



GUILHERME SILVA NUNES

**Aplicação do Método AHP para Auxílio à Tomada de
Decisão de Localidade para Instalação de Operação
de Apoio Logístico *Offshore***

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre (Opção Profissional) pelo
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção da PUC-Rio.

Orientador: Prof. José Eugênio Leal

Rio de Janeiro
Abril de 2018



Guilherme Silva Nunes

**Aplicação do Método AHP para Auxílio à Tomada de
Decisão de Localidade para Instalação de Operação
de Apoio Logístico *Offshore***

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

Prof. Jose Eugenio Leal

Presidente e Orientador

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. Antônio Márcio Tavares Thomé

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. Jose Roberto de Souza Blaschek

Coordenação Central de Extensão - PUC-Rio

Prof. Márcio da Silveira Carvalho

Coordenador (a) Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 9 de abril de 2018.

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

Guilherme Silva Nunes

É Bacharel em Ciências Aeronáuticas pela Universidade Estácio de Sá – 2005. Trabalha há mais de 12 anos no segmento de exploração e produção (E&P) na cadeia de suprimentos *upstream* da indústria de óleo e gás (O&G). Tem conhecimento e aplicação das melhores práticas de segurança, saúde, meio-ambiente e qualidade. Na Brasco Logística *Offshore*, empresa do grupo Wilson Sons, atuou em diversas áreas da empresa tais como operações, onde gerenciava e planejava todo o carregamento para as unidades marítimas das campanhas de exploração e produção (E&P), gerenciava recursos na operação de carga e descarga de navios. Também atuou como *supply chain* na gestão e gerenciamento de materiais controlando estoques físicos e fiscais. Foi líder na construção de um sistema específico para logística *offshore*, chamado OLS – *Offshore Logistics System*. Como coordenador de logística, deu suporte no planejamento e execução da estratégia comercial da companhia, desenvolvendo soluções logísticas para novas campanhas de exploração e produção no Brasil e exterior, avaliando tecnicamente locais para possíveis instalações de bases de apoio logístico *offshore*, de acordo com cada projeto. Atualmente é coordenador comercial na Wilson Sons UltraTug *Offshore*, empresa com frota de mais de 20 navios de apoio marítimo as operações *offshore*. Atua na prospecção de novos clientes/contratos, avaliação econômica e financeira de novos negócios/afretamentos, análise de viabilidade logística e elaboração de propostas para participação em processos licitatórios, considerando todos os aspectos envolvidos na demanda do cliente, com forte avaliação nos riscos envolvidos e com foco nas metas financeiras e não financeiras da companhia.

Ficha Catalográfica

Nunes, Guilherme Silva

Aplicação do método AHP para auxílio à tomada de decisão de localidade para instalação de operação de apoio logístico offshore / Guilherme Silva Nunes ; orientador: José Eugênio Leal. – 2018.

74 f. : il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2018.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Logística. 3. Apoio logístico. 4. Operação de Apoio Offshore. 5. Cadeia de suprimentos. 6. AHP (Analytic Hierarchy Process). I. Leal, José Eugênio. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

Este trabalho é dedicado ao meu filho Bernardo

Agradecimentos

A Deus, pela dádiva divina da vida.

Ao meu orientador Professor José Eugênio Leal por seus ensinamentos, competência e parceria para a realização deste trabalho.

Ao coordenador Prof. Antônio Márcio Tavares Thomé pela oportunidade.

Aos professores que participaram da Comissão examinadora.

Aos meus pais Paulo Roberto e Sonia Regina pelo porto seguro, amor, educação e carinho de todas as horas.

Ao meu irmão Gustavo, meu melhor amigo e maior incentivador, sendo incansável no apoio durante toda a minha trajetória.

A minha esposa Gisele, pelo estímulo, por sua paciência e compreensão nas muitas horas de ausência que foram investidas nesta empreitada. E, por me apoiar e dizer palavras de impulso em todos os momentos difíceis.

A toda alta liderança da Brasco, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Aos meus amigos e companheiros de mestrado, Andre Arueira, Alan Guerra e Maurício Prada, pela troca de conhecimento e momentos de parceria frente aos desafios alcançados.

Aos demais colegas da PUC-Rio.

A todos os professores e funcionários da PUC-Rio pelos ensinamentos e pela ajuda.

A todos os amigos e familiares que de uma forma ou de outra me estimularam ou me ajudaram.

Resumo

Nunes, Guilherme Silva; Leal, José Eugênio (Orientador). **Aplicação do Método AHP para Auxílio à Tomada de Decisão de Localidade para Instalação de Operação de Apoio Logístico *Offshore***. Rio de Janeiro, 2017 74p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Atualmente o petróleo é o principal energético mundial. No Brasil, a predominância produtiva dos campos *offshore* evidencia a importância das bases de apoio logístico em sua cadeia de valor, o elo entre as instalações marítimas e seus provedores em terra. Diante da intensidade de capital e dos vultosos custos de uma campanha exploratória, a localização destes terminais assume caráter estratégico no sucesso da campanha. Além de apresentar os aspectos mais importantes do contexto, este trabalho visa apresentar um estudo para instalação de base de operação de apoio logístico *offshore* nas campanhas do Campo de Carcará na Bacia de Santos. Através da construção de uma modelagem AHP em novo formato simplificado, foi possível sugerir um *ranking* de terminais portuários quanto à sua vocação para provimento de serviço de apoio logístico *offshore*. O AHP após o desenvolvimento da forma simplificada, se torna ainda mais um poderoso ferramental para determinar a decisão correta, mesmo frente às inúmeras variáveis, minimizando a possibilidade de combinações inconsistentes e erros de julgamento, ajudando e embasando as organizações e pessoas na tomada de decisões colaborativas de forma rápida e acurada.

Palavras-chave

Logística; Apoio Logístico; Cadeia Produtiva; Cadeia de Suprimentos; AHP (*Analytic Hierarchy Process*); Operação de Apoio *Offshore*.

Abstract

Nunes, Guilherme Silva; Leal, José Eugênio (Advisor). **Application of the AHP Method for Decision Making in choosing the Location for Offshore Logistic Support Operation Facility.** Rio de Janeiro, 2017 74p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Today, oil is the world's leading energy source. In Brazil, the productive dominance of the offshore fields shows the importance of the logistical support bases in chain value, the link between the maritime facilities and their onshore suppliers. Faced with the capital intensity and the high costs of an exploratory campaign, the location of these terminals is strategic for the success of the campaign. In addition to presenting the most important aspects of the context, this work aims to present a study for the base installation of offshore logistic support operation in the Carcará Field campaigns in Santos Basin. Through the construction of an AHP model in a new simplified format, it was possible to suggest a ranking of port terminals regarding their vocation to provide offshore logistics support service. The AHP after the development of the simplified form, becomes even more a powerful tool to determine the correct decision, even in front of the numerous variables, minimizing the possibility of inconsistent combinations and errors of judgment, helping and supporting the organizations and people in the decision making collaborative projects quickly and accurately.

Keywords

Logistics; Logistics Support; Supply Chain; Supply Chain; AHP (Analytic Hierarchy Process); Operation of Offshore Support.

Sumário

1. Introdução	15
2. A indústria do óleo e gás (O&G) no Brasil	19
2.1. Evolução da matriz energética e marcos regulatórios	19
2.2 Base de apoio logístico <i>offshore</i>	22
2.3. Tipos de embarcações de apoio marítimo (<i>offshore supply vessels</i> – OSV's)	28
3. Revisão bibliográfica	30
3.1. Logística	30
3.2. Métodos multicritério de apoio à tomada de decisão	35
3.3. O método AHP clássico	37
3.4. O método AHP simplificado	40
4. Aplicação: seleção da localização da base de apoio logístico	43
4.1. Os critérios para estrutura do modelo	45
4.2. Aplicação do AHP clássico	54
4.3. Aplicação do AHP simplificado	61
5. Conclusão	69
6. Referências bibliográficas	71

Lista de figuras

Figura 1 – Cadeia de Suprimentos da Base de Apoio Logístico Offshore – Elaboração Própria	17
Figura 2 – Matriz Energética Brasileira – Consumo Final por Fonte - Ministério de Minas e Energia (MME) – Balanço Energético Nacional 2016	19
Figura 3 – Resultados da 2ª e 3ª Rodadas de Licitações do Pré-Sal - Adaptado de Agência Nacional do Petróleo e Biocombustíveis (ANP) 2017	22
Figura 4 – Tipos de Operações na Logística de Apoio Offshore - Adaptado de Ares (2013).	24
Figura 5 – Infraestrutura de Atendimento da Base de Apoio Logístico Offshore - Elaboração própria com base em Donato (2012).	27
Figura 6 – Elementos do Framework do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos - Cooper, Lambert e Pagh (1997)	32
Figura 7 – A Cadeia de Valor na Indústria do Petróleo - Adaptado de Bain & Co. & Tozzini Freire (2008).	33
Figura 8 – Estrutura Hierárquica Básica – AHP - Adaptado de Saaty (1980)	38
Figura 9 – Posicionamento Geográfico dos Principais Terminais Portuários em Relação ao Campo de Carcará - Elaborado pelo autor (ferramenta Google <i>Earth</i>).	44
Figura 10 – Modelo de Hierarquização Proposto - Elaborado pelo autor.	46

Lista de tabelas

Tabela 1 – Modelos Brasileiros – Partilha x Concessão - Adaptado de Instituto Brasileiro de Petróleo (IBP) 2017	21
Tabela 2 – Escala Fundamental – Saaty (1980)	39
Tabela 3 – Comparação Par a Par da Matriz de Dominância - Elaborado pelo autor.	54
Tabela 4 – Normalização da Matriz de Dominância - Elaborado pelo autor.	55
Tabela 5 – Cálculo do λ_{\max} da Matriz de Dominância - Elaborado pelo autor.	56
Tabela 6 – Índice Randômico (IR) – Saaty (1980).	57
Tabela 7 – Check de Consistência – Saaty (1980).	57
Tabela 8 – Comparação Par a Par da Matriz do Subcritério Estrutura - Elaborado pelo autor.	58
Tabela 9 – Comparação Par a Par da Matriz do Subcritério Localização - Elaborado pelo autor.	58
Tabela 10 – Comparação Par a Par da Matriz do Subcritério PSL - Elaborado pelo autor.	58
Tabela 11 – Normalização da Matriz do Subcritério Estrutura - Elaborado pelo autor.	59
Tabela 12 – Normalização da Matriz do Subcritério Localização - Elaborado pelo autor.	59
Tabela 13 – Normalização da Matriz do Subcritério PSL - Elaborado pelo autor.	59
Tabela 14 – Cálculo do λ_{\max} da Matriz do Subcritério Estrutura - Elaborado pelo autor.	59
Tabela 15 – Cálculo do λ_{\max} da Matriz do Subcritério Localização - Elaborado pelo autor.	59
Tabela 16 – Cálculo do λ_{\max} da Matriz do Subcritério PSL - Elaborado pelo autor.	60

Tabela 17 – Matriz de Comparação do Método Simplificado Comparada - Elaborado pelo autor.	61
Tabela 18 – Normalização das Matrizes e Cálculo do Vetor Prioridade (VP) dos Elementos - Elaborado pelo autor.	62
Tabela 19 – Árvore de Prioridades - Elaborado pelo autor.	63
Tabela 20 – Matriz de Comparação dos Terminais Portuários e Subcritérios - Elaborado pelo autor.	63
Tabela 21 – Matriz de Comparação dos Terminais Portuários e Subcritérios Normalizada - Elaborado pelo autor.	64
Tabela 22 – Matriz com Peso entre os Terminais Portuários e Subcritérios - Elaborado pelo autor.	66
Tabela 23 – Matriz com Peso entre os Terminais Portuários e Critérios - Elaborado pelo autor.	66
Tabela 24 – Matriz Completa com Peso entre os Terminais Portuários - Elaborado pelo autor.	67
Tabela 25 – Matriz Resultado entre os Terminais Portuários - Elaborado pelo autor.	67

Lista de siglas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AHP – *Analytic Hierarchy Process*

AHTS – *Anchor Handling Tug Supply Vessel*

AJB – Águas Jurisdicionais Brasileiras

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

ANP – *Analytic Network Process*

ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários

CLM – *Council of Logistics Management*

CRM – *Customer Relationship Management*

CSM – *Customer Service Management*

DM – *Demand Management*

DPC – Diretoria de Portos e Costas

DSV – *Diving Support Vessel*

E&P – Exploração e Produção

FSV – *Fast Supply Vessel*

GLP – Gás Liquefeito de Petróleo

HFO – Óleo Combustível Pesado

IC – Índice de Consistência Lógica

IFO – Óleo Combustível Intermediário

IMO – *International Maritime Organization*

IOC – *International Oil Company*

IR – Índice Randômico

ISO – International Organization for Standardization

LH – *Line Handling*

MAUT – *Multi-Attribute Utility Theory*

MCDA – Análise Multicritério de Apoio à Decisão

MDO – Óleo Diesel Marinho

MEDEVAC – Evacuação Médica

MFM – *Manufacturing Flow Management*

MFO – Fuelóleo Marinho

MGO – Gasóleo Marítimo

MME – Ministério de Minas e Energia

MPSV – *Multi Purpose Supply Vessel*

NORMAM – Normas da Autoridade Marítima

O&G – Óleo e Gás

OF – *Order Fulfillment*

OPEP – Organização dos Países Exportadores de Petróleo

OSHAS – *Occupational Health and Safety Assessment Series*

OSRV – *Oil Spill Supply Vessel*

OSV – *Offshore Supply Vessel*

PDC – *Product Development and Commercialization*

PIB – Produto Interno Bruto

PLSV – *Pipe Layer Supply Vessel*

PPSA – Pré-Sal Petróleo

PROMETHEE - *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*

PSL – Prestador de Serviço Logístico

PSV – *Platform Supply Vessel*

RC – Razão de Consistência

RSV – *Research Supply Vessel*

SCM – *Supply Chain Management*

SMS – Segurança, Meio-Ambiente e Saúde

SURV – *Survey Vessel*

TOPSIS – *Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal Solution*

UM – Unidade Marítima de Perfuração e Produção

VP – Vetor Prioridade

WSV – *Well Stimulation Vessel*

Introdução

Na pré-história o homem viveu longos períodos como nômade e usava a energia primária que era basicamente proveniente da sua força muscular. Segundo antropólogos, o primeiro avanço em termos de fontes de energia foi com a descoberta e uso do fogo.

“Há cerca de doze mil anos, no início chamado Período Neolítico, ocorreu a primeira grande revolução energética, na qual o homem passa do uso das energias primárias (fornecidas pela natureza), para um tipo de energia derivado de diversos conversores energéticos, com a produção em escala através da agricultura e pecuária. A utilização desses tipos de energia marcou a história nos três milênios que antecederam nossa era.” (DONATO, 2012).

