estiverem operando, a unidade terá que trabalhar sempre com carga máxima para produzir a quantidade necessária de destilados naftênicos para operação daquelas plantas a plena carga. Para atingir esse nível de serviço, a refinaria tem que adotar a estratégia de formar e manter estoques de antecipação (*make-to-stock*). Essa política de inventário permite um desacoplamento da produção com a demanda por uma falha no processo produtivo, equilíbrio entre demanda e entrega de matéria-prima e insumos, além da formação de um estoque de segurança que elimine incertezas. O perfil dos estoques de asfaltos da Lubnor constitui-se numa curva ascendente no primeiro semestre do ano e descendente no segundo, como mostrado na Figura 32. Não há preocupação quanto à deterioração dos estoques.

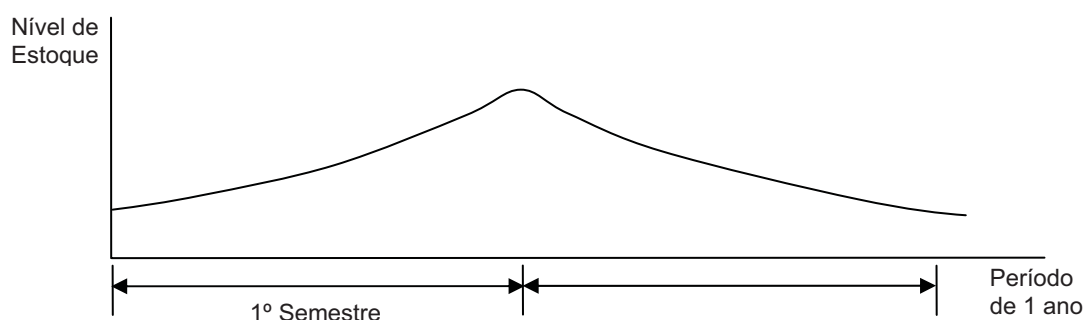


Figura 32 - Perfil de estoque de asfalto da Lubnor. Fonte: Elaboração do autor.

Estoques altos representam custos, principalmente custos de capital e armazenagem, mas evitam custos de falta de estoque (*stockout*). Entretanto, a falta de carga para as unidades de lubrificantes, produtos de alto valor agregado, gera custos ainda maiores. Neste trabalho não será feita a comparação desses custos. Essa informação trata-se de uma premissa para a elaboração do SAD aqui proposto.

A proposta do SAD é definir que petróleo processar, quando processar, em qual campanha, fazendo a gestão dos estoques e buscando o nível de serviço de 100%.

5.3.2 O Sistema de Apoio à Decisão para a refinaria

Partindo da previsão de demanda, os números da Tabela 2 mostram as previsões de demanda dos derivados acabados, em m³ a 20°C. Com exceção do CAP e do diesel, todos os demais produtos acabados são formados a partir do processamento de destilados naftênicos (DNs) na ULUB ou de mistura de CAP com um ou mais produtos intermediários ou de mistura de DNs, como é o caso do OAF. A constituição, em volume, dos produtos acabados em função de seus componentes pode ser vista na Tabela 3.

Tabela 3: Composição dos derivados acabados, em volume, formados a partir de misturas de produtos intermediários.

PRODUTO ACABADO	COMPONENTE (% vol)							TOTAL (% vol)
	CAP	NAFTA	C5+	GOP	DNL	DNM	DNP	
CM-30	52	48						100
CR-250	75	9	16					100
OC-B1	47			53				100
MF-180	21			79				100
MF-380	32			68				100
OAF					39		61	100
ISOVOLT					100			100
NH10					100			100
NH20						100		100
NH140							100	100

Fonte: Lubnor: 2008.

As previsões podem ser então transformadas nos volumes dos componentes de cada produto. A demanda mensal de 4.583 m³ de MF-180, por exemplo, significa:

$$0,21 \times 4.583 = 962,43 \text{ m}^3 \text{ de CAP}$$

$$0,79 \times 4.583 = 3.620,57 \text{ m}^3 \text{ de GOP}$$

A Tabela 4 mostra as previsões em função dos produtos da UVAC. É importante destacar que a previsão para o CAP é formada pela soma da previsão de demanda do próprio CAP acabado com as parcelas de CAP nas previsões dos produtos acabados em que ele entra como componente.

Tabela 4 - Previsão de mercado dos produtos acabados da refinaria para 2008, em m³ a 20°C, em função de seus componentes.

Mês Prod.	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
NF	2.536	1.956	2.196	1.751	2.572	3.336	3.991	5.100	5.752	6.178	5.718	4.184
DNL	5.115	5.084	5.344	4.588	4.839	4.982	5.086	6.123	5.370	5.328	5.174	4.773
DNM	3.947	3.947	3.947	3.947	3.947	3.947	3.947	3.947	3.947	3.947	3.947	3.947
DNP	10.403	10.073	10.062	9.913	9.744	9.520	10.012	10.091	10.128	10.112	10.237	10.105
GOP	8.348	8.348	8.348	8.348	12.504	12.504	12.504	12.504	12.504	12.504	8.348	8.348
CAP	40.001	30.211	30.555	28.698	40.416	45.862	55.199	66.293	69.853	71.961	73.116	55.517
C5+	192	140	139	146	148	164	234	224	168	152	148	145

Fonte: Elaborada pelo autor, com base em dados de vendas pretéritas da Lubnor.

A unidade m³ a 20°C é utilizada por ser a unidade volumétrica de referência para hidrocarbonetos adotada no Brasil. No caso específico da refinaria em estudo, as temperaturas de entrega e estocagem dos componentes variam desde a temperatura ambiente, como é o caso da nafta e do GOP, até 145°C, para o CAP. O petróleo é armazenado a 60°C e aquecido a 72°C antes de ser enviado para a UVAC. Para a realização de cálculos volumétricos envolvendo os petróleos e seus derivados, é necessário uma temperatura única de referência, já que o volume de um líquido varia com a temperatura. O faturamento dos produtos escuros da refinaria são feitos em toneladas e o dos produtos leves, em m³ a 20°C. A transformação do volume em que o produto se encontra para o volume a 20°C é realizado através da multiplicação do primeiro por um fator de correção de volume, obtido no Banco de Dados de Estocagem, Movimentação e Qualidade (BDEMQ) da Petrobras que, como o próprio nome diz, constitui-se num programa computacional para cadastramento, controle e armazenagem das informações relativas às operações e à qualidade das movimentações com petróleo e seus derivados. Os dados de entrada para a correção do volume para a temperatura de 20°C são a densidade do produto a 20°C/4°C e a temperatura em que ele se encontra. A transformação das quantidades em toneladas para m³ a 20°C é feita dividindo-se essa quantidade pela densidade do produto a 20°C/4°C.

A densidade a 20°C/4°C é adimensional e expressa a relação entre a massa específica do produto a 20°C e a massa específica da água a 4°C. A notação matemática para essa densidade é: $\rho_{20^{\circ}\text{C}/4^{\circ}\text{C}}$.

Concluída a previsão de demanda, inicia-se a seguir a elaboração do SAD, que parte das seguintes premissas básicas:

- a) para a Petrobras como um todo, o melhor local para ser refinado o petróleo Fazenda Belém é a Lubnor, pelas seguintes razões:
 - proximidade do campo produtor, o que viabiliza o transporte por carretas;

- característica de ser um óleo pesado naftênico, o único tipo de petróleo que produz os óleos lubrificantes básicos naftênicos processados na Lubnor;
 - caso não fosse processado em Fortaleza, esse petróleo seria misturado a outras correntes produzidas nos campos de terra do Rio Grande do Norte tornando a mistura mais pesada. Essa mistura é enviada para processamento em outras refinarias da Petrobras, onde são refinados petróleos mais leves;
- b) os produtos da ULUB são os de maior valor agregado entre todos os produzidos pela refinaria. O preço unitário médio desses produtos, em números de abril de 2008, ponderado pelos respectivos volumes de vendas em 2007, é 113% superior ao preço do CAP 50-70 na mesma base, o que significa que o preço unitário do CAP equivale a apenas 47% do preço unitário médio dos lubrificantes;
- c) Existe mercado para todos os produtos da ULUB. Por serem os lubrificantes e o Isovolt os produtos de maior valor agregado da refinaria, deve haver uma priorização de investimentos para maximização da produção desses derivados. De fato, segundo o Pacote de Suporte à Decisão - Fase II: Nova Unidade de Produção de Lubrificantes Naftênicos da Lubnor (PSD-Fase II), a Lubnor atende hoje cerca de metade do mercado nacional. A unidade está sendo duplicada e toda a produção poderá ser vendida no mercado interno, embora seja esperado que inicialmente haja uma inércia a ser vencida até a conquista do mercado da concorrência. Mesmo que não fosse possível vender toda a produção para o mercado interno, o mercado externo absorveria o excedente. Além do aumento na tancagem que virá com a nova ULUB, a refinaria dispõe ainda de tancagem alugada em terminais das regiões Sul e Sudeste, onde estão os maiores clientes dos lubrificantes da refinaria. Se houver problema de espaço para estocagem na refinaria, os produtos podem ser transferidos para a tancagem alugada;
- d) a Tabela 1 fornece os elementos necessários para o cálculo dos rendimentos da produção de destilados naftênicos (DNs), no processamento dos diferentes tipos de petróleo, conforme segue:

Petróleo Fazenda Belém:

- Campanha DNL/DNP: $\%DNs = 0,113 + 0,232 = 34,5\%$ da carga
- Campanha DNM/DNP: $\%DNs = 0,07 + 0,157 = 22,7\%$ da carga

Petróleo Fazenda Alegre:

- Campanha DNL/DNP: $\%DNs = 0,107 + 0,177 = 28,4\%$ da carga
- Campanha DNM/DNP: $\%DNs = 0,098 + 0,167 = 26,5\%$ da carga

e) do item anterior conclui-se que, para o petróleo Fazenda Belém, o rendimento da produção de destilados naftênicos (DNs) é 52% superior na campanha DNL/DNP em relação à campanha DNM/DNP. No caso do Fazenda Alegre, esse ganho é de 7%. Isso significa que é economicamente melhor produzir sempre em campanhas de DNL/DNP. Entretanto, não é interessante deixar de ofertar o NH-20 ao mercado, pois a concorrência oferece todos os produtos e há clientes que adquirem o NH-20 junto com o NH-140. O SAD deverá priorizar, portanto, as campanhas de DNL/DNP, mas também garantir as campanhas de DNM/DNP necessárias ao atendimento do mercado;

f) o petróleo Jubarte ainda não foi testado na campanha DNL/DNP e, portanto, o SAD considera apenas a campanha DNM/DNP para esse petróleo;

g) o mercado de derivados de petróleo no País é livre e a fatia de mercado (*market share*) da Petrobras no segmento de óleos básicos naftênicos é hoje de cerca de 50%. A outra metade é atendida basicamente pela Nynas;

h) os produtos ditos “pesados” ou “escuros” precisam ser armazenados aquecidos, o que é feito com a utilização de vapor d’água, produzido em caldeiras, a partir da queima de gás natural. Esse processo possui um alto custo, tanto pelo valor do gás natural, que tem tido altos reajustes em seu preço, como pelo custo de manutenção das instalações, tubulações e equipamentos.

i) embora a unidade padrão de referência para as quantidades seja m^3 a $20^\circ C$, a capacidade de armazenamento de petróleo e derivados não varia com a temperatura e, portanto, é expressa em m^3 ;

j) deve ser buscada a operação das unidades de processo com plena capacidade durante todo o ano, pois o custo de uma unidade parada é maior que o custo de estoques excedentes;

k) não são consideradas as perdas do processo produtivo, por serem muito pequenas – da ordem de 1% – e serem as mesmas para qualquer dos três petróleos processados.

O SAD aqui apresentado considera, ainda, as seguintes restrições:

- a) entre os três petróleos disponíveis para uso como matéria-prima, a produção dos campos de Fazenda Alegre e Jubarte superam a capacidade diária de processamento da refinaria. Já a produção do campo de Fazenda Belém é de apenas 25% dessa capacidade;
- b) o processamento dos três petróleos não se dá simultaneamente, o que significa que somente um tipo de petróleo é processado por dia. Conseqüentemente, cada tanque de matéria-prima contém sempre somente um tipo de petróleo;
- c) a troca de carga (petróleo) não é realizada todos os dias. O usual é que cada tipo de petróleo seja processado por pelo menos uma semana, para que não haja problemas de qualidade dos derivados, perda de produção ou falhas operacionais. A melhor abordagem é a dos processamentos percentuais mensais. Como o petróleo Fazenda Belém corresponde a 25% da carga, significa que a cada mês ele será processado por aproximadamente uma semana ($0,25 \times 30 \text{ dias} = 7,5 \text{ dias}$), em dias consecutivos;
- d) a corrente de DNL produzida a partir do petróleo Fazenda Belém é utilizada na ULUB apenas para a produção de NH-10, pois não enquadra o Isovolt dentro das especificações requeridas para o produto. Conseqüentemente, deve ser feito um controle para que não haja um excedente de DNL de FZB. O DNL proveniente dos petróleos FAL e JUB não apresenta essa restrição e pode ser utilizado tanto para a produção de NH-10, como de Isovolt;
- e) a capacidade de armazenagem de petróleo e derivados da refinaria é mostrada na Tabela 5, já considerada a ampliação de capacidade de tancagem da ULUB II. Os volumes se referem à capacidade total para cada item. A tancagem de petróleo, por exemplo, é distribuída entre quatro tanques e a de CAP-50/70, em seis.

O sistema de apoio à decisão foi concebido em planilha do *Microsoft Excel*, atendendo às premissas e restrições anteriores e ao que preceitua a gestão de estoques. O período utilizado para os cálculos foi o mês, pois não ocorrem variações significativas de recebimento ou entrega dentro de um mesmo mês, o que significa que não há variação de tendência ou existência de sazonalidade na demanda nesse intervalo. Entretanto, o sistema pode indicar a necessidade de haver mudança no tipo de petróleo processado dentro de um mês específico.

Tabela 5 - Capacidade de estocagem da refinaria, em m³.

Item	Tancagem (m ³)
Petróleo	126500
CAP-50/70	50000
CM-30	4250
CR-250	1650
MF-180	23000
MF-380	37000
OC-B1	4200
Diesel	38000
Isovolt	10100
NH-10	3800
NH-20	19300
NH-140	35000
OAF	4200
Nafta	5300
DNL FZB	4500
DNL FAL	12000
DNM	12000
DNP	12000
GOP	14150
C5+	5400
Total	422350

Fonte: Lubnor, 2008.

Para que o SAD funcione, é necessário que o suprimento de petróleo por navio seja confiável. Conforme já citado no item 3.1.1 deste trabalho, a disponibilidade de navios e a necessidade de petróleo por outras refinarias influenciam fortemente a entrega do produto para a Lubnor. Por isso, a refinaria recebe cargas diferentes em períodos de tempo diferentes e, em algumas dessas entregas ocorre atrasos, o que obriga a refinaria a reduzir carga para não paralisar a produção. Para solucionar esse problema, propõe-se aqui que a refinaria use o modelo do Lote Econômico de Compra (LEC) ou *Economic Order Quantity* (EOQ), com ajustes. A Companhia possui navios com capacidade para transportar 55.000 m³, que já fazem o percurso entre a região sudeste e o campo petrolífero no litoral de Paracuru-CE. Esses navios vêm buscar a produção de petróleo do campo e levá-la para ser refinado em outra refinaria do País, que não a Lubnor, porque é um óleo do tipo parafínico. Esses navios poderiam trazer o petróleo da Lubnor e levar a produção de Paracuru. Além de garantir o suprimento de matéria-prima à refinaria, esse procedimento otimiza a utilização do transporte marítimo. O modelo aqui proposto para o LEC tem os pedidos de 55.000 m³, correspondente à capacidade do tipo de navio mencionado acima. O estoque de segurança da refinaria já é estabelecido em 23.000 m³ e o *lead time* de pedido proposto é de 15 dias, baseado nas observações realizadas durante este estudo. Como o processamento diário do petróleo via

marítima é de $2.475 \text{ m}^3/\text{dia}$, o ciclo de desempenho do inventário é de $55.000 / 2.475 =$ aproximadamente 22 dias. O LEC não precisa ser calculado a partir dos custos de manutenção e de pedido, conforme mostrado na Figura 11, do item 2.2.9.2 deste trabalho. Os custos de pedido são baixos, já que se trata de uma operação interna entre setores da mesma organização e o custo do transporte está embutido no preço do petróleo. Os custos de manutenção consistem no custo de manter os tanques e no aquecimento do petróleo estocado. Esses custos são bem inferiores aos custos de alocação de navios e a uma eventual paralisação na produção do petróleo por falta de espaço para armazená-lo no terminal de origem, no estado do Espírito Santo. Por essa razão, não se justifica buscar uma variação nos custos de pedido ou manutenção para provocar um deslocamento do LEC, como mostrado nas Figuras 15 e 16, do item 2.2.9.4.2 deste trabalho. Esses ajustes no modelo do LEC utilizado pela Lubnor o aproximam da crítica oriunda das filosofias japonesas inspiradas no JIT mencionada no item 2.2.9.4.3, no sentido de que em vez de tentar estabelecer custos fixos representativos de pedido e manutenção, o importante é buscar a redução dos níveis de estoques necessários para garantir a continuidade da produção.

O suprimento por carreta é constante e diário, girando em torno de $825 \text{ m}^3/\text{dia}$. A queda aproximada diária no estoque, conforme citado, é de $3.300 - 825 = 2.475 \text{ m}^3/\text{dia}$. O perfil de estoque de petróleo proposto para a refinaria é mostrado na Figura 33.

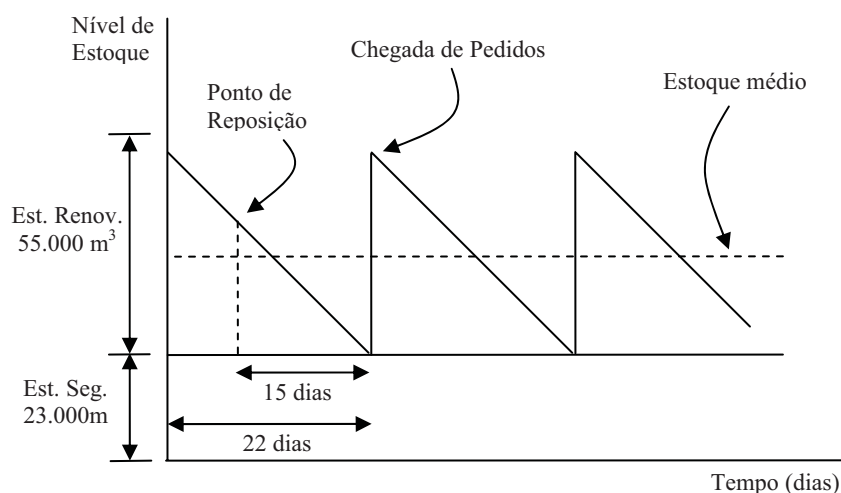


Figura 33 - Perfil de estoque de petróleo da refinaria. Fonte: Elaboração do autor.

A revisão dos estoques deve ser feita através do método de revisão contínua, onde conforme a equação (38), o ponto de reposição é:

$$R = D_m \times L + E_s = 2.475 \times 15 + 23.000 = 60.125 \text{ m}^3$$

E de acordo com a equação (53), o estoque médio é:

$$E_m = \frac{Q}{2} + E_s = \frac{55.000}{2} + 23.000 = 45.500m^3$$

O estoque de segurança de 23.000 m³, equivalente a sete dias de produção, já é adotado pela refinaria e foi determinado a partir da probabilidade de atrasos nos navios somada ao período necessário ao aquecimento do petróleo nos tanques, antes de ser enviado para a unidade de processo.

As entregas de óleos lubrificantes básicos são realizadas, em sua maior parte, em lotes mensais por via marítima para atendimento aos mercados do Sul e Sudeste, mas cerca de 20% da produção é entregue aos formuladores locais via carregamento rodoviário, com retiradas quase diárias. Os volumes mais representativos do carregamento rodoviário são referentes aos asfaltos, principalmente o CAP-50/70, que ocorrem todos os dias úteis.

Agora será mostrada a concepção do SAD. Esse sistema propõe a melhor alternativa de processamento para cada combinação ou configuração dos petróleos disponíveis e faz as comparações entre elas. São seis configurações possíveis, conforme segue:

- a) configuração 1: processar 25% de petróleo Fazenda Belém e 75% de petróleo Fazenda Alegre;
- b) configuração 2: processar 25% de petróleo Fazenda Belém e 75% de petróleo Jubarte;
- c) configuração 3: processar 25% de petróleo Fazenda Belém e 75% de petróleos Fazenda Alegre e Jubarte (sem que haja mistura);
- d) configuração 4: processar 100% de petróleo Fazenda Alegre;
- e) configuração 5: processar 100% de petróleo Jubarte;
- f) configuração 6: processar 100% da carga alternando entre os petróleos Fazenda Alegre e Jubarte, priorizando as campanhas de DNL/DNP.

Em razão do grande número de vezes em que são citados os tipos de petróleo utiliza-se aqui, em vez de seus nomes, suas siglas: Fazenda Alegre: FAL, Fazenda Belém: FZB e Jubarte: JUB.

As planilhas dos Apêndices A, B, C, D, E, F, G, H, I e J, mostram as seis configurações. Para cada uma delas procura-se a melhor solução na distribuição das campanhas para atender as premissas e restrições estabelecidas no item 5.3.2 deste trabalho.

Nas três primeiras configurações, onde ocorre o processamento de petróleo FZB, as planilhas possuem quatro módulos, separados por uma linha em branco, sendo os dois primeiros referentes ao petróleo FZB e os dois últimos aos petróleos FAL, JUB ou FAL+JUB. Nas três últimas configurações não há processamento de petróleo FZB e o SAD é composto de somente dois módulos. O Quadro 5 consiste na parte inicial da planilha da configuração do Apêndice A. Nele podem ser vistos os quatro módulos do SAD.

			Janeiro			
Petróleo	Carga (m ³ /dia)	Produto	Campanha DNL/DNP Produção (m ³ /dia)	Produção (m ³ /mês)	Demanda (m ³ /mês)	Saldo Parcial Jan (m ³)
FZB (25%)	840	NF	42,84	1.328	2.536	-1.208
		DS	28,56	885	885	0
		DNL	94,92	2.943	5.115	-2.172
		DNM	0,00	0	3.947	-3.947
		DNP	194,88	6.041	10.403	-4.361
		GOP	0,00	0	8.348	-8.348
		CAP	478,80	14.843	40.001	-25.158
Total:			840	26.040	71.235	-45.195

1º módulo

Demanda de NH-10 no mês (m ³ a 20°C):	1.298	
Saldo de DNL de FZB no mês (m ³ a 20°C):		1.645
Saldo de DNL de FZB no mês (m ³ a 32°C):		1.659
Espaço de tancagem utilizado (%):		36,86

2º módulo

Petróleo	Carga (m ³ /dia)	Produto	Campanha DNL/DNP Produção (m ³ /dia)	Produção (m ³ /mês)	Demanda = Saldo Parcial Jan (m ³)	Saldo Final Jan (m ³)
FAL (75%)	2460	NF	68,88	2.135	1.208	927
		DS	93,48	2.898	2.898	0
		DNL	263,22	8.160	2.172	4.343
		DNM	0,00	0	3.947	-3.947
		DNP	435,42	13.498	4.361	9.137
		GOP	120,54	3.737	8.348	-4.611
		CAP	1.478,46	45.832	25.158	20.674
Total:			2460	76.260	48.093	26.523

3º módulo

Estoque de CAP no mês (m ³ a 20°C):		20.674
Estoque de CAP no mês (m ³ a 145°C):		22.384
Vendas do CAP não estocável (m ³ a 145°C):	0	
Vendas do CAP não estocável (m ³ a 20°C):	0	
Estoque final de CAP no mês (m ³ a 20°C):		20.674

4º módulo

Quadro 5 - Os quatro módulos da planilha do SAD. Fonte: Elaborado pelo autor.

