



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

PAULO ROBERTO DE MELO BARROS JUNIOR

**FORMAÇÃO DE PREÇO EM OLIGOPÓLIOS INTENSIVOS EM
PROCESSOS:
ESTUDO DO MERCADO MUNDIAL DE AQUISIÇÃO SÍSMICA MARÍTIMA**

Salvador

2020

PAULO ROBERTO DE MELO BARROS JUNIOR

**FORMAÇÃO DE PREÇO EM OLIGOPÓLIOS INTENSIVOS EM
PROCESSOS:
ESTUDO DO MERCADO MUNDIAL DE AQUISIÇÃO SÍSMICA MARÍTIMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Economia da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Economia.

Área de concentração: Economia Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Hamilton de Moura Ferreira Junior.

Salvador

2020

B277

Barros Júnior, Paulo Roberto de Melo.

Formação de preço em oligopólios intensivos em processos: estudo do mercado mundial de aquisição sísmica marítima/ Paulo Roberto de Melo Barros Júnior. – Salvador, 2020.

157 f.; Il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Economia. Orientador: Prof. Dr. Hamilton de Moura Ferreira Júnior.

1. Indústria petrolífera. 2. Mercado. 3. Aquisição sísmica marítima. 4. Oligopólios. I. Universidade Federal da Bahia. II. Ferreira Júnior, Hamilton de Moura. III. Título.

CDD: 338.766.180 4



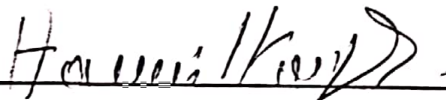
TERMO DE APROVAÇÃO

PAULO ROBERTO DE MELO BARROS JÚNIOR

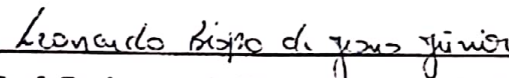
*"FORMAÇÃO DE PREÇOS EM OLIGOPÓLIOS INTENSIVOS EM PROCESSOS: O
ESTUDO DO MERCADO MUNDIAL DE AQUISIÇÃO SÍSMICA MARÍTIMA"*

Aprovada em 28 de fevereiro de 2020.

Dissertação de Mestrado aprovada como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Economia no Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Economia da Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora:



Prof. Dr. Hamilton de Moura Ferreira Júnior
(Orientador – UFBA)



Prof. Dr. Leonardo Bispo de Jesus Júnior
(UFBA)



Prof. Dr. Márcio Wohlers de Almeida
(UNICAMP)

Dedico este trabalho ao distinto Professor e Amigo Antônio
Ricardo Dantas Caffé (*In Memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Dedico esse trabalho a minha mãe Leni, por ter me ensinado o valor do estudo, meu irmão Daniel por sua influência que despertou meu interesse em Economia, e por sua enorme ajuda na elaboração da dissertação, à minha esposa Fabiana e minha enteada Bibi pela paciência, dedicação e amor, combustível essencial para a realização desse trabalho, a minha irmã Gabriela que é exemplo de vida para mim, e a minha família, meu sobrinho Pedro, minha cunhada Patricia, meus tios, tias, primas, primos, avós, que sempre me apoiam e torcem pelo meu desenvolvimento, em especial para meu avô Carmerino com quem aprendi muito sobre a vida.

Agradeço a meu orientador Hamilton Ferreira por ter guiado com excelência o processo de elaboração da dissertação e pelo compartilhamento de seu vasto conhecimento e experiência. Meus agradecimentos ao professor Leonardo Bispo pelos ensinamentos nas disciplinas de Organização Industrial e Estratégias Competitivas, que muito contribuíram na minha formação, e ao professor Márcio Wohlers por suas contribuições e participação na banca.

Sou grato a todos os colegas, professores e funcionários da UFBA, com destaque para José Luis, Rui Barbosa, Rafael Rios e Thiago Ramos pelo companheirismo, ao professor Gervásio e a professora Gisele pelos cursos na área de quantitativas, ao Max pelo apoio nas questões burocráticas e a Gabriela de Souza por sua grande contribuição na formatação da dissertação. Sou grato, também, a todos os colegas de trabalho da Petrobras da gerência de Operações Geofísicas Terrestres OGT e da gerência de Aquisição Geofísica AG, em particular, Caio Reis por suas consultorias no Power BI, Valnei Oliveira pelo apoio com as bases de dados e Elir Gomes por sua audiência nas conversas informais sobre esse trabalho e aos gerentes das duas gerências respectivamente, Manoel Pimentel e Guilherme Canha, pela compreensão nos momentos em que estive ausente, que me possibilitou cursar as disciplinas, e por conseguinte, chegar a essa etapa de conclusão do mestrado.

Por fim, deixo meus agradecimentos a todos que contribuíram de alguma forma na minha formação ou para a escrita dessa dissertação que porventura eu não tenha mencionado.

“Não olhe para trás, você não vai naquela direção”

Vikings

“A imaginação é mais importante do que o conhecimento”

Albert Einstein

RESUMO

Estuda-se nesta dissertação o processo de formação de preços no Mercado de Aquisição Sísmica Marítima (MASM), atividade intensiva em processos que se encontra na base da cadeia da Indústria de Petróleo (IP). O objetivo é encontrar os determinantes das variações de preços desta atividade a partir de suas componentes principais, custos e *mark-up*, e identificar suas relações com estruturas de mercado e conduta das firmas, para verificar a hipótese de que as fornecedoras líderes do MASM exercem poder de mercado e/ou apresentam *mark-ups* superiores às firmas que se encontram na sua franja. Para isso, se utiliza as estruturas teóricas da Organização Industrial (OI) e da *New Empirical Industrial Organization* (NEIO) na análise dos dados empíricos do MASM em nível mundial no período entre 2006 e 2018. A pesquisa apresenta três etapas principais: i) determinação da demanda, usando como *proxy* os investimentos em exploração obtidos da regressão de variáveis endógenas e exógenas sobre as decisões de investimentos das petrolíferas atuantes no segmento *upstream offshore*; ii) modelagem das funções de custos considerando as eficiências técnicas das firmas e seus modelos de governança; iii) cálculo dos parâmetros de Estrutura-Conduta-Desempenho (E-C-D) e NEIO relacionados à concentração, poder de mercado e concorrência. Constata-se que o nível de concentração ($C4$ e HHI) e os lucros das fornecedoras no MASM reduzem com o aumento da demanda, para a qual flutuações positivas são supridas por firmas da franja do mercado gerando pressão sobre os custos médios da indústria, fator preponderante na explicação do aumento dos preços nos períodos de aquecimento do mercado. Contrariando a hipótese de partida, conclui-se que apesar do MASM ser concentrado, suas firmas têm baixos níveis de poder de mercado e *mark-up*, lhe conferindo alto grau de competição e o configurando como um Oligopólio Competitivo.

Palavras-chave: Aquisição Sísmica Marítima. Organização Industrial. *New Empirical Industrial Organization*. Oligopólios. Formação de Preço.

ABSTRACT

In this work we investigate the price formation process in the Maritime Seismic Acquisition Market (MSAM), process intensive activity that is at the base of the oil industry chain. Our main objective is to find the determinants of price changes based on two principal components, costs and mark-ups and their relationships with market structures and firms conduct, verifying the following hypothesis: the leading suppliers in this market present a market power or profit margins superior to the firms on the MSAM fringe. For that, we used the theoretical framework of the Industrial Organization (IO) and the New Empirical Industrial Organization (NEIO) in the analysis of the empirical data of MSAM at a global database in the period between 2006 and 2018. The research presents three main steps: i) determination of demand using a proxy of the exploration investments obtained from the regression of endogenous and exogenous variables on the investment decisions of the oil companies that work at offshore basins; ii) modeling of cost functions considering the technical efficiencies of firms and their governance models; iii) calculation of the Structure - Conduct - Performance (SCP) and NEIO parameters related to concentration, market power and competition. We found that the concentration levels (C4 and HHI) and the suppliers profit in MSAM decrease with the increase in demand, for which positive fluctuations are supplied by firms in the market fringe, generating pressure on the average costs of the industry, an important factor to explain the price increase during periods of market heating. Contrary to our departure hypothesis we concluded that although MSAM is concentrated its firms have low levels of market power and mark-ups in this market presents a high degree of competition configuring itself as a Competitive Oligopoly.

Keywords: Maritime Seismic Acquisition. Industrial Organization. New Empirical Industrial Organization. Oligopolies. Price Formation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama da influência do preço do Brent sobre a cadeia da IP.....	46
Figura 2 – Fases do desenvolvimento do campo de petróleo.....	51
Figura 3 – Total de descobertas por década de 1930 até 2007 (à esq.) e percentual de descoberta de petróleo em águas profundas com relação ao total descoberto por ano entre 1990 e 2005(à dir.).....	52
Figura 4 – Reservas provadas, valor global e percentual por região (1998, 2008 e 2018).	52
Figura 5– Quadro com as principais variáveis que influenciam a demanda do MASM.....	55
Figura 6 – Demanda global por petróleo, despesas em E&P e preço do petróleo de 1970 até 2010.....	61
Figura 7 – Distribuição mundial dos projetos de ASM entre 2006 e 2009.....	75
Figura 8 – Linha do tempo do nascimento e fusões das firmas do MASM.....	82
Figura 9 – Tabela com os valores calculados de C4, C8 e HHI para o MASM por ano entre 2006 e 2019e gráfico de barras para C4 e C8.....	116
Figura 10 – Imagem das possíveis disposições dos sensores sísmicos: 1- streamer; 2 e 3 - sensores de fundo oceânico (OBS); 4 - Vertical Seismic Profile (VSP), sensores dentro de poços.....	137
Figura 11 – Carretel com o cabo sísmico (streamer) que será rebocado na água.....	137
Figura 12 – Imagem esquemática mostrando os sensores de fundo do tipo nodes.....	138
Figura 13– Detalhe do canhão de ar (à esquerda) preso na boia de flutuação dentro do Gun Deck (à direita).....	139
Figura 14 – Visão lateral do sub array com a disposição espacial de cada canhão preso a boia flutuante.....	139
Figura 15 – Imagem da Embarcação Principal rebocando fontes e cabos - PGS Ramform Sovering.....	140
Figura 16 – Imagem ilustrando cubo sísmico 3D, produto da indústria de ASM.....	142

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Possibilidades de abordagens teóricas para a análise econômica do MASM.....	26
Quadro 2 – Quadro esquemático da metodologia E-C-D.....	32
Quadro 3 – Quadro esquemático da metodologia ECD (parte 2).....	33
Quadro 4 – Quadro esquemático da metodologia ECD (parte 3 - Medidas).....	33
Quadro 5 – Quadro esquemático comparando a metodologia ECD e a NEIO.....	38
Quadro 6 - Produtos do MASM por tipo de dados e suas características.	141
Quadro 7 - Comparação entre as modalidades contratuais Multi-client e Proprietária.....	143

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Investimentos das 9 CO&G com maior demanda de ASM entre 2004 e 2018.....	48
Gráfico 2 – Distribuição de projetos por CO&G: base completa (à esq.) e com mais de 50 projetos (à dir.).	54
Gráfico 3 – Reservas em MBOE das dez CO&G com maior demanda de ASM entre 2003 e 2018.	57
Gráfico 4 – Soma das reservas provadas das dez empresas analisadas no período de 2004 até 2018.	57
Gráfico 5 – Produção diária em MBOE das dez maiores demandantes de ASM entre 2003 e 2018.	58
Gráfico 6 – Soma da produção diária das dez CO&G analisadas entre 2004 e 2018.	58
Gráfico 7– Incremento das reservas em MBOE provadas das dez empresas analisadas entre 2004 e 2018.	59
Gráfico 8 – Média anual dos investimentos total, em upstream e em exploração, preço e demanda por petróleo.	61
Gráfico 9 – Percentuais do investimento total por segmento e por CO&G entre 2000 e 2018.	65
Gráfico 10 – Percentuais médios do investimento total por segmento entre 2004 e 2018.....	66
Gráfico 11 – Gráficos de dispersão dos modelos 1 a 6 explicitados na Tabela 5.	67
Gráfico 12 – Percentual de projetos por EADs: todas as empresas (à esq.) e empresas que realizaram mais de 30 projetos (à dir.) entre 2006 e 2019.	71
Gráfico 13 - Distribuição por ano do market share das principais empresas do MASM, entre 2006 e 2019.	72
Gráfico 14 – Distribuição do número de projetos de aquisições sísmica marítima por ofertante, entre 2006 e 2019.	73
Gráfico 15 – Origem das EADs, todas as EADs (à esq.) e 22 EADs ativas em 2019 (à dir.)..	76
Gráfico 16 – <i>Day rate</i> e número de projetos por tipo de tecnologia de aquisição entre 2006 e 2019.	78
Gráfico 17 – Tempo de vida das EADs por Status (A= Ativa, F=Fechada).	84
Gráfico 18 – Fechamento das empresas por ano e motivo (diâmetro do círculo representa o tempo de vida).	85
Gráfico 19 – Fundação, encerramento e vida das EADS no MASM.	86

Gráfico 20 – Tempo de vida das empresas (média de 26 anos).	86
Gráfico 21 – Quantidade de embarcações 3D/4D por empresa para as principais EADs, entre 2006 e 2019.	89
Gráfico 22 – Quantidade de embarcações 3D adquiridas/vendidas por empresa, entre 2006 e 2019.	89
Gráfico 23 – Quantidade de Streamers por embarcação 3D (acima de 4 streamers).	90
Gráfico 24 – Dispersão entre força e peso das embarcações classificadas por quantidade de cabos.	91
Gráfico 25- Gráfico de dispersão entre largura e comprimento (LOA) das embarcações sísmicas.	92
Gráfico 26 - Idade média da frota de embarcações sísmicas por empresa.	93
Gráfico 27 – Day rate em ordem sequencial (sup.) e desvios com relação à média (inf.), entre 2006 até 2019.	100
Gráfico 28 - Day rate versus duration de projetos 3D/4D(sup.) e projetos 2D e fonte (inf.).	101
Gráfico 29 – Dispersão de quantidade de projetos por day rate por ano entre 2006 e 2018. .	101
Gráfico 30 – Dispersão de quantidade de projetos por day rate por EAD (diâmetro do círculo representa o tempo total navegado por empresa).	102
Gráfico 31- Dispersão de quantidade de projetos por day rate por CO&G.	102
Gráfico 32 - Distribuição do duration médio por EAD.	104
Gráfico 33 – Média dos custos estimados do afretamento das EADs.	109
Gráfico 34 – Dados empilhados dos custos estimados das EADs dispostos na Tabela 17.	112
Gráfico 35 – Dados empilhados dos mark-ups estimados das EADs a partir da Tabela 17. .	113
Gráfico 36 – Percentuais do day rate em relação à média, disponibilidade de embarcações, duration e quantidade de projetos entre 2007 e 2018.	118
Gráfico 37 – Valores de θ anual no nível da firma (sup.) e da indústria (inf.).	120
Gráfico 38 – Valores do RPD anual normalizado no nível da firma (sup.) e da indústria (inf.).	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Maiores demandantes de ASM entre 2006 e 2019.	54
Tabela 2– Resumo dos valores de reserva e produção das dez CO&G analisadas.	60
Tabela 3 – Valores obtidos nas regressões para os 5 modelos: coeficientes, desvio padrão, R^2 e R^2 ajustado, erro residual e graus de liberdade.	63
Tabela 4 – Valores das regressões no nível da firma e indústria (RNF e RNI) para valores máximos, médios e mínimos de preço anual médio do brent, demanda, produção e reservas provadas de petróleo anuais em MBOE, no período de 2000 até 2018.	64
Tabela 5 – Sumário das regressões dos 6 modelos obtidos a partir de equação 3.8.	67
Tabela 6 – Percentual por quantidade de projetos e tempo das EADs com mais de 30 projetos entre 2006-2019.	73
Tabela 7 – Principais tecnologias desenvolvidas em cada década entre 1950-2019.	79
Tabela 8 – Fusão, Aquisição e Falência das Firmas no MASM.	83
Tabela 9 – Número de empregados por ano por EAD das cinco principais firmas do MASM.	93
Tabela 10 – Depreciação dos equipamentos usados pelas firmas do MASM.	94
Tabela 11 – Principais características das firmas do MASM e tipo de Governança.	95
Tabela 12 – Fatores que influenciam o valor do day rate.	99
Tabela 13 – Valores mínimo, médio e máximo de α_i para as três maiores firmas do MASM, a BGP e RES.	107
Tabela 14 – Simulação de valores de custos de ASM com diferentes durations (A=180; B=360; C=540).	108
Tabela 15 – Market Share das principais empresas de ASM entre 2006 e 2019	110
Tabela 16 - Market Share das 5 maiores empresas de ASM e as demais agrupadas em RES, entre 2006 e 2019.	111
Tabela 17 – Valores estimados de mark-up e custos por EAD e por ano.	112
Tabela 18 – Valores de θ anual no nível da firma e da indústria 2007 e 2019.	119
Tabela 19 – Correlação entre os parâmetros de entrada do modelo estrutural (equações 5.23 e 5.24).	121
Tabela 20 – Resultados das regressões MQ2E para obter o parâmetro λ	123
Tabela 21 – Valores do RPD anual normalizado no nível da firma e da indústria entre 2007 e 2019.	125

LISTA DE SIGLAS

ANP	AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO
ASM	AQUISIÇÃO SÍSMICA MARÍTIMA
BBOE	BILHÕES DE BARRIS DE ÓLEO EQUIVALENTE
CO&G	COMPANHIAS DE ÓLEO E GÁS
EAD	EMPRESA DE AQUISIÇÃO DE DADOS
E&P	EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO
E-C-D	ESTRUTURA - CONDUTA – DESEMPENHO
IBAMA	INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE
IAGC	<i>INTERNATIONAL ASSOCIATION OF GEOPHYSICAL CONTRACTORS</i>
IASM	INDÚSTRIA DE AQUISIÇÃO SÍSMICA MARÍTIMA
IHS-SB	<i>IHS SEISMIC BASE</i>
IOC	<i>INTERNATIONAL OIL COMPANIES</i>
IO&G	INDÚSTRIA DE ÓLEO & GÁS
IP	INDÚSTRIA DO PETRÓLEO
MASM	MERCADO DE AQUISIÇÃO SÍSMICA MARÍTIMA
MBOE	MILHÕES DE BARRIS DE ÓLEO EQUIVALENTE
NEIO	<i>NEW EMPIRICAL INDUSTRIAL ORGANIZATION</i>
NOC	<i>NATIONAL OIL COMPANIES</i>
O&G	ÓLEO & GÁS
OI	ORGANIZAÇÃO INDUSTRIAL
OBC	<i>OCEAN BOTTOM CABLE</i>
OBN	<i>OCEAN BOTTOM NODES</i>
P&D	PESQUISA E DESENVOLVIMENTO
ROV	<i>REMOTELY OPERATED VEHICLE</i>
TJ	TEORIA DOS JOGOS

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLOGIA	25
2.1 CONCEITUAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO INDUSTRIAL	26
2.2 PARADIGMA ESTRUTURA - CONDUTA - DESEMPENHO	29
2.3 NOVA ORGANIZAÇÃO INDUSTRIAL EMPÍRICA	34
2.4 BASE DE DADOS	41
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA SEÇÃO 2	41
3 DETERMINANTES DA DEMANDA DO MASM	43
3.1 PREÂMBULO: A INDÚSTRIA DO PETRÓLEO	43
3.2 ANÁLISE DO INVESTIMENTO NA IO&G POR SEGMENTO E ATIVIDADE	47
3.2.1 Investimentos na Indústria de O&G	47
3.2.2 Investimentos no Segmento <i>Upstream</i>	50
3.3 COMPONENTES DOS INVESTIMENTOS DAS CO&G	55
3.3.1 Componentes Endógenos: Reservas e Produção	56
3.3.2 Componentes Exógenos: Preço e Demanda do Petróleo	60
3.4 ESTIMAÇÃO DA DEMANDA DO MASM	62
3.4.1 Primeira Etapa: Regressão do Investimento Total	62
3.4.2 Segunda Etapa: Regressão do Investimento em Exploração	65
3.4.3 Terceira Etapa: Verificação	68
3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA SEÇÃO 3	69
4 ORGANIZAÇÃO ECONÔMICA DAS FIRMAS DO MASM	71
4.1 FIRMAS DO MASM – CONTEXTUALIZAÇÃO	71
4.2 CONDICIONANTES DA INDÚSTRIA NASCENTE DE ASM	74
4.3 FUSÕES, AQUISIÇÕES E FALÊNCIAS DAS FIRMAS NO MASM	79
4.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E ECONÔMICAS DAS FIRMAS NO MASM	87

4.4.1 Estrutura Física das Firms no MASM	87
4.4.2 Tamanho da Frota	88
4.4.3 Equipamentos Sísmicos	90
4.4.4 Dimensões das Embarcações	91
4.4.5 Idade da Frota	92
4.4.6 Número de Empregados	93
4.4.7 Ciclo de Vida dos Equipamentos	94
4.5 ESTRUTURA DE GOVERNANÇA DAS FIRMAS NO MASM	95
4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA SEÇÃO 4	96
5 PROCESSO DE FORMAÇÃO DE PREÇOS NO MASM	98
5.1 DAY RATE	98
5.2 FUNÇÃO CUSTO DAS FIRMAS DO MASM	102
5.2.1 Custos Fixos	104
5.2.2 Custos Variáveis	106
5.2.3 Economias de Escala	107
5.2.4 Economias de Escopo	108
5.2.5 Preços dos Insumos	108
5.3 CUSTOS VERSUS <i>MARKET SHARE</i>	109
5.4 <i>MARK-UP</i> DAS FIRMAS DO MASM	112
5.5 FIRMA REPRESENTATIVA DO MASM	113
5.6 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS DA SEÇÃO 5	113
5.7 ANÁLISE ECONÔMICA E RESULTADOS	115
5.7.1 Concentração	115
5.7.2 Conduta das Firms	118
5.7.3 Competitividade	124
5.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA SEÇÃO 5	126
6 CONCLUSÕES	128

REFERÊNCIAS	132
ANEXO A – NOÇÕES GERAIS SOBRE AQUISIÇÃO SÍSMICA MARÍTIMA.....	136
ANEXO B – RESUMO DO HISTÓRICO DAS FIRMAS DO MASM	144

1 INTRODUÇÃO

A indústria do petróleo é comumente dividida em dois grandes setores conhecidos por *upstream* e *downstream*. O primeiro se refere a exploração e produção de petróleo (E&P), enquanto o segundo ao refino e a distribuição. Os maiores riscos econômicos dessa indústria estão no *upstream*, mais especificamente na exploração, onde muitos recursos financeiros são consumidos sem a garantia da descoberta do óleo. A atividade exploratória é bastante dependente dos bens e serviços que são ofertados por empresas da indústria para-petrolífera e caracterizados por preços elevados. Devido a esses altos preços, as companhias de petróleo que buscam a manutenção e expansão de suas reservas destinam uma parcela significativa de seus investimentos para a atividade exploratória. No caso da Petrobras, considerada a oitava maior companhia do mundo em valor de mercado, segundo a Economatica no ano de 2018, por exemplo, em seu plano de negócios 2018-2022 planejou investimentos na ordem de USD 74 bilhões, dos quais 81%, ou cerca de USD 60 bilhões, são destinados para a área de E&P, sendo 11% desse montante¹, USD 6,6 bilhões, para exploração. Para ter um parâmetro de comparação, a British Petroleum (BP) a quarta maior companhia de petróleo do mundo, realizou investimentos de USD 2,1 bilhões em exploração em 2017 e proveu mais de USD 13 bilhões² no quadriênio de 2013-2017³. Na etapa de exploração a descoberta de óleo se concretiza pela perfuração de poços. Para realizar a locação dos poços, processo de escolha da localização da perfuração, uma vasta gama de informações da área é levada em consideração, em especial o modelo geológico advindo da interpretação dos dados geofísicos da área de interesse. Os dados sísmicos têm papel primordial na elaboração dos modelos geológicos que servirão para a determinação dessas futuras locações dos poços descobridores, delimitadores, produtores/injetores e nas estimativas de volumes de óleo dos reservatórios. Atualmente, o uso dos dados sísmicos transborda para além da fase exploratória, sendo utilizado na fase de produção para melhoria dos modelos dos reservatórios e estratégias de poços injetores com intuito de aumentar o fator de recuperação dos reservatórios. Essa aplicação na fase de produção tem ganho espaço e exigido maior qualidade dos dados geofísicos que devem prover uma melhor resolução e alto grau de confiabilidade, implicando na necessidade do desenvolvimento de novas tecnologias que estão na fronteira desta indústria de serviços e que acabam por

¹ Ver em <https://www.investidorpetrobras.com.br/pt>

² Ver em <https://www.bp.com/en/global/corporate/investors.html>

³ Quando tratarmos da demanda dos serviços das Empresas de Aquisição de Dados iremos ampliar esse quadro, analisando os investimentos em exploração de diversas companhias de petróleo do mundo.

apresentar maiores custos nominais, mas que geram maior retorno financeiro, pois sem essa informação os custos e os riscos da perfuração são maiores.

O processo de obtenção dos dados sísmicos é complexo em termos operacionais, envolvendo uma extensa gama de tarefas, levando a um número restrito de empresas capazes de realizar esse tipo de serviço. O campo de atuação das empresas de aquisição de dados (EADs) é global, espelhando o comportamento da demanda, que é oriunda das empresas de petróleo que investigam bacias sedimentares em todos os continentes. A grande diversidade de condições geográficas, culturais, legais, entre outras, influencia o modo organizacional que as EADs adotam, impactando suas estratégias do ponto de vista técnico, operacional e de negócio. Por esta atuação em um mercado global e diversificado, se constata que as EADs apresentam diferentes estruturas de negócio e de nível tecnológico, o que reflete em suas estruturas de custos. Além disso, observa-se que alguns insumos têm forte dependência do nível de aquecimento do mercado de petróleo que é demasiadamente volátil. Essas variações dos custos, por sua vez, podem ser repassadas aos preços finais dos serviços de aquisição de dados sísmicos. O preço final do serviço também dependerá do nível de concorrência para atendimento de um determinado contrato, das estratégias competitivas das EADs e de questões institucionais. Para citar alguns exemplos, no caso do Brasil com relação a este último, pode-se indicar: o Programa de Conteúdo Local; as regras de Licenciamento Ambiental condicionadas pelo IBAMA; as exigências da Agência Nacional Petróleo (ANP); questões tributárias; por fim, questões logísticas, alfandegárias e portuárias. Outro elemento relevante está relacionado com o uso final do dado. Pelo lado da demanda pode haver necessidade urgente do produto, o que cria uma situação favorável aos fornecedores, que, tomando conhecimento dessa urgência, poderá embutir este elemento no seu preço final. Para a contratação do serviço de aquisição e/ou a compra da licença de uso de dados sísmicos se faz necessário um planejamento orçamentário, que, se possível, leve em consideração todos os itens citados acima, com o intuito de atender os interesses do adquirente dentro de uma margem de preço adequada, levando ao correto provimento dos recursos para esse investimento.

A proposta desse trabalho é usar o arcabouço teórico da economia para fazer a identificação da estrutura de mercado, das estruturas de custos das EADs, das mudanças nessas estruturas ocasionadas pelas modalidades contratuais e paradigmas tecnológicos adotados, das estratégias competitivas das empresas e possíveis estratégias que podem ser aplicadas pelas demandantes.

Por arcabouço teórico, nos referimos dentro da ciência econômica a área denominada de Organização Industrial (OI), que aborda, por exemplo, os estudos das Firmas, Estruturas de Mercado, Dinâmica Concorrencial e Processo de Formação de Preço, entre outros⁴ e da NEIO com análises do grau de colusão das firmas de um dados mercado. Como perspectiva para trabalhos futuros pode-se ampliar esse arcabouço incorporando conceitos da Teoria dos Contratos⁵ e da Economia Institucional⁶. Em termos acadêmicos, a proposta do trabalho considera que a atividade de aquisição de informações sísmicas pode apresentar uma dinâmica concorrencial interessante como objeto de estudo das teorias de economia aplicada como a OI, citada anteriormente (há um importante debate acadêmico sobre a pesquisa a partir da perspectiva empírica na OI). No cunho profissional a finalidade da investigação proposta é de que esta pesquisa possa servir para subsidiar a criação de metodologias orçamentárias combinando informações de uma base de dados histórica das EADs com informações externas, como o preço do barril, taxa de câmbio, taxa de ocupação das embarcações, nível tecnológico, grau de concorrência, riscos operacionais, etc., e, com isso, realizar um melhor planejamento nos projetos de aquisições sísmicas futuras.

Recentemente a empresa Western-Geco (subsidiária da gigante Schlumberger), que em seu histórico recente chegou a ter *market share* de 25%, formando um oligopólio com outras duas empresas, PGS e CGG, somando em alguns anos quase 70% do mercado (vide: seção 4), anunciou o encerramento de suas operações e atualmente está em processo de compra pela Shearwater⁷, uma empresa com participação no mercado muito inferior. Feita esta observação, suscitasse a seguinte questão: quais fatores possibilitam que uma empresa participante de um oligopólio, com grande valor de *market share*, portando estrutura tecnológica avançada, suporte organizacional de uma gigante do setor para-petrolífero, com décadas de experiência, vir a encerrar suas atividades e ser absorvida por uma empresa de porte muito inferior? No mercado de aquisição sísmica marítima (MASM)⁸ não é incomum os movimentos de fusões,

⁴ Uma boa introdução no tema pode ser encontrada no livro WALDMAN; JENSEN. **Industrial organization: theory and practice**. 4. ed. [S.l.]: Routledge.

⁵ Uma primeira leitura no assunto pode ser vista no livro SALANIÉ. **The economics of contracts: a primer**. 2. ed. [S.l.]: The MIT Press.

⁶ Para uma introdução nesta área pode-se ler o livro VOIGT, Stefan. **Institutional economics: an introduction**. [S.l.]: Cambridge University Press.

⁷ <https://www.offshoreenergytoday.com/291296-2/>

⁸ Para o leitor não familiarizado com o jargão da atividade recomenda-se a leitura prévia do ANEXO A. Antecipamos algumas definições. O termo aquisição pode ter três significados distintos, quando falamos de aquisição sísmica, nos referimos ao processo de obtenção das informações sísmicas, em segundo lugar pode aparecer o significado de aquisição como demanda, evitaremos esse uso do termo, por fim, o termo aquisição aparece na parte de Fusões e Aquisições (F&A), que significa o processo de compra de uma empresa por outra.

associações, fechamento, e surgimento de empresas⁹. À medida que a tecnologia avança, por um lado como resultados dos investimentos em pesquisa das próprias EADs, por outro com o avanço tecnológico em outras áreas e que são absorvidos pelo setor, por exemplo, avanço em tecnologia da informação, as empresas se moldam a novas realidades. Os choques tecnológicos, que na última década têm transformado a estrutura do mercado, principalmente com a presença de novos métodos que exigem expertise diversa do conhecimento operacional tradicional do setor, tem levado, nesse período recente, ao crescimento do caráter dinâmico desse mercado.

O processo de defasagem tecnológica nesse mercado pode ocorrer muito rapidamente, comparando-se às depreciações dos bens de capital que apresentam ciclos longos (de 30 anos ou mais, no caso dos navios sísmicos). Uma mudança de paradigma tecnológico pode aprofundar ainda mais esse processo de defasagem. Mudanças de paradigma tecnológico provocam além dos ganhos de produtividade o surgimento de novos produtos, por conseguinte, o surgimento de novos mercados¹⁰. Esses choques tecnológicos afetam os modelos de custos de longo prazo e as estratégias competitivas das EADs. Os investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) das EADs líderes mitigam a defasagem natural de seus equipamentos e métodos ao longo do tempo, mas também, como é característico desse setor, serve para realizar pelo lado da oferta, o desenvolvimento de novos produtos, forçando as demais empresas destinarem recursos para inovação com a finalidade de se manterem competitivas. Contudo, observa-se que algumas empresas de menor porte no período de baixa do ciclo aumentam sua participação no mercado, como é o caso Shearwater, e outras como Polarcus e TGS, empresas com grau de investimento em P&D bem menor que as líderes de mercado. Essas empresas de menor porte se distinguem por terem uma estrutura de custo mais enxuta e uma maior flexibilidade na formação e descontinuidade de equipes para execução dos serviços, seguindo um modelo de empresa baseada num conglomerado de contratos terceirizados. Uma questão que surge, é sobre a qualidade dos serviços e/ou dos dados produzidos por essas empresas em comparação àquelas que investem fortemente em qualificação profissional e estabelecem vínculos de longo prazo com seus funcionários, além de serem proprietárias dos bens de capitais

A sigla ASM de Aquisição Sísmica Marítima se refere ao produto ou serviço fornecido pelas Empresas de Aquisição de Dados Sísmicos (EADs). A sigla MASM significa o mercado de aquisição sísmica marítima, que é o “local” onde interagem demandantes (CO&G) e fornecedores (EADs). A sigla IASM significa Indústria de Aquisição Sísmica Marítima e se refere ao conjunto de fornecedores (EADs).

⁹ Vide Tabela 8 da seção 4 desse trabalho.

¹⁰ Uma discussão com o comparativo entre as visões clássicas da OI e evolucionária, pode ser vista em: TIGRE, P. B. Paradigmas tecnológicos e teorias econômicas da firma. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 4, n. 1, p. 187-223. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/rbi.v4i1.8648911>.

utilizados em suas operações. Nos momentos de baixa dos ciclos, as demandantes optam por adotar uma postura mais conservadora direcionando os investimentos para serviços de menor risco, o que possibilita às seguidoras ou copiadoras de tecnologias, ocuparem maior espaço no mercado, usando tecnologias conhecidas de menor custo. O valor de um serviço pode ser encontrado por pelo menos duas formas distintas: pela via de formação de preços a partir dos custos, ou, pelo valor do produto, obtido do estudo de viabilidade econômica do projeto. O caminho escolhido foi o primeiro, considerando que o MASM possa ter algum grau de competição, ademais de sua estrutura oligopolizada.

Em síntese, o tema abordado diz respeito a formação de preços no MASM e as estratégias competitivas das EADs, observando a questão dos custos e da estrutura organizacional. O problema a ser enfrentado do ponto de vista metodológico é uma mescla entre um problema de escolha, no caso, de qual teoria econômica é a mais adequada para o propósito dessa investigação, e a elaboração de uma base de dados que possibilite a obtenção de indicadores que subsidiem o arcabouço teórico escolhido.

O nosso objetivo geral é encontrar os determinantes das variações de preços a partir de suas componentes principais, custos e *mark-up*, e identificar suas relações com estruturas de mercado e conduta das firmas, para verificar a hipótese de que as fornecedoras líderes do MASM exercem poder de mercado e/ou apresentam *mark-ups* superiores às firmas que se encontram na franja do mercado. Nesta linha tenta-se responder, usando a teoria econômica, diversas questões de cunho prático listadas abaixo:

- O MASM apresenta ciclos? Se sim, como as empresas lidam com os ciclos?
- Qual a estrutura do MASM e qual seu grau de concorrência?
- Qual o impacto do tipo de governança das firmas sobre o preço final do dado sísmico?
- Como variam os custos e o *mark-up* das firmas ao longo do tempo? Ou seja, qual o processo de formação de preços nesse mercado?

Outras questões são colocadas, por exemplo, as fornecedoras líderes do MASM exercem poder de mercado? Quais as barreiras à entrada e saída desse mercado? Qual o mecanismo gerador de demanda do MASM? Qual o comportamento das estruturas de mercado ao longo do tempo e quais as forças atuantes que geram sua dinâmica? Como a eficiência técnica das firmas impacta

em seus custos absolutos? outras indagações podem ser levantadas, que serão respondidas ao longo do desenvolvimento do trabalho, principalmente no tópico de considerações finais de cada seção. Adicionalmente, outro objetivo geral é fornecer na dissertação um referencial para futuras análises do mercado de exploração de petróleo, em vista da escassez de trabalhos acadêmicos com enfoque em análise econômica nessas atividades que formam a base da indústria do petróleo (IP), podendo a metodologia aqui utilizada ser aplicada no estudo de outras atividades, como, por exemplo, a de perfuração e perfilagem de poços que envolvem custos e riscos em uma escala muito acima comparado a das aquisições sísmicas marítima. Nossos objetivos específicos são:

- Aplicação de metodologia empírica que discrimina do preço, as parcelas relacionadas aos custos e ao *mark-up*, com o objetivo de subsidiar processos de orçamentação de projetos de ASM.
- Calcular os índices de concentração do mercado, estimar os parâmetros de conduta e medir o nível de competitividade na indústria.

A tese perpassa por uma análise do mercado de sísmica marítima a partir de seus dados históricos, elaboração de metodologias de formação de preços, com análise do impacto de variáveis externas, impacto esperado na demanda por dado sísmico em função das estratégias de exploração das CO&G, entre outros aspectos. Os valores dos contratos envolvendo a aquisição de dados sísmicos chegam, em muitos casos, a ordem de centenas de milhões de dólares. As informações acerca desse mercado são escassas e os mecanismos de formação de preços, acredita-se, segue um modelo diferente para cada empresa. A importância do dado sísmico para o desenvolvimento dos campos de petróleo tem se tornado cada vez maior, com a geofísica/geologia participando das decisões na fase de produção, estendendo temporalmente sua presença na IP, no passado recente tinha presença somente na fase exploratória. Essa participação da geofísica/geologia na melhoria dos modelos de fluxo dos campos de produção a partir dos 4Ds (aquisições sísmicas repetidas em uma mesma área com dados de alta qualidade) torna a demanda muito maior, e muito mais qualificada. As decisões tomadas a partir dessas informações sísmicas podem impactar nas estratégias de perfurações de poços (atividade com custos muito maiores que o da sísmica). Sendo assim, essa importância do dado em uma determinada área, se for conhecida por parte das EADs, pode exercer influência no preço final.

Deve-se questionar, antes de iniciar a pesquisa, a importância de estudar essa atividade. O que justifica o dispêndio de energia para tal investigação? De maneira direta, pode-se dizer que sem sísmica não se encontra petróleo e depois de descoberto a sísmica pode ser útil auxiliando nas estratégias de decisão das malhas de poços. Desse modo, justifica-se estudar esse mercado não só pelos vultuosos volumes de capitais envolvidos nas suas transações, mas, além disso, pela importância desse elemento na cadeia da IP, em que uma estratégia de contratação errônea pode levar a perda do *'time'* do uso do dado, gerando enormes prejuízos, ou ainda, complementando, a não existência de um ambiente de competição justo, pode levar à apropriação, por parte das fornecedoras, de lucros extraordinários (sobre-preço), em função dessa necessidade premente do dado, que também acarreta em prejuízos para a demandante. Indo além, tem-se um problema de ordem técnica. A lei 13.303/16 trouxe uma série de modificações que impactam as contratações em curso e futuras por parte das empresas de economia mista no Brasil, afetando diretamente a maior empresa do país, a Petrobras. Essa nova lei estabelece um orçamento referencial nos moldes das contratações das estatais que deve ser utilizado como teto para o preço dos contratos apresentados por empresas de serviços. Essa trava pode inviabilizar projetos, uma vez que a formação de preços nesse setor é fortemente volátil e desvios entre o orçamento referencial e as propostas das empresas para mais ou para menos são naturalmente esperados. A partir da perspectiva apresentada, conclui-se que todo incremento de conhecimento (econômico em bases científicas) no entendimento desse setor é benéfico aos demandantes e ofertantes.

Além dessa introdução, a dissertação consta de quatro seções, as conclusões, dois anexos e as referências bibliográficas. A seção 2, inicia com o referencial teórico, que dará embasamento as análises realizadas e a metodologia empregada na pesquisa, e completando este o ANEXO A, onde se encontram as noções gerais sobre a atividade de aquisição sísmica marítima. Na seção 3, investiga-se os mecanismos de geração de demanda por parte das companhias de O&G e a determinação através de estimativas econométricas do tamanho do MASM. Na seção 4, realiza-se o estudo das firmas do MASM, quais os condicionantes para o surgimento da indústria de aquisição sísmica marítima (IASM), fornecemos um mapeamento das estruturas físicas e de governança das firmas. Complementando a seção 4 temos o Anexo B, que descreve o histórico das firmas, ativas ou não, que investigamos para a análise sobre fusões, aquisições e falências. Na seção 5, exibe-se as análises sobre *day rate*, estruturas de custos e *mark-up*, e o

estudo do poder de mercado das firmas do MASM, aplicando técnicas consolidadas da OI e NEIO. Por fim, encontra-se as conclusões e as referências.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLOGIA

Nesta seção encontra-se os principais conceitos econômicos da teoria da Organização Industrial (OI) e da Nova OI Empírica, que servirão de base para a elaboração desse trabalho na área de Economia Aplicada na IP. Como metodologia, introduzimos os conceitos estabelecidos por diversos autores da OI para obter um entendimento geral da teoria, e depois avançamos no ferramental teórico da Nova OI Empírica ou, no termo em inglês, da *New Empirical Industrial Organization* (NEIO), que tem sido largamente empregada na avaliação de poder de mercado das firmas de diversos segmentos.

Existem muitas abordagens ou correntes teóricas para elaboração de análises econômicas de um dado mercado ou uma dada indústria. Para o estudo de setores específicos, em muitos casos se usam teorias da administração que fazem interface com as teorias Microeconômicas e da Economia Internacional. Muitos exemplos são encontrados na literatura aplicando a estrutura teórica baseada em Porter¹¹. Embora esse seja um caminho tradicional nas escolas de administração, as estruturas teóricas da OI e NEIO permitem explorar com maior profundidade os dados empíricos que dispomos da atividade em estudo, explicitando as relações econômicas dinâmicas das estruturas dos mercados, das interações e comportamentos das firmas, com base nas aplicações observadas nos trabalhos de Mason, Bain, Bresnahan, Schmalensee, entre outros expoentes da OI e NEIO que serão analisados nas páginas seguintes.

No Quadro 1, encontra-se um quadro com duas linhas teóricas distintas para o estudo da indústria com seus conceitos chaves, que são a teoria dos contratos ou de forma mais abrangente a análise econômica do direito, e a teoria da organização industrial, que apresenta em sua faceta mais moderna o uso de teoria dos jogos nas análises empíricas com a NEIO. Consideramos essa última como instrumental teórico para interpretar as relações extraídas dos dados empíricos, porém, sem estar limitados esta, podendo lançar mão de conceitos de outras correntes teóricas para explicar fenômenos particulares observados.

Outras correntes de análise econômica das indústrias que não estão no quadro da **Quadro 1**, de acordo com Sutton (2007), são a Schumpeteriana e/ou da Ecologia Organizacional, correntes

¹¹ Análise que se encontra no livro PORTER, Michael. **Competitive strategy**: techniques for analyzing industries and competitors. [S.l.]: The Free Press.

ligadas as ideias evolucionárias aplicadas a economia. Para a primeira encontra-se material para um entendimento inicial em Sutton (1998) e Marsili (2001), enquanto para a segunda pode-se buscar uma primeira leitura em Carroll e Hannan (2000). Críticas a essas correntes podem ser vistas em Bresnahan (1992), Schmalensee (1992) e Scherer (2000).

Quadro 1 – Possibilidades de abordagens teóricas para a análise econômica do MASM.

Abordagem Teórica - Possibilidades	
<p>Análise Econômica do Direito</p> <p>Teoria dos Contratos</p> <p>Agente e Principal</p> <p>Custos de Transação</p> <p>Assimetrias de Informação</p> <p>Risco Moral</p> <p>Teoria dos Incentivos</p> <p>Sinalização</p> <p>Seleção Adversa</p>	<p>Organização Industrial</p> <p>Estrutura - Conduta - Desempenho</p> <p>Concentração versus Lucro</p> <p>Regressão no nível da Indústria</p> <p>Barreiras à Entrada</p> <p>New Empirical Industrial Organization - NEIO</p> <p>Teoria dos Jogos</p> <p>Modelagem no nível da Firma</p> <p>Simulação da Conduta da Firma</p>

Fonte: Elaboração própria.

Feita esta abertura da seção 2, sobre referencial teórico, prossegue a conceituação da OI e sua principal vertente, o ‘*framework*’ da E-C-D, e na sequência sobre a NEIO.

2.1 CONCEITUAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO INDUSTRIAL

Segundo Schmalensee (2012), o termo Organização Industrial (OI) foi originado por Marshall em seu livro ‘*Economics of Industry*’ (1899), que trata da concentração e competitividade da Indústria, termo que reaparece na literatura no início dos anos 30 em ‘*The Structure of Competitive Industry*’, de Robinson (1931).

Embora o embrião marshalliano da OI tenha surgido ainda no século XIX, somente a partir da década de 30 do século XX com o trabalho de Mason (1939), foram estabelecidos os alicerces da teoria que atualmente se identifica como OI. Mason foi pioneiro no estudo das relações entre

estruturas de mercado e organização das firmas com as diferenças das práticas competitivas, incluindo, preço, produção e políticas de investimentos. Por suas diversas contribuições nas origens da OI, Mason é considerado por vários economistas como o pai da Organização Industrial (SCHMALENSEE, 2012).

Entre diversas definições de OI, destaca-se, por seu poder de síntese, a que Lee (2007) apresenta: “OI é o estudo do comportamento da firma em mercados de competição imperfeita”. O termo competição imperfeita na definição de OI evidencia seu caráter de teoria alternativa ao *mainstream* econômico.

As primeiras pesquisas em OI eram focadas em estudos de casos, que acabou por não levar, como esperado por Mason, às generalizações que subsidiassem a formação de uma teoria geral da indústria. Mason partiu da assertiva de que o *market share* é um componente relevante na política de preços da firma, apontando duas abordagens para sua análise: i) criação de modelos matemáticos para derivar a política de preços de uma firma (modelos de equilíbrio); ii) uso de metodologia empírica, estabelecendo a correlação entre os preços observados e variáveis que representam diferenças nas estruturas de mercado (LEE, 2007). A inovação das pesquisas de Mason estava associada principalmente ao segundo item.

Os estudos de regulação na década de 70 e 80 deram sobrevida aos estudos de caso a lá Mason, que haviam saído temporariamente de cena na década de 50 com as pesquisas de Bain (1951), que direcionou as análises para o uso de estatísticas em níveis interindustriais e não em casos particulares, eclipsando a metodologia de pesquisa nos moldes propostos por seu orientador, Edward Mason.

As principais contribuições de Joe Bain nos anos 50 foram os trabalhos de análises interindustriais (1951), onde comparou os lucros das indústrias e os níveis de concentração; o paradigma E-C-D (1956), colocando como principais elementos da estrutura de mercado a concentração, a diferenciação de produtos e as barreiras à entrada, tendo este último como principais fontes as economias de escala, as vantagens de diferenciação de produtos e os custos absolutos por parte das firmas, de onde constatou que a concentração de mercado não explica altas taxas de lucro, para tanto, essa deve estar acompanhada da presença de barreiras à entrada (SCHMALENSEE, 2012).

As teorias da OI, para Silva (2004), apresentam-se como forma alternativa para contrapor a corrente tradicional da microeconomia convencional. Os autores da OI reconhecem que mercados concentrados tem efeitos sobre o comportamento das empresas e no desempenho dos mercados, com implicações a toda sociedade; estes autores têm em comum uma hipótese central de suas formulações que permeiam a descrição de análise de informações empíricas e, também, na busca de interpretação teórica, de que existe uma relação causal que liga estrutura, conduta e desempenho. Nessa concepção, as condutas empresariais e o desempenho dos mercados têm grande importância para entender as características das estruturas de mercado, dentre os principais elementos destacam-se: a concentração de mercados, substituíbilidade de produtos e a condições de entrada de novos concorrentes.