Atualmente as principais fontes de energia são provenientes das hidrelétricas, carvão, gás natural e principalmente o petróleo, considerado o energético mais importante da cadeia produtiva mundial.

O petróleo (do latim *petroleum*, *petrus* = pedra e *oleum* = óleo), é uma mistura de substâncias oleosas, inflamável, de coloração variável que passa do incolor ao preto, mas esverdeada em sua maior parte.

Inicialmente utilizado como combustível rudimentar e material de construção, o interesse econômico pelo mineral iniciou-se no século XIX, utilizado para iluminação pública, o "petróleo iluminante". Posteriormente, com o advento dos motores à diesel e à gasolina, ampliou-se sua aplicação e seu mercado e foi a gênese da sua importância econômica e estratégica atual (DEBEIR et. all, 1993).

Desde então governos e empresas não medem esforços e recursos para prospecção e produção do *ouro líquido*, tendo sua importância estratégica

evidenciada durante as Guerras Mundiais ocorridas em 1914 e 1939 respectivamente, além da Guerra do Golfo ocorrida em 1990.

Como as reservas de petróleo brasileiras encontram-se majoritariamente em alto mar, emerge um questionamento crucial: de que forma são providas essas operações *offshore*? Toda a demanda logística para atendimento as Unidades Marítimas de Perfuração e Produção (UM's), incluindo as atividades de operações portuárias, transporte e armazenamento terrestre e marítimo de cargas e até transporte aéreo de pessoas e pequenas cargas, tanto na fase de exploração (a fase de *drilling*) quanto na fase de produção, passa obrigatoriamente por um agente crítico: a Base de Apoio Logístico *Offshore* (FREITAS e COHEN, 2013).

Ponto central e estratégico da cadeia de suprimentos *upstream* da indústria petrolífera, a Base de Apoio Logístico *Offshore*, também conhecida como *ShoreBase*, é um empreendimento portuário específico, com operações e equipamentos distintos de um porto comercial.

As atividades que fazem parte do escopo logístico para atendimento às demandas das UM's durante as fases de exploração, desenvolvimento da produção e operação de petróleo e gás natural são:

- Logística Aérea de Pessoas;
- Logística Aérea Contingencial para Evacuação Médica (MEDEVAC);
- Operações Aeroportuárias;
- Apoio Marítimo de Cargas;
- Apoio Logístico Terrestre/Rodoviário de Cargas;
- Armazenagem;
- Operações Portuárias; e
- Apoio à integração dos serviços, programação e otimização.

A figura 1 abaixo ilustra as atividades da cadeia de suprimentos de uma Base de Apoio Logístico *Offshore*.



Figura 1 – Cadeia de Suprimentos da Base de Apoio Logístico Offshore – Elaboração Própria

Devido aos riscos da operação, alto custo envolvido e por se tratar do elo central da cadeia de suprimentos, a Base de Apoio Logístico Offshore, deverá ter localização estratégica para provimento de todos os recursos necessários às Unidades Marítimas (UM's), e a tomada de decisão na escolha desta localidade é crucial para o sucesso no resultado das campanhas offshore.

Segundo Gomes (2007), métodos de decisão multicritério foram desenvolvidos para uma melhor estruturação de problemas que envolvem a tomada de decisão a partir de uma série de fatores, sejam quantitativos ou qualitativos, e até mesmo conflitantes entre si.

Como base no exposto, o objetivo geral deste trabalho é auxiliar uma determinada empresa de petróleo internacional (IOC – *International Oil Company*), através da aplicação do método AHP tradicional desenvolvido por Saaty (1971) e o AHP simplificado desenvolvido por Leal (2008), na escolha de uma localidade para instalação de Base de Apoio Logístico *Offshore*, a partir de uma campanha exploratória e de produção que irá ocorrer no campo de Carcará no Pré-Sal.

Além disto, este trabalho tem como objetivos específicos:

- Contextualizar a indústria de óleo e Gás (O&G), focando o seguimento de exploração e produção (E&P), os marcos regulatórios no Brasil e onde a base de apoio logístico offshore se insere;

- Apresentar os conceitos de logística e cadeia de suprimentos, os principais métodos multicritérios de apoio à tomada de decisão;
- Apresentar a aplicação do método AHP de Saaty (1980), bem como o método simplificado desenvolvido por Leal (2008);
- Apresentar as facilidades de uma Base de Apoio Logística Offshore e as embarcações de suporte à Indústria de Óleo e Gás.

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, capítulo 1 faz uma introdução onde apresenta-se o problema e os objetivos que motivaram seu desenvolvimento.

O capítulo 2 contextualiza a indústria de óleo e Gás (O&G), focando o seguimento de exploração e produção (E&P), os marcos regulatórios no Brasil e onde a base de apoio logístico *offshore* se insere.

No capítulo 3 é apresentada a revisão bibliográfica sobre os conceitos de logística e cadeia de suprimentos. Ainda neste capítulo, são apresentados os principais métodos multicritérios de apoio à tomada de decisão e em seguida a base teórica do método AHP clássico e simplificado.

O capítulo 4 é realizada a aplicação para seleção da localização da base de apoio logístico. Apresenta ainda os critérios e estrutura hierárquica do modelo, bem como a aplicação do método AHP e análise dos resultados obtidos para auxílio à tomada de decisão.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões sobre o caso estudado e sugestões para estudos futuros.

Os dados coletados para a aplicação foram obtidos através de pesquisa de campo, sendo visitados terminais portuários nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo.

2

A indústria do óleo e gás (O&G) no Brasil

2.1

Evolução da matriz energética e marcos regulatórios

No Brasil, a participação dos derivados do petróleo na matriz energética nacional é vultosa, conforme pode ser observado na figura 2, que ilustra a evolução da composição da matriz brasileira em seu consumo final por fonte.

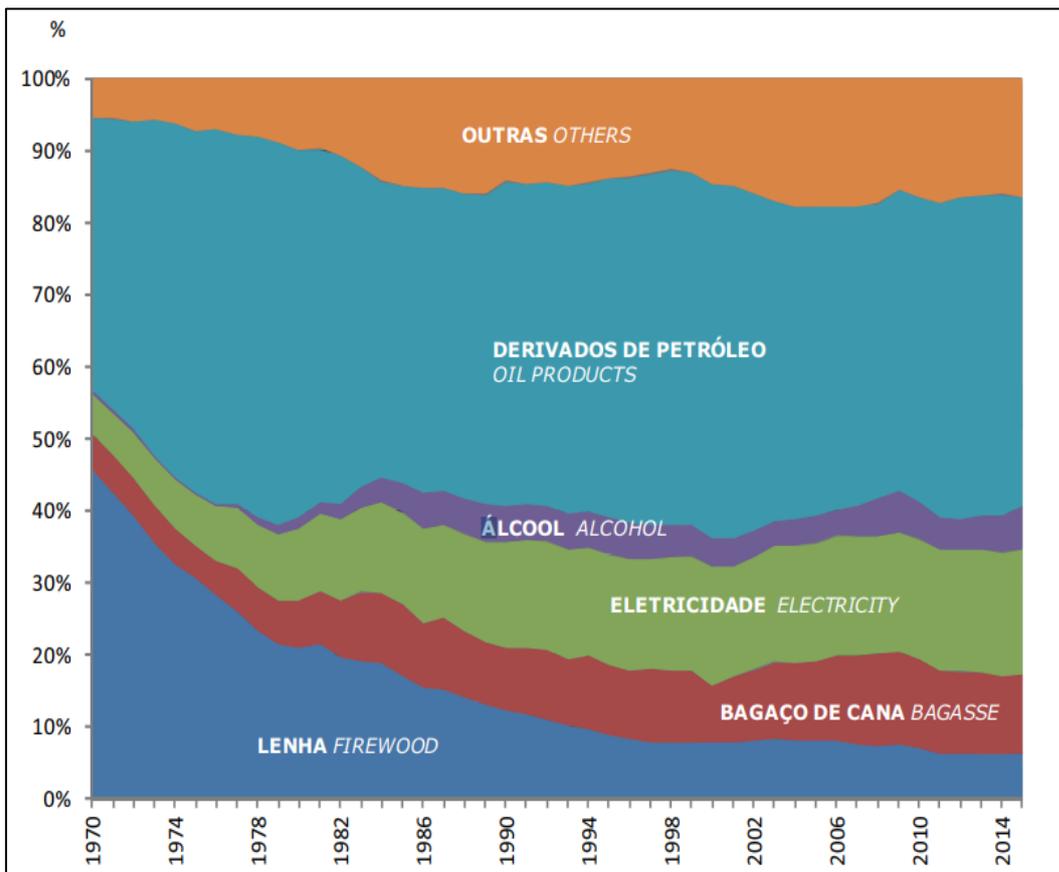


Figura 2 – Matriz Energética Brasileira – Consumo Final por Fonte - Ministério de Minas e Energia (MME) – Balanço Energético Nacional 2016

Com forte representatividade no Produto Interno Bruto (PIB), o setor petrolífero tem grande abrangência, com grande participação no setor de transporte e atuação indireta nos resultados de outros setores da indústria como o farmacêutico, alimentício e têxtil.

Até o final da década de 90, a indústria do petróleo no Brasil se desenvolveu através da Petrobras, empresa estatal que detinha o monopólio da exploração e produção do mineral em solo brasileiro.

Em agosto de 1997 foi sancionada a Lei 9.478 – a “Lei do Petróleo” – que, dentre outras providências, dispõe sobre o fim do monopólio da Petrobras, a abertura do mercado, as rodadas de licitação de blocos e institui, com a finalidade de regular este setor estratégico e fundamental para o desenvolvimento econômico brasileiro, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

A abertura do mercado e a evolução do arcabouço institucional permitiram que outras empresas constituídas sob as leis brasileiras atuassem nos elos da cadeia de valor de petróleo e gás, e, desde então, os investimentos realizados pelas companhias de petróleo internacionais (IOC’s – *International Oil Companies*) vêm crescendo, contribuindo para a atratividade do mercado nacional aos fornecedores de bens e serviços para exploração e produção (SANT’ANNA, 2010).

Neste contexto, a década de 2000 foi considerada a década das rodadas, por promover 8 rodadas licitatórias de concessões que introduziram a participação das IOC’s na exploração e produção de petróleo.

É importante ressaltar que o sequenciamento das rodadas de concessão sem grandes intervalos faz com que a cadeia produtiva de bens e serviços se mantenha ativa sem períodos de entressafas, uma vez que da rodada até o início da campanha exploratória, há um período de análises de viabilidade econômica, licenciamentos, instalações, obras e demais investimentos em infraestrutura para dar o devido suporte ao atendimento ao esforço exploratório que se iniciará.

A descoberta de grandes reservatórios de petróleo na camada do Pré-Sal levou o Governo a considerar um Novo Marco Regulatório. Trata-se de um regime contratual distinto para essas áreas, em razão do alegado baixo risco exploratório.

Neste sentido, em dezembro de 2010 entra em vigor a Lei 12.351, a chamada – “Lei do Pré-Sal” – que dispõe sobre a exploração e a produção de petróleo, de gás

natural e de outros hidrocarbonetos fluidos, sob o regime de partilha de produção, em áreas do Pré-Sal e em áreas estratégicas, bem como altera dispositivos da Lei no 9.478.

Em 2013, com o setor de óleo e gás em foco, foi criada a Pré-Sal Petróleo (PPSA) que atua basicamente em três frentes:

- gestão dos contratos de partilha de produção;
- gestão da comercialização de petróleo e gás natural;
- representação da União nos acordos de unitização.

Diferente do regime de concessão, a 1ª rodada de licitações do Pré-Sal ocorreu em regime de partilha.

A Tabela 1 abaixo compara os modelos de partilha e concessão vigentes no Brasil.

Tabela 1 – Modelos Brasileiros – Partilha x Concessão - Adaptado de Instituto Brasileiro de Petróleo (IBP) 2017

	PARTILHA	CONCESSÃO
Produção	- Repartida entre país e empresa	- 100% para a empresa
Controle	- Operação obrigatória da Petrobras (lei em revisão para troca de obrigatoriedade por preferência) - Participação da PPSA no consórcio	- Sem participação direta do país
Bônus de Assinatura	- Valor pré-definido	- Determinado pela empresa como elemento da oferta
Retorno ao País	- Royalties de 15% - Lucro em Óleo (parcela do país na produção) - Menos tributos	- Royalties de 10% - Participação especial (percentual variável) - Mais tributos
Retorno à Empresa	- Custo em Óleo (reembolso dos custos) + Lucro em Óleo (sua parcela na produção)	- Produção

Em 2017 aconteceram a 2ª e 3ª rodadas de licitações do Pré-Sal, oferecendo blocos com alto potencial de prospecção. Como explicito anteriormente, os contratos seguirão o regime de partilha, de acordo com a Lei do Pré-Sal.

A Figura 3 abaixo apresenta o resumo dos resultados das rodadas em questão.

Bloco	Rodada de partilha	Percentual mínimo de excedente em óleo (%)	Consórcio vencedor (*operador)	Excedente em óleo ofertado pelo consórcio vencedor (%)	% Adicional
Norte de Carcará	2ª	22,08	Statoil Brasil O&G (40%)*; Petrogal Brasil (20%); ExxonMobil Brasil (40%)	67,12	45,04
Sul de Gato do Mato	2ª	11,53	Shell Brasil (80%)*; Total E&P do Brasil (20%)	11,53	-
Entorno de Sapinhoá	2ª	10,34	Petrobras (45%)*; Repsol Sinopec (25%); Shell Brasil (30%)	80,00	69,66
Peroba	3ª	13,89	Petrobras (40%)*; CNOOC Brasil (20%); BP Energy (40%)	76,96	63,07
Alto de Cabo Frio Oeste	3ª	22,87	Shell Brasil (55%)*; CNOOC Petroleum (20%); QPI Brasil (25%)	22,87	-
Alto de Cabo Frio Central	3ª	21,38	Petrobras (50%)*; BP Energy (50%)	75,86	54,48

Figura 3 – Resultados da 2ª e 3ª Rodadas de Licitações do Pré-Sal - Adaptado de Agência Nacional do Petróleo e Biocombustíveis (ANP) 2017

Em suma, até 2017 foram realizadas pela ANP 14 rodadas de licitações para exploração e produção de petróleo no regime de concessão e 3 rodadas do Pré-Sal no regime de partilha.

Para 2018 a ANP já anunciou novas rodadas de licitações, e até 2019 há uma previsão de 9 novos leilões, gerando uma expectativa de 80 bilhões de dólares em investimentos.