O primeiro e terceiro módulos do Quadro 5 são divididos em dois blocos: o primeiro, composto por três colunas, contém os dados genéricos do SAD e o segundo, composto de quatro colunas, contém os cálculos referentes ao mês de janeiro. A primeira coluna do primeiro bloco mostra o percentual de processamento de cada petróleo em relação à carga total diária. Como já foi dito anteriormente, isso não significa que durante 25% do dia a

unidade processa um tipo petróleo e nos 75% restantes processa outro, mas que dentro de um mês isso ocorre. Para um mês de 30 dias, portanto, o processamento de petróleo FZB ocorre durante 7,5 dias e de petróleo FAL durante 22,5 dias. Dentro de cada um desses períodos pode haver mudança de campanha, alternando-se entre DNL/DNP e DNM/DNP, mas isso não deve ocorrer com muita frequência, pois cada troca requer um tempo para estabilização das variáveis de processo.

A segunda coluna do primeiro bloco contém os volumes correspondentes aos percentuais de cada petróleo processado, cuja soma deve ser igual à carga diária de 3.300 m³. A terceira coluna contém os produtos da destilação a vácuo, onde a nafta é representada por NF, o diesel por DS, os destilados naftênicos leve, médio e pesado por DNL, DNM e DNP, respectivamente, o gasóleo pesado por GOP e o cimento asfáltico de petróleo por CAP.

No segundo bloco, onde são apresentados os cálculos mensais, a primeira coluna do primeiro e terceiro módulos mostra os volumes diários de cada derivado produzido, para cada tipo de campanha, expressos em m³/dia. Os percentuais que deram origem a esses volumes são mostrados na Tabela 1 e correspondem aos rendimentos da produção de cada derivado, por tipo de petróleo. A segunda coluna expressa os volumes mensais produzidos. Esses volumes são obtidos pela multiplicação da produção diária pelo número de dias corridos do mês. Os cálculos realizados nessas duas primeiras colunas são iguais para os dois tipos de petróleo. A terceira e quarta colunas são diferenciadas para cada tipo de petróleo. Para o petróleo FZB correspondem, respectivamente, à demanda mensal de cada produto da UVAC, conforme a Tabela 2, e aos saldos parciais do mês, que consistem na diferença entre a produção a partir do óleo FZB e a demanda mensal de cada produto. Com exceção do diesel, que como já explicado é misturado com o diesel vindo de outras refinarias, os saldos são todos negativos porque a demanda é referente ao mês inteiro, enquanto a carga de petróleo FZB corresponde somente a 25% da carga total no mês. A terceira coluna do terceiro módulo corresponde à demanda não atendida pelo processamento de petróleo FZB e os seus valores nada mais são do que os valores absolutos dos saldos parciais do mês, expressos na quarta coluna do primeiro módulo. Para o petróleo FAL, a quarta coluna do terceiro módulo expressa os saldos finais do mês, que no caso de janeiro são iguais à diferença entre as produções de derivados do mês a partir do petróleo FAL e os valores absolutos dos saldos parciais do mês, mostrados na terceira coluna. Nos meses seguintes a janeiro, a quarta coluna passa a apresentar os estoques acumulados, o que significa que o saldo do mês anterior deve ser adicionado à diferença entre a produção e o saldo final do mês anterior. Um detalhe importante e diferenciado ocorre na terceira célula da quarta coluna do terceiro módulo: o

saldo final de DNL em cada mês deve ser referente somente ao DNL de petróleo FAL ou JUB, pois após o DNL de FZB atender o mercado de NH-10, o que sobrar não pode ser utilizado para produzir Isovolt. O cálculo da terceira célula citada corresponde, portanto, à produção de DNL de petróleo FAL ou JUB subtraída da diferença entre a demanda mensal de DNL e a demanda prevista de NH-10 no mês, cujo valor está expresso na primeira linha da terceira coluna do segundo módulo. Nas três últimas configurações, onde não há processamento de petróleo FZB e, portanto, só existem dois módulos, a diferença em relação às configurações anteriores é que não existem saldos parciais.

No segundo módulo é controlado o estoque de DNL produzido a partir do petróleo FZB, pois conforme citado anteriormente, o DNL desse petróleo não especifica o Isovolt. Isso significa que o DNL produzido a partir do petróleo FZB não pode ser armazenado no mesmo tanque do DNL produzido a partir dos petróleos FAL e JUB. As capacidades de estocagem de cada tipo de DNL são mostradas na Tabela 5. Como a produção a partir do petróleo FZB é suficiente para atendimento ao mercado de NH-10, o DNL de FAL e JUB deverá ser utilizado somente para a produção de Isovolt. A primeira linha da segunda coluna desse segundo módulo contém os valores da demanda mensal de NH-10, em m^3 a 20°C , que corresponde à demanda de DNL, pois a produção ocorre na proporção de um para um, em volume. Na segunda linha da terceira coluna é calculado o saldo mensal de DNL, em m^3 a 20°C , que é igual à diferença entre a produção de DNL e a demanda de NH-10 no mês. Nos meses seguintes, essa diferença é somada ao saldo do mês anterior. A terceira linha da terceira coluna converte o volume a 20°C para volume à temperatura de armazenagem. Para os derivados armazenados à temperatura ambiente, deve ser considerada a temperatura mais alta do dia, quando o volume de produto é máximo.

O Gráfico 20 mostra um levantamento da temperatura do produto contido no tanque F-208B, que armazena diesel. Poderia ter sido escolhido qualquer tanque que armazene produto à temperatura ambiente. A escolha recaiu sobre esse tanque de diesel porque durante todo o período pesquisado o termômetro do tanque estava imerso no produto. Os dados foram coletados por doze dias através do *Plant Information* (PI), programa de acompanhamento das variáveis operacionais da refinaria. Verifica-se que a temperatura máxima do líquido é de 32°C .

A quarta linha da terceira coluna faz a verificação do espaço de tancagem utilizado, pois o volume armazenado não poderá superar a capacidade de estocagem do DNL do petróleo FZB, que é de 4.500 m^3 , conforme mostrado na Tabela 5. O estoque final mensal desse DNL define em que campanha deve ser processado o petróleo FZB no mês seguinte. Se

o estoque estiver baixo, a próxima campanha tem que gerar DNL e será, portanto, DNL/DNP. Se o estoque estiver alto, a campanha do mês seguinte deverá ser DNM/DNP, onde não há produção de DNL.

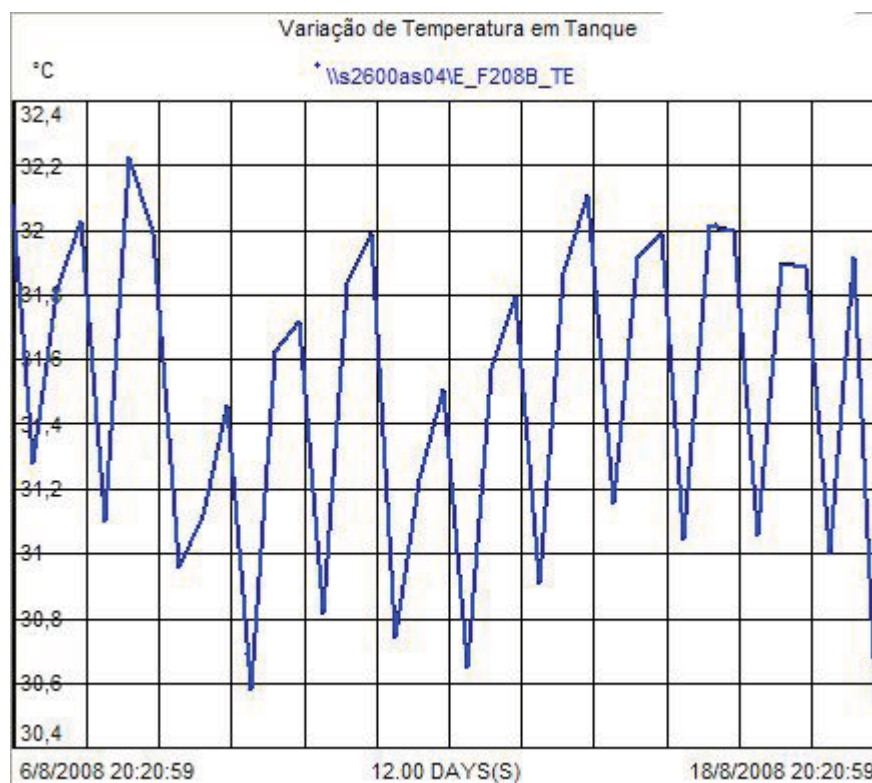


Gráfico 20: Variação da temperatura do diesel armazenado em tanque. Fonte: Lubnor, 2008.

No quarto módulo é feita a verificação do estoque de CAP. A primeira linha da terceira coluna apresenta o estoque de CAP ao final do mês, em m^3 a $20^\circ C$, caso não houvesse restrição na capacidade de tancagem. A segunda linha da terceira coluna mostra esse estoque à temperatura de armazenagem do produto, que é de $145^\circ C$. A transformação é feita dividindo-se o volume em m^3 a $20^\circ C$ pelo fator de correção de volume, da temperatura de $20^\circ C$ para a de $145^\circ C$, que conforme a Tabela 6, é igual a 0,9236. A terceira linha da segunda coluna calcula o volume adicional de CAP que deve ser vendido, além da previsão de demanda para o mês, de modo que a capacidade de estocagem de $50.000 m^3$ não seja excedida. A quarta linha mostra esse volume adicional em m^3 a $20^\circ C$. Finalmente, a quinta linha da terceira coluna mostra o volume do estoque final mensal, em m^3 a $20^\circ C$, depois de realizada a venda adicional.

Tabela 6 – Fatores de correção de temperatura, por produto.

Produto da UVAC	Temperatura de Estocagem (°C)	Fator de Correção para 20 °C
CAP	145	0,9236
NF	32	0,9869
DS	32	0,9910
DNL	32	0,9915
DNM	32	0,9914
DNP	55	0,9919
GOP	32	0,9916

Fonte: Petrobras, 2008.

Conforme a terceira premissa relacionada no item 5.3.2 deste estudo, o SAD não apresenta um módulo para checagem dos volumes armazenados dos DNs, pois os excedentes desses produto são, em sua maioria, absorvidos pela ULUB II e o restante é utilizado para cobrir o alto déficit de gásóleo pesado (GOP).

A verificação da tancagem de C₅+ também não é feita pelo sistema, porque o excedente não utilizado na produção de CR-250 é incorporado a produtos recebidos de outras refinarias, por navios. A sua produção mensal média é de 750 m³, contra uma previsão de consumo mensal médio na produção de CR-250 em 2008 de 500 m³, atingindo um pico de 700 m³ em julho.

5.4 Estudo Comparativo entre as Configurações

Neste item são estudadas todas as possibilidades de processamento de petróleo pela Lubnor, buscadas as melhores campanhas para processamento e a melhor forma de gerir os estoques para manter a refinaria operando com carga plena, maximizando a sua rentabilidade e garantindo o nível de serviço desejado. Inicialmente é feita uma análise por configuração. Em seguida, a análise é por produto e, ao final é apontada a melhor alternativa entre as configurações.

5.4.1 Análise por Configuração

Neste estudo faz-se uma análise de cada configuração sob o ponto de vista da gestão de estoques e do atendimento à demanda, buscando um nível de serviço de 100%, a partir dos dados fornecidos pelo SAD. Na configuração 1 são explicados como são feitos os

cálculos do SAD somente nos meses de janeiro e fevereiro, pois os demais meses são calculados da mesma forma que no mês de fevereiro, mudando apenas a quantidade de dias úteis. As configurações completas estão mostradas nos Apêndices de letras “A” a “J”.

Nas demais configurações, não são abordados os cálculos mensais, pois seria um processo repetitivo. A configuração 1B consiste numa alteração da configuração 1A para incluir um estoque inicial de DNM, com o objetivo de evitar a falta do produto durante o ano. Da mesma forma, as configurações 3B e 4B acrescentam estoques iniciais de DNL e DNM às configurações 3A e 4A, assim como a 6B difere da 6A pela adição de estoque inicial de DNL.

Nas configurações onde é utilizado o petróleo Jubarte, observa-se produz uma corrente a mais que os petróleos FAL e FZB, chamada de *slop wax*, que consiste numa retirada intermediária entre o GOP e o CAP. Trata-se de uma fração mais pesada que a de GOP e mais leve que a de CAP, especificada como MF-380. Portanto, ela é incorporada à produção de MF-380 da refinaria. Como a produção de MF-380 é feita pela mistura, em volume, de 32% de CAP e 68% de GOP, nas configurações 2, 3, 5 e 6, onde é processado o petróleo JUB, a produção de *slop wax* é transformada em CAP e GOP, nessas proporções.

A linha correspondente ao *slop wax*, termina sempre com estoque final mensal zero em todas as configurações esse produto aparece, pois como a menor previsão mensal de vendas de MF-380 é de 6.111m^3 e a maior produção mensal de *slop wax* é de 5.115m^3 , toda a produção é consumida dentro do mês.

Para conhecer os rendimentos dos derivados produzidos a partir de um petróleo é preciso fazer um “teste de campo”, que consiste em refiná-lo na própria unidade de processo. O petróleo Jubarte só foi testado na Lubnor na campanha DNM/DNP e os rendimentos na campanha DNL/DNP não são conhecidos. Este estudo considera, portanto, a utilização desse óleo apenas na campanha testada.

A utilização do SAD para fazer um comparativo entre as seis configurações estabelecidas é feita a seguir:

5.4.1.1 Configuração 1: Processamento de 25% de petróleo FZB e 75% de FAL

A configuração 1 é abordada de duas maneiras diferentes, denominadas 1A e 1B, conforme mostram, respectivamente, os Apêndices A e B. A diferença entre elas é somente a adição de um estoque inicial de 4.000m^3 de DNM na configuração 1B, conforme será mostrado adiante. Para facilitar o acompanhamento, o Quadro 6 reproduz a parte referente aos meses de janeiro e fevereiro da configuração 1A.

Observando-se a tabela verifica-se que as três primeiras colunas do primeiro e terceiro módulos referem-se a todos os meses do ano e já tiveram sua estrutura explicada. O cálculo dos números da segunda coluna é feito conforme segue:

- Carga diária = 3.300 m³/dia
- Processamento de petróleo FZB = 0,25 x 3.300 = 840 m³/dia
- Processamento de petróleo FAL = 0,75 x 3.300 = 2.460 m³/dia

A seguir é explicado como estão concebidos os cálculos mensais do trecho do SAD mostrado no Quadro 6. Explicados os cálculos referentes ao mês de janeiro, os cálculos para fevereiro se diferenciam dos de janeiro pela consideração de saldos de estoque do mês anterior, conforme mostrado na Quadro 6. Os cálculos para os demais meses são exatamente iguais aos de fevereiro, mudando apenas a quantidade de dias úteis e, para as configurações 1A e 1B, podem ser facilmente acompanhados observando-se os Apêndices A e B.

Petróleo	Carga (m ³ /dia)	Produto	Janeiro				Fevereiro			
			Campanha DNL/DNP Produção (m ³ /dia)	Produção (m ³ /mês)	Demanda (m ³ /mês)	Saldo Parcial Jan (m ³)	Campanha DNM/DNP Produção (m ³ /dia)	Produção (m ³ /mês)	Demanda (m ³ /mês)	Saldo Parcial Fev (m ³)
FZB (25%)	840	NF	42,84	1328	2536	-1208	46,20	1.340	1.956	-616
		DS	28,56	885	885		71,40	2.071	2.071	0
		DNL	94,92	2943	5115	-2172	0,00	0	5.084	-5.084
		DNM	0,00		3947	-3947	58,80	1.705	3.947	-2.242
		DNP	194,88	6041	10403	-4361	131,88	3.825	10.073	-6.248
		GOP	0,00		8348	-8348	48,72	1.413	8.348	-6.935
		CAP	478,80	14843	40001	-25158	483,00	14.007	30.211	-16.204
	Total:		840	26040	71235	-45195	840	24.360	61.689	-37.329

Demanda de NH-10 no mês (m ³ a 20°C):	1.298		1.478
Saldo de DNL de FZB no mês (m ³ a 20°C):		1.645	
Saldo de DNL de FZB no mês (m ³ a 32°C):		1.659	
Espaço de tancagem utilizado (%):		36,86	

Petróleo	Carga (m ³ /dia)	Produto	Campanha DNL/DNP Produção (m ³ /dia)	Produção (m ³ /mês)	Demanda = Saldo Parcial Jan (m ³)	Saldo Final Jan (m ³)	Campanha DNM/DNP Produção (m ³ /dia)	Produção (m ³ /mês)	Demanda = Saldo Parcial Fev (m ³)	Saldo Final Fev (m ³)
FAL (75%)	2460	NF	68,88	2.135	1.208	927	73,80	2.140	616	2.451
		DS	93,48	2.898	2.898	0	253,38	7.348	7.348	0
		DNL	263,22	8.160	2.172	4.343	0,00	0	5.084	737
		DNM	0,00	0	3.947	-3.947	241,08	6.991	2.242	803
		DNP	435,42	13.498	4.361	9.137	410,82	11.914	6.248	14.802
		GOP	120,54	3.737	8.348	-4.611	0,00	0	6.935	-11.546
		CAP	1.478,46	45.832	25.158	20.674	1.480,92	42.947	16.204	47.417
	Total:		2.460	76.260	48.093	26.523	2.460	71.340	44.677	54.663

Estoque de CAP no mês (m ³ a 20°C):		20.674		47.417
Estoque de CAP no mês (m ³ a 145°C):		22.384		51.339
Vendas do CAP não estocável (m ³ a 145°C):	0		1.339	
Vendas do CAP não estocável (m ³ a 20°C):	0		1.237	
Estoque final de CAP no mês (m ³ a 20°C):		20.674		46.180

Quadro 6 – Sistema de Apoio à Decisão: primeira parte da Configuração 1A. Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4.1.1.1 Mês de Janeiro

A primeira coluna do primeiro módulo mostra que o processamento de petróleo FZB é iniciado na campanha DNL/DNP, para maximização da produção de DN's. O rendimento de cada produto em relação à carga diária corresponde aos percentuais estabelecidos na Tabela 1, multiplicados pela carga diária. A segunda coluna é o resultado da multiplicação de cada célula da primeira coluna por 31, número de dias do mês de janeiro. A terceira coluna do primeiro módulo apresenta a demanda mensal para cada produto, conforme Tabela 2, e a quarta coluna o saldo parcial do mês, após o processamento somente do petróleo FZB. Esse saldo parcial é negativo para todos os produtos, por ser o resultado da diferença entre 25% da produção mensal, referente ao petróleo FZB, e 100% da demanda mensal.

No segundo módulo é feito o controle do uso do DNL de petróleo FZB. Nesse mês de janeiro, verifica-se um excedente de DNL, calculado da seguinte forma:

Previsão de demanda de NH-10 em janeiro (Tabela 2) = 1298 m³ a 20°C

Produção de DNL de petróleo FZB no mês = 2943 m³ a 20°C

Estoque no mês = 2943 – 1298 = 1645 m³ a 20°C

Conforme explicado anteriormente, depois de estar atendida a demanda de NH-10, o excedente de DNL precisa ser estocado, não poderá ser aproveitado na produção de Isovolt no próprio mês de janeiro, já que o DNL de petróleo FZB não especifica o Isovolt. Na terceira linha desse segundo módulo é feito o cálculo do volume do DNL de FZB estocado no final do mês, à temperatura de 32°C, conforme segue:

Volume a 20°C do DNL estocado = 1645 m³

Fator de correção de volume (Tabela 6), de 32°C para 20°C = 0,9915

Volume estocado = 1645 / 0,9915 = 1659 m³ a 32°C

Na quarta linha é feito o cálculo do percentual da capacidade de estocagem utilizada, conforme segue:

Capacidade de estocagem (Tabela 5) = 4.500 m³

Estocagem utilizada = 1.659 / 4.500 = 36,86% da capacidade total.

No terceiro módulo, inicia-se o ano com o processamento do petróleo FAL na campanha DNL/DNP, para maximizar a produção de DN's. Os cálculos da segunda, terceira e quarta colunas já foram explicados anteriormente. Entretanto, vale a pena lembrar que a terceira célula da quarta coluna é calculada de forma diferenciada, pelas razões já explicadas.

O cálculo dessa célula ocorre conforme segue, onde todos os termos da fórmula estão expressos em m³ a 20°C:

Estoque de DNL de FAL no mês = Produção de DNL de FAL no mês – (Demanda total de DNL no mês – Vendas de NH-10 no mês) = 8.160 – (5.115 – 1.298) = 4.343 m³ a 20°C

A diferença: demanda total de DNL no mês – vendas de NH-10 no mês corresponde ao saldo parcial do mês.

Neste mês de janeiro desta primeira configuração verifica-se uma falta de 3.947 m³ de DNM no mês, correspondente à demanda no período. Isso ocorre porque a campanha neste mês é DNL/DNP e, conseqüentemente, não há produção de DNM. A solução para esse problema é começar o ano com esse volume em estoque. Portanto, o planejamento da produção anual deve prever um excedente de 4.000 m³ no final do ano, para suprir a demanda do mês de janeiro do ano seguinte. Conforme citado anteriormente, a configuração do Apêndice B difere da do Apêndice A porque considera o estoque inicial de 4.000 m³ de DNM. Nesse caso, o cálculo da quarta célula da quarta coluna é feito conforme segue, onde todos os termos estão expressos em m³ a 20°C:

Estoque final de DNL de FAL no mês = Estoque do mês anterior + Produção no mês – Saldo parcial do mês + 4.000 = 0 + 0 – 3.947 + 4.000 = 53 m³ a 20°C

O Apêndice B mostra que o estoque final de DNM no mês de dezembro é superior a 9.000 m³ a 20°C e, portanto, capaz de suprir a demanda de 4.000 m³ a 20°C em janeiro do ano seguinte.

Ainda no terceiro módulo, pode ser constatada a falta de GOP, porque o rendimento dessa faixa de destilação para o petróleo FZB é de apenas 4,9% e, como já citado anteriormente, o petróleo FAL não produz essa corrente na destilação. Nesse mês de janeiro, a produção não chega a atender a metade da demanda. A alternativa de processar o petróleo na campanha DNM/DNP seria ainda pior, pois o rendimento de GOP nessa campanha é zero. A refinaria necessita, portanto, receber o GOP ou outro diluente similar de uma outra refinaria.

A nafta (NF) apresenta um excedente de 927 m³ no mês, o que não se configura um problema, pois esse volume representa apenas 18% da capacidade de estocagem de 5.300 m³ do produto, mostrada na Tabela 5.

A produção de diesel (DS) da refinaria é muito pequena quando comparada ao mercado local. Por essa razão, a Lubnor recebe de três a quatro navios por mês com diesel de outras refinarias. Esse produto é armazenado em uma tancagem reguladora, para atendimento ao mercado em caso de atraso de um navio. Todo o diesel produzido na Lubnor é misturado

ao diesel recebido de outras refinarias e vendido às companhias distribuidoras. Não há, portanto, estoque desse produto em nenhum mês do ano, conforme pode ser visto em todas as configurações analisadas.

No quarto módulo é feita a verificação do estoque de CAP. A primeira linha calcula o estoque de CAP ao final do mês, em m³ a 20°C, caso não houvesse restrição na capacidade de tancagem. O cálculo é feito conforme segue, onde todos os termos são expressos em m³ a 20°C:

Estoque de CAP no mês = Estoque de CAP do mês anterior + produção de CAP de FZB + produção de CAP de FAL – demanda do mês = 0 + 14.843 + 45.832 – 40.001 = 20.674 m³ a 20°C

A segunda linha da mesma coluna mostra esse estoque à temperatura de armazenagem do produto, que é de 145°C. A transformação é feita dividindo-se o volume em m³ a 20°C pelo fator de correção de volume, da temperatura de 20°C para a de 145°C (Tabela 6), conforme segue:

Estoque de CAP no mês = 20.674 ÷ 0,9236 = 22.384 m³ a 145°C

A terceira linha mostra o volume adicional de CAP que deve ser vendido, além da previsão de vendas, para que a capacidade de estocagem de 50.000 m³ não seja excedida. O cálculo é feito conforme segue:

=SE((estoque de CAP no mês (m³ a 145°C) – 50.000) ≥ 0; estoque de CAP no mês (m³ a 145°C) – 50.000; 0)

Como o estoque de CAP no mês, de 22.384 m³ a 145°C, é menor do que os 50.000 m³ de capacidade, nenhuma venda adicional precisa ser efetuada e o valor dessa linha é zero.

A quarta linha mostra o volume adicional de vendas de CAP em m³ a 20°C, que é calculado multiplicando-se o valor da venda adicional pelo fator de correção de volume, da temperatura de 145°C para a de 20°C. Como nesse mês o volume adicional de vendas a 145°C é zero, o volume correspondente, a 20°C, também é zero.