Complementando esse contraste entre microeconomia clássica e OI, Kupfer (2002) afirma que a organização industrial, apesar de tratar de temas comuns à microeconomia, e absorver alguns conceitos desta, têm enfoque nos elementos que contradizem alguns preceitos da teoria clássica, como as barreiras à entrada de novas empresas e barreiras na mobilidade dos fatores de produção. A abordagem da OI tem uma essência institucional, conforme ressalta Kupfer e Hasenclever (2002):

Edward Mason, um dos fundadores do paradigma alternativo, em artigo publicado em 1939 na *American Economic Review*, foi explícito a respeito da metodologia: a abordagem utilizada pode ser denominada de institucional, no sentido, que investiga os fatores institucionais e históricos responsáveis pela concentração dos mercados e impedimento à mobilidade dos fatores produtivos (KUPFER; HASENCLEVER, 2002).

Sutton (2007) também discorre sobre as ideias centrais de Bain, que o autor sumariza:

- i) alta concentração dos mercados leva a altas taxas de lucro;
- ii) ideia de barreiras à entrada para explicar por que o lucro não é compartilhado com novas entrantes;
- iii) tamanho do mercado é relevante para determinação do preço, por que mercados grandes possibilitam mais vendedores e pode aumentar o nível de competição, reduzindo os custos marginais (Weiss, 1989);
- iv) análise *cross*-indústria usando regressões dos índices de concentração com diversas variáveis como: tamanho do mercado; custos de publicidade; custos com P&D etc.

Muitas críticas são feitas sobre a OI ao longo de seu desenvolvimento, principalmente sobre a contradição ou dispersão dos resultados obtidos pela metodologia de Mason. A partir do paradigma E-C-D e com o estudo no nível da indústria, o objeto de estudo mudou e deslocou o tipo de crítica que se fazia a OI.

Fontenele (2000), faz a crítica no plano teórico sobre a capacidade da OI clássica em enquadrar a análise da firma, da indústria e do mercado em um modelo microeconômico bem definido. No plano empírico, a crítica é em cima da simplicidade das hipóteses e das regressões que consideravam uma relação entre duas variáveis representativas dos polos estrutura e desempenho. Na atualidade, a aplicação da OI para análise da indústria está calcada em termos práticos no paradigma E-C-D que está detalhado no próximo tópico.

2.2 PARADIGMA ESTRUTURA - CONDUTA - DESEMPENHO

Do paradigma E-C-D depreende-se que as características estruturais observadas de um mercado determinam o comportamento da firma nesse mercado, e esse comportamento, ou conduta, determina os resultados dessa firma (LEE, 2007).

O trabalho de Edward S. Mason intitulado: '*Price and Production Policies of Large Scale Enterprise*', de 1939, constituiu um marco na história da OI, apoiada em modelos teóricos que segue a relação já mencionado aqui anteriormente da: estrutura, conduta e desempenho (E-C-D). Para Mason, a grande empresa detém a capacidade de influenciar, via sua própria política de preços e produção, as condições de mercado da qual a empresa participa, Mason através do uso de indicadores como: volume de vendas e compras em relação ao total das transações, a fim de mostrar o controle de mercado exercido pela empresa; valor absoluto da empresa medido pelo volume dos ativos, número de empregados, volume de vendas, seriam relevantes para a política de preços e da produção (SILVA, 2004).

Mesmo com todo o esforço empreendido da análise 'masoniana', ela ainda não permitiu chegar em generalizações simples acerca das características dos mercados concentrados pretendidas pelo autor. Nos anos 1950 aparecem novos autores como Joe Bain e Paolo Sylos-Labini, estes vão buscar reduzir a lacuna existente nos estudos de mercados concentrados e avançar na direção de uma melhor teorização. Os trabalhos, "*Barriers to New Competition*", de Bain

(1956), e, "*Oligopólio e Progresso Técnico*", de Sylos-Labini (1956), foram pioneiros em avançar na análise da organização dos mercados e suas influências sobre as condições da concorrência e a formação de preços no mercado (SILVA, 2004).

Bain reconhecia a concentração econômica como elemento básico da estrutura de mercado, e inovou ao escolher como variável-síntese a “condição de entrada” de novas empresas (seriam as condições da concorrência potencial), até então os estudos empíricos tomavam diretamente o grau de concentração das empresas estabelecidas (sendo estas as condições da concorrência efetiva) como principal variável da estrutura de mercado. Para Bain, a intensidade das barreiras à entrada é um indicador-chave do poder de mercado das empresas oligopolistas e da conduta e desempenho empresariais. Bain, com uma nova metodologia, realizou inéditas associações entre variáveis para o estudo da concorrência potencial, que passa a ter o mesmo status da concorrência efetiva nas análises sobre oligopólios (SILVA, 2004).

Para introduzir o modelo E-C-D, Kupfer (2000) considera os seguintes itens como fundamentais para análise:

- i) conceitos estáticos e abstratos (de difícil mensuração) da microeconomia, sem levar em conta decisões empresariais;
- ii) descarte de abordagens normativas e maior uso de abordagens indutivas, considerando história e instituições;
- iii) repensar o conceito de produtos homogêneos;
- iv) o comportamento das firmas é fortemente dependente da estrutura do mercado.

Nesse modelo, o bem-estar social será atingido se as firmas apresentarem um bom desempenho, e, para tanto, deve-se perseguir a resposta para as questões destacadas por Kupfer e Hasenclever (2000):

O que, quanto e como produzir de forma eficiente, ou seja, sem desperdiçar recursos escassos e levando em conta qualitativa e quantitativamente a demanda do mercado? Como obter aumentos contínuos de produtividade por meio da incorporação de oportunidades científicas e tecnológicas em novos produtos, processos, matérias-primas, formas de organização? Como favorecer o pleno emprego dos recursos, especialmente dos recursos humanos? Como distribuir equitativamente a renda, impedindo o ganho excessivo de produtores ou apropriação indevida do excedente dos consumidores e/ou de determinados elos da cadeia produtiva? (KUPFER; HASENCLEVER, 2002)

Nessa abordagem, admite-se que não é uma função maximizadora que irá atender e resolver todas as questões, e sim que as firmas irão buscar soluções de maior satisfação possível traduzida por meio de seu desempenho. Essas ideias estão em par com o conceito de racionalidade limitada, que é vinculado às teorias evolucionárias.

O Método E-C-D funciona no sentido de encontrar indicadores de desempenho, identificar a conduta das empresas que são dependentes da estrutura do mercado. O modelo é disposto em um quadro apresentado pelo autor, um resumo desse quadro é descrito por Kupfer e Hasenclever (2000) de forma bastante objetiva:

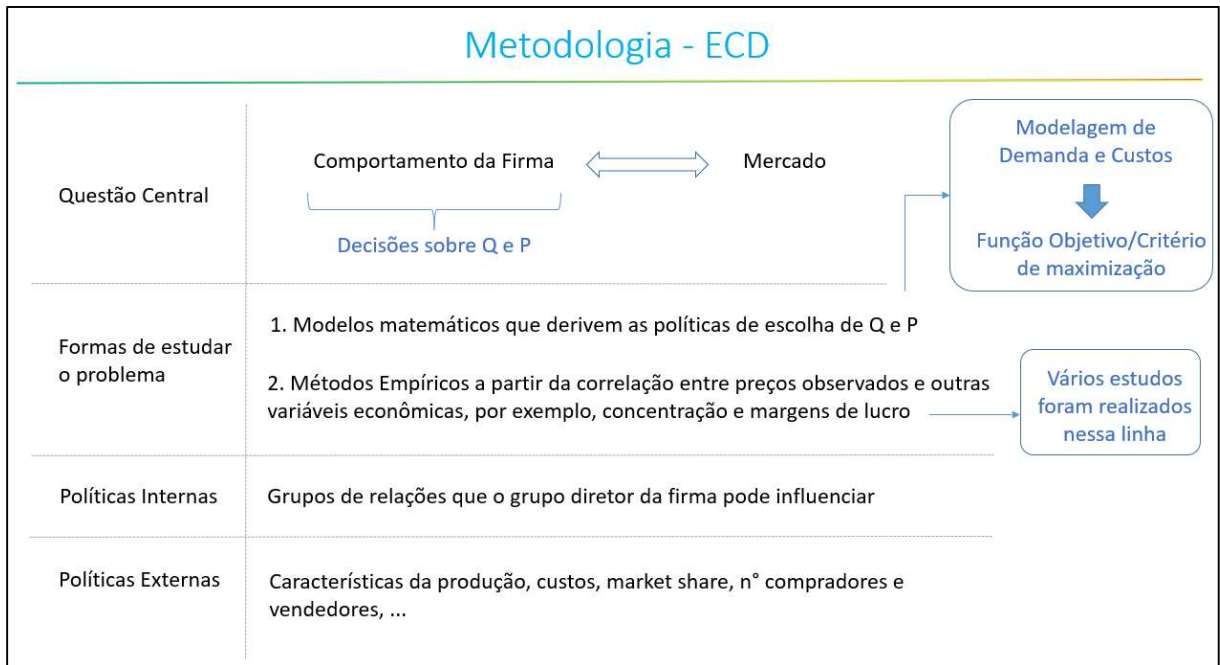
Pressupõe-se que o desempenho em indústrias ou mercados particulares seja dependente da conduta ou das estratégias dos vendedores (produtores) e dos compradores (consumidores) em diferentes assuntos, como a política e a prática de preços, cooperação explícita ou tácita entre as empresas, estratégias de linhas de produtos e propaganda, esforços de pesquisa e desenvolvimento (P&D), investimento em plantas produtivas, táticas legais (como, por exemplo, execução dos direitos de patentes), e assim por diante. A conduta, por sua vez, depende da estrutura do mercado relevante, caracterizada pelo número e tamanho dos vendedores e compradores, o grau da diferenciação física ou subjetiva dos produtos e serviços, da presença ou ausência de barreiras à entrada de novas empresas, do formato das curvas de custo, do grau de integração vertical das empresas e da extensão de diversificação das empresas para outros mercados. (KUPFER; HASENCLEVER, 2002)

Schamalensee (2012), destaca ainda as contribuições de Weiss (1971) nos estudos econométricos interindustriais que corroboraram com as teses de Bain e a crítica de Demsetz (1973), que apontou que concentração e eficiência econômica podem não estar correlacionadas, ou ainda, pode haver uma correlação inversa, uma vez que as firmas mais eficientes ganham mais mercados, podendo manter um nível de preços mais baixos em função, por exemplo, de redução de custos a partir da inovação gerada por investimentos sustentados em maiores taxas de lucro. Fechando essa discussão teórica, considera-se em termos de aplicações empíricas o resumo da metodologia E-C-D são apresentados no Quadro 2, Quadro 3 e Quadro 4, a seguir. A questão central em análise é a relação entre o comportamento das firmas e seus efeitos no mercado.

Por comportamento da firma entende-se as decisões sobre quantidade a produzir, preço de venda, decisões sobre tamanho das plantas etc. As metodologias de estudo podem ser definidas a partir de modelos teóricos, como os modelos microeconômicos de equilíbrio que dão base para a teoria dos jogos ou ainda modelagem empírica a partir dos dados de uma determinada

indústria. Por fim, informações adicionais de políticas internas e externas podem ser incorporadas na análise, seja como variável explicativa, seja como variável a ser determinada.

Quadro 2 – Quadro esquemático da metodologia E-C-D.

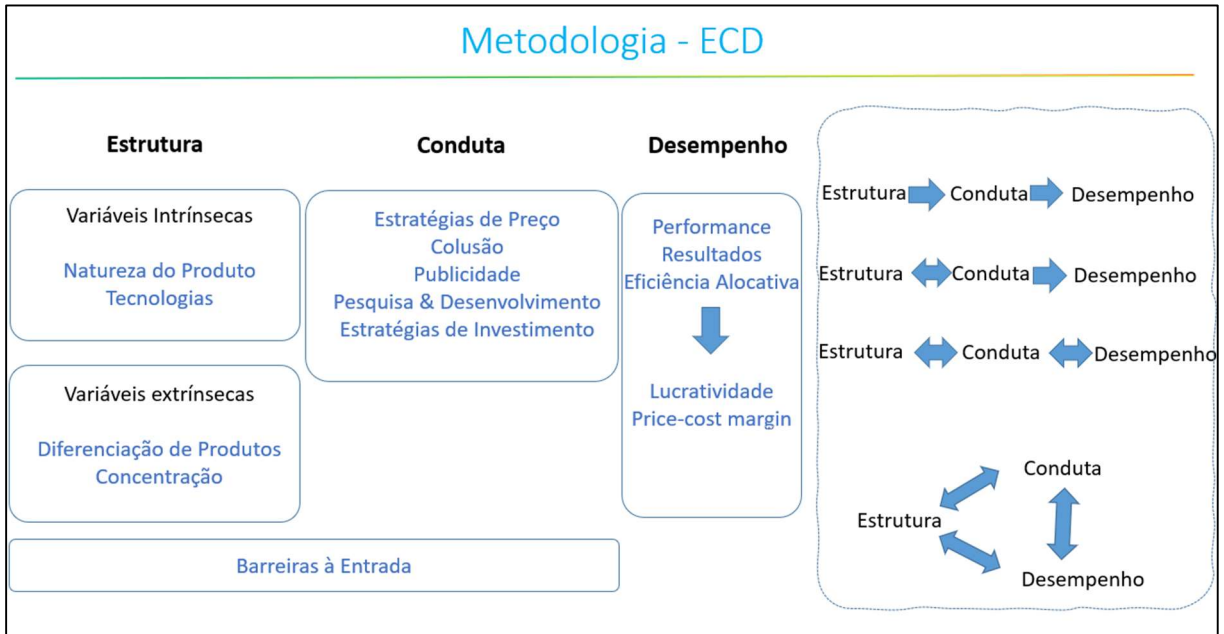


Fonte: Elaboração própria.

As medidas que podem ser extraídas a partir de dados empíricos estão resumidas no Quadro 4. São basicamente os índices de concentração dos mercados, calculados a partir do *market share* das firmas em um dado mercado. Esses índices dizem respeito a estrutura de mercado, quanto maior o índice, para uma quantidade menor de firmas, mais concentrado é o mercado. A evolução temporal desse índice pode revelar aspectos da dinâmica das estruturas de mercado, como se modificam ao longo do tempo e fornecem indícios das causas geradoras dessas mudanças estruturais.

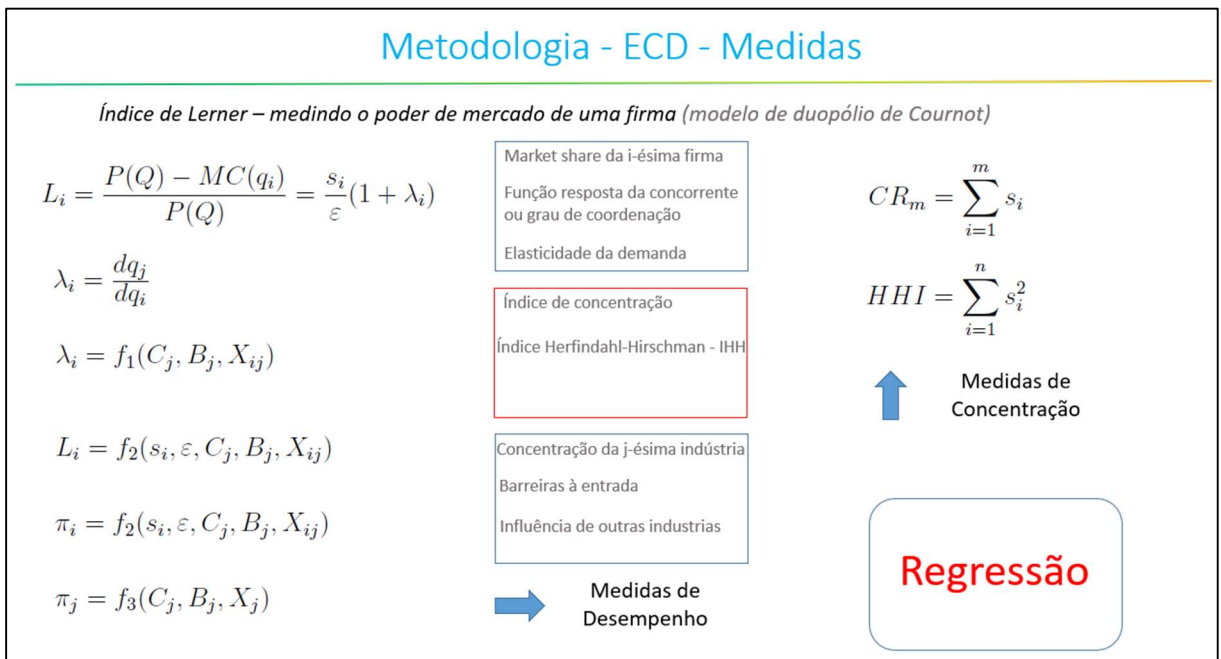
As medidas de desempenho podem ser obtidas por diferentes métodos e parâmetros, entre eles o valor do *asset* das empresas, no caso de empresas listadas em bolsas, as margens de lucros apresentadas pelas firmas ao longo do tempo, quantidade de vendas, tamanho da firma, e outras variáveis *proxy* dos lucros de determinada firma. Na metodologia clássica, de posse dessas informações sobre estrutura e desempenho, realizam-se regressões e infere-se informações sobre a conduta das firmas, que é o elo entre a estrutura e o desempenho.

Quadro 3 – Quadro esquemático da metodologia ECD (parte 2).



Fonte: Elaboração própria.

Quadro 4 – Quadro esquemático da metodologia ECD (parte 3 - Medidas).



Fonte: Elaboração própria.

O Quadro 4 e Quadro 5, fazem o fechamento desse tópico, resumizando o fluxo de trabalho para a metodologia E-C-D. No próximo tópico avançaremos no entendimento da metodologia NEIO.

2.3 NOVA ORGANIZAÇÃO INDUSTRIAL EMPÍRICA

Durante a década de 1980, a OI passou por um processo de formalização, principalmente com a utilização da estrutura teórica fornecida pela teoria dos jogos. O sucesso da introdução da teoria dos jogos na OI pode estar ligado às características intrínsecas do tipo de estudo econômico que se faz. O estudo das indústrias devem levar em conta as particularidades de cada indústria, o que gera um grande número de casos especiais com poucos exemplos de generalizações válidas, que a teoria dos jogos trata naturalmente por ser uma estrutura teórica muito flexível na geração de modelos (outro aspecto é que os jogos podem trazer resultados melhores que os modelos de resultados ótimos) (SCHMALENSEE, 2012).

No final da década de 1980, há uma mudança de foco das análises teóricas para empíricas. Essa nova onda difere das anteriores em três aspectos: *i*) melhoria nos dados; *ii*) emprego de teoria formal e método econométrico; *iii*) a firma é o elemento principal da análise, e não a indústria. Nesse movimento Bresnahan (1989) cunhou o termo *New Empirical Industrial Organization* (NEIO) (SCHMALENSEE, 2012).

Sutton (2007), mostra que o modelo em teoria dos jogos é útil para os problemas com um controle de variáveis bem definido, fornecendo opções de análises no nível da firma. Para a análise *cross-section* da indústria, o controle das medidas é mais difícil. Para avaliar o problema da entrada de uma firma se pode adotar um modelo de entrada simultânea ou entrada sequencial, no caso em que se quer analisar a competitividade pós entrada da firma pode-se usar o modelo de Bertrand (equilíbrio de Nash em preço) ou Cournot (equilíbrio de Nash em quantidade).

Como destacado por Einav e Levin (2010), o estado da arte na teoria da OI está na transição dos modelos intra-indústria para os estudos “focados em uma única indústria ou mercado, considerando questões institucionais específicas, medidas de variáveis chaves e a identificação econométrica”. Essa metodologia congrega a clareza fornecida pela teoria com o convencimento das medidas empíricas, possibilitando um melhor entendimento dos mecanismos da competitividade. Einav e Levin (2010) observam que:

O problema da NEIO inicia com a determinação da demanda que é um dos principais inputs em qualquer estudo de competição de mercado. Em seguida se discute os modelos de competição em preço no curto prazo. Por fim se analisa a competição em preço no longo prazo, onde entrada/saída e decisões de investimentos podem alterar a estrutura dos mercados e o horizonte de competitividade (EINAV; LEVIN, 2010)

Na leitura de Fontenele (2000), vê-se que em função das críticas sobre questões metodológicas surgem novos trabalhos que a autora caracteriza como a Nova OI. A abordagem metodológica via teoria microeconômica, modelos de competição imperfeita e teoria dos jogos, dão um ar mais técnico a análise do comportamento estratégico das empresas.

A Nova OI traz uma série de novos modelos que empurram as análises de estudos de caso com maior riqueza de detalhes para escanteio. Ocorre a mudança de foco no instrumental da pesquisa empírica, implicando no maior uso da teoria econômica formal dentro da OI. O novo caminho teórico é identificado com pelo menos três escolas: a escola de Chicago, a teoria dos mercados contestáveis, e a teoria dos jogos aplicada aos oligopólios. Na escola de Chicago se enquadram os entusiastas do livre mercado. Para Fontenelle (2000), essa escola não é passível de análise dentro da Nova OI, em função de sua marcante assinatura calcada na teoria clássica, como uma contrarrevolução usando o corpo da OI para retornar ao ponto anterior na teoria econômica, porém com o embasamento fornecido justamente pelo desprendimento da teoria clássica.

Sobre o comportamento estratégico das firmas, a OI avançou no sentido de incorporar o arcabouço teórico da teoria dos jogos (TJ). Estabelece-se nessa abordagem o instrumental puro da TJ, com a OI representada a partir de relações complexas de alto rigor dedutivo. O ferramental teórico é muito forte, a ponto de diversos trabalhos apresentarem a OI atualmente apenas com essa linha de estudo. Alguns economistas defendem que a TJ levou a formalização necessária para uniformizar a OI e colocá-la no mesmo grau de rigor do equilíbrio geral competitivo.

Os autores Einav e Levin (2010) salientam que as elasticidades são importantes, bem como a definição dos bens substitutos e de variação da demanda, pontuando que a diferenciação dos produtos podem apresentar elasticidade própria e que as técnicas mais empregadas para determinação da demanda são a classificação de produtos por segmento e a modelagem dos produtos a partir de suas características.

No caso do problema que iremos aplicar as metodologias apresentadas, temos a classificação dos produtos com baixo grau de substituição em função da utilidade que está associada a fases diferentes do processo de exploração.

Os modelos de demanda como indica Nevo (2001), podem ser obtidos com dados individuais de consumo ou agregados de preço e *market share*. A estimação é feita com base nas variações de preços e demanda. No mercado que iremos investigar a demanda, são quase completamente dependentes das condições econômicas e conjunturais das companhias de óleo e gás (CO&G). Os choques geralmente têm um sentido bem definido, varia-se a demanda e então ocorrem as variações de preços.

Saindo da visão pelo lado da demanda e entrando no lado da oferta, a abordagem de Carlton e Perloff (2005), no livro '*Modern industrial organization*', sobre os custos, é na linha de uma revisão da microeconomia, começando pelos conceitos de custo fixo e custo afundado, que é a parte do custo fixo que não pode ser recuperado, ou custos evitáveis, que são custos fixos que podem não incorrer no caso da operação cessar. Os custos variáveis são custos que variam com a quantidade produzida. O custo total é a soma dos custos fixos com os custos variáveis. O custo marginal para um dado nível de produção (q) é o custo de se produzir uma unidade a mais, $CM = C(q + 1) - C(q)$.

Continuando, o custo médio para um nível de produção (q) é o custo $C_{méd}(q) = C(q)/q$ que é bem diferente do custo marginal (CM). Observa-se ainda os custos fixo e variável médio, toma-se $CF_{méd}(q) = CF(q)/q$ e $CV_{méd}(q) = CV(q)/q$. Os custos dependem da quantidade produzida e dos preços dos fatores de produção. Conhecer como as curvas de custos se modificam com a variação da quantidade produzida e dos preços e proporções dos insumos, possibilita inferir a tecnologia de produção da firma, a relação entre insumos e produto.

Apesar de o conceito de custo ser colocado de maneira bem direta, esse elemento no âmbito da realidade concreta das firmas pode ser bastante complexo. Os dados dos custos das firmas são difíceis de obter, e para a maioria das firmas os custos marginais não estão disponíveis, pois revelariam informações sensíveis para as concorrentes. Contudo, pode-se estimar custos, de acordo com Ross (1970), usando o *mark-up* ótimo obtido das elasticidades da demanda e subtrair do preço observado, obtendo os custos marginais. Caso se consiga dados de custos reais, pode-se comparar esses dados com a modelagem para fazer uma validação do método.

De acordo com Scherer e Ross (1990), os custos das firmas dependem de localização e disponibilização de insumos da produção; natureza da tecnologia de produção; durabilidade do

produto etc. Os custos das firmas podem ser modelados no IASM a partir dos insumos: embarcações afretadas e próprias. Para tal, faz-se necessários os custos de afretamento para o primeiro (tomador de preço no mercado *spot*) e os custos de amortização, depreciação e seguros no segundo, ou seja, necessitamos dos preços de compra das embarcações e as previsões de amortizações, informações de difícil acesso.

Partimos da ordem apontada por Einav e Levin (2010), iniciando o trabalho empírico a partir do estabelecimento do estudo da demanda, em seguida, do levantamento das características das firmas, para chegar no processo de formações de preços, considerando os elementos físicos das plantas, além das informações das estruturas de mercado. Pode-se então calcular os parâmetros relacionados ao grau de concorrência do mercado. Para além dessa ordem, cabe antecipar que a base de dados que se dispõe contempla informações no nível da firma e da indústria, o que permite realizar as análises tanto nos moldes do paradigma E-C-D, como no da NEIO.

A crítica ao uso das ferramentas da NEIO para Fontenele (2000) é que atualmente a maioria das análises em OI empregam o instrumental da teoria dos jogos não cooperativos. A crítica a essa abordagem é feita na própria concepção da teoria que traz uma carga muito grande de abstração que pode distanciar a teoria da realidade econômica. Contudo, a modelagem via TJ possibilita, devido sua flexibilidade intrínseca, a modelagem de diversas situações, podendo acomodar, de algum modo, a comparação com dados empíricos, que dependerá da complementação feita na parte teórica e empírica da pesquisa. A conclusão da autora é que os preceitos neoclássicos continuam arraigados na OI, principalmente o uso da TJ que torna as análises mais duras no sentido científico, reduzindo o caráter subjetivo da análise econômica. Avaliamos que os modelos são de grande utilidade para o debate teórico, principalmente quando passa pelo crivo da comparação com resultados empíricos, porém a complexidade do sistema econômico envolve movimentos que dependem de fatores diversos e não tão lógicos quanto se deseja para uma ciência, que o lado subjetivo tem um papel igualmente importante ao da modelagem. Sendo assim, apenas rodar os modelos não cria informação suficiente para avançar nos debates sobre as estruturas organizacionais e as interações das firmas, que exercem impacto relevante na sociedade como um todo.

A título de comparação, o Quadro 5 mostra um comparativo entre a estrutura E-C-D clássica e a proposta metodológica da NEIO. Uma das principais diferenças está no fato de que na NEIO

as condutas das firmas são modeladas usando premissas “*ad hoc*”, que podem trazer consistência ou não aos dados empíricos de estrutura ou desempenho, e essas premissas são incorporadas a partir do uso de teoria dos jogos. Ou seja, na NEIO a modelagem sobre a conduta das firma é bastante robusta e tem potencial na simulação de situações específicas de mercado, sendo uma ferramenta muito empregada por órgãos de controle da concorrência para identificação de possíveis conluios e/ou impactos negativos aos consumidores no caso de fusão das firmas. Outros elementos da análise teórica serão descritos na sequência.

Quadro 5 – Quadro esquemático comparando a metodologia ECD e a NEIO.

ECD	NEIO
<ul style="list-style-type: none"> • Margens preço-custo (desempenho) podem ser diretamente observadas em dados contábeis; • Variação <i>cross-section</i> na estrutura industrial pode ser capturada por um pequeno número de medidas observáveis; • Trabalho empírico deve ser dedicado a estimar a relação de forma reduzida entre estrutura e desempenho; • Dados usualmente extraídos de estatísticas industriais oficiais; • Unidade de observação é o setor/indústria. 	<ul style="list-style-type: none"> • Margens preço-custo não são assumidas como observáveis; custo marginal (CMg) não pode ser observado diretamente; o CMg é ou inferido ou simplesmente não calculado; • Idiosincrasias próprias de setores individuais; analistas não confiam em comparações inter-setoriais e levam em conta o detalhamento institucional na avaliação da conduta das firmas. • Conduta da firma e da indústria são vistas como parâmetros a serem estimados; equações comportamentais que definem preço e quantidade são estimados e parâmetros delas são relacionados a noções analíticas da conduta da firma e da indústria. • Natureza da inferência de poder de mercado é clara, pois as hipóteses alternativas consideradas (inclusive a de ausência de interação estratégica) são explicitadas; • Novas fontes de dados são acessadas ou construídas, bem diferentes das fontes tradicionais; • Unidade de observação é a firma.

Fonte: Adaptado de Fiúza (2001).

Para nossa análise que envolve um conjunto de dados de uma indústria específica em nível mundial, a indústria de aquisição sísmica marítima (IASM), a teoria empírica da Organização Industrial será a base teórica principal. A primeira leitura sobre o tema pode ser feita em Einav e Levin (2010), que apresentam um relatório didático sobre o progresso realizado na teoria da *Empirical Industrial Organization* (EIO). Segundo os autores, a OI estuda a estrutura das indústrias e o comportamento individual das firmas, com foco de como os mercados se distanciam de uma condição de concorrência perfeita. Os autores identificam dois desafios iniciais para a EIO nos anos 70: a falta de modelos para testar as imperfeições do mercado; e a falta de dados para formulação de hipóteses sobre competição e estrutura industrial.

O poder de mercado e a competição em preço é um dos principais problemas em OI, trata do entendimento de como os resultados de um mercado refletem o exercício do poder de mercado. Conceito de resultados e de poder de mercado podem ser vistos em artigos clássicos como os de Bresnahan (1987) e Nevo (2001). Modelos de equilíbrio de mercado e modelo de competição em preço de Bertrand-Nash com diferenciação de produtos são largamente utilizados, onde as firmas definem preço igual ao custo marginal adicionado de um *mark-up*, que é função da elasticidade da curva de demanda. Modelos de jogos podem considerar bens homogêneos ou com diferenciação de produto horizontal ou vertical; e os tipos de equilíbrio podem ser: equilíbrio de Cournot (Nash em quantidade); Bertrand (Nash em preço); ou '*Joint Profit Maximization*'.

Outras questões sobre os determinantes da estrutura de mercado na OI, feita por Bain nos anos 50 são: de que forma a configuração de um conjunto de firmas em uma indústria e suas capacidades relativas podem influenciar a competição, inovação e os resultados do mercado? Quais os determinantes ao longo do tempo para as configurações das firmas na indústria? Em particular, como barreiras à entrada tornam o mercado mais ou menos próximo de uma competição imperfeita?

Um caminho é analisar como a entrada ou saída de firmas em um dado mercado afetam a competitividade. Pode-se usar a variação do tamanho do mercado junto a um equilíbrio de longo prazo, e analisar se pode haver relação entre a lucratividade e o tamanho do mercado. Variações no tamanho do mercado podem fornecer uma inferência sobre o nível de competição (BRESNAHAN; REISS, 1991). Bresnahan avalia como a competição varia à medida que novas firmas entram no mercado, o resultado foi que nas primeiras entradas o grau de competição converge rapidamente (para mais detalhes dos métodos de estimação e identificação, ver Berry e Tamer, 2006).

Conforme Sutton (2007) explica, as estruturas de mercado apresentam regularidades empíricas que parecem advir de algum mecanismo econômico que tem validade geral. Na teoria da OI, esse "mecanismo" pode ter duas vertentes: 1. Relação entre preços competitivos e nível de concentração dos mercados; 2. Nas firmas que tem como regra investimentos em P&D e Publicidade, ou de uma forma geral, firmas que apresentam custos fixos e custos afundados no sentido de incentivar e/ou capturar consumidores ou reduzir os custos variáveis na produção.

A estrutura de mercado está diretamente ligada à dinâmica da indústria, ciclos de vida, de entrada e consolidação, e como a indústria se organiza no enfrentamento de ciclos de crescimento e recessão (essa análise de dinâmica da indústria pode ser aplicada para avaliar as fusões observadas em um dado mercado). Em uma perspectiva dinâmica, a concentração de mercado, que a priori reduz o bem-estar, pode proporcionar ganhos em função de inovação criada por grandes firmas.

Nesse caso, pode-se fazer duas abordagens: pesquisar a indústria, procurando os padrões de sobrevivência, *turnover*, e crescimento das firmas, ou buscar os modelos dinâmicos de equilíbrio em indústrias individuais (ERICSON; PAKES, 1995). A heterogeneidade das firmas também pode trazer um caráter dinâmico, de acordo com Melitz (2003), estabelecendo padrões de entrada e saída que se relacionam com as características das firmas (não só ao mercado, mas a própria natureza das firmas).

No caso do MASM, identifica-se como dificuldade de acesso ao mercado alguns elementos que se relacionam com a teoria econômica das barreiras à entrada: 1) Capacidade técnica para realização da operação, visto que a mão de obra é altamente especializada e escassa (Eficiência Técnica); 2) Acesso às demandantes, como explicado sobre a importância dos dados na cadeia de exploração e dos valores dos projetos, as demandantes dão preferência às firmas já estabelecidas, há um custo grande para firmar a “marca” no mercado. 3) Alto investimento inicial para a entrada em operação e longo tempo de retorno (*payback*). Como exemplo, a empresa norueguesa Dolphin (ver na seção 4), que não suportou manter por um período de cinco anos seu fluxo de caixa e acabou encerrando suas atividades. As empresas desse mercado estão ligadas às instituições financeiras (a maior participação acionária advém de instituições bancárias para a maioria das firmas). A Polarcus, como veremos, conseguiu sustentar o investimento, mesmo com receitas iniciais muito baixas. O retorno de médio ou longo prazo pode ser um elemento de barreira à entrada.

Dadas as metodologias de análise, conforme acima, que se emprega na dissertação, segue-se na próxima seção uma breve discussão sobre os dados utilizados na pesquisa

2.4 BASE DE DADOS

As bases de dados foram obtidas a partir de diversas fontes distintas para cada seção da dissertação. Na seção 3, sobre as demandantes, foi necessário a criação de uma base de dados sobre as CO&G, com as informações por ano sobre reservas provadas, produção anual, além de variáveis externas, como a demanda anual por petróleo e o preço médio anual do barril do petróleo na modalidade *brent*. Essas informações foram encontradas nos relatórios anuais no modelo F-20 das empresas que estão listadas em bolsa de valores. Na seção 5, usamos informações modificadas a partir de uma base de dados mundial de sísmica da IHS (*Seismic Base*, a qual iremos nos referir doravante como SB), dos relatórios anuais das EADs, semelhante ao feito para a seção 4 com as demandantes, e do portal de informação de embarcações *Marine Traffic*¹². Os tratamentos dos dados foram feitos usando os softwares Power BI e o programa de estatística R, o primeiro para geração dos diversos gráficos apresentados e o segundo para fazer as regressões econométricas¹³.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA SEÇÃO 2

- Nessa seção buscamos levantar os principais aspectos teóricos necessários para fundamentar uma pesquisa empírica em OI, seguindo o caminho apontado por um dos seus expoentes, Schamalensee: “muitos estudos em OI se preocuparam mais com os métodos empregados do que na análise da indústria estudada propriamente”, e continua, “as melhores colaborações são aquelas que combinam uma facilidade técnica com o conhecimento profundo da indústria”. Este é um farol pelo qual pretendemos guiar essa dissertação, onde o foco maior é de fato na indústria estudada, os métodos

¹² Ver em <https://www.marinetraffic.com>

¹³ Salientamos que esse trabalho se trata de pesquisa estritamente acadêmica. Os dados apresentados podem conter informações incorretas e incompletas que são de responsabilidade do autor, não sendo recomendado o uso para qualquer fim comercial. Ressaltamos, que foi engendrado o máximo esforço para apresentar a realidade do mercado da maneira mais fidedigna possível. Deixamos absolutamente claro que nenhum dos representantes dos portais acessados, IHS, *Marine Traffic*, e os portais das CO&G e das EADs, para o download dos relatórios anuais, tenham qualquer responsabilidade sobre qualquer dado, trecho ou parte do texto, bem como das figuras, tabelas, e das conclusões aqui expostas. No caso da IHS as informações foram modificadas e algumas informações omitidas para preservar o dado original, portanto os dados são simulações baseados nos dados originais. As informações aqui presentes são de responsabilidade do autor e devem ser consideradas de maneira aproximada, por isso, reiteramos não devem ser utilizadas ou interpretadas para qualquer uso que não seja estritamente acadêmico.

econômicos serão empregados, seguindo a recomendação acima, como suplemento para o melhor entendimento da indústria.

3 DETERMINANTES DA DEMANDA DO MASM

3.1 PREÂMBULO: A INDÚSTRIA DO PETRÓLEO

A indústria que estamos investigando (IASM) faz parte da chamada Indústria para-petrolífera (IPP), que fornece serviços e produtos para a Indústria de Petróleo (IP), cujas firmas realizam a exploração, produção e distribuição do petróleo e seus derivados. Tanto na IP como na IPP são aplicados vultuosos volumes de capitais, físico, humano e financeiro, com riscos elevados. Esses esforços e riscos são compensados por um prêmio de grande valor para a economia mundial e para as nações, em função de suas peculiaridades: o petróleo.

O Petróleo

O petróleo é hoje responsável pelo funcionamento de praticamente todo o sistema de transporte, tanto em terra quanto no mar e no ar. Em particular, como foi percebido por Winston Churchill¹, no início do século XX, é o combustível mais eficiente para mover as forças armadas. Paralelamente à sua importância geopolítica, o petróleo foi responsável por alguns dos mais relevantes capítulos da história econômica do capitalismo moderno. Tornou-se a mais líquida das mercadorias e a mais difundida de todas as *commodities*. A generalização do uso de carros, aviões, navios e trens, movidos a gasolina ou diesel, confundiu-se com a reorganização espacial das indústrias e das cidades, permitindo a integração física de uma economia crescentemente urbanizada e internacionalizada. A existência de enormes reservas, aliadas a seu baixo custo de extração e às vantagens econômicas de sua utilização, tornou o “ouro negro” a principal fonte de energia global (TORRES FILHO, 2004).

O petróleo tem tido grande relevância para além de seu fim como matéria prima, conforme Torres (2004) salienta: “o petróleo também propiciou o surgimento de grandes companhias, entre as quais algumas das maiores, mais sofisticadas e mais emblemáticas do mundo moderno. As petroleiras, por seu tamanho e experiência, são responsáveis por financiar e gerenciar investimentos que, isoladamente, envolvem bilhões de dólares e horizontes de retorno que podem se estender por décadas. Companhias que comandam uma enorme massa de recursos que vai migrando ao longo do globo terrestre de áreas em declínio para novas fronteiras de produção”.

A Indústria de Petróleo

Segundo Pinheiro e outros (2017), a indústria de petróleo e gás é responsável pelo aproveitamento econômico dos hidrocarbonetos encontrados em rochas sedimentares. Sua cadeia produtiva envolve um conjunto de atividades que podem ser divididas em duas etapas: (i) *upstream*, que compreende a E&P; (ii) *downstream*, que envolve a parte de transporte e refino, petroquímica e distribuição.

Sobre a IP, Bispo Júnior e outros (2017) aponta que é um oligopólio internacional formado por grandes empresas muito competitivas, que atuam com escalas elevadas, tecnologia avançada e significativo poder financeiro. Esta indústria obteve um expressivo crescimento no pós-Segunda Guerra Mundial, o que motivou a entrada de novas empresas, tanto de países desenvolvidos, quanto de países em desenvolvimento, grandes produtores ou não. Esse movimento se intensificou nos anos de 1960 e se completou nos de 1970, com os choques do petróleo, quando ocorreu uma grande onda de nacionalizações e fortalecimento de empresas de países produtores (*apud*, PINTO JÚNIOR, 2007).

O Mercado de Petróleo

Torres (2004), considera três padrões de ordenação do mercado internacional que vigoraram no período (1945 - atual). O primeiro, que se estende de 1945 até 1973, caracterizou-se pela consolidação da hegemonia americana no Oriente Médio e pela liderança de mercado das grandes petroleiras dos EUA. O segundo, que abrangeu os anos entre 1973 a 1985, teve seu início marcado pela 1ª Crise do Petróleo, ou seja, pela ruptura da ordem existente por quase três décadas no contexto das repercussões da crise do sistema monetário internacional pós-Bretton Woods e da derrota americana no Vietnã. Seguiram-se tentativas fracassadas de reordenação de mercado, abortadas, entre outros motivos, pela Revolução Iraniana de 1979. Finalmente, no período mais recente, observou-se a constituição, a partir de 1985, de um novo sistema de ordenação do mercado internacional de petróleo, baseado em sua “financeirização”, em um ambiente marcado pela retomada da hegemonia americana.

No Mercado de Petróleo Mundial é importante conhecer os detentores das maiores reservas provadas de petróleo, os maiores produtores e consumidores desta *commodity*¹⁴. Começando pelos países que tem grandes reservas, a líder da lista é a Venezuela, com 303,3 bilhões de barris (Bb), e com 18% das reservas mundiais. Logo atrás temos a Arábia Saudita com 297,7 Bb, com fatia de 17% das reservas do mundo. O Canadá, Irã e Iraque fecham a lista das cinco primeiras neste quesito, com reservas e percentuais de reservas mundiais respectivas de 167,8 Bb e 10%; de 155,5 Bb e 9%; de 147,2 Bb e 9%. Outras importantes reservas provadas estão na Rússia, Kuwait, Emirados Árabes Unidos, EUA e outros países. O Brasil se encontrava na 15º posição em reservas mundiais de petróleo, em 2018.

Quanto aos maiores produtores mundiais se destacam pelo volume de produção comparado aos demais: os EUA, com produção de 15,311 MI de barris/dia, em seguida a Arábia Saudita, produzindo 12,287 MI barris/dia e Rússia com 11.438 MI barris/dia produzidos. Estes três países juntos respondem a cerca de 41% da produção mundial de petróleo. O Brasil neste ranking ocupa a 10º posição, tendo 2,8% da produção mundial em 2018.

A lista de maiores consumidores de petróleo no mundo, reflete a necessidade dos países com grandes populações e/ou de matriz energética com maior uso energético baseado em fontes fósseis. Na liderança estão os EUA, demandando 20.456 MI barris/dia, a China é a segunda, com 13.525 MI barris/dia de consumo, em terceiro, já menos expressivo, aparece a Índia, consumindo 5.156 MI barris/dia. O consumo mundial, em 2018, foi de 99,8 milhões barris/dia, sendo que EUA e China respondem juntos por mais de um terço (34%) do consumo mundial. O Brasil é o 7º maior consumidor de petróleo do mundo e representa 3,1% da demanda mundial.

De acordo com De Almeida e outros (2007), cada um dos segmentos da IP tem atividades intensivas em capital, por ser um indústria alicerçada na exploração e produção ininterrupta de um recurso mineral exaurível. A intensidade de capital é significativa na fase E&P em função do alto risco envolvido, por conta da necessidade imperiosa de incorporar novas descobertas de campos para manter o fluxo de produção de óleo, é um verdadeiro “salto no escuro que afeta a estabilidade de todas as subsequentes fases (...) e segmento algum da indústria permanece alheio ou intocado por esta caprichosa origem” (*apud*, FRANKEL, 1956, p.3).

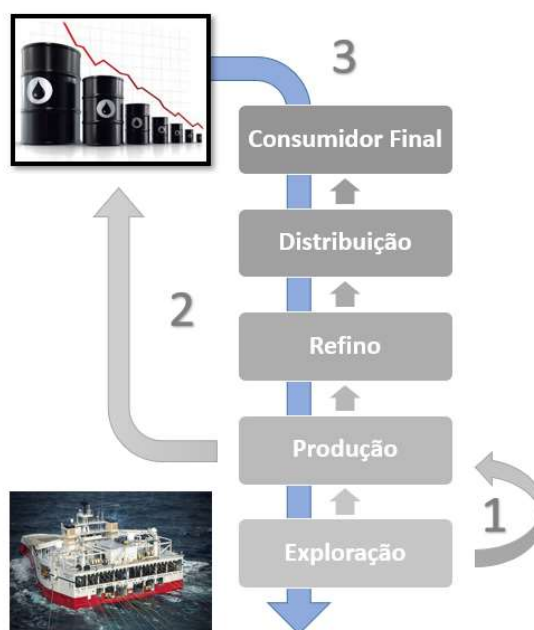
¹⁴Informações sobre reservas provadas, produtores e consumidores de petróleo mundiais, extraídas do Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP), site: <https://www.ibp.org.br/>

Morais (2013), diz que as características das atividades de petróleo *offshore* geram desafios tecnológicos, que não é possível o avanço nas explorações e na produção em águas profundas sem o permanente domínio de novos conhecimentos e inovações. Decorre que as inovações ocupam posição singular nas atividades petrolíferas, tipificadas como *inovações de processo*¹⁵.

A Cadeia da IP

As variações do preço do petróleo afetam toda cadeia da IP e da IPP, e como observa-se ao logo desta seção, impacta significativamente o MASM. Na Figura 1 a seta 1 indica a relação entre a exploração e a produção, na seta 2 a relação entre produção e o preço do *brent* e na seta 3 a relação do preço do *brent* em toda a cadeia.

Figura 1 - Diagrama da influência do preço do *brent* sobre a cadeia da IP.



Fonte: Elaboração própria

O diagrama acima ilustra como os elementos de toda a cadeia da IP estão interligados. Se uma exploração é bem-sucedida, encontrando grandes reservas de petróleo, isso pode favorecer a

¹⁵Inovação de processo é a adoção de um método de produção ou distribuição novo ou significativamente melhorado nas operações das empresas, incluindo mudanças técnicas, equipamentos e *softwares*. Nas atividades desenvolvidas por empresas petrolíferas, as inovações constituem-se em inovações de processo, uma vez que seu foco são os aprimoramentos na extração, produção e transporte de petróleo e gás natural, e não na obtenção de um produto ou produto aprimorado.

produção, se os reservatórios descobertos apresentarem baixos custos de extração. Com maior volume de produção disponível a custos mais baixos, o preço do petróleo pode cair e os preços dos serviços na cadeia seguem a mesma tendência. Entretanto, o mais importante a notar é que choques externos no preço do petróleo serão refletidos em toda a cadeia, incluindo a base da IP *offshore*, a IASM.

No próximo tópico, discute-se mais especificamente a distribuição dos investimentos das companhias de petróleo por segmento, *upstream* e *downstream*, e por atividade dentro do *upstream*, exploração e produção.