2.2

Base de apoio logístico *offshore*

Para Donato (2012), dada a sua complexa demanda e elevados níveis de serviço, a Base de Apoio Logístico *Offshore* é considerada pelas empresas de exploração e produção de petróleo um elo central nas atividades de suporte à operação.

De acordo com Ares (2013), a logística de apoio *offshore* é dividida em três tipos de operações: logística de cargas, logística de pessoas e serviços.

- Logística de Cargas: cargas diversas necessárias às atividades da campanha (tubos, rancho, materiais químicos, ferramentas, equipamentos submarinos, etc.), granéis sólidos e líquidos (cimento, baritina, bentonita, fluido de poços), água e óleo diesel. Para os principais tipos de carga é feita uma breve descrição a seguir.
 - Carga geral: são equipamentos diversos que são unitizados em contêineres *offshore* específicos. Vão desde materiais de escritório, rancho até tubos, que são amarrados em lotes, chamados de lingadas e embarcados no *deck* das embarcações de apoio marítimo (*Offshore Supply Vessel – OSV*) com destino às sondas.
 - Granéis sólidos e líquidos: estes produtos são produzidos por empresas subcontratadas especializadas na fabricação de fluidos e granel, cada uma com sua própria tecnologia estão armazenados em silos, conforme visto anteriormente. Seu embarque nos OSV's se dá através de linhas que se conectam aos tanques das embarcações.
 - Água e Óleo Diesel: dependendo da infraestrutura de atendimento das instalações da base de apoio *offshore* as demandas por água e óleo diesel podem ser atendidas por tancagens existentes na base ou por embarcações ou barcas de apoio que atracam a contra bordo dos OSV's. Há a opção de abastecimento no fundeio.
- Logística de Pessoas: é o embarque e desembarque de pessoas que trabalham a bordo, tanto nas embarcações de apoio quanto nas UM's. Majoritariamente essa operação é realizada por helicópteros, mas também há embarque de pessoas através dos OSV's.
- Serviços: são essencialmente necessários para compor o pacote de facilidades de uma base de apoio *offshore*. Os principais serviços são:
 - Inteligência de comunicação e sistemas de planejamento integrado entre fornecedores em terra e destino final (sondas marítimas);
 - Operação portuária;
 - Manuseio e içamento de cargas;

- Gestão de armazém (recebimento, armazenagem, separação e expedição);
- Gestão de inventário físico e fiscal de materiais e contêineres;
- Inspeções e certificações de equipamentos e materiais;
- Serviços de unificar e desunificar cargas e tubos;
- Serviços de ovação e desova de cargas em contêineres/cestas *offshore*;
- Gerenciamento de resíduos;
- Limpeza de tanques;
- Transporte rodoviário e marítimo;
- Serviços de *procurement*;
- Combate a incêndios;
- Cerco preventivo de contenção;
- Serviços de derramamentos de óleo.

A figura 4 abaixo exemplifica de forma sucinta o exposto acima.



Figura 4 – Tipos de Operações na Logística de Apoio Offshore - Adaptado de Ares (2013).

Segundo Donato (2012), uma base de apoio logístico *offshore* deverá conter a seguinte infraestrutura de atendimento:

- Berço de Atracação: local destinado às atracções dos OSV's, o berço deverá possuir dimensões, calado, canal de acesso e resistência de solo compatíveis para o tipo de embarcação utilizado pela indústria de óleo e gás (O&G). Além disto, os berços de atracação deverão estar equipados de defensas e cabeços de amarração satisfatórios e em intervalos apropriados de modo a manter o navio atracado com segurança.
- Tancagem de Água Potável: grandes quantidades de água são transferidas às embarcações quando atracadas para uso e consumos tanto das embarcações como pelas sondas de perfuração em alto mar.
- Planta de Fluído / Granel Sólido: Local destinado à fabricação e armazenagem de granéis sólidos (barita, bentonita, cimento) e fluidos para perfuração de poços (salmoura, gel, parafinas e outros). Para sua fabricação e armazenamento são necessárias plantas específicas contendo silos de armazenagem, misturadores, motores com linhas de bombeio instaladas próximas ao berço de atracação e pequeno armazém para estoque de matéria-prima.
- Área de Armazenagem: local destinado à armazenagem de cargas, provenientes das embarcações e da logística terrestre, os tipos de áreas requeridas são:
 - Armazenagem Aberta: área e nivelada destinada ao armazenamento de tubos e outros equipamentos que possam permanecer ao ar livre. Normalmente esta área é descoberta e caso o porto não tenha disponibilidade deste espaço, é aceitável que esta facilidade fique fora das instalações do porto ao menor raio de distância possível. Seu tamanho varia com a quantidade de poços que serão perfurados durante a campanha exploratória.
 - Armazenagem Fechada: área coberta e nivelada destinada ao armazenamento de cargas acondicionada em pallets e outros equipamentos sensíveis que necessitam evitar exposições ao tempo.
 - Armazenagem Produtos Perigosos: De acordo com as Normas da Autoridade Marítima (NORMAM) 29 da Diretoria de Portos e Costas (DPC), cargas Perigosas são cargas que, em virtude de serem explosivas, gases comprimidos ou liquefeitos, inflamáveis, oxidantes, venenosas,

infectantes, radioativas, corrosivas ou substâncias contaminantes, possam apresentar riscos à tripulação, ao navio, às instalações portuárias ou ao ambiente aquático. As cargas perigosas encontram-se relacionadas nos códigos e convenções internacionais publicados pela *International Maritime Organization* (IMO). Além disto as cargas consideradas perigosas devem atender às regras de segregação, marcação, etiquetagem e rotulação, tanto em sua armazenagem quanto em seu transporte. Ainda de acordo com o NORMAM 29/DPC, o manuseio de cargas perigosas deve atender a uma série de exigências legais, legislação nacional e internacional. Os locais de armazenagem de cargas perigosas devem ser severamente sinalizados, com sistemas de iluminação a prova de explosões, pisos impermeáveis e restrição de acesso a pessoas sem treinamento especializado.

- Armazenagem Temporária de Resíduos: área coberta e nivelada destinada ao armazenamento temporário de resíduos desembarcados das sondas e embarcações de suprimento e apoio. De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) número 10.004 de 2004, os resíduos seguem a seguinte classificação:
 - Resíduos de Classe I – perigosos, são estes os resíduos que requerem a maior atenção por parte do administrador, uma vez que os acidentes mais graves e de maior impacto ambiental são causados por esta classe de resíduos. Estes resíduos podem ser condicionados, armazenados temporariamente, incinerados, ou dispostos em aterros sanitários especialmente desenhados para receber resíduos perigosos.
 - Resíduos de Classe II-A – não inertes, podem ser dispostos em aterros sanitários ou reciclados, entretanto, devem ser observados os componentes destes resíduos (matérias orgânicas, papeis, vidros e metais), a fim de que seja avaliado o potencial de reciclagem.
 - Resíduos de Classe II-B – inertes, podem ser dispostos em aterros sanitários ou reciclados.
- Máquinas e Equipamentos: Frota composta de guindastes, gruas, pontes rolantes, empilhadeiras, caminhões, balanças rodoviárias e materiais de

içamento diversos, necessário ao manuseio e içamento de cargas. Todas as máquinas e equipamentos devem possuir certificados dentro dos padrões de controle, qualidade e segurança, bem como procedimentos de manutenção preventiva e corretiva requeridos pela indústria O&G.

- Mão de Obra Especializada: time composto por pessoal especializado em içamento e manuseio de cargas em geral (*riggers*), incluindo cargas perigosas. Além de *riggers*, o time deverá possuir, uma gama de outras especializações tais como operadores de máquinas, sinaleiros, conferentes, assistentes operacionais, *controllers*, dentre outros. Todos deverão estar altamente treinados em suas funções além de estarem aculturados com as melhores práticas de segurança, saúde e meio ambiente.

A figura 5 abaixo ilustra uma Base de Apoio Logístico *Offshore* com a infraestrutura de atendimento para as campanhas de exploração de produção.



Figura 5 – Infraestrutura de Atendimento da Base de Apoio Logístico Offshore -
Elaboração própria com base em Donato (2012).

Independentemente de sua localidade, toda a logística deve estar integrada e planejada, assim como a infraestrutura de atendimento que deverá estar de acordo

com os aspectos legais, ambientais e de segurança exigidos pela legislação e órgãos competentes. (DONATO, 2012).

2.3

Tipos de embarcações de apoio marítimo (*offshore supply vessels – OSV's*)

Segundo Assis (2000) os OSV's que são suporte às UM's podem ser classificados em cinco categorias:

- 1) Supridores (*Supply*): São as embarcações conhecidas *com Platform Supply Vessel (PSV)*, desenvolvidas para o transporte de cargas.
- 2) Rebocadores (*Tug*): São embarcações conhecidas como *Anchor Handling Tug Supply Vessel (AHTS)*. Trata-se de embarcações de grande potência, desenvolvidas tanto para suprimento quanto para reboque de plataformas, grandes estruturas e âncoras.
- 3) Embarcações de Combate à Derramamentos (*Oil Spill*): São embarcações conhecidas como *Oil Spill Supply Vessel (OSRV)*, equipadas com sistemas de recolhimento de óleo e sistemas de incêndio.
- 4) Transporte de Pessoas (*Crew Boats*): São embarcações destinadas a transporte de pessoas.
- 5) Embarcações Especiais (*Special Purpose*): Esta categoria inclui uma gama de embarcações tais como:
 - *Survey Vessel (SURV)*: embarcações destinadas a estudos sísmicos e geofísicos.
 - *Diving Support Vessel (DSV)*: embarcações de mergulho para reparo ou inspeção de linhas submarinas.
 - *Research Supply Vessel (RSV)*: embarcações dotadas de robôs de inspeção de manutenção submersível.
 - *Pipe Layer Supply Vessel (PLSV)*: embarcações dedicadas ao lançamento de linhas e dutos submarinas.

- *Well Stimulation Vessel (WSV)*: embarcações desenvolvidas para estimulação de poços.
- *Line Handling (LH)*: embarcações utilizadas no manuseio de espias (cabos de amarração).
- *Fast Supply Vessel (FSV)*: embarcações de menor porte, de alta velocidade, destinadas a emergências tanto de cargas quanto de pessoas.
- *Multi Purpose Supply Vessel (MPSV)*: embarcações multi propósito, dotadas de instalações e facilidades destinadas a apoiar as operações de helicópteros e os embarques e desembarques de pessoas e cargas.

Toda frota de apoio marítimo em Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB) seguem as normas e regulamentações da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ).

3

Revisão bibliográfica

Nesta seção do trabalho são apresentados os referenciais teóricos sobre logística e cadeia de suprimentos. Em seguida, são apresentados os principais métodos multicritérios utilizados e a base teórica do método clássico do AHP - *Analytic Hierarchy Process*, desenvolvido por Saaty (1970) e o método AHP simplificado, desenvolvido por Leal (2008). Este referencial teórico serve como base para definir o método que vai permitir compreender os fatores que influenciam na escolha de um terminal portuário para as campanhas *offshore* da indústria O&G.

3.1

Logística

3.1.1

Definições

Segundo Ballou (2001), a Logística é um conjunto de atividades funcionais que é repetido muitas vezes ao longo do canal de suprimentos através do qual as matérias-primas são convertidas em produtos acabados e o valor é adicionado. Complementa, ainda, que a missão da logística é dispor a mercadoria ou o serviço certo, no lugar certo, no tempo certo e nas condições desejadas, ao mesmo tempo em que fornece o maior retorno à empresa.

Pela definição do *Council of Logistics Management (CLM)*, "Logística é a parte do Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento que planeja, implementa e controla o fluxo e armazenamento eficiente e econômico de matérias-primas, materiais semiacabados e produtos acabados, bem como as informações a eles

relativas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender às exigências dos clientes" (CARVALHO, 2002).

Para Bowersox e Closs (1996), a logística nas empresas inclui todas as atividades de movimentação de produtos e transferência de informações de, para e entre os participantes de uma cadeia de suprimentos. A missão da logística é disponibilizar produtos e serviços no local onde são necessários e no momento em que são desejados, ajudando a agregar um maior valor do produto ao cliente, pelo menor custo total.

Para Cooper, Lambert e Pagh (1997), há definitivamente uma necessidade de gestão e integração das operações de negócios na cadeia de suprimentos que vai além da logística.

3.1.2

Gestão da cadeia de suprimentos

A gestão ou gerenciamento da cadeia de suprimentos, do inglês: *Supply Chain Management* (SCM), consiste em gerenciar todas as partes relacionadas, seja direta ou indiretamente, na execução do pedido de um cliente. A cadeia de suprimento inclui não apenas o fornecedor ou o fabricante, mas também as transportadoras, os armazéns, varejistas e os consumidores finais (Chopra, 2011).

Segundo Cooper, Lambert e Pagh (1997), SCM é a integração de processos de negócios voltados para o usuário final através de fornecedores que proveem produtos, serviços e informações que agregam valor para os clientes. Seu framework consiste em três grandes elementos e estão intimamente relacionados: processos de negócios, gerenciamento de componentes e estrutura da Cadeia de Suprimentos.

- Processos de Negócios - Processos que, produzem um produto específico que agrega valor ao cliente.
- Gerenciamento de componentes - Componentes nos quais os Processos de Negócio são estruturados e gerenciados.

- Estrutura da Cadeia de Suprimentos - Configuração das relações entre as empresas na Cadeia de Suprimentos. Esta estrutura deve ser avaliada em uma série de fatores, uma vez que as empresas não participam somente de uma única Cadeia de Suprimentos.

Para exemplificar, a figura 6 abaixo apresenta de forma ilustrada os elementos deste *framework*.