A quinta linha corresponde ao estoque final mensal, em m³ a 20°C, calculado pela diferença entre o estoque em m³ a 20°C, na primeira linha e a venda adicional, também em m³ a 20°C, na quarta linha. Esse estoque não poderá exceder a 50.000 m³ de CAP a 145°C, o que corresponde a 46.180 m³ do produto a 20°C. Nesse mês de janeiro, não houve excedente de capacidade e, portanto, o estoque final mensal é igual ao estoque sem venda adicional, que é de 20.674 m³ a 20°C.

5.4.1.1.2 Mês de Fevereiro

Neste mês, a opção é processar o petróleo FZB na campanha DNM/DNP, para produção de DNM. Isso evita que haja déficit do produto e que ocorra um aumento no estoque de DNL desse petróleo.

Essa opção mostra resultado positivo no segundo módulo, onde ocorre o aproveitamento da maior parte do estoque de DNL excedente em janeiro, conforme demonstrado abaixo:

Previsão de Demanda de NH-10 em fevereiro (Tabela 2) = 1478 m^3 a 20°C

Saldo de estoque do mês de janeiro = 1645 m^3 a 20°C

Produção de DNL de petróleo FZB no mês = zero

Saldo de fevereiro = $1645 + 0 - 1478 = 167 \text{ m}^3$ a 20°C .

O estoque ao final do mês é quase eliminado, conforme calculado abaixo:

Volume a 20°C do DNL estocado = 167 m^3

Volume a 32°C estocado = $167 / 0,9915 = 168 \text{ m}^3$

Capacidade de tancagem (Tabela 5) = 4500 m^3

Capacidade utilizada = $168 / 4500 = 3,7\%$ da capacidade total

No terceiro módulo pode ser verificada a opção de também realizar o processamento do petróleo FAL na campanha DNM/DNP, para evitar um déficit de DNM no período. Se a decisão fosse maximizar a produção de DNs operando na campanha DNL/DNP, o processamento somente do petróleo FZB, que representa apenas 25% da carga, resultaria numa falta de 900 m^3 de DNM no mês. Operando com ambos os petróleos na campanha DNM/DNP, ocorrem excedentes de DNL e DNM no período.

Ainda no terceiro módulo, o cálculo da terceira linha da quarta coluna é feito conforme segue:

Estoque de DNL de FAL no mês (m^3 a 20°C) = Estoque do mês anterior (m^3 a 20°C) +
 Produção de DNL de FAL no mês (m^3 a 20°C) – (Demanda total de DNL no mês (m^3 a 20°C)
 – Vendas de NH-10 no mês (m^3 a 20°C) = $8.160 - (5.115 - 1.298) = 4.343 \text{ m}^3$ a $20^\circ\text{C} = 4.343$
 + $0 - (5.084 - 1.478) = 737 \text{ m}^3$ a 20°C

Neste terceiro módulo pode ser novamente constatada a insuficiência na produção de GOP para o atendimento às necessidades do mercado. Mesmo que a opção de processar o petróleo FAL fosse na campanha DNL/DNP, onde o rendimento de GOP é de 4,9%, contra

zero na campanha DNM/DNP, a produção mensal seria de 5.150 m^3 a 20°C , contra uma demanda no mês de 8.348 m^3 a 20°C e um *déficit* de 4.611 m^3 a 20°C do mês anterior. A refinaria precisa, novamente, receber GOP ou outro diluente, como o diesel, de outra refinaria.

A nafta volta a apresentar excedente em fevereiro, conforme segue:

Produção mensal = $1.340 + 2.140 = 3.480 \text{ m}^3$ a 20°C

Previsão de demanda para o mês = 1.930 m^3 a 20°C

Saldo no mês = $3.480 - 1.956 = 1.524 \text{ m}^3$ a 20°C

Saldo de janeiro = 927 m^3 a 20°C

Estoque final de fevereiro = $1.524 + 927 = 2.451 \text{ m}^3$ a 20°C .

O estoque de nafta atingiu 47% da capacidade de estocagem de 5.300 m^3 .

A produção de diesel, conforme já citado anteriormente, é misturada ao diesel recebido de outras refinarias e vendida ao mercado local ou utilizada para abastecimento a navios.

O estoque de CAP no mês, caso não houvesse restrição de tancagem é:

Estoque de CAP no mês = Estoque de CAP do mês anterior + produção de CAP de FZB + produção de CAP de FAL – demanda do mês = $20.674 + 14.007 + 42.947 - 30.211 = 47.417 \text{ m}^3$ a 20°C

No SAD, por uma questão de aproximação de casas decimais, o valor encontrado é de 47.416 m^3 a 20°C . Transformando o volume para o correspondente à temperatura de armazenagem (145°C):

Estoque final acumulado de CAP no mês = $47.417 \div 0,9236 = 51.339 \text{ m}^3$ a 145°C

O excedente na capacidade de estocagem no mês será, portanto, de 1.339 m^3 . Para que a refinaria não seja obrigada a reduzir a carga da UVAC ou paralisar a operação dessa unidade, é necessário vender um volume adicional à demanda prevista de CAP igual a 1.339 m^3 a 145°C ou 1.237 m^3 a 20°C .

Após a venda do excedente, o estoque final do mês será igual à capacidade total de armazenagem de 50.000 m^3 , correspondentes à 46.180 m^3 do produto a 20°C .

Os demais meses são calculados da mesma forma, atendendo-se sempre as premissas e restrições deste estudo de caso. O estoque final de DNM em dezembro corresponde a 5.274 m^3 , o suficiente para atender a demanda do próximo mês de janeiro, que

neste ano foi de 3.947 m³ e, para que não houvesse a falta desse produto, a configuração 1B dispunha, em janeiro, de um estoque inicial de 4.000 m³ de DNM.

Essa primeira configuração, nas suas versões 1A e 1B, mostra a necessidade da venda adicional de 100.367 m³ de CAP ao longo do ano e apresenta, ao final do período estudado, uma falta de 2.985 m³ de nafta e de 95.675 m³ de GOP. A refinaria precisará receber esses produtos intermediários de outras refinarias ou utilizar outros produtos, a exemplo dos DNs, como diluentes.

A configuração 1 constitui-se na alternativa hoje utilizada pela refinaria, não por opção, mas porque o petróleo Jubarte está sendo misturado com outro tipo de óleo no campo produtor e, por essa razão, só poderá ser consumido na Lubnor quando voltar a ter sua produção segregada.

Em resumo, como pontos fortes, essa configuração apresenta:

- a) o excedente de nafta gerado de abril a julho pode ser armazenado em um dos tanques de C₅+, de capacidade para 2.700 m³, que pode ser convertido para armazenar a nafta. Isso reduz a falta do produto no último bimestre;
- b) Os volumes produzidos de DNL e DNM são compatíveis com as capacidades de tancagem desses produtos, não havendo faltas ou excedentes;
- c) O excedente de DNP é o segundo menor entre as seis configurações e será todo processado na ULUB II.

Os pontos fracos apresentados por essa configuração são os seguintes:

- a) falta de nafta nos meses de novembro e dezembro, forçando a refinaria a utilizar o querosene, produto mais caro;
- b) mais alto déficit de GOP entre as seis configurações, embora antes da operação da ULUB II, o excedente de DNP possa ser utilizado como GOP;
- c) alto excedente de CAP. Caso não haja venda extra, a refinaria reduz carga ou pára;
- d) baixa relação entre as produções de DNs e CAP, uma vez que os primeiros têm valor agregado mais alto;
- e) baixa relação entre as produções de diesel e CAP, pelos mesmos motivos acima.

Os dois últimos pontos refletem negativamente na rentabilidade da refinaria.

5.4.1.2 Configuração 2: Processamento de 25% de petróleo FZB e 75% de JUB

O petróleo JUB é mais leve que os petróleos FAL e FZB e, por essa razão, produz maior volume de derivados leves e menor de pesados, o que significa um aumento na produção de nafta e diesel e uma redução na produção de asfaltos. É um petróleo interessante para ser processado na época de baixa demanda de asfaltos. Conseqüentemente, pode ser verificado no SAD, Apêndice C, que a necessidade de venda adicional de CAP no primeiro semestre é de apenas 20% do volume da primeira configuração. Entretanto, pelo mesmo motivo, há um falta de 61.000 m³ do produto no período de alta demanda. Verifica-se também que a produção mais alta de nafta gera um excedente do produto. A falta de GOP é cerca de 9% inferior à apresentada na primeira configuração. Observa-se ainda a falta de DNL e excedentes de DNM e DNP.

A configuração 2 apresenta como pontos fortes:

- a) alta produção de diesel;
- b) baixo excedente de CAP no primeiro semestre.

Os seus pontos fracos são muitos, a saber:

- a) alto excedente de nafta;
- b) baixa produção de DNL, gerando alto nível de falta;
- c) impossibilidade de produção de Isovolt, pois o DNL produzido é somente a partir do petróleo FZB;
- d) altos excedentes de DNM e DNP;
- e) falta de CAP entre setembro e dezembro, período de demanda alta.

Esses pontos negativos causam alto impacto negativo e são impeditivos para que a refinaria adote a essa configuração.

5.4.1.3 Configuração 3: Processamento de 25% de petróleo FZB e 75% de FAL + JUB

O processamento de FAL+JUB, conforme já citado, significa a produção desses óleos alternadamente, e não uma mistura dos mesmos.

Essa configuração permite a alternância entre FAL e JUB como forma de buscar os melhores resultados, pelo aproveitamento das diferenças entre os dois petróleos, além do fato de poder utilizar o petróleo FAL para compensar o desconhecimento dos rendimentos do petróleo JUB na campanha DNL/DNP. Entretanto, em razão principalmente das diferenças

dos rendimentos de cada corrente em cada um deles, essa compensação é apenas parcialmente atingida.

Observando-se o Apêndice D, verifica-se uma falta de 3.817 m³ de DNL em janeiro e de 1.137 m³ de DNM em março. Como esses produtos apresentam excedentes de, respectivamente, 13.355 m³ e 5.520 m³ no final do ano, é proposta a configuração 3B, onde no mês de janeiro são alocados estoques de abertura de 4.000 m³ de DNL e 1.200 m³ de DNM. Esses volumes são incluídos nos cálculos dos saldos dos estoques de janeiro e março dessa configuração, no Apêndice E. Os cálculos são feitos no terceiro módulo, sendo que para o DNL, aparecem na terceira linha da quarta coluna do mês de janeiro e, para o DNM, na quarta linha da quarta coluna do mês de março.

Há excedente de nafta entre abril e setembro, além de falta de GOP por todo o período, como nas demais configurações. A necessidade de venda adicional de CAP é 37% inferior à da primeira configuração, mas ainda assim alta.

Como pontos fortes, essa configuração apresenta:

- a) trabalha com os três petróleos hoje possíveis de serem processados na refinaria, o que traz oportunidades de ganhos e maior confiabilidade no fornecimento de matéria-prima;
- b) não há falta de nafta e o estoque desse produto no final do ano é pequeno;

Os pontos fracos são os seguintes:

- a) excedente de nafta entre abril a setembro, podendo provocar a redução de carga da refinaria;
- b) excedente de CAP no primeiro semestre e falta no último bimestre.

5.4.1.4 Configuração 4: Processamento de 100% de petróleo FAL

O processamento somente do petróleo FAL apresenta, na configuração 4A uma falta de 5.115 m³ de DNL em janeiro e de 1.816 m³ de DNM em março. Para resolver o problema, as campanhas de processamento do petróleo FAL foram escolhidas de forma a gerarem excedentes de, respectivamente, 13.755 m³ e 1.793 m³ no final do ano. Por essa razão, foi estabelecida a configuração 4B, que parte, em janeiro, com adicionais de 5.200 m³ e 1.793 m³ aos estoques de abertura de DNL e DNM, respectivamente. Como ocorreu na terceira configuração, esses volumes são incluídos nos cálculos dos saldos dos estoques de

janeiro e março dessa configuração, no Apêndice G. Os cálculos são feitos no terceiro módulo, sendo que para o DNL, ocorrem na terceira linha da quarta coluna do mês de janeiro e, para o DNM, na quarta linha da quarta coluna do mês de março.

A configuração 4 apresenta uma falta de 10.449 m³ de nafta, a maior dentre todas as seis configurações e correspondente a três vezes e meia o volume de falta da primeira configuração. A necessidade de venda adicional de CAP é a maior verificada neste estudo, atingindo um valor 5% superior ao da primeira configuração.

Em resumo, o ponto forte da configuração 4 é a alta produção de CAP, adequada para períodos de alta demanda.

Entretanto, seus pontos fracos são:

- a) produção baseada em uma única fonte de suprimento;
- b) o não processamento do petróleo FZB na refinaria significa, conforme já citado, que será refinado com menor rentabilidade para o Sistema Petrobras;
- c) alto *déficit* de nafta;
- d) alto excedente de CAP.

5.4.1.5 Configuração 5: Processamento de 100% de petróleo JUB

Em consequência de ser considerada apenas a campanha DNM/DNP, conforme explicado anteriormente, nessa configuração não há produção de DNL, o que impede a refinaria de vender os seus produtos de maior valor agregado: o Isovolt e o NH-10.

As quantidades de DNM e DNP produzidas são bastante altas, gerando excedentes que não podem ser totalmente absorvidos pela ULUB II e são utilizados como GOP.

A sobra de 10.288 m³ de nafta é muito alta e traz os mesmos problemas citados na análise da configuração 2.

A menor produção de CAP provoca a falta desse derivado de setembro a dezembro. Em consequência da baixa demanda do produto no primeiro semestre, há ainda uma pequena venda adicional de 1.633 m³ em maio.

Em resumo, essa configuração apresenta como pontos fortes:

- a) mais alta produção de diesel dentre as seis configurações;
- b) baixíssimo excedente de CAP no primeiro semestre.

Entretanto, apresenta pontos fracos decisivos, a saber:

- a) dependência de uma única fonte de suprimento;

- b) processamento do petróleo FZB em outra refinaria, com menor rentabilidade para o Sistema Petrobras;
- c) mais alto excedente de nafta dentre as seis configurações;
- d) ausência de produção de DNL;
- e) ausência de produção de Isovolt e NH-10;
- f) altos excedentes de DNM e DNP;
- g) falta de CAP entre setembro e dezembro, período de demanda alta.

Da mesma forma que na configuração 2, esses pontos negativos causam alto impacto negativo e são impeditivos para que a refinaria adote a essa configuração.

5.4.1.6 Configuração 6: Processamento de 100% com os petróleos FAL e JUB

O processamento alternado de FAL e JUB, conforme já citado, significa a produção desses óleos alternadamente, em vez de uma mistura dos mesmos. As vantagens dessa alternância já foram abordadas na configuração 3.

A configuração 6A apresenta uma falta de 5.115 m³ de DNL em janeiro. No intuito de suprir essa lacuna, este estudo alocou as campanhas de processamento de forma a haver um excedente de DNL no final do ano, para suprimento do primeiro mês do ano seguinte. Conforme o Apêndice I, esse excedente é de 13.403 m³. A configuração 6B, portanto, adiciona 5.200 m³ ao estoque de DNL em janeiro.

A configuração 6, mesmo processando petróleo JUB, apresenta falta de nafta nos dois últimos meses do ano. Isso ocorre porque se o processamento for planejado de forma a evitar essa falta, não será possível gerar o excedente de 5.200 m³ de DNL para o suprimento de janeiro do ano seguinte.

A falta de GOP é a menor verificada entre as seis configurações, embora a diferença não chegue a ser relevante. A necessidade de venda adicional de CAP é ligeiramente superior à da configuração 3, mas bem inferior aos volumes apresentados nas configurações 1 e 4. Ainda assim, trata-se de uma quantidade que trará impactos negativos na receita da refinaria, conforme será mostrado adiante.

Os pontos fracos apresentados são os seguintes:

- a) não processamento do petróleo FZB na Lubnor, melhor solução para a Petrobras;
- b) falta de nafta no último bimestre;
- c) falta de CAP de outubro a dezembro e excedente do produto de março a junho.

5.4.1.7 Quadro Resumo da Análise por Configuração

O Quadro 7 apresenta um resumo das ocorrências fundamentadas na gestão de estoques e atendimento à demanda apontadas pelo SAD para as seis configurações.

Após o quadro é feita análise por produto. Ao final serão feitas as considerações acerca das configurações estudadas.

Item	Configuração ----->	1	2	3	4	5	6
Nafta	Relação estoque X tancagem	Excedente de abr a jul e falta de out a dez	Excedente de mar a dez	Excedente de abr a set	Falta de set a dez	Excedente de mar a dez	Excedente de abr a jul e falta em nov e dez
	Estoque máx. (m ³)	6.723	15.189	10.314	3.436	13.995	6.858
	Estoque final (m ³)	-2.985	12.326	2.850	-10.449	10.288	-2.364
Diesel	Relação estoque X tancagem	Compatíveis	Compatíveis	Compatíveis	Compatíveis	Compatíveis	Compatíveis
DNL FZB	Relação estoque X tancagem	Compatíveis	Compatíveis	Compatíveis	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
DNL FAL/JUB	Relação estoque X tancagem	Compatíveis	Falta por todo o período	Excedente de ago a dez	Excedente em jul e de out a dez	Falta por todo o período	Excedente de jun a ago e em dez
	Estoque máx. (m ³)	9.086	Não se aplica	20.982	18.956	Não se aplica	18.603
	Estoque final (m ³)	5.458	-42.974	17.355	18.956	-61.807	18.603
DNM	Relação estoque X tancagem	Compatíveis	Excedente de mar a dez	Compatíveis	Compatíveis	Excedente de fev a dez	Excedente de out a dez
	Estoque máx. (m ³)	9.274	67.640	9.167	9.672	95.156	20.108
	Estoque final (m ³)	9.274	67.640	6.720	3.586	95.156	12.214
DNP	Relação estoque X tancagem	Excedente de fev a dez	Excedente em todos os meses	Excedente em todos os meses	Excedente de fev a dez	Excedente em todos os meses	Excedente em todos os meses
	Estoque máx. (m ³)	96.428	193.642	139.418	88.367	217.786	145.387
	Estoque final (m ³)	96.428	193.642	139.418	88.367	217.786	145.387
GOP	Estoque final (m ³)	-95.675	-87.242	-79.345	-90.510	-84.050	-73.506
CAP	Relação estoque X tancagem	Excedente de fev a jul	Excedente de abr a jun e falta de set a dez	Excedente de mar a jul e falta em nov e dez	Excedente de fev a jul	Excedente em mai e falta de set a dez	Excedente de mar a jun e falta de out a dez
	Demanda não Atendida (m ³)	0	60.962	15.908	0	85.131	31.534
	Vendas Extras (m ³)	100.367	19.903	62.762	105.620	1.633	65.420
	Estoque final (m ³)	9.381	0	0	13.087	0	0
Produção anual Diesel	(m ³)	80.152	96.068	69.746	78.500	106.286	71.141
Produção anual de destilados naftênicos	DNL (m ³)	69.030	20.598	76.927	75.563	0	75.210
	DNM (m ³)	52.638	115.004	52.884	49.157	142.520	59.578
	DNP (m ³)	216.826	314.040	259.817	208.765	338.184	265.785
	TOTAL (m ³)	338.493	449.641	389.627	333.485	480.704	400.574
Prod. anual de CAP	(m ³)	717.431	566.624	652.136	726.389	524.184	641.568

Quadro 7 - Resumo dos resultados obtidos pelo SAD para as seis configurações. Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4.2 Análise por Produto

5.4.2.1 Nafta

A nafta é utilizada como diluente do CAP-50/70 para a preparação de CM-30 e CR-250. A falta do produto requer o uso de um diluente alternativo e o que há disponível hoje é o querosene. Entretanto, o preço do querosene é quase 30% superior ao do CM-30. A capacidade da tancagem de nafta da refinaria é de 5.300 m³, mas em caso de necessidade, um dos tanques de C₅+, com capacidade para 2.700 m³, pode ser utilizado para armazenar nafta. Mesmo assim, as configurações 2 e 5 do SAD apresentam alto excedente de nafta e a refinaria não tem como estocá-la. Nesse caso, a refinaria precisa baixar a carga e reduzir a produção, gerando grandes prejuízos.

A configuração 3 do SAD apresenta um excedente de nafta menor. Nessa quantidade existe a possibilidade destinar o produto para reinjeção em poços de petróleo, mas a um preço 20% inferior ao do CM-30.

A configuração 4 apresenta um grande *déficit* de nafta, o que representa um alto custo adicional pela utilização do querosene. O SAD mostra que as configurações 1 e 6 precisam de menos querosene do que as configurações 2 e 5.

5.4.2.2 Diesel

No caso do diesel, como explicado anteriormente, não há problema referente à capacidade de estocagem, além do fato de que toda a produção é vendida rapidamente. A diferença entre as configurações do SAD está na quantidade produzida, já que o produto tem valor melhor do que os produtos escuros: asfaltos, MFs e OC-B1.

5.4.2.3 DNL

A produção de DNL apresenta sobra ao final do ano em todas as configurações do SAD, exceto as de número 2 e 5, que apresentam faltas altas, da ordem de 43.000 m³ e 62.000 m³, respectivamente. Os produtos da ULUB são os de mais alto valor agregado da refinaria e o Isovolt e NH-10, produzidos a partir do DNL, são os de melhores preços. São preços bem acima dos demais derivados, inclusive do NH-20 e do NH-140, conforme pode ser visto na Tabela 8. Na configuração 2 ainda há uma pequena produção de NH-10 a partir do DNL do

petróleo FZB, mas não existe produção de Isovolt. Espera-se um crescimento consistente no consumo do Isovolt para os próximos anos, face à necessidade de ampliação do fornecimento de energia elétrica no País. Esses pontos são decisivamente negativos contra as configurações 2 e 5.

A configuração 1 leva uma vantagem em relação às demais porque não há geração de estoque excedente de DNL. Estoques excedentes desse produto precisam ser degradados para GOP. Essa operação gera prejuízo, pois o preço do GOP equivale a apenas 49% do preço do NH-10 e 48% do preço do Isovolt.

5.4.2.4 DNM

O processamento do petróleo JUB com a restrição de ser utilizado apenas na campanha DNM/DNP, ao mesmo tempo em que traz uma falta de DNL, produz um excesso de DNM, como ocorre nas configurações 2 e 5, o que as torna ainda mais desvantajosas para a refinaria. Os excedentes da ordem de 68.000 m³ e 95.000 m³, respectivamente, são bastante altos e a alternativa seria também degradá-los para GOP, mas a queda no preço seria de 42% .

O SAD aponta ainda, na configuração 6, um excedente do produto no último trimestre, com um máximo de 20.108 m³ em outubro, superando em 8.000 m³ a capacidade da tancagem. Esse é um volume bem inferior àqueles das configurações 2 e 5, mas ainda assim a degradação do produto para GOP gera uma perda substancial, como será visto adiante.

As configurações 1, 3 e 4 apresentam estoques compatíveis, mas a de número 4 gera o melhor resultado para o DNM, pois apresenta o menor estoque final.

5.4.2.5 DNP

O SAD aponta altos excedentes nos estoques em todas as configurações por todo o período, para a operação apenas com a ULUB I. Entretanto, mesmo considerando a operação da ULUB II, ainda há excedentes e os respectivos volumes são extremamente altos nas configurações 2 e 5, altos nas configurações 3 e 6 e médios nas configurações 1 e 4. Esses excedentes têm que ser degradados para GOP.

5.4.2.6 GOP

O SAD mostra que as seis configurações apresentam grande falta de GOP. A refinaria pode suprir parte dessa falta com produtos degradados, conforme citado anteriormente, mas deverá receber o restante de outras refinarias. O GOP é utilizado como diluente para a produção de MF-180, MF-380 e OC-A1/B1. Portanto, deve ser valorado com o preço desses combustíveis. As configurações 3 e 6 apresentam o melhor perfil de produção relativo ao GOP, pois geram menor falta do produto.

5.4.2.7 CAP

O SAD mostra que há excedentes no período de baixa demanda em todas as configurações e há faltas no final do período da ordem de 61.000 m³, 16.000 m³, 85.000 m³ e 31.500 m³, respectivamente, nas configurações 2, 3, 5 e 6. O CAP é um produto com forte componente político, principalmente em anos de eleições e os altos volumes de faltas gerados pelas configurações 2 e 5 são inadmissíveis nesse contexto. As faltas observadas nos volumes finais das configurações 3 e 6 poderiam ser evitadas aumentando-se o processamento de petróleo FAL e reduzindo-se o de JUB. Entretanto, haveria falta de DNM.