3.2 ANÁLISE DO INVESTIMENTO NA IO&G POR SEGMENTO E ATIVIDADE

Para compreender a dinâmica do Mercado de Aquisição Sísmica Marítima (MASM), analisaremos a dinâmica econômica das demandantes dos dados sísmicos. O objetivo dessa seção é mapear o possível mecanismo gerador de investimentos em exploração. Para isso, inicia-se pelo estudo dos elementos chaves dos investimentos das CO&G, em seguida no segmento *upstream*¹⁶ e na atividade de exploração, e, por fim, estima-se o tamanho do MASM ao longo do tempo usando regressões econométricas, evidenciando qual a relevância das variáveis endógenas e exógenas na determinação do tamanho desse mercado pelo lado da demanda.

3.2.1 Investimentos na Indústria de O&G

A IP, comparada as demais indústrias, figura entre as principais no quesito investimento, por ser intensiva em capital físico, desenvolvendo-se a partir do uso de grandes máquinas e equipamentos com alto nível tecnológico. Para se ter uma ideia, os investimentos realizados pela Petrobras no Brasil, em 2018, foram da ordem de USD 12 bilhões (Relatório Anual Petrobras 2018). Os custos de perfuração em águas profundas podem chegar a USD 250

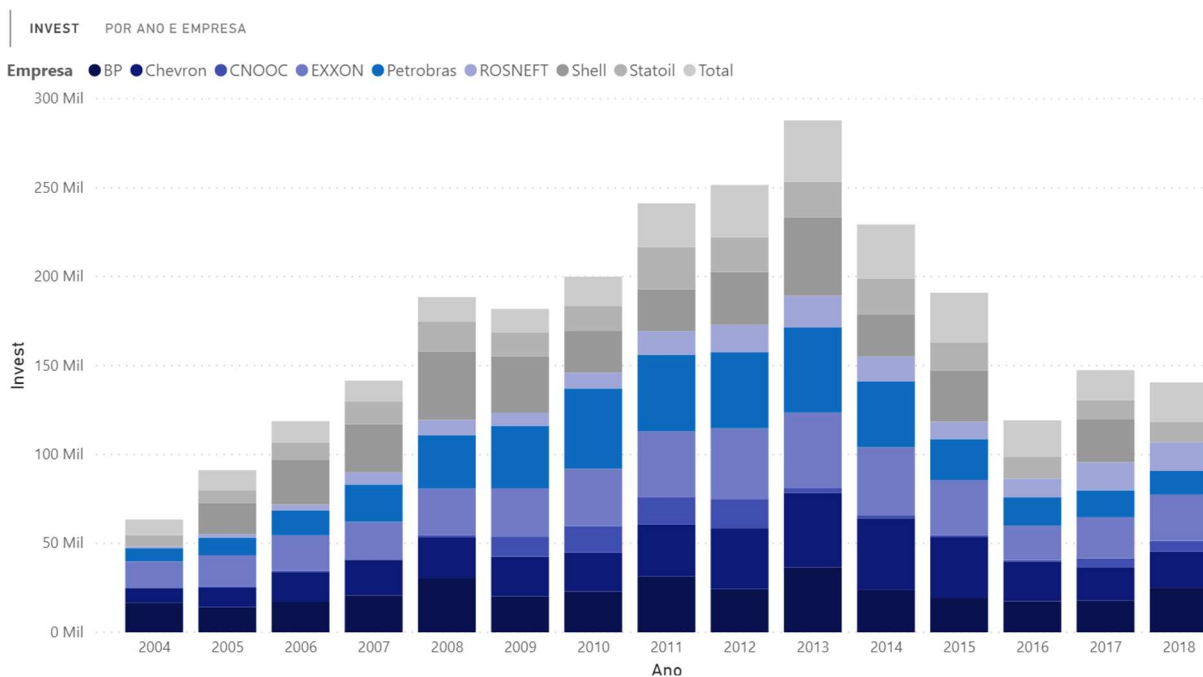
¹⁶O segmento *upstream*, também conhecido como exploração e produção (E&P), inclui pesquisa por potenciais reservatórios de O&G, perfuração de poços exploratórios, e desenvolvimento do campo a partir dos poços produtores de quantidades comercializáveis de hidrocarbonetos, sendo esse o setor de maior risco nessa indústria, além de ser o de maior nível tecnológico da cadeia (adaptado de ÁLVAREZ *et al.*, 2018).

milhões por poço, sendo que um campo de petróleo durante seu ciclo de produção atinge o incrível número de 100 poços ou mais, entre injetores e produtores.

Um navio de produção do tipo *Floating Production Storage and Offloading* (FPSO) chega a custar até USD 2,0 bilhões, e um campo, a exemplo do campo de Lula, no pré-sal, pode ter até cinco unidades, sem contar toda infraestrutura de apoio e a logística necessária para que a operação de produção transcorra em sua normalidade. A construção de plantas de refino também exige investimentos da ordem de bilhões de dólares.

Para as empresas que operam em bacias marítimas esses investimentos tendem a ser mais significativos. No Gráfico 1 observa-se uma grande amplitude na variação da soma dos investimentos anuais ao longo do período analisado de 2004 a 2018, em 2013 observa-se o valor máximo do período, a soma dos investimentos das nove empresas é da ordem de USD 300 bilhões. Parte-se da hipótese de que esse comportamento variável está baseado em dois fatores: nos ciclos de negócios e nas variações oriundas de questões geopolíticas. Os ciclos de negócios na IP podem ocorrer, em parte, em função das características do bem explorado que é encontrado em reservatórios limitados que se exaurem de tempos em tempos, forçando as CO&G na busca de novas fontes de petróleo.

Gráfico 1 – Investimentos das 9 CO&G com maior demanda de ASM entre 2004 e 2018.



Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios anuais das CO&G.

Analisando a parte superior da cadeia, onde está o consumidor do produto final, identifica-se que novos mercados se abrem à medida que os países em desenvolvimento, a exemplo da China e Índia, passam a aumentar paulatinamente sua demanda por petróleo e seus derivados, levando à necessidade de ampliação em todos os segmentos da IP.

Uma hipótese crível é que a própria estrutura verticalizada das CO&G, com integração de segmentos, pode ser um dos motivadores dos ciclos de investimentos. As empresas verticalizadas (como se diz no jargão da indústria, do poço ao posto, ou mais recentemente do poço ao poste), com objetivo de expansão, deparam-se com o problema da alocação dos recursos de investimentos entre os segmentos da cadeia (uma descrição detalhada pode é encontrada em Álvarez e outros (2018)).

Para exemplificar, considera-se que inicialmente uma dada empresa investe em exploração e como resultado encontra uma grande reserva de petróleo, então essa empresa deverá na sequência dar maior foco no segmento de produção para extrair valor da descoberta realizada. Uma vez que a produção está estabelecida, o segmento *downstream* passa a ser uma opção para agregação de valor ao óleo produzido, aumentando as margens de lucro e, portanto, tende a receber um volume maior de investimentos. Os planos de negócios da Petrobras no período entre 2006 e 2013 evidenciam essa lógica.

Os elementos exógenos às companhias petrolíferas relevantes para mudanças em seus ciclos de negócios e decisões de investimentos são: o preço do *brent* e a demanda de petróleo. O estudo da formação do preço do *brent* é um tema relevante em economia, tanto na área acadêmica, como no mercado de O&G a partir das consultorias especializadas¹⁷. O caráter geopolítico do produto petróleo, recurso não renovável, com distribuição geográfica restrita a alguns poucos países, gera instabilidades políticas que afetam o acesso ao recurso, sua produção e consequentemente seu preço. Adotaremos as variações de preço do *brent* como choques externos, sem nos preocuparmos com os fatos geradores dessas mudanças de preço.

A demanda por petróleo pode ser observada a partir dos relatórios de previsão de diversas instituições internacionais como o IEA e a própria BP, que produz o sumário estatístico anual

¹⁷Uma detalhada análise recente das flutuações dos preços do petróleo no período de 2008 a 2018 pode ser vista na apresentação de Bassam Fattouh, do Oxford Institute for Energy, realizada em outubro de 2018, intitulada *OPEC Cycles and Crude Oil Market Dynamics*.

com informações sobre consumo de energia, em particular, o consumo de petróleo e seus derivados.

3.2.2 Investimentos no Segmento *Upstream*

De acordo com Darko (2014), os ciclos de vida (*lifecycles*) de investimentos por segmento na indústria de óleo e gás (IO&G) estão relacionados às características inerentes das atividades dentro da cadeia. No segmento *upstream*, os ciclos são divididos em cinco fases (Figura 2). A primeira fase¹⁸ é a atividade de exploração, que apresenta um ciclo de investimento de até cinco anos, tempo necessário para realização dos estudos geológicos da bacia sedimentar para determinação da locação dos poços. Nos locais onde fontes potencialmente viáveis de petróleo e gás são identificadas, novos investimentos em exploração ocorrerão e as empresas passam a desenvolver planos de trabalho dando segmento para a próxima fase. Serão feitos investimentos nos componentes técnicos e comerciais da exploração, e avaliações de impacto social e ambiental. Os dados sísmicos do tipo 2D e 3D, especialmente o 2D, são utilizados para subsidiar os estudos geológicos ainda na primeira fase.

A fase seguinte é a delimitação dos campos identificados como potenciais fontes de petróleo e gás. Essa fase do ciclo pode durar de 4 a 10 anos, com a perfuração de poços exploratórios para descobrir e delimitar as reservas petrolíferas. Nessa fase, o indicativo de óleo e os dados geofísicos de maior qualidade são necessários. Indicamos no diagrama com o símbolo 3D+, que é uma aquisição sísmica 3D com parametrização mais adensada para caracterização dos reservatórios.

Na terceira fase, desenvolvimento da produção, que pode durar entre 4 e 10 anos, intensifica-se a disponibilidade da infraestrutura e dos componentes técnicos que serão utilizados para realização da retirada do primeiro óleo. Nessa fase é interessante a informação sísmica de 4D Base, que será usada durante a vida do campo como referencial para análise das mudanças petrofísicas das rochas que ocorrem com o advento da produção de O&G no campo.

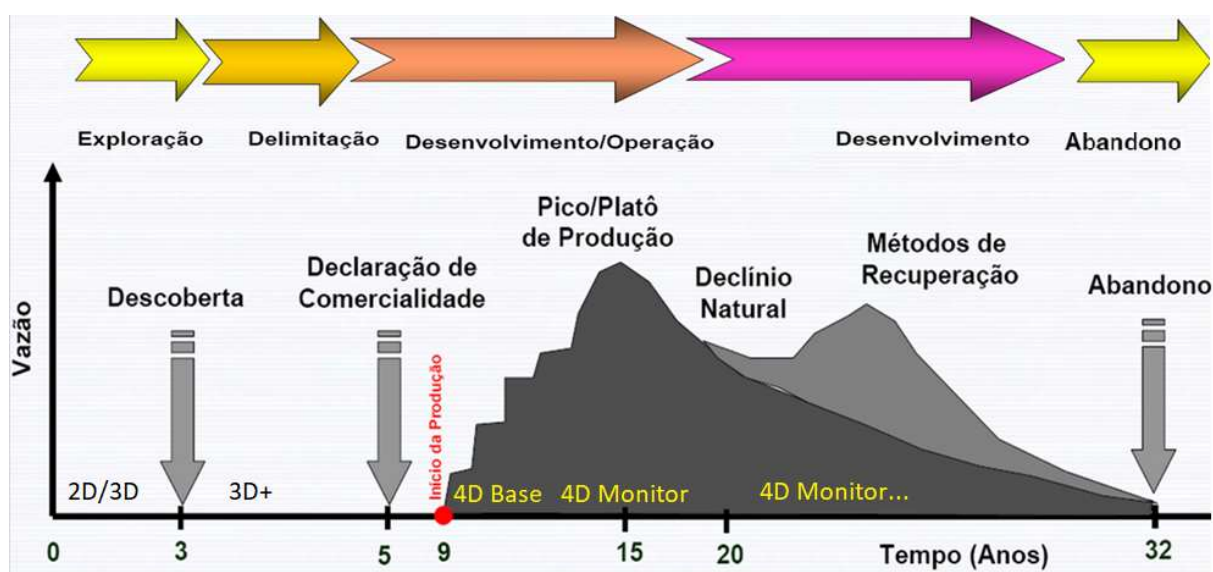
A quarta fase de investimentos, a produção, ocorre num intervalo entre vinte e cinquenta anos. O monitoramento do campo a partir dos 4Ds Monitores podem auxiliar nas estratégias de

¹⁸Todas as fases descritas (de 1 a 5) foram adaptadas a partir da tradução de Darko (2014).

injeção e na configuração das malhas de poços para aumentar a recuperação de óleo com a intenção de postergar o pico de produção, ou, ainda, reerguer a curva de produção após atingir o *peak oil* do campo.

A quinta e última fase é a de abandono do campo, que pode durar de 2 a 10 anos. Nessa fase, a companhia de petróleo terá que dispor recursos para a saída da área, devolvendo-a numa condição o mais próximo possível do estado original antes do início da produção.

Figura 2 – Fases do desenvolvimento do campo de petróleo.



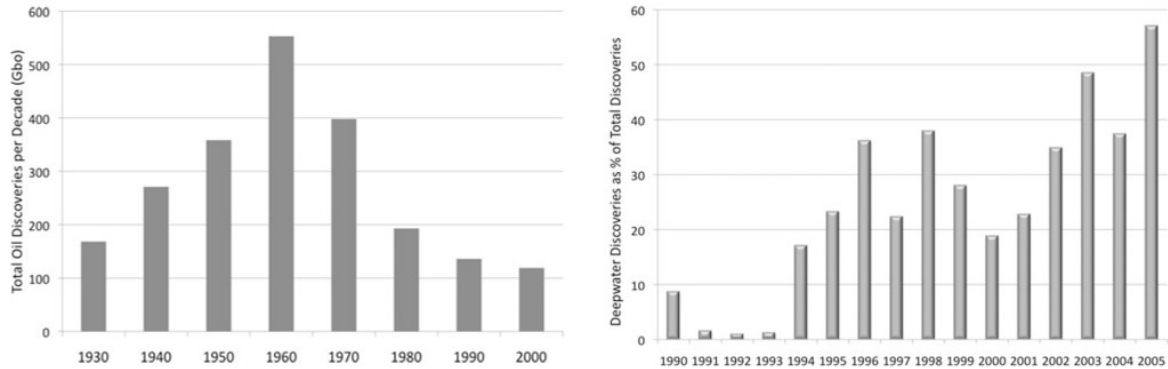
Fonte: Adaptado de <http://engeprojnews.blogspot.com/2013/10/tipos-de-recuperacao-de-petroleo-eor.html>.

Essas diferenças entre ciclos de vida dentro do segmento impacta diretamente na dinâmica econômica da indústria para-petrolífera associada a cada fase. Podemos observar no período recente um avanço das atividades, antes relacionadas somente à exploração, subindo a montante na direção da produção, o exemplo mais representativo desse avanço é a aplicação de métodos geofísicos na fase de produção com os 4Ds.

Segundo Murphy e Hall (2011), os campos de petróleo estão se tornando mais difíceis de encontrar, e as fronteiras exploratórias estão avançando para lugares remotos. Os chamados *big fields* estão escassos, e um dos problemas geopolíticos que ocasionam todo tipo de disputa política é o de acesso às reservas de petróleo. Como vemos na Figura 3, a participação em águas profundas e ultra profundas tem sido o *drive* do mercado de O&G para novas descobertas. Esse

contexto, aponta no sentido de aumento dos investimentos no segmento *upstream* em bacias marítimas, o que afeta diretamente o MASM.

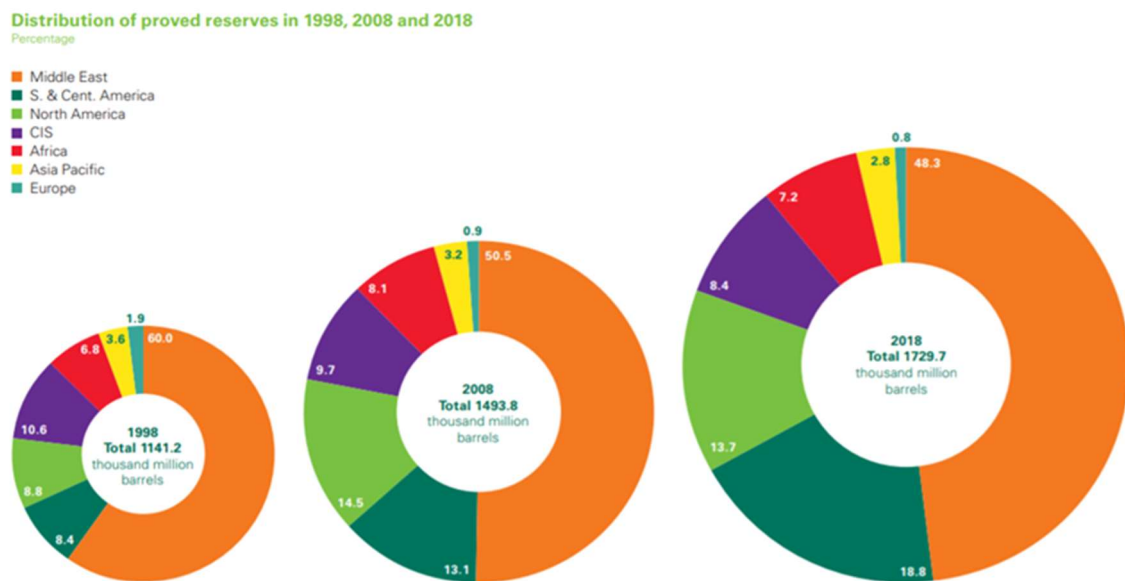
Figura 3 – Total de descobertas por década de 1930 até 2007 (à esq.) e percentual de descoberta de petróleo em águas profundas com relação ao total descoberto por ano entre 1990 e 2005 (à dir.).



Fonte: Murphy e Hall (2011) (figure 9 e figure 10) com dados de Jackson.

Na Figura 4 é possível observar dados recentes sobre a distribuição de reservas provadas. O Oriente Médio segue liderando com quase 50% de toda reserva provada no mundo, mantendo quase estável sua posição relativa ao resto do mundo ao longo do tempo.

Figura 4 – Reservas provadas, valor global e percentual por região (1998, 2008 e 2018).



Fonte: BP Statistical Review of World Energy 2019.

Frisa-se que essas reservas do Oriente Médio são reservas *onshore* com custos de produção muito baixo. Pode-se ver que, a despeito do enorme aumento da produção no mesmo período, o crescimento nas reservas provadas nas duas últimas décadas foi acima de 50%, com maior participação da América do Sul, principalmente com o petróleo novo da Venezuela e do Brasil.

3.2.3 Investimentos na Atividade de Exploração

A demanda por projetos individuais de ASM de cada companhia de petróleo irá depender de diversos fatores internos e externos, entre os principais estão: nível de reservas provadas, nível de produção, razão reserva/produção, abertura de leilões de áreas exploratórias por parte dos órgãos governamentais, preço do petróleo e demanda por petróleo.

Reservas provadas e o nível de produção são as variáveis que estamos considerando endógenas. Há alguma fragilidade nessa consideração, uma vez que o acesso às reservas é dependente de outros atores do mercado, principalmente ligados aos governos, como as agências reguladoras. De outro lado, em muitos casos o acesso às reservas de petróleo é dado, e o nível de reserva tem maior dependência dos investimentos e da capacidade técnica das CO&G.

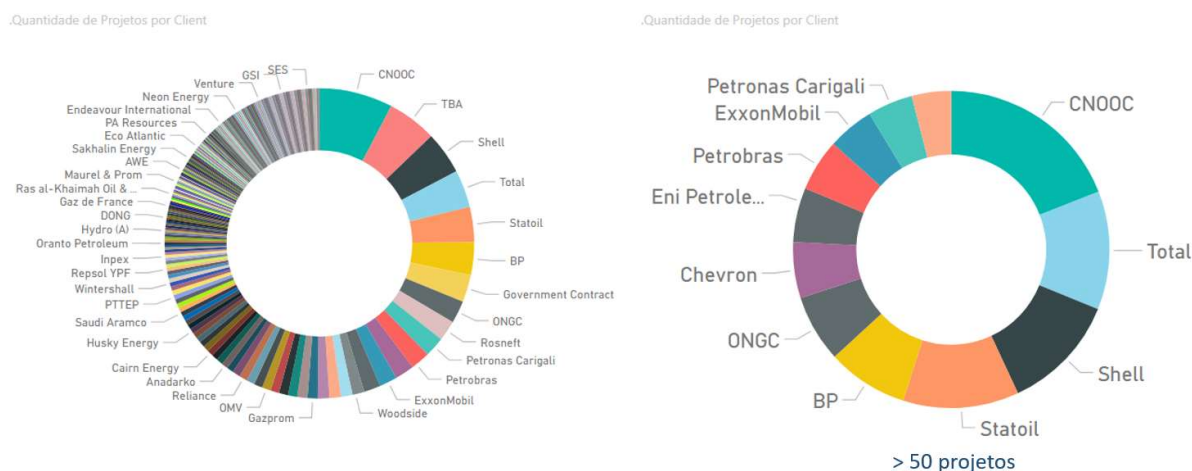
Completa-se a análise colocando como pano de fundo esses dois elementos, os dados foram obtidos a partir do relatório anual estatístico da BP (*BP Statistical Review of World Energy* 2019), valor médio anual do *brent* e demanda global por petróleo por ano. Para estimar a demanda global do MASM consideramos a premissa de que esta é formada pela agregação da demanda por projetos¹⁹ de ASM individuais das petrolíferas que operam no mercado mundial no segmento *upstream*. A partir da IHS-SB que contempla informações sobre projetos de ASM no intervalo de 2006 até 2019, com registro de mais de 400 empresas demandantes distribuídas especialmente em mais de 130 países, define-se como critério de seleção, para reduzir a quantidade das demandantes que iremos analisar, o número mínimo de 50 projetos realizados nesses 14 anos de amostragem (Gráfico 2), obtendo um subconjunto de 12 empresas com participação de quase 40% da demanda global do MASM (excluindo-se o *Multi-client* que corresponde a cerca de 25% do total de projetos). Nesse subconjunto de doze empresas temos

¹⁹Ver Anexo A. Há duas modalidades contratuais (proprietário e *multi-client*) e três produtos distintos (2D, 3D e 4D) para os quais cada modalidade contratual melhor se enquadra. Para efeito da análise proposta vamos considerar os produtos 3D e 4D e a modalidade de contratação proprietária.

cinco do grupo das *International Oil Companies* (IOCs) que são: Shell, Total, BP, Chevron, ExxonMobil e temos sete do grupo das *National Oil Companies* (NOCs): CNOOC, Statoil (mudou para Equinor recentemente), ONGC, Rosneft, Petronas, Petrobras e Eni. Na

Tabela 1 temos a distribuição percentual em número de projetos de ASM para o subconjunto das 12 empresas citadas acima.

Gráfico 2 – Distribuição de projetos por CO&G: base completa (à esq.) e com mais de 50 projetos (à dir.).



Fonte: Elaboração própria a partir de SB.

Para investigar a relação apontada no Figura 5, faz-se uma pesquisa das dez primeiras consumidoras de ASM, a partir dos seus relatórios anuais de mercado.

Tabela 1 – Maiores demandantes de ASM entre 2006 e 2019.

Client	%GT .Quantidade de Projetos	%GT .Tempo Total
CNOOC	21,41%	17,95%
Shell	11,81%	13,26%
Total	10,75%	8,91%
Statoil	10,01%	6,53%
BP	9,52%	10,54%
ONGC	6,40%	8,85%
Chevron	5,58%	6,21%
Petrobras	5,33%	12,06%
ExxonMobil	5,17%	5,25%
Petronas Carigali	5,09%	3,71%
Eni Petroleum	4,76%	3,87%
Rosneft	4,18%	2,86%
Valor total	100,00%	100,00%

Fonte: Elaboração própria a partir da IHS-SB.

Ao todo, a intenção inicial era analisar 190 relatórios (10 empresas multiplicado por 19 anos [2000:2018]), obtendo informações sobre produção diária, reservas provadas, investimento total, investimento em *upstream* e investimento em exploração, contudo, não foi possível encontrar as informações de todos os anos para todas as empresas, mas atingiu-se mais de 60% da meta que se pretendia, tendo uma base de dados com mais de uma centena de relatórios analisados e tratados. Para uma visão geral que buscamos nessa análise, os dados colhidos são suficientes.

Figura 5– Quadro com as principais variáveis que influenciam a demanda do MASM.



Fonte: Elaboração própria.

Vamos apresentar esses dados para fundamentar uma discussão posterior. Começamos pelas reservas provadas das empresas e na sequência a produção anual de petróleo.

3.3 COMPONENTES DOS INVESTIMENTOS DAS CO&G

Neste tópico apresentam-se os dados obtidos dos componentes dos investimentos das CO&G de 2000 até 2018, seccionando em duas partes, os componentes endógenos ou aqueles que estão associados às decisões internas das demandantes, e os exógenos que dependem de fatores externos sobre os quais as demandantes não exercem influência direta.

3.3.1 Componentes Endógenos: Reservas e Produção

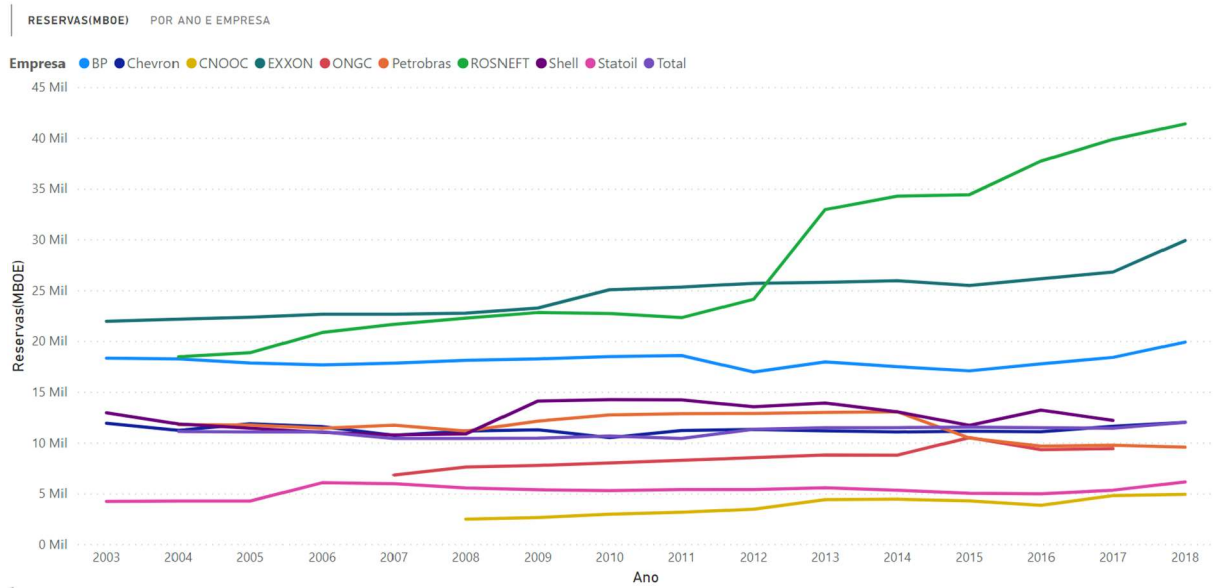
O processo de incorporação de reservas é um processo lento, resultado do trabalho de exploração que, além dos altos custos para perfuração de poços e aquisições de dados geofísicos e geológicos, demanda o tempo de análise das oportunidades por parte das equipes técnicas. Ainda que o processo de exploração resulte na descoberta de um campo gigante de petróleo, a incorporação como reserva provada deve seguir protocolos internacionais definidos, como SPE e AAPG²⁰. Esse fato garante ao MASM um certo grau de continuidade, uma vez que as pesquisas para as fases seguintes do desenvolvimento do campo consomem esses dados de modo continuado.

Por exemplo, a Rosneft cita em seu relatório anual de 2018 reservas de cerca de 140 bilhões de barris, porém, como reserva provada, apenas tem certificado 45 bilhões de barris. A estimativa para as reservas brutas da Petrobras é de cerca de 30 bilhões de barris, e da Exxon de mais de 40 bilhões, contudo as reservas provadas são de aproximadamente de 10 e 20 bilhões de barris, respectivamente. A informação sobre o valor bruto da reserva pode não ser confiável e por isso nossa análise será feita sobre os dados de reservas provadas.

A estratégia de certificação de reservas que se observa a partir da leitura dos relatórios anuais das principais CO&G, é a de realizar investimentos em exploração para manter a razão reserva/produção pelo menos constante, ou seja, a meta da exploração da empresa é manter a reposição de reservas provadas sobre produção igual ou acima da unidade. Nesse caso, à medida que a produção aumenta ou diminui, o esforço exploratório irá seguir o mesmo movimento. A lógica é gastar apenas o necessário, dado que os recursos para investimentos são sempre disputados entre os segmentos da cadeia. No Gráfico 3 e no Gráfico 4 pode-se ver os gráficos das reservas provadas por CO&G das dez maiores demandantes de ASM. A disposição dos dados no Gráfico 3 mostra a evolução das reservas por CO&G no período entre 2003 e 2018. No Gráfico 4, observa-se as reservas das dez companhias somadas, no período de 2004 a 2018. A reserva bruta muito acima da reserva provada pode ser uma vantagem para as empresas que as detêm, pois possibilita aumentar seu nível de produção no curto prazo sem elevar seu risco com relação a reposição das reservas.

²⁰ Morse, L. **Análise do crescimento do volume recuperável provado de campos de petróleo**. 2006. Dissertação de Mestrado, UFRJ – COOPE.

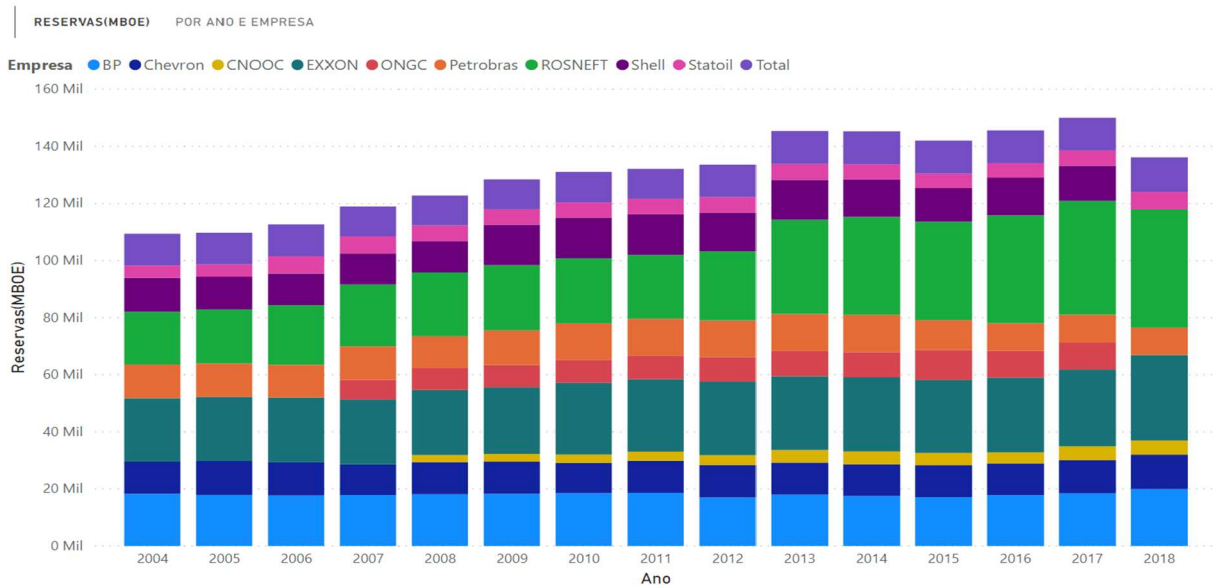
Gráfico 3 – Reservas em MBOE das dez CO&G com maior demanda de ASM entre 2003 e 2018.



Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios anuais das CO&G.

Essa relação entre reserva e produção é um dos fatores mais relevantes na distribuição dos investimentos dentro do segmento *upstream*. Para continuar no aprofundamento dessa análise, apresentaremos os dados sobre produção e retomamos avaliando o par reserva-produção.

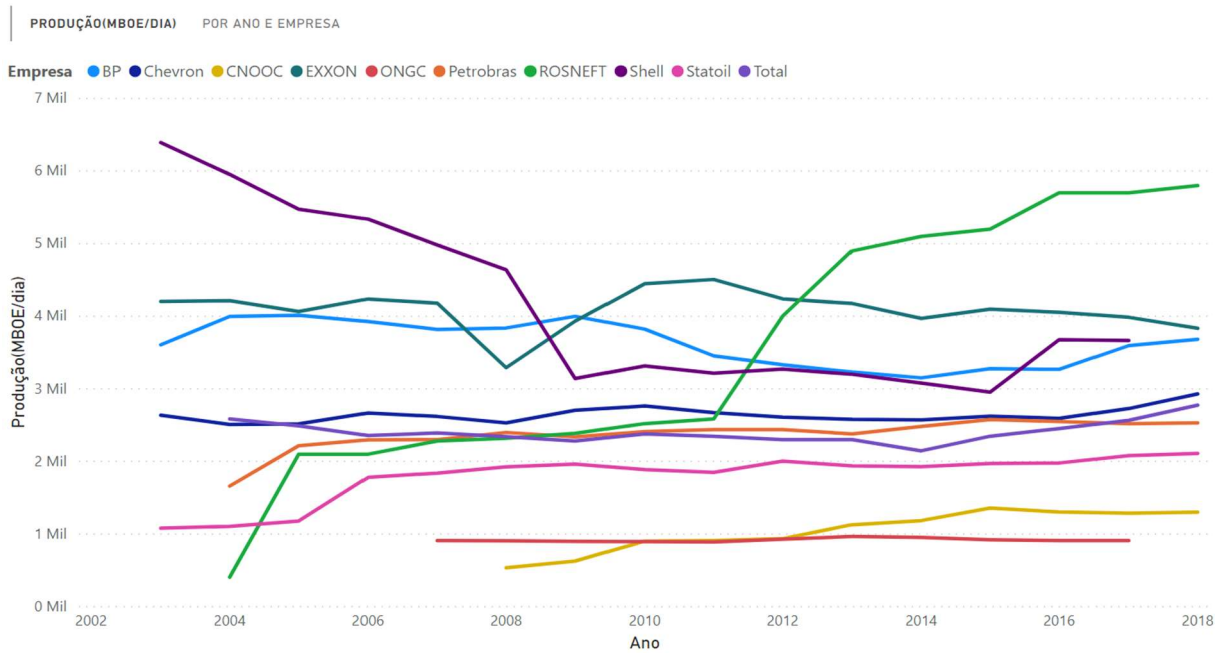
Gráfico 4 – Soma das reservas provadas das dez empresas analisadas no período de 2004 até 2018.



Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios anuais das CO&G.

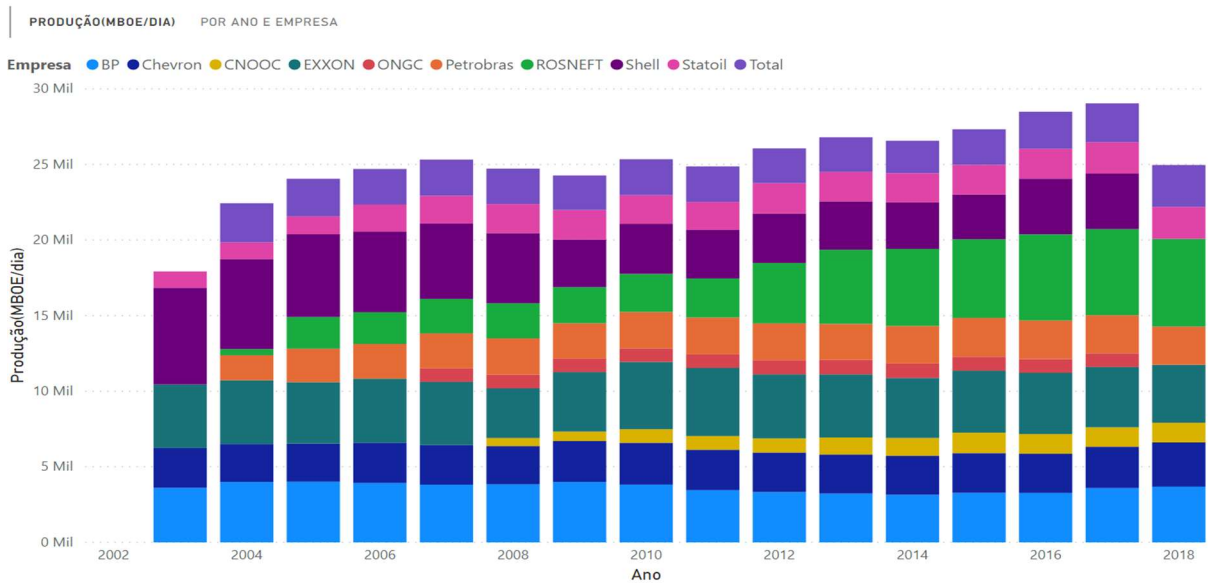
No Gráfico 5 e no Gráfico 6, aparecem informações de produção de petróleo em MBOE/dia em dois formatos distintos, semelhantes aos apresentados para as reservas. No Gráfico 6, constam os valores dos incrementos de reservas por parte das CO&G.

Gráfico 5 – Produção diária em MBOE das dez maiores demandantes de ASM entre 2003 e 2018.



Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios anuais das CO&G.

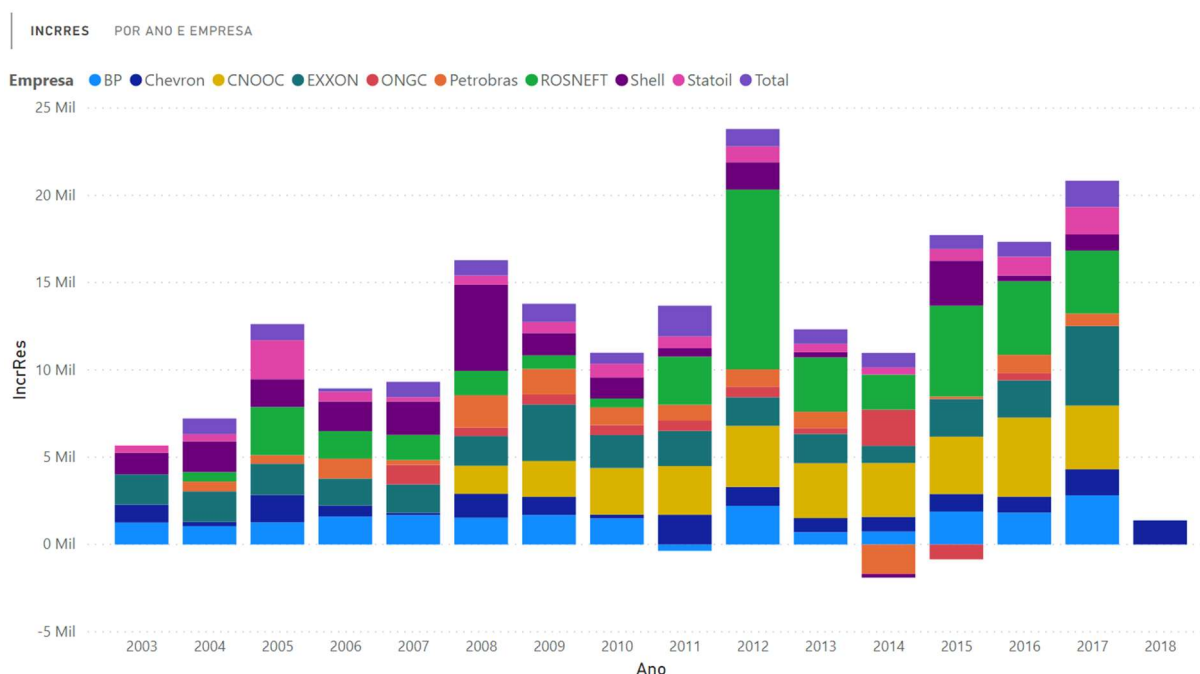
Gráfico 6 – Soma da produção diária das dez CO&G analisadas entre 2004 e 2018.



Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios anuais das CO&G.

O aumento mais significativo observado é das Rosneft saindo de um nível de produção abaixo de 1 MBOE/dia, em 2003, para quase 6 MBOE/dia, em 2018. A queda de produção mais acentuada foi da Shell que em 2003 apresentava produção acima de 6 MBOE/dia e caiu para uma produção abaixo de 4 MBOE/dia, em 2018, com pico de queda em 2015, quando chegou próximo de 3 MBOE/dia. É nítido o processo de ocupação da Rosneft no “vácuo” deixado pela Shell, obviamente cada qual atuando em mercados regionais bastante distintos, não sendo uma substituição direta. Duas explicações possíveis para essa dinâmica no nível de produção das CO&G são: o custo de produção e o nível de reservas.

Gráfico 7– Incremento das reservas em MBOE provadas das dez empresas analisadas entre 2004 e 2018.



Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios anuais das CO&G.

A Rosneft vem incorporando reservas em uma taxa muito elevada, com o acumulado entre 2003 e 2018 de 40 BBOE de reservas provadas, enquanto a Shell incrementou apenas metade, cerca de 20 BBOE no mesmo período (Gráfico 7). Para sustentar um alto nível de produção é necessário um alto nível de reserva e de reposição das reservas, é o que mostram os dados na Tabela 2 (com exceção da CNOOC). As quatro primeiras empresas apresentam os maiores níveis de produção, maiores reservas e incremento das reservas ao longo do tempo.

Tabela 2– Resumo dos valores de reserva e produção das dez CO&G analisadas.

Empresa	Tipo	Média de Produção(MMBOE/ano)	Produção(MMBOE/ano)	Média de Reservas(MBOE)	Máximo de Reservas(MBOE)	IncrRes
ROSNEFT	NOC	1.219,60	19.513,58	27.688,67	41.431,00	40.194,58
EXXON	IOC	1.492,55	23.880,86	24.663,41	29.945,36	30.427,17
BP	IOC	1.323,31	21.172,92	18.096,74	19.945,00	21.412,63
Shell	IOC	1.515,80	22.737,00	12.640,60	14.273,00	21.577,00
Petrobras	NOC	864,82	12.972,23	11.633,13	13.092,78	9.828,78
Chevron	IOC	963,90	15.422,35	11.341,88	12.053,00	15.473,39
Total	IOC	877,27	13.158,98	11.130,47	12.050,00	13.048,11
ONGC	NOC	334,90	3.683,85	8.566,76	10.542,78	5.947,91
Statoil	NOC	652,89	10.446,30	5.293,63	6.175,00	11.586,79
CNOOC	NOC	2.857,05	31.427,59	3.796,91	4.962,10	30.303,10
Valor total		1.186,50	174.415,65	13.922,77	41.431,00	199.799,44

Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios anuais das CO&G.

Na próxima seção adentra-se no estudo dos componentes exógenos às companhias de óleo e gás, considerando dois fatores principais: o preço e a demanda por petróleo.

3.3.2 Componentes Exógenos: Preço e Demanda do Petróleo

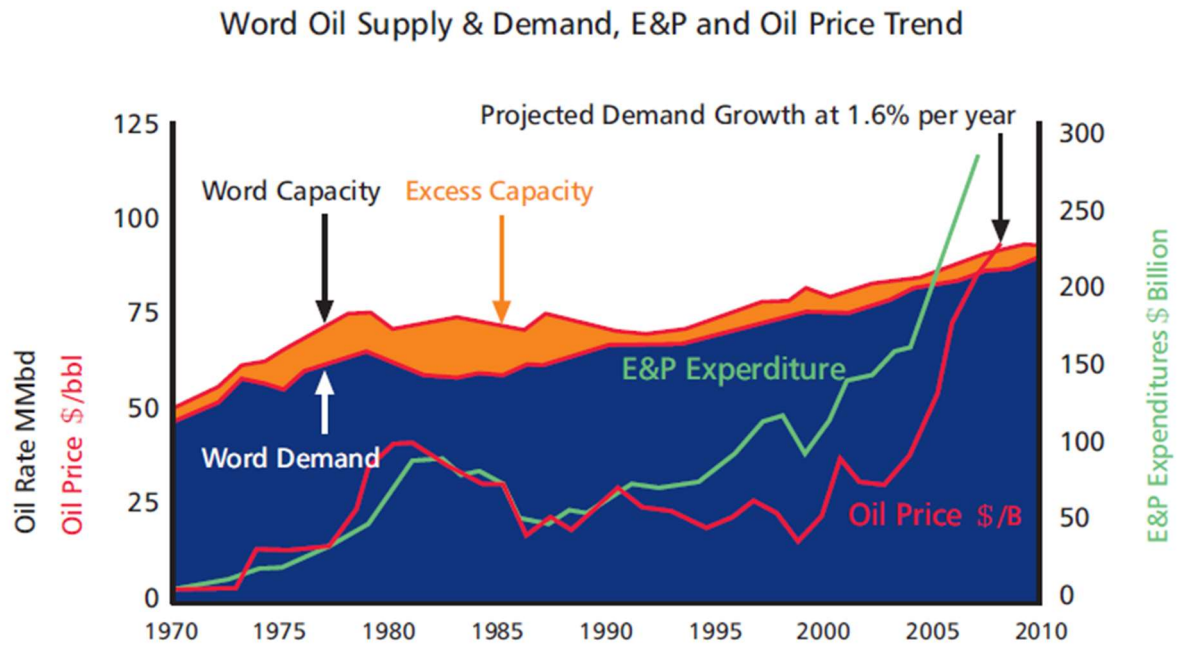
Conforme a visto na Figura 5, avalia-se nessa primeira etapa os componentes internos (reservas e produção), para em seguida, avaliar a distribuição dos investimentos em *upstream* e exploração e sua relação com os componentes exógenos: preço do *brent* e demanda por petróleo.

Com base na Figura 6, nota-se uma forte correlação entre os gastos com E&P e o preço do *brent* desde a década de 70 até a primeira década do século XXI. Com relação a demanda por petróleo, observamos uma tendência contínua de crescimento, e como as novas reservas encontradas para reposição do óleo vão se tornando mais difíceis, os custos com exploração tendem a se elevar, de onde decorre um possível aumento dos investimentos de E&P em função desta demanda crescente.