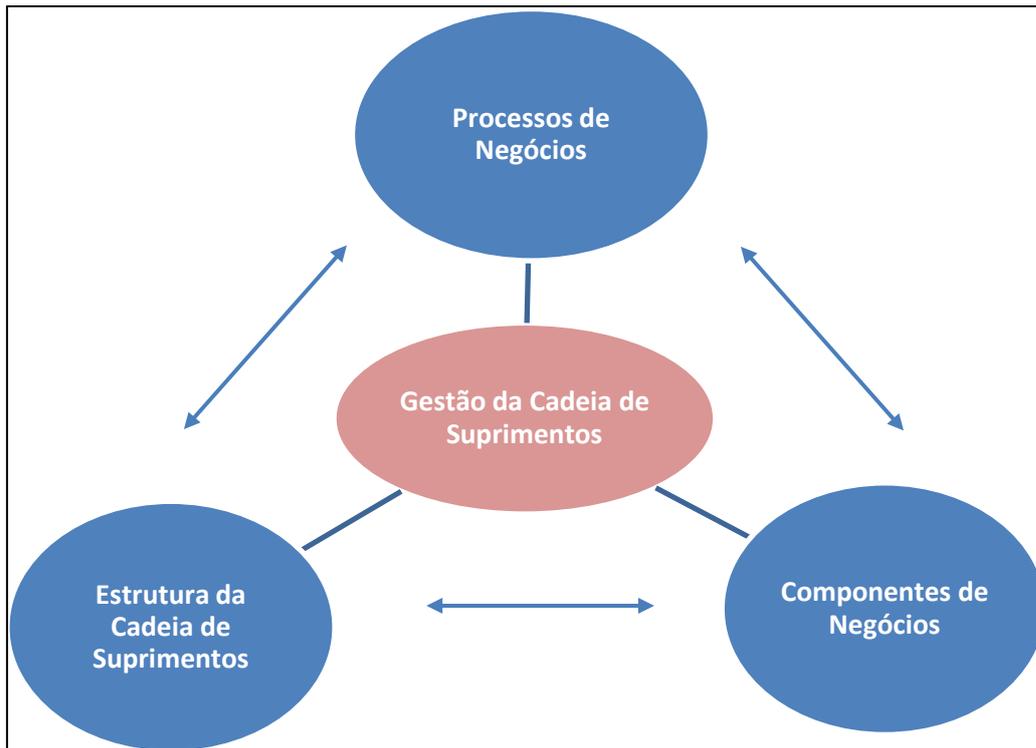


Figura 6 – Elementos do Framework do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos - Cooper, Lambert e Pagh (1997)

3.1.3

A cadeia de valor na indústria do petróleo

Segundo Cooper, Lambert e Pagh, (1997), o escopo da SCM pode ser definido a partir do número de empresas envolvidas na cadeia e suas respectivas atividades e funções

Stevens (1989) expandiu esse escopo ainda mais, dividindo a cadeia em dois: *Upstream* - à montante para a fonte de suprimento; e *Downstream* - à jusante até o ponto de consumo.

Segundo Campos (2007) e Bain & Co. & Tozzini Freire (2008), levando estes conceitos para a cadeia de valor do petróleo, o segmento *upstream* caracteriza-se pelas atividades de busca, identificação e localização das fontes de óleo, e ainda o transporte deste óleo extraído até as refinarias, onde será processado. Compreende as atividades de Exploração, Desenvolvimento e Produção (E&P). Já o segmento *downstream* caracteriza-se pela transformação dos hidrocarbonetos em produtos prontos para uso específico (gasolina, diesel, querosene, gás liquefeito de petróleo - GLP, nafta, óleos lubrificantes, etc.), bem como o transporte dos produtos da refinaria até os locais de consumo. Compreende as atividades de Refino e Distribuição.

Conforme já dito anteriormente, uma base de apoio se insere dentro da fase do *upstream* da cadeia e tem alta relevância no suporte logístico em todas as etapas de exploração, desenvolvimento e produção da atividade. A figura 7 abaixo realça os serviços que são contemplados nas fases do *upstream*, bem como suas respectivas relevâncias.

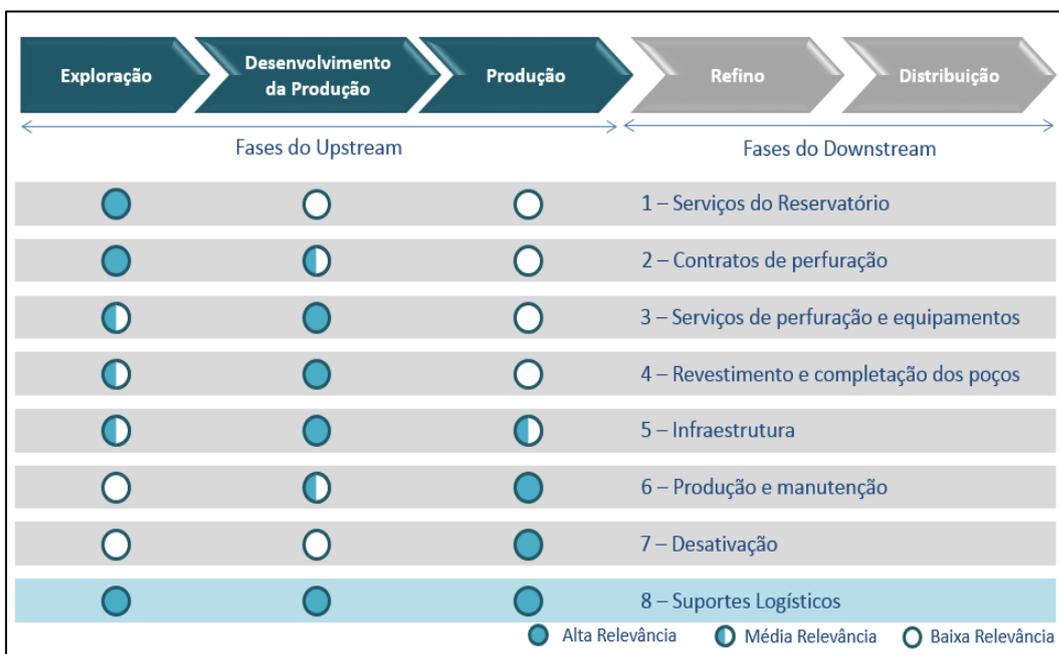


Figura 7 – A Cadeia de Valor na Indústria do Petróleo - Adaptado de Bain & Co. & Tozzini Freire (2008).

Para Campos (2007), os objetivos buscados em cada um destes elos, ou etapas do ciclo de vida, são distintos:

- Exploração: buscar, identificar e quantificar novas reservas de petróleo e gás (O&G). As atividades principais para alcançar este objetivo são:
 - Garantir acesso a reservas através de negociações com entes públicos ou privados;
 - Analisar a geologia dos subsolos;
 - Identificar potenciais reservatórios de O&G;
 - Confirmar a existência do reservatório;
- Desenvolvimento: planejar a abordagem e definir os recursos necessários para a produção que maximizem a rentabilidade de uma reserva. Inclui toda a preparação para a etapa de produção. Para alcançar o objetivo desta etapa é necessário:
 - Avaliar com auxílio de poços a extensão, o potencial de produção e a viabilidade econômica da reserva;
 - Investigar as características do subsolo que podem afetar a produção;
 - Avaliar possíveis cenários de produção;
 - Planejar a melhor forma de explorar, desde onde as perfurações devem ser realizadas até qual infraestrutura deve ser empregada;
 - Implementar a infraestrutura de produção;
- Produção: extrair o petróleo e gás de uma reserva com intuito de maximizar sua vida útil. Os objetivos desta etapa são:
 - Extrair petróleo e gás com as mais diversas técnicas de recuperação (primária, secundária e *enhanced*);
 - Atuar com performance nas atividades que mantenham os níveis de produção da reserva otimizados (*work over*);
 - Encerrar as atividades de produção (por exemplo, desativação de infraestrutura e descarte de resíduos tóxicos).
- Refino: Elo da cadeia onde o produto extraído dos reservatórios é submetido a uma separação gás-óleo-água livre e desidratação do óleo para retirada de água e sais presentes no petróleo através de processos de separação, tais como destilação, desparafinação e processos de conversão

como, por exemplo, o craqueamento térmico. O processo de refino é importante porque é a partir dele que ocorrerá a obtenção dos mais diversos produtos utilizados nas mais variadas aplicações.

- Distribuição: refere-se às atividades de transporte e distribuição de produtos derivados do petróleo (gasolina, GLP, querosene, etc.), desde a refinaria até as empresas de distribuição (no caso de gás natural e gás liquefeito de petróleo, por exemplo) ou até os pontos de venda ao consumidor final (gasolina, querosene de aviação, óleo diesel, lubrificantes etc.) ou até os estabelecimentos industriais (fabricantes de borracha sintética, plásticos, fertilizantes, anticongelantes, pesticidas, produtos farmacêuticos etc.).

3.2

Métodos multicritério de apoio à tomada de decisão

Segundo Campos (2011), resolver um problema multicritério consiste em auxiliar o tomador de decisão a dominar dados complexos e avançar para decisão final. Na literatura encontram-se inúmeros métodos de Análise Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA) e suas aplicações estão estritamente relacionadas com a natureza das informações do problema.

Vincke (1986) classifica os métodos multicritério em três grupos:

- Programação Matemática multiobjectivo: visa encontrar uma solução ótima para a função objetivo.
- Teoria da Utilidade Multi-atributo ou *Multi-attribute Utility Theory* (MAUT): a teoria tem como princípio o conceito de agregação dos diferentes critérios em única função-utilidade que deve ser otimizada. Esta teoria faz parte de uma corrente chamada de Escola Americana, fundamentada nos princípios axiomáticos que provêm do trabalho de von Neuman e Morgesten. O *Analytic Hierarchy Process* (AHP), foi um dos primeiros métodos de tomada de decisão com múltiplos critérios, desenvolvido por Thomas L. Saaty durante a década de 1970. O método tem como objetivo organizar os

critérios em uma hierarquia representada pela preferência dos decisores e no nível inferior da hierarquia encontram-se as alternativas. Os cálculos são guiados por métodos da Álgebra Linear (GOMES, 2007).

- Métodos de Sobreclassificação (*outranking methods*): Inspirados pela Escola Europeia, os métodos utilizam as relações de sobreclassificação, superação ou *outranking*. Essas relações correspondem àquelas em que duas ações são incomparáveis: em situações de decisão pelas quais o decisor “não pode”, “não sabe como” ou “não quer decidir” (CAMPOS, 2011).

Para Yoon e Hwang (1995), a análise de compensação entre os atributos é uma característica importante no que diz respeito aos métodos multicritérios. Enquanto a teoria da utilidade multi-atributo ou métodos considerados da Escola Americana, como o AHP, por exemplo, são considerados compensatórios, os métodos de superação ou da Escola Europeia são vistos como não compensatórios.

A diferença entre os métodos compensatórios e os não compensatórios está relacionada com a comparação entre critérios, ou seja, a compensação questiona se as vantagens de um atributo podem ser ou não trocadas pelas desvantagens de outro. No caso em que o tomador de decisão deve optar por determinado critério em detrimento de outro, é necessário estabelecer uma relação de *trade-off* ou compensação (CAMPOS, 2011)

Segundo Gomes (2007), os métodos da Escola Americana têm o propósito de agregar as informações por meio de uma síntese, no caso do MAUT. Essa síntese vem da função utilidade multi-atributo; no AHP, a síntese resulta da sucessão de aplicações até a obtenção final dos pesos globais das diversas alternativas. Já os métodos da Escola Europeia agregam, por meio de conceitos de superação, todas as informações provenientes do agente de decisão sem efetuar uma só operação de síntese.

Para Costa (2002), há um crescente interesse pela aplicação das metodologias multicriteriais MAUT e há uma variedade de métodos tais como o AHP (*Analytic Hierarchy Process*), o AHP simplificado, o ANP (*Analytic Network Process*), o TOPSIS (*Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal*

Solution), o PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*), entre outros métodos.

Para o desenvolvimento deste trabalho, detalharemos o AHP Clássico desenvolvido por Saaty (1980) e o AHP simplificado desenvolvido por Leal (2008), podendo os demais métodos serem frutos de estudos futuros.

3.3

O método AHP clássico

O Método AHP foi desenvolvido na década de 70 por Thomas Saaty, quando era professor na *Wharton School of Business* e consultor na *Arms Control Disarmament Agency*. Atualmente é o método multicritério mais utilizado e conhecido no apoio à tomada de decisão na resolução de conflitos negociados, em problemas com múltiplos critérios.

Este método baseia-se no método cartesiano de pensar, que busca tratar a complexidade com a decomposição e divisão do problema em fatores, que podem ainda ser decompostos em novos fatores até ao nível mais baixo, claros e dimensionáveis e estabelecendo relações para depois sintetizar.

Dessa forma, para se tomar decisão de forma estruturada Saaty (2008) propõe os seguintes passos:

1. Definição do problema e determinar o tipo de conhecimento procurado.
2. Construção de hierarquias: no método AHP o problema é estruturado em níveis hierárquicos, o que facilita a melhor compreensão e avaliação do mesmo. Para a aplicação desta metodologia é necessário que tanto os critérios quanto as alternativas possam ser estruturadas de forma hierárquica, sendo que no primeiro nível da hierarquia corresponde ao propósito geral do problema, o segundo aos critérios e o terceiro as alternativas. De acordo com Saaty (2008) a ordenação hierárquica possibilita ao decisor ter uma “visualização do sistema como um todo e seus componentes, bem como interações destes componentes e os impactos que os mesmos exercem sobre o sistema”. Também permite compreender de

forma global, o problema e da relação de complexidade, ajudando na avaliação da dimensão e conteúdo dos critérios, através da comparação homogênea dos elementos.

A figura 8 apresenta a estrutura hierárquica básica do método AHP.

