



Ricardo Penna Leite

**Maritime transport of deck cargo
to Petrobras fields in Campos Basin:
an empirical analysis,
identification and quantification
of improvement points**

Dissertação de Mestrado

Thesis presented to the Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção of the Departamento de Engenharia Industrial, PUC-Rio, as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Mestre em Engenharia de Produção.

Advisor: Prof. Luiz Felipe Roris Rodriguez Scavarda do Carmo

Co-Advisor: Prof. Marcelo Maciel Monteiro

Rio de Janeiro
November 2012



Ricardo Penna Leite

**Maritime transport of deck cargo
to Petrobras fields in Campos Basin:
an empirical analysis,
identification and quantification
of improvement points**

Thesis presented to the Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção of the Departamento de Engenharia Industrial, PUC-Rio, as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Mestre em Engenharia de Produção. Approved by the following commission.

Prof. Luiz Felipe Roris Rodriguez Scavarda do Carmo

Advisor

Departamento de Engenharia Industrial — PUC-Rio

Prof. Marcelo Maciel Monteiro

Co–advisor

Universidade Federal Fluminense

Dr. Ricardo Vitor Jacomino da Cunha Vasconcellos

Petrobras

Prof. José Eugenio Leal

Coordinator of the Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, November 27, 2012

All rights reserved.

Ricardo Penna Leite

Ricardo Penna Leite graduated from the Universidade de São Paulo in Electronical Engineering and obtained a Master degree from the Universidade de Santa Catarina in Acoustical Engineering. Since 2007 he works at the offshore logistics department of Petrobras, where he develops studies and projects of the logistics processes, specifically of the maritime transportation, and forecasts of cargo and infrastructure demand.

Bibliographic data

Leite, Ricardo Penna

Maritime transport of deck cargo to Petrobras fields in Campos Basin: an empirical analysis, identification and quantification of improvement points / Ricardo Penna Leite; adviser: Luiz Felipe Rodriguez Scavarda do Carmo ; co-adviser: Marcelo Maciel Monteiro. — 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. Logística de apoio offshore. 3. Platform Supply Vessels. 4. Logística de E&P. I. Carmo, Luiz Felipe Rodriguez Scavarda do. II. Monteiro, Marcelo Maciel. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. IV. Título.

CDD: 658.5

To my parents

Acknowledgments

To my parents.

To all the colleagues from Petrobras who helped me to understand a little about offshore logistics, especially to (in alphabetical order) Eduardo Diniz Prallon, Miguel José Reis Lopes, Nathália da Silva Sena, Pedro Henrique Maciel Lopes and Victor Anselmo da Silva.

To my advisor and co-advisor, Luiz Felipe Scavarda and Marcelo Maciel Monteiro.

To Valdecir, for some academic opinions.

Abstract

Leite, Ricardo Penna; Scavarda, Luiz Felipe; Monteiro, Marcelo Maciel. **Maritime transport of deck cargo to Petrobras fields in Campos Basin: an empirical analysis, identification and quantification of improvement points**. Rio de Janeiro, 2012. 83p. MsC Thesis — Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Offshore logistics plays a fundamental role in the E&P industry, as the offshore units need to be serviced to maintain and develop their operations. Petrobras operates about 75 offshore units in the Campos Basin, which accounts for 78% of the oil and gas produced in Brazil, and it has a large fleet of Platform Supply Vessels to carry out the transportation of goods and equipment to and from the units. In this study the transportation of deck cargo was analyzed empirically and some aspects which could be improved were identified. The feasibility of reducing the lead time and fleet size was identified and a methodology to achieve this improvement is proposed herein.

Keywords

Offshore logistics system; Platform Supply Vessels; E&P industry.

Resumo

Leite, Ricardo Penna; Scavarda, Luiz Felipe; Monteiro, Marcelo Maciel. **Transporte marítimo de carga de convés para os campos da Petrobras na Bacia de Campos: análise empírica, identificação e quantificação de pontos de melhoria.** Rio de Janeiro, 2012, 83p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

As operações *offshore* de Exploração e Produção (E&P) são apoiadas por um sistema logístico e de serviços, chamadas de apoio marítimo. O sistema é composto por portos, aeroportos, armazéns, e utiliza diversas embarcações especializadas, helicópteros, dentre outros equipamentos. Este estudo foca no transporte de carga de convés para as unidades marítimas da Bacia de Campos. A Bacia de Campos representou 78% da produção brasileira de petróleo e gás em 2011. Esta bacia é atendida principalmente pelo Porto de Macaé, que é também o principal porto de apoio marítimo do Brasil, tendo movimentado 650 mil toneladas de carga de convés em 2011, o que representa 54% da carga de convés da Petrobras no Brasil. O Porto de Macaé apoia não apenas a Bacia de Campos, mas também as outras bacias.