De maneira semelhante, estas relações são vistas no período recente, conforme Gráfico 8, que mostra os valores de investimento total em *upstream* e exploração no gráfico de barras azuis, e os valores percentuais com relação as médias do período, de 2004 à 2018, do preço do *brent* (linha pontilhada vermelha), e da demanda por petróleo (linha pontilhada azul). Para

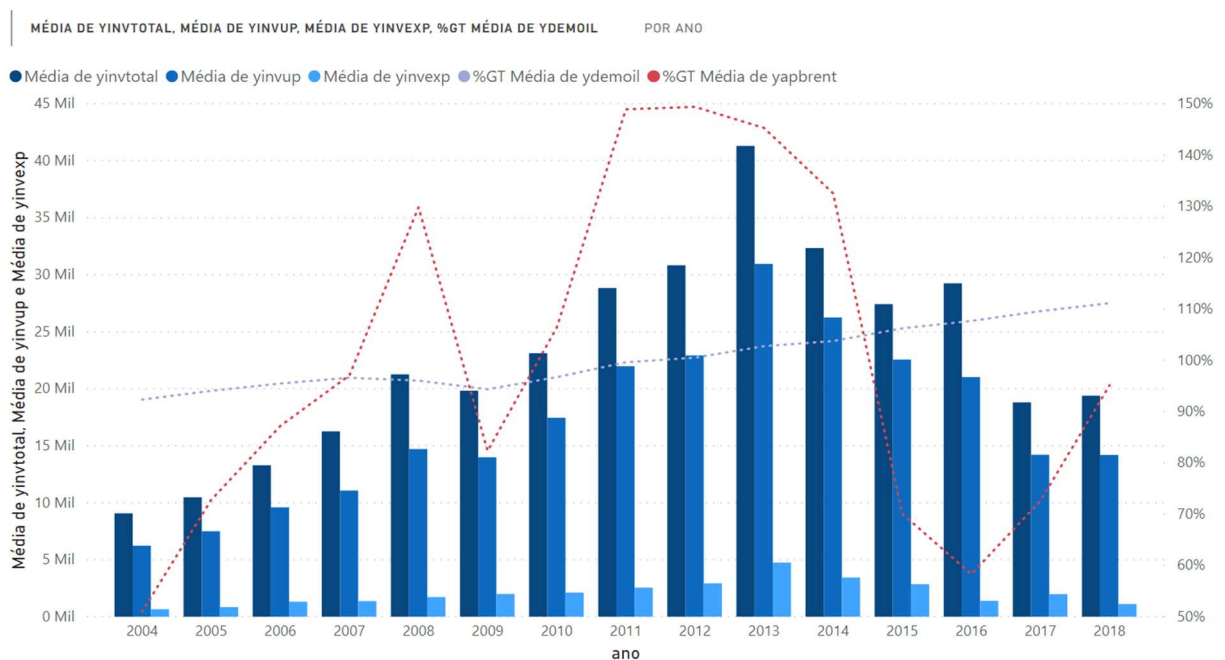
compreender estas relações, iremos realizar a modelagem econométrica, para a qual os resultados serão apresentados adiante.

Figura 6 – Demanda global por petróleo, despesas em E&P e preço do petróleo de 1970 até 2010.



Fonte: Relatório Anual COSL, 2008, p.12.

Gráfico 8 – Média anual dos investimentos total, em *upstream* e em exploração, preço e demanda por petróleo.



Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios anuais das CO&G.

Definidas as variáveis principais no mecanismo gerador de investimentos das CO&G pode-se avançar nas suas estimativas econométricas, para posteriormente obter o tamanho do MASM com base nos recursos disponibilizados para um dado conjunto dos parâmetros endógenos e exógenos.

3.4 ESTIMAÇÃO DA DEMANDA DO MASM

Para estimar o tamanho do MASM, realizam-se regressões lineares em duas etapas, na primeira estimamos o investimento total das CO&G, e na segunda etapa analisamos a relação entre o investimento em exploração e o investimento total. Usaremos o *software* R para realização dos cálculos.

3.4.1 Primeira Etapa: Regressão do Investimento Total

O modelo para o investimento total das CO&G é dado pela equação 3.1:

$$\log(I_{tot}) = \beta_0 + \beta_1 \log(X_1) + \beta_2 \log(X_2) + \beta_3 \log(X_3) + \beta_4 \log(X_4) + \varepsilon \quad (3.1)$$

Onde I_{tot} é o investimento total em milhões de dólares das CO&G; X_1 é preço médio anual do *brent* em dólares; X_2 é a demanda global anual de petróleo; X_3 é a produção anual das CO&G; X_4 é o valor em MBOE de reservas provadas em 31 de dezembro de cada ano; e ε é o erro associado a cada medida na regressão. A regressão é feita com a aplicação do log para contornar o problema das diferentes ordens de grandezas e dimensões das variáveis. Usaremos letras minúsculas para representar o log de cada variável ($x_i = \log(X_i)$), nesse caso a equação 3.1 pode ser escrita como:

$$i_{tot} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \varepsilon \quad (3.2)$$

Discute-se no tópico sobre variáveis endógenas a possibilidade de correlação entre reserva e produção, que se existir, pode levar a um problema de colinearidade, por esse motivo, iremos estimar um modelo considerando a razão entre reserva/produção e comparar com o resultado do modelo com as duas variáveis independentes, e teremos a equação:

$$\text{Log}(I_{tot}) = \beta_0 + \beta_1 \log(X_1) + \beta_2 \log(X_2) + \beta_3 \log\left(\frac{X_4}{X_3}\right) + \varepsilon \quad (3.3)$$

Ou, de forma simplificada, com $x_5 = \log(X_4/X_3)$ teremos,

$$i_{tot} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_5 + \varepsilon \quad (3.4)$$

Para testar a hipótese de que pode haver diferença entre as IOCs e NOCs nos níveis de investimentos explicados pelo modelo da equação 3.5, considera-se uma variável *dummy* x_5 , que vale a unidade para IOCs e zero para as NOCs, esse modelo é representado na equação:

$$i_{tot} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \varepsilon \quad (3.5)$$

Utilizando as equações 3.2, 3.4 e 3.5, geramos cinco modelos e comparamos os resultados obtidos na Tabela 3. Os modelos 1 e 4 são oriundos da equação 3.2, a diferença está no grau de liberdade, o primeiro utilizou todos os dados disponíveis, uma regressão no nível das firmas, enquanto no segundo os dados foram “suavizados” com a aplicação da média anual das variáveis endógenas, obtendo o resultado no nível da indústria. Lógica semelhante vale para os modelos 2 e 5 com a aplicação da equação 3.4. O modelo 3 aplica a equação 3.5 somente no nível da firma, não se aplicando no nível da indústria, pois, nesse caso, a variável *dummy* perde o sentido.

Tabela 3 – Valores obtidos nas regressões para os 5 modelos: coeficientes, desvio padrão, R² e R² ajustado, erro residual e graus de liberdade.

Modelo	β_0	$\delta\beta_0$	β_1	$\delta\beta_1$	β_2	$\delta\beta_2$	β_3	$\delta\beta_3$	β_4	$\delta\beta_4$	β_5	$\delta\beta_5$	R ²	R ² ajustado	ER	GL
modelo1	-21,12	6,31	0,68	0,10	2,34	0,63	1,44	0,15	-0,65	0,12			0,69	0,68	0,39	105
modelo2	-25,39	7,71	0,71	0,12	3,30	0,76	-0,77	0,14					0,53	0,52	0,48	106
modelo3	-20,95	6,19	0,70	0,09	2,38	0,62	1,27	0,16	-0,61	0,12	0,21	0,09	0,71	0,69	0,39	104
modelo4	-13,05	9,11	0,77	0,16	2,97	0,97	3,12	1,10	-3,41	1,32			0,84	0,80	0,23	14
modelo5	-13,76	8,74	0,76	0,15	2,76	0,83	-3,07	1,06					0,84	0,81	0,22	15

Fonte: Elaboração própria.

O modelo 3 foi o que apresentou o maior valor de R² e menor erro residual com um fator de explicação de pouco mais de 70% do i_{tot} , considerando a regressão no nível das firmas, a equação para esse modelo é dada pela equação 3.6:

$$i_{tot} = -20,95 + 0,70 x_1 + 2,38 x_2 + 1,27 x_3 - 0,607 x_4 + 0,206 x_5 \quad (3.6)$$

Os modelos 4 e 5 apresentaram resultados muito próximos, portanto, adotaremos o modelo 4 para as análises adiante. Os resultados indicam que para a regressão no nível da indústria o grau de explicação é maior com valor de R^2 acima de 0.84 e menor erro residual, a equação para esse modelo é dada por:

$$i_{tot} = -13,05 + 0,77 x_1 + 2,97 x_2 + 3,12 x_3 - 3,41 x_4 \quad (3.7)$$

Com base nas regressões acima podemos simular alguns cenários representativos, para os valores médio, máximo e mínimo para os x_i , ($i = 1, 2, 3$ e 4), chegando aos valores de I_{tot} (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores das regressões no nível da firma e indústria (RNF e RNI) para valores máximos, médios e mínimos de preço anual médio do *brent*, demanda, produção e reservas provadas de petróleo anuais em MBOE, no período de 2000 até 2018.

Valores	Preço	Demanda	Produção	Reserva	Investimento	RNF	RNI
Mínimo	24	27912	148	4264	853	970,42	957,46
Média	70	32238	1072	15317	21243	16.418,32	20.646,13
Máximo	112	36245	2117	41431	48097	39.061,29	11.813,87
Ano de 2018	71	36245	1293	19015	19386	24.372,00	25.377,00

Fonte: Elaboração própria.

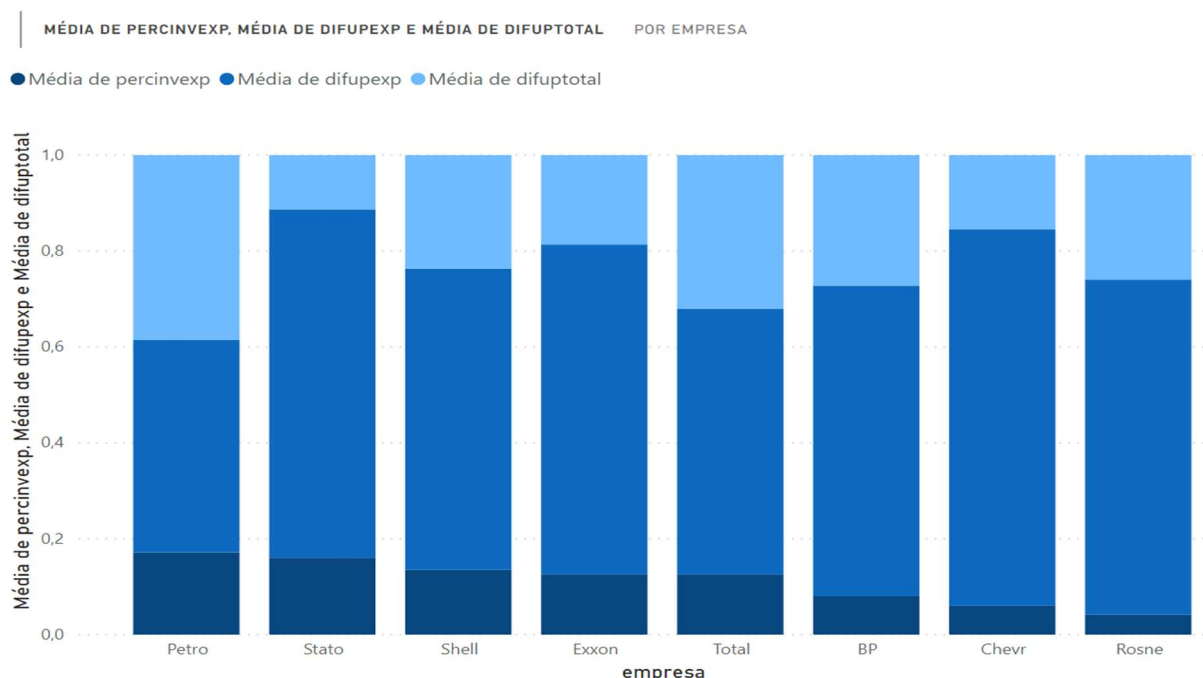
Aplicando os valores das variáveis independentes do final de 2018, estimamos para cada uma das dez empresas analisadas, investimentos totais da ordem de USD 25 bilhões, totalizando cerca de USD 250 bilhões para o conjunto. Estas dez empresas representam cerca de 40% da demanda global, conforme explicado quando discutimos anteriormente a seleção das empresas demandantes, portanto, o mercado global para o ano de 2018 é estimado em USD 625 bilhões. No pico máximo de investimentos, o valor estimado por ano é de cerca de 40 bilhões por firma que resulta em USD 400 bilhões, para 40% do mercado, ou USD 1 Trilhão para todo o mercado. Na média, os investimentos globais são da ordem de USD 500 bilhões por ano.

3.4.2 Segunda Etapa: Regressão do Investimento em Exploração

As empresas analisadas apresentam características semelhantes com relação a integração da cadeia, apresentando os mesmos segmentos, porém com diferentes níveis de investimento por segmento. O Gráfico 9 mostra os valores médios, entre os anos de 2000 e 2018, dos percentuais de investimento em *upstream* e de exploração com relação ao investimento total.

A Petrobras se destaca como a empresa com maior percentual de investimento em exploração e alto grau de integração, pois, direciona um valor maior que seus pares para o segmento *downstream*. Esse maior percentual de investimento em exploração está diretamente relacionado ao esforço exploratório realizado no período analisado, em que ocorreu a descoberta do pré-sal. Os poços do pré-sal são perfurados em lâminas d'água que chegam a ser superiores a 2000 metros e atingem profundidades acima de 6000 metros, atravessando espessas camadas de sal.

Gráfico 9 – Percentuais do investimento total por segmento e por CO&G entre 2000 e 2018.

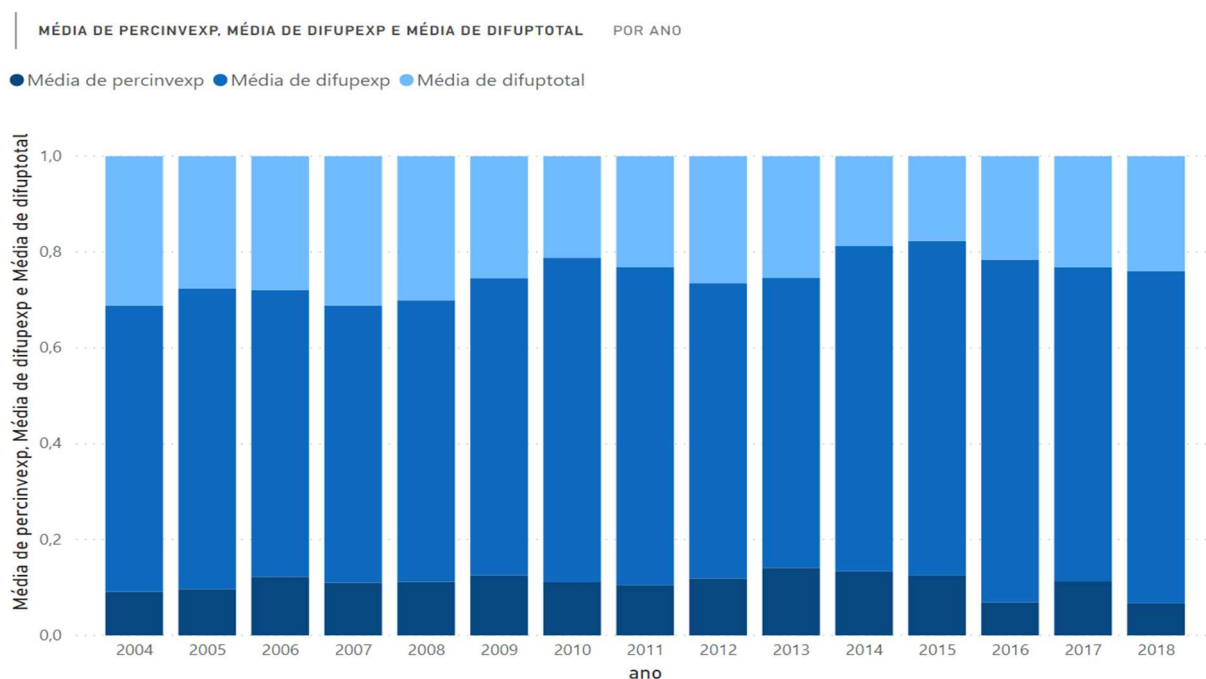


Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios anuais das CO&G.

A tecnologia empregada foi em grande parte pioneira por parte das prestadoras de serviços e os custos na “curva de aprendizagem” são naturalmente mais altos. Além disso, grandes extensões

de áreas foram mapeadas com levantamentos geofísicos com parametrizações que possibilitassem dados de maior qualidade, imprescindível para o correto imageamento e interpretação, e o conseqüente sucesso exploratório observado no decorrer do desenvolvimento da província petrolífera do pré-sal. No Gráfico 10, a seguir, têm-se a distribuição anual dos percentuais médios por segmento no período entre 2004 e 2018.

Gráfico 10 – Percentuais médios do investimento total por segmento entre 2004 e 2018.



Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios anuais das CO&G.

Na outra ponta, temos a Rosneft que vêm sustentando sua produção e expansão de reservas provadas, com grandes volumes de petróleo e gás em uma região que possibilita baixos custos de desenvolvimento dos campos de petróleo. Conforme o Gráfico 10, 2016 e 2018 tiveram os menores percentuais no período recente no segmento da exploração, resultado dos efeitos dos choques ocorridos no preço do *brent* nos anos anteriores.

As equações que relacionam os investimentos total, *upstream* e em exploração são:

$$I_{up} = \alpha_0 + \alpha_1 I_{tot} + \varepsilon ; I_{exp} = \gamma_0 + \gamma_1 I_{up} + \varepsilon ; I_{exp} = \theta_0 + \theta_1 I_{tot} + \varepsilon \quad (3.8)$$

Os resultados das regressões são mostrados na Tabela 5, calculados com a equação 3.8.

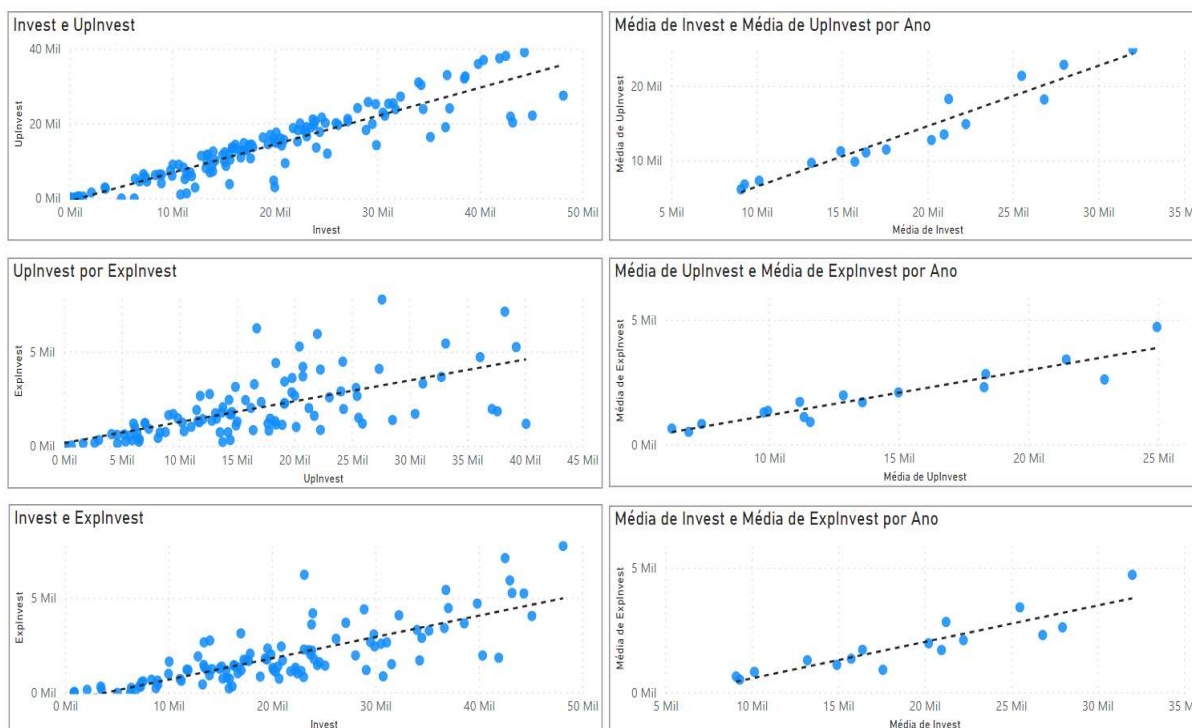
Tabela 5 – Sumário das regressões dos 6 modelos obtidos a partir de equação 3.8.

Modelo	β_0	$\delta\beta_0$	β_1	$\delta\beta_1$	R^2	R^2 ajustado	ER	GL
modelo1	1.203,00	702,00	0,69	0,03	0,84	0,84	3.674,00	108
modelo2	231,97	229,38	0,11	0,01	0,41	0,40	1.206,00	108
modelo3	106,10	219,40	0,09	0,01	0,46	0,46	1.148,00	108
modelo4	-715,27	449,06	0,78	0,02	0,99	0,99	834,80	17
modelo5	-88,01	224,33	0,13	0,01	0,84	0,84	435,20	17
modelo6	-163,47	251,42	0,10	0,01	0,82	0,81	467,40	17

Fonte: Elaboração própria.

A partir das regressões (Gráfico 11), encontramos que os investimentos em exploração estão entre 11% e 13% dos investimentos em *upstream*. Os recursos para atividade de geofísica são em média da ordem de 19% dos investimentos em exploração. Com os valores dos recursos direcionados para atividades de geofísica em mãos, e o valor médio por projeto, estimamos o tamanho da demanda por embarcações sísmicas e podemos comparar com a frota disponível, faremos essa comparação na seção 5.

Gráfico 11 – Gráficos de dispersão dos modelos 1 a 6 explicitados na Tabela 5.



Fonte: Elaboração própria.

Para um investimento total de USD 625 bilhões (para o ano de 2018), estima-se um investimento em *upstream* de USD 430 bilhões, para o investimento em exploração o valor encontrado foi de cerca de USD 60 bilhões, e para geofísica de USD 11,5 bilhões. No período de alta do mercado, em 2013, os investimentos totais estimados da IO&G por nossos modelos são da ordem de um trilhão de dólares, portanto, os investimentos em *upstream* da ordem de USD 700 bilhões e de exploração de USD 100 bilhões. Os recursos estimados para geofísica são de USD 19 bilhões.

3.4.3 Terceira Etapa: Verificação

A título de comparação entre nossos resultados e as informações do mercado, organizamos os dados declarados nos relatórios anuais da COSL, que citam as consultorias especializadas para previsões de investimentos por parte das companhias de petróleo. Segundo o CitiBank²¹, o investimento global em E&P salta de USD 67,5 bilhões, em 1999, para USD 271 bilhões, em 2006, e prevê a partir de um levantamento com 234 companhias de petróleo um valor de USD 300 bilhões para o ano de 2007. Segundo US Lehman Brothers, para 2008 serão disponibilizados USD 331 bilhões de investimento global em exploração e desenvolvimento, crescimento de 11% em relação ao ano anterior.

De acordo com Barclays²², a previsão em 2012 dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento é da ordem de USD 600 bilhões, crescimento de 11% em relação a 2011. Para a consultoria Spears, os gastos com *oilfield services*, para 2012, é de USD 360 bilhões. Para os serviços de geofísica a Spears²³ estimou USD 15,4 bilhões, valor 8% acima comparado a 2011.

Em 2013, observa-se, a partir do segundo semestre, uma redução na demanda no setor de geofísica, pelas decisões das CO&G de cortar investimentos em projetos de exploração e produção para melhorar o caixa de curto prazo. Este movimento permanece em 2014 com uma redução de 10% no setor de sísmica. O preço do *brent* sofreu uma queda de 59% em 2015, saindo de US\$ 115 por barril para US\$ 47 por barril, resultando nesse ano, em uma queda de 23% dos investimentos em exploração e produção, com o setor de sísmica marítima tendo o mesmo valor de redução. Em 2016, a queda no preço do *brent* se mantém e os cortes continuam

²¹ Ver em COSL Annual Report 2007

²² Ver em COSL Annual Report 2013

²³ Ver em COSL Annual Report 2011

nos investimentos das CO&G, com redução de 23% dos investimentos em *upstream* em relação a 2015. Em 2017, o preço do petróleo tem uma leve retomada, com 22% de alta, atingindo valor médio anual de US\$ 54 por barril, mas as CO&G mantêm cautela em relação a suas despesas, observando-se um crescimento global de apenas 4%, justificado primordialmente pelo aumento de 34% da demanda na América do Norte em comparação a 3% negativo no resto do mundo. Segundo a consultoria Barclay²⁴, para 2018 a estimativa é de um aumento de 8% nos investimentos globais das CO&G, liderado por um crescimento de 21% na América do Norte e de 4% no restante do mundo²⁵. Para o ano de 2014, a consultoria Barclays²⁶, fez previsão de investimentos em pesquisa e desenvolvimento de USD 723 bilhões, crescimento de 6% em relação a 2013. Nossa estimativa para esse ano foi de USD 700 bilhões, desvio de 3% em relação ao estimado por Barclays. Para os serviços de geofísica a Spears estima investimento global de USD 18,4 bilhões, crescimento de 8% comparado a 2013.

Comparando as previsões informadas por diversas consultorias no período analisado e os resultados das regressões, aplicando para cada ano os quatro parâmetros escolhidos na modelagem dos investimentos das CO&G, encontramos a convergência dos valores, de forma que o modelo empregado foi validado.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA SEÇÃO 3

- Encontra-se a partir da análise dos dados dos relatórios das CO&G o mecanismo de reposição de reservas e estratégias de investimento das companhias de petróleo em exploração, que seguem em duas frentes distintas: *i*) a pesquisa de novas fronteiras exploratórias; *ii*) conversão das reservas brutas em reservas provadas, seguindo os protocolos dos processos internacionais de certificação de reservas. A integração entre produção e exploração pode adicionar mais um frente, a demanda por 4D.
- Obtêm-se o modelo de estimação da demanda por ASM mundial, usando as variáveis endógenas e exógenas das principais CO&G que operam no *offshore*, como o preço do *brent* e o nível de demanda, exógenas, e nível de produção e reservas provadas,

²⁴ No relatório Global 2018 E&P *spending outlook*.

²⁵ Parágrafo traduzido de CGG *Annual Report* 2017.

²⁶ Ver em COSL *Annual Report* 2014.

endógenas. Valida-se assim o modelo, comparando nossas previsões com as informações de consultorias especializadas no setor.

- Estima-se ainda as elasticidades da demanda (na função log do investimento total, os coeficientes representam as elasticidades). A elasticidades para o preço do *brent*, demanda por petróleo e produção, foram positivas, enquanto para a reservas provadas foi negativa, confirmando que se as reservas aumentam a necessidade de incorporação óleo novo diminui, reduzindo a necessidade de recursos para investimentos.
- A Petrobras se apresenta, no setor *offshore*, como uma das mais integradas, com a maior taxa percentual do investimento em exploração em relação ao total, sendo a principal consumidora de ASM no Brasil. O período da análise coincide a descoberta e desenvolvimento da província petrolífera do pré-sal na costa brasileira, que elevou para um novo patamar os investimentos em exploração por parte da Petrobras. Constata-se que nesse período, que a Petrobras no MASM é a nona maior consumidora em quantidade de projetos e que, o parâmetro de classificação é o *duration* (que é o tempo de da execução da operação) dos projetos, ela sobe para a terceira posição, o que demonstra claramente sua relevância como demandante nesse mercado.

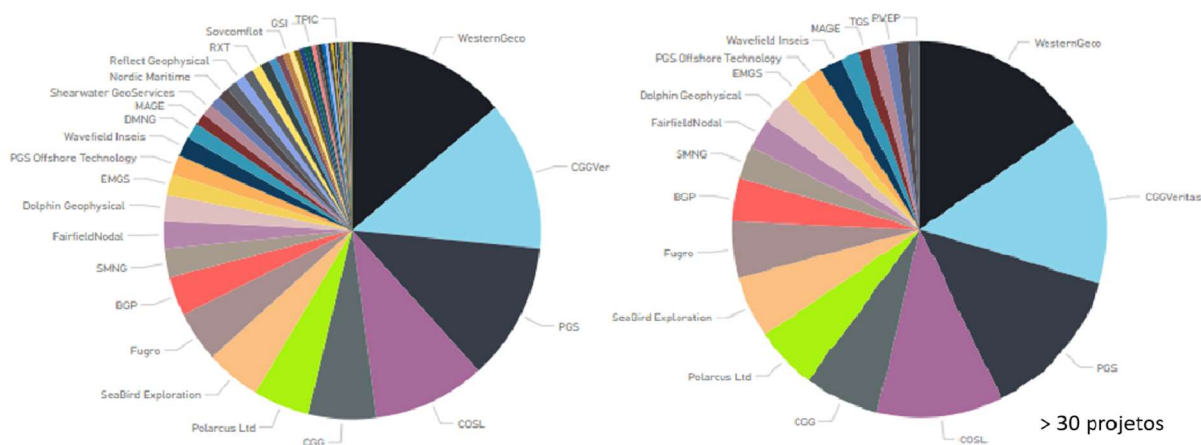
4 ORGANIZAÇÃO ECONÔMICA DAS FIRMAS DO MASM

Nesta seção iremos tratar sobre as firmas que atuam no MASM mundial e dos aspectos relacionados à organização econômica desse mercado²⁷. As firmas do MASM são classificadas, conforme Bloomberg (Setor/Indústria/Subindústria), da seguinte maneira: Energia/ Óleo, Gás & Carvão/ Serviços & Equipamentos para Indústria de Óleo & Gás.

4.1 FIRMAS DO MASM – CONTEXTUALIZAÇÃO

Para analisar as EADs, realiza-se procedimento semelhante ao feito para as demandantes e definimos um número mínimo de 30 projetos no período de 2006 a 2019 (Gráfico 12) como critério de seleção para a pesquisa dos relatórios anuais de mercado. As principais empresas, conforme o critério definido, estão listadas na Tabela 6.

Gráfico 12 – Percentual de projetos por EADs: todas as empresas (à esq.) e empresas que realizaram mais de 30 projetos (à dir.) entre 2006 e 2019.



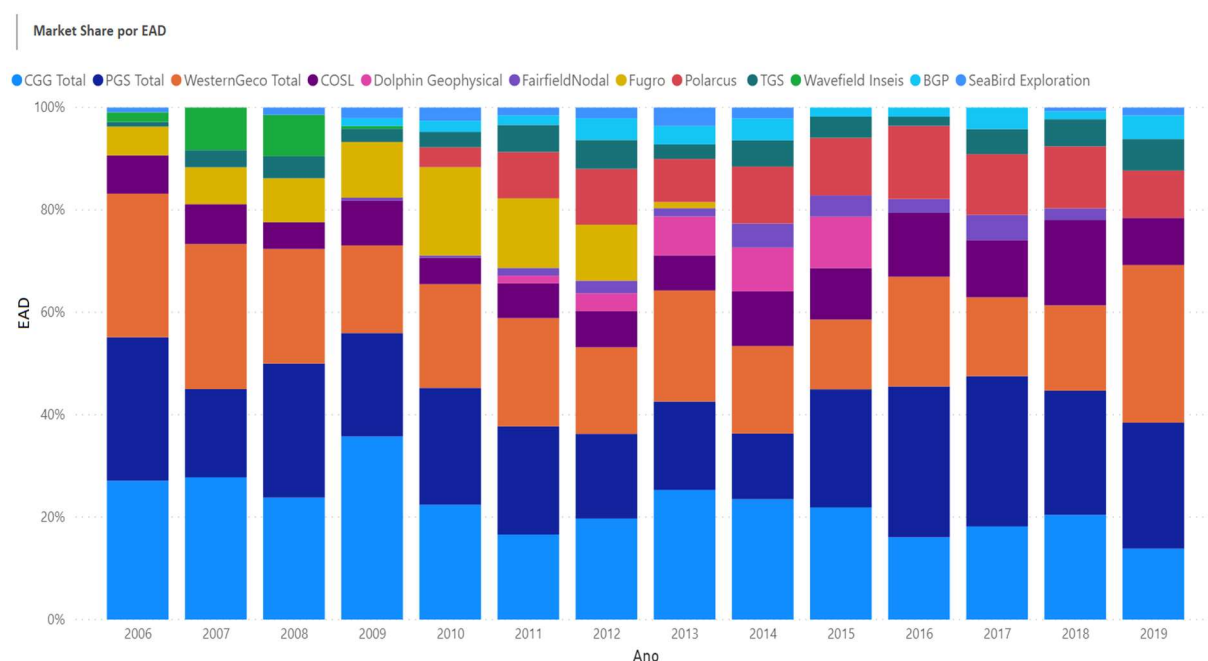
Fonte: Elaboração própria a partir de SB.

Nesta lista de empresas, nem todas estão presentes em bolsas de valores e/ou disponibilizam as informações financeiras, e por isso não foi possível obter seus relatórios anuais; foram os casos da Fairfield Nodal e Shearwater (as duas em conjunto representam cerca de 3% do mercado).

²⁷Sobre os conceitos de firma ver Coase (1937).

Os dados registrados para PGS Offshore Technology devem ser atribuídos à PGS, trata-se da mesma empresa que na base de dados apresenta dois nomes distintos, ocorre o mesmo para CGG e CGGVeritas. Considerando os percentuais somados a PGS fica com 21,21% de participação média no mercado e a CGG com 22,72%, valores percentuais em relação as 12 empresas selecionadas, que representam mais de 90% do mercado em número de projetos 3D e 4D. Para o grupo das 12 EADs, a líder de mercado é a CGG, seguida de PGS e WesternGeco (ver Gráfico 13) e na quarta posição fica a chinesa COSL.

Gráfico 13 - Distribuição por ano do *market share* das principais empresas do MASM, entre 2006 e 2019.



Fonte: Elaboração própria, a partir do SB.

Na Tabela 6 temos os percentuais da quantidade de projetos e o tempo em dias navegados por empresa. No período analisado, CGG e PGS apresentam tempos de navegação equivalentes, próximos de 85 anos, o que corresponde a uma frota de 7 embarcações em operação em tempo integral, enquanto WesternGeco tem o somatório de mais de 115 anos, o que equivale a uma frota de 10 embarcações.

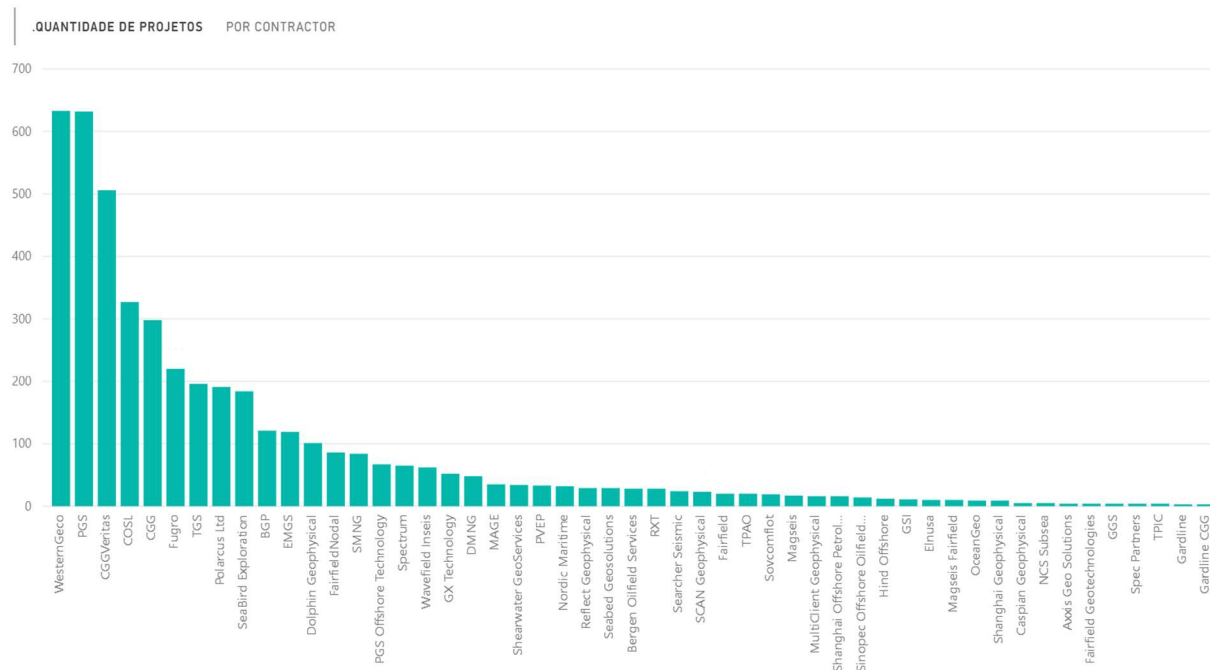
O Gráfico 14 apresenta a quantidade de projetos por EAD registrados na base de dados SB, entre 2006 e 2019. O grupo CGG detêm cerca de 800 projetos, PGS cerca de 700, WesternGeco com pouco mais de 600 e a COSL acima de 300, ficando claro que é um mercado oligopolizado com uma franja contemplando um grande número de pequenas empresas.

Tabela 6 – Percentual por quantidade de projetos e tempo das EADs com mais de 30 projetos entre 2006-2019.

Contractor	%GT .Quantidade de Projetos	.Tempo Total
PGS	19,07%	31085
WesternGeco	18,87%	42987
CGGVeritas	13,55%	30485
CGG	9,17%	19634
COSL	8,43%	15827
Polarcus Ltd	7,18%	10752
Fugro	6,52%	11381
TGS	4,04%	9799
Dolphin Geophysical	2,72%	3698
BGP	2,33%	4123
PGS Offshore Technology	2,14%	5504
FairfieldNodal	1,86%	5922
SeaBird Exploration	1,55%	2527
Wavefield Inseis	1,36%	2207
Shearwater GeoServices	1,20%	2151
Valor total	100,00%	198082

Fonte: Elaboração própria, a partir da SB.

Gráfico 14 – Distribuição do número de projetos de aquisições sísmica marítima por ofertante, entre 2006 e 2019.



Fonte: Elaboração própria a partir de SB.

Feita essa primeira análise das fornecedoras, como foco na estrutura do mercado, passamos brevemente pela questão de como as EADs se relacionam com a cadeia de processos de E&P e na sequência tratamos do seu desenvolvimento histórico.

O desenvolvimento da exploração e produção de petróleo por parte das CO&G ocorre por meio de processos dos mais diversos e complexos, indo desde a avaliação de entrada nos blocos nos *bids*, passando pela escolha da localização da perfuração dos poços, indo até a extração do petróleo, como vimos na seção 3.

Um processo é uma parte ordenada de um conjunto de tarefas com foco na realização de um objetivo específico (DONADEL *apud* CURTIS *et.al*, 2007). EADs são caracterizadas como empresas de nicho de mercado, segundo Pinheiro e outros (2017), que se desenvolvem por um processo, com tarefas como: elaboração dos planos de aquisição e estimativa de preço de cada projeto; trâmites burocráticos de contratação; processos aduaneiros nas importações dos equipamentos; obtenção de licenças junto à marinha, agências reguladoras e órgãos ambientais; condução das embarcações na rota pré-definida; testes e calibrações iniciais dos equipamentos; aquisição dos dados; pré-processamento dos dados para entrega para a demandante e agência reguladora; e processamento dos dados.

Em suma, o MASM se caracteriza por um tipo de mercado oligopolizado, intensivo em ciência e tecnologia, que se desenvolve por meio de processo com uma gama ampla de tarefas bem determinadas que envolve dimensões administrativas, estratégicas e, principalmente operacionais.

Feita essa contextualização, segue no próximo tópico uma breve abordagem sobre os condicionantes para o nascimento e evolução da IASM desde da década de 1960.

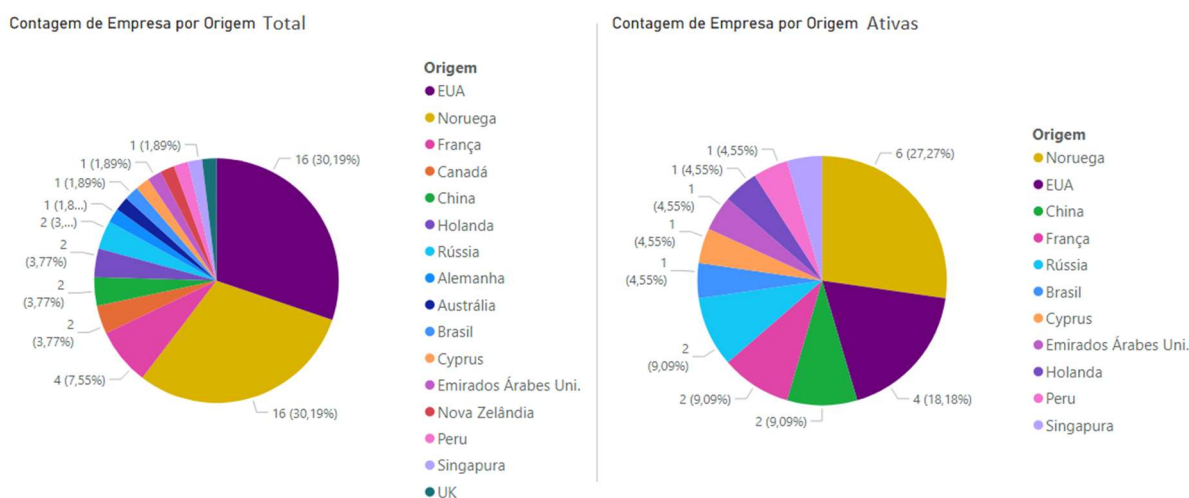
4.2 CONDICIONANTES DA INDÚSTRIA NASCENTE DE ASM

O tipo de produto e/ou serviço fornecido pelas EADs, do ponto de vista comercial, têm como destino basicamente as CO&G, com utilidade restrita ao uso no processo de exploração

norueguês, foram os elementos principais para o processo de nascimento das firmas de ASM na Noruega, a partir da década de 60.

Por outro lado, nos avanços tecnológicos relacionados ao processamento dos dados e desenvolvimento de equipamentos e técnicas geofísicas, os EUA exerceram papel fundamental nos primórdios do desenvolvimento da Geofísica aplicada à exploração de petróleo, principalmente nos campos terrestres, onde tinha e continuam tendo muita expertise. Esse *know-how* foi aproveitado na transição do processo exploratório, no final do século XIX, que ocorria somente em terra, e passou num segundo momento, em meados do século XX, para ambos os ambientes terrestre e marinho, com a exploração das jazidas do Golfo do México. Esses são os principais motivos (ciência, tecnologia e o pioneirismos em exploração terrestre) que justificam a presença de empresas americanas na fase embrionária da IASM. O Gráfico 15, apresenta a quantidade de EADs ativas ou não, por nacionalidade.

Gráfico 15 – Origem das EADs, todas as EADs (à esq.) e 22 EADs ativas em 2019 (à dir.).



Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da Tabela 8.

Outros condicionantes de nascimento e sobrevivência, comum às firmas de qualquer região do mundo que atuam no MASM são, primeiramente, o fato dessa atividade ser bastante intensiva em capital, segundo, a existência de empresas bastantes sólidas no mercado com condições de gerar inovações e mecanismos empresariais que as permitem uma certa estabilidade de *market share* que pode lhes conferir um certo poder de mercado. Mais um condicionante para o sucesso das firmas é a capacidade técnica que está incutida na mão de obra, altamente especializada e

reduzida, e que geralmente é desenvolvida dentro das próprias firmas. Por fim, outro exemplo de condicionante é a confiança das CO&G, desenvolvida ao longo do tempo na relação com as fornecedoras, com a realização de projetos que tiveram bons resultados.

Com relação a confiança das demandantes, observa-se no MASM que as firmas novas encontram alguma dificuldade na realização dos primeiros projetos, devido a criticidade destes na cadeia da IO&G e dos custos e riscos envolvidos. As CO&G buscam reduzir o risco relacionado a execução dos projetos de ASM, fazendo contratos com firmas reconhecidas no mercado. Durante o *sourcing* para contratação das firmas do MASM, as demandantes exigem comprovações de que as fornecedoras realizaram contratos em condições semelhantes, e novas entrantes não dispõem dessa qualidade.

Esses condicionantes de nascimento e sobrevivência encontram acomodação na teoria econômica no conceito denominado barreiras à entrada, barreiras que segundo a OI, quando presentes de forma significativa, garante ao mercado um caráter concentrado/oligopolizado. Contudo, o fato de ser um mercado concentrado não implica, necessariamente, em um mercado de baixo nível de competitividade. A estrutura que se identifica no MASM é de um Oligopólio Competitivo no nível mundial, com exceções locais, onde é possível uma redução dessa concentração, possibilitando a presença de empresas de menor porte.

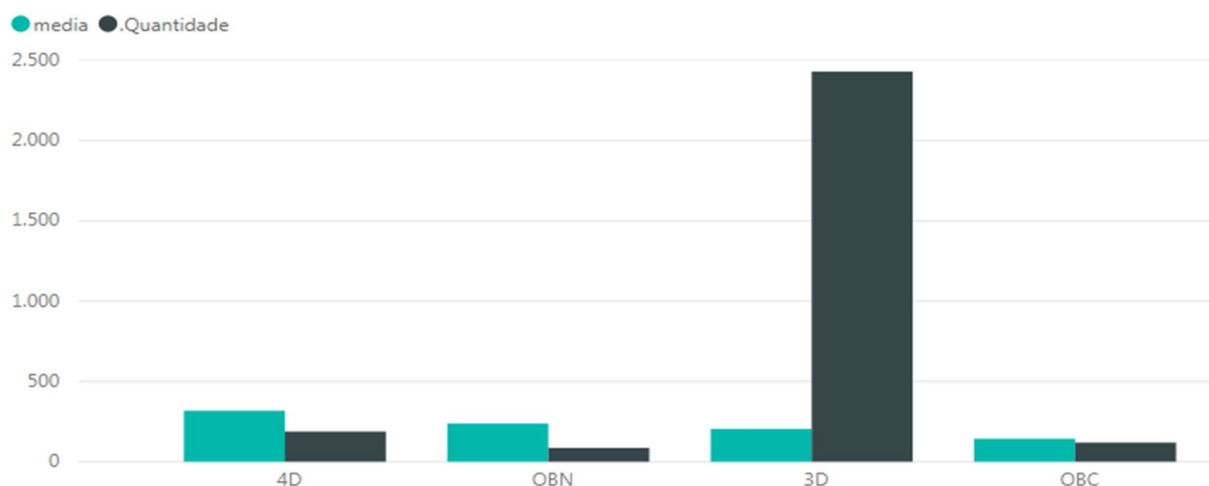
Os mercados locais com maior competitividade, com destaque para a Noruega, permitem a gestação de novas firmas, que podem se tornar ameaças àquelas já estabelecidas no Oligopólio no nível mundial. Essa ameaça pode ser fortalecida pelo fato desse mercado ser altamente suscetível às mudanças de tecnologia (choques tecnológicos), seja através das novas entrantes, que apresentam diferenciação de produtos nas duas direções, vertical e horizontal, seja pelo surgimento de tecnologias exógenas que concedem maior eficiência para essas entrantes, como o exemplo do desenvolvimento da tecnologia da informação.

Um exemplo recente de choque tecnológico na IASM é o uso de embarcações *Remotely Operated Vehicle* (ROVs) para realização de aquisições *Ocean Bottom Sensor* (OBS). As gigantes do setor não modificaram suas estruturas de negócio para atender a nova demanda por aquisições de fundo, usando sensores nodais (ver Gráfico 16) que os projetos *streamer* são

majoritários, chegando a trinta vezes em relação a quantidade de projetos com tecnologia *nodes* e quinze para a tecnologia OBC).

Em função dos custos mais elevados, as tecnologias de fundo não se colocam como bons substitutos para aquisições exploratórias 3D com tecnologia *streamer*. As embarcações ROV têm outras finalidades na IO&G e apresentam custos elevados, ainda assim, algumas EADs recém entrantes dominaram e adaptaram essa tecnologia, criando produtos e serviços e ganhando espaço no disputado MASM, foram os casos das empresas Fairfield Nodal e SeaBed Geosolutions, exemplos de nascimento no berço do choque tecnológico.