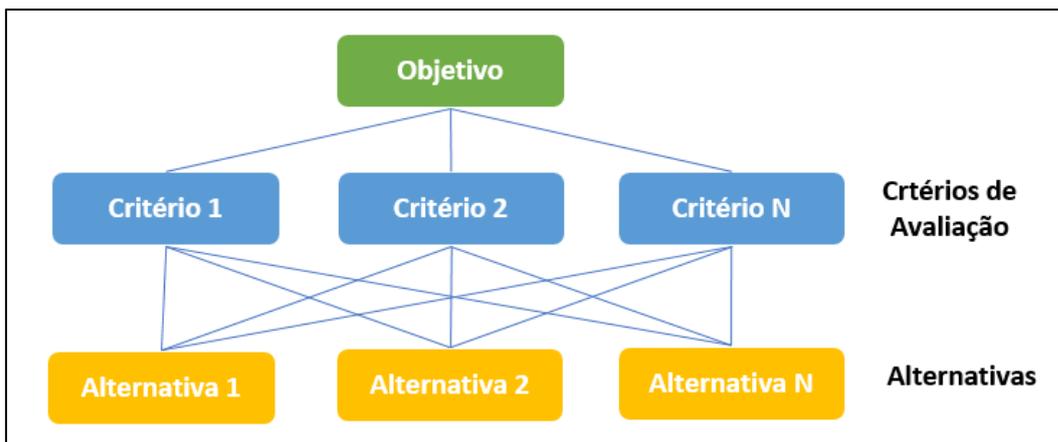


Figura 8 – Estrutura Hierárquica Básica – AHP - Adaptado de Saaty (1980)

3. Construção de um conjunto de matrizes de comparação: julgar par a par os elementos de um nível da hierarquia à luz de cada elemento em conexão em um nível superior, compondo as matrizes (no exemplo, grupo A), de acordo com sua importância relativa, processo que resulta em uma matriz de dominância quadrada recíproca ($N \times N$), na forma

A	W	X	Y	Z
W	$a_{ww} = 1$	a_{wx}	a_{wy}	a_{wz}
X	$a_{xw} = 1/a_{wx}$	$a_{xx} = 1$	a_{xy}	a_{xz}
Y	$a_{yw} = 1/a_{wy}$	$a_{yx} = 1/a_{xy}$	$a_{yy} = 1$	a_{yz}
Z	$a_{zw} = 1/a_{wz}$	$a_{zx} = 1/a_{xz}$	$a_{zy} = 1/a_{yz}$	$a_{zz} = 1$

onde cada a_{ij} é o valor correspondente à dominância do critério i frente ao critério j , ($a_{ji} = 1/a_{ij}$) para os quais Saaty sugere que assumam valores dentro de uma escala fundamental, conforme a tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Escala Fundamental – Saaty (1980)

Índice	Definição	Descrição
1	Igual importância	Os dois elementos contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância fraca	A experiência do avaliador diz que um elemento possui importância pouco maior que o outro para o objetivo
5	Importância forte	A experiência do avaliador diz que um elemento possui importância maior que o outro para o objetivo
7	Importância muito forte	A experiência do avaliador diz que um elemento possui importância relativamente maior que o outro para o objetivo
9	Importância extrema	A experiência do avaliador diz com alto grau de certeza que um elemento possui importância maior que o outro para o objetivo
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Utilizados na necessidade de um índice intermediário de importância

4. Calcular o autovetor associado ao maior autovalor de cada matriz de julgamento, que normalizado para somar 1 representa a prioridade de cada alternativa para o critério em questão. O autovalor também será usado para verificar a consistência dos julgamentos.
5. Apresentar os valores observados, combinando as matrizes de comparação das alternativas com a matriz de importância dos critérios.

3.3.1

Consistência lógica

O ser humano tem a habilidade de estabelecer relações entre objetos ou ideias de forma que elas sejam coerentes, tal que estas se relacionem bem entre si e suas relações apresentem consistência (Saaty, 1980). Assim o método AHP se propõe a calcular a Razão de Consistência dos julgamentos, denotada por $RC = IC/IR$, onde IR é o Índice de Consistência Randômico obtido para uma matriz recíproca de ordem n , com elementos não-negativos e gerada randomicamente. O

Índice de Consistência (IC) é dado por $IC = (\lambda_{\text{máx}} - n)/(n-1)$, onde $\lambda_{\text{máx}}$ é o maior autovalor da matriz de julgamentos. Segundo Saaty (1980) a condição de consistência dos julgamentos é que $RC \leq 0,10$.

O método AHP desenvolvido por Saaty, é um poderoso instrumento de tomada de decisão multicritério e tem sido usado em inúmeras aplicações em várias áreas de economia, política e engenharia.

Segundo Leal (2008), apesar de sua grande aplicabilidade, o método AHP apresenta uma grande complexidade ao exigir dos tomadores de decisão um número muito grande de comparações, dificultando a sua aplicação, exatamente nos problemas de maior importância, que envolvem a participação de executivos de altos escalões.

Observando esta dificuldade, Leal (2008) desenvolveu um método que, supondo consistência de julgamento pelos tomadores de decisão, reduz as comparações para cada critério, ou entre critérios, para a comparação de apenas um elemento com todos os demais.

3.4

O método AHP simplificado

O método apresentado nesta seção foi desenvolvido por Leal em 2008 e, supondo consistência dos julgamentos, pode-se estimar diretamente o auto vetor, a partir da comparação em apenas uma linha. Trata-se de um procedimento simplificado para calcular rapidamente as prioridades a partir da comparação de um só elemento com os demais.

Leal (2008) sugere que o elemento tomado como base seja um de aparente maior importância, pelo qual se espera que a inconsistência de julgamento seja minimizada. Lembra ainda que, supondo consistência, pode-se calcular o vetor de prioridades, associado ao maior autovalor com um julgamento entre uma alternativa e todas as outras. Além disto, pode-se reconstruir a matriz completa usando a relação:

$$a_{jk} = a_{ik}/a_{ij} \quad (1)$$

3.4.1

Dedução da Equação a Partir do Método de Saaty

De fato, a soma de cada linha j da matriz é:

$$s_j = \sum_k \frac{a_{ik}}{a_{ij}} = \frac{1}{a_{ij}} \sum_k a_{ik} \quad (2)$$

A soma total da matriz, ou soma dos totais das linhas é:

$$s = \sum_j \frac{1}{a_{ij}} \sum_k a_{ik} \quad (3)$$

Logo a avaliação, com a prioridade pr_j para a linha, ou alternativa j é:

$$pr_j = \frac{\frac{1}{a_{ij}} \sum_k a_{ik}}{\sum_j \frac{1}{a_{ij}} \sum_k a_{ik}} = \frac{\frac{1}{a_{ij}}}{\sum_j \frac{1}{a_{ij}}} \quad (4)$$

Se toma o primeiro elemento como referência na matriz ($i=1$) ele terá o valor

1. Assim a sua prioridade será dada por:

$$pr_i = \frac{1}{\sum_j 1/a_{1j}} \quad (5)$$

Os demais elementos j serão:

$$pr_j = \frac{1}{a_{1j}} * pr_1 \quad (6)$$

Pode-se então, definir uma equação geral para o cálculo da prioridade de todos os elementos como, partindo de uma linha qualquer i, lembrando que a linha i deve corresponder ao elemento de maior prioridade:

$$pr_j = \frac{1}{a_{ij}} * \frac{1}{\sum_k 1/a_{ik}} \quad (7)$$

Neste estudo, utilizou-se este método em um processo decisório específico. Existe uma demanda de mercado por operação de apoio logístico à exploração e produção *offshore* de petróleo no campo de Carcará, no Pré-Sal da Bacia de Santos, a ser concatenada em terminal portuário na região.

Aplicação: seleção da localização da base de apoio logístico

Nesse capítulo, será feito um estudo de caso baseado numa das maiores IOC's e uma das maiores produtoras de petróleo do Brasil, que já opera o campo de Peregrino e bloco BM-C-33, ambos na Bacia de Campos, tendo recentemente arrematado o bloco BM-S-8, através da segunda rodada de concessões do Pré-Sal da ANP, declarado comercialmente como Carcará.

Dado ao tamanho dos investimentos, todo aparato logístico de suporte à exploração e produção *offshore* do Campo de Carcará requer uma tomada de decisão acurada, baseada em critérios apropriados.

Baseado neste contexto, esta parte do trabalho tem por objetivo aplicar um método para auxiliar na escolha de um terminal portuário a qual a IOC irá operar em suporte às operações do Campo de Carcará.

Para isto, como primeiro passo, através de pesquisa de campo foram visitados terminais portuários na região sudeste do país, e de acordo com as exigências da IOC, para que o terminal fosse pré-selecionado como alternativa de localização deveria disponibilizar minimamente um berço de atracação de 100m dedicado às operações *offshore*.

Seis portos que chamamos de P1, P2, P3, P4, P5 e P6 atenderam ao requerimento, sendo um terminal portuário no estado de São Paulo, quatro no estado do Rio de Janeiro e um no estado do Espírito Santo.

A figura 9 ilustra as posições geográficas dos portos selecionados em relação ao campo de Carcará.

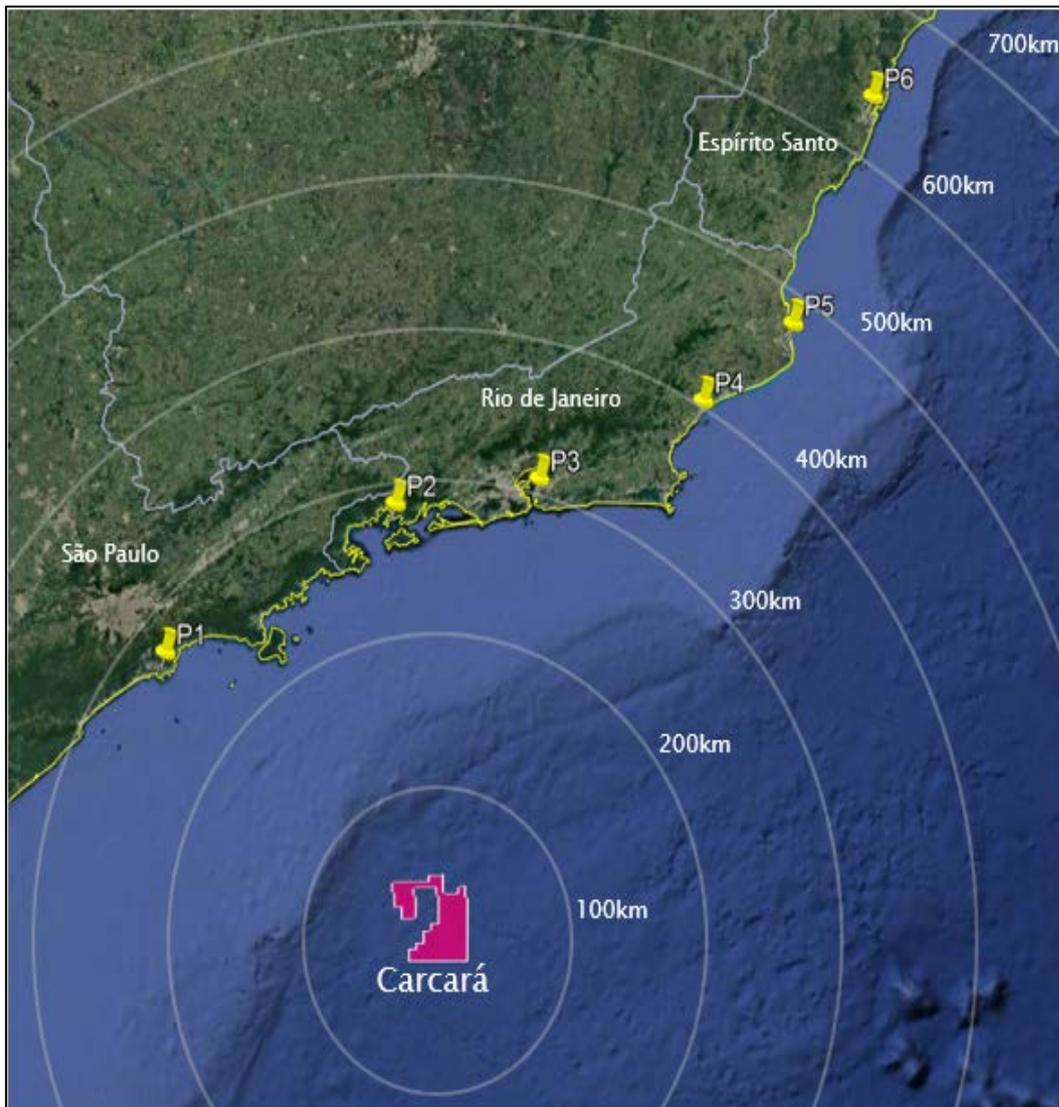


Figura 9 – Posicionamento Geográfico dos Principais Terminais Portuários em Relação ao Campo de Carcará - Elaborado pelo autor (ferramenta Google Earth).

Como segundo passo, criou-se um grupo de trabalho multidisciplinar constituído no corpo de uma empresa especializada em apoio logístico *offshore*, onde o autor deste trabalho faz parte, e definiu-se os critérios e subcritérios usados para dar sequência na avaliação dos terminais, detalhados neste trabalho mais adiante.

No terceiro passo, para viabilizar o levantamento e coleta das muitas das informações necessárias, foi realizado extensivo trabalho de campo nos seis portos pré-selecionados.

Como quarto passo e de posse de ferramental teórico exposto nos capítulos anteriores, aplicou-se a modelagem utilizando o método AHP clássico desenvolvido por Saaty (1980) e o método AHP simplificado desenvolvido por Leal (2008), comparando par a par os critérios e subcritérios e as alternativas dentro de cada critério.

No quinto passo e último, como resultado desta comparação, este estudo de caso apresenta a Matriz Resultado dos terminais portuários, de forma a auxiliar a tomada de decisão da IOC na escolha do melhor terminal portuário para suporte logístico às campanhas exploratórias *offshore* no Campo de Carcará.

4.1

Os critérios para estrutura do modelo

Dando continuidade à estruturação da modelagem, o grupo de trabalho multidisciplinar entende que para o melhor desempenho logístico *offshore*, é primordial o aprofundamento de critérios relacionados à Estrutura, Localização e nível de Prestação de Serviço Logístico (PSL).

Atendendo a metodologia proposta por Saaty (1980), a figura 10 apresenta a estrutura de hierarquização do modelo multicritério.

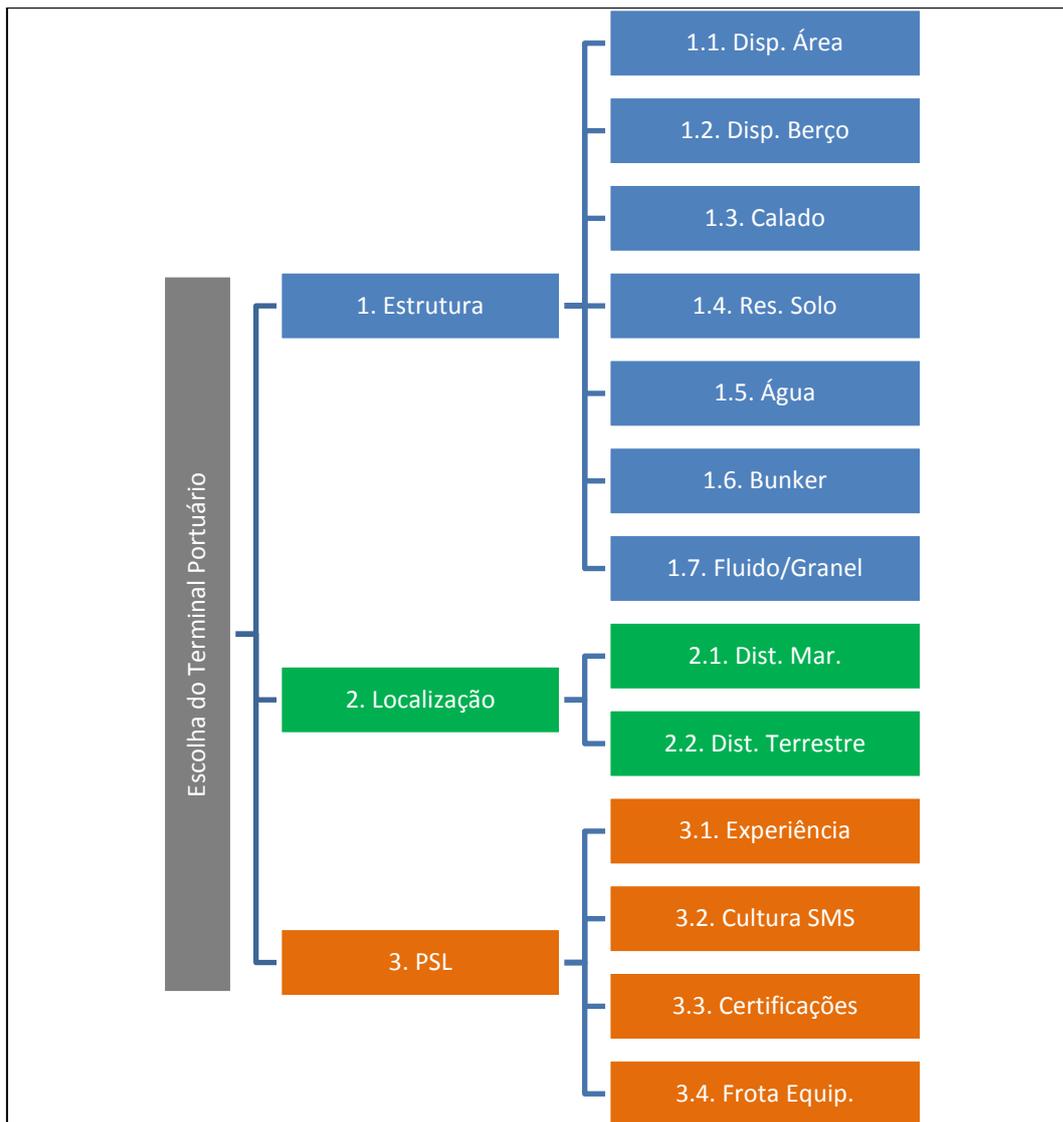


Figura 10 – Modelo de Hierarquização Proposto - Elaborado pelo autor.