O objetivo deste estudo é investigar a viabilidade de se melhorar as operações de transporte marítimo de carga de convés para as unidades marítimas da Bacia de Campos. Como objetivos específicos, tem-se: analisar empiricamente o transporte de carga de convés; propor diferentes políticas de atendimento para a Bacia de Campos; investigar se diferentes políticas de atendimento afetam a robustez do sistema; contribuir para o conhecimento acadêmico sobre apoio marítimo. O estudo delimita-se a campos operados pela Petrobras na Bacia de Campos, ao transporte de carga de convés, e apenas a load e backload (transbordo não será considerado).

As operações de E&P são apoiadas por um sistema logístico, cujas principais atividades são o transporte de carga para as unidades marítimas e de carga de retorno, o transporte de pessoas, o armazenamento de materiais e equipamentos o transporte terrestre. Os principais clientes são as unidades de produção, as sondas de perfuração e embarcações especiais. As embarcações

utilizadas são do tipo Platform Supply Vessel (PSV), possuindo área útil de convés que pode chegar a 750 m² (pode-se considerar como área útil 75% da área total do convés), e do tipo Utility (UT), que são menores e mais rápidos que os PSVs. As principais restrições de carregamento dessas embarcações são a área e a resistência do convés. A demanda das unidades marítimas varia bastante quando comparadas entre elas e, para uma mesma unidade, geralmente há uma grande variação de uma semana para outra.

A dissertação está dividida em seis capítulos, sendo o Capítulo 1 a introdução. No Capítulo 2, a literatura acadêmica sobre os sistemas logísticos de apoio marítimo é revisada. Ainda há poucos estudos acadêmicos sobre o tema e são abordadas questões como os sistemas de gerenciamento, terceirização e roteirização de embarcações, dentre outros.

No Capítulo 3, sobre logística do E&P, são apresentados os clientes, as cargas típicas, o sistema logístico, os tipos de embarcação, os portos, a composição da carga, a incerteza na demanda e técnicas de medição da produtividade. Também é feita uma breve descrição da logística de apoio marítimo no Brasil operada pela Petrobras.

No Capítulo 4, a política de atendimento e a programação marítima para carga de convés da Bacia de Campos de 2011 é apresentada. A fim de se identificar pontos de melhoria, foi feita uma análise empírica das operações, incluindo um exemplo real e uma comparação entre as operações da Bacia de Campos, da Bacia de Santos, uma programação feita por Halvorsen-Weare e Faberholt (2011) e dois dos casos apresentados por Kaiser e Snyder (2010). O exemplo apresentado sugere que há uma falta de controle das operações e que o gerenciamento do transporte poderia ser melhorado. A análise de dados mostrou que há *clusters* que necessitam de mais viagens semanais do que as que são planejadas para eles, que o número de unidades marítimas por viagem é alto, assim como o número de revisitas a uma mesma unidade marítima na mesma viagem, e que o tempo de transporte entre o porto e as unidades poderia ser reduzido. Viu-se que as unidades marítimas não sabem quando irão receber uma embarcação e nem quantas visitas serão, e que os programadores das embarcações não sabem quando as unidades marítimas poderão receber as embarcações. Com isso, há um total de 17% de visitas sem operação. Além disso, as saídas frequentes do porto para as unidades marítimas não reduzem o *lead time*.

No Capítulo 5, foi proposta uma nova política de atendimento, com foco no nível de serviço, e foi feita uma simulação computacional de forma a se avaliar esta política, considerando diversos cenários. A política de atendimento visa reduzir o número de visitas às unidades marítimas e o número de unidades

atendidas por viagem. Serão criadas janelas fixas de atendimento nas unidades marítimas. A embarcação partirá do porto com espaço suficiente para o primeiro backload, e prioridades e emergências serão transportadas em viagens separadas. As unidades serão divididas em *clusters* e cada *cluster* terá o número de viagens semanais requeridos por aquelas unidades. As rotas serão fixas, e somente as unidades da rota serão atendidas. A demanda de carga de cada *cluster* será estimada e a embarcação terá que ser capaz de atender a demanda na maior parte das vezes, de acordo com o nível de confiabilidade requerido. Unidades de produção e sondas serão atendidas em *clusters* separados, mas será simulado um cenário sem essa separação.