Gráfico 16 – *Day rate* e número de projetos por tipo de tecnologia de aquisição entre 2006 e 2019.



Fonte: Elaboração própria, a partir de SB.

No próximo tópico avalia-se a dinâmica do setor a partir dos processos de fusão, venda/compra parcial do *asset* ou incorporação e falência das firmas. Devido a menor quantidade de fornecedoras comparado às demandantes, faz-se um resumo sobre o histórico das principais firmas²⁹ e como resultado dessa pesquisa elabora-se um quadro sobre o desenvolvimento tecnológico na Tabela 7 com enfoque na tecnologia *streamer*, e outro de fusões e aquisições na Tabela 8, nos auxiliando na análise do MASM do ponto de vista da iteração entre as firmas.

²⁹ Ver o ANEXO B.

Tabela 7 – Principais tecnologias desenvolvidas em cada década entre 1950-2019.

PERÍODO	TECNOLOGIA
1950 - 1960	O primeiro levantamento marítimo da CGG em 1958, fez uso de duas embarcações, um barco fonte, que lançava uma carga de dinamite subaquática e o segundo rebocando o cabo com sensores que fazia o registro das reflexões no fundo do mar
1960 - 1970	Em 1964 a CGG realizou as primeiras aquisições marítimas com a utilização de um único barco
1960 - 1970	Em 1966 a CGG inicia operações no Mar do Norte
1970 - 1980	1978 realizou a primeira aquisição com tecnologia 3D introduzida na exploração sísmica pioneiramente a partir do reboque de três cabos sísmicos paralelos
1980 - 1990	A GECO desenvolve o primeiro cabo sísmico digital chamado "Nessie" em 1984
1980 - 1990	A GECO oferece a primeira estação de trabalho de interpretação sísmica 3D comercial, o software "Charisma" em 1983.
1980 - 1990	A Veritas realizou o primeiro processamento 3D da indústria em 1982
1990 - 2000	A PGS idealiza em 1993 o modelo de embarcação sísmica Ramform
1990 - 2000	Com a liderança tecnológica no setor de ASM em 1994 a CGG realiza a primeira aquisição 4D
1990 - 2000	O Veritas Viking da VeritasDGC estabelece um recorde ao rebocar o primeiro cabo sísmico de 12.000 metros da indústria
2000 - 2010	Em 2007 a PGS lança a tecnologia Geostreamer - BroadSeis
2010 - 2019	2010 a CGG lança a tecnologia BroadSeis
2010 - 2019	PGS implementa tecnologia Optoseis no campo de Jubarte

Fonte: Elaboração própria a partir do ANEXO B.

4.3 FUSÕES, AQUISIÇÕES E FALÊNCIAS DAS FIRMAS NO MASM

Vamos iniciar esse tópico de fusões e aquisições com uma breve descrição das empresas que apresentam os maiores índices de participação no MASM: CGG, PGS e Western Geco.

A CGG é resultado da fusão/aquisição de outras cinco empresas (que conseguimos identificar a partir do seu histórico). A principal fusão foi com a Veritas DGC, que figurava entre as líderes de mercado, principalmente no desenvolvimento tecnológico das embarcações e equipamentos sísmicos com a parte herdada da Veritas, e da tecnologia da informação e processamento com a parcela da DGC.

A WesternGeco é a empresa que agregou o maior número de empresas até a sua formação final, chegando ao número de 11 processos de fusão e aquisição de outras empresas que culminaram no seu nascimento em 2001. Na escala temporal, a WesternGeco tem elementos em sua origem desde 1880 (com a Dresser), 1930 com a Geophysical Service Inc. e 1933 com a Western Geophysical, firmando-se como a empresa com maior tempo de experiência na soma de todas as ancestrais.

A PGS se destaca por ter sido uma companhia inicialmente focada em ASM, tendo uma aventura breve na produção de petróleo com a sua subsidiária Petra. A PGS pouco se aproveitou de legado de outras empresas, em certo ponto isso foi positivo, pois investiu em inovação e desenvolveu uma classe de navios (navios tipo *Ramform*), que a colocou rapidamente na disputa de mercado com as já bem estabelecidas CGG e Western-Geco.

Além das três líderes de mercado, está presente na Tabela 8 um universo amostral de 53 empresas, das quais 22 se encontram ativas e 31 foram fechadas (coluna Status A e F). Ressalta-se, que na amostragem de 31 empresas que deixaram de existir apenas duas o fizeram por um processo de falência, que foram a Bergen Oilfield Service (BOI) e a Dolphin Geophysical, duas norueguesas criadas no período recente, 2006 e 2010 respectivamente, e que tiveram vida curtíssima de coincidentes 5 anos (salientamos que é possível haver firmas que nasceram e faliram no passado e que não encontramos registro). As condições de mercado, ou a conjuntura econômica, foram desfavoráveis para a BOI e Dolphin que enfrentaram a virada do mercado ao mesmo tempo que estavam iniciando suas operações. Pode-se inferir que neste caso o *'timing'* foi o elemento crítico para a falência dessas firmas.

A Dolphin teve o suporte da GC Rieber Shipping, empresa norueguesa proprietária de diversas embarcações de prestação de serviços em diferentes atividades da IO&G, ainda assim não conseguiu estabelecer um portfólio de projetos para a ocupação das embarcações, gerando prejuízo nos contratos firmados com GC Rieber no seu ano de fechamento (2015). Atualmente, a GC Rieber participa, junto a outra norueguesa, a Rasmussengruppen, do processo de expansão da Shearwater GeoService, empresa que está recebendo gradativamente a parte operacional da CGG e WesternGeco, e deve figurar como uma das líderes mundiais do MASM, apresentando *market share* de quase 30% já em 2018.

Outras empresas, como Magseis e Polarcus, criadas em 2009 e 2015, respectivamente, em meio ao ciclo de baixa, conseguiram se manter e estão operando normalmente. A Magseis adquiriu a Fairfield Technology, em 2018, demonstrando sua força de mercado mesmo sendo uma empresa nova, comprando uma empresa com mais de 40 anos de experiência e padrão de tecnologia elevado. No caso da Polarcus, três características são importantes para entender sua manutenção no MASM no período de baixa do ciclo: *i*) ter um frota de navios que operam em regiões geladas, atendendo demandas específicas; *ii*) ser uma empresa criada por grupos com

base sólida de capital para sustentar os investimentos necessários; *iii*) possuir uma estrutura de custos enxuta, apesar de ter embarcações próprias o que aumenta bastante os custos afundados, a Polarcus tem uma estrutura física otimizada e focada no desenvolvimento das atividades operacionais.

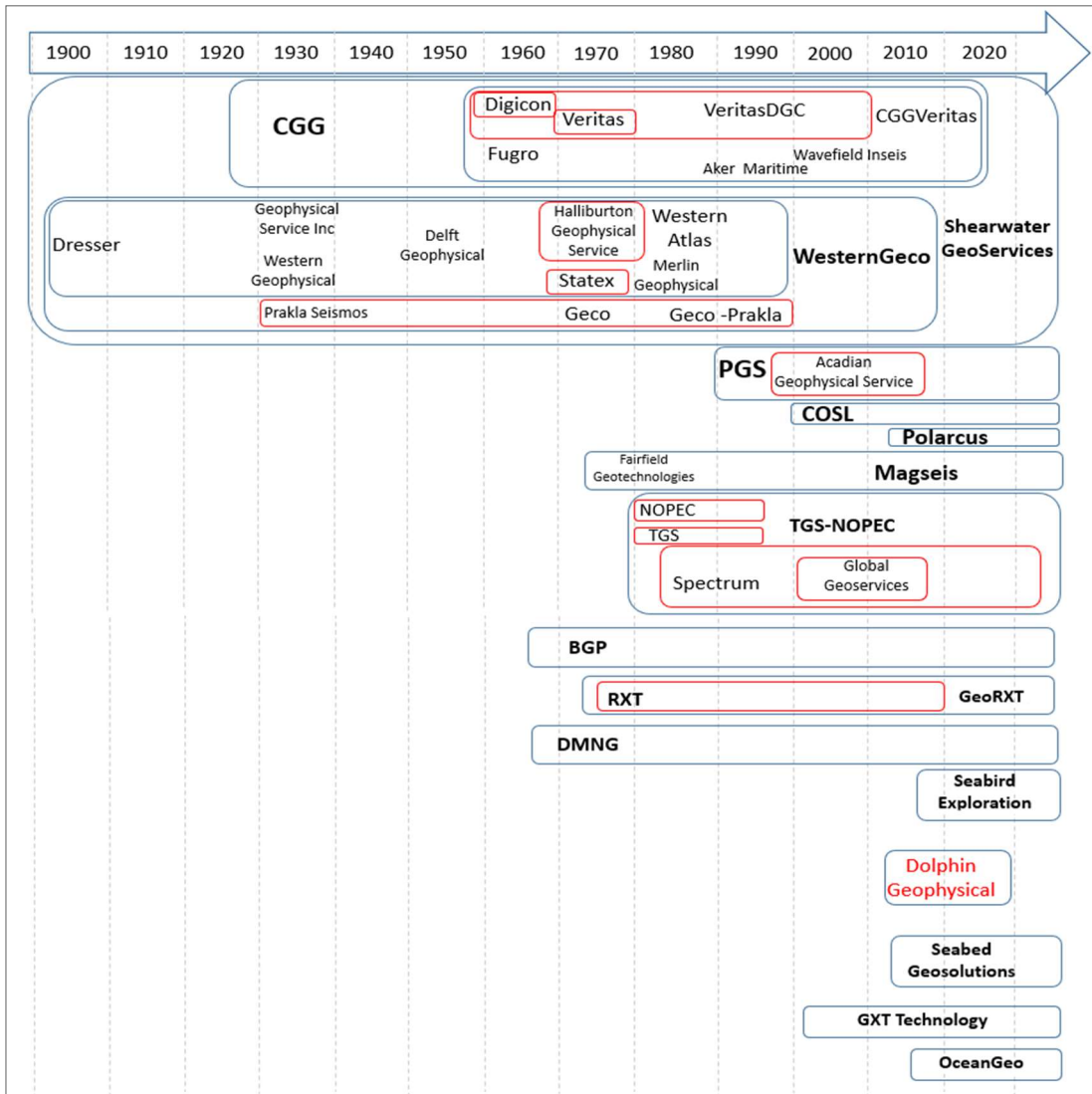
Como visto acima, parte das firmas do MASM se formaram a partir de uma série de processos de fusões e aquisições³⁰. Essa dinâmica está associada às grandes empresas e encontra base teórica na teoria econômica do crescimento da firma.

Conforme Orsi (2006), o processo de aquisição se baseia em adquirir o conhecimento que é detido por pessoas e é aí que ele passa a se revestir de alta complexidade e risco. Quanto mais tácito o conhecimento que se procura adquirir de uma outra empresa, mais difícil é sua aquisição. E prossegue, afirmando que o conhecimento e a aprendizagem estão intimamente ligados. A aprendizagem tem, portanto, papel fundamental na incorporação de bases externas de conhecimento. A incorporação não se encerra, mas se inicia no momento da aquisição, pois é necessário aprender com a empresa adquirida.

Para Camargos (2009), os processos de fusões e aquisições integram a estratégia empresarial, e por meio deles as empresas conseguem expansão rápida, a conquista de novos mercados, maior racionalização produtiva, economias de escala, ativos complementares, entre outras coisas. A Figura 8 apresenta uma linha do tempo, explicitando os períodos de nascimento e processos de fusão ao longo do desenvolvimento da IASM, usando as informações extraídas da Tabela 8.

³⁰Para o melhor entendimento teórico sobre fusões e aquisições ver nas referências bibliográficas o artigo de Camargos e Coutinho (2008), e Rodrigues (1998).

Figura 8 – Linha do tempo do nascimento e fusões das firmas do MASM.



Fonte: Elaboração própria

Tabela 8 – Fusão, Aquisição e Falência das Firms no MASM.

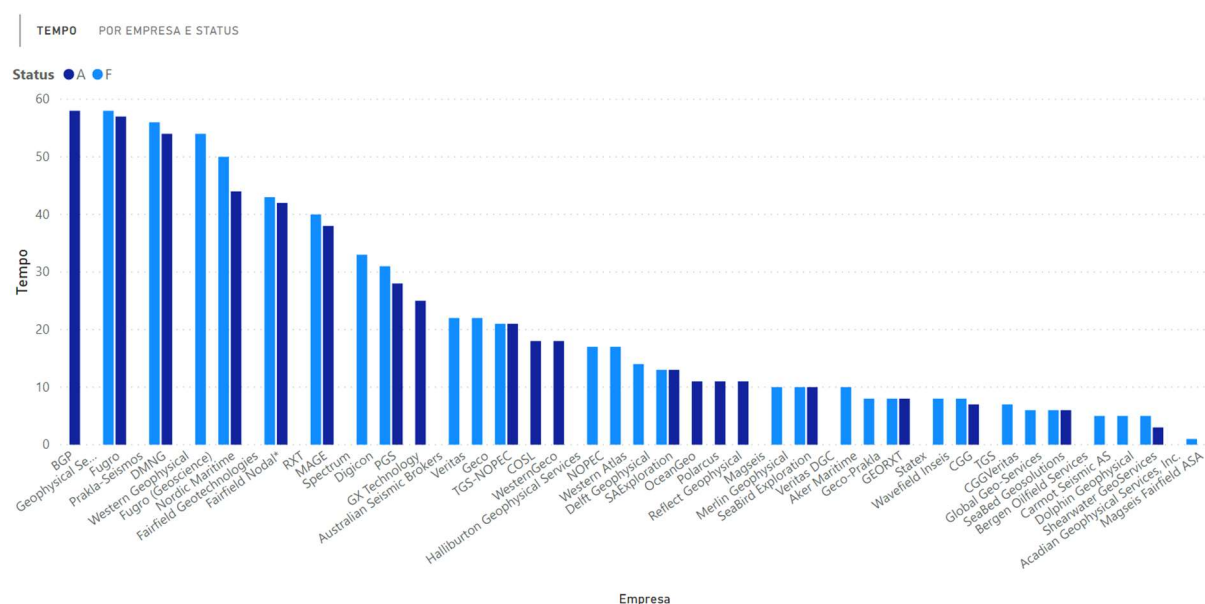
Cod	Empresa	Status	Origem	Fundação	Encerramento	Tempo	Motivo do Encerramento	Compradora
1	CGG	A	França	2012	2019	7		
2	CGG-a	F	França	1931	2006	75		
3	Digicon	F	EUA	1965	1996	31	Fusão	Veritas
4	Veritas	F	Canadá	1974	1996	22	Fusão	Digicon
5	Veritas DGC	F	Canadá	1996	2006	10	Fusão	CGG
6	CGGVeritas	F	França	2006	2012	6	Renomeada	CGG
7	Aker Maritime	F	Noruega	1996	2004	8	Aquisição	CGG
8	Fugro (Geoscience)	F	Holanda	1962	2012	50	Aquisição	CGGVeritas
9	Wavefield Inseis	F	Noruega	2001	2009	8	Aquisição	CGGVeritas
10	WesternGeco	A	França	2001	2019	18		
11	Western Geophysical	F	EUA	1933	1987	54	Fusão	Dresser Atlas
12	Dresser Atlas	F	EUA	1880	1987	107	Fusão	Western Geophysical
13	Western Atlas	F	EUA	1987	2001	14	Fusão	Geco
14	Geophysical Service Inc	F	EUA	1930	1988	58	Aquisição	HGS
15	Halliburton Geophysical Services	F	EUA	1977	1994	17	Aquisição	Western Atlas
16	Geco-Prakla	F	EUA	1993	2001	8	Fusão	Western Atlas
17	Prakla-Seismos	F	Alemanha	1937	1993	56	Fusão	Geco
18	Delft Geophysical	F	EUA	1950	1963	13	Aquisição	Geco
19	Geco	F	Noruega	1972	1993	21	Fusão	Prakla
20	Statex	F	Noruega	1970	1978	8	Aquisição	Geco
21	Merlin Geophysical	F	EUA	1978	1988	10	Aquisição	HGS
22	PGS	A	Noruega	1991	2019	28		
23	Acadian Geophysical Services, Inc.	F	EUA	1997	1998	1	Aquisição	PGS
24	COSL	A	China	2001	2019	18		
25	Polarcus	A	Emirados Árabes Unidos	2008	2019	11		
26	TGS-NOPEC	A	EUA	1998	2019	21		
27	NOPEC	F	Noruega	1981	1998	17	Fusão	TGS
28	TGS	F	EUA	1981	1988	7	Fusão	NOPEC
29	Spectrum	F	UK	1986	2019	33	Fusão	TGS
30	Global Geo-Services	F	Noruega	1999	2005	6	Aquisição	Spectrum
31	Australian Seismic Brokers	F	Austrália	1988	2010	22	Aquisição	Spectrum
32	Carmot Seismic AS	F	Noruega	2008	2013	5	Aquisição	Spectrum
33	Fairfield Nodal*	A	EUA	1976	2018	42		
34	SeaBed Geosolutions	A	Noruega	2013	2019	6		
35	Shearwater GeoServices	A	Noruega	2016	2019	3		
36	Magseis	F	Noruega	2009	2019	10	Fusão	Fairfield Geotechnologies
36	Magseis Fairfield ASA	A	Noruega	2019	2019	0		
37	Fairfield Geotechnologies	F	EUA	1976	2019	43	Fusão	Magseis
38	Fugro	A	Holanda	1962	2019	57		
39	Dolphin Geophysical	F	Noruega	2010	2015	5	Falência	
40	SeaBird Exploration	A	Cyprus	2009	2019	10		
41	GX Technology	A	EUA	1994	2019	25		
42	OceanGeo	A	EUA	2008	2019	11		
43	GEORXT	A	Brasil	2011	2019	8		
44	RXT	F	Nova Zelândia	1971	2011	40	Aquisição	GEORXT
45	DMNG	A	Rússia	1965	2019	54		
46	MAGE	A	Rússia	1981	2019	38		
47	Bergen Oilfield Services	F	Noruega	2006	2011	5	Falência	
48	Reflect Geophysical	A	Singapura	2008	2019	11		
49	SAExploration	A	Peru	2006	2019	13		
50	BGP	A	China	1961	2019	58		
51	Nordic Maritime	A	Noruega	1975	2019	44		
52	GC Rieber	A	Noruega	1879	2019	140		

Fonte: Elaboração própria.

O histórico mais amplo das firmas pode ser visto no Anexo B. Analisadas as principais empresas, dirige-se a atenção para os parâmetros que tem potencial de explicação dos fatores de sucesso das firmas sobreviventes. Começamos pela experiência ou tempo de vida das empresas.

O tempo de vida (experiência das firmas) não é um fator primordial nos processos de morte das firmas do MASM, como mostra o Gráfico 17, onde na ordenada está o tempo de vida das firmas e na abscissa o nome das firmas, com a cor azul escuro representando as empresas em atividade e azul claro as empresas que foram fechadas. Vemos que na distribuição de tempo de vida das firmas com os status A (ativa) e F (fechada) aos pares, sem um padrão específico que justifique que experiência implique em ter um status ou outro. Sumarizando, empresas novas e antigas estão sujeitas ao fechamento, segundo os dados históricos, em grau semelhante.

Gráfico 17 – Tempo de vida das EADs por Status (A= Ativa, F=Fechada).



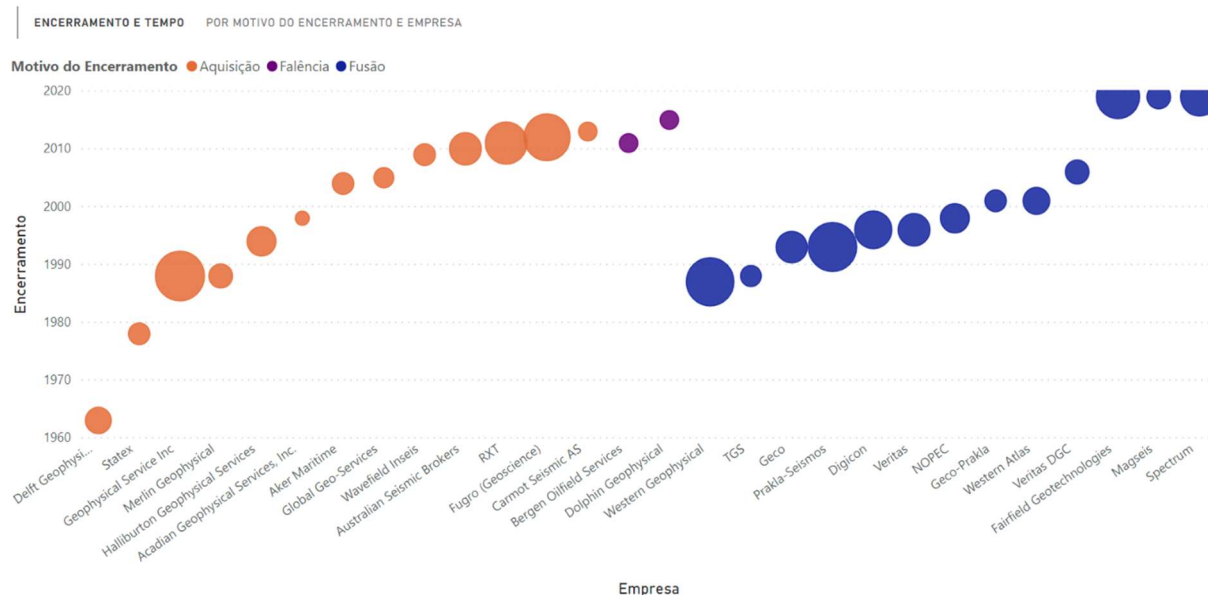
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da Tabela 8.

A transferência e retenção de tecnologias e conhecimentos técnicos são fatores que possivelmente explicam essa dinâmica de fusões e aquisições, tendo o empate de 13 fusões e 13 aquisições, e 2 falências (Gráfico 18). Outro fator importante é a durabilidade do principal insumo das fornecedoras: a embarcação sísmica. A construção e/ou conversão de embarcações para realização de ASM é de alto custo e uma vez feita, para reduzir possíveis prejuízos, deve ser aproveitada no limite da sua durabilidade.

O avanço da tecnologia nessa atividade é incremental, mesmo quando os avanços tecnológicos são mais céleres por parte das firmas fornecedoras, existe uma “resistência” por parte da demanda, que pode absorver os resultados desses avanços de maneira mais lenta, seja por conservadorismo (pelo princípio da prudência os técnicos aguardam bons resultados antes de

adquirir novas tecnologias), seja pela dificuldade que se apresenta com a introdução de novas técnicas.

Gráfico 18 – Fechamento das empresas por ano e motivo (diâmetro do círculo representa o tempo de vida).



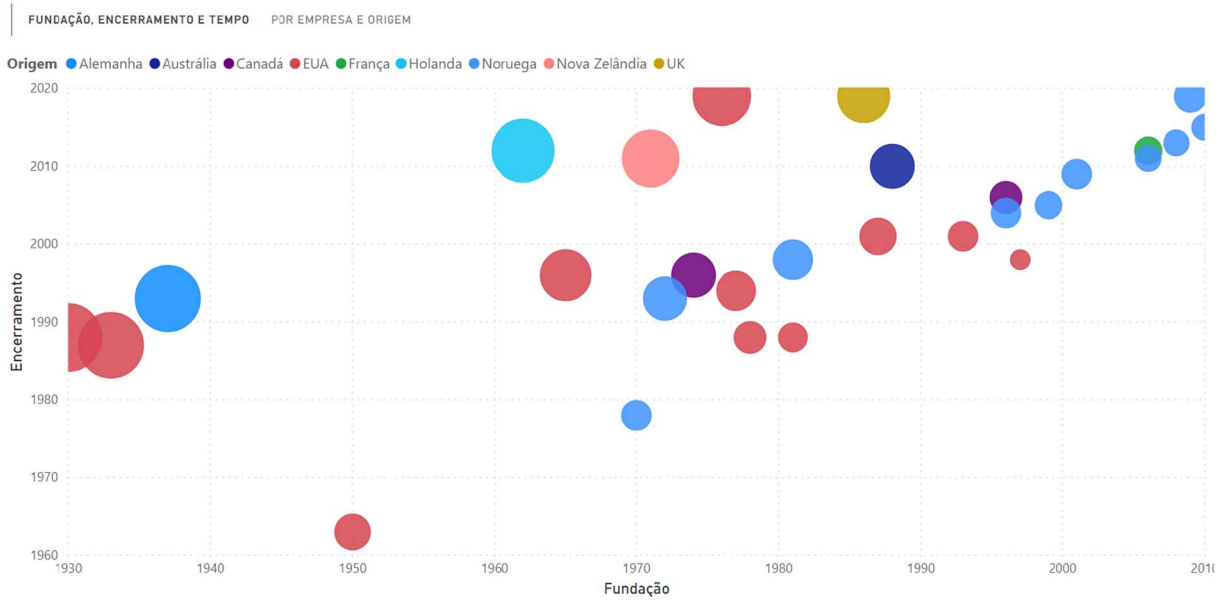
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da Tabela 8

Os processos de fusão no MASM estão, em geral, associados às condições de baixa nos ciclos de negócios. De qualquer sorte, os três processos, fusões, aquisições falências, contribuíram para o processo de concentração de mercado e a consequente formação do oligopólio observado na atualidade.

No Gráfico 19, as linhas horizontais indicam as décadas em que as empresas foram encerradas. Nota-se um primeiro movimento de criação de novas empresas a partir da década de 60, que se dividem em dois grupos, as que encerraram suas atividades na década de 90 e as que tem seu encerramento por volta do ano de 2010. Observa-se um segundo movimento de nascimento e morte de firmas do MASM a partir do final dos anos 90, em sua maior parte, empresas norueguesas. No fim da década de 80, começo de 90, as gigantes Baker, Haliburton e Schlumberger, que atuam principalmente nos serviços de perfuração de poços e perfilagem de poços, realizam processos de aquisição de empresas do setor ASM. Esse movimento no sentido de integração vertical pode ser motivado por uma redução de custos a partir de internalização de externalidades, gerando possíveis economias de escopo. Outro exemplo é a COSL, que realiza serviços de toda cadeia de serviços do segmento *upstream*. Ainda no Gráfico 19, as

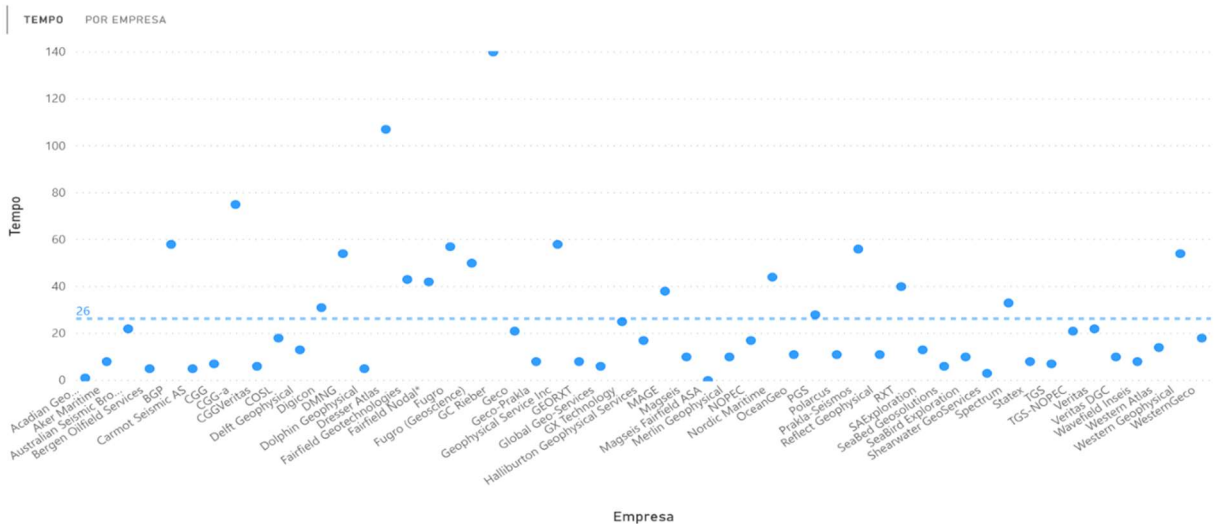
cores dos círculos representam os países de origem, confirmando a asserção feita sobre a localização das firmas no nascimento da IASM (EUA e Noruega). No Gráfico 20, pode-se observar o tempo médio de vida das firmas de 26 anos.

Gráfico 19 – Fundação, encerramento e vida das EADS no MASM.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados apresentados na Tabela 8.

Gráfico 20 – Tempo de vida das empresas (média de 26 anos).



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados apresentados na Tabela 8.

Na próxima seção, serão analisadas as características físicas das firmas do IASM, traduzidas nos parâmetros ligados à capacidade de fornecimento das plantas e suas produtividades, parâmetros esses que dão o contorno dos limites tecnológicos dessa indústria.

4.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E ECONÔMICAS DAS FIRMAS NO MASM

Nas páginas a seguir, explana-se sobre as características econômicas das firmas em dois níveis, estrutura física e estrutura de governança. Na Teoria da Firma, um dos principais problemas estudados é sobre o tamanho ótimo das plantas e a decisão das firmas em ampliar ou não sua capacidade produtiva, e, como veremos, esse fator (expansão da capacidade produtiva versus ociosidade) é importante para o entendimento dos processos de aumento ou arrefecimento nos níveis de concentração da indústria.

4.4.1 Estrutura Física das Firms no MASM

Na Teoria das Firms, discute-se sobre como encontrar o tamanho ótimo das plantas das firmas para um dado setor. O tamanho da planta pode ser sub ou superestimado, e em qualquer das duas situações, na visão clássica, a maximização dos lucros fica prejudicada.

Segundo Stendl (1952), é possível as firmas operarem com plantas com capacidade ociosa como estratégia para estarem aptas a suprir flutuações da demanda, aumentando seus níveis de lucro, porém, no caso do MASM, compreende-se que capacidade ociosa representa um custo elevado e ainda há o fator de incerteza enquanto a demanda futura, devido às flutuações inerentes ao mercado de petróleo.

Para a atividade de ASM, considera-se o tamanho da planta da firma sendo representado pela frota. Como visto na seção 3, a demanda varia rápida e intensamente, pois está atrelada ao preço do petróleo que é conhecidamente volátil, o que torna muito difícil a tarefa das firmas de determinar o tamanho ótimo de suas plantas.

Uma das formas de vencer ciclos de mercado é a firma extrair o máximo de vantagens das economias de escala e de escopo. A economia de escala ocorre em função do tamanho da planta,

à medida que esta aumenta, os custos de produção diminuem, e de escopo, quando a firma tem redução de custos por produzir mais de um tipo de produto usando a mesma planta. Estas “economias” são consideradas nas estratégias das firmas, e muitas vezes são os motivadores dos processos de fusões e aquisições, da estratégia de expansão das firmas, tanto geograficamente, a partir de novos mercados, como de oferta de produtos a partir de economias de escopo (empresas que oferecem 3D são capazes de fazer o 4D).

Na IASM, identifica-se duas estratégias utilizadas pelas firmas para flexibilizar o tamanho das plantas: *i*) estratégia de afretamento das embarcações em contratos de curto prazo; *ii*) estratégia de *split* entre as modalidades contratuais *multi-client* e proprietário. A primeira estratégia é bastante utilizada por empresas de menor porte e entrantes no mercado, enquanto a segunda é bastante utilizada pelas líderes de mercado que possuem embarcações próprias e necessitam dar destino a frota para aumentar a taxa de ocupação no momento de baixa demanda por parte das CO&G. Na aquisição dos dados *multi-client*, as EADs ocupam os barcos em projetos selecionados com potencial de compra futura com uma taxa de lucro, no caso de sucesso da escolha das áreas, superior a auferida na modalidade proprietário (ver no Anexo A).

4.4.2 Tamanho da Frota

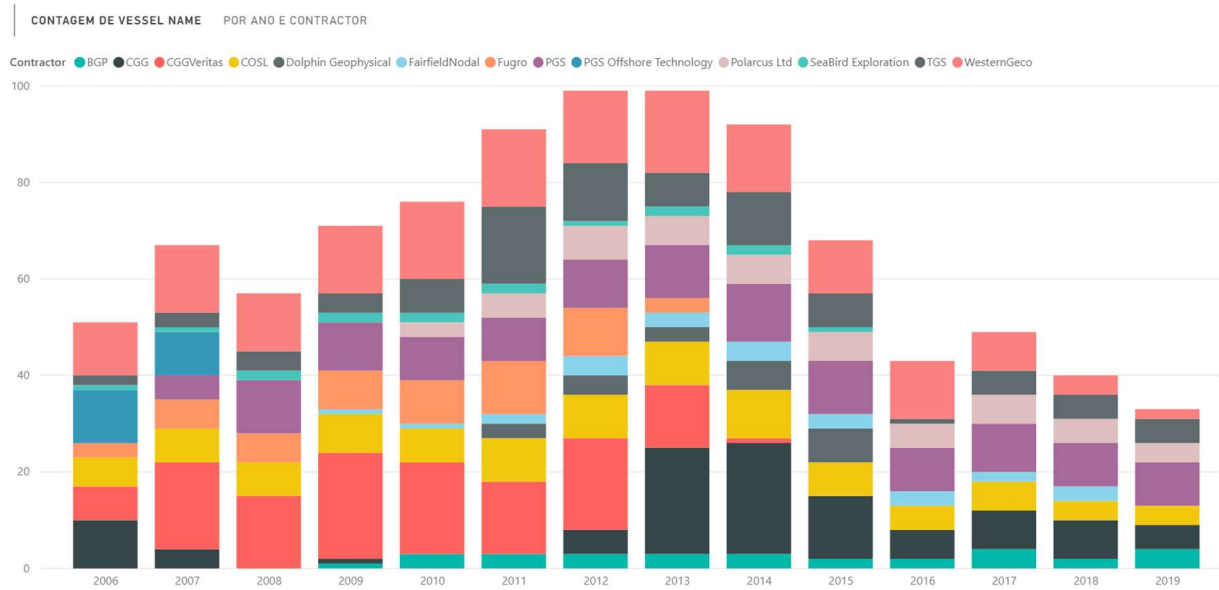
Entrando propriamente na análise dos equipamentos da IASM, iniciamos pelo tamanho da frota das EADs ao longo do tempo. O Gráfico 21 apresenta a frota das EADs de forma empilhada que dá uma ideia geral do tamanho da capacidade da indústria na realização de projetos. Cada EAD *i*, no ano *j*, conta com um número n_{ij} e a frota no ano *j* é dada por $N_j = \sum n_{ij}$.

Esses dados não apresentam exatamente a frota de todas as embarcações disponíveis, mas a lista daquelas que realizaram projetos em cada ano, algumas embarcações podem estar sob a guarda das firmas e não estar realizando projetos, mascarando uma possível ociosidade dos barcos. Ainda assim, os dados confirmam que as líderes de mercado têm uma rigidez maior com relação ao número de embarcações na frota em cada ano, apresentando variação menor, e, como esperado têm as maiores frotas.

O processo de adequação das “plantas” cria um mercado paralelo, que é o mercado de compra/venda e conversão de embarcações sísmicas. As interações entre as empresas,

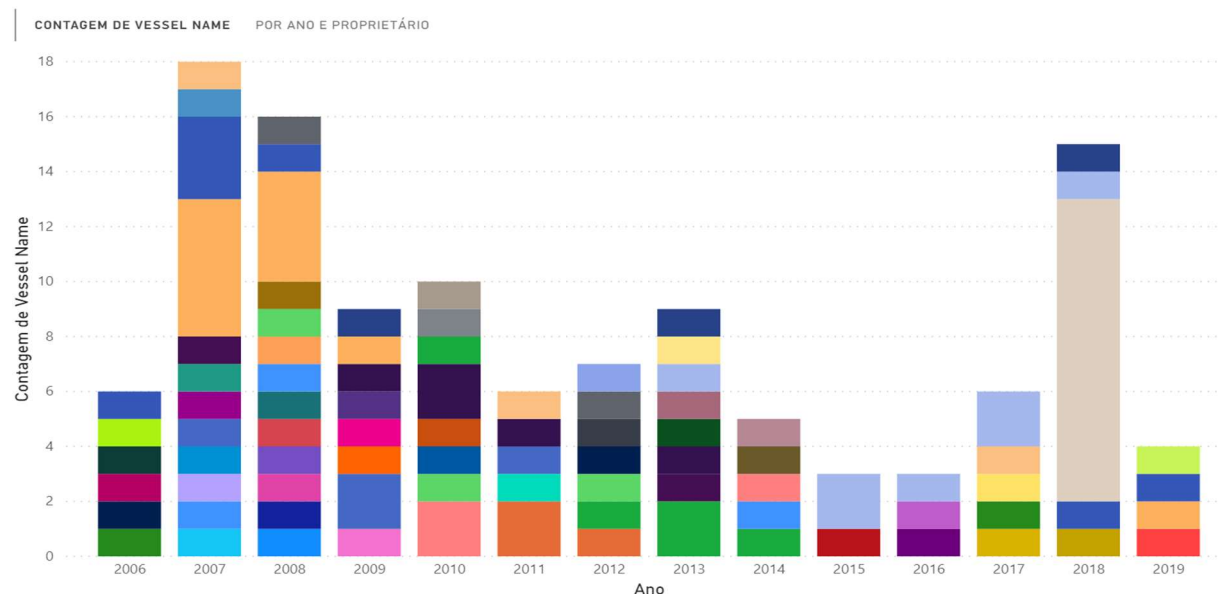
observadas no Gráfico 22, mostram claramente a movimentação dos fornecedores para ajustar a oferta à demanda, com movimentações raras vezes acima de uma unidade por empresa, a exceção dos anos de 2007 e 2008, em que a demanda cresceu rapidamente, e 2018, quando ocorre a transferência parcial da frota da WesternGeco para a Shearwater GeoServices, em função do contexto de baixa no mercado nos anos anteriores.

Gráfico 21 – Quantidade de embarcações 3D/4D por empresa para as principais EADs, entre 2006 e 2019.



Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios anuais das EADs e SB.

Gráfico 22 – Quantidade de embarcações 3D adquiridas/vendidas por empresa, entre 2006 e 2019.



Fonte: Elaboração própria a partir de SB.

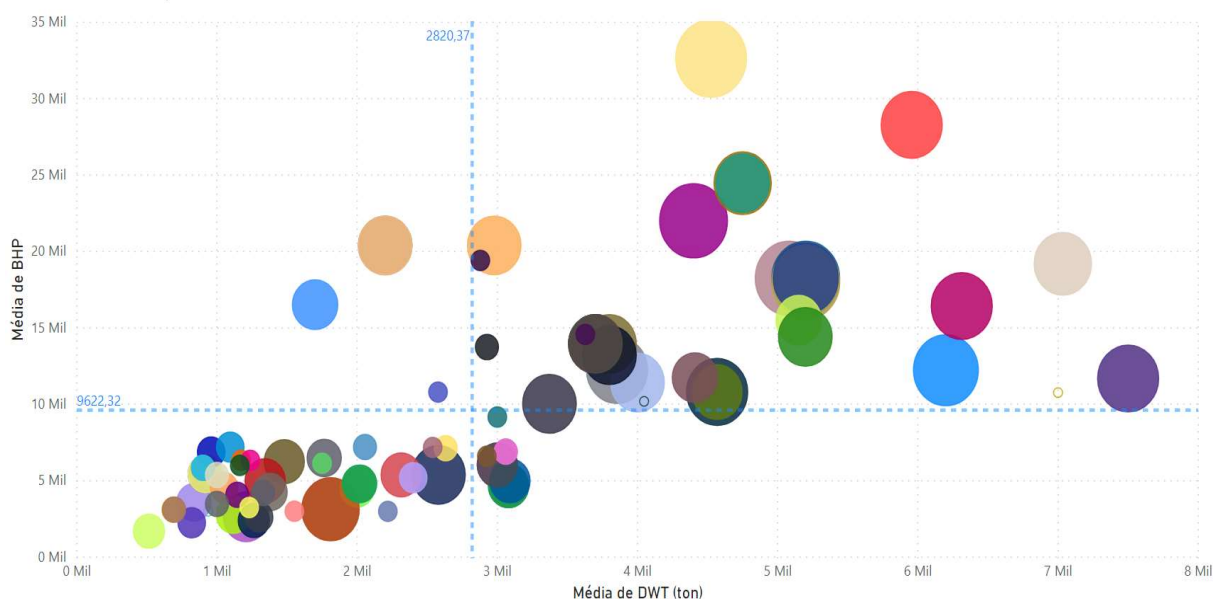
A configuração padrão da indústria, chamada de maneira informal de “PF” (prato feito), é a parametrização com 12 cabos sísmicos, no caso de águas profundas, com 8km de comprimento cada, espaçados entre 100 e 150 metros um cabo do outro, com dois arranjos de fontes sísmicas rebocados simultaneamente aos cabos sísmicos. Pelo Gráfico 23, vê-se que a maior parte das embarcações têm capacidade de atender à configuração padrão do mercado.

4.4.4 Dimensões das Embarcações

Outros elementos relevantes são a capacidade motora e o porte das embarcações, este último dado pelo peso e dimensões das embarcações. Os dois parâmetros são analisados a partir das informações das embarcações declaradas em suas fichas técnicas disponíveis em sites especializados, como o que utilizamos, formando a base de dados, no portal *Marine Traffic*. As variáveis BHP (força do motor) e o DWT (peso em toneladas) são destacadas no Gráfico 24.

Gráfico 25, constam as informações sobre as dimensões das embarcações, como largura e comprimento. Representaremos as grandezas BHP, DWT, comprimento, largura e o produto desses dois últimos, para cada EAD i , respectivamente de bhp_i , dwt_i , cmp_i , lar_i e $loa_i = cmp_i \times lar_i$.

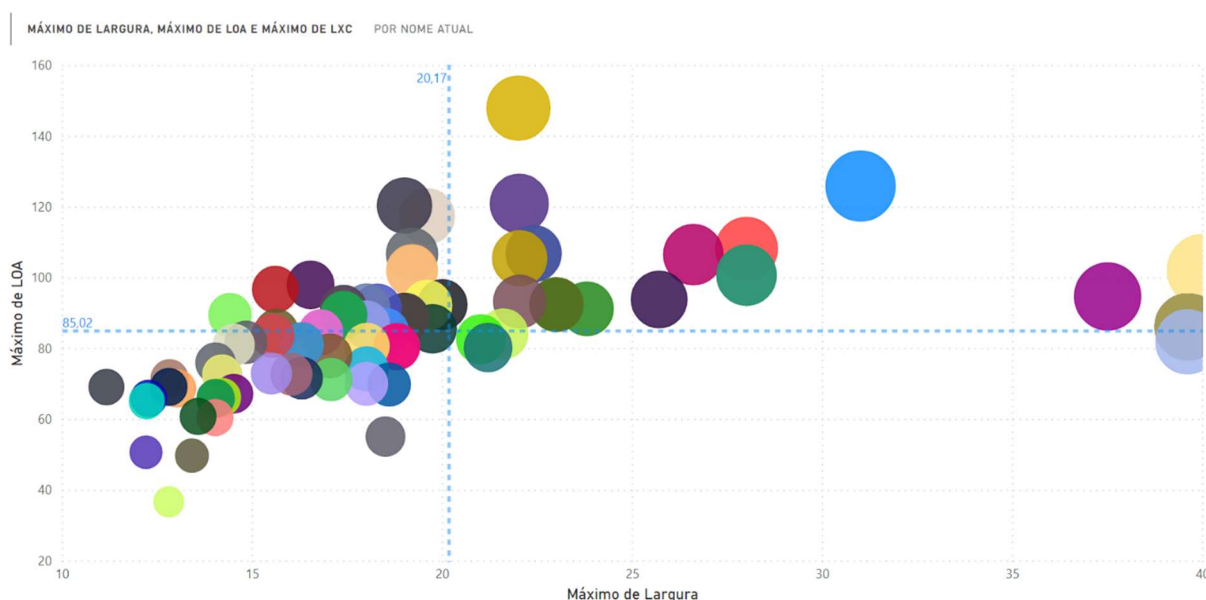
Gráfico 24 – Dispersão entre força e peso das embarcações classificadas por quantidade de cabos.



Fonte: Elaboração própria a partir do portal Marine Traffic e SB.

O Gráfico 24 e o Gráfico 25 revelam a diversidade de porte e da capacidade motora das embarcações que operam na IASM, que reflete diretamente nos níveis de produtividade de cada equipe. Como em outras indústrias, diferentes plantas fornecem diferentes graus de produtividade e de qualidade dos produtos, bem como de economias de escala e de escopo. No Gráfico 24, a linha azul tracejada na vertical representa a média da potência de 15600 BHPs e na horizontal o peso médio de 2820 ton. No Gráfico 25 o diâmetro do círculo representa o produto entre C x L e as linhas pontilhadas representam as médias de 20 metros de largura e 85 metros de comprimento.

Gráfico 25- Gráfico de dispersão entre largura e comprimento (LOA) das embarcações sísmicas.

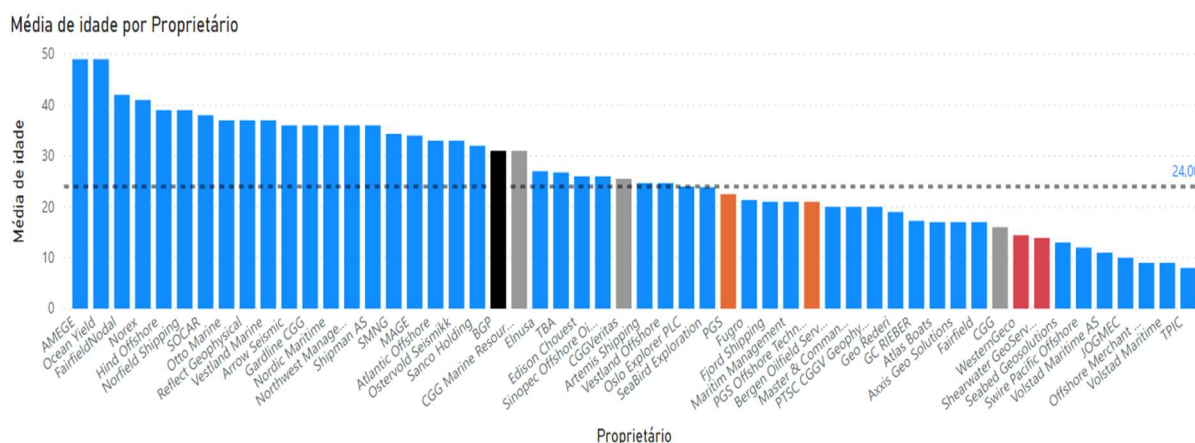


Fonte: Elaboração própria, a partir do portal Marine Traffic.

4.4.5 Idade da Frota

No Gráfico 26 temos a idade média da frota de cada EAD i , idf_i , observamos que as empresas líderes se encontram abaixo da média, principalmente Western Geco e Shearwater com barras vermelhas, PGS com barras laranjas, CGG com barras cinzas, a BGP com a barra preta fica um pouco acima da média. Embarcações mais novas trazem ganhos em eficiência operacional e energética, o que reduz o tempo médio dos levantamentos e o consumo de combustível.