5.4.3 Análise Econômica

A análise econômica consiste em estabelecer a receita de cada configuração do SAD, para verificar qual delas oferece a melhor rentabilidade. Neste trabalho são analisadas somente as configurações de números 1, 3, 4 e 6, pois a análise anterior apresentou problemas de difícil solução para as configurações 2 e 5, suficientes para que seja constatada a impossibilidade de adoção de qualquer uma delas pela refinaria. Dentre esses problemas destaca-se:

- a) alto excedente de nafta;
- b) grande falta de DNL;
- c) alto excedente de DNM;
- d) alto excedente de DNP;
- e) grande falta de CAP.

A análise considera as duas ULUBs em operação. A produção da ULUB I é feita na Unidade de Hidrotratamento (HDT). Conforme o Quadro 4, a carga diária dessa unidade é de 530 m³/dia. Com a construção da ULUB II, a carga dobrará. A produção total anual será de: 530 x 2 x 365 = 386.900 m³. Como a carga processada não é exata, esse valor pode ser arredondado para 387.000 m³/ano.

A Tabela 7 mostra as quantidades que serão produzidas de cada derivado quando as duas ULUBs estiverem operando juntas, caso os mercados de cada produto se mantenham nas mesmas proporções estabelecidas pela previsão para 2008.

Tabela 7 - Perfil de Produção com a operação simultânea da ULUB I e ULUB II.

Produto da ULUB	Previsão de Mercado para 2008	Participação no Mercado	Produto da UVAC	Participação no Mercado	Produção com duas ULUBs
ISOVOLT	30.000	13,07%			
NH10	18.833	8,20%	DNL	26,92%	104.193
OAF	12.975	5,65%			
NH20	47.364	20,63%	DNM	20,63%	79.844
NH140	100.104	43,61%	DNP	52,45%	202.962
OAF	20.294	8,84%			
Total:	229.570	100,00%		100,00%	387.000

Fonte: Elaborada pelo autor, a partir de dados coletados na pesquisa.

Os preços por m³ a 20°C dos derivados acabados, sem impostos, referentes ao mês de junho de 2008 estão relacionados na Tabela 8. Os preços do MF-180 e MF-380 correspondem a valores médios, pois variam em função da cotação do dólar.

Tabela 8 - Preços dos produtos da Lubnor, em junho de 2008.

Produto	Preço sem impostos (R\$/m ³)
CAP	830,00
CM-30	1.330,00
CR-250	1.205,00
Diesel	1.299,30
Querosene	1.705,20
Isovolt	2.013,10
NH-10	1.960,26
NH-20	1.813,44
NH-140	1.791,11
OAF	1.268,20
OC-A1	919,57
MF-180	1.087,30
MF-380	1.010,70

Fonte: Petrobras, 2008.

A análise econômica é feita em planilha do *Microsoft Excel*, conforme mostrado na Tabela 9. Os cálculos da receita anual para cada configuração consideram que a refinaria opere com carga máxima o ano inteiro.

Tabela 9 – Análise econômica das configurações 1, 3, 4 e 6.

Produto UVAC	Item	Pr. Unit. / Dif. Valor (R\$/m ³)	Configuração 1		Configuração 3		Configuração 4		Configuração 6	
			Volume (m ³)	Receita (R\$)	Volume (m ³)	Receita (R\$)	Volume (m ³)	Receita (R\$)	Volume (m ³)	Receita (R\$)
	Produção Anual		42.286		48.121		34.822		42.907	
Nafta	Vendas como CM-30	1.330,00	41.121	54.690.624,10	44.105	58.659.344,10	33.657	44.763.504,10	41.742	55.516.554,10
	Vendas como CR-250	1.205,00	1.165	1.404.102,15	1.165	1.404.102,15	1.165	1.404.102,15	1.165	1.404.102,15
	Déficit suprido por querosene	-375,20	2.984	-1.119.596,80	0	0,00	10.448	-3.920.089,60	2.363	-886.597,60
	Excedente para injeção	1.062,20	0	0,00	2.851	3.028.332,20	0	0,00	0	0,00
Diesel	Produção Anual = Vendas	1.299,30	80.152	104.140.973,88	69.746	90.620.717,94	78.500	101.995.569,72	71.141	92.434.021,02
DNL FZB	Produção Anual		20.598		20.598		0		0	
	Vendas como NH-10	1.960,26	18.833	36.917.576,58	18.833	36.917.576,58	0	0,00	0	0,00
	Vendas como OAF	1.268,20	1.765	2.238.373,00	1.765	2.238.373,00	0	0,00	0	0,00
DNL FAL/JUB	Produção Anual		48.432		56.329		75.563		75.210	
	Vendas como NH-10	1.960,26	0	0,00	0	0,00	18.833	36.917.576,58	32.235	63.188.981,10
	Vendas como Isovolt	2.013,10	30.000	60.393.000,00	30.000	60.393.000,00	30.000	60.393.000,00	30.000	60.393.000,00
	Vendas como OAF	1.268,20	11.210	14.216.522,00	11.210	14.216.522,00	12.975	16.454.895,00	12.975	16.454.895,00
	Excedente degrad. GOP	960,80	7.222	6.938.897,60	15.119	14.526.335,20	13.755	13.215.804,00	0	0,00
DNM	Produção Anual		52.638		52.884		49.157		59.578	
	Vendas como NH-20	1.813,44	47.364	85.891.336,93	47.634	86.380.965,73	47.634	86.381.038,27	48.895	88.668.511,49
	Excedente degrad. GOP	960,80	5.274	5.067.259,20	5.250	5.044.200,00	1.523	1.463.298,40	10.683	10.264.226,40
DNP	Produção Anual		216.826		259.817		208.765		265.785	
	Vendas como NH-140	1.791,11	182.668	327.178.481,48	182.668	327.178.481,48	182.668	327.178.481,48	182.668	327.178.481,48
	Vendas como OAF	1.268,20	20.294	25.736.850,80	20.294	25.736.850,80	20.294	25.736.850,80	20.294	25.736.850,80
	Excedente degrad. GOP	960,80	13.864	13.320.146,88	56.855	54.625.861,25	5.803	5.575.138,08	62.823	60.360.626,64
GOP	Produção Anual		29.439		45.769		34.604		51.608	
	Vendas como MF-380	1.010,70	15.047	15.207.558,19	25.934	26.211.143,42	18.490	18.687.843,00	29.826	30.145.340,34
	Vendas como MF-180	1.087,30	7.523	8.180.062,34	12.967	14.098.830,63	9.245	10.052.088,50	14.913	16.215.013,63
	Vendas como OCA1	919,57	6.869	6.316.342,42	6.869	6.316.342,42	6.869	6.316.342,42	6.869	6.316.342,42
	Déficit (m ³) DN degrad. para GOP		95.675		79.345		90.510		73.506	
	Subst. GOP por diesel	-137,37	69.316	-9.521.905,95	2.121	-291.383,75	69.430	-9.537.544,15	0	54,95
CAP	Produção Anual		717.431		654.537		726.389		641.568	
	Vendas como CAP	830,00	497.645	413.045.350,00	481.737	399.841.710,00	497.645	413.045.350,00	466.111	386.872.130,00
	Demanda não atendida	0,00	0	0,00	15.908	0,00	0	0,00	31.534	0,00
	Vendas Extras (m ³)	830,00	100.367	83.304.610,00	62.762	52.092.460,00	105.620	87.664.600,00	65.420	54.298.600,00
	Estoque Final (m ³)	830,00	9.381	7.786.230,00	0	0,00	13.087	10.862.210,00	0	0,00
	Vendas como CM-30	1.330,00	47.824	63.606.452,00	47.824	63.606.452,00	47.824	63.606.452,00	47.824	63.606.452,00
	Vendas como CR-250	1.205,00	9.373	11.294.163,75	9.373	11.294.163,75	9.373	11.294.163,75	9.373	11.294.163,75
	Vendas como MF-380	1.010,70	35.199	35.575.993,15	35.199	35.575.993,15	35.199	35.575.993,15	35.199	35.575.993,15
	Vendas como MF-180	1.087,30	11.549	12.557.401,67	11.549	12.557.401,67	11.549	12.557.401,67	11.549	12.557.401,67
	Vendas como OCA1	919,57	6.091	5.601.284,78	6.091	5.601.284,78	6.091	5.601.284,78	6.091	5.601.284,78
	Receita Anual			1.389.968.090,16		1.407.875.060,51		1.383.285.354,10		1.423.196.429,27

Fonte: Elaborada pelo autor

Na Tabela 9, a primeira coluna contém os produtos da UVAC. A segunda coluna especifica cada item dessa análise, compreendendo, para cada derivado, a produção anual e as diferentes formas de destinação: vendas previstas, vendas extras, degradação, injeção em poços ou recebimento de derivado alternativo de outra refinaria.

A terceira coluna, denominada: Preço Unitário/Diferença de Valor contém o preço unitário de cada produto acabado dos quais os produtos da UVAC são componentes ou uma diferença de valor pelo fato da refinaria utilizar produto alternativo mais caro vindo de outra refinaria, quando o seu produto é insuficiente. Nesse caso, o preço unitário entra positivo, como um contribuinte da receita; e a diferença de valor entra negativa, pois representa uma despesa. Em seguida, aparecem duas colunas para cada configuração, onde a primeira apresenta os volumes correspondentes às discriminações dos itens relacionados na coluna “Item” e a segunda corresponde à multiplicação dos valores dispostos na primeira coluna pelo valor listado na coluna “Preço unitário/Diferença de valor”.

Na análise da nafta, a diferença de valor de -375,00 corresponde à diferença entre o preço da nafta e o preço do querosene: $1.330,00 - 1705,20 = \text{R\$ } -375,20$.

No que se refere ao GOP, o cálculo da diferença de valor do diesel degradado para GOP é diferente, porque enquanto a substituição de nafta por querosene não implica em alteração relevante nas quantidades da mistura, o mesmo não ocorre com a troca de GOP por diesel, em razão da menor viscosidade do diesel. Na mistura com GOP, a proporção é de 3 unidades de CAP para 7 de GOP. Com o diesel, passa a ser de 6 de CAP para 4 de diesel. Como a análise econômica considera os volumes excedentes de GOP não cobertos pelos excedentes de DNs, estabelece-se uma diferença de preço em função da quantidade de GOP. Dentre os três derivados produzidos pela mistura de CAP e GOP, será considerado o MF-380, que possui o maior mercado e um preço intermediário entre o óleo combustível e o MF-180. Segue o cálculo da diferença de preço:

$$\text{Mistura com GOP: } 30\% \text{ de CAP} + 70\% \text{ de GOP} = 0,3 \cdot 830,00 + 0,7 \cdot 960,80 = \text{R\$ } 921,56/\text{m}^3$$

$$\text{Mistura com diesel: } 60\% \text{ CAP} + 40\% \text{ diesel} = 0,6 \cdot 830,00 + 0,4 \cdot 1.299,30 = \text{R\$ } 1.017,72/\text{m}^3$$

A diferença de preço entre o MF-380 produzido com diesel e o produzido com GOP é de $1.017,72 - 921,56 = \text{R\$ } 96,16$ por m^3 de MF-380. Essa diferença não pode ser usada para o cálculo na Tabela 9 porque ela deve ser em função do volume de GOP. É necessário calcular, primeiro, o preço do GOP para uma mistura de CAP e GOP com preço da mistura CAP e diesel, conforme segue:

$$0,3 \cdot 830,00 + 0,7 \cdot (\text{novo preço GOP}) = 1.017,72 \Rightarrow \text{novo preço GOP} = \text{R\$ } 1.098,17/\text{m}^3$$

A diferença considerada no estudo é de: $960,80 - 1098,17 = \text{R\$ } -137,37$ por m^3 .

A Tabela 9 mostra a relevância da construção da ULUB II. Se a produção de DNs que hoje é degradada para GOP for transformada em lubrificantes, o ganho unitário, em $\text{R\$}/\text{m}^3$, é:

$$\text{NH-10: } 1.960,26 - 960,80 = \text{R\$ } 999,46$$

$$\text{NH-20: } 1.813,44 - 960,80 = \text{R\$ } 852,64$$

$$\text{NH-140: } 1.791,11 - 960,80 = \text{R\$ } 830,31$$

A Tabela 10 mostra o ganho anual para cada configuração, de onde se deduz que as configurações 3 e 6 produzem os maiores excedentes de DNs e, conseqüentemente, proporcionam retorno três vezes maior e mais rápido ao investimento na nova unidade de lubrificantes que as configurações 1 e 4.

Tabela 10 – Ganhos anuais pela produção de lubrificantes na ULUB II, a partir dos excedentes de DNs.

Produto UVAC	Item	Pr. Unit. / Dif. Valor ($\text{R\$}/\text{m}^3$)	Configuração 1		Configuração 3		Configuração 4		Configuração 6	
			Volume (m^3)	Receita (R\$)	Volume (m^3)	Receita (R\$)	Volume (m^3)	Receita (R\$)	Volume (m^3)	Receita (R\$)
DNL FAL/JUB	Ganho nas vendas do excedente como NH-10	999,46	7.222	7.218.100,12	15.119	15.110.835,74	13.755	13.747.572,30	0	0,00
DNM	Ganho nas vendas do excedente como NH-20	852,64	5.004	4.266.610,56	5.250	4.476.360,00	1.523	1.298.570,72	10.683	9.108.753,12
DNP	Ganho nas vendas do excedente como NH-140	830,31	13.864	11.511.417,84	56.855	47.207.275,05	5.803	4.818.288,93	62.823	52.162.565,13
Ganho Anual				22.996.128,52		66.794.470,79		19.864.431,95		61.271.318,25

Fonte: Elaborada pelo autor

Um aspecto de grande impacto a ser observado é o excedente de CAP que ultrapassa a capacidade de armazenagem da refinaria. Qualquer excedente de outro produto pode ter um destino alternativo, para evitar que a haja uma redução de carga ou parada da unidade. Excedentes de nafta, DNL, DNM, DNP e GOP podem, na pior das hipóteses, ser embarcados em um navio e enviados para outra refinaria, embora isso signifique um maior custo. No caso do CAP, não existe duto isolado e aquecido, nem bombas adequadas para que sejam feitos os embarques. Os custos de adequação e manutenção das instalações inviabilizam o investimento. Seria necessário adequar, dentre outros itens, o sistema de vapor, com caldeira de maior capacidade, novas bombas, novo duto para retorno de produto e manutenção permanente. Já foi iniciado um processo de exportação do produto em contêineres, transportado por carretas. Entretanto, este é um processo ainda incipiente e os volumes

exportados têm sido pequenos. Portanto, caso a refinaria não consiga vender os excedentes de CAP, será necessário reduzir carga ou parar a unidade.

A avaliação do impacto, em cada configuração, caso não seja realizada a venda dos excedentes de CAP, é mostrada nas Tabelas 11 (a), 11 (b), 11 (c) e 11 (d).

Tabela 11 (a) - Configuração 1 - Perdas econômicas pela não venda do excedente de CAP.

Configuração 1						
Produto da UVAC	Produção Anual	Volume de perda (m ³)	Perda como	Volume de perda (m ³)	Preço (R\$/m ³)	Perda de Receita (R\$)
Nafta	42.286	5.916	CM-30	5.916	1.330,00	7.868.280,00
Diesel	80.152	11.213	Diesel	11.213	1.299,30	14.569.050,90
DNL	69.030	9.657	MF-380	7.222	1.010,70	7.299.275,40
			0 NH-10	2.435	1.960,26	4.773.233,10
DNM	52.638	7.364	MF-380	5.274	1.010,70	5.330.431,80
			0 NH-20	2.090	1.813,44	3.790.089,60
DNP	216.826	30.333	MF-380	13.864	1.010,70	14.012.344,80
			0 NH-140	16.469	1.791,11	29.497.790,59
GOP	29.439	4.118	MF-380	4.118	1.010,70	4.162.062,60
Total	490.369	68.601		68.601		91.302.558,79
CAP	717.431	100.367	CAP	100367	830,00	83.304.610,00

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 11 (b) - Configuração 3 - Perdas econômicas pela não venda do excedente de CAP.

Configuração 3						
Produto da UVAC	Produção Anual	Volume de perda (m ³)	Perda como	Volume de perda (m ³)	Preço (R\$/m ³)	Perda de Receita (R\$)
Nafta	48.121	4.614	CM-30	4.614	1.330,00	6.136.620,00
Diesel	69.746	6.688	Diesel	6.688	1.299,30	8.689.718,40
DNL	76.927	7.376	MF-380	7.376	1.010,70	7.454.923,20
			0 NH-10	0	1.960,26	0,00
DNM	52.884	5.071	MF-380	5.071	1.010,70	5.125.259,70
			0 NH-20	0	1.813,44	0,00
DNP	259.817	24.913	MF-380	24.913	1.010,70	25.179.569,10
			0 NH-140	0	1.791,11	0,00
GOP	45.769	4.389	MF-380	4.389	1.010,70	4.435.962,30
Total	553.263	53.051		53.051		57.022.052,70
CAP	654.537	62.762	CAP	62762	830,00	52.092.460,00

Fonte: Elaborada pelo autor

Nessas quatro tabelas, a primeira e a segunda colunas apresentam, respectivamente, os derivados oriundos da UVAC e a sua produção anual, com totalizações para o grupo formado por todos os derivados exceto o CAP, que está separado, abaixo. Na terceira coluna deve ser

observado primeiro o valor referente ao CAP, que corresponde ao excedente que deve ser vendido, conforme apontado no SAD. Os outros valores dessa coluna equivalem às perdas de produção dos demais produtos da UVAC, caso o excedente de CAP não seja vendido. A quarta e quinta colunas mostram o quanto as perdas de destilados da UVAC representam como produtos acabados e nas duas colunas restantes são feitos os cálculos do valor monetário das perdas, divididos em dois montantes, um referente ao próprio CAP e o outro à soma das perdas dos demais derivados que deixaram de ser produzidos.

Tabela 11 (c) - Configuração 4 - Perdas econômicas pela não venda do excedente de CAP.

Configuração 4						
Produto da UVAC	Produção Anual	Volume de perda (m ³)	Perda como	Volume de perda (m ³)	Preço (R\$/m ³)	Perda de Receita (R\$)
Nafta	34.822	5.063	CM-30	5.063	1.330,00	6.733.790,00
Diesel	78.500	11.414	Diesel	11.414	1.299,30	14.830.210,20
DNL	75.563	10.987	MF-380	10.987	1.010,70	11.104.560,90
		0	NH-10	0	1.960,26	0,00
DNM	49.157	7.148	MF-380	1.523	1.010,70	1.539.296,10
		0	NH-20	5.625	1.813,44	10.200.600,00
DNP	208.765	30.355	MF-380	5.803	1.010,70	5.865.092,10
		0	NH-140	24.552	1.791,11	43.975.332,72
GOP	34.604	5.032	MF-380	5.032	1.010,70	5.085.842,40
Total	481.411	69.999		69.999		99.334.724,42
CAP	726.389	105.620	CAP	105620	830,00	87.664.600,00

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 11 (d) - Configuração 6 - Perdas econômicas pela não venda do excedente de CAP.

Configuração 6						
Produto da UVAC	Produção Anual	Volume de perda (m ³)	Perda como	Volume de perda (m ³)	Preço (R\$/m ³)	Perda de Receita (R\$)
Nafta	42.907	4.375	CM-30	4.375	1.330,00	5.818.750,00
Diesel	71.141	7.254	Diesel	7.254	1.299,30	9.425.122,20
DNL	75.210	7.669	MF-380	0	1.010,70	0,00
		0	NH-10	7.669	1.960,26	15.033.233,94
DNM	59.578	6.075	MF-380	6.075	1.010,70	6.140.002,50
		0	NH-20	0	1.813,44	0,00
DNP	265.785	27.102	MF-380	27.102	1.010,70	27.391.991,40
		0	NH-140	0	1.791,11	0,00
GOP	51.608	5.262	MF-380	5.262	1.010,70	5.318.303,40
Total	566.230	57.737		57.737		69.127.403,44
CAP	641.568	65.420	CAP	65420	830,00	54.298.600,00

Fonte: Elaborada pelo autor

A perda total de receita de cada configuração é dada pela Tabela 12, que é auto-explicativa.

Tabela 12 - Perdas de receita pela não venda do excedente de CAP.

Config.	Perdas por produto	Perdas de Receita (R\$)	Perda [Demais Produtos - CAP] (R\$)	Perda de Receita Total (R\$)	Receita Anual (R\$)	Perda Relativa
1	CAP	83.304.610,00				
	Demais produtos	91.302.558,79	7.997.948,79	174.607.168,79	1.389.968.090,16	12,56%
3	CAP	52.092.460,00				
	Demais produtos	57.022.052,70	4.929.592,70	109.114.512,70	1.407.875.060,51	7,75%
4	CAP	87.664.600,00				
	Demais produtos	99.334.724,42	11.670.124,42	186.999.324,42	1.383.285.354,10	13,52%
6	CAP	54.298.600,00				
	Demais produtos	69.127.403,44	14.828.803,44	123.426.003,44	1.423.196.429,27	8,67%

Fonte: Elaborada pelo autor

A Tabela 13 mostra como fica a receita anual de cada configuração caso não sejam vendidos os excedentes de CAP.

Tabela 13 – Comparação entre as configurações: perdas de receita pela não venda do excedente de CAP.

Config.	Receita Anual com venda do excedente de CAP (R\$)	Perda de receita pela não venda de CAP (R\$)	Receita Anual sem a venda do excedente de CAP (R\$)	Diferença em relação à configuração 6 (R\$)	Diferença Percentual em relação à configuração 6
1	1.389.968.090,16	174.607.168,79	1.215.360.921,37	-84.409.504,46	-6,49%
3	1.407.875.060,51	109.114.512,70	1.298.760.547,81	-1.009.878,02	-0,08%
4	1.383.285.354,10	186.999.324,42	1.196.286.029,68	-103.484.396,15	-7,96%
6	1.423.196.429,27	123.426.003,44	1.299.770.425,83	0,00	0,00%

Fonte: Elaborada pelo autor

As tabelas 11, 12 e 13 mostram que as configurações 1 e 4, por apresentarem os maiores excedentes de CAP, geram as maiores perdas caso esses excedentes não sejam vendidos. A Tabela 12 mostra ainda que a maior diferença entre a perda com os demais produtos e a perda com o CAP ocorre na configuração de número 6 e que as perdas de receita causadas pela falta de espaço para armazenagem do CAP-50/70 variam de 7,75% a 13,52% do valor da receita total anual.

O gargalo maior do processo produtivo constitui-se, portanto, no excedente de CAP. Vender esse excedente significa também produzir e vender mais lubrificantes, diesel e demais derivados. Para operar com a carga de referência de 3.300 m³/dia, a Lubnor necessita

vender o CAP não absorvido pelo seu mercado de atuação. A escolha da configuração mais rentável passa, portanto, pela venda dos excedentes de CAP.

A rentabilidade da refinaria está também diretamente ligada à receita do *mix* de derivados vendidos, já que os custos da matéria-prima quase não mudam em função do tipo de petróleo processado, que possuem praticamente o mesmo preço. A rigor, o petróleo Jubarte, mais leve que o Fazenda Alegre e o Fazenda Belém, deveria custar um pouco mais, mas não é o que acontece na prática.

Conclui-se que a configuração mais rentável, conforme a Tabela 9, é a de número 6. A de número 3 vem em seguida, com uma receita apenas 1% menor. Esse percentual é pequeno, mas equivale a R\$ 15 milhões. Com 33 milhões a menos que a configuração 6 e R\$ 18 milhões a menos que a de número 3, aparece a configuração 1 e, por último, quase R\$ 7 milhões atrás da configuração 1, está a configuração 4. A diferença entre essas duas últimas equivale a apenas 0,5% da receita total.

Caso não sejam vendidos os excedentes de CAP, conforme a Tabela 12, as configurações 6 e 3 ficam praticamente empatadas, com uma receita em torno de R\$ 1,3 bilhão e uma diferença de apenas R\$ 1 milhão entre elas, equivalente a apenas 0,8% da receita total. A distância para as duas últimas configurações aumentaria, com receitas de R\$ 1,215 bilhões e R\$ 1,196 bilhões, para as configurações de números 1 e 4, respectivamente, com uma diferença de R\$ 19 milhões entre elas.

