



Luiza Fiorencio Cabral de Andrade

Análise de investimentos na cadeia de suprimentos downstream da indústria petrolífera: proposta de um modelo de programação linear inteira mista.

Dissertação de Mestrado

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

Orientador: Prof. Silvio Hamacher

Rio de Janeiro

Abril de 2012



Luiza Fiorencio Cabral de Andrade

**Análise de investimentos na cadeia de
suprimentos downstream da indústria
petrolífera: proposta de um modelo de
programação linear inteira mista.**

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

Dr. Silvio Hamacher
Orientador

Departamento de Engenharia Industrial – PUC/Rio

Dra. Laura Silvia Bahiense da Silva Leite
COPPE/UFRJ

Dr. Luiz Felipe Roriz Rodrigues Scavarda do Carmo
Departamento de Engenharia Industrial – PUC/Rio

Prof. José Eugenio Leal
Coordenador Setorial do Centro
Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 02 de abril de 2012

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

Luiza Fiorencio Cabral de Andrade

Engenheira de Produção Mecânica pela PUC-Rio e pela Ecole Centrale Nantes (França). Trabalhou dois anos na área de logística da AmBev onde ingressou através do programa de Trainee em 2008. Realizou um estágio na área financeira da Renault em sua sede na França onde era responsável pela construção, análise e exploração de indicadores financeiros das operações da montadora na Ásia e na África. Realizou um estágio na área de fabricação da Airbus em Saint-Nazaire na França. Atua como pesquisadora no Núcleo de Excelência em Otimização desde 2010.

Ficha Catalográfica

Andrade, Luiza Fiorencio Cabral de

Análise de investimentos na cadeia de suprimentos downstream da indústria petrolífera: proposta de um modelo de programação linear inteira mista / Luiza Fiorencio Cabral de Andrade ; orientador: Silvio Hamacher. – 2012.

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

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

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Programação matemática. 3. Projeto de cadeia de suprimentos. 4. Petróleo. I. Hamacher, Silvio. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

Agradecimentos

Ao orientador Silvio Hamacher, pela orientação e pelos ensinamentos acadêmicos. Agradeço ainda por todas as oportunidades concedidas durante minha vida acadêmica.

Aos colegas Fabrício Oliveira e Paula Nunes pelos ensinamentos, discussões e contribuições sobre os temas relacionados a esta dissertação. Aos colegas Luiz Torres e Ivan Campello pelo apoio durante o desenvolvimento do trabalho.

À CAPES e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos e pelo ótimo ambiente de estudo.

Resumo

Andrade, Luiza Fiorencio Cabral de; Hamacher, Silvio (Orientador). **Análise de investimentos na cadeia de suprimentos downstream da indústria petrolífera: proposta de um modelo de programação linear inteira mista.** Rio de Janeiro, 2012. 83p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A indústria de petróleo no Brasil ganhou um novo dinamismo com a recente descoberta de grandes reservas petrolíferas em águas profundas. No horizonte 2011-2015 são previstos inúmeros investimentos na cadeia produtiva de petróleo para suportar a dimensão desta nova operação. Diante deste contexto, o apoio à tomada de decisões de investimento na cadeia logística *downstream* da indústria de petróleo ganha particular importância e o uso de um instrumento de análise que comporte sua complexidade passa a ser fundamental. Dessa forma, a presente dissertação propõe um modelo de programação linear inteira mista (PLIM) que foi desenvolvido para permitir a avaliação de diferentes alternativas de investimento na rede logística existente, sejam elas em expansão das capacidades de transporte, de movimentação, de atracação ou de estocagem. Estas funcionalidades do modelo foram avaliadas através de dois estudos de caso que fazem uso de dados reais da malha logística brasileira de petróleo e derivados. O primeiro estudo avalia a viabilidade do projeto de ampliação de trechos de um duto que abastece diversas bases de distribuição e expõe a interdependência no investimento em cada um deles. Já o segundo avalia as sinergias nos projetos de ampliação da capacidade de movimentação em um terminal marítimo e de aumento da capacidade de transporte do duto que liga este a uma base de distribuição. Em ambos os estudos foi realizada uma análise de sensibilidade do Valor Presente Líquido do projeto em relação ao seu custo de investimento, permitindo fundamentar a escolha do decisor.

