



Cassia Daniele dos Santos Silva

**Análise do Impacto dos Erros de Previsão
no Processo de Planejamento de
Produção de uma Empresa Petrolífera.**

Dissertação de Mestrado (Opção profissional)

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

Orientador: Prof. Carlos Patrício Samanez
Co-orientador: Dr. Fabiano Mezadre Pompermayer

Rio de Janeiro
Outubro de 2012

Cassia Daniele dos Santos Silva

**Análise do Impacto dos Erros de Previsão
no Processo de Planejamento de
Produção de uma Empresa Petrolífera**

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

Prof. Carlos Patrício Samanez

Orientador e Presidente
Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. Fabiano Mezadre Pompermayer

Co-orientador
Consultor Autônomo

Prof. José Eugênio Leal

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. Marcelo Maciel Monteiro

Petróleo Brasileiro – Rio de Janeiro - Matriz

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 18 de outubro de 2012

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

Cassia Daniele dos Santos Silva

Engenheira Química, formada pela Universidade Federal Fluminense, com mestrado em tecnologia de processos químicos e bioquímicos, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. É Engenheira de Processamento da Petrobras.

Ficha Catalográfica

Silva, Cassia Daniele dos Santos

Análise do impacto dos erros de previsão no processo de planejamento de produção de uma empresa petrolífera / Cassia Daniele dos Santos Silva ; orientador: Carlos Patrício Samanez ; co-orientador: Fabiano Mezadre Pompermayer. – 2012.

109 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2012.

Incluí referências bibliográficas.

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Planejamento integrado de vendas e operações. 3. Cadeia de suprimento de petróleo. 4. Previsão de demanda. 5. Planejamento operacional. 6. Logística. I. Samanez, Carlos Patrício. II. Pompermayer, Fabiano Mezadre. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. IV. Título.

CDD: 658.5

Aos meus pais

Agradecimentos

A Deus, por tudo;

Aos meus pais, Eugenio e Vilma, pelo carinho, apoio, compreensão e incentivo;

Ao meu noivo, Marcos, pelo incentivo, paciência e compreensão nos períodos de minha ausência;

Aos meus orientadores, Fabiano Mezadre Pompermayer e Carlos Patrício Samanez, pelo incentivo, estímulo e contribuições nesse estudo;

A Petrobras, pelo apoio geral;

E a todos que me incentivaram e que de alguma forma contribuíram para a realização desta dissertação

Resumo

Silva, Cassia Daniele dos Santos; Samanez, Carlos Patrício; Pompermayer, Fabiano Mezadre. **Análise do Impacto dos Erros de Previsão no Processo de Planejamento de Produção de uma Empresa Petrolífera.** Rio de Janeiro, 2012. 109p. Dissertação de Mestrado (Opção profissional) - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A necessidade de integração entre os vários componentes de uma cadeia de suprimento e o S&OP (*Sales and Operations Planning*) são conceitos amplamente conhecidos pelas empresas, entretanto muitas vezes é difícil alinhar os conceitos teóricos às necessidades e aos processos reais das empresas. O foco deste trabalho é o planejamento operacional da cadeia logística de abastecimento de petróleo e derivados de uma empresa petrolífera. A empresa utiliza um modelo de programação linear determinístico para elaboração do plano. Foram monitorados os desvios entre o realizado e o planejado de diversos parâmetros que influenciam no plano, como preços internacionais, volume de produção de petróleo, demanda de alguns derivados e disponibilidades de unidades de refinaria. Após análise desses desvios, utilizou-se o modelo de programação linear da empresa para elaborar uma série de sensibilidades, retroalimentando o modelo, com a utilização dos erros médios das variáveis. Por fim são agrupadas as informações sobre realizado x planejado x sensibilidade (plano modificado) à incerteza. Os resultados mostram que o plano modificado considerando à incerteza das variáveis através dos erros médios históricos possibilita um planejamento mais robusto, onde o resultado deixa de ser um valor ótimo determinístico e se apresenta como uma faixa de valores bons.