As configurações 6 e 3, embora mais rentáveis, enfrentam dois problemas de grande impacto: o excedente de CAP no primeiro semestre e os *déficits* de 31.500 e 16.000 m³ a 20°C, respectivamente, desse produto no último trimestre. Esses volumes equivalem a 34.000 e 17.000 m³ a 145°C, temperatura de armazenagem do produto. A proposta para solução desse problema é a construção de um ou mais novos tanques de CAP, totalizando essas capacidades de armazenagem. As configurações 1 e 4 são menos rentáveis que as de número 3 e 6, mas não apresentam *déficits* de CAP. Pelo contrário, os excedentes do produto no primeiro semestre são muito altos.

A opção mais rentável para a refinaria é, portanto, a configuração 6. Entretanto, caso a refinaria tenha que processar o petróleo FZB para atender a organização como um todo, a configuração 3 passa a ser a melhor opção, embora o excedente de nafta nessa configuração deva ser objeto de um estudo mais aprofundado para sua destinação.

5.5 Aumento de Produção com Redução dos Estoques em Processo.

Neste tópico será mostrado, com o uso de uma planilha do *Microsoft Excel*, um sistema de balanceamento entre o recebimento de matéria-prima, a produção primária na UVAC, a produção secundária na ULUB, a estocagem em processo e a de produtos acabados. O sistema reduz as quantidades dos estoques em processo através da transformação dos fluxos em contínuos, sincronizando ou balanceando a demanda por produtos acabados, a chegada de matéria-prima e a estocagem em todas essas etapas de forma a permitir que a refinaria possa ampliar a capacidade de produção sem necessidade de aumento na capacidade de estocagem, podendo inclusive reduzir os estoques em processo.

O estudo poderia ser feito com qualquer das configurações estudadas, mas será utilizada a configuração 1, onde são processados os petróleos FZB e FAL. As planilhas desse estudo são mostradas nos Apêndices L, M e N.

O estudo parte da premissa que o fornecimento do petróleo por navio pode ser feito no regime do LEC, conforme proposto no item 5.3.2 deste trabalho.

No intuito de facilitar a visualização do resultado, são feitas as seguintes simplificações:

- a) as cargas médias reais dos petróleos FZB e FAL são de 840 m³/dia e 2.460 m³/dia, respectivamente, correspondentes aos percentuais de 25,454545...% e 74,545454...% da carga total de 3.300 m³/dia. Esses percentuais são arredondados para 25% e 75%, o que significa que as cargas médias passam a ser: 825 m³/dia e 2.475 m³/dia;
- b) como esses percentuais correspondem a $\frac{1}{4}$ e $\frac{3}{4}$ do processamento diário de 3.300 m³/dia e o período de 30 dias não é múltiplo de quatro, será considerado um ciclo de processamento de 24 dias, dos quais 6 dias (25%) com o petróleo FZB e 18 dias (75%) com o petróleo FAL;
- c) a refinaria possui quatro tanques de petróleo. O maior deles, com 65.000 m³ de capacidade, é aqui chamado de tanque 1. Os tanques 2 e 3 têm a mesma capacidade de 20.000 m³ cada e são considerados como um só, denominado de tanque 2+3, com capacidade para 40.000 m³. O tanque 4 é exclusivo para petróleo FZB e tem uma capacidade de 21.500 m³.
- d) o tanque 1 será sempre o que receberá a descarga dos navios e o tanque 2+3, o que enviará o petróleo para processamento na UVAC. A seqüência da operação

será: tanque 1 recebe do navio, envia para o tanque 2+3 e este alimenta a UVAC.

O sistema constitui-se de três planilhas, todas associadas a uma quarta planilha contendo os parâmetros. É através da mudança no parâmetro Carga Processada, na planilha representado por *Desempenho*, que as planilhas sofrem alterações. a primeira, mostrada no Apêndice L, considera a carga máxima real da UVAC, de 3.300 m³/dia, denominada na indústria do petróleo de carga de referência. Na segunda, Apêndice M, a carga é aumentada em 50% e, na terceira, Apêndice N, ela corresponde ao dobro da carga de referência.

Neste trabalho explica-se apenas a concepção da primeira planilha, pois os cálculos são os mesmos para as três planilhas. Em seguida são comentadas as alterações ocorridas nas outras duas planilhas, em consequência dos aumentos da carga.

O primeiro módulo da primeira planilha estabelece os recebimentos de matéria-prima. O petróleo FZB, recebido por carretas, chega diariamente à refinaria numa quantidade média de 825 m³/dia e o petróleo FAL chega por navio a cada 24 dias. O petróleo FAL é processado por 18 dias a cada ciclo de 24 dias (75%) e a quantidade recebida desse óleo por ciclo será de $3.300 \times 18 = 59.400 \text{ m}^3$. A planilha faz o cálculo para todo o ano e o trecho inicial do primeiro e do segundo módulos é reproduzido na Tabela 14.

O segundo módulo calcula os estoques de petróleo, considerando os recebimentos e envios envolvendo navios e tanques. Nas células abaixo dos números dos tanques estão as suas capacidades, em m³. A primeira coluna mostra que o tanque 1 recebe toda a carga de 59.400 m³ de petróleo FAL do navio. Em seguida, a segunda coluna, denominada *Transf*, registra a transferência inicial de 40.000 m³ para o tanque 2+3, volume limitado pela capacidade do tanque. Na terceira coluna está o envio de 3.300 m³/dia do tanque 2+3 para a UVAC. O tanque 2+3 permanece recebendo do tanque 1 e, ao mesmo tempo, enviando para a UVAC até que o tanque 1 se esvazie. O tanque 2+3 permanece enviando para a UVAC até esvaziar-se, no 18º dia do ciclo. A quarta coluna mostra que enquanto os tanques 1 e 2+3 operam, o tanque 4 acumula estoque de petróleo FZB, à taxa de 825 m³/dia. No 19º dia, após o fim do estoque de petróleo FAL, o tanque 4 passa a enviar os 3.300 m³/dia para a UVAC até o 24º dia. No 24º dia chega novo navio com petróleo FAL e no 25º dia o ciclo recomeça. Pode ser percebido que o tanque 4, mesmo durante o envio para a UVAC, continua recebendo simultaneamente petróleo FZB das carretas. Essa operação de recebimento e envio simultâneos em um mesmo tanque é comum na indústria do petróleo e denomina-se “operação em pulmão”.

Tabela 14 - Recebimento e Estoque de Petróleo.

Módulo 1				Módulo 2			
Recebimento dos Petróleos				Estoque Petróleo			
Dia	Navio		Carreta	Tanques			
	Espera	Qtde	Qtde	1	Transf	2 + 3	4
				65.000		40.000	21.500
0	0	59400	-	59.400	-	-	0
1	23	0	825	59.400	40.000	40.000	825
2	22	0	825	19.400	19.400	59.400	1.650
3	21	0	825	0	-	59.400	2.475
4	20	0	825	0	-	59.400	3.300
5	19	0	825	0	-	59.400	4.125
6	18	0	825	0	-	59.400	4.950
7	17	0	825	0	-	59.400	5.775
8	16	0	825	0	-	59.400	6.600
9	15	0	825	0	-	59.400	7.425
10	14	0	825	0	-	59.400	8.250
11	13	0	825	0	-	59.400	9.075
12	12	0	825	0	-	59.400	9.900
13	11	0	825	0	-	59.400	10.725
14	10	0	825	0	-	59.400	11.550
15	9	0	825	0	-	59.400	12.375
16	8	0	825	0	-	59.400	13.200
17	7	0	825	0	-	59.400	14.025
18	6	0	825	0	-	59.400	14.850
19	5	0	825	0	-	59.400	15.675
20	4	0	825	0	-	59.400	16.500
21	3	0	825	0	-	59.400	17.325
22	2	0	825	0	-	59.400	18.150
23	1	0	825	0	-	59.400	18.975
24	0	59400	825	59.400	-	59.400	19.800
25	23	0	825	59.400	40.000	99.400	20.625
26	22	0	825	19.400	19.400	118.800	21.450
27	21	0	825	0	-	118.800	22.275
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴

Fonte: Elaborada pelo autor.

O terceiro módulo apresenta os petróleos processados e os rendimentos diários de cada produto da UVAC. As duas primeiras linhas abaixo dos nomes dos produtos contêm os tipos de petróleo e os rendimentos dos respectivos derivados. Os números 1 e 2, que aparecem também em toda a primeira coluna referem-se, respectivamente, ao processamento de petróleo FAL e de FZB. A segunda coluna mostra a carga diária processada, que no Apêndice L corresponde à carga de referência de 3.300 m³/dia, no Apêndice M à carga 50% aumentada (4.950 m³/dia) e no Apêndice N, à carga dobrada (6.600 m³/dia). Da terceira à nona colunas estão as produções diárias da UVAC, conforme os rendimentos de cada tipo de petróleo. O trecho inicial desse terceiro módulo é mostrado na Tabela 15.

Tabela 15 - Petróleo processado e produção diária da UVAC

Módulo 3								
Carga e Produção da UVAC								
Tipo de Petróleo	Carga diária	Nafta	Diesel	DNL	DNM	DNP	GOP	CAP
1 FAL (Navio)		2,90%	7,03%	5,38%	4,87%	17,20%	2,46%	60,16%
2 FZB (Carreta)		5,26%	5,48%	6,70%	2,85%	20,15%	2,36%	57,20%
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	3300	95,70	231,99	177,54	160,71	567,60	81,18	1985,28
1	3300	95,70	231,99	177,54	160,71	567,60	81,18	1985,28
1	3300	95,70	231,99	177,54	160,71	567,60	81,18	1985,28
1	3300	95,70	231,99	177,54	160,71	567,60	81,18	1985,28
1	3300	95,70	231,99	177,54	160,71	567,60	81,18	1985,28
1	3300	95,70	231,99	177,54	160,71	567,60	81,18	1985,28
1	3300	95,70	231,99	177,54	160,71	567,60	81,18	1985,28
1	3300	95,70	231,99	177,54	160,71	567,60	81,18	1985,28
1	3300	95,70	231,99	177,54	160,71	567,60	81,18	1985,28
1	3300	95,70	231,99	177,54	160,71	567,60	81,18	1985,28
1	3300	95,70	231,99	177,54	160,71	567,60	81,18	1985,28
1	3300	95,70	231,99	177,54	160,71	567,60	81,18	1985,28
1	3300	95,70	231,99	177,54	160,71	567,60	81,18	1985,28
1	3300	95,70	231,99	177,54	160,71	567,60	81,18	1985,28
1	3300	95,70	231,99	177,54	160,71	567,60	81,18	1985,28
1	3300	95,70	231,99	177,54	160,71	567,60	81,18	1985,28
1	3300	95,70	231,99	177,54	160,71	567,60	81,18	1985,28
2	3300	173,58	180,84	221,10	94,05	664,95	77,88	1887,60
2	3300	173,58	180,84	221,10	94,05	664,95	77,88	1887,60
2	3300	173,58	180,84	221,10	94,05	664,95	77,88	1887,60
2	3300	173,58	180,84	221,10	94,05	664,95	77,88	1887,60
2	3300	173,58	180,84	221,10	94,05	664,95	77,88	1887,60
2	3300	173,58	180,84	221,10	94,05	664,95	77,88	1887,60
1	3300	95,70	231,99	177,54	160,71	567,60	81,18	1985,28
1	3300	95,70	231,99	177,54	160,71	567,60	81,18	1985,28
1	3300	95,70	231,99	177,54	160,71	567,60	81,18	1985,28
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Fonte: Elaborada pelo autor.

O quarto e o quinto módulos precisam ser vistos de forma conjunta. No quarto módulo estão os volumes dos fluxos em processo, correspondentes à vazão diária de cada derivado produzido na UVAC, sua utilização na produção de derivados acabados e os seus estoques de segurança. Para cada derivado, a primeira coluna corresponde ao volume diário – fluxo – que passa por dentro do tanque que o armazena, o qual corresponde à produção diária mostrada no terceiro módulo. A última coluna mostra o estoque de segurança de cada produto da UVAC somado ao saldo de estoque do dia anterior. Os volumes dos estoques de segurança devem ser calculados de modo a minimizar custos e maximizar ganhos. Entretanto, como se quer apenas demonstrar que aumentando a carga é necessário aumentar estoques, esses

volumes não são aqui calculados. A título de simplificação, foi estabelecido que cada produto terá um estoque de segurança de 1.000 m³. As colunas dispostas entre a primeira e a última colunas referentes a cada produto contêm os fluxos utilizados para a produção de derivados acabados. O número dessas colunas varia de produto para produto, em função do número de derivados acabados em que cada produto da UVAC participa como componente. Aqui está um aspecto importante: o balanceamento da saída de produtos acabados com a entrada de matéria-prima significa que todos os estoques dos derivados da UVAC são transformados em derivados acabados e vendidos. Portanto, o volume da última dessas colunas intermediárias deverá ser zero para todos os produtos da UVAC, significando que cada um deles foi totalmente consumido. Como o saldo de estoque será sempre zero, o valor da coluna do estoque de segurança mais saldo de estoque do dia anterior será sempre igual ao valor do estoque de segurança. O quarto módulo mostra, portanto, os fluxos em contínuo, onde toda a produção diária de cada derivado passa pelo estoque em processo e vai direto para a produção de derivados acabados. A Tabela 16 mostra a parte do quarto módulo referente à nafta e ao diesel.

Antes de explicar os números da Tabela 16, é preciso entender o quinto módulo, que contempla a produção dos derivados acabados. A parte desse módulo referente ao CAP, CM, CR e Diesel está reproduzida na Tabela 17. Nesse quinto módulo, as duas linhas dispostas acima dos nomes dos produtos referem-se a quantidades de produção de derivados acabados. Na primeira dessas linhas, com o número 1 à esquerda, estão as quantidades relativas ao petróleo FAL e, na segunda linha, com o número 2 à esquerda, as quantidades referentes ao petróleo FZB. Essas quantidades foram obtidas por tentativa e erro, baseados em duas restrições:

- a) garantir que cada produto da UVAC tenha participação na produção de todos os derivados acabados de que são componentes. São, portanto, limitadores nos primeiros derivados, para garantir que o último seja produzido;
- b) o último derivado acabado deve utilizar todo o estoque remanescente do dia.

Esses números correspondem às ordens para fabricar. Encontrar essas quantidades para cada produto acabado é tarefa comum para sistemas computadorizados que se utilizam do método simplex, como o LINDO. Entretanto, como não são muitas as variáveis, foi possível estabelecê-las por tentativa e erro.

Tabela 17 - Produção diária de derivados acabados (m³).

Módulo 5							
Saída de Derivados Acabados							
	CAP	CM	CR	DIESEL	...	Produção Total	Produção Máxima
1	1821,75	192	40	240			
2	1627,77	350,38	60	185			
	1.821,75	192,00	39,33	231,99	...	3.306,29	3.306,29
	1.821,75	192,00	39,33	231,99	...	3.306,29	3.306,29
	1.821,75	192,00	39,33	231,99	...	3.306,29	3.306,29
	1.821,75	192,00	39,33	231,99	...	3.306,29	3.306,29
	1.821,75	192,00	39,33	231,99	...	3.306,29	3.306,29
	1.821,75	192,00	39,33	231,99	...	3.306,29	3.306,29
	1.821,75	192,00	39,33	231,99	...	3.306,29	3.306,29
	1.821,75	192,00	39,33	231,99	...	3.306,29	3.306,29
	1.821,75	192,00	39,33	231,99	...	3.306,29	3.306,29
	1.821,75	192,00	39,33	231,99	...	3.306,29	3.306,29
	1.821,75	192,00	39,33	231,99	...	3.306,29	3.306,29
	1.821,75	192,00	39,33	231,99	...	3.306,29	3.306,29
	1.821,75	192,00	39,33	231,99	...	3.306,29	3.306,29
	1.821,75	192,00	39,33	231,99	...	3.306,29	3.306,29
	1.821,75	192,00	39,33	231,99	...	3.306,29	3.306,29
	1.821,75	192,00	39,33	231,99	...	3.306,29	3.306,29
	1.627,77	350,38	60,00	180,84	...	3.309,60	3.309,60
	1.627,77	350,38	60,00	180,84	...	3.309,60	3.309,60
	1.627,77	350,38	60,00	180,84	...	3.309,60	3.309,60
	1.627,77	350,38	60,00	180,84	...	3.309,60	3.309,60
	1.627,77	350,38	60,00	180,84	...	3.309,60	3.309,60
	1.627,77	350,38	60,00	180,84	...	3.309,60	3.309,60
	1.821,75	192,00	39,33	231,99	...	3.306,29	3.306,29
	1.821,75	192,00	39,33	231,99	...	3.306,29	3.306,29
	1.821,75	192,00	39,33	231,99	...	3.306,29	3.306,29
	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮

Fonte: Elaborada pelo autor.

Observando-se o caso da nafta, o terceiro módulo mostra que a produção diária de nafta a partir do petróleo FAL é de 95,70 m³/dia, calculada pela multiplicação da carga diária de 3.300 m³/dia pelo rendimento da produção de nafta para o petróleo FAL, mostrado na primeira linha abaixo dos nomes dos produtos, que é de 2,9% em volume: $3.300 \times 0,029 = 95,70$ m³/dia. Os produtos acabados que têm a nafta em sua composição são o CM-30 e CR-250 e as produções de ambos estão calculadas na segunda e na terceira colunas do quinto módulo. A prioridade é dada à produção de CM, deixando o remanescente de nafta para a

produção de CR. Como já foi visto, o CM é composto de 52% de CAP e 48% de nafta. O cálculo da produção de CM é um mínimo entre dois mínimos, referentes aos seus componentes: nafta e CAP. O mínimo referente à nafta é também um mínimo de dois mínimos: o referente à utilização de toda a nafta para a produção de CM, que é de $95,70 / 0,48 = 199,38 \text{ m}^3/\text{dia}$ e o valor mínimo estabelecido por tentativa e erro para a produção de CM, que é de $192 \text{ m}^3/\text{dia}$. Para o CAP é importante lembrar que ele é o único produto da UVAC que embora seja utilizado na produção de outros derivados acabados, já é, por si só, um produto acabado, aliás, o derivado acabado mais vendido pela refinaria. O mínimo referente ao CAP é também um mínimo entre dois mínimos: o primeiro entre o que restou de CAP depois de vendido o CAP como produto acabado, mostrado na coluna do quarto módulo referente ao CAP, com o título de “-Uso no CAP”, significando “o que foi usado como CAP acabado”, dividido pelo percentual de 52% de CAP que entra na composição do CM, que é igual a $163,53 / 0,52 = 314,48 \text{ m}^3/\text{dia}$ e o valor mínimo estabelecido por tentativa e erro para a produção de CM, que é de $192 \text{ m}^3/\text{dia}$. Os dois mínimos entre dois mínimos são iguais a $192 \text{ m}^3/\text{dia}$. O resultado final é, portanto, o mínimo entre dois valores iguais a $192 \text{ m}^3/\text{dia}$, o que significa que a produção de CM-30 é de $192 \text{ m}^3/\text{dia}$.

A terceira coluna do quinto módulo traz a produção de CR, que é também um mínimo de dois mínimos, referentes a dois de seus componentes: a nafta e o CAP, que correspondem, respectivamente, a 9% e 75% em volume do CR. Não está sendo considerado o C_5+ , que também compõe o CR, por não ser produto da UVAC. O mínimo referente à nafta corresponde ao mínimo entre a produção de CR à partir da nafta remanescente da produção de CM, que é de $3,54 / 0,09 = 39,3 \text{ m}^3/\text{dia}$ e o mínimo estabelecido por tentativa e erro para a produção de CM, que é de $40 \text{ m}^3/\text{dia}$. O mínimo referente ao CAP é um mínimo entre o que restou de CAP depois de vendido como CAP acabado e utilizado na produção de CM, estabelecido na coluna do quarto módulo referente ao CAP, com título de “-Uso no CM”, dividido pelo percentual de 75% de CAP que entra na composição do CR, que é igual a $63,69 / 0,75 = 84,92 \text{ m}^3/\text{dia}$ e o valor mínimo estabelecido por tentativa e erro para a produção de CR, que é de $40 \text{ m}^3/\text{dia}$. Logo o resultado final para a produção de CR-250 é o mínimo entre $39,3$ e $40 \text{ m}^3/\text{dia}$, portanto, $39,3 \text{ m}^3/\text{dia}$.

Nessa análise da nafta mostrou-se como calcular a produção de CM e CR. Entretanto, como o CAP está na primeira coluna do quinto módulo e é o produto acabado mais vendido, cabe uma explicação sobre como é calculada a sua produção, que consiste no mínimo entre a produção total de CAP, mostrada na última coluna do terceiro módulo, calculada pela multiplicação da carga diária de $3.300 \text{ m}^3/\text{dia}$ pelo rendimento da produção de

CAP para o petróleo FAL, mostrado na primeira linha abaixo dos nomes dos produtos, que é de 60,16% em volume: $3.300 \times 0,6016 = 1985,28 \text{ m}^3/\text{dia}$, e o valor estabelecido por tentativa e erro, igual a $1.821,75 \text{ m}^3/\text{dia}$, o que dá como resultado a produção de $1.821,75 \text{ m}^3/\text{dia}$.

Da mesma forma que foram feitos os cálculos referentes à nafta, o raciocínio é o mesmo para os demais derivados da UVAC que são componentes de mais de um produto acabado. Já para o diesel e o DNM, que geram apenas um produto, o cálculo é mais simples. No quinto módulo, a produção diária dos derivados acabados, Diesel e NH-20, respectivamente, é igual à produção diária do diesel e do DNM na UVAC, calculada no terceiro módulo.

Agora pode ser entendida a concepção do quarto módulo, onde são explicados os casos da nafta e do diesel, mostrados na Tabela 16. A nafta abre o dia com um estoque de segurança de 1.000 m^3 , como pode ser visto na primeira linha da quarta coluna e passa a receber a produção diária de $95,70 \text{ m}^3$, mostrada na primeira coluna. A segunda coluna mostra que foram utilizados $92,16 \text{ m}^3/\text{dia}$ para a produção de CM e o restante, $3,54 \text{ m}^3/\text{dia}$ para a produção de CR. O estoque do produto passa a ser a soma do estoque de segurança com o estoque do dia anterior, que é igual a zero e, portanto, o estoque final do dia é igual ao estoque de segurança, de 1.000 m^3 . Para o caso do diesel, toda a produção de $231,99 \text{ m}^3/\text{dia}$ é transformada em diesel acabado e, portanto, a coluna seguinte à produção é zerada e, da mesma forma que ocorreu com a nafta, o estoque final do dia é igual ao estoque de segurança.

Todos os cálculos efetuados no quarto e quinto módulos explanados acima foram considerados para o petróleo FAL. Todos os mínimos calculados referiram-se aos parâmetros de rendimentos do petróleo FAL. Quando é processado o petróleo FZB, os parâmetros considerados devem ser os que dizem respeito a esse óleo. Portanto, os rendimentos desse petróleo no terceiro módulo são os da segunda linha abaixo dos nomes dos derivados, referentes ao petróleo de número 2. No quarto módulo, todas as referências são aos percentuais dos derivados produzidos na UVAC para formação dos produtos acabados e independem do tipo de petróleo processado. A produção muda em função do petróleo estabelecido no terceiro módulo. No quinto módulo, as quantidades mínimas estabelecidas por tentativa e erro são as mostradas na segunda linha, onde há o número 2 à esquerda.

A produção diária total mostrada no quinto módulo é igual a $3.306,29 \text{ m}^3$, em vez de 3.300 m^3 . Isso porque a planilha considera somente os produtos da UVAC e, conseqüentemente, não discrimina os 16% de C_5+ existentes no CR-250. Entretanto, esse percentual aparece “embutido” no volume do CR. Como a produção diária de CR é $39,33 \text{ m}^3/\text{dia}$, para o petróleo FAL e $60 \text{ m}^3/\text{dia}$ para o petróleo FZB, a produção diária total ficará

acrescida, respectivamente, de $39,33 \times 0,16 = 6,29 \text{ m}^3/\text{dia}$ e $60 \times 0,16 = 9,60 \text{ m}^3/\text{dia}$, totalizando $3.306,29 \text{ m}^3/\text{dia}$ e $3.309,60 \text{ m}^3/\text{dia}$.