4.1.1

Critério – estrutura

Este critério agrupa indicadores na escolha de um terminal portuário por aspectos relacionados a sua estrutura. O critério foi decomposto em sete subcritérios: Disponibilidade de Área, Disponibilidade de Berço, Calado/Canal de Acesso, Resistência de Solo, Estrutura de Fornecimento de Água, Fornecimento de *Bunker* e Fornecimento de Fluido/Granel.

A seguir serão conceituados e classificados os indicadores de acordo com o seu tipo, unidade e forma de obtenção.

4.1.1.1

Subcritério – disponibilidade de área

Conforme já exposto, todo operador logístico precisa dispor de áreas para atendimento às campanhas exploratórias dentro do pacote de facilidades a ser oferecido para as petroleiras.

Assim, a disponibilidade de áreas é uma variável de suma importância para uma boa eficiência operacional, conforto e segurança das operações.

Para um bom atendimento às campanhas, é necessário que um porto tenha áreas para pré-embarque, armazenagem de tubos e cargas em geral, armazéns fechados e áreas para armazenagem temporária para resíduos.

4.1.1.2

Subcritério – disponibilidade de berço

É consenso de que o Brasil hoje carece de infraestrutura de portos para atendimento da demanda de uma forma geral e a disponibilidade de berços emerge como uma variável importante a ser considerada na escolha de um terminal portuário para a implementação de base de apoio logístico *offshore*.

Porém, diferentemente das atracções comerciais de longo curso que necessitam de muitos metros de cais, a campanha exploratória *offshore* necessita de berço de tamanho relativamente menor para atracções das embarcações de suprimentos e apoio com porte médio de 85m de comprimento, 18m de boca (largura) e calado médio de 7m.

4.1.1.3

Subcritério – calado/canal de acesso

Calado é a designação dada à profundidade a que se encontra o ponto mais baixo da quilha de uma embarcação, em relação à linha d'água (superfície da água) (EIFLER, 1930).

Canal de Acesso é o termo dado ao vão sob a lâmina d'água que liga o alto-mar com as instalações portuárias, podendo ser natural ou artificial e dotado de profundidade e largura adequadas, além da devida sinalização, com o objetivo de dar acesso das embarcações ao porto (PIANC, 1997).

Assim como na disponibilidade de berço, mesmo que os OSV's sejam de porte inferior aos navios comerciais de longo curso, esta variável não deve ser desprezada na modelagem, posto que se houver necessidade de dragar para formar calado e canal de acesso no porto, será necessário dispor de investimentos e licenciamentos, onerando o custo do projeto.

4.1.1.4

Subcritério – resistência de solo

Esta variável tem significativa importância para a composição do valor total a ser investido em melhorias de infraestrutura de acordo com o nível de exigência e segurança das operações *offshore* requerida pelas companhias petroleiras.

Tecnicamente, para a resistência de solo deseja-se, em princípio, uma capacidade estrutural mínima de 5 toneladas por metro quadrado, em solo nivelado, podendo ser de concreto, asfalto ou terra batida.

Esta capacidade é fundamental para a segurança e integridade das operações, pois durante uma campanha exploratória circularão equipamentos de içamento de grande porte, tais como guindastes, empilhadeiras, carretas, dentre outros. Além disto, serão movimentadas e armazenadas, temporariamente na base,

peças diversas de grande porte, como tubos de revestimento e perfuração, contêineres, cestas de equipamentos, etc., podendo algumas destas peças ultrapassar 50 toneladas.

4.1.1.5

Subcritério – fornecimento de água

As unidades flutuantes demandam uma grande quantidade de água para consumo, uso nas instalações *offshore*, e até para confecção de materiais como cimento e fluidos de perfuração. Para atender satisfatoriamente as operações, uma embarcação quando atracada no terminal portuário recebe em média trezentos métricos cúbicos de água por viagem.

Para isto, o terminal portuário deve ter a capacidade de atendimento através de plantas de fornecimento com boa vazão de transferência. Uma outra forma de fornecimento é através de barcaças.

4.1.1.6

Subcritério – fornecimento de *bunker*

O termo *bunker* é simplesmente o combustível (óleo) usado em navios, uma vez que o carvão era o combustível original para navios a vapor.

Existem muitos tipos de óleo, mas os mais comuns são o MGO (gasóleo marítimo), MDO (óleo diesel marinho), IFO (óleo combustível intermediário), MFO (fuelóleo marinho) e o HFO (óleo combustível pesado).

Assim como a água, os bunkers são fornecidos através de vários meios, como barcaças de *bunker* e plantas de abastecimento no terminal portuário.

Esta é uma variável importante para ser observada, uma vez que grande parte do custo operacional dos navios e destinos *offshore* deve-se ao bunker. Além disto a falta de combustível pode acarretar em *downtime* nas atividades *offshore*.

4.1.1.7

Subcritério – fornecimento de fluidos/granel

Um dos maiores entraves para viabilização de campanha exploratória é a Instalação de Planta de Fluidos e Granel dentro do porto organizado, por se tratar de uma instalação fixa operada por terceiros com necessidade de proximidade aos berços de atracação, o que pode atrapalhar e/ou colocar em riscos outras atividades desempenhadas pelo porto.

Em linhas gerais, uma planta de fluidos tem o objetivo de fabricar lama de perfuração de diversos tipos com diferentes tecnologias, através da mistura de componentes químicos.

Por se tratar de embarque em grandes escalas nos tanques dos OSV's, a alocação de planta próxima ao cais minimiza custos operacionais de transporte rodoviário. Os produtos a granel também são armazenados em silos nas plantas e fornecidos às embarcações de suprimento.

Desta forma, destaca-se a importância em mensurar esta variável, posto que não há campanha exploratória sem o fornecimento de fluidos de perfuração e granel.

4.1.2

Critério – localização

Considera critérios com características relacionadas ao ponto geográfico do terminal portuário. Foi decomposto em dois subcritérios: Distância Marítima e Distância Terrestre. Este critério agrupa os principais indicadores influenciáveis na

escolha de uma localidade por serem variáveis de grande influência na logística de atendimento.

4.1.2.1

Subcritério – distância marítima

A Distância marítima pode ser calculada em quilômetros, milhas náuticas ou horas de navegação.

Para as companhias petroleiras, esta variável é de suma importância e está ligada diretamente a fatores que elevam diretamente o custo operacional da campanha, tais como: custo de combustível (*Bunker*) para as embarcações de suprimentos e apoio, capacidade e agilidade de atendimento à unidade marítima *offshore*, capacidade de combate em caso de incidentes, dentre outros fatores.

4.1.2.2

Subcritério – distância terrestre

Como visto anteriormente, uma base de apoio logístico offshore atua como o ponto central no suporte às operações de exploração e produção de O&G para fornecer equipamentos, pessoas e serviços.

Como a maioria dos serviços e equipamentos para uso e consumo na campanha exploratória e produção utilizam, na maioria das vezes, o modal rodoviário para chegar no terminal e em menor escala, o modal ferroviário, no racional da variável proposta, à proximidade de rodovias é atribuído um índice de relevância maior do que ao modal ferroviário. Portos com boa ligação e proximidade a rodovias principais gozarão de significativas vantagens competitivas por mitigarem riscos operacionais.

Desta forma, é segura a premissa de que a maioria das cargas sejam rodoviárias e, ainda, provenientes de fornecedores localizados na cidade de Macaé,

no estado do Rio de Janeiro. Assim, entende-se que mensurar a distância entre esta cidade e o porto visitado tem sua relevância, dada a criticidade do fator tempo na indústria do petróleo.

4.1.3

Critério – prestador de serviço logístico (PSL)

Com características relacionadas ao prestador de serviço logístico (PSL), este critério agrupa os principais indicadores influenciáveis na escolha de um operador logístico para gerenciamento e execução de toda logística de atendimento, sendo decomposto em quatro subcritérios: Experiência, Cultura de Segurança, Meio-Ambiente e Saúde (SMS), Certificações e Frota de Equipamento.

Ademais, a maior preocupação das petroleiras é atender prontamente as demandas das sondas de perfuração ou produção de forma a não causar *downtime*, (paradas imprevistas na operação/produção) posto que os custos diários de uma sonda podem chegar a quinhentos mil dólares por dia.

Desta forma, se faz necessário um excelente nível de serviço em toda a cadeia de suprimentos, principalmente pelo PSL da base de apoio, que deverá ter uma vasta experiência, com sólidos procedimentos, certificações exigidas pela indústria, com uma forte cultura de segurança e eficiência operacional.

4.1.3.1

Subcritério – experiência

A experiência do prestador de serviço logístico (PSL) é uma variável que tem sua importância na escolha do terminal portuário pois os serviços que fazem parte do escopo de um PSL que atende atividades offshore englobam logística complexa e integrada incluindo (i) Apoio logístico aéreo de pessoal e contingencial, (ii) Apoio marítimo de cargas, (iii) Apoio logístico terrestre (rodoviário e

ferroviário) de cargas, (iv) Armazenagem, (v) Operações portuárias, (vi) Apoio à integração dos serviços, programação e otimização.

Importante salientar que a verificação de sistemas de gerenciamento de armazéns, transportes e outros são desejáveis e observados neste subcritério.

4.1.3.2

Subcritério – cultura de segurança, meio ambiente e saúde (SMS)

Indispensável avaliar a cultura de SMS do PSL nas questões concernentes às atividades de Segurança Industrial, Proteção ao Meio Ambiente e Saúde Ocupacional (SMS), que devem ser cumpridas, com o objetivo de proteger pessoas, equipamentos e instalações, bem como promover a preservação do Meio Ambiente e a aptidão ao trabalho dos seus empregados, em decorrência da execução dos serviços.

O PSL deve atender a todos os requisitos legais de SMS aplicáveis à sua atividade, dentre os quais aqueles previstos na Constituição Federal, Leis, Decretos, Portarias, Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho, Instruções Normativas e Resoluções no âmbito federal, estadual e municipal, bem como, quando aplicável, as Notas Técnicas e Diretrizes emitidas pelos órgãos ambientais.

4.1.3.3

Subcritério – certificações

Este subcritério verifica a excelência dos serviços oferecidos pelo PSL através da aplicação de um Sistema de Gestão com procedimentos certificados reconhecidos pela Indústria O&G.

A *International Organization for Standardization* - ISO 9001 de Qualidade, ISO 14001 de Meio Ambiente e a *Occupational Health and Safety Assessment*

Series - OHSAS 18001 de Saúde e Segurança no Trabalho são exemplos de certificações desejáveis na escolha de um terminal portuário.

4.1.3.4

Subcritério – frota de equipamentos

Este subcritério verifica a idade média da frota de equipamentos disponível para atuação dos serviços prestados pelo PSL.

Sem esquecer da importância da qualificação profissional dos operadores, o tempo de vida o tempo de vida útil do equipamento e seus componentes, aliados à um programa de manutenção preventiva e preditiva é fundamental para assegurar a efetividade dos dispositivos de segurança.

4.2

Aplicação do AHP clássico

Definidos os critérios, subcritérios e sua estrutura hierárquica, inicia-se agora para a aplicação do método. No modelo realizado através de planilhas, o primeiro passo foi estabelecer as comparações par a par da matriz de dominância. Assim, o grupo de tomadores de decisão definiu o pareamento a seguir:

Tabela 3 – Comparação Par a Par da Matriz de Dominância - Elaborado pelo autor.

	Estrutura	Localização	PSL
Estrutura	1	1/3	3
Localização	3	1	5
PSL	1/3	1/5	1

Feito o pareamento, o próximo passo consiste na obtenção do vetor de prioridades ($N \times 1$) que exprimirá, em uma escala de 0 a 1 o peso e importância de

cada critério dentro do grupo hierárquico. Para isso, normaliza-se a matriz de dominâncias e calcula-se o Vetor Prioridade através da equação:

$$\sum(A_{ij}) / n \quad (8)$$

Aplicando a equação (8), pode-se verificar a matriz normalizada, conforme tabela 4:

Tabela 4 – Normalização da Matriz de Dominância - Elaborado pelo autor.

	Estrutura	Localização	PSL	Vetor Prioridade (VP)
Estrutura	0,231	0,217	0,333	0,260
Localização	0,692	0,652	0,556	0,633
PSL	0,077	0,130	0,111	0,106
Totais	1,000	1,000	1,000	1,000

No modelo, o critério “Localização” é o dominante (63,3%), significando que alternativas que apresentem bons indicadores neste critério tendem a ser favorecidas pela modelagem, seguido por “Estrutura” (26,0%) e por último, “PSL” (10,6%).