Gráfico 26 - Idade média da frota de embarcações sísmicas por empresa.



Fonte: Elaboração própria a partir do portal Marine-Traffic.

4.4.6 Número de Empregados

A partir dos relatórios anuais das empresas foi possível obter a quantidade total de empregados por ano e por empresa (Tabela 9). Em análises empíricas das indústrias se utiliza essa variável como *proxy* do tamanho da firma, entre outras variáveis como o *asset total* declarado nos balanços contábeis das empresas.

Tabela 9 – Número de empregados por ano por EAD das cinco principais firmas do MASM.

Empresa	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
CGG	4500	8123	8492	7500	7264	7198	7560	11060	8500	7535	5800	5300	5100
COSL			8475	9155	9290	9852	12991	13830	16096	16074	14927	14297	14634
PGS	3168	3223	2937	2116	2090	2145	2227	2245	2301	2153	1821	1715	1258
POL				186	379	536	549	532	605	475	435	363	325
WTN	5600	6400	6960	6160	8640	9040	9440	9840	9600	7600			

Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios anuais das EADs.

Pode-se notar uma expressiva variação na quantidade de empregados ao longo dos anos, refletindo a dinâmica do mercado. Não foi possível encontrar os valores para COSL nos anos 2006 e 2007, também da Schlumberger (proprietária da WTG) para os anos de 2016, 17 e 18. Os valores da WTG foram estimados como sendo cerca de 10% da Schlumberger. Os valores da COSL envolvem todos os segmentos da empresa, por isso não foi possível definir um critério

de separação claro, de modo que mantivemos os dados originais, contudo, nos cálculos de custos é considerada a mesma taxa da WTG de 10%. Ainda assim, tem-se uma boa representação da quantidade de empregados ne_i , que iremos usar em conjunto com o tamanho da frota por ano n_{ij} , como parâmetros para obtenção dos custos fixos do tipo 1, como será visto na seção 5.

Fica evidente, pela Tabela 9, que a Polarcus adota como modelo de negócio a estratégia de integração de conglomerados terceirizados, tendo uma estrutura de pessoal reduzida, que se compara às firmas da franja do mercado.

4.4.7 Ciclo de Vida dos Equipamentos

Na Tabela 10, seguem as informações do ciclo de vida dos principais insumos da indústria de ASM. As embarcações têm um tempo de depreciação de 30 anos. Para as firmas que são proprietárias das embarcações, esse fator de depreciação deve ser contabilizado e será embutido nas taxas de afretamento, juntamente aos seguros, amortização e manutenção. Os cálculos de amortização são realizados baseados no tempo de depreciação e nas condições presentes das firmas no momento de retirada do crédito junto às instituições financeiras para o pagamento da construção das embarcações.

Tabela 10 – Depreciação dos equipamentos usados pelas firmas do MASM.

Equipamento	Depr. Mín (anos)	Depr. Máx (anos)
Cabos sísmicos	8	8
Embarcações Sísmicas	30	30
Equipamento Marítimo	5	30
Equipamentos de Escritório	3	5
Equipamentos de TI	3	5
Equipamentos sísmicos	3	30

Fonte: Elaboração própria a partir do relatório anual da Polarcus 2017.

4.5 ESTRUTURA DE GOVERNANÇA DAS FIRMAS NO MASM

No Anexo A, há uma breve exposição sobre a governança no MASM e sobre as modalidades contratuais empregadas entre demandantes e ofertantes para a realização dos projetos de ASM. Nesse tópico, discute-se modelos de negócio, observados na leitura dos relatórios anuais das EADs, bem como, na análise histórica apresentada acima. Chamaremos de G_i a governança da firma i , que consideramos ter duas possibilidades, conforme a Tabela 11.

Para a classificação das empresas e suas estruturas de governança, elencamos alguns itens que diferenciam as firmas:

1. Propriedade das Embarcações (próprias ou afretadas);
2. Portifólio de Produtos (atua em outros segmentos e as tecnologias de dados);
3. Modalidades Contratuais Atendidas (foco em proprietário ou *multi-client*);
4. Empresas Públicas ou Privadas (participação em mercado acionário);
5. Atuação em P&D (se possui ou não centros de pesquisa & desenvolvimento);
6. Nível de Atuação (regional ou global).

Essa classificação auxilia na comparação entre as firmas, possibilitando um melhor entendimento das variações de preços e da competição entre elas.

Tabela 11 – Principais características das firmas do MASM e tipo de Governança.

EAD	Embarcações	Modalidades Contratuais	Diferenciação de produtos	P&D	Atuação	Governança
CGG	Próprias	Proprietário e Multiclient	Vertical e Horizontal	Sim	Mundial	Tipo 1
COSL	Próprias	Proprietário e Multiclient	Nenhuma	Não	Mundial	Tipo 1
PGS	Próprias	Proprietário e Multiclient	Vertical e Horizontal	Sim	Mundial	Tipo 1
POL	Próprias	Proprietário e Multiclient	Vertical	Sim	Mundial	Tipo 1
RES	Afretadas	Proprietário e Multiclient	Nenhuma	Não	Mundial	Tipo 2
WTG	Próprias	Proprietário e Multiclient	Vertical e Horizontal	Sim	Mundial	Tipo 1

Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios anuais das EADs.

4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA SEÇÃO 4

- A indústria nascente da ASM teve seu berço nas bacias geológicas do Mar do Norte e do Golfo do México. Identifica-se uma trajetória tecnológica de transição, indo de terra para águas rasas, e depois para águas profundas na década de 80. Atualmente, a fronteira exploratória *offshore* ocorre em águas profundas e ultra profundas. A Noruega tem destaque na quantidade de empresas, por uma forte influência institucional, já que o país adotou políticas de desenvolvimento das indústrias locais, quando do início de sua produção de petróleo na década de 60. No caso dos EUA, observa-se um forte traço tecnológico e científico em seu estabelecimento como segundo colocado em número de empresas de ASM, atrás da Noruega. A China conseguiu desenvolver uma empresa, a COSL, que atende sua demanda interna de ASM, empresa que atingiu *know-how* suficiente para sua internacionalização, sendo atualmente uma das principais ameaças como potencial entrante no mercado mundial. A Noruega e os EUA continuam sendo o berço para o nascimento de diversas empresas, e atualmente lideram o desenvolvimento do mercado das tecnologias OBS.
- Vimos que os processos de fusões e aquisições são frequentes na IASM, porém poucas falências foram observadas, fato que pode ser explicado pela natureza dessa indústria, intensiva em Ciência & Tecnologia e em Processos, que nas fases de baixa dos ciclos de negócio, reage no sentido da preservação do conhecimento tácito das firmas, em que os processos são transmitidos entre as gerações de firmas por meio do corpo técnico e no repasse de equipamentos, principalmente por meio de fusões. O prejuízo do processo de falência nesse mercado pode ir muito além do aspecto financeiro, pois conhecimentos tácitos perdidos podem não ser mais recuperados. Essa característica contribuiu para a convergência da estrutura de mercado, observada historicamente, para um oligopólio. Já nos momentos de expansão continuada do mercado, por exemplo quando do crescimento das pesquisas *offshore*, a partir da década de 90, esse processo de acumulação do conhecimento se dá por meio de aquisições. As fusões e aquisições nos períodos de alta revelam que pode haver uma estratégia de “oportunidade” das firmas líderes, seja para ganhar mercado ou para ampliar seu leque de produtos. No presente, o mercado assiste a um processo de “fusão”, sem paralelo, de duas das três maiores do

setor, resultante da baixa no ciclo que ocorreu com intensidade e velocidade de queda na demanda, que se iniciou com a repentina redução do preço do *brent* em 2014.

- Enquanto aos aspectos físicos das firmas, usaremos as informações das embarcações para melhorar as estimativas da função de custos, separando os efeitos da variação de produtividade das equipes, com o parâmetro de eficiência técnica, conforme será visto na próxima seção. Observamos na IASM, através dos dados empíricos, que há convivência de empresas de diferentes tamanhos de frota, dimensões de embarcações, quantidades de equipamentos sísmicos, quantidades de empregados, o que corrobora com ideia de Steindl e Penrose de que não há um tamanho ótimo de firma, mas, que cada firma tem características particulares, e que todas, a despeito dessas particularidades, estão competindo por espaço no mercado. Para dar um sentido concreto a essa ideia, realizaremos na seção 5, a modelagem da firma representativa do IASM, que poderá servir como parâmetro de comparação no entendimento dos limites tecnológicos do MASM.
- As principais firmas seguem modelo de governança semelhante, sendo proprietárias das embarcações, embora somente as três principais, PGS, CGG e WesternGeco convergem estrategicamente em relação aos esforços de venda, investimentos em P&D e diferenciação horizontal e vertical de produtos. Com a saída da CGG e WesternGeco do mercado e a entrada da Shearwater, que não apresenta tradição em P&D, torna-se uma incógnita o futuro do desenvolvimento das tecnologias de aquisição *streamer*.

5 PROCESSO DE FORMAÇÃO DE PREÇOS NO MASM

Conhecidas as características físicas e econômicas da IASM, temos os elementos para avançar na discussão do processo de formação de preço. O ponto de partida é a relação entre preço, custos e *mark-up*, dada por:

$$P = C + \mu \quad (5.1)$$

O modelo de formação de preço considera que as empresas ofertam os produtos à preços que cobrem todos os custos dos projetos (C) e garante algum retorno através de um *mark-up* (μ). A depender do contexto da análise a interpretação de C e μ pode mudar. Por exemplo, C pode assumir o papel de custo total do projeto e μ um percentual de lucro em cima dos custos, no caso de estarmos avaliando um projeto específico. Se analisamos no nível de uma das firmas ou da indústria, então C pode assumir os papéis do custo médio AVC ou custo marginal Cm e μ assume a posição do *price-cost margin* (PCM). Independentemente do nível da análise, do projeto, da firma ou da indústria, a interpretação, em última instância, é que a firma estabelece um preço que cubra seus custos e ainda gere algum retorno. Uma forma alternativa para a equação 5.1 é definir o preço em função de custos médios e tempo de operação: $P = DR \times t$, sendo DR o *day rate*, que é uma métrica empregada na indústria marítima em geral, que é a taxa diária que se cobra para a realização de determinado serviço. Vamos detalhar no próximo tópico o significado dessa variável.

As variações de preço podem ter origem tanto na parte de custos como nas estratégias de lucros que as empresas têm poder decisório. O objetivo nessa seção, é separar os efeitos dessas variações e compreender se há diferenciação de custos e algum poder de mercado que está presente, como visto na teoria (BRESNAHAN, 1991), em mercados concentrados.

5.1 DAY RATE

Existem várias unidades possíveis para avaliação de preços no MASM, como por exemplo, valor em dólar por projeto, por área (km^2), por densidade de traços sísmicos, por dia. Cada unidade de medida pode ser usada para se avaliar características diferentes. O valor por projeto dá um ideia geral sobre o MASM; por km^2 é possível comparar os preços por área, medida que pode ser mal interpretada por não levar em consideração questões específicas como a presença

ou não de obstruções na área, ganhos de escala em função do tempo de projeto e/ou de escopo em função de execução subsequente de projetos que reduzem custos de mobilização e desmobilização; o preço por densidade de traços pode ser útil quando se quer avaliar a qualidade dos dados como parâmetro, levantamentos com maior densidade de traços apresentam maior qualidade e maiores custos; por fim, o que se considera mais relevante, o preço por tempo, que fornece a taxa diária que é definida como razão entre o custo total do projeto e o tempo de operação. Encontra-se resumido na Tabela 12, os principais fatores que influenciam cada elemento de custo para o MASM e nas margens de lucro, ou, mais especificamente que afetam o *day rate*.

Tabela 12 – Fatores que influenciam o valor do *day rate*.

FATORES QUE INFLUENCIAM O PREÇO DA SÍSMICA - RATE USD										
Item		Informações do Projeto			Váriaveis Externas - Alta Frequência			Gastos em Exploração - Baixa Frequência		
		Tempo	Tipo de Barco	Complexidade do Projeto	Brent	Mercado	Tecnologia	Demanda Futura (Capex)	Consumo de Petróleo	Novas Áreas Exploratórias
Rate USD	Taxa Diária de Afretamento	S	S	N	S	S	S	S	S	S
	Combustível	N	S	N	S	N	S	N	N	N
	Pessoal	N	S	N	S	S	N	S	N	N
	Consumíveis	N	S	N	N	N	N	N	N	N
	Impostos/ Regulação	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	Lucros	N	N	N	N	S	S	S	N	N
	Mercado	N	N	N	S	S	S	S	S	S

Fonte: Elaboração própria.

O tempo de aquisição reflete diretamente os custos reais que as empresas se deparam no MASM, principalmente no modelo de locação das embarcações em que os preços variam de acordo com a conjuntura do mercado e por isso é um parâmetro padrão de análise do mercado. No *day rate* (neste trabalho sempre será em dólar americano), estão embutidos todos os custos unitários dos elementos de formação de preços das EADs, inclusive as margens de lucros e pode ser definido como:

$$DR_i = f(t, CF_i, \alpha_i, w_i, \mu_i) \quad (5.2)$$

DR_i é a taxa diária da firma i ;

t é o tempo de operação do projeto;

$CF_i(ne_i, n_i, G_i)$; Custo fixo depende do n° de empregados, frota e governança;

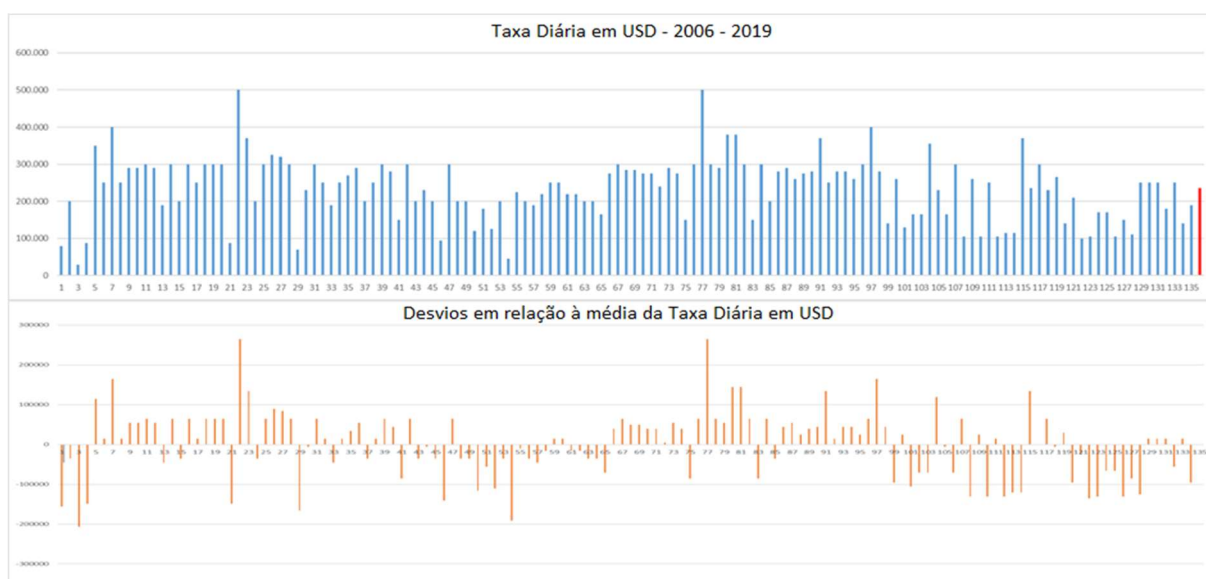
$\alpha_i = g(bhp_i, dwt_i, loa_i, idf_i)$; tipo de embarcação e tecnologia;

$w_i = h(t_i, I_{exp}, G_i)$; depende do *duration*, da demanda e da governança da firma;

$\mu_i = k(I_{exp}, \gamma, \theta_i)$; é o *mark-up* que depende do nível de aquecimento do mercado (I_{exp}), de parâmetros de estrutura do mercado (γ) e conduta da firma (θ_i).

O Gráfico 27, mostra evolução temporal para diversos pares demanda-oferta das taxas diárias e dos desvios em relação à média. O gráfico do desvio da média evidencia a existência de ciclos, pois se observa uma persistência de valores vizinhos com mesmo sinal, de onde se percebe os conjuntos de valores, ora na parte superior, ora na parte inferior com relação a abcissa. Esses ciclos estão associados à dinâmica da demanda, a entrada e saída de empresas, e é refletido com maior intensidade na parte do preço associado às estratégias competitivas das EADs.

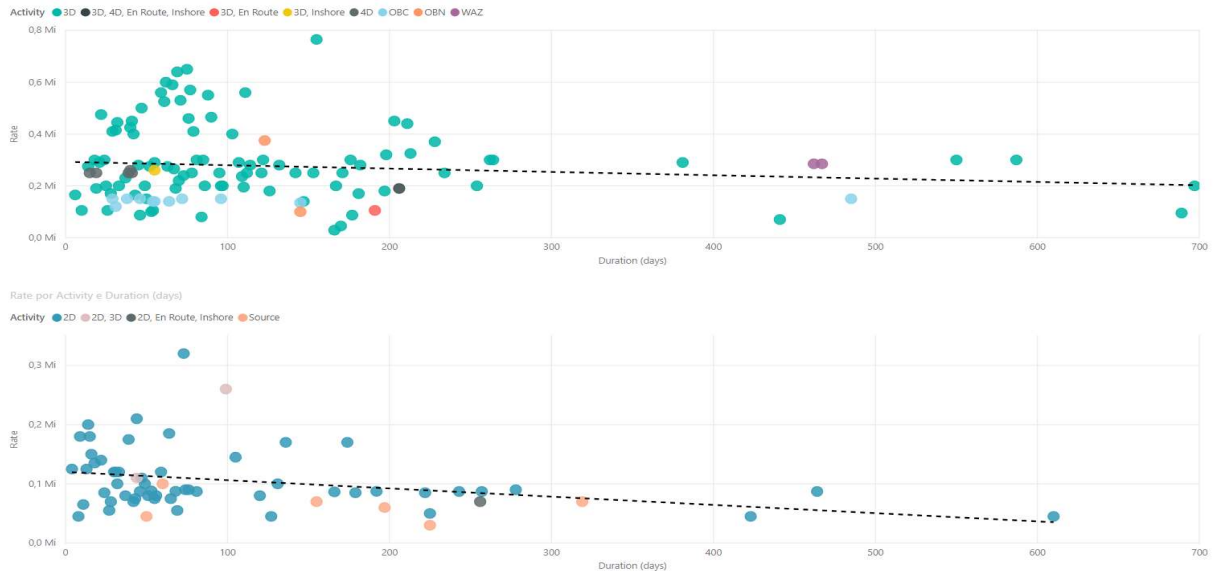
Gráfico 27 – *Day rate* em ordem sequencial (sup.) e desvios com relação à média (inf.), entre 2006 até 2019.



Fonte: Elaboração própria a partir de SB.

O *day rate* incorpora todos os custos fixos e variáveis dos projetos e o *mark-up*, por isso apresenta um decréscimo à medida que o *duration* dos projetos aumenta, refletindo os ganhos de escala. Podemos constatar, no Gráfico 28, com as linhas pontilhadas representando a reta de ajuste, que tem inclinação negativa. Para realização dos cálculos de custos e lucros do MASM, a quantidade de produto q_i da firma i é o volume de dados que é produzido em uma dada área, contudo, a unidade de medida temporal é a mais adequada para orçamentação de projetos, de modo que adota-se a quantidade q_i de projetos ou de dados a partir da *proxy* t_i , tempo que a frota irá despender para adquirir o dado desejado, sendo assim, nos referimos a q_i como sendo idêntico a t_i (na prática há um descolamento em alguns momentos, mas para valores médios de tempo por projeto a consideração é válida, ver Gráfico 28).

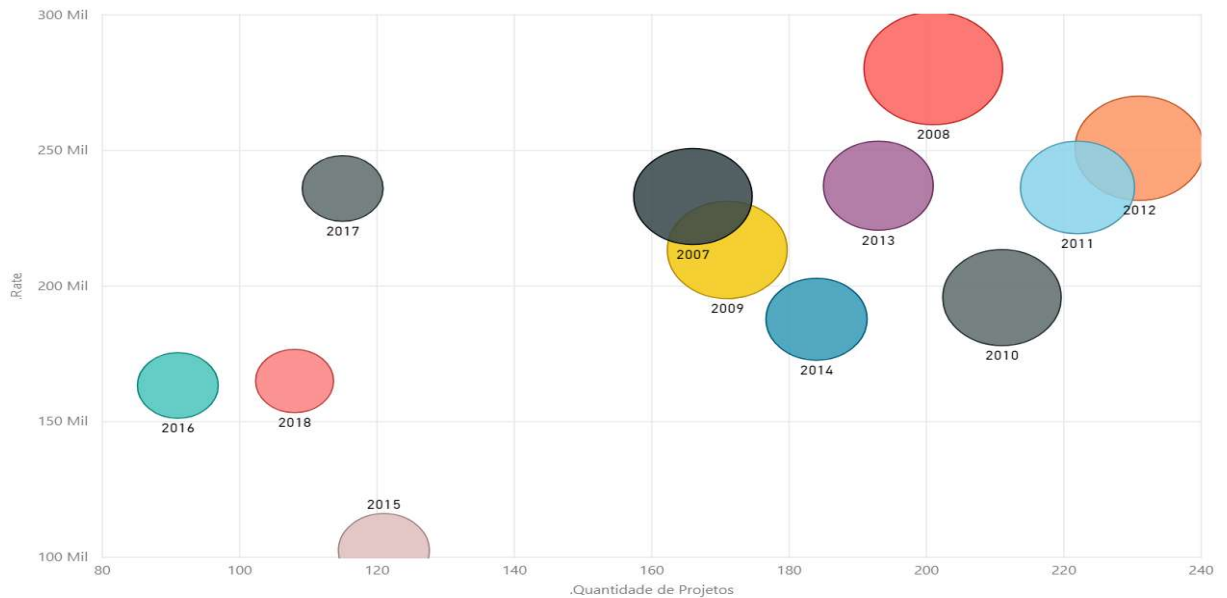
Gráfico 28 - *Day rate* versus *duration* de projetos 3D/4D(sup.) e projetos 2D e fonte (inf.).



Fonte: Elaboração própria a partir de SB.

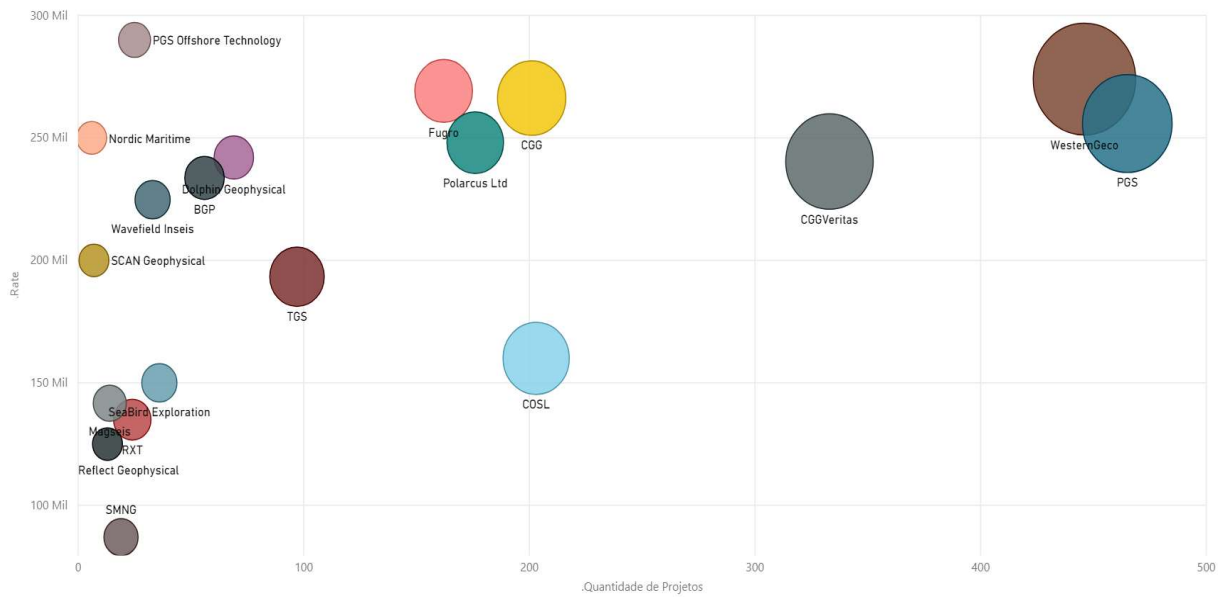
Há uma relação direta entre quantidade de projetos e preço (*day rate*) em qualquer domínio (por ano, por EAD e por CO&G), que demonstra a validade direta da lei de oferta e demanda como podemos ver no Gráfico 29, no Gráfico 30 e no Gráfico 31.

Gráfico 29 – Dispersão de quantidade de projetos por *day rate* por ano entre 2006 e 2018.



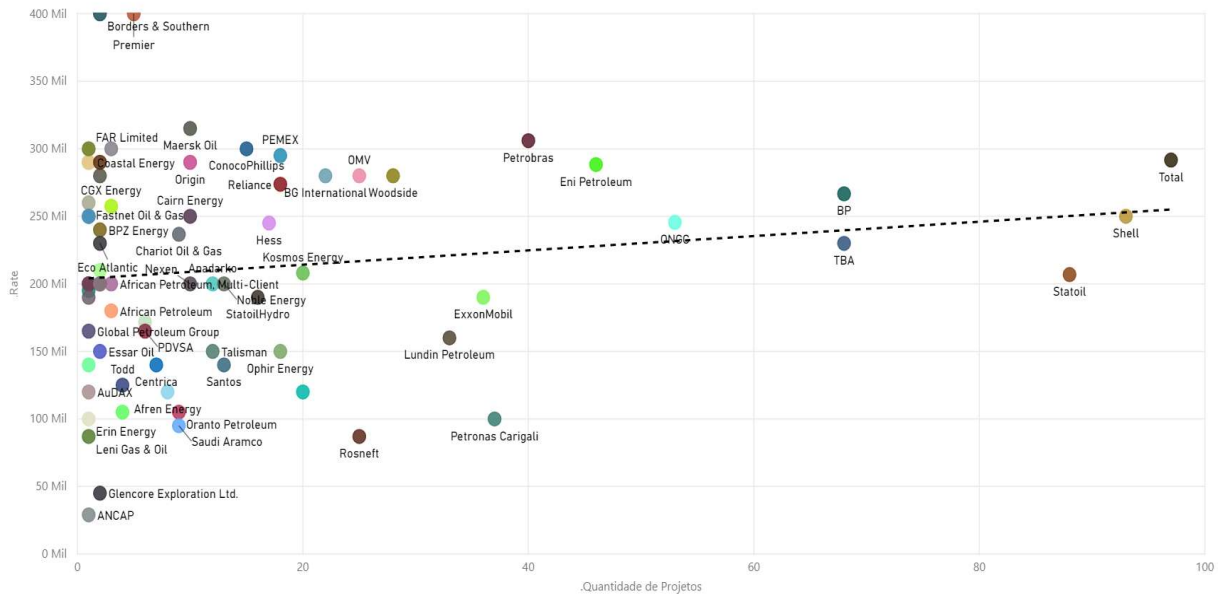
Fonte: Elaboração própria a partir de SB.

Gráfico 30 – Dispersão de quantidade de projetos por *day rate* por EAD (diâmetro do círculo representa o tempo total navegado por empresa).



Fonte: Elaboração própria a partir de SB.

Gráfico 31- Dispersão de quantidade de projetos por *day rate* por CO&G.



Fonte: Elaboração própria a partir de SB.

5.2 FUNÇÃO CUSTO DAS FIRMAS DO MASM

As funções de custos das Firmas no MASM, são dependentes do tipo de governança adotado. Consideramos nesse tópico o atendimento da modalidade contratual proprietária e a tecnologia

de aquisição ou produtos 3D/4D. Os elementos formadores de custos podem seguir dois modelos distintos: *i*) embarcações próprias; *ii*) embarcações afretadas. No primeiro modelo os custos relacionados à embarcação devem levar em consideração itens de depreciação, seguros e amortização, que dependem dos preços de compra das embarcações, enquanto no segundo modelo esses custos são pagos às empresas donas de embarcações como aluguel. A título de simplificação, usaremos apenas o termo afretamento e citaremos o modelo de governança. Os outros itens de custos são comuns aos dois modelos. Seguimos apresentando os principais itens de custos em ordem de importância: afretamento, combustível, custos com pessoal, custos com impostos e taxas e custos de administração.

O custo total de um produto/projeto é função dos custos unitários citados acima e do tempo necessário para a realização do projeto, além dos riscos, que de alguma forma são contabilizados nas propostas das EADs. Os riscos ficam em uma zona cinza, entre o custo e o *mark-up*, pois em um processo com uma concorrência muito acirrada as empresas podem assumir os riscos sem repassar aos preços, como estratégia para ganhar o projeto. A função de custos é escrita na equação 5.3:

$$C_i = CF_i + \alpha_i \sum w_{ij}t_j \quad (5.3)$$

Onde CF_i é o custo fixo por projeto, sendo função das características do projeto e de cada firma. Os custos fixos relacionados aos projetos são os que identificamos como eventos únicos para realização da operação, como os custos de licença ambiental, custos de mobilização e desmobilização, taxas portuárias e alfandegárias. Os custos fixos relacionados às firmas são os custos administrativos, valores repassados aos projetos para cobrir as despesas com escritórios, esforço de vendas, pesquisas e gastos com burocracia. No próximo tópico detalharemos esses custos.

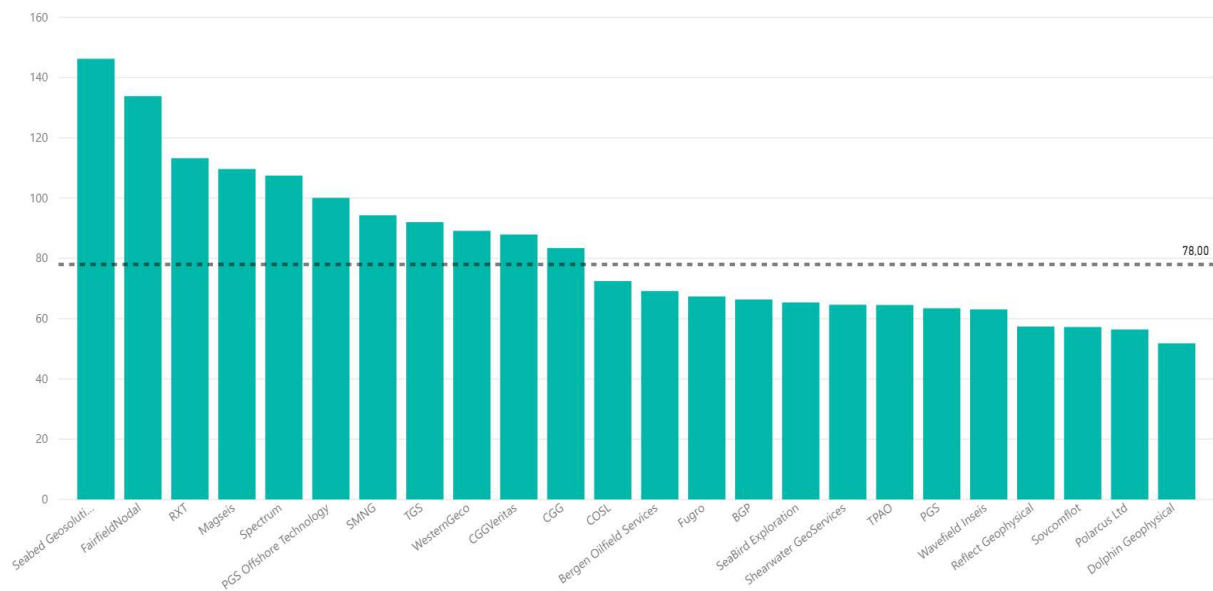
O termo α_i está relacionado eficiência operacional de cada EAD, levando em conta variáveis como o porte das embarcações, quantidades de equipamentos sísmicos, idade da frota, fornecendo ao modelo de custo o aspecto que se relaciona com o nível tecnológico. Essa relação é representada a partir da expressão $\alpha_i = g(ns_i, bhp_i, dwt_i, loa_i, idf_i)$.

Os termos w_{ij} são os preços unitários dos insumos da produção que formam os custos variáveis: taxa diária de afretamento de todas as embarcações da frota, consumo diário de combustível da frota, salários de toda tripulação convertidos em diárias, custos de alimentação, custos com

crew change etc. Como há um parâmetro endógeno que carrega as decisões internas das firmas (α_i), exceto pelo tipo de governança ($G_i = 1, 2$, para tipo1 e tipo 2 respectivamente), pode-se escrever os custos unitários dos insumos, variando a partir dos elementos exógenos relacionados ao ‘estado’ do mercado, que identificamos na seção 3, com o mecanismo gerador de demanda o I_{exp} , então podemos escrever $w_{ij} = f(t_i, I_{exp}, G_i)$.

O tempo de uso de cada insumo é t_i , também conhecido como “*duration*”. Por simplificação, consideramos o tempo estritamente em operação é como sendo o mesmo para todos os insumos, $t_i = t$. No Gráfico 32, vê-se a distribuição do *duration* médio por empresa.

Gráfico 32 - Distribuição do *duration* médio por EAD.



Fonte: Elaboração própria a partir de SB.

5.2.1 Custos Fixos

Os custos fixos nessa indústria se apresentam de duas formas: os custos fixos relacionados a manutenção da empresa como um todo e os custos fixos dos projetos. Conforme indicado anteriormente, as firmas líderes têm mantido ao longo do tempo uma estrutura de negócio com uma maior quantidade de escritórios e funcionários administrativos, laboratórios de P&D, equipes de venda, entre outros. O primeiro tipo de custo fixo a que nos referimos são os custos para manter essa estrutura de negócio das firmas (tipo 1, $CF1_i$).

Um segundo tipo de custo fixo é aquele associado a execução de cada projeto. Para a realização de um projeto de ASM são necessários trâmites burocráticos e de adequação das embarcações para cumprimento de normas locais e atendimento de especificações das demandantes. No Brasil, por exemplo, as firmas devem ter uma filial nacional e pedir autorização para a ANP e IBAMA, este último, para conceder a licença de aquisição sísmica (LAS), exige, a depender da classificação da área da pesquisa, diferentes estudos de impacto ambiental que apresentam custos diferentes. Além disso, existem custos alfandegários para entrada e saída de embarcações do país e custos com a importação de equipamentos. Em relação aos custos de adequação das embarcações, outro exemplo brasileiro, é o uso de incineradores que é proibido por lei, e a firma deve destinar o lixo das embarcações para aterros legais em terra (custo fixo do tipo 2, $CF2_i$).

Um dos itens que tem maior peso na produtividade da indústria como um todo é o item denominado tempo de trânsito. Em função do caráter global da demanda, as embarcações estão distribuídas em projetos em diversos continentes, e quando são destinadas a projetos em diferentes regiões do mundo, em função de sua disponibilidade, incorrem na mobilização das embarcações até as novas posições de trabalho. A depender da origem e destino, esse tempo de mobilização pode chegar a 25 dias, esse é um custo que está na classe do tipo 2.

Adiciona-se a essa mobilização, o tempo parado no porto devido a trâmites junto a marinha e a receita locais, o deslocamento até a área da operação e toda preparação pré-operacional dos equipamentos para iniciar o serviço, ou seja, pode-se chegar a um mês sem produção efetiva. Esse item tem impacto muito relevante na indústria e a distribuição a cada tempo da posição dos elementos da frota das EADs passa a ser elemento chave de competição entre as EADs, devido aos ganhos de economia de escala.

Se uma empresa realizar projetos muito curtos, da ordem de 1 a 3 meses, em bacias geológicas distintas, o que é comum no portfólio das EADs, esse tempo de trânsito pode representar até 25% do tempo anual de uma embarcação sísmica. Em suma, os custos fixos são dados por:

$$CF_i = CF1_i + CF2_i \quad (5.4)$$

$$CF1_i = f(ne_i, n_i, G_i) = \begin{cases} \exp(\sigma_0 + \sigma_1 ne_i + \sigma_2 ne_i) & \text{se } G_i = 1 \\ 0 & \text{se } G_i = 2 \end{cases} \quad (5.5)$$

$$CF2_i = mob + despesas\ iniciais \quad (5.6)$$

O tempo médio de *mob* é 25 dias, que corresponde a um custo médio da ordem de USD 5 milhões, e as despesas iniciais podem chegar USD 1 milhão. Os valores de σ_i são obtidos a partir do ajuste que adote a premissa de que o valor médio $CF1_i$ corresponda no máximo a 2,5% do custo do projeto.

5.2.2 Custos Variáveis

Os custos variáveis são função do tempo e dos custos unitários dos insumos. O tempo de operação de um projeto de ASM leva em conta uma grande quantidade de parâmetros, entre os principais estão: área do projeto, densidade de traços (que representa o nível de resolução que se pretende alcançar), localização, condições climáticas, presença de obstruções na área do projeto, realização de atividades de mergulho (normalmente, para realizar manutenções em plataformas), questões ambientais (maior ou menor presença de cetáceos), entre outros. Em áreas exploratórias, as áreas de pesquisa geofísica são geralmente extensas levando a um maior *duration*, contudo a densidade de traços pode ser mais esparsa reduzindo a média do *duration*. Considerando o tempo único para todos os insumos a equação 5.2 se torna:

$$C_i = CF_i + \alpha_i t \sum w_{ij} = CF_i + t\alpha_i w_i \quad (5.7)$$

Onde $w_i = \sum w_{ij}$, é o preço total dos insumos e $\alpha_i = g(ns_i, bhp_i, dwt_i, loa_i, idf_i)$ pode ser obtido por:

$$\alpha_i = \exp\left(\delta_1 + \delta_2 \frac{ns_i}{\max(ns_i)} - \delta_3 \frac{idf_i}{\max(idf_i)} + \delta_4 \Delta_i\right) \quad (5.8)$$

Onde,

$$\Delta_i = \frac{1}{3} \left(\frac{bhp_i}{\max(bhp_i)} + \frac{dwt_i}{\max(dwt_i)} + \frac{loa_i}{\max(loa_i)} \right) \quad (5.9)$$

O parâmetro δ , é utilizado para fazer a normalização, de modo que α_i seja igual a unidade quando as demais variáveis dependentes assumirem os valores médios considerando toda a indústria. Os resultados estão resumidos na

Tabela 13 a seguir.

Tabela 13 – Valores mínimo, médio e máximo de α_i para as três maiores firmas do MASM, a BGP e RES.

Proprietário	Média de BHP	Média de DWT (ton)	Média de LOA	Média de Max No of Streamers	Média de idade	Mínimo de alfa	Média de alfa	Máximo de alfa
PGS	17734,00	4657,63	88,84	17,75	21,00	0,69	0,93	1,18
WTG	13308,33	3878,00	89,42	12,67	10,83	0,95	0,96	1,00
RES	13166,03	3821,44	94,86	12,18	17,65	0,69	1,00	1,20
CGG	14029,14	3217,71	104,96	11,14	24,57	0,87	1,04	1,19
BGP	5384,00	2314,00	83,70	6,00	31,00	1,18	1,18	1,18

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 13, com a métrica utilizada, a PGS apresenta maior vantagem tecnológica em função das embarcações do tipo *Ramform* que possuem grande porte e maior capacidade no número máximo de *streamers* que podem ser rebocados, além de possuir algumas embarcações de menor idade. A WesternGeco fica em segundo, principalmente pela menor idade de suas embarcações, com sua frota tendo menos da metade da idade quando comparada a seus pares. Para calcular w_{ij} as relações dos custos unitários dos insumos $w_{ij} = f(t, I_{exp}, G_i)$, que calcularemos no tópico de preços dos insumos.

5.2.3 Economias de Escala

As EADs, como visto, realizam projetos de tempo médio de aproximadamente 80 dias, e que à medida que o *duration* aumenta o *day rate* tem um tendência de queda. O *day rate* que usamos acima representa o custo médio total do projeto e não o custo variável médio do projeto, pois está embutido todos os custos fixos. Os custos fixos do tipo 1, são em geral distribuídos em todos os projetos que a firma consegue ganhar, não necessariamente de maneira uniforme. Já os do tipo 2 se apresentam em cada projeto e é nesse custo que podem surgir maiores economias de escala. O portfólio ótimo, no sentido de maximizar as economias de escala, no limite, é o formado por projetos de grande porte em áreas exploratórias, ou ainda pela realização de contratos de longo prazo, do tipo guarda-chuva, em que se garante continuidade de execução de projetos para uma mesma EAD em uma mesma área.

Os ganhos de escala estão na: *i)* redução dos custos fixos do tipo 2; *ii)* redução do tempo de trânsito; *iii)* contratos de longo prazo firmados na baixa do ciclo, que podem garantir um custo

de afretamento baixo e estável para os projetos futuro; esse efeito no afretamento, é uma compensação no preço do afretamento em função da garantia de ocupação da embarcação; e *iv*) ganhos de produtividade advindos da melhor relação entre demandante e contratada.

Como exemplo, vê-se na Tabela 14 os cenários A, B e C com *duration* de 180, 360 e 540 dias, respectivamente, com os custos fixos do tipo 1 e 2, CF, os afretamentos AFR, gastos com combustível e pessoal, MGO e MO respectivamente, os custos totais CT e acumulado AC, e, por fim o *day rate* DR nas últimas três colunas. Observa-se uma queda no DR de 10% entre os cenários A e B, de 6% entre os cenários B e C e de 16% entre os cenários A e C.

Tabela 14 – Simulação de valores de custos de ASM com diferentes *durations* (A=180; B=360; C=540).

Dias	CF1A	CF1B	CF1C	CF2A	CF2B	CF2C	AFRA	AFRB	AFRC	MGOA	MGOB	MGOC	MOA	MOB	MOC	CTA	CTB	CTC	ACA	ACB	ACC	DRA	DRB	DRC	
30	1	1	1	14	14	14	7,50	7	6,50	3	3	3	2	2	2	27,50	27	26,50	27,50	27	26,50	0,92	0,90	0,88	
60	1	1	1	0	0	0	7,50	7	6,50	3	3	3	2	2	2	13,50	13	12,50	41,00	40	39,00	0,68	0,67	0,65	
90	1	1	1	0	0	0	7,50	7	6,50	3	3	3	2	2	2	13,50	13	12,50	54,50	53	51,50	0,61	0,59	0,57	
120	1	1	1	0	0	0	7,50	7	6,50	3	3	3	2	2	2	13,50	13	12,50	68,00	66	64,00	0,57	0,55	0,53	
150	1	1	1	0	0	0	7,50	7	6,50	3	3	3	2	2	2	13,50	13	12,50	81,50	79	76,50	0,54	0,53	0,51	
180	1	1	1	1	0	0	7,50	7	6,50	3	3	3	2	2	2	14,50	13	12,50	96,00	92	89,00	0,53	0,51	0,49	
210	0	1	1	0	0	0	0,00	7	6,50	0	3	3	0	2	2	0,00	13	12,50		105	101,50		0,50	0,48	
240	0	1	1	0	0	0	0,00	7	6,50	0	3	3	0	2	2	0,00	13	12,50		118	114,00		0,49	0,48	
270	0	1	1	0	0	0	0,00	7	6,50	0	3	3	0	2	2	0,00	13	12,50		131	126,50		0,49	0,47	
300	0	1	1	0	0	0	0,00	7	6,50	0	3	3	0	2	2	0,00	13	12,50		144	139,00		0,48	0,46	
330	0	1	1	0	0	0	0,00	7	6,50	0	3	3	0	2	2	0,00	13	12,50		157	151,50		0,48	0,46	
360	0	1	1	0	1	0	0,00	7	6,50	0	3	3	0	2	2	0,00	14	12,50		171	164,00		0,48	0,46	
390	0	0	1	0	0	0	0,00	0	6,50	0	0	3	0	0	2	0,00	0	12,50			176,50			0,45	
420	0	0	1	0	0	0	0,00	0	6,50	0	0	3	0	0	2	0,00	0	12,50			189,00			0,45	
450	0	0	1	0	0	0	0,00	0	6,50	0	0	3	0	0	2	0,00	0	12,50			201,50			0,45	
480	0	0	1	0	0	0	0,00	0	6,50	0	0	3	0	0	2	0,00	0	12,50			214,00			0,45	
510	0	0	1	0	0	0	0,00	0	6,50	0	0	3	0	0	2	0,00	0	12,50			226,50			0,44	
540	0	0	1	0	0	1	0,00	0	6,50	0	0	3	0	0	2	0,00	0	13,50			240,00			0,44	
Valor total	6	12	18	15	15	15	45,00	84	117,00	18	36	54	12	24	36	96,00	171	240,00							

Fonte: Elaboração própria.

5.2.4 Economias de Escopo

As economias de escopo ocorrem no MASM principalmente nas estratégias das EADs em ocupar as frotas nas modalidades *multi-client* e proprietário. As EADs que tem expertise nas duas modalidades são capazes de otimizar seus portfólios e aumentar seus lucros. Outro produto que entra nessa linha de economias de escopo são as aquisições 4D.

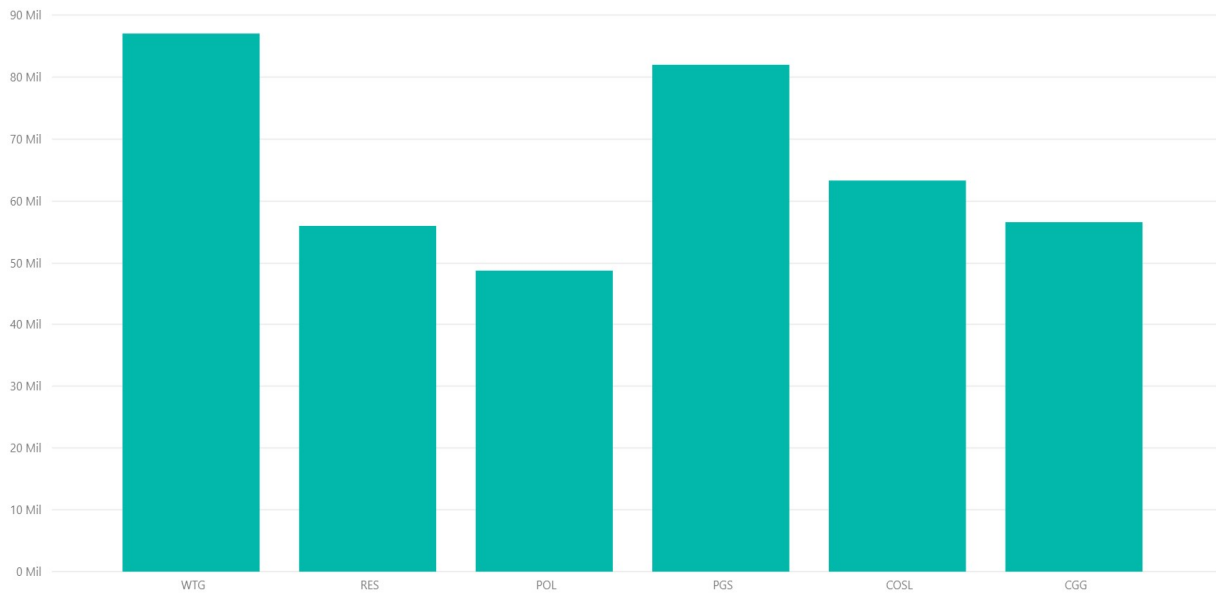
5.2.5 Preços dos Insumos

O *day rate* está associado ao custo a partir de:

$$DR = \frac{(C_i + M_i)}{t} = \frac{CF_i + t\alpha_i w_i + M_i}{t} \quad (5.10)$$

Para estimar os custos a partir do DR algumas estratégias são possíveis, a mais simples é observar em cada período os menores preços e adotar como referência de *mark-up* nulo, ou próximo disso, ou ainda subtrair uma taxa média de lucro dos preços. A Gráfico 33, apresenta os resultados da estimativa do afretamento, insumo que corresponde no nosso exemplo a 60% dos custos variáveis totais.