Entendido o funcionamento da planilha, pode ser verificado que os estoques em processo, formados pelos produtos da UVAC, permanecem constantes e iguais aos estoques de segurança, já que o fluxo em contínuo não gera acúmulo de estoque em nenhuma fase do processo produtivo. Esses estoques podem ser zero se o processo for perfeitamente balanceado. De qualquer forma, os 1.000 m^3 estabelecidos correspondem a níveis inferiores aos praticados pela refinaria.

A partir de agora procede-se ao aumento da carga. O Apêndice M mostra a planilha com a carga aumentada em 50%, passando de $3.300 \text{ m}^3/\text{dia}$ para $4.950 \text{ m}^3/\text{dia}$. No primeiro módulo pode ser observado que o petróleo FAL passa a chegar à refinaria a cada 16 dias, contra os 24 dias da primeira planilha e que o volume diário de petróleo FZB recebido via rodoviária aumentou em 50%, passando de 825 para $1.237,50 \text{ m}^3/\text{dia}$. No segundo módulo verifica-se que o ciclo caiu de 24 para 16 dias. O terceiro módulo mostra a carga diária aumentada para $4.950 \text{ m}^3/\text{dia}$ e os correspondentes volumes de produção de cada derivado. O quarto e o quinto módulos são calculados da mesma forma que foi feito para a carga de referência de $3.300 \text{ m}^3/\text{dia}$ e a produção diária total também é ligeiramente superior a $4.950 \text{ m}^3/\text{dia}$ em razão do volume de C_5+ no CR-250. Está demonstrado, portanto, que os estoques em processo diários permanecem iguais aos estoques de segurança, ou seja, 1.000 m^3 .

O Apêndice N mostra a planilha com a carga aumentada em 100%, passando de $3.300 \text{ m}^3/\text{dia}$ para $6.600 \text{ m}^3/\text{dia}$. No primeiro módulo pode ser observado que o petróleo FAL passou a chegar à refinaria a cada 12 dias, contra os 24 dias da primeira planilha e que o volume diário de petróleo FZB recebido via rodoviária aumentou em 100%, passando de 825 para $1.650 \text{ m}^3/\text{dia}$. No segundo módulo verifica-se que o ciclo caiu de 24 para 12 dias. O terceiro módulo mostra a carga diária aumentada para $6.600 \text{ m}^3/\text{dia}$ e os correspondentes volumes de produção de cada derivado. O quarto e o quinto módulos são calculados da mesma forma que foi feito para a carga de referência de $3.300 \text{ m}^3/\text{dia}$ e a produção diária total também é ligeiramente superior a $6.600 \text{ m}^3/\text{dia}$ em razão do volume de C_5+ no CR-250. Mais uma vez, os estoques diários permanecem iguais aos estoques de segurança.

Observando-se as três planilhas, pode ser verificado que os estoques em processo permanecem iguais aos estoques de segurança de 1.000 m^3 estabelecidos inicialmente e que, portanto, embora a produção tenha dobrado, os estoques permanecem os mesmos. A planilha mostra que independente da carga, não há necessidade de aumentar os estoques em processo, desde que os fluxos sejam contínuos.

CAPÍTULO 6

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho propõe uma metodologia para realizar o planejamento e o acompanhamento das operações logísticas de uma refinaria de petróleo visando maximização do resultado econômico e a obtenção do nível de serviço desejado. Propõe também mostrar que é possível a refinaria aumentar a produção reduzindo seus estoques em processo. Para obter o resultado desejado foi feito um estudo do planejamento realizado na Lubnor e utilizado como referenciais bibliográficos a previsão de demanda, na gestão de estoques e em um sistema de apoio à decisão.

A avaliação feita aqui é a de que os objetivos propostos foram alcançados.

O primeiro objetivo específico: conhecer os produtos, mercados e o processo produtivo da refinaria foi alcançado com a pesquisa relatada no Capítulo 3.

O segundo objetivo: elaborar a previsão de demanda de derivados acabados para 2008 foi atingido com a realização da previsão de demanda no Capítulo 5, com base na revisão bibliográfica realizada no Capítulo 2. A proposta deste trabalho é um passo inicial para que a refinaria passe a fazer previsões de demanda anuais e acompanhe os resultados, gerando um processo de melhoria contínua nessa atividade.

O terceiro objetivo específico: estipular uma política de recebimento de matéria-prima pela refinaria é voltado para o suprimento de matéria-prima por via marítima, já que o recebimento por terra é contínuo e regular. A proposta de que a refinaria adote o modelo proposto do LEC, com cargas padronizadas, sempre em um mesmo tipo de navio e aproveitando a viagem feita às plataformas dos campos marítimos em Paracuru, possibilitará à organização garantir o suprimento de petróleo e a continuidade do processo produtivo da refinaria em estudo, otimizará a utilização dos navios, permitirá que a refinaria e o terminal de origem do petróleo façam os seus planejamentos logísticos com maior confiabilidade em razão da regularidade no transporte e evitará que o navio que vem receber o petróleo dos campos marítimos faça a viagem de vinda com praça morta (tanques vazios).

O quarto, quinto e sexto objetivos específicos, estipulados nas alíneas d), e) e f) do item 1.4.2 deste trabalho, são atingidos com a elaboração do SAD, no item 5.3.2, baseado na

previsão de demanda e na gestão de estoques. Os resultados do SAD são comentados em seguida.

Em condições normais de mercado, onde os preços dos derivados remuneram adequadamente o produtor, o objetivo maior de uma refinaria de petróleo é operar sempre com carga plena, para maximizar a produção de derivados e, conseqüentemente, a rentabilidade.

Entretanto, isso muitas vezes não é possível. Em alguns momentos durante o ano, uma refinaria tem que reduzir carga e pode ter que paralisar suas operações. No caso da Lubnor, as principais razões para essas ocorrências são a baixa confiabilidade no fornecimento de petróleo por via marítima e a sazonalidade do mercado de asfaltos, que tem seu período de baixa demanda na época das chuvas na região Nordeste, no primeiro semestre do ano.

Este trabalho se propõe a buscar alternativas para que a Lubnor produza com carga máxima o ano inteiro e com a máxima rentabilidade possível. O sistema de apoio à decisão desenvolvido na pesquisa constatou que a melhor configuração para a refinaria é a de número 6, seguida da de número 3. Elas apresentam as maiores rentabilidades e os menores excedentes de CAP.

As configurações 6 e 3, embora mais rentáveis, enfrentam dois problemas de grande impacto: os excedentes de CAP no primeiro semestre, que apesar de serem significativamente menores que os das configurações 1 e 4, são bastante relevantes e precisam ser estocados para atender os *déficits* de, respectivamente, 31.500 e 16.000 m³ a 20°C desse produto no último trimestre. Esses volumes a 20°C equivalem a 34.000 e 17.000 m³ a 145°C, temperatura de armazenagem do produto. Recomenda-se como solução para o problema a construção de um ou mais novos tanques de CAP, totalizando essas capacidades de armazenagem. Com base na construção de um tanque feita recentemente na refinaria, estima-se que os custos de um tanque de 34.000 m³, incluídas as tubulações de interligação, girem hoje em torno de R\$ 20 milhões. Entretanto, a perda anual fica reduzida em $(31.534 / 65.420) * 104.964.479,44 = R\$ 50.595.382,06$, ou aproximadamente R\$ 50 milhões. Apesar de ainda haver os custos de manutenção, conclui-se que é vantajoso para a refinaria construir o novo tanque. É importante notar que este cálculo foi feito para a refinaria operando com as ULUBs I e II. Para o tanque de 17.000 m³, o investimento gira em torno de R\$ 13 milhões, mas a perda anual é reduzida em $(15.908 / 62.762) * 91.403.076,30 = R\$ 23.167.523,94$ ou R\$ 23 milhões, valor que mesmo considerando os custos de manutenção torna viável a realização do investimento. Essa questão é bastante relevante pelo fato de que o atendimento ao mercado

de CAP tem um forte apelo político e a falta do produto no período de alta demanda exige uma solução por parte da refinaria.

O suprimento do Petróleo Jubarte pode ser dificultado com a descoberta de petróleo na camada pré-sal. Nesse caso, resta à refinaria as configurações 1 e 4, nessa ordem, que são menos rentáveis que as de número 3 e 6. Entretanto, essas configurações apresentam altos excedentes de CAP no primeiro semestre. Propõe-se aqui as seguintes soluções para este problema, que também valem para as configurações 6 e 3:

- a) atender parte do mercado da RLAM com o excedente da Lubnor;
- b) oferecer um desconto no preço do CAP-50/70, inclusive para o mercado de atuação da refinaria;
- c) exportar o excedente de CAP-50/70 para outros países;
- d) prospectar novos mercados para o CAP.

No que se refere à alínea a), a RLAM, Refinaria Landulpho Alves – Mataripe, na Bahia, é a segunda maior e mais complexa refinaria da Petrobras e sua capacidade de processamento de petróleo é 45 vezes superior à da Lubnor. É voltada para a produção de diesel, gasolina, GLP e lubrificantes de base parafínica. Apesar do seu porte, a produção de asfaltos é marginal, tanto que produz menos que a Lubnor. Um acordo entre a Lubnor e a RLAM para que o excedente de CAP-50/70 da Lubnor seja vendido para o mercado da área de atuação da RLAM traria um grande benefício à Lubnor e um impacto desprezível no faturamento da RLAM.

O fato de que o mercado da RLAM está geograficamente muito distante pode ser resolvido. Basta que a Lubnor assumira os custos do frete. O valor do frete de Fortaleza para Salvador equivale, na mesma referência dos preços dos produtos, mês de junho/08, a 34% do preço do CAP. A Lubnor poderia custear o frete e ainda sairia ganhando.

A proposta da alínea b) é fundamentada nos números apresentados na Tabela 12. A quarta coluna dessa tabela mostra que, mesmo que a refinaria doasse todo o excedente de CAP, ainda haveria ganhos próximos de R\$ 8, 5, 12 e 15 milhões para as configurações 1, 3, 4 e 6, respectivamente.

A exportação de CAP abordada na alínea c) é uma saída interessante para a venda do excedente, pois a refinaria não precisaria abrir mão de outras receitas. Entretanto, deve ser feito um *trade off* entre vender o CAP no mercado internacional, considerando o valor do produto e o custo do frete de entrega, e a venda do produto com desconto no mercado nacional.

A prospecção de novos mercados proposta na alínea d) é uma saída de longo prazo e que não resolverá o problema isoladamente. Precisa ser utilizada simultaneamente a outras ações. O CAP pode ser utilizado na produção de mantas impermeabilizantes, asfalto ensacado e ter novos usos descobertos.

A melhor solução para reduzir os altos excedentes de CAP das configurações 1 e 4 é o processamento de um petróleo mais leve, a exemplo do Jubarte, o que leva às configurações 6 e 3.

Conclui-se que as configurações 6 e 3, nessa ordem, são as que devem ser perseguidas pela refinaria. A construção da tancagem para armazenar o CAP no período de baixa demanda para que não haja falta no período de alta resolve o problema da falta do produto nessas duas configurações.

Deve ser lembrado ainda que, conforme já abordado, a configuração 6 não utiliza o petróleo FZB, o que para a refinaria significa uma fonte de suprimento a menos e, para a organização Petrobras, representa processar esse óleo com menor rentabilidade em outra refinaria. A decisão entre a adoção da configuração 3 ou 6 passa por um *trade off* entre a maior rentabilidade da configuração 6 e o ganho para a organização como um todo, com o processamento do petróleo FZB na Lubnor, proporcionado pela configuração 3.

Caso a refinaria tenha que processar o petróleo FZB, a configuração 3 passa a ser a melhor opção. Entretanto, o destino a ser dado ao excedente de nafta nessa configuração deve ser objeto de um estudo mais aprofundado.

Um ponto adicional importante relativo às configurações 6 e 3 envolve o processamento do petróleo Jubarte. Como foi dito no item 5.3.2, se fossem conhecidos os rendimentos das correntes da destilação desse petróleo na campanha DNL/DNP, os resultados dessas configurações poderiam ser ainda melhores. Provavelmente esse óleo seria processado nos primeiros três ou quatro meses do ano e o excedente de CAP no período seria menor ou nem existiria, além de haver um aumento na produção de diesel, que possui valor agregado maior que o do CAP. A partir de abril ou maio, o petróleo Jubarte seria substituído pelo petróleo Fazenda Alegre ou pela associação deste ao petróleo Fazenda Belém para maximizar a produção de asfaltos e formar de estoques de CAP como preparação para os períodos de alta demanda.

Independente da configuração a ser utilizada, recomenda-se como boa prática para conservação de energia, que durante o período de baixa demanda de CAP sejam bloqueadas as serpentinas de aquecimento dos tanques desse produto que permaneçam cheios por um período prolongado. O CAP ficaria quase sólido e não seria bombeável, mas a economia de

vapor para o maior dos tanques seria em torno de 24 toneladas por dia. Ao custo atual aproximado de R\$ 40,00 por tonelada, a economia mensal é de R\$ 28.800,00. Alguns dias antes da previsão de retorno à operação, o tanque voltaria a ser aquecido para permitir o bombeamento e a entrega do produto.

Este trabalho foi aplicado ao ano de 2008. Considerou-se que os estoques de abertura são iguais a zero, exceto nas configurações 1B, 3B, 4B e 6B, que partiram com estoques iniciais de DNL e DNM, para evitar falta de produtos e conseqüente redução do nível de serviço durante o ano. O estudo para o próximo ano deve considerar os estoques de abertura do ano anterior, o que traz novos desafios ao planejamento da refinaria.

Um aperfeiçoamento importante deste trabalho pode ser feito pela refinaria: desconsiderar os períodos de planejamento mensais e fazer um estudo diário. Os estudos de demanda e o planejamento de produção realizados pela refinaria são mensais, mas a mudança de campanha pode se dar a qualquer tempo, e não necessariamente nas “viradas” dos meses. Alguns problemas de demanda dentro de um mesmo mês podem ser resolvidos simplesmente pela mudança de campanha dentro daquele mês.

Outro aperfeiçoamento possível é a inclusão das paradas para manutenção das unidades de processo, programadas para ocorrer a cada quatro anos, e dos tanques de armazenamento, programadas para cada 10 anos.

O penúltimo objetivo específico, assinalado pela alínea g) do item 1.4.2, foi atingido com demonstração descrita no item 5.5. O único parâmetro alterado nas planilhas dos Apêndices L, M e N foi a carga da refinaria e os estoques em processo permaneceram os mesmos, em valores inferiores aos utilizados pela refinaria, o que demonstra que se houver um balanceamento entre as quantidades de matéria-prima que entram na refinaria e as quantidades de derivados acabados que saem, através da transformação dos fluxos em contínuos, é possível aumentar a carga reduzindo-se a capacidade dos estoques em processo. Teoricamente, esse aumento seria possível até o limite de capacidade das bombas subtraído da perda de carga nas tubulações. Entretanto, isso não seria possível na prática, pois existem as restrições operacionais, como por exemplo a paralisação do bombeamento de matéria-prima entre a atracação e a desatracação dos navios de petróleo. A planilha dos Apêndices L, M e N consideram uma condição simplificada e ideal.

O último objetivo específico foi atingido com as conclusões e recomendações elaboradas neste trabalho, descritas neste Capítulo 6.

Assim, este trabalho de pesquisa dá sua contribuição ao planejamento das operações logísticas da Lubnor, permitindo que os gestores da refinaria disponham de uma

ferramenta e de recomendações que os permitirão melhorar a previsão de demanda, a gestão de estoques, a utilização dos transportes e, conseqüentemente, a rentabilidade da unidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABADIE, E. **Processos de Refinação**. Rio de Janeiro: Petrobras: 1999.

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução ANP nº 19, de 11.7.2005 DOU 12.7.2005 Republicada DOU 13.7.2005 – Retificada DOU 25.7.2005 – Retificada DOU 17.3.2006**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/petro/legis_qualidade.asp>. Acesso em: 15 ago. 2008.

American Society for Testing Materials. **D4175–08b**: Standard Terminology Relating to Petroleum, Petroleum Products, and Lubricants. West Conshohocken, Philadelphia, EUA, 2008.

ANNES, RICARDO. **Sistemas de Apoio à Decisão**. Notas de Aula do Curso de Especialização em Informática Aplicada à Atividade Empresarial da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS. Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://puers.campus2.br/~annes/sad2.html>>. Acesso em: 23.06.2008.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. Porto Alegre: Bookman, 2006. 616 p.

BERNUCCI L. B. et al. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2007. 501 p.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS D. J.; COOPER, M. B. **Gestão Logística de Cadeias de Suprimentos**. Porto Alegre: Bookman, 2006, 529 p.

BRASIL, N. I. **Introdução à Engenharia Química**. Rio de Janeiro: Interciência: Petrobras, 1999.

CARDOSO, L. C. **Petróleo**: do Poço ao Posto. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

CHANG, Y.L.; DESAI, K.; KRATZER, T. **WinQSB** Version 2.0: Decision Support Software for MS/OM. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2003, 230 p.

CHIAVENATO, IDALBERTO. **Administração dos Novos Tempos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

CHING, H. Y. **Gestão de Estoques na Cadeia de Logística Integrada: Supply Chain**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

COLLYER, W. A.; COLLYER, M. A. **Dicionário de Comércio Marítimo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Lutécia, 2002. 294 p.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da Administração da Produção**. 3. ed. Porto Alegre, Bookman, 2001.

DANTAS NETO, A. A.; GURGEL, A. **Refino de Petróleo e Petroquímica**. Aulas do Curso de Engenharia Química para o Setor Petróleo e Gás, da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Natal, 2008. Disponível em: <<http://www.nupeg.ufrn.br/downloads.html>>. Acesso em: 30.07.2008.

DOWNING, D.; CLARK, J. **Estatística Aplicada**. 2. ed. São Paulo, Saraiva, 2006.

FALSARELLA, O. M.; CHAVES, E. O. C. Sistemas de Informação e Sistemas de Apoio à Decisão. Revista do Instituto de Informática da Pontifícia Universidade Católica de Campinas - PUCCAMP - volume 3 - nº 1. Campinas, 1995. Disponível em: <<http://pessoal.cefetpr.br/lapeplow/Paginas/FalsarellaChaves.pdf>>. Acesso em: 23.06.2008.

FARAH, M. A. **Petróleo e Derivados**. Rio de Janeiro: Universidade Petrobras, 2002. 243 p.

FARAH, M. A. **Caracterização do Petróleo e seus Produtos**. Rio de Janeiro: Centro de Pesquisas da Petrobras, 1989. 286 p.

FARAH, M. A. **Cálculos Fundamentais em Engenharia de Processamento**. Rio de Janeiro: Centro de Pesquisas da Petrobras, 2003. 223 p.

FIGUEIREDO, K. F.; FLEURY, P. F.; WANKE, P (Org.). **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento do Fluxo de Produtos e dos Recursos**. São Paulo: Atlas, 2003.

FREUND, J. E. **Estatística Aplicada: Economia, Administração e Contabilidade**. 11. ed. Porto Alegre, Bookman, 2006.

GARCIA, E. S. et al. **Gestão de Estoques: Otimizando a Logística e a Cadeia de Suprimentos**. Rio de Janeiro: E-Papers, 2006.

GARY, J. H.; HANDWERK, G.E. **Refino de Petróleo: Tecnología y Economía**. Barcelona, Espanha: Reverté, 1980.

GHIANI, G.; LAPORTE, G.; MUSMANNO, R. **Introduction to Logistics Systems Planning and Control**. Chichester, England, John Wiley & Sons Ltd, 2004, 352p.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. A. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. São Paulo: Atlas, 2002.

INSTITUTO DE ASFALTO. **Manual de Asfalto**. Série nº 4, Rio de Janeiro, RJ, 1989, 607 p.

IOMA. **The IOMA Handbook of Logistics and Inventory Management**. Institute of Management and Administration (IOMA). New York, USA: John Wiley and Sons, Inc., 2002. 1.056 p.

KAPLAN, R. S. e NORTON, D. P. **A Estratégia em Ação: Balanced Scorecard**. 1. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

KOCHE, J. C. **Fundamentos de Metodologia Científica: Teoria da Ciência e Iniciação à Pesquisa**. 20. ed. Petrópolis-RJ: Vozes, 2002.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Sistemas de Informação Gerenciais: Administrando a empresa digital**. 5. ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2004.

LAZARO, L. M. S. M. **Aplicações para Óleos Naftênicos**. Aula proferida no Curso de Óleos Naftênicos, da Universidade Petrobras, ministrado na Lubnor, Fortaleza, 2008.

MAIA, G. L. **Uma metodologia de suporte à tomada de decisão de investimentos no setor produtivo da mamona: um enfoque econômico no pequeno produtor**. 2008. Dissertação (Mestrado em Gestão Logística e Pesquisa Operacional) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

MARCONI, M. A. e LAKATOS, E. M. **Metodologia Científica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

MARTINS, G. A. **Manual para Elaboração de Monografias e Dissertações**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de Marketing: Metodologia, Planejamento**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

MIGLIOLI, A. M. **Tomada de Decisão na Pequena Empresa: Estudo Multicaso sobre a Utilização de Ferramentas Informatizadas de Apoio à Decisão**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

NEIVA, J. **Conheça o Petróleo**. 5. ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1986.

NYNAS. **Products\Bases Oils**. Página da empresa na internet. Disponível em: <<http://www.nynas.com>>. Acesso em: 10 de abril de 2008.

O'BRIEN, J.A. **Sistemas de informação e as decisões gerenciais na era da Internet**. São Paulo: Saraiva, 2002.

PETROBRAS. **Gráfico da Produção Nacional de Derivados**. Disponível no site da Petrobras na Internet <<http://www2.petrobras.com.br/portal/Petrobras.htm>>. Acesso em: 10 de Fevereiro de 2008.

PETROBRAS. **Pacote de Suporte à Decisão - Fase II: Nova Unidade de Produção de Lubrificantes Naftênicos da Lubnor**. Rio de Janeiro, 2008.

PETROBRAS. 2007. **Relatório de Gestão da Área de Abastecimento**. Rio de Janeiro, 2007.

PETROBRAS. 2005. **O Petróleo e a Petrobras em Perguntas e Respostas**. Rio de Janeiro, 2005.

RICHARDSON, R.J. et al. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo; Atlas, 1999.

RIZZI, A.T. **Mudanças tecnológicas e reestruturação da indústria agroalimentar: o caso da indústria de frangos no Brasil**. Campinas, 1993. 194p. Tese (Doutorado) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas.

SANTA EULÁLIA, L. A. Uma contribuição para a formalização do processo de gestão da demanda no âmbito do planejamento e controle de produção em empresas MTS (*made to stock*). São Carlos, 231 p. 2001. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 22. ed. São Paulo, Cortez, 2004. 335 p.

SHELL. **The Shell Bitumen Handbook**. Surrey, U.K., 1990. 336 p.

SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo, Atlas, 2002. 747 p.

SOLOMON. **Refinery Comparative Performance Analysis Methodology**. Texas, USA, Solomon Associates, 2001.

SPRAGUE, R. H.; WATSON, H. J. **Sistemas de Apoio à Decisão**. Rio de Janeiro: Campus, 1991.

TONIAL, I.A. **Influência do envelhecimento do revestimento asfáltico na vida de fadiga de pavimentos**. 2001. Dissertação (Mestrado) – Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

TRINDADE, E. D. **Óleos Básicos Naftênicos**. Aula proferida no Curso de Óleos Naftênicos, da Universidade Petrobras, ministrado na Lubnor, Fortaleza, 2008.

TURBAN, E.; MCLEAN, E.; WETHERBE, J. **Tecnologia da Informação para Gestão**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

ZAMBONI, G. E. Óleos Básicos. LUBES em foco, Rio de Janeiro, ano I, n. 5, p. 12-19, mar. 2008.