Na simulação computacional, foram usados dados reais de demanda de um período de um ano. O objetivo era saber como o sistema teria se comportado caso diferentes políticas de atendimento tivessem sido adotadas. Não era objetivo achar a melhor programação ou a melhor rota, mas sim estudar políticas de atendimento. A simulação foi feita em quatro fases.

Na Fase 1, foi aplicado o método de Clarke e Wright. Escolhido pela simplicidade, o método foi aplicado para cada tipo de *cluster*, cenário e semana. As restrições foram a capacidade das embarcações e número de unidades por viagem. Para o cálculo da demanda de cada viagem de cada *cluster*, foi utilizada a média da demanda semanal para o *cluster*, mais dois desvios-padrão, mais o primeiro backload, dividido pela frequência semanal, e comparou-se com a área útil dos PSVs para verificar se a embarcação teria capacidade suficiente para aquela demanda de carga. Na Fase 2, juntaram-se todos os tipos de *clusters* e montou-se uma programação com horários de atracação igualmente espaçados, mas fazendo com que as viagens de cada rota tenham o melhor espaçamento possível entre elas. Na Fase 3, foi feita a alocação da demanda a cada viagem.

A Fase 4, que é a fase da simulação propriamente dita, foi dividida em 2 passos. No Passo 1, para todas as viagens planejadas, calculou-se a duração das viagens, considerando-se as diversas etapas de uma viagem (porto, navegação, tempos de espera, etc.). Estimou-se o tempo provável de espera e operação nas unidades marítimas, respeitando-se o tempo mínimo de seis horas nas unidades. O tempo de viagem resultante foi multiplicado por um fator semanal, de forma a simular as condições climáticas ao longo do ano. No Passo 2, o tempo começa a rodar. Verifica-se a disponibilidade de berços e embarcações e tenta-se alocar a demanda à menor embarcação disponível. Se não houver embarcação capaz de levar toda a carga, a carga ficará reservada para ser transportada através de viagens adicionais. Foram simulados cenários com diferentes frequências de atendimento e quantidades máximas de unidades por *cluster*, e os resultados detalhados foram apresentados.

No Capítulo 6, são feitas as conclusões e as sugestões para trabalhos futuros. Ficou demonstrada a viabilidade de se melhorar as operações de transporte marítimo de carga de convés na Bacia de Campos. O tempo de transporte entre o porto e as unidades marítimas, os atrasos nas atracações, a quantidade de embarcações e a distância total de navegação podem ser reduzidos. Assim, pode-se reduzir o *lead time* e o custo financeiro. Além disso, a política de serviço escolhida afeta a robustez do sistema, como ficou demonstrado pela análise dos tempos de atraso e da quantidade de viagens que não tiveram capacidade para levar toda a demanda solicitada. A dissertação também contribuiu para o conhecimento acadêmico sobre o assunto, uma vez que foi dada uma visão geral da logística de apoio marítimo e foi feita uma análise empírica das operações da Petrobras na bacia de Campos, sendo esta análise comparada com outros estudos acadêmicos. Para trabalhos futuros, sugere-se estudar detalhadamente qual a melhor composição da frota; estudar uma política de serviço para cargas prioritárias e emergenciais e também para quando houver o fechamento do porto por condições climáticas.

Palavras-chave

Logística de Apoio Offshore; Platform Supply Vessels; Logística de E&P.

Contents

1	Introduction	15
1.1	Relevance	15
1.2	Outline of objectives and research	17
1.3	Methodology	17
1.4	Structure of this thesis	18
2	Literature review	19
3	Offshore logistics system to support exploration and production operations	24
3.1	Customer	25
3.2	Typical cargo	26
3.3	Logistics system	28
3.4	Vessels	32
3.5	Ports	35
3.6	The typical composition of deck cargo	36
3.7	Demand and its uncertainty	36
3.8	Productivity measures	42
3.9	Offshore logistics in Brazil	44
4	An empirical analysis	47
4.1	Current schedule	47
4.2	An example of the daily operation	48
4.3	Data analysis	51
4.4	Comparison between different bases	54
4.5	Discussion	59
5	A proposal and simulation of service policies for the Campos Basin	60
5.1	A service policy	60
5.2	The simulation method	61
	<i>Phase 1: Clarke and Wright method</i>	63
	<i>Phase 2: The mooring time</i>	64
	<i>Phase 3: Allocating the cargo demand</i>	65
	<i>Phase 4: Simulation</i>	65
5.3	Scenarios	70
5.4	Results	72
6	Conclusions and future work	79
	Bibliography	81