Gráfico 33 – Média dos custos estimados do afretamento das EADs.



Fonte: Elaboração própria a partir da eq. 5.10 e SB.

5.3 CUSTOS VERSUS *MARKET SHARE*

Para estimar os custos indiretamente, parte-se da função lucro da IASM que pode ser escrita:

$$\pi = \sum s_i(p_i - cm_i)S - CF_i \quad (5.11)$$

definindo,

$$v_i = p_i - cm_i \quad (5.12)$$

Sendo s_i o *market-share*, S o tamanho do mercado, v_i o lucro variável *per capita*, cm_i podemos usar o custo marginal ou custo médio, p_i o preço do produto/serviço e CF_i da i -ésima firma. Os valores de s_i são encontrados na Tabela 15 e na Tabela 16.

Vamos definir as funções de custos de 6 modelos de empresa, representando as cinco primeiras no *ranking* em tamanho de mercado e a sexta representando todas as demais. As três primeiras formam um oligopólio com cerca de 60% do mercado e apresenta estruturas de custos similares, porém com particularidades em relação aos preços unitários dos insumos e de eficiência operacional e características semelhantes com relação à frota de embarcações que são próprias, número de empregados, quantidade de escritórios, investimentos em P&D. Os custos fixos se distinguem com base no critério visto na equação 5.5. A quarta firma tem um mercado bastante restrito, mas está em processo de internacionalização e apresenta custos inferiores as demais concorrentes. Das outras duas, uma delas representando todas as demais, opera afretando embarcações a partir de contratos de curto prazo, mobilizando e desmobilizando equipes de acordo com demanda.

Tabela 15 – *Market Share* das principais empresas de ASM entre 2006 e 2019

Contractor	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
PGS		3,33%	26,19%	20,21%	22,84%	21,13%	16,55%	17,27%	12,82%	23,08%	29,46%	29,37%	24,24%	24,62%	19,07%
WesternGeco	28,04%	28,33%	22,38%	17,10%	20,26%	21,13%	16,90%	21,69%	17,09%	13,61%	19,64%	13,99%	9,85%	3,08%	18,87%
CGGVeritas	13,08%	24,44%	23,81%	35,23%	22,41%	16,60%	18,31%	8,84%	1,28%						13,55%
CGG	14,02%	3,33%		0,52%			1,41%	16,47%	22,22%	21,89%	16,07%	18,18%	20,45%	13,85%	9,17%
COSL	7,48%	7,78%	5,24%	8,81%	5,17%	6,79%	7,04%	6,83%	10,68%	10,06%	12,50%	11,19%	16,67%	9,23%	8,43%
Polarcus Ltd					3,88%	9,06%	10,92%	8,43%	11,11%	11,24%	11,24%	11,89%	12,12%	9,23%	7,18%
Fugro	5,61%	7,22%	8,57%	10,88%	17,24%	13,58%	10,92%	1,20%							6,52%
TGS	0,93%	3,33%	4,29%	2,59%	3,02%	5,28%	5,63%	2,81%	5,13%	4,14%	1,79%	4,90%	5,30%	6,15%	4,04%
Dolphin Geophysical															2,72%
BGP				1,55%	2,16%	1,89%	4,23%	3,61%	4,27%	1,78%	1,79%	4,20%	1,52%	4,62%	2,33%
PGS Offshore Technology	28,04%	13,89%													2,14%
FairfieldNodal				0,52%	0,43%	1,51%	2,46%	1,61%	4,70%	4,14%	2,68%	4,90%	2,27%		1,86%
SeaBird Exploration	0,93%		1,43%	2,07%	2,59%	1,51%	2,11%	3,61%	2,14%				0,76%	1,54%	1,55%
Wavefield Inseis	1,87%	8,33%	8,10%	0,52%											1,36%
Shearwater GeoServices											1,79%	1,40%	6,82%	27,69%	1,20%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fonte: Elaboração própria a partir de SB.

Na modelagem, considera-se a POL como entrante no mercado, a COSL como principal ameaça de entrada no mercado mundial, a partir da expansão de seus negócios para além do atendimento da demanda da China, e as três maiores formando o oligopólio CGG, PGS e WTG. As demais firmas foram consideradas como representando uma firma única que chamamos de RES. A Tabela 16 resume o *market share* com essa premissa.

Tabela 16 - *Market Share* das 5 maiores empresas de ASM e as demais agrupadas em RES, entre 2006 e 2019.

Manager	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
RES	16,38%	23,16%	25,34%	22,33%	28,57%	28,87%	31,48%	25,29%	28,05%	28,04%	21,54%	23,90%	25,17%	47,22%	26,63%
CGG	24,14%	25,79%	23,08%	34,47%	21,22%	16,20%	18,36%	24,14%	22,76%	20,63%	11,54%	13,84%	17,22%	11,11%	20,97%
PGS	25,00%	16,32%	25,34%	18,93%	20,82%	19,72%	15,74%	16,09%	11,38%	20,11%	25,38%	25,79%	20,53%	22,22%	19,42%
WTG	27,59%	26,84%	21,27%	16,02%	20,00%	20,42%	17,05%	19,54%	16,26%	11,64%	15,38%	13,21%	8,61%		17,62%
COSL	6,90%	7,89%	4,98%	8,25%	4,90%	6,34%	6,56%	6,51%	10,16%	8,99%	13,85%	11,95%	15,23%	8,33%	8,14%
POL					4,49%	8,45%	10,82%	8,43%	11,38%	10,58%	12,31%	11,32%	13,25%	11,11%	7,21%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fonte: Elaboração própria a partir da Tabela 15.

Considerando a estratégia de competição em preço (equilíbrio Bertrand-Nash) e que os preços são todos positivos, então essa condição de equilíbrio é expressa por:

$$\frac{\partial \pi}{\partial p_i} = \frac{\partial}{\partial p_i} \left[\sum s_i (p_i - cm_i) S - CF_i \right] = 0 \quad (5.13)$$

então,

$$s_i + \sum (p_j - cm_j) \frac{\partial s_j}{\partial p_i} = 0 \quad \text{com } j \neq i \quad (5.14)$$

definindo,

$$\Omega = \Omega_{ij} = - \partial s_j / \partial p_i \quad (5.15)$$

podemos encontrar v_j e obtemos,

$$s_i - \sum v_j \Omega_{ij} = 0 \rightarrow s = \Omega v \quad (5.16)$$

portanto,

$$v = p - cm = \Omega^{-1} s(p) \quad (5.17)$$

A equação 5.17 relaciona a margem de lucro das firmas com a variação da participação das firmas no mercado, com mudanças de preços e o próprio *market share* das firmas em função do preço, e que pode ser usada para estimar os custos marginais das firmas. Os resultados estão expostos na Tabela 17.

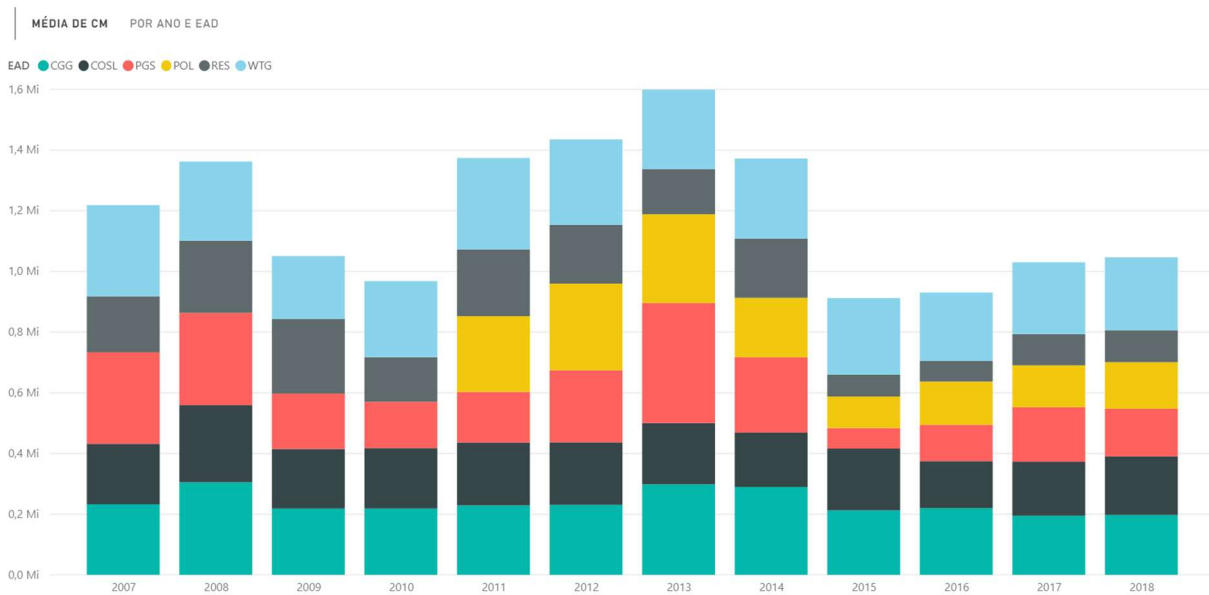
Gráfico 34 mostra os resultados dos custos das EADs entre 2007 e 2019. Nos anos de 2009, 2010 e a partir de 2015 os custos tiveram valores comparativamente menores com os demais anos do período, sendo 2013 ano de maior demanda, o que apresentou maiores custos para as EADs, de onde concluímos que a flutuação de preço dos serviços de ASM estão fortemente atreladas aos custos no MASM. De 2015 em diante os custos reduziram de maneira brusca e desde então vem crescendo em um ritmo mais lento.

Tabela 17 – Valores estimados de *mark-up* e custos por EAD e por ano.

EAD ANO	CGG		COSL		PGS		POL		RES		WTG	
	MARKUP	CM	MARKUP	CM	MARKUP	CM	MARKUP	CM	MARKUP	CM	MARKUP	CM
2007	-2.482,70	232.482,70	603,10	199.396,90	-21.599,20	301.599,20	0,00	0,00	15.525,40	184.474,60	-419,90	300.419,90
2008	-4.991,60	304.991,60	-4.012,70	254.012,70	5.738,40	304.261,60	0,00	0,00	1.845,80	238.154,20	-10.681,10	260.681,10
2009	21.398,00	218.602,00	3.951,90	196.048,10	-7.470,10	182.470,10	0,00	0,00	3.598,80	246.401,20	-7.166,10	207.166,10
2010	31.349,80	218.650,20	-4.059,60	199.059,60	2.382,60	152.617,40	0,00	0,00	3.100,00	146.900,00	-744,00	250.744,00
2011	11.216,00	228.784,00	-7.360,90	207.360,90	-1.832,10	166.832,10	-9.517,00	249.517,00	9.881,30	220.118,70	-1.188,00	301.188,00
2012	4.314,50	230.685,50	-902,70	205.902,70	-17.589,50	237.589,50	9.365,20	285.634,80	11.110,50	193.889,50	-11.377,80	281.377,80
2013	6.780,80	298.219,20	-1.949,60	201.949,60	4.416,60	395.583,40	-12.665,70	292.665,70	5.990,90	149.009,10	3.363,20	261.636,80
2014	-19.630,20	289.630,20	15.791,60	179.208,40	-18.070,10	248.070,10	13.963,40	196.036,60	-19.717,00	195.217,00	-3.963,50	263.963,50
2015	27.221,70	212.778,30	-3.453,00	203.453,00	37.541,40	67.458,60	-1.400,80	103.900,80	28.005,70	71.994,30	2.559,90	252.440,10
2016	-10.009,50	220.009,50	40.340,90	154.659,10	50.390,00	119.610,00	17.267,10	142.732,90	26.625,00	68.375,00	25.117,20	224.882,80
2017	-14.851,00	194.851,00	21.999,60	178.000,40	344,40	179.655,60	11.944,60	138.055,40	-2.753,00	102.753,00	18.317,60	236.682,40
2018	-2.343,00	197.343,00	2.114,00	192.886,00	32.622,60	157.377,40	-13.261,40	153.261,40	4.728,60	105.271,40	16.707,40	240.292,60
2019	64.269,00	145.731,00	56.478,00	143.522,00	12.656,70	187.343,30	19.614,00	130.386,00	19.126,70	100.873,30	87.979,30	172.020,70

Fonte: Elaboração própria a partir da equação 5.17.

Gráfico 34 – Dados empilhados dos custos estimados das EADs dispostos na Tabela 17.

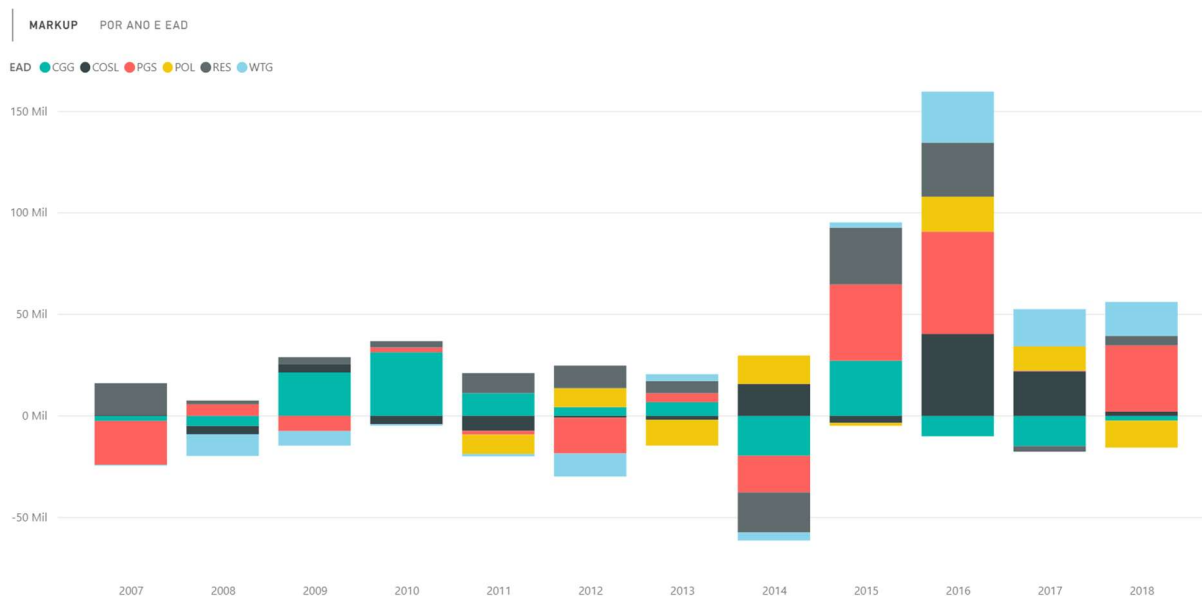


Fonte: Elaboração própria.

5.4 MARK-UP DAS FIRMAS DO MASM

No Gráfico 35 temos os resultados dos *mark-ups* entre 2007 e 2019. Entre 2007 e 2014 os *mark-ups* apresentaram valores negativos e relativamente baixos, sendo 2014 o ano com o pior resultado para as EADs.

Gráfico 35 – Dados empilhados dos *mark-ups* estimados das EADs a partir da Tabela 17.



Fonte: Elaboração própria.

5.5 FIRMA REPRESENTATIVA DO MASM

De posse das modelagens realizadas, podemos definir a firma representativa como sendo aquela que reflete o padrão médio da indústria. Em termos de eficiência operacional essa firma tem coeficiente técnico igual a unidade ($\alpha_i = 1$), e os preços dos insumos igual aos preços médios de toda indústria ($w_{FRI} = média(w_i)$). O *duration* médio por projeto é de cerca de 80 dias e o *day rate*, considerando todos os projetos fica em torno de USD 235 mil, podendo variar a depender dos subconjuntos de projetos que se considere, para 4D e aquisições de tecnologia OBS esses valores podem ser superiores a USD 300 mil. O projeto representativo é aquele que considera o *duration* médio e os preços da firma representativa, que é de cerca de 80 dias levando a um custo médio de cerca de USD 20 milhões.

5.6 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS DA SEÇÃO 5

- As variações de preços, como visto acima, ocorrem em função das flutuações dos custos absolutos e do *mark-up* das firmas. Os custos absolutos variam em função das diferenças entre os projetos demandados, nas produtividades das equipes e pela variação dos preços dos insumos. As diferentes parametrizações de projetos afetam mais diretamente os custos fixos do tipo 2, que estão associados a economias de escala.

- Foi possível capturar a diferença entre produtividade das equipes no coeficiente técnico (α_i), que pode servir como uma escala de eficiência baseada nos parâmetros físicos das plantas das firmas. Com relação aos insumos, os principais são: embarcações sísmicas, combustível e pessoal. As embarcações sísmicas podem ter seus preços unitários definidos em duas formas que depende do tipo de governança (G_i), para as líderes do setor $G_i = 1$, as embarcações são próprias e o preço unitário é dado pela soma das despesas com amortizações, depreciação, seguros e manutenção das embarcações, que por hipótese, não dependem de variáveis exógenas. Para as firmas com governança $G_i = 2$, as embarcações são afretadas no mercado *spot* com preços dependentes do nível de aquecimento de mercado. As firmas da franja do mercado e as novas firmas que operam com embarcações ROVs para tecnologias *nodes*, seguem esse modo de governança. Por essa diferença entre os custos de afretamento das firmas a depender de G_i abre-se um espaço para as variações de *mark-up* por parte das líderes, mantendo válida a premissa de maximização de ocupação das frotas. Essas asserções foram confirmadas pelos resultados obtidos nas secções 5.3 e 5.4.
- O *mark-up* está associado as estratégias das empresas e podem assumir valores positivos, nulos ou negativos, a depender de condições do mercado. Estratégias com *mark-ups* negativos podem indicar que a firma assume uma perda para ganhar um mercado novo (expansão da firma) ou podem ser reflexos de custos afundados, por exemplo, por ter embarcações paradas por falta de projetos, ou ainda, pode ser uma decisão da firma se manter operando em margens negativas para não decentralizar as capacidades técnicas de suas equipes. Além disso, pode haver erro de avaliação de projetos, ocasionando um *gap* entre os custos planejados e os realizados. Não se pode desconsiderar que os dados são incompletos, o que pode ser fonte de explicação para margens negativas. Os *mark-ups* próximos de zero, tanto no nível das firmas como no nível da indústria apontam que há um maior nível de competição.
- Os cálculos indicaram *mark-up* negativo com maior intensidade no ano de 2014. Nesse ano ocorreu a redução drástica no nível de investimentos das CO&G, concomitante ao aumento das frotas, o que gerou capacidade ociosa rápida e acentuadamente. Segundo nossas estimativas, as três líderes de mercado auferiram prejuízos em taxas semelhantes.

- Em 2015 e 2016 há uma reversão e os *mark-ups* médios anuais de algumas empresas chegam a atingir valores acima de 7%.
- A WTG apostou em uma estratégia de expansão e se deparou com a contração da demanda. Sendo uma subsidiária de uma empresa maior, a Schlumberger, com participação no mercado financeiro, a WTG sucumbiu à pressão sobre os resultados que estavam abaixo da expectativa. Temos uma possível resposta para a pergunta lançada na introdução sobre como uma empresa de grande porte vai à bancarrota em um ciclo de baixa no mercado.
- O modelo da Firma Representativa pode ser utilizado para elaboração de estimativas de custos e simulações orçamentárias de projetos de ASM.

5.7 ANÁLISE ECONÔMICA E RESULTADOS

Nesse tópico apresentam-se os cálculos das estimativas de concentração no MASM, os parâmetros de conduta das firmas, através do índice de Lerner (θ_i), e do parâmetro de conduta (λ_i) proposto por Bresnahan (1982, 1989), e o nível de competitividade da IASM pelo índice *relative profit differences* (RPD) proposto por Boone (2008). Por fim, discute-se os resultados considerando as três dimensões fundamentais da OI, estrutura, conduta e desempenho.

5.7.1 Concentração

Existem dois índices de concentração comumente citados na literatura, como visto em Lee (2007), que são a razão de concentração (*concentration ratio*) e o *Herfindahl - Hirschman Index* (HHI, ver Herfindahl, 1950), calculados a partir do *market share* de cada firma de acordo com as equações 5.18 e 5.19:

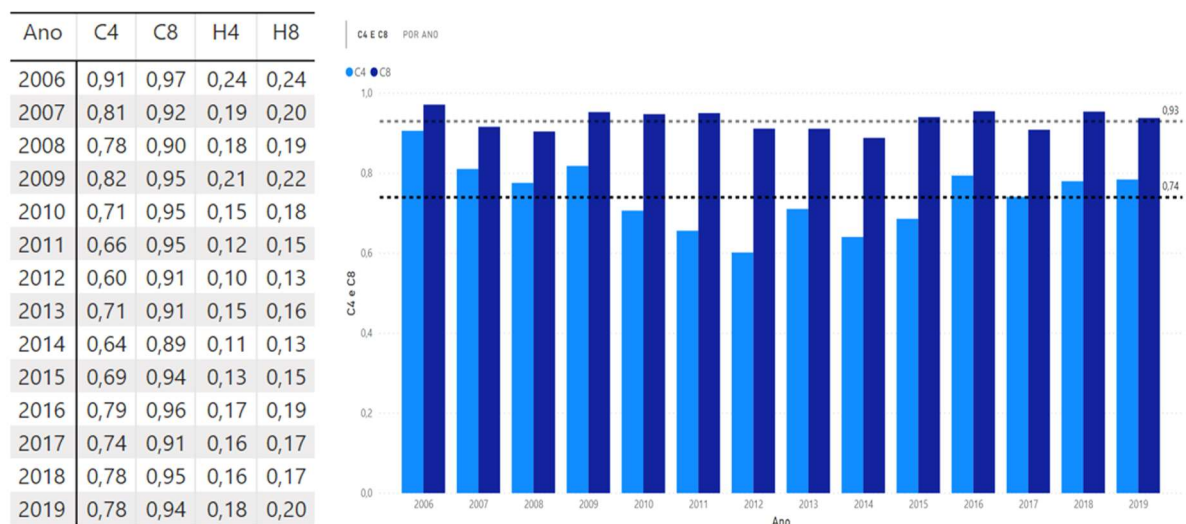
$$C_N = \sum_{i=1}^N s_i \quad (5.18)$$

$$HHI = \sum_{i=1}^N s_i^2 \quad (5.19)$$

Figura 9, se encontram os valores de $C4$, $C8$, $H4$ e $H8$ na tabela à esquerda e o gráfico em barras com $C4$ e $C8$. Observamos que o nível de concentração $C4$ oscilou, caindo significativamente no período de aumento da demanda (chegou ao valor mínimo de 0,6 em 2012) e subiu no momento de contração da demanda (atingiu o valor de 0,79 em 2016). O índice $C8$ oscila em um intervalo mais restrito entre 0,89 e 0,97, com média de 0,93. O $H4$ e $H8$ ³¹ estão na banda entre 0,10 e 0,24, corroborando os resultados de $C4$, o mercado está na banda entre moderadamente e altamente concentrado.

Com os dados de performance obtidos na seção anterior, investiga-se a relação entre estrutura e desempenho (usamos o lucro estimado como parâmetro de desempenho). O índice de correlação entre $C4$ e $C8$, é relativamente baixo (0,38), mostrando que há um descolamento no comportamento entre as 4 líderes e as outras 4 empresas que formam o $C8$, com relação a ocupação do mercado. A correlação entre $C4$ e o Lucro também foi baixo (0,34). Já a correlação entre $C8$ e o Lucro foi maior (0,69).

Figura 9 – Tabela com os valores calculados de $C4$, $C8$ e $H4$ para o MASM por ano entre 2006 e 2019 e gráfico de barras para $C4$ e $C8$.



Fonte: Elaboração própria a partir das equações 5.18 e 5.19.

³¹Os valores de HHI estão em termos percentuais, portanto deve-se multiplicar por 10.000. Conforme Beiral (2013) mercados são considerados de baixa concentração se $HHI < 1000$, moderadamente concentrados para $1000 < HHI < 1800$ e altamente concentrado se $HHI > 1800$.

Realizamos a regressão com diversas combinações entre os parâmetros de concentração, tamanho de mercado e lucro. Os resultados indicaram que as variáveis significativas são o $C8$, o tamanho do mercado *size market* (SM), que é dado pelo número de projetos realizados por ano (ver Gráfico 36) e a diferença de tamanho de mercado DSM entre anos consecutivos.

O modelo usado está representado na equação 4.20. O valor de R^2 foi 0.82. Quando adicionamos o preço do *brent* no modelo, R^2 sobe para 0.85, mas o R^2 ajustado permanece o mesmo, indicando que essa variável tem pouco influência, devido a sua alta correlação com SM (0,88).

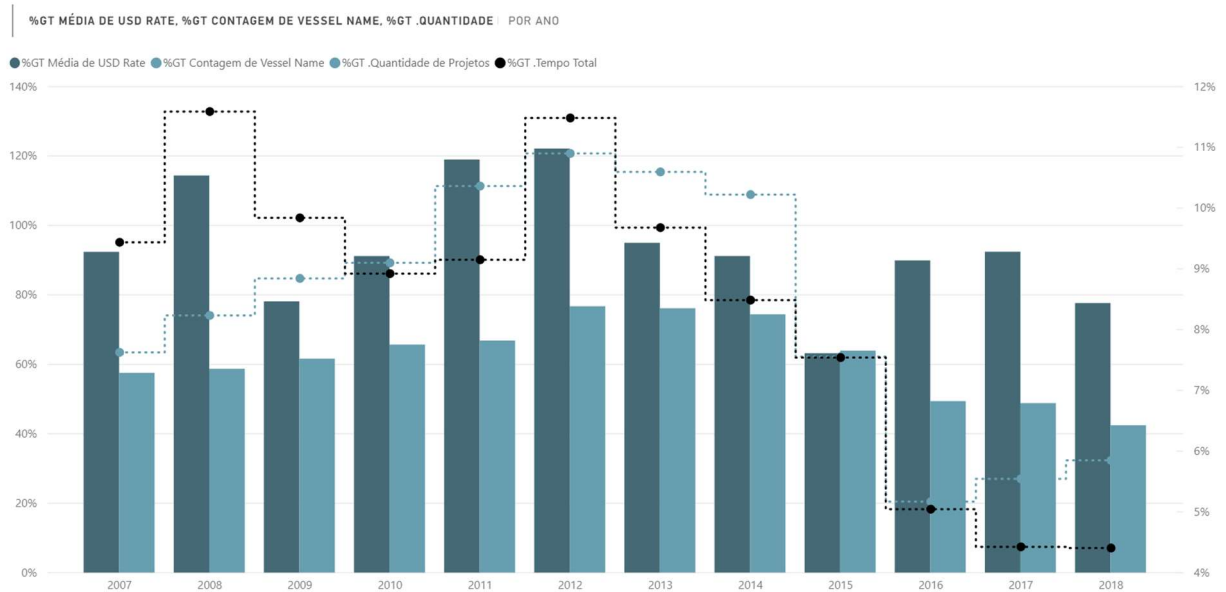
$$L = \iota_0 + \iota_1 C_8 + \iota_2 SM + \iota_3 DSM + \varepsilon \quad (5.20)$$

Os coeficientes encontrados para SM e DSM foram negativos (-0,54, -1,11) e para $C8$ foi positivo (+7,86), indicando que quando a demanda aumenta o nível de lucro diminui, esse resultado é de certo modo inesperado, pois a medida que o mercado expande espera-se maiores taxas de lucro para as líderes, porém ocorre pressão nos preços pelo lado dos custos, reduzindo as margens de lucro. O tamanho do mercado em cada ano é definido pelas CO&G previamente e as firmas no MASM disputam para capturar maior participação na execução dos orçamentos firmados pela demanda. O modelo de governança das líderes não possibilita, a princípio, modificar o tamanho de suas plantas com a mesma velocidade das firmas de menor participação, que podem afretar barcos e formar equipes rapidamente, nesse caso, não são novas entrantes que suprem a demanda flutuante, e sim as firmas da franja do mercado que crescem sua participação, constata-se observando o índice $C8$ que tem variação bem menor que o $C4$, ficando praticamente estável.

Com o aumento da demanda, as líderes aumentam a oferta, porém proporcionalmente menos que as firmas da franja do mercado. A ociosidade das embarcações reduz e os custos de afretamento aumentam. As ofertantes podem fazer seleção de projetos e escolher os de maior lucratividade, aqueles mais críticos para as CO&G com relação a prazo e qualidade do serviço. A principal fonte das oscilações de preços dos serviços/produtos do MASM é o preço do *brent*.

A título de facilitação das análises, inserimos a Gráfico 36 em que constam valores percentuais do *day rate* em relação à média, disponibilidade de embarcações, *duration* e quantidade de projetos, entre 2007 e 2018.

Gráfico 36 – Percentuais do *day rate* em relação à média, disponibilidade de embarcações, *duration* e quantidade de projetos entre 2007 e 2018.



Fonte: Elaboração própria a partir de SB e relatórios das CO&G.

5.7.2 Conduta das Firmas

Nesse tópico, faz-se estimativas sobre a conduta das firmas de duas maneiras: através do índice de Lerner θ_i , dado pelo produto entre a elasticidade da demanda em relação ao preço e ao PCM, dividido pelo *market share*; e por meio do parâmetro de conduta λ_i , calculado a partir da regressão em duas etapas das equações simultâneas das curvas de demanda e das relações de oferta, conforme a modelagem NEIO.

Índice de Lerner

O desenvolvimento do cálculo do índice pode ser visto em Lerner (1995), resumimos nas equações:

$$\pi_{ij} = R_{ij} - C_{ij}; \text{ função lucro da firma } i \text{ no ano } j;$$

$$\frac{\partial \pi_{ij}}{\partial q_i} = rm_{ij} - cm_{ij} = 0; \text{ condição de 1}^\circ \text{ ordem de maximização do lucro};$$

$$rm_{ij} = p_{ij} + \frac{\partial p_{ij}}{\partial q_{ij}} q_{ij} \theta_{ij}; \text{ receita marginal da firma } i \text{ no ano } j, \text{ incluindo o parâmetro } \theta_{ij};$$

$$cm_j = p_j + \frac{\partial p_i}{\partial q_j} q_{ij} \theta_{ij}; \text{ equação de custo marginal igual a receita marginal};$$

θ_{ij} - Parâmetro de conduta da firma i no ano j (0 concorrência perfeita, 1 conluio);

$\varepsilon_{ij} = \frac{\partial q_{ij}}{\partial p_{ij}} \frac{p_{ij}}{q_{ij}}$; elasticidade da demanda em relação ao preço;

$s_i = \frac{q_{ij}}{q_j}$; *market share* da firma *i* no ano *j*;

Simplificando a equação do custo marginal obtemos:

$$\frac{p_{ij} - cm_{ij}}{p_{ij}} = - \frac{\partial p_{ij}}{\partial q_{ij}} \frac{q_j}{p_j} \frac{q_{ij}}{q_j} \theta_{ij} = - \frac{s_i \theta_{ij}}{\varepsilon_{ij}} \quad (5.21)$$

De onde estimamos,

$$\theta_{ij} = - \frac{\varepsilon_{ij}}{s_i} \left(\frac{p_{ij} - cm_{ij}}{p_{ij}} \right) \quad (5.22)$$

Os valores obtidos para θ_{ij} se encontra na Tabela 18.

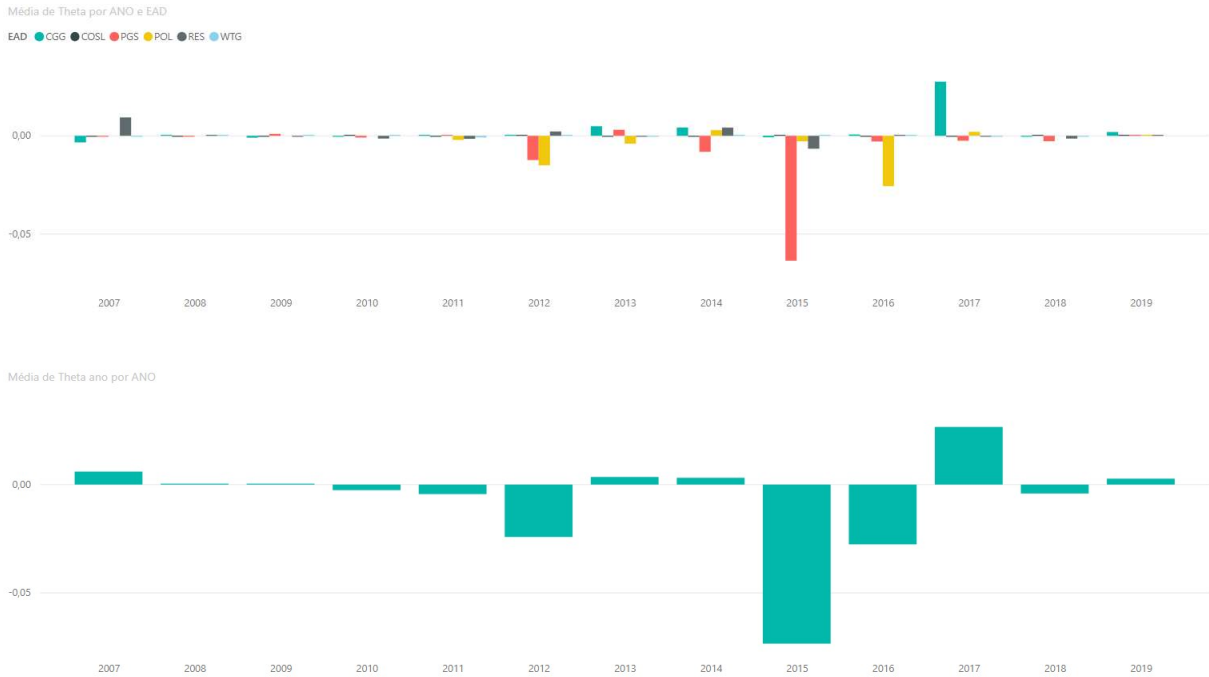
Tabela 18 – Valores de θ anual no nível da firma e da indústria 2007 e 2019.

EAD	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
CGG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03
COSL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PGS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	-0,01	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,09
POL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00	-0,03	0,00	0,00	0,00	-0,04
RES	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
WTG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,00	-0,07	-0,03	0,03	0,00	0,00	-0,09

Fonte: Elaboração própria a partir da eq. 5.22.

Podemos ver no Gráfico 37 que nos anos entre 2007 e 2019 os valores de θ são próximos de zero, com poucas exceções, o que indica alto grau de competitividade na indústria. No ano de 2017 uma EAD apresentou o valor máximo de θ (0,03), influenciando o índice no nível da indústria nesse ano (0,07), que representa o ano de menor competitividade. Esses resultados indicam que o MASM se aproxima do mercado em concorrência perfeita.

Gráfico 37 – Valores de θ anual no nível da firma (sup.) e da indústria (inf.).



Fonte: Elaboração própria a partir da eq. 5.22.

Parâmetro de Conduta da NEIO - λ

Na metodologia NEIO para extrair o grau de colusão, indicativo de conduta das firmas, necessita-se as informações de demanda e de custos, que são exógenas às firmas, e das quantidades e preços que são endógenas, segundo o método desenvolvido em Bresnahan (1982,1989). Definimos o modelo a partir das equações a seguir de oferta e demanda no nível da indústria:

P_j = Preços definidos pela oferta $S(P_j, W_j, A_j)$ - Relação de oferta no ano j ;

$Q_j = \sum q_{ij} = D(P_j, Z_j)$ - Quantidade ofertada (tempo) total das firmas i no ano j ;

W_j - Variáveis exógenas deslocadora de oferta (custo de afretamento);

Z_j - Variáveis exógenas deslocadora de demanda (Investimento em exploração);

A_j - Parâmetros da curva de demanda;

λ - Parâmetro da conduta;

As equações de preço e demanda no modelo proposto são determinadas simultaneamente. Para resolver possíveis problemas de endogeneidade, a variável exógena da demanda não pode se

relacionar com o preço, e a variável exógena do preço não pode se relacionar com a da quantidade. Essa premissa é usada para observar como se dá os deslocamentos de variável dependente a partir de um choque externo na variável independente. Se uma variável exógena afeta as duas equações, então não conseguimos isolar o efeito dessa em um dos termos.

Definidas as variáveis exógenas nas equações de Q e P , pode-se aplicar o MQO em dois estágios ou abreviadamente MQ2E (aplica-se o Teste de Wo-Hausman antes para verificar a validade do uso MQO, ver Gujarati (2011) e Tiryaki (2017)), procedimento econométrico frequente na modelagem NEIO, exemplo são encontrados nos trabalhos de Zeidan (2009) e Beiral (2013). Definimos as curvas de demanda e relação de oferta através das equações estruturais 5.23 e 5.24 (o modelo é do tipo log-log para todos os parâmetros) a seguir:

$$Q = \alpha_0 + \alpha_1 P + \alpha_2 Z + \varepsilon_Q \quad (5.23)$$

$$P = \beta_0 + \beta_1 Q + \beta_2 W + \beta_3 A + \varepsilon_P \quad (5.24)$$

Nesse modelo verificamos as correlações entre Q e P (quantidade e preço) com as variáveis exógenas e obtemos os resultados na matriz de correlação da Tabela 19. Observamos uma boa consistência do modelo, onde a correlação entre Q e P e Q e Z (investimento em exploração) são relativamente altas (0,77 e 0,69), o que indica P e Z como boas variáveis endógena e exógena, respectivamente, explicativas de Q , e a correlação baixa (0,25) entre P e Z , corrobora para essa consistência. A alta correlação de P com W (custos de afretamento) de 0,68 e a baixa correlação entre Q e W (0,29), indica que W é uma boa variável exógena explicativa de P . Além disso, para esse modelo temos uma segunda variável exógena de P , A que tem correlação negativa com W e baixas correlações com P e Q . Essa última variável A terá sua significância avaliada no diagnóstico estatístico para decisão de mantê-la ou não no modelo.

Tabela 19 – Correlação entre os parâmetros de entrada do modelo estrutural (equações 5.23 e 5.24).

Parâmetro	A	P	Q	W	Z
A	1,00	0,37	0,53	-0,24	0,37
P	0,37	1,00	0,77	0,68	0,25
Q	0,53	0,77	1,00	0,29	0,69
W	-0,24	0,68	0,29	1,00	-0,16
Z	0,37	0,25	0,69	-0,16	1,00

Rodando o primeiro modelo, calculamos os resíduos de Q e P (para $\alpha_2 = \beta_2 = \beta_3 = 0$) e então calculamos as correlações com os termos de erro, quando essa correlação é alta temos o indicativo de problema de endogeneidade. O valor encontrado para equação estrutural foi de 0,64. Incluindo o demais parâmetros obtemos o valor de correlação com os resíduos de 0,36, uma redução significativa no problema de endogeneidade, mas ainda presente. A correlação do erro com as variáveis instrumentais (VI) os valores encontrados quase nulos, resultado necessário para o correto uso de uma variável como instrumental.

Como se constata o problema de endogeneidade, se aplica o método de variáveis instrumentais para resolver as equações em duas etapas. As variáveis instrumentais são as variáveis exógenas não relacionadas de um com o outro (aplica-se o Teste de Sargan), onde a variável exógena do preço W representa os preços dos insumos, e da demanda Z são os valores anuais de investimentos em exploração, e A é o parâmetro de eficiência operacional. A equação na forma reduzida é dada por:

$$Q = \gamma_0 + \gamma_1 P + \gamma_2 Z + \varepsilon_Q \quad (5.25)$$

$$P = \tau_0 + \tau_1 Z + \tau_2 W + \tau_3 A + \varepsilon_P \quad (5.26)$$

Realizando a regressão de 5.26 obtemos o $\hat{P} = P - \varepsilon_P$ e substituímos na equação 5.25, onde podemos encontrar $Q = \gamma_0 + \gamma_1 \hat{P} + \gamma_2 Z + \varepsilon_Q$, e então calcular $\hat{Q} = Q - \varepsilon_Q$. Substituindo na equação 5.24 obtemos $P = \beta_0 + \beta_1 \hat{Q} + \beta_2 W + \beta_3 A + \varepsilon'_P$. Os resultados das regressões são listados a seguir na Tabela 20. Os resultados do primeiro estágio da regressão fornecem uma estatística F com valor acima de 10 (10,88), critério para o qual a hipótese nula, que é essencialmente que temos instrumentos fracos, é rejeitada o que significa que os instrumentos escolhidos não são fracos. Como esperado, a variável Z é estatisticamente insignificante para o modelo de oferta P . A variável de maior peso em P , é W com uma elasticidade de aproximadamente 0,413 e com significância estatística para um nível de confiança de 0,001.

O valor de $\lambda = -\alpha_1 \beta_1$ é obtido a partir da equação estrutural (5.23 e 5.24), e o valor encontrado foi $\lambda = 0,2674668$ ou aproximando $\lambda = 0,27$, indicando que esse mercado está mais próximo de um mercado em concorrência do que de um monopólio onde esse parâmetro vale a unidade. A discussão desse resultado será feita nas considerações finais dessa seção em conjunto com as demais métricas empregadas para a avaliação de concorrência e competitividade do MASM.

Tabela 20 – Resultados das regressões MQ2E para obter o parâmetro λ .

Regressão	P1 (estágio 1)				
Fórmula	$\ln(\log(P) \sim \log(Z) + \log(W) + \log(A))$				
Medida	Coef.	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept		5,84749	2,037	2,971	0,020808*
C1	log(Z)	0,17061	0,14521	1,175	0,273814
C2	log(W)	0,41325	0,08039	5,141	0,000884 ***
C3	log(A)	4,26136	1,46314	2,912	0,019515*
Res Standard Error	0,1028				
Multiple R-squared	0,8032				
Adjusted R-squared	0,7294				
Estatística F	10,88				
DF	8				
Pvalor	0,003389				
Regressão	Q				
Fórmula	$\ln(\log(Q) \sim \log(P-eP) + \log(Z))$				
Medida	Coef.	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept		-138682	2,6584	-5217	0.000552 ***
C1	log(Pc)	0.9087	0.1893	4801	0.000972 ***
C2	log(Z)	0.6547	0.1623	4.033	0.002958 **
Res Standard Error	0.1202				
Multiple R-squared	0.853				
Adjusted R-squared	0.8203				
Estatística F	26.1				
DF	8				
Pvalor	0.0001793				
Regressão	P (estágio 2)				
Fórmula	$\ln(\log(P) \sim \log(Q-eQ) + \log(W) + \log(A))$				
Medida	Coef.	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept		7,43432	0,75882	9,797	9,89e-06 ***
C1	log(Q1)	0,29434	0,12473	2,36	0,04597 *
C2	log(W)	0,31185	0,07759	4,019	0,00384 **
C3	log(A)	2,57486	1,4956	1,722	0,12344
Res Standard Error	0,08549				
Multiple R-squared	0,8639				
Adjusted R-squared	0,8129				
Estatística F	16,93				
DF	8				
Pvalor	0,0007961				
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

Fonte: Elaboração própria usando o *software* R.

5.7.3 Competitividade

Podemos realizar medidas diretas de competitividade através do *price-cost margin* (PCM), que é a razão do *mark-up* (μ) (calculados na seção anterior) e o preço. Nessa seção, iremos usar uma medida de competitividade proposta por Boone no artigo publicado na *The Econômica Journal*, em 2008, intitulado “*A new way to measure competition*”. Nesse trabalho Boone (2008), propõe para medida de competitividade as diferenças de lucros relativas, em inglês *relative profit differences* (RPD) que é definida por:

$$RPD = \frac{\pi'' - \pi}{\pi' - \pi} \quad (5.27)$$

Onde π'' , é o lucro da firma mais eficiente, π' da segunda mais eficiente e π da terceira. O cálculo do RPD pode correr sobre todas as firmas, considerando uma janela de três amostras, começando da primeira até a antepenúltima firma. Essa medida funciona como uma espécie de régua adimensional para mensurar distâncias entre lucros em comparação aos vizinhos mais próximos com relação a eficiências técnicas. Se há uma diferença entre os lucros, constante e positiva, o valor de RPD será dois. O RPD se aproxima de zero se $(\pi'' - \pi) \ll (\pi' - \pi)$, significando maior grau de competitividade. RPD negativo, representa que firmas com menor eficiência obtiveram lucros maiores, isso pode ocorrer por erro de classificação da eficiência, já que esse é um elemento dinâmico que varia ao longo do tempo, ou pode representar algum movimento estratégico das firmas, por exemplo, processos de expansão podem reduzir os lucros, ou até trazer prejuízos enquanto ocorrem.

O critério para classificar as firmas com relação a eficiência deve ser claro, caso contrário a interpretação dos resultados fica comprometida. A equação 5.27 pode apresentar problemas se os lucros de duas firmas, que são vizinhas na ordenação das eficiências forem iguais, contudo, o autor releva essa situação, argumentando que o sistema econômico é complexo e que raramente duas firmas terão exatamente o mesmo lucro.

No nosso caso, o critério de classificação de eficiência são os coeficientes técnicos calculados anteriormente no tópico de custos. Para o grupo de empresas modeladas, tem-se a sequência por ordem de eficiência: {PGS; WTG; POL; RES; CGG; COSL}. Os lucros utilizados foram obtidos a partir da equação 5.11, substituindo os resultados encontrados na equação 5.17. Os

valores de RPD foram calculados nos níveis da firma e da indústria e são apresentados na Tabela 21 e no Gráfico 38.