APÊNDICE A - SISTEMA DE APOIO À DECISÃO - CONFIGURAÇÃO 1A: PETRÓLEOS FZB + FAL

Petróleo	Carga (m³/dia)	Produto	Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho		Saldo Parcial Jun (m³)				
			Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Jan (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Fev (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Mar (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Abr (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Mai (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Jun (m³)					
FZB (25%)	840	NF	42,84	1328	2536	-1208	46,20	1328	2196	-868	46,20	1328	2572	-1244	46,20	1386	3336	-1650	
		DS	28,56	885	885	2071	28,56	885	885	2142	28,56	885	885	71,40	2142	71,40	2142	2142	-4982
		DNL	94,92	2943	5115	-2172	94,92	2943	5344	-2402	94,92	2943	4839	-1897	94,92	0,00	0,00	4982	-4982
		DNP	194,88	6041	10403	-3947	194,88	6041	3947	-3947	194,88	6041	9744	-3703	194,88	6041	131,88	3956	9520
GOP	0,00	8348	8348	-8348	0,00	8348	8348	-8348	0,00	8348	8348	12504	-4872	0,00	0,00	14680	12504	-11042	
CAP	478,80	14843	40001	-25156	483,00	14007	30211	-16204	483,00	14490	28698	14843	-4016	483,00	14843	14843	45682	-31372	
Total:	840	26040	71235	-45195	840	24360	61690	-37330	840	26040	61338	1443	-48868	840	25200	82293	-57683		

Demanda de NH-10 no mês (m³ a 20°C): 1298
 Saldo de DNL de FZB no mês (m³ a 20°C): 1645
 Saldo de DNP de FZB no mês (m³ a 20°C): 1659
 Espaço de lançamento utilizado (%): 36,88

Petróleo	Carga (m³/dia)	Produto	Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro		Saldo Parcial Dez (m³)				
			Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Jul (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Ago (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Set (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Out (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Nov (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Dez (m³)					
FAL (75%)	2460	NF	68,88	2135	1208	927	73,80	2140	616	2451	68,88	2135	1244	-2214	73,80	2214	1950	6723	
		DS	93,48	2898	2898	7348	93,48	2898	2898	7601	93,48	2898	2898	253,38	7601	253,38	7601	7601	3303
		DNL	263,22	8160	2172	-3947	263,22	8160	5094	-2242	263,22	8160	3947	-2042	263,22	0,00	0,00	4982	-4982
		DNP	435,42	13498	4361	-9137	435,42	13498	6248	-1862	435,42	13498	3703	-4044	435,42	12325	410,82	12325	47204
GOP	0,00	8348	8348	-8348	0,00	8348	8348	-8348	0,00	8348	8348	12504	-4872	0,00	0,00	11042	12504	-42855	
CAP	1478,46	45832	25158	-20674	1478,46	45832	15712	-76259	1478,46	45832	14843	-4016	1478,46	45832	14843	45832	31372	59236	
Total:	2460	76260	48953	-26523	2460	71340	44678	-54663	2460	73800	47786	51766	-66043	2460	73800	64695	-76618		

Estoque de CAP no mês (m³ a 20°C): 20674
 Estoque de CAP no mês (m³ a 145°C): 22384
 Vendas do CAP não escoável (m³ a 145°C): 0
 Vendas do CAP não escoável (m³ a 20°C): 0
 Estoque final de CAP no mês (m³ a 20°C): 20674

Petróleo	Carga (m³/dia)	Produto	Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro		Saldo Parcial Dez (m³)				
			Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Jul (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Ago (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Set (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Out (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Nov (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Dez (m³)					
FZB (25%)	840	NF	42,84	1328	2536	-1208	46,20	1328	2196	-868	46,20	1328	2572	-1244	46,20	1386	3336	-1650	
		DS	28,56	885	885	2071	28,56	885	885	2142	28,56	885	885	71,40	2142	71,40	2142	2142	-4982
		DNL	94,92	2943	5115	-2172	94,92	2943	5344	-2402	94,92	2943	4839	-1897	94,92	0,00	0,00	4982	-4982
		DNP	194,88	6041	10403	-3947	194,88	6041	3947	-3947	194,88	6041	9744	-3703	194,88	6041	131,88	3956	9520
GOP	0,00	8348	8348	-8348	0,00	8348	8348	-8348	0,00	8348	8348	12504	-4872	0,00	0,00	14680	12504	-11042	
CAP	478,80	14843	40001	-25156	483,00	14007	30211	-16204	483,00	14490	28698	14843	-4016	483,00	14843	14843	45682	-31372	
Total:	840	26040	71235	-45195	840	24360	61690	-37330	840	26040	61338	1443	-48868	840	25200	82293	-57683		

Demanda de NH-10 no mês (m³ a 20°C): 1298
 Saldo de DNL de FZB no mês (m³ a 20°C): 1645
 Saldo de DNP de FZB no mês (m³ a 20°C): 1659
 Espaço de lançamento utilizado (%): 36,88

Petróleo	Carga (m³/dia)	Produto	Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro		Saldo Parcial Dez (m³)				
			Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Jul (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Ago (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Set (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Out (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Nov (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Dez (m³)					
FZB (25%)	840	NF	42,84	1328	2536	-1208	46,20	1328	2196	-868	46,20	1328	2572	-1244	46,20	1386	3336	-1650	
		DS	28,56	885	885	2071	28,56	885	885	2142	28,56	885	885	71,40	2142	71,40	2142	2142	-4982
		DNL	94,92	2943	5115	-2172	94,92	2943	5344	-2402	94,92	2943	4839	-1897	94,92	0,00	0,00	4982	-4982
		DNP	194,88	6041	10403	-3947	194,88	6041	3947	-3947	194,88	6041	9744	-3703	194,88	6041	131,88	3956	9520
GOP	0,00	8348	8348	-8348	0,00	8348	8348	-8348	0,00	8348	8348	12504	-4872	0,00	0,00	14680	12504	-11042	
CAP	478,80	14843	40001	-25156	483,00	14007	30211	-16204	483,00	14490	28698	14843	-4016	483,00	14843	14843	45682	-31372	
Total:	840	26040	71235	-45195	840	24360	61690	-37330	840	26040	61338	1443	-48868	840	25200	82293	-57683		

Demanda de NH-10 no mês (m³ a 20°C): 1298
 Saldo de DNL de FZB no mês (m³ a 20°C): 1645
 Saldo de DNP de FZB no mês (m³ a 20°C): 1659
 Espaço de lançamento utilizado (%): 36,88

Petróleo	Carga (m³/dia)	Produto	Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro		Saldo Parcial Dez (m³)				
			Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Jul (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Ago (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Set (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Out (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Nov (m³)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Parcial Dez (m³)					
FZB (25%)	840	NF	42,84	1328	2536	-1208	46,20	1328	2196	-868	46,20	1328	2572	-1244	46,20	1386	3336	-1650	
		DS	28,56	885	885	2071	28,56	885	885	2142	28,56	885	885	71,40	2142	71,40	2142	2142	-4982
		DNL	94,92	2943	5115	-2172	94,92	2943	5344	-2402	94,92	2943	4839	-1897	94,92	0,00	0,00	4982	-4982
		DNP	194,88	6041	10403	-3947	194,88	6041	3947	-3947	194,88	6041	9744	-3703	194,88	6041	131,88	3956	9520
GOP	0,00	8348	8348	-8348	0,00	8348	8348	-8348	0,00	8348	8348	12504	-4872	0,00	0,00	14680	12504	-11042	
CAP	478,80	14843	40001	-25156	483,00	14007	30211	-16204	483,00	14490	28698	14843	-4016	483,00	14843	14843	45682	-31372	
Total:	840	26040	71235	-45195	840	24360	61690	-37330	840	26040	61338	1443	-48868	840	25200	82293	-57683		

Demanda de NH-10 no mês (m³ a 20°C): 1298
 Saldo de DNL de FZB no mês (m³ a 20°C): 1645
 Saldo de DNP de FZB no mês (m³ a 20°C): 1659
 Espaço de lançamento utilizado (%): 36,88

APÊNDICE B - SISTEMA DE APOIO À DECISÃO - CONFIGURAÇÃO 1B: PETRÓLEOS FZB + FAL (com estoque inicial de 4.000 m³ de DNM)

Petróleo	Carga (m³/dia)	Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho	
		Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)
NE		1328	2536	1340	1956	1328	2196	1386	1751	1328	2572	1386	3336
DS		2856	885	2071	5084	2856	885	2142	2142	2856	885	2142	2142
DNL		2943	5115	1705	5084	2943	5344	2142	4588	2943	4839	2142	4882
DNM		6041	10403	3825	10073	6041	10062	1764	3947	6041	9744	1764	3947
DNP	840	8348	8348	1413	8348	8348	8348	13188	3956	8348	12504	13188	3956
GOP		40001	40001	14007	30211	40001	15712	1462	8887	40001	12504	4872	1462
CAP		47880	47880	20674	20674	47880	15712	483.00	14208	47880	14843	483.00	14490
Total:		28040	71235	24360	61650	28040	61338	26200	93937	28040	74308	840	25200
Saldo Parcial Final (m³)		-1208	-45195	-37330	-37330	-868	-35268	840	-34197	840	-48688	840	-57033
Saldo Parcial Inicial (m³)		1208	45195	37330	37330	868	35268	840	34197	840	48688	840	57033

Demanda de NH-10 no mês (m³ a 20°C): 1298
 Demanda de DNL de FZB no mês (m³ a 20°C): 1645
 Saldo de DNL de FZB no mês (m³ a 20°C): 1659
 Espaço de lançamento utilizado (%): 36,86

Petróleo	Carga (m³/dia)	Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro	
		Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)
NE		1328	2536	1328	1956	1328	2196	1386	1751	1386	2572	1386	3336
DS		2856	885	2071	5084	2856	885	2142	2142	2856	885	2142	2142
DNL		2943	5115	1705	5084	2943	5344	2142	4588	2943	4839	2142	4882
DNM		6041	10403	3825	10073	6041	10062	1764	3947	6041	9744	1764	3947
DNP	840	8348	8348	1413	8348	8348	8348	13188	3956	8348	12504	13188	3956
GOP		40001	40001	14007	30211	40001	15712	1462	8887	40001	12504	4872	1462
CAP		47880	47880	20674	20674	47880	15712	483.00	14208	47880	14843	483.00	14490
Total:		28040	71235	24360	61650	28040	61338	26200	93937	28040	74308	840	25200
Saldo Parcial Final (m³)		-2663	-45195	-37330	-37330	-868	-35268	840	-34197	840	-48688	840	-57033
Saldo Parcial Inicial (m³)		2663	45195	37330	37330	868	35268	840	34197	840	48688	840	57033

Estoque de CAP no mês (m³ a 20°C): 20674
 Estoque de CAP não escoável (m³ a 145°C): 22884
 Vendas do CAP não escoável (m³ a 145°C): 0
 Vendas do CAP não escoável (m³ a 20°C): 1237
 Estoque final de CAP no mês (m³ a 20°C): 46179

Petróleo	Carga (m³/dia)	Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro	
		Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)
NE		1328	2536	1328	1956	1328	2196	1386	1751	1386	2572	1386	3336
DS		2856	885	2071	5084	2856	885	2142	2142	2856	885	2142	2142
DNL		2943	5115	1705	5084	2943	5344	2142	4588	2943	4839	2142	4882
DNM		6041	10403	3825	10073	6041	10062	1764	3947	6041	9744	1764	3947
DNP	840	8348	8348	1413	8348	8348	8348	13188	3956	8348	12504	13188	3956
GOP		40001	40001	14007	30211	40001	15712	1462	8887	40001	12504	4872	1462
CAP		47880	47880	20674	20674	47880	15712	483.00	14208	47880	14843	483.00	14490
Total:		28040	71235	24360	61650	28040	61338	26200	93937	28040	74308	840	25200
Saldo Parcial Final (m³)		-2663	-45195	-37330	-37330	-868	-35268	840	-34197	840	-48688	840	-57033
Saldo Parcial Inicial (m³)		2663	45195	37330	37330	868	35268	840	34197	840	48688	840	57033

Estoque de CAP no mês (m³ a 20°C): 20674
 Estoque de CAP não escoável (m³ a 145°C): 22884
 Vendas do CAP não escoável (m³ a 145°C): 0
 Vendas do CAP não escoável (m³ a 20°C): 1237
 Estoque final de CAP no mês (m³ a 20°C): 46179

Petróleo	Carga (m³/dia)	Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro	
		Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Demanda Parcial (m³/mês)
NE		1328	2536	1328	1956	1328	2196	1386	1751	1386	2572	1386	3336
DS		2856	885	2071	5084	2856	885	2142	2142	2856	885	2142	2142
DNL		2943	5115	1705	5084	2943	5344	2142	4588	2943	4839	2142	4882
DNM		6041	10403	3825	10073	6041	10062	1764	3947	6041	9744	1764	3947
DNP	840	8348	8348	1413	8348	8348	8348	13188	3956	8348	12504	13188	3956
GOP		40001	40001	14007	30211	40001	15712	1462	8887	40001	12504	4872	1462
CAP		47880	47880	20674	20674	47880	15712	483.00	14208	47880	14843	483.00	14490
Total:		28040	71235	24360	61650	28040	61338	26200	93937	28040	74308	840	25200
Saldo Parcial Final (m³)		-2663	-45195	-37330	-37330	-868	-35268	840	-34197	840	-48688	840	-57033
Saldo Parcial Inicial (m³)		2663	45195	37330	37330	868	35268	840	34197	840	48688	840	57033

Estoque de CAP no mês (m³ a 20°C): 20674
 Estoque de CAP não escoável (m³ a 145°C): 22884
 Vendas do CAP não escoável (m³ a 145°C): 0
 Vendas do CAP não escoável (m³ a 20°C): 1237
 Estoque final de CAP no mês (m³ a 20°C): 46179

APÊNDICE C - SISTEMA DE APOIO À DECISÃO - CONFIGURAÇÃO 2: PETRÓLEOS FZB + JUB

Petróleo	Carga (m³/dia)	Janeiro			Fevereiro			Março			Abril			Maio			Junho		
		Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Jan (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Fev (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Mar (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Abr (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Mai (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Jun (m³)
NF		42,84	1328	2636	-1208	840	24360	61650	-37330	840	26040	61338	-35268	840	26040	61338	-35268	840	26040
DS		28,56	885	2071	-5084	840	24360	61650	-37330	840	26040	61338	-35268	840	26040	61338	-35268	840	26040
DNL		94,92	2943	5115	-2172	840	24360	61650	-37330	840	26040	61338	-35268	840	26040	61338	-35268	840	26040
DNP	840	0,00	0,00	1705	-3947	840	24360	61650	-37330	840	26040	61338	-35268	840	26040	61338	-35268	840	26040
GOP		194,88	6041	10403	-4361	840	24360	61650	-37330	840	26040	61338	-35268	840	26040	61338	-35268	840	26040
CAP		478,80	14843	40001	-16204	840	24360	61650	-37330	840	26040	61338	-35268	840	26040	61338	-35268	840	26040
Total:		840	26040	45195	-1208	840	24360	61650	-37330	840	26040	61338	-35268	840	26040	61338	-35268	840	26040

Demanda de NH-10 no mês (m³ a 20°C): 1298
 Saldo de DNL de FZB no mês (m³ a 20°C): 1645
 Saldo de DNL de FZB no mês (m³ a 32°C): 1659
 Espaço de lançamento utilizado (%): 36,86

Petróleo	Carga (m³/dia)	Julho			Agosto			Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro		
		Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Jul (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Ago (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Set (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Out (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Nov (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Dez (m³)
NF		113,16	3508	1208	2300	4965	616	1836	5535	616	1836	5535	616	1836	5535	616	1836	5535	616
DS		216,48	6711	1712	4080	12240	3072	9492	24480	616	1836	5535	616	1836	5535	616	1836	5535	616
DNL		649,44	19833	3537	12240	36720	1836	5535	16608	616	1836	5535	616	1836	5535	616	1836	5535	616
DNP	2460	0,00	0,00	2242	6711	16482	4224	12648	32640	616	1836	5535	616	1836	5535	616	1836	5535	616
GOP		2135,3	6405	10975	6248	18744	4752	14256	36720	616	1836	5535	616	1836	5535	616	1836	5535	616
CAP		4788,0	14355	38133	10224	30662	7728	22944	58560	616	1836	5535	616	1836	5535	616	1836	5535	616
Total:		2460	74508	15719	2460	74508	15719	2460	74508	15719	2460	74508	15719	2460	74508	15719	2460	74508	15719

Estoque de CAP no mês (m³ a 20°C): 7939
 Estoque de CAP no mês (m³ a 145°C): 8595
 Vendas do CAP não escoável (m³ a 145°C): 0
 Vendas do CAP não escoável (m³ a 20°C): 0
 Estoque final de CAP no mês (m³ a 20°C): 7939

Petróleo	Carga (m³/dia)	Julho			Agosto			Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro		
		Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Jul (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Ago (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Set (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Out (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Nov (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Dez (m³)
NF		42,84	1328	2636	-1208	840	24360	61650	-37330	840	26040	61338	-35268	840	26040	61338	-35268	840	26040
DS		28,56	885	2071	-5084	840	24360	61650	-37330	840	26040	61338	-35268	840	26040	61338	-35268	840	26040
DNL		94,92	2943	5115	-2172	840	24360	61650	-37330	840	26040	61338	-35268	840	26040	61338	-35268	840	26040
DNP	840	0,00	0,00	1705	-3947	840	24360	61650	-37330	840	26040	61338	-35268	840	26040	61338	-35268	840	26040
GOP		194,88	6041	10403	-4361	840	24360	61650	-37330	840	26040	61338	-35268	840	26040	61338	-35268	840	26040
CAP		478,80	14843	40001	-16204	840	24360	61650	-37330	840	26040	61338	-35268	840	26040	61338	-35268	840	26040
Total:		840	26040	45195	-1208	840	24360	61650	-37330	840	26040	61338	-35268	840	26040	61338	-35268	840	26040

Demanda de NH-10 no mês (m³ a 20°C): 1298
 Saldo de DNL de FZB no mês (m³ a 20°C): 1645
 Saldo de DNL de FZB no mês (m³ a 32°C): 1659
 Espaço de lançamento utilizado (%): 36,86

Petróleo	Carga (m³/dia)	Julho			Agosto			Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro		
		Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Jul (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Ago (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Set (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Out (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Nov (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	DNL/DNP Produção (m³/mês)	Saldo Parcial Final Dez (m³)
NF		113,16	3508	1208	2300	4965	616	1836	5535	616	1836	5535	616	1836	5535	616	1836	5535	616
DS		216,48	6711	1712	4080	12240	3072	9492	24480	616	1836	5535	616	1836	5535	616	1836	5535	616
DNL		649,44	19833	3537	12240	36720	1836	5535	16608	616	1836	5535	616	1836	5535	616	1836	5535	616
DNP	2460	0,00	0,00	2242	6711	16482	4224	12648	32640	616	1836	5535	616	1836	5535	616	1836	5535	616
GOP		2135,3	6405	10975	6248	18744	4752	14256	36720	616	1836	5535	616	1836	5535	616	1836	5535	616
CAP		4788,0	14355	38133	10224	30662	7728	22944	58560	616	1836	5535	616	1836	5535	616	1836	5535	616
Total:		2460	74508	15719	2460	74508	15719	2460	74508	15719	2460	74508	15719	2460	74508	15719	2460	74508	15719

Estoque de CAP no mês (m³ a 20°C): 7939
 Estoque de CAP no mês (m³ a 145°C): 8595
 Vendas do CAP não escoável (m³ a 145°C): 0
 Vendas do CAP não escoável (m³ a 20°C): 0
 Estoque final de CAP no mês (m³ a 20°C): 7939

APÊNDICE E - SISTEMA DE APOIO À DECISÃO - CONFIGURAÇÃO 3B: FZB + JUB + FAL (com estoque inicial de 4.000 m³ de DNL e 1.200 m³ de DNM)

Petróleo	Carga (m³/dia)	Produto	Janeiro			Fevereiro			Marco			Abril			Maio			Junho				
			Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Final Jan (m³)	Demanda Parcial (m³/mês)	Saldo Parcial Final Jan (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Final Fev (m³)	Demanda Parcial (m³/mês)	Saldo Parcial Final Fev (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Final Mar (m³)	Demanda Parcial (m³/mês)	Saldo Parcial Final Mar (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Final Abr (m³)	Demanda Parcial (m³/mês)	Saldo Parcial Final Abr (m³)	Campanha DNL/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Final Jun (m³)	Demanda Parcial (m³/mês)	Saldo Parcial Final Jun (m³)
		NF	42,84	1328	2536	-1208	1340	1956	-616	42,84	1328	2196	-868	365	1751	3386	2572	-1244	46,20	1386	3336	-1950
		DS	28,56	885	885	2071	2071	5084	-5084	28,56	885	885	2142	2142	4588	4588	885	885	71,40	2142	2142	2142
		DNL	94,92	2943	5115	-2172	5084	5084	-5084	94,92	2943	5344	-2402	2943	4588	4588	885	885	94,92	2943	2943	4892
		FZB (25%)	840	6041	10403	-4361	10073	10073	-6248	840	6041	10082	-4020	6041	9957	9957	194,88	6041	840	131,88	3956	1764
		DNP	194,88	6041	10403	-4361	10073	10073	-6248	194,88	6041	10082	-4020	6041	9957	9957	194,88	6041	131,88	3956	3956	
		GOP	0,00	8348	8348	-8348	1413	8348	-6836	0,00	8348	8348	-8348	8348	8348	8348	1462	12504	48,72	1462	1462	
		CAP	478,80	14843	40001	-30211	14007	30211	-16204	478,80	14843	30555	-15712	840	14490	28698	14843	40116	483,00	14490	14490	
		Total:	840	28040	72335	-45195	61650	40001	-37430	840	28040	61338	-35268	840	28040	59387	14843	40116	840	28040	58262	
		Demanda de NH-10 no mês (m³ a 20°C):		1298			1478		1677		1745		1083		1443		1781				1729	
		Saldo de DNL de FZB no mês (m³ a 20°C):		1645			1659		168		1376		283		283		1796				52	
		Saldo de DNL de FZB no mês (m³ a 32°C):		36,86			3,73		3,73		30,57		6,30		35,91		35,91				52	
		Espaço de lançamento utilizado (%):																			1,16	
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				
		FAL																				
		JUB																				

APÊNDICE F - SISTEMA DE APOIO À DECISÃO - CONFIGURAÇÃO 4A: FAL

Petróleo	Carga (m³/dia)	Produto	Janeiro			Fevereiro			Março			Abril			Maio			Junho				
			Campainha DNL/DNP Produção (m³/dia)	Produção (m³/mês)	Demanda (m³/mês)	Saldo Acumul. (m³)	Campainha DNL/DNP Produção (m³/dia)	Produção (m³/mês)	Demanda (m³/mês)	Saldo Acumul. (m³)	Campainha DNL/DNP Produção (m³/dia)	Produção (m³/mês)	Demanda (m³/mês)	Saldo Acumul. (m³)	Campainha DNL/DNP Produção (m³/dia)	Produção (m³/mês)	Demanda (m³/mês)	Saldo Acumul. (m³)	Campainha DNL/DNP Produção (m³/dia)	Produção (m³/mês)	Demanda (m³/mês)	Saldo Acumul. (m³)
		NF	99,00	3069	2536	533	1257	1956	2196	1925	99,00	2970	1751	3144	2864	2864	2572	3436	99,00	2970	3336	3070
		DS	339,90	10537	10537	3637	3637	3637	3887	339,90	339,90	10197	10197	10197	125,40	3887	3887	3887	339,90	10197	10197	2180
		DNL	0,00	5115	5115	-5115	41	5084	5944	353,10	0,00	3947	4588	1055	353,10	10946	4839	7162	0,00	9702	4982	5747
		FAL (100%)	3300	10025	3947	6078	2131	3947	3947	-1816	323,40	9702	3947	3939	323,40	0,00	3947	3947	323,40	0,00	9702	3947
		DNP	551,10	17084	10403	6682	13548	10073	10062	21593	584,10	16533	9913	28213	584,10	18107	9744	36576	551,10	16533	9520	43569
		GOP	0,00	61585	8348	-8348	-12007	8348	8348	161,70	0,00	59598	28698	-23691	161,70	5013	12504	-31183	0,00	59598	12504	43569
		CAP	1986,60	61585	40091	21584	48888	30211	30555	77107	1986,60	59598	28698	77080	1986,60	61482	40416	67246	1986,60	59598	45982	59916
		Total	3300	102300	80886	21414	53858	63256	64340	89110	3300	99000	67482	89740	3300	102300	77910	83233	3300	99000	90348	70816
		Estoque de CAP no mês (m³ a 20°C):		21584		48888				77107			77080					67246				59916
		Estoque de CAP no mês (m³ a 145°C):		23369		52932		2932		83486			83456				22808	72808				64873
		Vendas do CAP não estocável (m³ a 145°C):		0		2705		2705		30928			33456				21065	72808				14873
		Vendas do CAP não estocável (m³ a 20°C):		0									30900					21065				13737
		Estoque final de CAP no mês (m³ a 20°C):		21584		46180				46179			46180					46181				46179