List of Figures

1.1	Composition of the Brazilian production in February 2012	16
3.1	Production units lifting containers in Campos Basin	26
3.2	Cargos arranged in the deck of Maersk Vega	27
3.3	Non-unitized cargo used in well completion	27
3.4	A simplification of the flow of cargo	29
3.5	Supply chain of the fields operated by Petrobras and located in the south and southeast of Brazil	31
3.6	Campos Commander, a PSV 4500, arrives at Port of Imbetiba	33
3.7	Port of Imbetiba	35
3.8	Weekly demand for deck area for a production unit in Campos Basin	40
3.9	Weekly demand for deck area for a drilling unit in Campos Basin	41
3.10	Map of the south and southeast of Brazil	44
3.11	The importance of each port in 2011, according to each type of cargo	46
4.1	Example of a two-week period for the production unit PU-01	50
4.2	Cycle time of the PSVs at the Port of Imbetiba	51
4.3	Trip duration per number of visits	52
4.4	Normalized number of vessels	52
4.5	Histogram of the number of lifts per day at the Port of Imbetiba	53
4.6	Days between departure of vessels to offshore units from the Port of Imbetiba	53
4.7	Number of weekly trips to the offshore units	54
5.1	The second step of the simulation	69
5.2	Example of the method to choose the number of vessels for the Restricted run	71
5.3	Fleet composition	73
5.4	Normalized number of PSVs: basic scenario and historical data	74
5.5	Percentage of the PSV fleet operating and waiting anchored during a one-year period of the scenario II, Restricted run	75
5.6	Percentage of the PSV fleet operating and waiting anchored during a one-year period of the scenario II, Restricted run, divided into the type of the vessels	76

List of Tables

1.1	Daily Brazilian production per basin in February 2012	16
3.1	Characteristics of each type of deck cargo	28
3.2	The main types of vessel used in offshore support activities	32
3.3	Average dimension values for each PSV class and UT	33
3.4	Average diesel consumption and capacity values for each PSV class and UT	33
3.5	Composition in percentage of deck cargo according to the type of offshore unit	37
3.6	Ratio between backload and load	37
3.7	Typical cargo density and size of the lift	38
3.8	Weekly demand for deck area for each type of offshore unit and its standard deviation	38
3.9	Weekly demand for water for each type of offshore unit and its standard deviation	38
3.10	Port configuration	45
4.1	Schedule for the Campos Basin in 2011	48
4.2	Weekly deck area demand of 5 clusters of production units	49
4.3	Comparison between parameters for different cases	58
5.1	Scenarios that will be analyzed in this work	71
5.2	Difference between the historical data and the scenarios for the average occupation of berths	72
5.3	Number of PSVs: difference between the 2011 fleet and the scenarios	73
5.4	The cycle time of the PSVs in the Restricted and Current runs	74
5.5	The waiting anchored in the Restricted and Current runs	75
5.6	Mean percentage of vessels waiting anchored at the port per cycle	75
5.7	Mean transport time between the port and the offshore units and the request time	76
5.8	Percentage of delayed moorings	76
5.9	Number of moorings	77
5.10	Ratio between the number of realized and planned moorings	77
5.11	Percentage of the trips that the cargo demand was not met by the available vessel	77
5.12	Difference from the basic scenario of the planned distance to be navigated	78
5.13	Mean occupation of the deck (load + first backload)	78
5.14	Mean occupation of the deck (backload)	78

He always thought of the sea as “la mar” which is what people call her in Spanish when they love her. Sometimes those who love her say bad things of her but they are always said as though she were a woman. Some of the younger fishermen, those who used buoys as floats for their lines and had motorboats, spoke of her as “el mar” which is masculine. They spoke of her as a contestant or a place or even an enemy. But the old man always thought of her as feminine and as something that gave or withheld great favours, and if she did wild or wicked things it was because she could not help them. The moon affects her as it does a woman, he thought.

Ernest Hemingway, *The Old Man and the Sea*.