Para assegurar a observância do princípio da transitividade e a consistência dos julgamentos aplicados na matriz de dominância, bem como a eficiência de toda a modelagem e seus resultados, Saaty sugere o cálculo de um índice de consistência lógica (IC). Segundo Saaty (1980), havendo consistência, o maior autovalor de uma matriz com elementos não negativos, recíprocos e em conformidade com o princípio da transitividade, será igual à ordem da matriz. Logo, pode-se mensurar o grau de inconsistência e intransitividade dos julgamentos analisando o desvio do autovalor máximo com relação à ordem da matriz. Assim, Saaty define seu índice de consistência pela equação:

$$IC = |(\lambda_{\max} - N)/(N-1)| \quad (9)$$

Onde λ_{\max} o autovalor máximo e N a ordem da matriz. O autovalor λ_{\max} é estimado através da seguinte equação:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[A\bar{w}]_i}{\bar{w}_i} \quad (10)$$

Para identificação de λ_{\max} , Saaty propõe uma metodologia simplificada cujo resultado fornece uma aproximação satisfatória, explicada aqui através do modelo. Toma-se a matriz A_v (3x1), obtida através da multiplicação da matriz de dominância (3x3) e o vetor de prioridades (3x1) e divide-se seus elementos por seu valor correspondente no vetor de prioridades. Soma-se todos os elementos desse vetor e divide-se pela ordem da matriz, obtendo uma média. Este é o λ_{\max} .

Tabela 5 – Cálculo do λ_{\max} da Matriz de Dominância - Elaborado pelo autor.

A_v	λ_{\max}
0,790	3,033
1,946	3,072
0,320	3,011
	3,039

Assim, após cálculo do λ_{\max} da matriz de dominância (3,039), aplica-se a equação (9) de Saaty, a saber:

$$IC_{\text{dominância}} = |(3,039-3)/(3-1)| = 0,019$$

Adicionalmente, Saaty (2008) adverte que quanto maior for a ordem da matriz de dominância, menos lesivas tendem a ser suas eventuais inconsistências ao resultado final do modelo. Assim, propôs a Razão de Consistência (RC), na qual o IC obtido para a matriz de dominância é dividido por um IC correspondente

(quanto à sua ordem) gerado de forma randômica por matrizes recíprocas, com elementos não negativos, o que chamou de Índice Randômico (IR). A tabela 6 traz os valores gerados e propostos por Saaty para matrizes de ordem 0 a 10.

Tabela 6 – Índice Randômico (IR) – Saaty (1980).

N	IR
2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,51

Assim, na equação (11) Saaty define a Razão de Consistência (RC) como:

$$RC = IC / IR_N \quad (11)$$

Trivial ver que quanto maior for a ordem da matriz, mais amenizado (pelo índice randômico) tende a ser a Razão de Consistência para o Índice de Inconsistência obtido. Saaty recomenda uma tolerância conforme tabela 7 abaixo:

Tabela 7 – Check de Consistência – Saaty (1980).

N	(<) RC
<=2	0%
3	5%
4	9%
>=5	10%

Caso contrário, os julgamentos e paridades estabelecidos na matriz de dominância devem ser revistos.

De acordo com a teoria de Saaty exposta acima, aplica-se a equação (11) o teste de consistência para os critérios do modelo.

$$RC_{\text{dominância}} = 0,019 / 0,58$$

$$RC_{\text{dominância}} = 0,033$$

Pode-se observar que a Razão de Consistência acima é inferior a 5%, portanto, os julgamentos e paridades estabelecidos na matriz de dominância são satisfatoriamente transitivos e consistentes, não necessitando de revisão.

Prosseguindo a modelagem, faz-se as comparações par a par bem como os cálculos agora para as matrizes dos subcritérios Estrutura, Localização e PSL do modelo, conforme pode ser observado nas tabelas 8, 9 e 10 a seguir:

Tabela 8 – Comparação Par a Par da Matriz do Subcritério Estrutura - Elaborado pelo autor.

Estrutura	Disp. Área	Disp. Berço	Calado	Res. Solo	Água	Bunker	Fluido/Granel
Disp. Área	1	1/3	1/3	5	7	9	3
Disp. Berço	3	1	1/2	4	3	3	2
Calado	3	2	1	7	5	6	4
Res. Solo	1/5	1/4	1/7	1	1/3	1/3	1/3
Água	1/7	1/3	1/5	3	1	1/3	1/3
Bunker	1/9	1/3	1/6	3	3	1	1/3
Fluido/Granel	1/3	1/2	1/4	3	3	3	1

Tabela 9 – Comparação Par a Par da Matriz do Subcritério Localização - Elaborado pelo autor.

Localização	Dist. Mar.	Dist. Terrestre
Dist. Mar.	1	4
Dist. Terrestre	1/4	1

Tabela 10 – Comparação Par a Par da Matriz do Subcritério PSL - Elaborado pelo autor.

PSL	Experiência	Cultura SMS	Certificações	Frota Equip.
Experiência	1	1/3	5	5
Cultura SMS	3	1	5	9
Certificações	1/5	1/5	1	5
Frota Equip.	1/5	1/9	1/5	1

Abaixo encontram-se as matrizes normalizadas dos subcritérios Estrutura, Localização e PSL, conforme tabelas 11, 12 e 13:

Tabela 11 – Normalização da Matriz do Subcritério Estrutura - Elaborado pelo autor.

Estrutura	Disp. Área	Disp. Berço	Calado	Res. Solo	Água	Bunker	Fluido/ Granel	Vetor Prioridade
Disp. Área	0,128	0,070	0,129	0,192	0,313	0,397	0,273	0,215
Disp. Berço	0,385	0,211	0,193	0,154	0,134	0,132	0,182	0,199
Calado	0,385	0,421	0,386	0,269	0,224	0,265	0,364	0,330
Res. Solo	0,026	0,053	0,055	0,038	0,015	0,015	0,030	0,033
Água	0,018	0,070	0,077	0,115	0,045	0,015	0,030	0,053
Bunker	0,014	0,070	0,064	0,115	0,134	0,044	0,030	0,068
Fluido/Granel	0,043	0,105	0,096	0,115	0,134	0,132	0,091	0,102
Totais	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabela 12 – Normalização da Matriz do Subcritério Localização - Elaborado pelo autor.

Localização	Dist. Mar.	Dist. Terrestre	Vetor Prioridade
Dist. Mar.	0,800	0,800	0,800
Dist. Terrestre	0,200	0,200	0,200
Totais	1,000	1,000	1,000

Tabela 13 – Normalização da Matriz do Subcritério PSL - Elaborado pelo autor.

PSL	Experiência	Cultura SMS	Certificações	Frota Equip.	Vetor Prioridade
Experiência	0,227	0,203	0,446	0,250	0,282
Cultura SMS	0,682	0,608	0,446	0,450	0,547
Certificações	0,045	0,122	0,089	0,250	0,127
Frota Equip.	0,045	0,068	0,018	0,050	0,045
Totais	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Conforme já demonstrado anteriormente, calcula-se o λ_{\max} das matrizes dos subcritérios Estrutura, Localização e PSL e obtém-se (7,891), (2,000) e (4,347) respectivamente, conforme apresentado abaixo nas tabelas 14, 15 e 16:

Tabela 14 – Cálculo do λ_{\max} da Matriz do Subcritério Estrutura - Elaborado pelo autor.

Av	λ_{\max}
1,843	8,585
1,707	8,590
2,684	8,121
0,247	7,467
0,372	7,022
0,505	7,478
0,817	7,971
	7,891

Tabela 15 – Cálculo do λ_{\max} da Matriz do Subcritério Localização - Elaborado pelo autor.

Av	λ_{\max}
1,600	2,000
0,400	2,000
	2,000

Tabela 16 – Cálculo do λ_{\max} da Matriz do Subcritério PSL - Elaborado pelo autor.

A_v	λ_{\max}
1,323	4,698
2,431	4,448
0,518	4,095
0,188	4,148
	4,347

Assim, aplicando a equação (9) de Saaty, obtém-se:

$$IC_{\text{estrutura}} = |(7,891-7)/(7-1) = 0,148$$

$$IC_{\text{localização}} = |(2,000-2)/(2-1) = 0,000$$

$$IC_{\text{psl}} = |(4,347-4)/(4-1) = 0,116$$

Calculando a Razão de Consistência conforme a equação (11), têm-se:

$$RC_{\text{estrutura}} = 0,148 / 1,32 = 0,112$$

$$RC_{\text{localização}} = 0,000 / 0,00 = 0,000$$

$$RC_{\text{psl}} = 0,116 / 0,90 = 0,129$$

Ao analisar o resultado da Razão de Consistência das matrizes dos subcritérios Estrutura e Localização, logo observa-se que ambas apresentam resultados que demonstram inconsistência das matrizes analisadas, uma vez que para matrizes com $N = 7$ (Estrutura) e $N = 4$ (PSL), as Razões de Consistências devem ser menores ou iguais a 10% e 9% respectivamente.

Tal resultado sugere uma revisão na análise de sua comparação par a par, o que leva a crer que a aplicação direta do método AHP Clássico pode apresentar dificuldades em sua aplicação, e conseqüentemente, não levar aos resultados almejados.

Fatores como grande número de variáveis a serem analisadas, falta de entendimento do conceito de comparação pelos tomadores de decisão entre outros aspectos podem influenciar no resultado.

4.3.

Aplicação do AHP simplificado

Conforme foi estudado anteriormente, a aplicação do método AHP simplificado desenvolvido por Leal (2008) propõe uma metodologia que, supondo consistência de julgamento pelos tomadores de decisão, reduz as comparações para cada critério, ou entre critérios, à comparação de um elemento com todos os demais.

Desta forma, para atenuar a complexidade e o número de critérios considerados, escolhe-se a alternativa de cada matriz que aparentemente seja o de maior importância frente aos demais para realizar a comparação.

Como no AHP Clássico, utilizando a escala fundamental de Saaty e supondo consistência de julgamento, foi refeita a comparação par a par pelos tomadores de decisão.

A tabela 17 abaixo apresenta os resultados:

Tabela 17 – Matriz de Comparação do Método Simplificado Comparada - Elaborado pelo autor.

	Estrutura	Localização	PSL
Localização	3	1	6

Estrutura	Disp. Área	Disp. Berço	Calado	Res. Solo	Água	Bunker	Fluido /Granel
Calado	4	3	1	6	5	6	4

Localização	Dist. Mar.	Dist. Terrestre
Dist. Mar.	1	3

PSL	Experiência	Cultura SMS	Certificações	Frota Equip.
Cultura SMS	2	1	4	7

Partindo dos critérios escolhidos, aplica-se a equação geral (12) proposto por Leal (2008) para normalização e cálculo do vetor prioridade dos elementos.

$$VP_j = \frac{1}{a_{ij}} * \frac{1}{\sum_k 1/a_{ik}} \quad (12)$$

A tabela 18 apresenta os resultados.

Tabela 18 – Normalização das Matrizes e Cálculo do Vetor Prioridade (VP) dos Elementos - Elaborado pelo autor.

	Estrutura	Localização	PSL	
Localização	0,222	0,667	0,111	1,000

Estrutura	Disp. Área	Disp. Berço	Calado	Res. Solo	Água	Bunker	Fluido /Granel	
Calado	0,106	0,141	0,423	0,070	0,085	0,070	0,106	1,000

Localização	Dist. Mar.	Dist. Terrestre	
Dist. Mar.	0,750	0,250	1,000

PSL	Experiência	Cultura SMS	Certificações	Frota Equip.	
Cultura SMS	0,264	0,528	0,132	0,075	1,000

Calculados os VP's e verificado consistência de julgamentos, foi definida na tabela 19 a árvore de prioridades.

Tabela 19 – Árvore de Prioridades - Elaborado pelo autor.

Escolha do Terminal Portuário para Instalação de Base de Apoio Logístico Offshore	1. Estrutura	22,2%	1.1. Disp. Área	10,6%
			1.2. Disp. Berço	14,1%
			1.3. Calado	42,3%
			1.4. Res. Solo	7,0%
			1.5. Água	8,5%
			1.6. Bunker	7,0%
			1.7. Fluido/Granel	10,6%
	2. Localização	66,7%	2.1. Dist. Mar	75,0%
			2.2. Dist. Terrestre	25,0%
	3. PSL	11,1%	3.1. Experiência	26,4%
			3.2. Cultura	52,8%
			3.3. Certificações	13,2%
			3.4. Frota Equip.	7,5%

Para facilitar o entendimento da árvore de prioridades, toma-se como exemplo o critério Localização que representa uma dominância de 66,7% frente aos critérios Estrutura (22,2%) e PSL (11,1%).

Em seguida, usando a escala fundamental de Saaty e de acordo com as informações obtidas na avaliação dos terminais, o grupo de tomadores de decisão irá comparar cada um dos seis terminais portuários apresentados neste estudo. A tabela 20 apresenta os resultados:

Tabela 20 – Matriz de Comparação dos Terminais Portuários e Subcritérios - Elaborado pelo autor.

Estrutura	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Disp. Área	9	9	5	7	1	3
Disp. Berço	9	7	5	3	1	9
Calado	3	3	9	5	1	7
Res. Solo	1	5	3	5	3	5
Água	1	5	1	1	5	5
Bunker	5	5	5	5	1	5
Fluido/Granel	5	5	1	1	1	1

Localização	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Dist. Mar.	1	1	1	3	5	7
Dist. Terrestre	9	7	5	1	3	5

PSL	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Experiência	5	9	1	1	3	5
Cultura SMS	5	5	1	1	1	1
Certificações	3	5	1	1	7	3
Frota Equip.	3	5	7	9	1	3

Aplicando a equação (12), tem-se a matriz de comparação dos terminais portuários normalizada, conforme apresentado na tabela 21.

Tabela 21 – Matriz de Comparação dos Terminais Portuários e Subcritérios Normalizada - Elaborado pelo autor.