			Julho			Agosto			Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro		
Campainha DNL/DNP Produção (m³/dia)	Produção (m³/mês)	Demanda (m³/mês)	Saldo Acumul. (m³)	Campainha DNL/DNP Produção (m³/dia)	Produção (m³/mês)	Demanda (m³/mês)	Saldo Acumul. (m³)	Campainha DNL/DNP Produção (m³/dia)	Produção (m³/mês)	Demanda (m³/mês)	Saldo Acumul. (m³)	Campainha DNL/DNP Produção (m³/dia)	Produção (m³/mês)	Demanda (m³/mês)	Saldo Acumul. (m³)	Campainha DNL/DNP Produção (m³/dia)	Produção (m³/mês)	Demanda (m³/mês)	Saldo Acumul. (m³)	
92,40	2864	3931	1943	99,00	3069	5100	-88	92,40	2772	5752	6178	92,40	2864	5718	-9130	92,40	2864	4184	-10449	
125,40	3887	885	3002	339,90	10537	10537	3002	125,40	3762	3762	3887	125,40	3887	10197	3002	125,40	3887	3887	3002	
353,10	10946	5086	8040	0,00	0,00	6123	1917	353,10	10593	5370	7140	353,10	10946	5174	7583	353,10	10946	4773	13756	
0,00	0,00	3947	1800	323,40	10025	3947	7879	0,00	0,00	3947	3932	0,00	0,00	3947	-15	323,40	3947	3947	1793	
584,10	18107	10012	51684	551,10	17084	10091	58678	584,10	17523	10128	66072	584,10	18107	10112	74066	551,10	16533	10237	80364	
161,70	5013	12504	-51178	0,00	0,00	12504	-63682	161,70	4851	12504	-71335	161,70	5013	8348	-87174	161,70	5013	5013	8348	
1983,30	61482	55199	52463	1986,60	61585	66293	41472	1983,30	59499	69853	31119	1983,30	61482	73116	7122	1983,30	61482	61482	55517	
3300	102300	91624	67755	3300	102300	114595	49178	3300	99000	113918	25245	3300	102300	116737	7507	3300	102300	90762	19045	
			52463				41472				31119				20640					13087
			56802				44903				33693				22347					14170
			6282				0				0				0					0
			46181				41472				31119				20640					13087

APÊNDICE G - SISTEMA DE APOIO À DECISÃO - CONFIGURAÇÃO 4B: FAL (com estoque inicial de 5.150 m3 de DNL e 1.793 m3 de DNM)

Petróleo	Carga (m³/dia)	Produto	Janeiro			Fevereiro			Março			Abril			Maio			Junho				
			Campanha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Acumul. (m³)	Demandas (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Campanha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Acumul. (m³)	Demandas (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Campanha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Acumul. (m³)	Demandas (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Campanha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Acumul. (m³)	Demandas (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Campanha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Acumul. (m³)	Demandas (m³/mês)	Produção (m³/mês)
		NF	99,00	533	2536	3069	2680	2196	1925	99,00	2970	1751	3436	2864	2572	2970	3336	3070	3070	3336	2970	3336
		DS	339,90	10537	10537	3637	3637	3887	3887	339,90	10197	10197	3887	3887	3887	10197	10197	10197	10197	3887	4982	4982
		DNL	323,40	85	5115	0,00	10240	5084	5241	353,10	10946	5344	10843	353,10	10946	3947	3947	3947	3947	353,10	4862	4862
		FAL (100% DNM)	551,10	17084	10403	6682	19939	10073	13548	584,10	18107	10662	21593	584,10	18107	9702	9702	9702	9702	551,10	9520	9520
		GOP	1986,60	61585	8348	4689	8348	8348	-12007	161,70	5013	8348	-15343	161,70	5013	28691	28691	28691	161,70	31183	12504	12504
		CAP	1986,60	21584	40091	57516	30211	30555	77107	1986,60	59698	28698	77080	1986,60	61482	77080	77080	77080	1986,60	67246	45982	45982
		Total	3300	102300	80886	95700	63256	60851	96103	3300	99000	67482	96733	3300	102300	77910	90223	90223	3300	99000	90348	90348
		Estoque de CAP no mês (m³ a 20°C):		21584				48888	77107			77080					67246					59916
		Estoque de CAP no mês (m³ a 145°C):		23369				52932	83486			83456					72808					64873
		Vendas do CAP não estocável (m³ a 145°C):		0				2932	33486			33456					22808					14873
		Vendas do CAP não estocável (m³ a 20°C):		0				2706	30928			30900					21065					13737
		Estoque final de CAP no mês (m³ a 20°C):		21584				46180	46179			46180					46181					46179

Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Acumul. (m³)	Demandas (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro		
				Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Acumul. (m³)	Demandas (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Acumul. (m³)	Demandas (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Campañha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Acumul. (m³)	Demandas (m³/mês)	Produção (m³/mês)
92,40	194,3	3991	3069	2772	5752	2864	6178	6382	99,00	2970	5718	2864	4184	2864	4184
125,40	3887	3887	3762	3762	3762	3887	3887	3887	125,40	3887	10197	10197	3887	3887	3887
353,10	10946	5086	10593	5370	12340	10946	5328	17958	353,10	10946	5174	10946	4773	10946	4773
0,00	3947	3947	3947	3947	5725	0,00	3947	1778	0,00	0,00	9702	3947	3947	3947	3566
584,10	51884	10012	17523	10128	66072	18107	10112	74069	584,10	18107	10237	16533	18107	10105	88367
161,70	51178	12504	17084	12504	71335	5013	12504	78828	161,70	5013	8348	0,00	5013	8348	90510
1983,30	52463	51959	61585	59498	31119	61462	71961	20640	1983,30	61462	59588	1983,30	61462	55171	13087
3300	102300	94626	99000	114595	49853	3300	113918	29239	3300	102300	116737	3300	102300	90762	23036
		52463		41472	31119			20640						7122	13087
		56802		44903	33693			22347						7711	14170
		6282		0	0			0						0	0
		46181		41472	31119			20640						7122	13087

APÊNDICE H - SISTEMA DE APOIO À DECISÃO - CONFIGURAÇÃO 5; JUB

Petróleo	Carga (m3/dia)	Produto	Janeiro			Fevereiro			Março			Abril			Maio			Junho				
			Campanha DN/MDNP Produção (m³/dia)	Produção (m³/mês)	Demanda (m³/mês)	Saldo Acumul. (m³)	Campanha DN/MDNP Produção (m³/dia)	Produção (m³/mês)	Demanda (m³/mês)	Saldo Acumul. (m³)	Campanha DN/MDNP Produção (m³/dia)	Produção (m³/mês)	Demanda (m³/mês)	Saldo Acumul. (m³)	Campanha DN/MDNP Produção (m³/dia)	Produção (m³/mês)	Demanda (m³/mês)	Saldo Acumul. (m³)	Campanha DN/MDNP Produção (m³/dia)	Produção (m³/mês)	Demanda (m³/mês)	Saldo Acumul. (m³)
		NF	151,80	4706	2536	2170	4402	1956	4616	151,80	4706	2196	7126	151,80	4554	4706	2572	12062	151,80	4554	3336	13280
		DS	290,40	9002	9002	8422	8422	8422	-10199	290,40	9002	9002	290,40	290,40	290,40	9002	9002	6570	290,40	9002	8712	6570
		DNL	0,00	5115	5115	-5115	0,00	5084	5084	0,00	9002	-15543	0,00	4839	0,00	4839	-24970	6570	0,00	4839	4862	-29952
JUB (100%)	3300	DNP	389,40	12071	3947	8124	11293	3947	15470	389,40	12071	3947	23594	389,40	11682	12071	3947	31329	389,40	11682	3947	47189
		DNP	924,00	28644	10403	18241	26786	10073	34965	924,00	28644	10062	53547	924,00	27720	28644	9744	90254	924,00	27720	9520	108454
		GOP	0,00	3478	8348	-4870	3264	8348	-9864	0,00	3478	8348	-14835	0,00	3366	8348	12504	-28843	0,00	3366	12504	-37981
		Slop Wax	165,00	5115	5115	4397	4785	4785	15720	165,00	5115	5115	165,00	165,00	4950	4950	5115	165,00	165,00	4950	4950	43284
		CAP	1379,40	44398	40001	4397	41534	30211	15720	1379,40	44398	30555	29563	1379,40	42866	28698	40416	47813	1379,40	42866	45862	43284
		Total	3300	107415	84467	22948	100485	72828	50607	3300	107415	74570	83452	3300	103950	84337	123059	142340	3300	103950	93813	150843
						4397			15720			29563					43831	47813				43284
						4761			17020			32008					47457	51768				48664
						0			0			0					0	1768				0
						0			0			0					0	1633				0
						4397			15720			29563					43831	47813				43284

Estoque de CAP no mês (m³ a 20°C):
 Estoque de CAP no mês (m³ a 145°C):
 Vendas do CAP não estocável (m³ a 145°C):
 Vendas do CAP não estocável (m³ a 20°C):
 Estoque final de CAP no mês (m³ a 20°C):

Petróleo	Carga (m3/dia)	Produto	Julho			Agosto			Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro				
			Campanha DN/MDNP Produção (m³/dia)	Produção (m³/mês)	Demanda (m³/mês)	Saldo Acumul. (m³)	Campanha DN/MDNP Produção (m³/dia)	Produção (m³/mês)	Demanda (m³/mês)	Saldo Acumul. (m³)	Campanha DN/MDNP Produção (m³/dia)	Produção (m³/mês)	Demanda (m³/mês)	Saldo Acumul. (m³)	Campanha DN/MDNP Produção (m³/dia)	Produção (m³/mês)	Demanda (m³/mês)	Saldo Acumul. (m³)	Campanha DN/MDNP Produção (m³/dia)	Produção (m³/mês)	Demanda (m³/mês)	Saldo Acumul. (m³)
		NF	151,80	4706	3991	13985	4706	5100	13601	151,80	4554	5752	12402	151,80	4706	6178	10930	151,80	4554	5718	4706	10288
		DS	290,40	9002	9002	6570	9002	6123	41161	290,40	8712	8712	6570	290,40	9002	9002	6570	290,40	9002	9002	9002	6570
		DNL	0,00	5086	5086	-35038	0,00	3947	63438	0,00	46531	-46531	0,00	5328	5328	-51860	6570	0,00	5174	5174	4773	-61807
JUB (100%)	3300	DNP	389,40	12071	3947	55313	12071	3947	145639	389,40	11682	3947	71179	389,40	12071	3947	79297	389,40	11682	3947	12071	95156
		DNP	924,00	28644	10012	127098	28644	10091	145639	924,00	27720	10128	163231	924,00	28644	10112	181763	924,00	27720	10237	28644	10105
		GOP	0,00	3478	12504	-47007	3478	12504	-56033	0,00	3366	12504	-68171	0,00	3478	12504	-74197	0,00	3366	8348	3478	-84050
		Slop Wax	165,00	5115	5115	4397	4785	4785	15720	165,00	4950	4950	165,00	165,00	5115	5115	43862	165,00	4950	4950	5115	85131
		CAP	1379,40	44398	51959	32482	44398	66293	10568	1379,40	42866	69853	-16299	1379,40	42866	73116	-74012	1379,40	42866	73116	44398	-85131
		Total	3300	107415	104856	153401	107415	118178	142641	3300	103950	121216	125379	3300	107415	124148	108641	3300	103950	120202	107415	100922
						32482			10568			-16299					-43862					-85131
						35169			11463			-17647					-47490					-92173
						0			0			0					0					0
						0			0			0					0					0
						32482			10568			-16299					-43862					-85131

APÊNDICE I - SISTEMA DE APOIO À DECISÃO - CONFIGURAÇÃO 6A: JUB + FAL

Petróleo	Carga (m3/dia)	Produto	Janeiro (JUB)				Fevereiro (FAL)				Março (FAL)				Abril (JUB)				Maio (FAL)				Junho (FAL)			
			Campanha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Acumul. (m³)	Demandas (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Campanha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Acumul. (m³)	Demandas (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Campanha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Acumul. (m³)	Demandas (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Campanha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Acumul. (m³)	Demandas (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Campanha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Acumul. (m³)	Demandas (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Campanha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Acumul. (m³)	Demandas (m³/mês)	Produção (m³/mês)
		NF	151,80	2170	2536	4706	2893	2864	2196	3562	151,80	4554	1751	6365	92,40	2864	2864	2864	2864	2572	657	92,40	2772	3336	6093	
		DS	290,40	9002	3637	9002	3637	3637	3637	3637	290,40	8712	2142	6570	125,40	3887	3887	3887	3887	3887	3762	125,40	3762	6570	6570	
		DNL	0,00	-5115	5084	0,00	41	10946	5643	0,00	0,00	4588	1055	6570	353,10	10946	10946	10946	10946	4839	353,10	10946	4839	12773		
	3300	JUB (100%)	389,40	12071	3947	12071	4177	10946	3947	230	389,40	11682	3947	7965	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3947	0,00	0,00	3947	71		
		DNP	924,00	28644	10403	28644	10073	16939	3947	33153	924,00	27720	9913	50960	584,10	18107	18107	18107	18107	9744	584,10	18107	9744	67326		
		GOP	0,00	3478	8348	0,00	-8529	8348	8348	-11855	0,00	3366	8348	-16847	161,70	5013	5013	5013	5013	12504	161,70	5013	12504	-31992		
		Slip Wax	166,00	5115	5115	0,00	0,00	0,00	0,00	166,00	166,00	4960	4960	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
		CAP	1379,40	44398	40001	44398	31702	57516	30555	62629	1379,40	42966	28689	60449	1983,30	61482	61482	61482	61482	40416	1983,30	59499	45862	58818		
		Total:	3300	107415	84467	22949	95392	95700	64340	95392	3300	103950	84337	116517	3300	102300	102300	102300	102300	77910	3300	99000	83913	120659		
				4397	0	0	31702	0	17809	62629	60449	15449	65449	62629	0	0	0	0	0	22808	67246	0	14766	58818		
				4761	0	0	34324	0	16448	67806	67806	14269	65449	67806	0	0	0	0	0	21065	72808	0	13638	64766		
				4397	0	0	31702	0	16448	67806	67806	14269	65449	67806	0	0	0	0	0	21065	72808	0	13638	64766		
				4397	0	0	31702	0	16448	67806	67806	14269	65449	67806	0	0	0	0	0	21065	72808	0	13638	64766		

Estoque de CAP no mês (m³ a 20°C):
Estoque de CAP no mês (m³ a 145°C):
Vendas do CAP não estocável (m³ a 145°C):
Vendas do CAP não estocável (m³ a 20°C):
Estoque final de CAP no mês (m³ a 20°C):

Petróleo	Carga (m3/dia)	Produto	Julho (JUB)				Agosto (FAL)				Setembro (JUB)				Outubro (JUB)				Novembro (FAL)				Dezembro (FAL)			
			Campanha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Acumul. (m³)	Demandas (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Campanha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Acumul. (m³)	Demandas (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Campanha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Acumul. (m³)	Demandas (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Campanha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Acumul. (m³)	Demandas (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Campanha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Acumul. (m³)	Demandas (m³/mês)	Produção (m³/mês)	Campanha DN/DNP Produção (m³/dia)	Saldo Acumul. (m³)	Demandas (m³/mês)	Produção (m³/mês)
		NF	151,80	6808	3991	4706	5100	2864	3373	151,80	4706	6178	1901	6049	92,40	2772	2772	2772	2772	5718	1045	92,40	2864	4184	-2364	
		DS	290,40	9002	3637	9002	3637	3637	3637	290,40	8712	2142	6570	6570	125,40	3887	3887	3887	3887	3762	125,40	3887	3887	6570	6570	
		DNL	0,00	-5086	5086	0,00	6123	10946	7140	0,00	0,00	5328	1812	6570	353,10	10583	10583	10583	10583	4839	353,10	10946	4773	13403		
	3300	JUB (100%)	389,40	12071	3947	12071	3947	10946	3947	20106	389,40	12071	20106	20106	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3947	0,00	0,00	3947	12214		
		DNP	924,00	28644	10012	28644	10091	16939	3947	115966	924,00	28644	10112	130095	584,10	18107	18107	18107	18107	9744	584,10	18107	9744	145387		
		GOP	0,00	3478	12504	0,00	-48509	8348	8348	-57647	0,00	3478	12504	-66673	161,70	5013	5013	5013	5013	12504	161,70	5013	12504	-73506		
		Slip Wax	166,00	5115	5115	0,00	0,00	0,00	166,00	166,00	166,00	4960	4960	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
		CAP	1379,40	44398	40001	44398	30568	57516	30568	1379,40	42966	28689	60449	60449	1983,30	61482	61482	61482	61482	40416	1983,30	59499	45862	58818		
		Total:	3300	107415	104856	109580	107949	107949	121216	86668	3300	107415	124148	69539	3300	102300	102300	102300	102300	77910	3300	99000	83913	120659		
				4397	0	0	31702	0	17809	62629	60449	15449	65449	62629	0	0	0	0	0	22808	67246	0	14766	58818		
				4761	0	0	34324	0	16448	67806	67806	14269	65449	67806	0	0	0	0	0	21065	72808	0	13638	64766		
				4397	0	0	31702	0	16448	67806	67806	14269	65449	67806	0	0	0	0	0	21065	72808	0	13638	64766		
				4397	0	0	31702	0	16448	67806	67806	14269	65449	67806	0	0	0	0	0	21065	72808	0	13638	64766		

Estoque de CAP no mês (m³ a 20°C):
Estoque de CAP no mês (m³ a 145°C):
Vendas do CAP não estocável (m³ a 145°C):
Vendas do CAP não estocável (m³ a 20°C):
Estoque final de CAP no mês (m³ a 20°C):

IMPÉRIO DE PORTUGAL COM ALVARO DE CASTRO REY CANOAS DE 1696-1698

CONSTITUENTES		ESTADO		CATEGORIA		ESTADO		CATEGORIA	
Id	Nome	Id	Nome	Id	Nome	Id	Nome	Id	Nome
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	15	0	128	0	0	0	0	0	0
2	14	0	128	0	0	0	0	0	0
3	17	0	128	0	0	0	0	0	0
4	12	0	128	0	0	0	0	0	0
5	11	0	128	0	0	0	0	0	0
6	10	0	128	0	0	0	0	0	0
7	9	0	128	0	0	0	0	0	0
8	8	0	128	0	0	0	0	0	0
9	7	0	128	0	0	0	0	0	0
10	6	0	128	0	0	0	0	0	0
11	5	0	128	0	0	0	0	0	0
12	4	0	128	0	0	0	0	0	0
13	3	0	128	0	0	0	0	0	0
14	2	0	128	0	0	0	0	0	0
15	1	0	128	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	15	0	128	0	0	0	0	0	0
18	14	0	128	0	0	0	0	0	0
19	13	0	128	0	0	0	0	0	0
20	12	0	128	0	0	0	0	0	0
21	11	0	128	0	0	0	0	0	0
22	10	0	128	0	0	0	0	0	0
23	9	0	128	0	0	0	0	0	0
24	8	0	128	0	0	0	0	0	0
25	7	0	128	0	0	0	0	0	0
26	6	0	128	0	0	0	0	0	0
27	5	0	128	0	0	0	0	0	0
28	4	0	128	0	0	0	0	0	0
29	3	0	128	0	0	0	0	0	0
30	2	0	128	0	0	0	0	0	0
31	1	0	128	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	15	0	128	0	0	0	0	0	0
34	14	0	128	0	0	0	0	0	0
35	13	0	128	0	0	0	0	0	0
36	12	0	128	0	0	0	0	0	0
37	11	0	128	0	0	0	0	0	0
38	10	0	128	0	0	0	0	0	0
39	9	0	128	0	0	0	0	0	0

ESTADO		CATEGORIA	
Id	Nome	Id	Nome
0	0	0	0
1	15	0	128
2	14	0	128
3	17	0	128
4	12	0	128
5	11	0	128
6	10	0	128
7	9	0	128
8	8	0	128
9	7	0	128
10	6	0	128
11	5	0	128
12	4	0	128
13	3	0	128
14	2	0	128
15	1	0	128
16	0	0	0
17	15	0	128
18	14	0	128
19	13	0	128
20	12	0	128
21	11	0	128
22	10	0	128
23	9	0	128
24	8	0	128
25	7	0	128
26	6	0	128
27	5	0	128
28	4	0	128
29	3	0	128
30	2	0	128
31	1	0	128
32	0	0	0
33	15	0	128
34	14	0	128
35	13	0	128
36	12	0	128
37	11	0	128
38	10	0	128
39	9	0	128

ESTADO		CATEGORIA	
Id	Nome	Id	Nome
0	0	0	0
1	15	0	128
2	14	0	128
3	17	0	128
4	12	0	128
5	11	0	128
6	10	0	128
7	9	0	128
8	8	0	128
9	7	0	128
10	6	0	128
11	5	0	128
12	4	0	128
13	3	0	128
14	2	0	128
15	1	0	128
16	0	0	0
17	15	0	128
18	14	0	128
19	13	0	128
20	12	0	128
21	11	0	128
22	10	0	128
23	9	0	128
24	8	0	128
25	7	0	128
26	6	0	128
27	5	0	128
28	4	0	128
29	3	0	128
30	2	0	128
31	1	0	128
32	0	0	0
33	15	0	128
34	14	0	128
35	13	0	128
36	12	0	128
37	11	0	128
38	10	0	128
39	9	0	128

ESTADO		CATEGORIA	
Id	Nome	Id	Nome
0	0	0	0
1	15	0	128
2	14	0	128
3	17	0	128
4	12	0	128
5	11	0	128
6	10	0	128
7	9	0	128
8	8	0	128
9	7	0	128
10	6	0	128
11	5	0	128
12	4	0	128
13	3	0	128
14	2	0	128
15	1	0	128
16	0	0	0
17	15	0	128
18	14	0	128
19	13	0	128
20	12	0	128
21	11	0	128
22	10	0	128
23	9	0	128
24	8	0	128
25	7	0	128
26	6	0	128
27	5	0	128
28	4	0	128
29	3	0	128
30	2	0	128
31	1	0	128
32	0	0	0
33	15	0	128
34	14	0	128
35	13	0	128
36	12	0	128
37	11	0	128
38	10	0	128
39	9	0	128

ESTADO		CATEGORIA	
Id	Nome	Id	Nome
0	0	0	0
1	15	0	128
2	14	0	128
3	17	0	128
4	12	0	128
5	11	0	128
6	10	0	128
7	9	0	128
8	8	0	128
9	7	0	128
10	6	0	128
11	5	0	128
12	4	0	128
13	3	0	128
14	2	0	128
15	1	0	128
16	0	0	0
17	15	0	128
18	14	0	128
19	13	0	128
20	12	0	128
21	11	0	128
22	10	0	128
23	9	0	128
24	8	0	128
25	7	0	128
26	6	0	128
27	5	0	128
28	4	0	128
29	3	0	128
30	2	0	128
31	1	0	128
32	0	0	0
33	15	0	128
34	14	0	128
35	13	0	128
36	12	0	128
37	11	0	128
38	10	0	128
39	9	0	128

ESTADO		CATEGORIA	
Id	Nome	Id	Nome
0	0	0	0
1	15	0	128
2	14	0	128
3	17	0	128
4	12	0	128
5	11	0	128
6	10	0	128
7	9	0	128
8	8	0	128
9	7	0	128
10	6	0	128
11	5	0	128
12	4	0	128
13	3	0	128
14	2	0	128
15	1	0	128
16	0	0	0
17	15	0	128
18	14	0	128
19	13	0	128
20	12	0	128
21	11	0	128
22	10	0	128
23	9	0	128
24	8	0	128
25	7	0	128
26	6	0	128
27	5	0	128
28	4	0	128
29	3	0	128
30	2	0	128
31	1	0	128
32	0	0	0
33	15	0	128
34	14	0	128
35	13	0	128
36	12	0	128
37	11	0	128
38	10	0	128
39	9	0	128

ESTADO		CATEGORIA	
Id	Nome	Id	Nome
0	0	0	0
1	15	0	128
2	14	0	128
3	17	0	128
4	12	0	128
5	11	0	128
6	10	0	128
7	9	0	128
8	8	0	128
9	7	0	128
10	6	0	128
11	5	0	128
12	4	0	128
13	3	0	128
14	2	0	128
15	1	0	12