Palavras-chave

Planejamento integrado de vendas e operações; cadeia de suprimento de petróleo; previsão de demanda; planejamento operacional; logística.

Abstract

Silva, Cassia Daniele dos Santos; Samanez, Carlos Patrício (Advisor); Pompermayer, Fabiano Mezadre (Co-Advisor). **Analysis of the Forecast Errors Impact in the Process of Production Planning in an Oil Company**. Rio de Janeiro, 2012. 109p. MSc. Dissertation - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The need for integration between the various components of the supply chain and the S&OP (Sales and Operations Planning) are concepts widely known by the companies, however it is often difficult to align theoretical concepts to the real needs and processes of companies. The focus of this work is the operational planning of the logistics supply chain of petroleum and derivatives of an oil company. The company uses a deterministic linear programming model for development of the plan. The parameters' deviations between real and planning data, which influence the plan, as international prices, volume of oil production, demand for some oil derivatives and availability of refinery units were monitored. After analyzing of these deviations, we used the linear programming model of the company to develop a range of sensitivities, feeding back the model, using the mean errors of the variables. Finally the information of real x plan x modified plan (planned sensitivity) with uncertainty are grouped. The results show that the modified plan considering the uncertainty of the variables through the historical average errors enables a more robust planning, where the result is no longer a deterministic optimal value and it presents itself as a good range of values.

Keywords

S&OP; Oil Supply Chain; Demand Forecasting; Operational Planning; Logistics.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 MOTIVAÇÃO	15
1.2 OBJETIVO DO TRABALHO	16
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO.....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA – S&OP – Planejamento integrado de vendas e operações	18
2.1 CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	18
2.2 RISCOS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS	19
2.3 S&OP – PLANEJAMENTO INTEGRADO DE VENDAS E OPERAÇÕES	19
2.4 PREVISÕES DE DEMANDA.....	26
2.5 MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO.....	32
3. CADEIA DE SUPRIMENTO DE PETROLEO E O PROCESSO DE PLANEJAMENTO	34
3.1 CADEIA DE SUPRIMENTO DE PETROLEO.....	34
3.2 RESUMO DO SISTEMA PETROBRAS	35
3.3 ASPECTOS POLÍTICOS E PREÇOS DOS COMBUSTÍVEIS	40
4. METODOLOGIA DE PESQUISA	42
4.1 VARIÁVEIS ESCOLHIDAS	42
4.2 SÉRIES TEMPORAIS.....	42
4.3 CUSTOS DE REPROGRAMAÇÃO.....	43
4.4 METODOLOGIA UTILIZADA	43
5. ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS.....	45
5.1 COTAÇÕES	45
5.2 PRODUÇÃO NACIONAL DE PETRÓLEO.....	50
5.3 DEMANDA DE DERIVADOS	55
5.3.1 DEMANDA DE QAV.....	56
5.3.2 DEMANDA DE DIESEL.....	58
5.3.3 DEMANDA DE GASOLINA.....	61
5.4 DISPONIBILIDADE DE UNIDADES.....	63
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS	68
6.1 PREMISSAS UTILIZADAS.....	68

6.2 SENSIBILIDADE AOS ERROS DE PREVISÃO.....	69
6.2.1 COTAÇÃO DE PETRÓLEO	69
6.2.2 PRODUÇÃO DE PETRÓLEO	72
6.2.3 DEMANDA POR DERIVADOS	75
6.2.3.1 DEMANDA POR QAV	76
6.2.3.2 DEMANDA POR DIESEL.....	78
6.2.3.3 DEMANDA POR GASOLINA	80
6.2.4 DISPONIBILIDADE DE REFINO (PARADAS DE UNIDADES)	81
6.3 COMPARAÇÃO ENTRE REALIZADO, PLANEJADO E SENSIBILIDADES.....	84
6.3.1 IMPACTO DAS COTAÇÕES	85
6.3.2 IMPACTO DA PRODUÇÃO DE PETRÓLEO.....	87
6.3.3 IMPACTO DA DEMANDA POR DERIVADOS	90
6.3.4 IMPACTO DA DISPONIBILIDADE DE UNIDADES DE REFINARIAS.....	93
7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	95
8. REFERÊNCIAS	98
9. APÊNDICES.....	100
9.1 DADOS DE PRODUÇÃO NACIONAL ANALISADOS.....	100
9.2 DADOS DE MERCADO ANALISADOS	102