Estrutura	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Disp. Área	0,059	0,059	0,105	0,075	0,527	0,176	1,000
Disp. Berço	0,059	0,075	0,105	0,176	0,527	0,059	1,000
Calado	0,157	0,157	0,052	0,094	0,472	0,067	1,000
Res. Solo	0,441	0,088	0,147	0,088	0,147	0,088	1,000
Água	0,278	0,056	0,278	0,278	0,056	0,056	1,000
Bunker	0,100	0,100	0,100	0,100	0,500	0,100	1,000
Fluido/Granel	0,045	0,045	0,227	0,227	0,227	0,227	1,000

Localização	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Dist. Mar.	0,272	0,272	0,272	0,091	0,054	0,039	1,000
Dist. Terrestre	0,056	0,072	0,101	0,503	0,168	0,101	1,000

PSL	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Experiência	0,070	0,039	0,352	0,352	0,117	0,070	1,000
Cultura SMS	0,045	0,045	0,227	0,227	0,227	0,227	1,000
Certificações	0,111	0,066	0,332	0,332	0,047	0,111	1,000
Frota Equip.	0,157	0,094	0,067	0,052	0,472	0,157	1,000

Esta normalização nada mais é que a definição do peso de cada um dos seis terminais portuários estudados em relação a cada subcritério. Feito isto, o próximo passo é calcular o peso total para cada subcritério das matrizes Estrutura, Localização e PSL utilizando a equação (13), conforme abaixo:

$$P_{tot(j)} = \sum_i (A_{ij} * VP_j) \quad (13)$$

Em termos matriciais: Sendo A o vetor coluna de prioridade de critérios e VP a matriz de prioridade dos portos no critério estrutura: O vetor linha de prioridade dos portos neste critério P_{tot} é:

$$P_{tot} = A^T * VP \quad (14)$$

Matriz Estrutura:

$$P_{\text{tot}} (P1) = (0,059*0,106) + (0,059*0,141) + (0,157*0,423) + (0,441*0,070) + (0,278*0,085) + (0,100*0,070) + (0,045*0,106) = 0,147$$

$$P_{\text{tot}} (P2) = (0,059*0,106) + (0,075*0,141) + (0,157*0,423) + (0,088*0,070) + (0,056*0,085) + (0,100*0,070) + (0,045*0,106) = 0,106$$

$$P_{\text{tot}} (P3) = (0,105*0,106) + (0,105*0,141) + (0,052*0,423) + (0,147*0,070) + (0,278*0,085) + (0,100*0,070) + (0,227*0,106) = 0,113$$

$$P_{\text{tot}} (P4) = (0,075*0,106) + (0,176*0,141) + (0,094*0,423) + (0,088*0,070) + (0,278*0,085) + (0,100*0,070) + (0,227*0,106) = 0,133$$

$$P_{\text{tot}} (P5) = (0,527*0,106) + (0,527*0,141) + (0,472*0,423) + (0,147*0,070) + (0,056*0,085) + (0,500*0,070) + (0,227*0,106) = 0,403$$

$$P_{\text{tot}} (P6) = (0,176*0,106) + (0,059*0,141) + (0,067*0,423) + (0,088*0,070) + (0,056*0,085) + (0,100*0,070) + (0,227*0,106) = 0,097$$

Matriz Localização:

$$P_{\text{tot}} (P1) = 0,218$$

$$P_{\text{tot}} (P2) = 0,222$$

$$P_{\text{tot}} (P3) = 0,229$$

$$P_{\text{tot}} (P4) = 0,194$$

$$P_{\text{tot}} (P5) = 0,083$$

$$P_{\text{tot}} (P6) = 0,054$$

Matriz PSL:

$$P_{\text{tot}} (P1) = 0,069$$

$$P_{\text{tot}} (P2) = 0,050$$

$$P_{\text{tot}} (P3) = 0,262$$

$$P_{\text{tot}} (P4) = 0,261$$

$$P_{\text{tot}} (P5) = 0,193$$

$$P_{\text{tot}} (P6) = 0,165$$

A Tabela 22 abaixo apresenta a matriz completa para cada terminal portuário e subcritério analisado:

Tabela 22 – Matriz com Peso entre os Terminais Portuários e Subcritérios - Elaborado pelo autor.

Estrutura	P1	P2	P3	P4	P5	P6	VP
Disp. Área	0,059	0,059	0,105	0,075	0,527	0,176	0,106
Disp. Berço	0,059	0,075	0,105	0,176	0,527	0,059	0,141
Calado	0,157	0,157	0,052	0,094	0,472	0,067	0,423
Res. Solo	0,441	0,088	0,147	0,088	0,147	0,088	0,070
Água	0,278	0,056	0,278	0,278	0,056	0,056	0,085
Bunker	0,100	0,100	0,100	0,100	0,500	0,100	0,070
Fluido/Granel	0,045	0,045	0,227	0,227	0,227	0,227	0,106
Ptot (Estrutura)	0,147	0,106	0,113	0,133	0,403	0,097	

Localização	P1	P2	P3	P4	P5	P6	VP
Dist. Mar.	0,272	0,272	0,272	0,091	0,054	0,039	0,750
Dist. Terrestre	0,056	0,072	0,101	0,503	0,168	0,101	0,250
Ptot (Localização)	0,218	0,222	0,229	0,194	0,083	0,054	

PSL	P1	P2	P3	P4	P5	P6	VP
Experiência	0,070	0,039	0,352	0,352	0,117	0,070	0,264
Cultura SMS	0,045	0,045	0,227	0,227	0,227	0,227	0,528
Certificações	0,111	0,066	0,332	0,332	0,047	0,111	0,132
Frota Equip.	0,157	0,094	0,067	0,052	0,472	0,157	0,075
Ptot (PSL)	0,069	0,050	0,262	0,261	0,193	0,165	

Com o resultado acima, passamos a ter o peso de cada critério Estrutura, Localização e PSL, conforme demonstrado na tabela 23 abaixo:

Tabela 23 – Matriz com Peso entre os Terminais Portuários e Critérios - Elaborado pelo autor.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	VP
Estrutura	0,147	0,106	0,113	0,133	0,403	0,097	0,222
Localização	0,218	0,222	0,229	0,194	0,083	0,054	0,667
PSL	0,069	0,050	0,262	0,261	0,193	0,165	0,111

Utilizando a mesma equação (13) usada anteriormente, a próxima etapa é calcular, a matriz completa entre critérios e terminais portuários.

$$P_{\text{tot}} (P1) = (0,147*0,222) + (0,218*0,667) + (0,069*0,111) = 0,186$$

$$P_{\text{tot}} (P2) = (0,106*0,222) + (0,222*0,667) + (0,050*0,111) = 0,177$$

$$P_{\text{tot}} (P3) = (0,113*0,222) + (0,229*0,667) + (0,262*0,111) = 0,207$$

$$P_{\text{tot}} (P4) = (0,133*0,222) + (0,194*0,667) + (0,261*0,111) = 0,188$$

$$P_{\text{tot}} (P5) = (0,403*0,222) + (0,083*0,667) + (0,193*0,111) = 0,166$$

$$P_{\text{tot}} (P6) = (0,097*0,222) + (0,054*0,667) + (0,165*0,111) = 0,076$$

A tabela 24 abaixo apresentada a matriz completa com peso entre os terminais portuários:

Tabela 24 – Matriz Completa com Peso entre os Terminais Portuários - Elaborado pelo autor.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	VP
Estrutura	0,147	0,106	0,113	0,133	0,403	0,097	0,222
Localização	0,218	0,222	0,229	0,194	0,083	0,054	0,667
PSL	0,069	0,050	0,262	0,261	0,193	0,165	0,111
Ptot (Resultado)	0,186	0,177	0,207	0,188	0,166	0,076	

De forma a auxiliar a tomada de decisão da IOC na escolha do melhor terminal para suporte logístico às campanhas exploratórias offshore no Campo de Carcará, chegamos a matriz resultado entre os terminais portuários, conforme tabela 25 abaixo:

Tabela 25 – Matriz Resultado entre os Terminais Portuários - Elaborado pelo autor.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Resultado	0,186	0,177	0,207	0,188	0,166	0,076	1,000
Ranking	3	4	1	2	5	6	

Observa-se que o estudo considerou P3 como o melhor terminal portuário para instalação de Base de Apoio Logístico *Offshore* apresentando 20,7% de dominância, seguido por P4 (18,8%), P1 (18,6%), P2 (17,7%), P5 (16,6%) e por último P6 (7,6%).

5

Conclusão

O petróleo é atualmente o principal energético mundial, e no Brasil, a predominância produtiva dos campos *offshore* majora a importância das bases de apoio logístico em sua cadeia produtiva.

Assim, a localização destes terminais assume caráter estratégico no sucesso de uma campanha exploratória, que por si só já tem custos vultosos de capital. Importante ressaltar que erros e más decisões em logística elevam ainda mais estes custos, tornando a operação mais complexa e trabalhosa.

Além de bem localizada, o sucesso da operação de apoio logístico *offshore* depende de vários outros fatores que devem ser observados, concatenados e providos em seu devido tempo no processo decisório.

Emerge, então, a necessidade de uma ferramenta de auxílio em processos decisórios complexos, que envolvam avaliações eventualmente conflitantes, tanto qualitativas quanto quantitativas.

Assim, este trabalho propôs um estudo com o objetivo principal de auxiliar uma determinada IOC na escolha de terminal portuário para instalação de Base de Apoio Logístico *Offshore* utilizando o método AHP.

O principal ganho observado na utilização do método de auxílio para hierarquização dos portos frente às inúmeras variáveis foi a capacidade de gerar decisões colaborativas e auxiliar as pessoas na tomada de decisões complexas.

Mais do que determinar qual a decisão correta, o AHP ajudou os tomadores de decisão a escolher e a justificar a sua escolha, se mostrando como um poderoso ferramental para se abordar de forma estruturada problemas complexos.

Quanto ao lado negativo de uso da ferramenta AHP, que era o volume de trabalho demandado aos executivos tomadores de decisões na determinação das combinações par a par, foi refinado e aprimorado por Leal com o desenvolvimento

do método AHP simplificado, minimizando a possibilidade de combinações inconsistentes e erros de julgamento, ajudando e embasando as organizações nas decisões rápidas e acuradas.

Desta forma, foi estabelecido os principais critérios e subcritérios e suas dominâncias para serem observados nos terminais portuários mapeados e pré-selecionados para visita e obtenção de dados, doravante chamados de P1, P2, P3, P4, P5 e P6.

A modelagem resultou num *ranking* dos terminais portuários e como resultado apresentou a alternativa P3 como melhor opção para decisão de investimento em instalação de operação de apoio *offshore*.

Ressalte-se que este trabalho se limitou a escolha de uma única localidade considerando apenas o campo de Carcará. Sugere-se para trabalhos futuros a análise de localidade considerando mais de um campo, pelo fato das bacias de Santos, Campos e Espírito Santo serem de certa forma coladas umas às outras, acredita-se que uma localidade com infraestrutura compatível e posicionada estrategicamente poderá atender a mais de uma campanha *offshore* que porventura poderá ser realizada em detrimento de novas rodadas de licitações que estão por acontecer.

Além disto, ainda para estudos futuros, sugere-se também a utilização de outros métodos, tais como ANP, TOPSIS, PROMETHEE, entre outros métodos de aplicação das metodologias multicritérios.

Referências bibliográficas

ARES, G. 2013. Logística de apoio offshore – **Integração e sincronização da cadeia de atendimento às unidades marítimas**. ILOS, Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.ilos.com.br>>

ASSIS, L. F. 2000. **Modelos de Previsão e Análise de Fretes para Mercado de Embarcações Offshore**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/RJ. Rio de Janeiro.

BAIN & COMPANY, TOZZINI FREIRE ADVOGADOS. 2009. Relatório III - **Desenvolvimento da cadeia produtiva de petróleo e gás e investimentos em E&P**. BNDES. Disponível em <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/empresa/pesquisa/chamada1/Relat_III.pdf>

BALLOU, R. H. 2001. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. Porto Alegre: ed. Bookman.

BOWERSOX D. J.; CLOSS D. J. 1996. **Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process**. McGraw-Hill Companies, Inc.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. 2017. **Relatório de análise da segunda e terceira rodadas de licitações de atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural. Superintendência de promoção de licitações**. Brasil.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – MME. 2016. **Balço Energético Nacional 2016** - Relatório Final. MME: EPE.

CAMPOS, A. F. 2007. **A Indústria do Petróleo: Reconstrução sul-americana nos anos 90**. Rio de Janeiro, Ed. Interciência.

CAMPOS, V. R. 2011, **Modelo de Apoio à Decisão Multicritério para Priorização de Projetos em Saneamento**. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

CARVALHO, J. M. C. 2002. **Logística**. 3ª ed. Lisboa: Edições Silabo.

CHOPRA, S. 2011. **Gestão da Cadeia de Suprimento**. In: Pearson Prentice Hall. 4 ed. São Paulo.

COOPER, M. C.; LAMBERT, D. M.; PAGH, J. D. 1997. **Supply Chain Management: more than a new name for logistics**, The international Journal of Logistic management, Vol 8, number 1.

COSTA, H. G. 2002. **Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão**. Niterói: H.G.C.

DEBEIR, J. C. et. all 1993. **A expansão do sistema energético capitalista, uma história da energia**. Brasília: Ed. da UnB.

DONATO, V. 2012. **Logística para a indústria do petróleo, gás e biocombustíveis**. Rio de Janeiro, Ed. Érica.

EIFLER, E. G. 1930. **Arquitetura & Construção - Naval**. Editora Globo de Porto Alegre. Rio Grande do Sul.

FREITAS, T. R.; COHEN, M. 2013. **Análise do Valor percebido pelos clientes prestadores de serviços de apoio logístico do setor de petróleo e gás no Brasil**. Dissertação de mestrado – Departamento de Administração, PUC-RJ. Rio de Janeiro.

GOMES, L. F. A. M. 2007. **Teoria da Decisão - Coleção Debates em Administração**. São Paulo: ed. Thomson Learning.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO – IBP. 2017. **Ciclo de Debates Sobre Petróleo e Economia**. Disponível em < www.ibp.org.br>

LEAL, J. E. 2008. **Método AHP: análise do método simplificado de cálculo**. Rio de Janeiro: PUC-Rio. Memorando Técnico do Departamento de Engenharia Industrial.

LEAL, J. E. 2013. **Tomada de Decisão em Transportes**. Rio de Janeiro: PUC-Rio. Notas de Aula da Disciplina Sistemas de Transportes.

PIANC. 1997. **Approach Channels – A guide for design**. Final Report of the Joint Working Group II-30, Supplement to Bulletin 95, Brussels and Tokyo.

SAATY, T. L. 1980. **The Analytic Hierarchy Process**. New York: Ed. McGraw-Hill.

_____. **'Decision making with the analytic hierarchy process'**, Int. J. Services Sciences, Vol. 1, No. 1, pp.83–98. 2008.

_____. **Fundamentals of the Analytic Network Process**, *Proceedings of the VISAHP*, 48-63. 1999.

SANT'ANNA, A. A. 2010. **Brasil é a principal fronteira de expansão do petróleo no mundo**. BNDES, Visão do Desenvolvimento, n. 87. Rio de Janeiro.

STEVENS, G. C. 1989. **"Integrations of the Supply Chain"**, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 19, Nº 8, pp. 3-8.

VINCKE, P. 1986. **Analysis of multicriteria decision aid in Europe**. *European Journal of Operational Research*, v. 25, p.160-168.

YOON, K.; HWANG, C-L. 1995. **Multiple attribute decision making an introduction**. Thousand Oaks: Sage Publications.