Palavras-chave

Programação matemática, projeto de cadeia de suprimentos, petróleo.

Abstract

Andrade, Luiza Fiorencio Cabral de; Hamacher, Silvio (Advisor). **Investment analysis in the downstream oil industry supply chain: proposal of a mixed linear programming model.** Rio de Janeiro, 2012. 83p. MSc. Dissertation - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The oil industry in Brazil has gained new momentum with the recent discovery of large oil reserves in deep waters. Between 2011 and 2015 numerous investments in the oil production chain are expected in order to support the scale of this new operation. Given this context, investment decisions in the oil industry downstream supply chain gain importance and the use of an analytic tool that encompasses its complexity becomes crucial. Thus, this master thesis proposes a mixed linear programming model (MILP) that was developed to allow evaluation of different investment alternatives in the existing logistics network, whether they approach expanding the transportation, berthing, handling or storage capacities. These features of the model were evaluated through two case studies that use real data of the Brazilian oil and derivatives logistic network. The first case study evaluates the feasibility of the project to expand sections of a pipeline that supplies several distribution centers and exposes the interdependence of investment in each one of them. The second case study evaluates the synergies in two projects: the first one to expand the berthing capacity of vessels in a marine terminal and the second to increase the transport capacity of the pipeline linking it to a distribution center. In both studies a sensitivity analysis of Net Present Value of the project relative to its investment cost was performed, allowing to justify the choice of the decision-maker.

Keywords

Mathematical programming, supply chain design, oil.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Objetivo	10
1.2	Metodologia	12
1.3	Estrutura do trabalho	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	Projeto da cadeia de suprimentos	14
2.2	Otimização do projeto da cadeia de suprimentos	17
2.2.1	Modelos de otimização do projeto da cadeia de suprimentos	19
2.3	Otimização do projeto da cadeia de suprimentos da indústria química/petrolífera	22
3	APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	28
3.1	A cadeia de suprimentos da indústria petrolífera	28
3.1.1	<i>Upstream</i> da indústria petrolífera	28
3.1.2	<i>Midstream</i> da indústria petrolífera	29
3.1.3	<i>Downstream</i> da indústria petrolífera	30
3.2	Níveis de planejamento na cadeia de suprimentos	33
3.3	Planejamento da cadeia de suprimentos <i>downstream</i> da indústria petrolífera	34
4	MODELO PLIM PARA O PLANEJAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS <i>DOWNSTREAM</i> DA INDÚSTRIA PETROLÍFERA	36
4.1	Objetivo do modelo	36
4.2	Descrição do modelo	37
4.2.1	Entidades	37
4.2.2	Investimento em arcos	40
4.2.3	Investimento em nós	41
4.2.4	Atendimento ao mercado interno	42
4.2.5	Importação e exportação	42

4.3	Formulação Matemática.....	43
4.3.1	Equacionamento	49
5	ESTUDO DE CASO 1: ANÁLISE DE INVESTIMENTO EM AMPLIAÇÃO DA CAPACIDADE DE TRECHOS DE UM DUTO.....	57
5.1	Apresentação do contexto do Estudo de Caso 1	57
5.2	Análise de Resultados do Estudo de Caso 1.....	63
6	ESTUDO DE CASO 2: ANÁLISE DA INTERDEPENDÊNCIA DOS INVESTIMENTOS EM UM TERMINAL E EM UM DUTO.....	68
6.1	Apresentação do contexto do Estudo de Caso 2.....	68
6.2	Análise dos resultados do Estudo de Caso 2	72
7	CONCLUSÃO	78
7.1	Trabalhos futuros	79
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81