Índice de ilustrações

Figura 1 - Demanda agregada x demanda dos componentes.....	21
Figura 2 - Desenho esquemático de refino – Fonte: (ANP, 2012).....	37
Figura 3 - Situação real x modelo matemático	38
Figura 4 – Algumas variáveis de entrada e de saída do modelo.....	38
Figura 5 – Representação simplificada do Modelo Planab.....	39
Figura 6 – Cotação Petróleo Brent e erros de previsão.	45
Figura 7 - Cotação petróleo WTI e erros de previsão.....	46
Figura 8 - Cotações QAV e erros de previsão	47
Figura 9 - Cotações Diesel e erros de previsão	47
Figura 10 - Cotações nafta e erros de previsão	48
Figura 11- Cotação gasolina e erros de previsão	49
Figura 12 - cotações óleo combustível e erros de previsão	49
Figura 13 – Produção de petróleo nacional total	51
Figura 14 - Produção de petróleos exportáveis.....	52
Figura 15 - Produção de petróleo – área VIII	53
Figura 16 - Produção de petróleo – área V	53
Figura 17 - Produção de petróleo – área VI	54
Figura 18- Mercado total de QAV	56
Figura 19 - Número de decolagens por natureza da operação nos 10 aeroportos mais movimentados- 2010	57
Figura 20 - Total de passageiros pagos transportado por aeroporto – 2002 a 2010	57
Figura 21 - Mercado de QAV em SP + Bsb.....	58
Figura 22 - Mercado total de Diesel	59
Figura 23 - Mercado de Diesel - Região do Osbra.....	59
Figura 24 - Mercado total de diesel S500.....	60
Figura 25 - Mercado total de gasolina	61
Figura 26 - Influência do preço de etanol na demanda de gasolina	62
Figura 27 - Mercado de gasolina - área SP.....	63
Figura 28 - Disponibilidade de unidades de destilação	64
Figura 29 - Disponibilidade de unidades de coqueamento.....	65
Figura 30 - Disponibilidade de unidades de craqueamento catalítico	66
Figura 31 - Disponibilidade de unidades de hidrotratamento	67
Figura 32 – Sensibilidade do resultado econômico do modelo às cotações de petróleo (Número de ocorrências para cada variação obtida).....	70
Figura 33 - Impacto da variação dos preços internacionais, no volume de exportação de petróleo.....	
Figura 34 - Impacto da variação dos preços internacionais, no volume de importação de petróleo.....	71
Figura 35 - Sensibilidade do resultado econômico do modelo ao volume de produção próprio de petróleo (Número de ocorrências para cada variação obtida).....	72

Figura 36 - Impacto da variação da produção de petróleo, no volume de exportação de petróleo.....	73
Figura 37 - Impacto da variação da produção de petróleo, no volume de importação de petróleo.....	74
Figura 38 - Sensibilidade do resultado econômico do modelo à demanda do mercado interno (Número de ocorrências para cada variação obtida).....	75
Figura 39 - Sensibilidade do resultado econômico do modelo à demanda por QAV (Número de ocorrências para cada variação obtida).	76
Figura 40 - Impacto da variação da demanda de QAV, no volume de importação de QAV	77
Figura 41 - Sensibilidade do resultado econômico do modelo à demanda por diesel (Número de ocorrências para cada variação obtida).	78
Figura 42 - Impacto da variação da demanda de diesel, no volume de importação de diesel	79
Figura 43 - Sensibilidade do resultado econômico do modelo à demanda por gasolina (Número de ocorrências para cada variação obtida).	80
Figura 44 - Sensibilidade do resultado econômico do modelo à disponibilidade de unidades (Número de ocorrências para cada variação obtida).....	81
Figura 45 - Impacto da disponibilidade de unidades no volume de exportação de petróleo.....	82
Figura 46 - Impacto da disponibilidade de unidades no volume de importação de petróleo.....	83
Figura 47 - Impacto da disponibilidade de unidades no volume de importação de derivados	83
Figura 48 – Sensibilidade da receita de exportação de petróleo às cotações.....	85
Figura 49 - Sensibilidade do custo de importação de petróleo às cotações.....	86
Figura 50 - Sensibilidade do volume de importação de petróleo às cotações.....	87
Figura 51 – Sensibilidade da receita de exportação de petróleo à Produção de Petróleo.....	88
Figura 52 - Sensibilidade do custo de importação de petróleo à Produção de Petróleo.....	
Figura 53 - Sensibilidade do volume de exportação de petróleo à Produção de Petróleo.....	90
Figura 54 - Sensibilidade do custo de importação de derivados à demanda de Diesel	91

Figura 55 - Sensibilidade do custo de importação de derivados à demanda de gasolina.....	91
Figura 56 - Sensibilidade do volume de importação de diesel à demanda de Diesel.....	92
Figura 57 – Sensibilidade do custo de importação de petróleo à disponibilidade de unidades.....	93
Figura 58 – Sensibilidade do custo de importação de derivados à disponibilidade de unidades.....	94
Figura 59 - Produção de petróleo - área I.....	100
Figura 60 - Produção de petróleo - área II.....	100
Figura 61 - Produção de petróleo - área III.....	101
Figura 62 - Produção de petróleo - área IV.....	101
Figura 63 - Produção de petróleo - área VII.....	102
Figura 64 - Produção de petróleo - área IX.....	102
Figura 65 - Mercado de QAV - região NE.....	103
Figura 66 - Mercado de QAV - região Norte.....	103
Figura 67 - Mercado de QAV - região RJ-MG-ES.....	104
Figura 68 - Mercado de QAV - região Sul.....	104
Figura 69 - Mercado de Diesel - região NE.....	105
Figura 70 - Mercado de Diesel - região Norte.....	105
Figura 71 - Mercado de Diesel - região RJ-MG-ES.....	106
Figura 72 - Mercado de Diesel - região Sul.....	106
Figura 73 - Mercado de Diesel S50.....	107
Figura 74 - Mercado de Gasolina - região NE.....	107
Figura 75 - Mercado de Gasolina - região Norte.....	108
Figura 76 - Mercado de Gasolina - região RJ-MG-ES.....	108
Figura 77 - Mercado de Gasolina - região Sul.....	109

Índice de tabelas

Tabela 1 - Fontes de incerteza na cadeia de suprimento – Fonte: (Schlegel & Murray, 2010).....	25
Tabela 2 – Usos da previsão - Fonte: (Kerber & Deckshage, 2011)	28
Tabela 3 - Dados consolidados das cotações	50
Tabela 4 – Dados consolidados de produção de petróleo.....	55
Tabela 5 - Dados consolidados de disponibilidade de unidade.....	67

Lista de siglas e abreviaturas

FCC – Fluid cracking catalytic – Craqueamento catalítico fluido

HDT – Hidrotratamento

EPAM – Erro percentual absoluto médio

QAV – Querosene de Aviação

EM – Erro médio

EAM – Erro absoluto médio

OSBRA – oleoduto com origem em São Paulo e destino em Brasília

ANP – Agencia Nacional do Petróleo

ANAC – Agencia Nacional de Aviação Civil

ÚNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar

S&OP – Sales and Operations Planning – Planejamento de vendas e operações

PCP – Planejamento e Controle da Produção

CFPR – Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment – Planejamento Colaborativo de Previsão e Reposição

LGN – Líquido de Gás Natural

GLP – Gás liquefeito de Petróleo

WTI – West Texas Intermediate

EIA – Energy Information Administration

APICS – Advancing Productivity, Innovation and Competitive Success – refere-se à “The Associations for Operations Management”