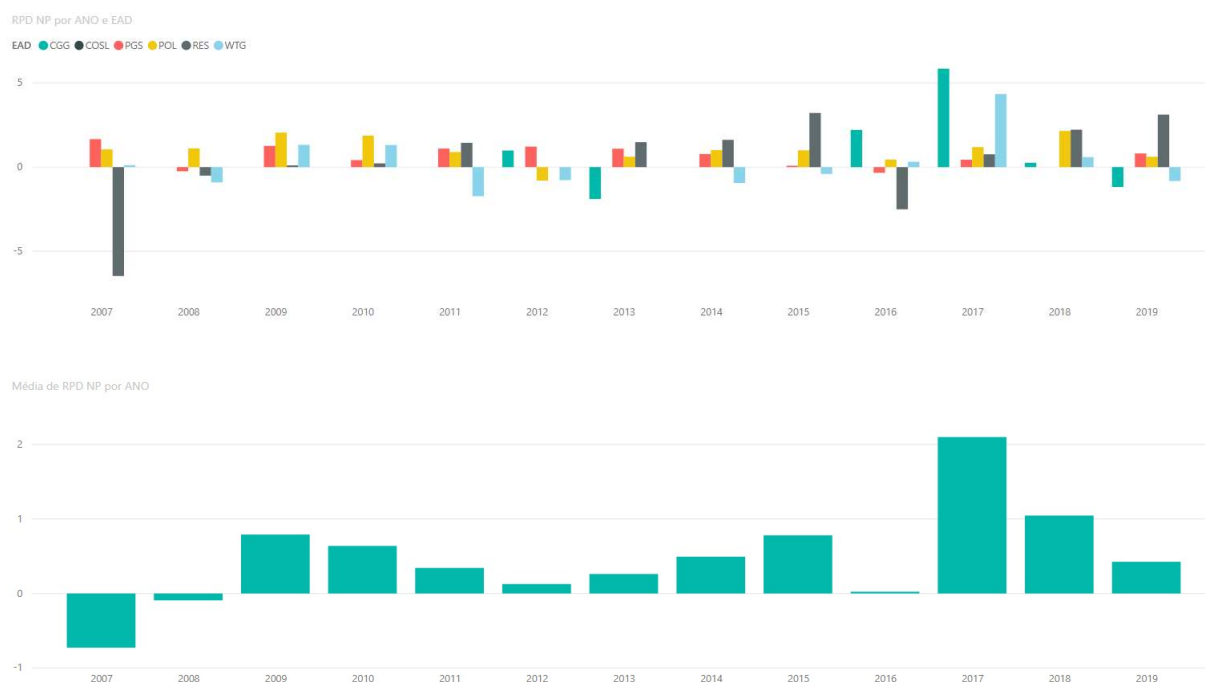
Tabela 21 – Valores do RPD anual normalizado no nível da firma e da indústria entre 2007 e 2019.

EAD	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
CGG	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,12	-0,28	0,00	0,00	0,29	0,55	0,05	-0,15	-0,41
COSL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PGS	0,29	-0,05	0,17	0,06	0,16	0,17	0,14	0,11	0,01	-0,58	0,04	0,00	0,10	0,62
POL	0,16	0,18	0,45	0,34	0,13	-0,06	0,08	0,15	0,15	0,06	0,20	0,28	0,07	2,17
RES	-0,85	-0,06	0,02	0,02	0,21	0,00	0,14	0,18	0,21	-0,17	0,09	0,33	0,21	0,33
WTG	0,02	-0,10	0,20	0,18	-0,30	-0,15	0,00	-0,54	-0,36	0,11	0,49	0,17	-0,57	-0,87
Total	-0,39	-0,04	0,83	0,59	-0,80	0,08	0,08	-0,11	0,01	-0,28	1,36	0,83	-0,33	1,83

Fonte: Elaboração própria a partir da eq. 5.27.

Como pode ser visto no Gráfico 38, nos anos entre 2011 e 2016 os valores de RPD indicam alto grau de competitividade na indústria, além dos anos de 2008 e 2019. No ano de 2019 a base está incompleta, pois considerou apenas projetos dos primeiros meses desse ano. Nos anos de 2009 e 2010, 2017 e 2018 tiveram valores maiores de RPD, indicando menor competitividade.

Gráfico 38 – Valores do RPD anual normalizado no nível da firma (sup.) e da indústria (inf.).



Fonte: Elaboração própria a partir da eq. 4.27.

5.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA SEÇÃO 5

- Nesta seção realizamos medias sobre concentração, poder de mercado e competitividade das firmas do MASM. Os resultados indicam que esse é um mercado concentrado, mas apresenta uma dinâmica em suas estruturas, que se movimentam rapidamente, ajustamento por parte das EADs resultante das mudanças de estratégias das CO&G sobre investimentos em exploração, em última instância ocasionadas pela variação do preço do *brent*.
- Um resultado inesperado foi a relação entre lucro e crescimento do mercado. A premissa de partida era de que as líderes auferiam maiores lucros nos períodos de aquecimento em função de seu tipo de governança sobre os custos de afretamento, contudo, observamos na análise empírica que os lucros reduziram com a expansão do mercado. Atribuímos a esse fato estilizado a pressão sobre os custos e o maior grau de competição atuando no sentido contrário ao aumento do *mark-up* por parte das EADs líderes.
- Os dados de medida direta da conduta das firmas, o índice de Lerner, indicam um mercado operando na maior parte do tempo próximo à condição de concorrência perfeita, apesar de um grau de concentração considerável.
- O parâmetro de conduta da NEIO apontou considerável nível de concorrência com $\lambda = 0,27$. Esse resultado reforça que a hipótese alternativa, de que as firmas líderes do MASM não detêm poder de mercado, determinando analiticamente que esse mercado tem uma estrutura de oligopólio competitivo baseada em custos.
- Foi possível observar que no intervalo entre 2011 e 2016 os valores de RPD indicam alto grau de competitividade na indústria, além dos anos de 2008 e 2019. Os anos de 2009 e 2010, 2017 e 2018 apresentaram valores maiores de RPD, indicando menor competitividade. Há ganho de complementaridade no uso do RPD para o entendimento dos níveis de competitividade do mercado, embora consideremos que este tenha diversas limitações e deve-se tomar cuidado com a interpretação dos resultados.

- Concluimos que esse mercado é um Oligopólio Competitivo, com a dinâmica de sua estrutura dependente do preço do *brent* e dos investimento em exploração (e de questões tecnológicas que não aprofundamos nesse trabalho), onde a conduta das firmas encontrada, tanto na metodologia NEIO quanto pelas análises clássicas da OI, foi de baixo poder de mercado, cuja variação se encontra em uma banda estreita, seguindo um modelo de competição em preço, e que apesar de concentrado apresenta alto grau de concorrência.

6 CONCLUSÕES

A análise dos dados dos relatórios das CO&G permitiu compreender o mecanismo de reposição de reservas e estratégias de investimento das companhias de petróleo em exploração e obter o modelo de estimação da demanda por ASM mundial, usando variáveis endógenas e exógenas das CO&G que operam no *offshore*, como o preço do *brent* e o nível de demanda, nível de produção e reservas provadas. Validamos o modelo comparando nossas previsões com as informações de consultorias especializadas no setor. Calculamos, a partir do modelo citado, as elasticidades para o preço do *brent*, demanda por petróleo e produção, que foram positivas, enquanto para a reservas provadas foi negativa, confirmando que se as reservas aumentam a necessidade de incorporação óleo novo diminui, reduzindo a necessidade de recursos para investimentos em exploração. Foi possível concluir que a Petrobras se apresenta, no setor *offshore*, como uma das mais integradas, com a maior taxa percentual do investimento em exploração em relação ao total, sendo a principal consumidora de ASM no Brasil.

Vimos que a IASM teve seu berço de nascimento nas bacias geológicas do Mar do Norte e do Golfo do México, seguindo uma trajetória tecnológica de transição, indo de terra para águas rasas, e depois para águas profundas na década de 80, chegando a atual fronteira exploratória *offshore* que ocorre em águas profundas e ultra profundas. Os processos de fusões e aquisições são frequentes na IASM, com poucas falências observadas, uma vez que o prejuízo do processo de falência nesse mercado pode ir muito além da dimensão financeira, pois conhecimentos tácitos perdidos podem jamais serem recuperados. Com relação aos aspectos físicos das firmas, usamos as informações das embarcações para encontrar estimativas da função de custos, separando efeitos da variação de produtividade das equipes, com o parâmetro de eficiência técnica. Observamos na IASM a convivência de empresas de diferentes tamanhos de frota, dimensões das embarcações, quantidades de equipamentos sísmicos, quantidades de empregados, o que corrobora com ideia Steindl e Penrose de que não há um tamanho ótimo de firma, mas cada firma tem suas características competindo por espaço no mercado dentro de suas condições. As principais firmas seguem modelo de governança semelhante, sendo proprietárias das embarcações, embora somente as três principais, PGS, CGG e WesternGeco converjam estrategicamente em relação aos esforços de venda, investimentos em P&D e diferenciação horizontal e vertical de produtos.

Concluimos também, que as variações de preços ocorrem em função das flutuações dos custos absolutos e do *mark-up* das firmas. Os custos absolutos variam em função das diferenças entre

os projetos demandados, nas produtividades das equipes e pela variação dos preços dos insumos. As diferentes parametrizações de projetos afetam mais diretamente os custos fixos do tipo 2, que estão associados a economias de escala. O *mark-up* está associado as estratégias das EADs e podem assumir valores positivos, nulos ou negativos a depender de condições do mercado. Os resultados indicaram *mark-up* negativo com maior intensidade no ano de 2014. Nesse ano ocorreu a redução drástica no nível de investimentos das CO&G, concomitante ao aumento das frotas, o que gerou capacidade ociosa rápida e acentuadamente. Segundo nossas estimativas, as três líderes de mercado auferiram prejuízos em taxas semelhantes. Em 2015 e 2016 há uma reversão e os *mark-ups* médios anuais de algumas empresas chegam a atingir valores acima de 7%. Encontramos ainda, o modelo da Firma Representativa, que pode ser utilizado para elaboração de estimativas de custos e simulações orçamentárias de projetos de ASM.

Observamos a relação entre lucro e crescimento do mercado, que apresentou sinal correlação negativa. Nossa premissa de partida era de que as líderes auferiam maiores lucros nos períodos de aquecimento, pelo seu tipo de governança que poderiam reduzir custos de afretamento, contudo, observamos na análise empírica que os lucros reduziram com a expansão do mercado. Atribuímos a esse fato estilizado a pressão sobre os custos e o maior grau de competição atuando no sentido contrário ao aumento do *mark-up* por parte das EADs líderes. Os dados de medida direta da conduta das firmas, indicaram um mercado operando na maior parte do tempo em condição de concorrência. O parâmetro de conduta da NEIO apontou um mercado com nível de colusão relativamente baixo, o que confere ao MASM o grau de competição observado nos outros dois índices de competitividade o de Lerner e o de Boone. Foi possível observar no intervalo entre 2011 e 2016 os valores de RPD apontando para alto grau de competitividade na indústria, além dos anos de 2008 e 2019. Os anos de 2009 e 2010, 2017 e 2018 apresentaram valores maiores de RPD indicando menor competitividade.

Em uma visão mais abrangente, entendemos que a estabilidade das estruturas de mercado no longo prazo, com $C8$ praticamente constante em todo período analisado, representando a tendência da IASM, está fundamentada no fato dessa indústria ser intensiva em processo, e por isso, apresentar fortes barreiras à entrada e à saída em função do alto grau de especialização da atividade. O crescimento das firmas ocorre principalmente em função de desenvolvimento tecnológico com ganhos de produtividade por melhoria de processos, a partir de inovação

sustentada por investimentos em P&D e por processos de fusões e aquisições. Paralelamente, ocorre crescimento da firma no IASM devido a paulatina escassez nas descobertas de grandes reservas em terra com baixo custo de extração, os “*big fields*”, o que tem direcionado a pesquisa exploratória a partir da década de 90 para o *offshore*, ocasionando forte deslocamento na demanda por ASM. Adicionalmente, devemos considerar na tendência a importância dos modelos de governança adotados pelas EADs e as estratégias de ocupação das frotas nos ajustes de oferta e demanda nos ciclos. Vimos que no curto prazo há fortes flutuações de preço que são explicadas, não pela conjuntura em si, mas pela variável estrutural mais estática entre as que estudamos, àquela relacionada aos custos fixos. A estratégia de modificar estruturas de custo fixo no ciclo pode gerar mudanças drásticas nas estruturas de mercado, principalmente quando o ciclo tem grande intensidade e velocidade de mudança com a variação brusca de variáveis externas, como por exemplo, o preço do petróleo. Esse movimento no período recente transformou o MASM, com a derrocada de duas entre as três gigantes do oligopólio, e outro movimento, pela via tecnológica se aproxima, e pode aprofundar ainda mais essas mudanças, que é o crescimento da demanda por aquisições OBS. Nesse mercado, são os custos absolutos que dão à tônica principal na formação dos preços, premissa que pode ser encontrada nos debates teóricos defendida por grandes economistas como Sraffa e Stendl.

Concluimos que o MASM é um Oligopólio Competitivo, com a dinâmica de sua estrutura dependente do preço do *brent* e dos investimento em exploração, onde a conduta das firmas encontrada implica em baixo poder de mercado, parâmetro que varia em uma banda estreita, e esse mercado segue o modelo de competição em preço e que apesar de concentrado apresenta alto grau de concorrência.

Por fim, sinalizamos que para trabalhos futuros temos a possibilidade de ampliar o ferramental teórico, para aprofundar o estudo dos paradigmas tecnológicos no MASM, usando a linha Schumpeteriana, e o estudo das estratégias de contratação para ambos os atores do mercado, ofertante e demandantes, fazendo uso da Teoria dos Contratos. Nosso enfoque nesse trabalho foi na tecnologia *streamer*, onde o mecanismo de demanda fica relativamente restritos as primeiras fases exploratórias. O mercado está passando por uma mudança recente, com a presença cada vez maior das tecnologias OBS, avançando cada vez mais na fase da produção, trazendo recurso novo para o mercado. A atualização do trabalho futuramente com dados sobre as EADs que empregam essas tecnologias de fundo podem trazer novos resultados e um novo

entendimento do MASM. Outra possibilidade de avanço é empregar a metodologia deste trabalho nos demais elos da cadeia do *upstream*, como, por exemplo, na atividade de perfuração de poços.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, E.; AL., E. **The oil and gas value chain**: a focus on oil refining. [S.l.]: [S.n.], 2018.
- BEIRAL, P. R. S.; MORAES, M. A. F. D. D.; BACCHI, M. R. P. Concentração e poder de mercado na distribuição de etanol combustível: análise sob a ótica da nova organização industrial empírica. **Economia Aplicada**, v. 17, n. 2, p. 251-274, 2013.
- BERGEN. **Wiki/Bergen_Oilfield_Services**, 2019. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Bergen_Oilfield_Services. Acesso em: 14 dez. 2019.
- BERRY, S.; TAMER, E. Identification in models of oligopoly entry. **Econometric Society Monographs**, v. 42, p. 46, 2006.
- BGP. Disponível em: http://www.bgp.com.cn/bgpen/BGPHistory/first_common.shtml. Acesso em: 10 jan. 2020.
- BOONE, J. A new way to measure competition. **The Economic Journal**, v. 118, n. 531, p. 1245 - 1261, 2008.
- BRESNAHAN, T. F. The oligopoly solution concept is indentedified. **Economics Letters**, v. 10, n. 1-2, p. 87-92, 1982.
- BRESNAHAN, T. F. Empirical studies of industries with market power. **Handbook of industrial organization**, p. 1011-1057, 1989.
- BRESNAHAN, T. F.; REISS, P. C. Entry and competition in concentrated markets. **Journal of polical economy**, v. 99, n. 5, p. 977-1009, 1991.
- CAMARGO, M. A. D.; COUTINHO, E. S. A teoria da firma e a fundamentação teórica para fusões e aquisições: uma análise de suas interfaces. **RAC eletrônica**, v. 2, n. 2, p. 273-295, 2008.
- CAMARGOS, M. A. D.; BARBOSA, F. V. Fusões e aquisições de empresas brasileiras: criação de valor e sinergias operacionais. **Revista de Administração de Empresas**, v. 49, n.2, p. 206-220, 2009.
- CARLTON, D. W.; PERLOFF, J. M. **Modern industrial organization**. New York: Pearson / Addison Wesley, 2005.
- CGG, 2019. Disponível em: <https://www.cgg.com/en>. Acesso em: 15 nov. 2019.
- COSTA, B. A. **Diferenciação horizontal e vertical do produto em oligopólio**: efeitos da oferta de um produto de qualidade baixa. 2017. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade do Porto, Porto, 2017.

DARKO, E. **Short guide summarising the oil and gas industry lifecycle for a non-technical audience.** London, 2014. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a089efed915d3cfd0004d4/Short_guide_summarising_the_oil_and_gas_industry_lifecycle-43.pdf. Acesso em: 01 nov. 2019.

DE ALMEIDA, E. F.; JUNIOR, H. Q. P.; BOMTEMPO, J. V. **Economia da energia: fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial.** [S.l.]: Elsevier, 2007.

DONADEL, A. C. **Um método para representação de processos intensivos em conhecimento.** 2007. Dissertação (Mestrado em Economia) - UFSC, Florianópolis, 2007.

DONDURUR, D. **Acquisition and processing of marine seismic data.** [S.l.]: Elsevier, 2018.

EINAV, L.; LEVIN, J. Empirical industrial organization: a progress report. **Journal of Economic Perspectives**, v. 24, n. 2, p. 145-162, 2010.

ERICSON, R.; PAKES, A. Markov-perfect industry dynamics: a framework for empirical work. **The review of economic studies**, v. 62, n. 1, p. 53-82, 1995.

FATTOUH, B. **OPEC cycles and crude oil market dynamics**, 2018. Disponível em: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2018/10/OPEC-Cycles-and-Crude-Oil-Market-Dynamics.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019.

FIUZA, E. P. S. **Três ensaios sobre diferenciação de produto.** 2001. Tese (Doutorado em Economia) - FGV, Rio de Janeiro, 2001.

FONTENELE, A. M. De Mason e seus estudos de casos à firma jogando em um contexto estratégico: uma história do progresso nas teorias da organização industrial. **Ensaio FFE**, v. 21, n. 2, p. 32-57, 2000.

FUGRO, 2019. Disponível em: <https://www.fugro.com/>. Acesso em: 21 nov. 2019.

GEOPHYSICALSERVICE, 2019. Disponível em: <https://www.geophysicalservice.com/index.php?mode=webpage&id=615>. Acesso em: 11 nov. 2019

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica.** 5. ed. [S.l.]: Amgh Editora, 2011.

GXTECHNOLOGY, 2019. Disponível em: <https://www.iongeo.com/>. Acesso em: 15 dez. 2019.

HERFINDAHL, O. C. **Concentration in the steel industry.** [S.l.]: Columbia University, 1950.

IAGC. **Introduction to marine seismic technologies**, 2019. Disponível em: <https://iagc.org/media-center/publications/>. Acesso em: 10 out. 2019

JÚNIOR, L. B. D. J. *et. all.* Petrobras, política de conteúdo local e maximização de valor para o acionista: uma sugestão de interpretação. **Economia e Sociedade**, v. 26, n. 2, p. 369-400, 2017.

KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. **Economia industrial**: fundamentos teóricos e práticas no Brasil. [S.l.]: [S.n.], 2002.

LEE, C. SCP, NEIO and beyond. **Working Paper**, 2007.

LERNER, A. The concept of monopoly and the measurement of monopoly power. **Essential readings in economics**, London, p. 55 -76, 1995.

MAGE, 2019. Disponível em: <http://mage.ru/en/about/omage/>. Acesso em: 14 dez. 2019.

MAGSEIS, 2020. Disponível em: <https://magseisfairfield.com/>. Acesso em: 10 jan. 2020.

MELITZ, M. J. The impact of trade on intra-industry reallocations and aggregate industry productivity. **Econometrica**, v. 71, n. 6, p. 1695-1725, 2003.

MORAIS, J. **Petróleo em águas profundas**: uma história tecnológica da Petrobras na exploração e produção offshore. Brasília, DF: IPEA, 2013.

MORSE, L. L. **Análise do crescimento do volume recuperável provado de campos de petróleo**. 2006 Dissertação (Mestrado em Economia) - UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.

MURPHY, D. J.; HALL, C. A. S. Energy return on investment, peak oil and the end of economic growth. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1219, n. 1, p. 52, 2011.

NEVO, A. Measuring market power in the ready-to-eat cereal industry. **Econometrica**, v. 69, n. 2, p. 307-342, 2001.

NORDIC-MARITIME, 2019. Disponível em: <http://nordic-maritime.no/about-us/nms-history>. Acesso em: 01 dez. 2019

OCEANGEO, 2019. Disponível em: <http://www.oceangeo.co/about-us.html>. Acesso em: 01 dez. 2019.

OGP. **An overview of marine seismic operations**, abril/2011. Disponível em: <https://www.iogp.org/bookstore/product/an-overview-of-marine-seismic-operations/>. Acesso em: 20 out. 2019.

ORSI, A. Gestão do conhecimento em fusões e aquisições: fatores críticos. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 8, n. 22, p. 46-56, 2006.

PGS, 2019. Disponível em: <https://www.pgs.com/>. Acesso em: 17 dez. 2019.

PINHEIRO, M. C. E. A. **Acumulação de capacidades tecnológicas e fortalecimento da competitividade no Brasil**: breve análise da Indústria de petróleo e gás. [S.l.]: [S.n.], 2017.

POLARCUS, 2019. Disponível em: <https://polarcus.com/>. Acesso em: 15 dez. 2019.

PRAKLA-SEISMOS, 2019. Disponível em: <http://www.prakla-seismos.de/History.html>. Acesso em: 22 out 2019.

RODRIGUES, V. **Fusões e aquisições: a evidência empírica**. [S.l.]: [S.n.], 1998.

SAEXPLORATION, 2019. Disponível em: <https://www.saexploration.com/en/Home/History>. Acesso em: 15 nov. 2019.

SCHERER, F. M. ; ROSS, D.; Industrial market structure and economic performance. **University of Illinois at Urbana-Champaign's Academy for entrepreneurial leadership historical research reference in entrepreneurship**, Boston, 1990.

SCHMALENSEE, R. On a level with dentists? reflections on the evolution of industrial organization. **Review of Industrial Organization**, v. 41, n. 3, p. 157 - 179, 2012.

SEABIRD, 2019. Disponível em: <https://www.sbexp.com/>. Acesso em: 14 dez. 2019.

SHEARWATERGEO, 2020. Disponível em: <https://www.shearwatergeo.com/>. Acesso em: 5 jan. 2020.

SILVA, A. L. G. D. Concorrência sob condições oligopolísticas. **Coleção Teses - IE-UNICAMP**, Campinas, 2004.

SPECTRUMGEO, 2019. Disponível em: <https://www.spectrumgeo.com/about/company-overview/company-history>. Acesso em: 16 nov. 2019.

STEINDL, J. **Maturity and stagnation in American capitalism**. [S.l.]: NYU Press, 1976.

SUTTON, J. Market structure: theory and evidence. **Handbook of industrial organization**, v. 3, p. 2301 - 2368, 2007.

TGS, 2019. Disponível em: <https://www.tgs.com/about-us/this-is-tgs>. Acesso em: 16 nov. 2019.

TIRYAKI, G. F.; ANDRADE, C. M. **Econometria na prática**. [S.l.]: [S.n.], 2017.

TORRES FILHO, E. T. O papel do petróleo na geopolítica americana. *In*: TORRES FILHO, E. T. **O poder americano**. Petropolis: Vozes, 2004. p. 309-346.

URI, N. D.; COATE, M. B. Modeling industry structure and economic performance. **Mathematical and Computer Modeling**, v. 12, n. 12, p. 1531 - 1544, 1989.

WESTERNGECO, 2019. Disponível em: <https://www.slb.com/companies/westerngeco>. Acesso em: 20 nov. 2019.

ZEIDAN, R. M.; RESENDE, M. Measuring market conduct in the Brazilian cement industry: a dynamic econometric investigation. **Review of Industrial Organization**, v. 34, n. 4, p. 231-244, 2009.

ANEXO A – NOÇÕES GERAIS SOBRE AQUISIÇÃO SÍSMICA MARÍTIMA

Nesse anexo iremos apresentar os conceitos básicos da atividade de aquisição de dados sísmicos marítimos presentes na dissertação, portanto, não adentraremos na explicação das teorias geofísicas que fundamentam esses conceitos.

Entende-se por Mercado de Aquisição Sísmica Marítima (MASM) o “*locus*” das transações econômicas entre as empresas ofertantes de serviços e produtos advindos de aquisições sísmicas marítimas, e as demandantes, empresas petrolíferas que realizam pesquisa exploratória de jazidas de petróleo em bacias sedimentares marítimas.

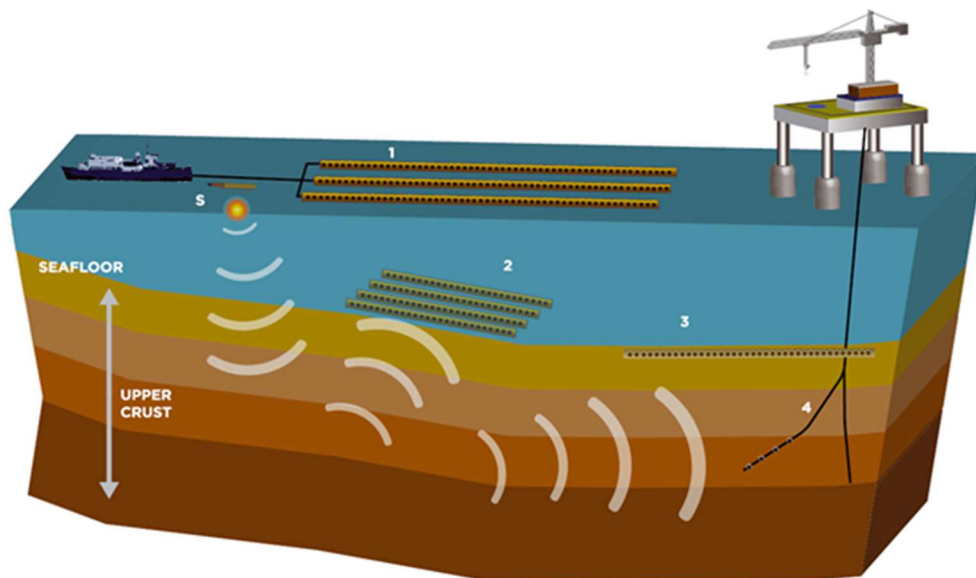
Na realização da investigação de uma bacia sedimentar para fins de exploração mineral diversos métodos científicos são utilizados. As informações das bacias sedimentares podem ser obtidas de forma direta a partir de afloramentos e/ou amostras das rochas e perfuração, ou de forma indireta, a partir dos métodos geofísicos. Os métodos geofísicos usam os princípios físicos da mecânica clássica e do eletromagnetismo para inferir propriedades físicas da terra. Dentre os métodos geofísicos conhecidos, o método sísmico é o mais aplicado na indústria do petróleo.

Esse método consiste na realização do registro, em um equipamento chamado sismógrafo, das ondas acústicas que se propagam no meio físico das rochas e fluídos nas bacias estudadas. O equipamento clássico da sismografia no caso terrestre é o geofone, um aparelho fincado no solo e sensível a deslocamentos de partículas no terreno. Quando uma onda acústica se propaga no terreno, as diferentes camadas de rochas geram reflexões que são registradas pelos geofones e o processamento desses dados geram uma imagem que contém informação dos contrastes entre camadas de rochas no subsolo.

O método sísmico em mar ocorre pelo menos desde 1958 (ver ANEXO B). A aplicação do método de reflexão sísmica na indústria do petróleo data de período anterior, do início do século XX nas pesquisas em bacias terrestres. No ambiente aquoso o registro das ondas sísmicas é feito por um equipamento chamado de hidrofone. O hidrofone é sensível às variações de pressão na água, e registra o que chamamos de componente P da onda que se propaga em meio fluído. Na exploração de bacias marítimas as primeiras aplicações dos hidrofones ocorreram no final

da década de 50. Na Figura 10, temos as disposições geométricas possíveis para os sensores nas aquisições sísmicas marítimas.

Figura 10 – Imagem das possíveis disposições dos sensores sísmicos: 1- *streamer*; 2 e 3 - sensores de fundo oceânico (OBS); 4 - *Vertical Seismic Profile* (VSP), sensores dentro de poços.



Fonte: Adaptado de International Association of Oil & Gas Producers (OGP). An overview of marine seismic operations. **Report**, n. 448, abr./2011.

SENSORES DE SUPERFÍCIE

Na Figura 11, podemos ver o carretel com os cabos sísmicos que encapsulam os hidrofones.

Figura 11 – Carretel com o cabo sísmico (*streamer*) que será rebocado na água.

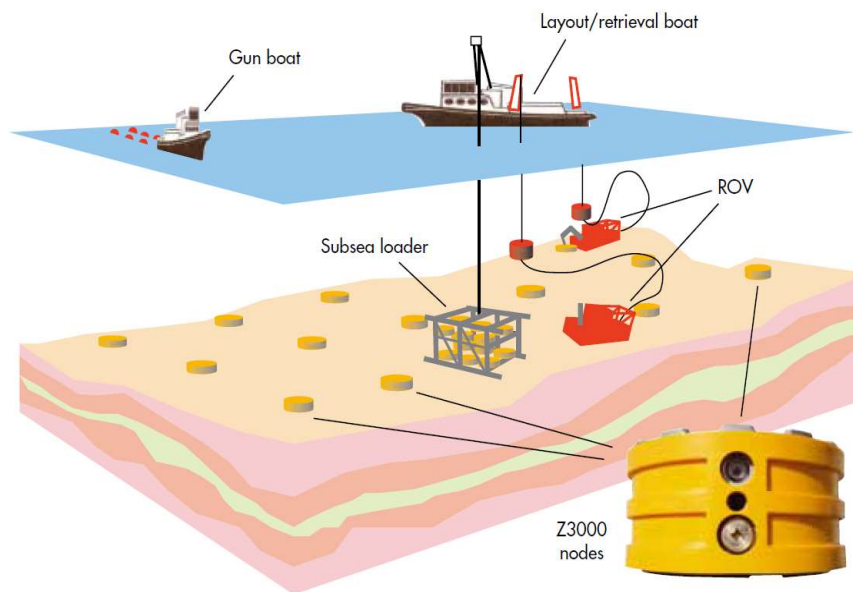


Fonte: Acervo pessoal.

SENSORES DE FUNDO

Na Figura 12, temos um exemplo de sensores de fundo, os *nodes*, que são sensores pontuais que podem ser posicionados por cordas ou por robôs aquáticos operados remotamente (ROVs). Existem sensores de fundo em cabos que são usados nas aquisições OBC e PRM.

Figura 12 – Imagem esquemática mostrando os sensores de fundo do tipo *nodes*.

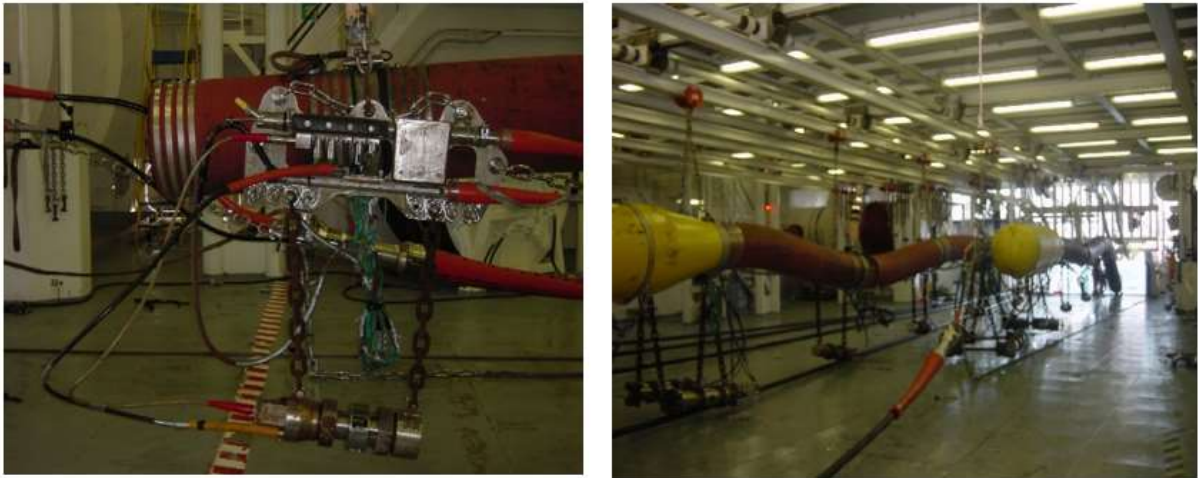


Fonte: Adaptado de International Association of Oil & Gas Producers (OGP). An overview of marine seismic operations. **Report**, n. 448, abr./2011.

FONTES SÍSMICAS

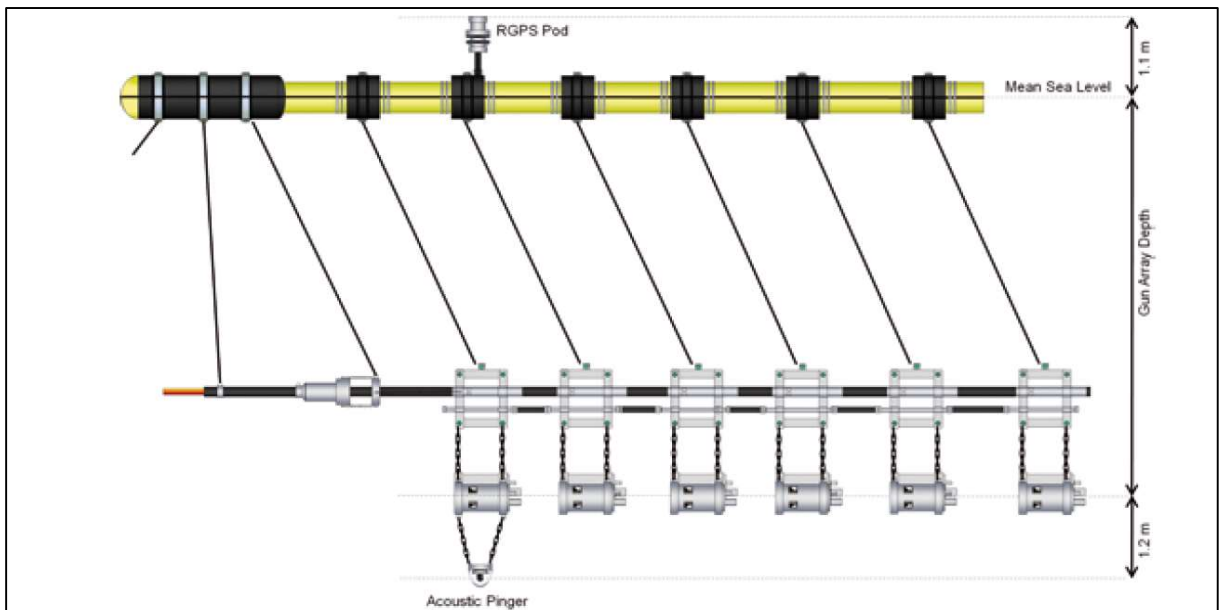
As ondas sísmicas são produzidas a partir de um pulso de energia que pode ser advindo de um sistema vibratório ou de explosivos no caso do ambiente terrestre, e de canhões de ar no caso marítimo. Os canhões de ar, conhecido na indústria de ASM com '*air guns*', são câmaras herméticas onde se injeta uma quantidade de ar em uma pressão elevada e o ar é liberado rapidamente para gerar um pulso de energia que propaga em forma de onda na água como observamos na Figura 13 e Figura 14.

Figura 13– Detalhe do canhão de ar (à esquerda) preso na boia de flutuação dentro do *Gun Deck* (à direita).



Fonte: Arcevo pessoal.

Figura 14 – Visão lateral do *sub array* com a disposição espacial de cada canhão preso a boia flutuante.



Fonte: Adaptado de International Association of Oil & Gas Producers (OGP). An overview of marine seismic operations. **Report**, n. 448, abr./ 2011.

EMBARCAÇÕES SÍSMICAS

As embarcações sísmicas variam seu porte de acordo com o tipo de projeto que atenderão, podendo chegar a 100 metros de comprimento e mais de 50 metros de largura (ver um exemplo de embarcação *streamer* de grande porte na Figura 15). Os tipos de embarcações podem ser: as

que rebocam *streamers*; fontes; e embarcações *Remote Operated Veichles* (ROV). Além das embarcações sísmicas as equipes contam com embarcações de apoio.

Uma equipe sísmica *streamer* pode contar com até 4 embarcações: *Master Vessel* ou embarcação principal que reboca os cabos e as fontes (Figura 15); *Source Vessel* ou embarcação fonte que reboca apenas as fontes no caso de aquisições com a técnica de *urdeshooting*; *Suply Vessel* ou embarcação de apoio que é a responsável por suprimento de alimentos e combustíveis da frota; e *Chase Vessel*, que faz a função de escoltar as embarcações principais que têm baixa mobilidade.

Figura 15 – Imagem da Embarcação Principal rebocando fontes e cabos - PGS *Ramform Sovering*.



Fonte: PGS.

TIPOS DE DADOS SÍSMICOS MARÍTIMOS

Quadro 6, traz um resumo dos tipos de dados sísmicos obtidos pelas EADs e suas características. O produto tem características de uso específico (referência para classificação do produto, assim como temos a classificação do setor indústria) não apresentando bens substitutos. Como visto no quadro 6 cada produto atende a fases diferentes na cadeia exploratória, e por isso apresenta custos em faixas diferentes, atendendo a objetivos diferentes.

O método sísmico agrega propriedades únicas de resolução de imageamentos das camadas geológicas que não podem ser obtidas por outros métodos geofísicos. Esse método firmou posição como o principal insumo no processo exploratório em suas primeiras fases.

Observa-se também que a utilidade desses produtos/serviços é, em quase sua totalidade para as IO&Gs, não havendo outros consumidores para competir no lado da demanda, ou seja, a finalidade da existência das firmas do MASM é fornecer um dos principais insumos de um dos elos da cadeia das IO&Gs.

Quadro 6 - Produtos do MASM por tipo de dados e suas características.

Tipo de dado	2D	3D	4D
Características	<p>Tipo de dado normalmente obtido na modalidade Multi-Client.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Áreas grandes • Caráter exploratório (Regional) • Baixa densidade de traços (baixa qualidade) • Baixo custo comparado ao 3D • Muito usado antes dos BIDs 	<p>Dado comumente obtido nas modalidades Proprietário e Multi-Client.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Áreas médias/grandes • Caráter exploratório/produção • Média/alta densidade de traços (qualidade) • Custo médio • Muito usado após assinatura dos BIDs, para caracterização e delimitação de reservatórios. 	<p>Atualmente, esse tipo de dado é obtido nas modalidades Proprietário (majoritariamente) e Multi-Client.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Áreas pequenas com desenvolvimento da produção em andamento • Média/alta densidade de traços (qualidade alta) • Custo alto • Usado após comprovação de reservas para melhorias no desenvolvimento da produção.

Fonte: Elaboração própria

Pelo lado da oferta observa-se uma convergência com relação a qualidade dos dados geofísicos quando se compara tipos de aquisição semelhantes. Os fabricantes de equipamentos são ainda mais restritos em termos de quantidade, tendo poucas empresas de grande porte na produção de equipamentos sísmicos que suportam a indústria, sendo duas principais sendo a ION e SERCEL. Os navios e as tecnologias de controle dos equipamentos influenciam muito na qualidade final e cada empresa acaba desenvolvendo sua própria tecnologia.

Em resumo, há um grau razoável de homogeneidade dos produtos. A diferenciação horizontal está presente, contudo, as estratégias possíveis das firmas com relação às modalidades contratuais e das fases dentro da exploração, acabam por limitar essa possibilidade de diversificação nos tipos de produtos ofertados. Com relação à diferenciação vertical pode-se aceitar, de certo modo, que está presente em grau muito baixo, o efeito diferenciador em

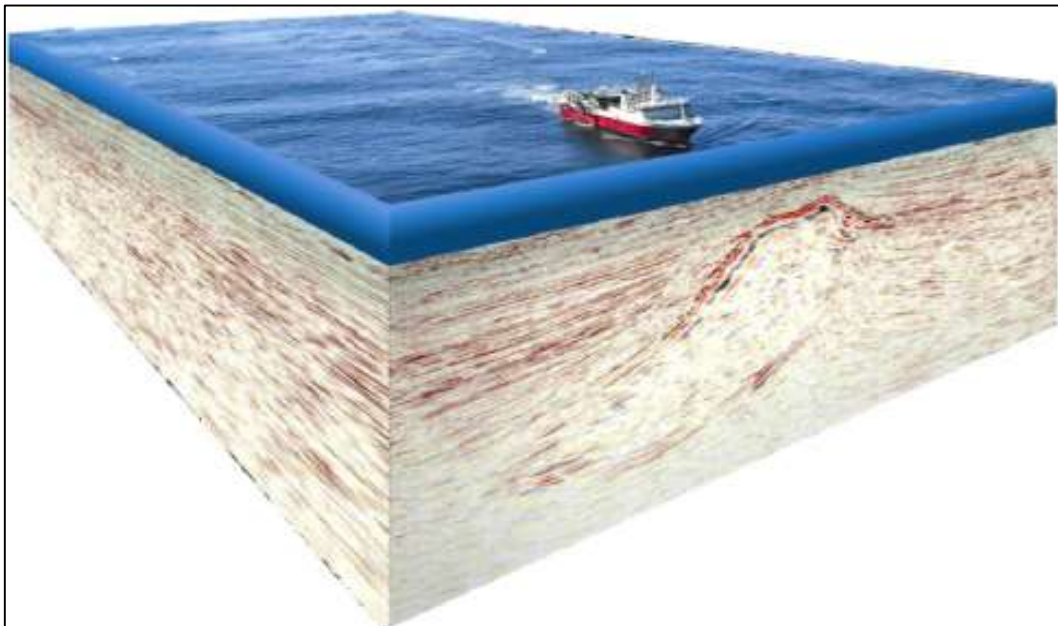
qualidade tem maior dependência da qualidade e fiscalização dos contratos por parte das demandantes do que da conduta das ofertantes propriamente dita.

Para os projetos 4D o efeito da diferenciação vertical poderia ser maior, todavia, é de certo modo um consenso que para esses produtos a tecnologia de fundo oceânico (OBS) sejam predominantes por sua maior qualidade dos sensores (4C), em termos de posicionamento, níveis de ruído, contribuições azimutais e repetibilidade. A capacidade técnica necessária nesse tipo de aquisição força os fornecedores atingir um nível mínimo aceitável de qualidade para entrar e se manter no mercado. Por hora, esse mercado (*high-end*) ainda é reduzido tendo a perspectiva de capturar recursos de um elo acima da cadeia de exploração, ou seja, trazer recursos da produção e aumentar seu tamanho comparativamente ao 3D (*mid-end*).

O DADO SÍSMICO

Os produtos gerados no MASM são os cubos sísmicos, conjunto de dados digitais que podem ser interpretados em software específicos, usados na criação de modelos geológicos que serão usados para a descoberta e o desenvolvimentos dos campos de petróleo. Segue na Figura 16 uma ilustração com o cubo sísmico 3D.

Figura 16 – Imagem ilustrando cubo sísmico 3D, produto da indústria de ASM.



Fonte: Introduction to Marine Seismic Technologies (IAGC).

GOVERNANÇA DA ATIVIDADE

O item mais relevante sobre governança da atividade são as modalidades contratuais existentes nesse mercado. Conforme descrito pela IAGC há dois modelos de negócio no MASM: *Multi-Client* e Proprietário. No Quadro 7 temos um resumo sobre os dois tipos de contrato comumente utilizados na indústria.

Quadro 7 - Comparação entre as modalidades contratuais *Multi-client* e Proprietária.

Aquisição MULTI - CLIENT	Aquisição PROPRIETÁRIA
Desenvolve produtos com dados geofísicos para vender a licença de uso	Provisão de serviços de aquisição de dados geofísicos que serão exclusivos da contratante
EAD seleciona área e parametrização da aquisição baseado em inferência do interesse do mercado	Contratante seleciona a área e parametrização da aquisição de acordo com seus objetivos.
Todos os custos e riscos dos projetos são da EAD	Os custos do projeto são pagos pela Contratante e os riscos podem ser compartilhados
A EAD é proprietária dos dados geofísicos	A Contratante é proprietária dos dados geofísicos
Licença pode ser vendida para vários clientes o que reduz o custo do dado geofísico para a Contratante	Os custos para a Contratante tendem a ser mais altos, pois paga todo o custo do projeto sozinha
EAD tem os custos de venda e realiza a promoção dos dados para a venda da licença	A Contratante tem os custos dependente da situação de mercado, a relação entre oferta e demanda pode elevar esses custos
Controle de qualidade dos dados é realizado pela EAD	Controle de qualidade realizado pela Contratante, o que pode garantir uma melhor qualidade do dado

Fonte: Adaptado de International Association of Geophysical Contractors (IAGC). **The multi-client data licensing business model:** fact sheet. agos./2016.

Outro aspecto relevante que vemos na seção 5, é relacionado as estratégias das EADs sobre como distribuir seus portfólios entre as modalidades contratuais *multi-client* e proprietário, com intuito de otimizar a utilização das frotas e dos lucros das firmas. As empresas do setor de ASM, são empresas classificadas como empresas de serviços com a dimensão tecnológica como um dos principais pilares.

ANEXO B – RESUMO DO HISTÓRICO DAS FIRMAS DO MASM

Este anexo é um compilado das histórias de algumas das firmas analisadas ao longo deste estudo com informações disponíveis nos seus próprios sites. A tradução foi feita livremente pelo autor de modo que possíveis erros são de sua total responsabilidade. O objetivo desse anexo é apresentar a origem das informações da Tabela 8 da seção 4 e algumas curiosidades sobre a história das firmas do MASM.

CGG - VEIRTAS -DIGICON – WAVEFIELD INSEIS

A Compagnie Générale de Géophysique (CGG) é uma empresa francesa criada em 1931 e realizou as primeiras aquisições geofísicas na África em projetos terrestres usando a técnica de reflexão sísmica. Em 1956 a CGG criou a SMG, que em 1962 se tornaria a Sercel, sua empresa subsidiária de fabricação de equipamentos (CGG, 2019)

O primeiro levantamento marítimo da CGG foi realizado em 1958 e fez uso de duas embarcações, um barco fonte, que lançava uma carga de dinamite subaquática, e o segundo rebocando o cabo com sensores que fazia o registro das reflexões no fundo do mar. Em 1964 a CGG realizou as primeiras aquisições marítimas com a utilização de um único barco, iniciando suas operações no Mar do Norte em 1966, porém a sua primeira aquisição com tecnologia 3D ocorreu em 1978, introduzida na exploração sísmica pioneiramente a partir do reboque de três cabos sísmicos paralelos. Alguns anos depois, o avanço se deu com o navio sísmico 3D Harmattan atingindo o número de cinco cabos sísmicos sendo rebocados simultaneamente (CGG, 2019).

A Veritas é uma empresa canadense fundada em 1972 inicialmente como uma empresa de processamento, responsável pelo primeiro processamento 3D da indústria em 1982. Em 1977 a CGG é listada nas bolsas de valores de Nova York, e em 1981 em Paris. Com a liderança tecnológica no setor de ASM, em 1994 a CGG realiza a primeira aquisição 4D, dois anos depois ocorre a fusão da Digicon (empresa americana com foco em tecnologia) com a Veritas, formando a Veritas DGC Inc. O navio Veritas DGC, o SR/V Veritas Viking, estabelece um recorde ao rebocar o primeiro cabo sísmico de 12.000 metros da indústria. A fusão da CGG e a Veritas ocorrida em 2006 deu origem a companhia CGGVeritas, tornando-se a líder global de

serviços geofísicos e equipamentos. Outras fusões ocorreram, a CGGVeritas adquiriu em 2009 a norueguesa Wavefield Inseis, lançando no ano seguinte a tecnologia BroadSeis, que aumentou a qualidade dos dados sísmicos e em 2012 a CGGVeritas adquire a divisão de geociências da Fugro e volta a se chamar CGG (CGG, 2019).

A Wavefield Inseis era uma empresa norueguesa, fundada em 2001, que fornecia serviços geofísicos marítimos globais, e chegou a operar com seis embarcações de pesquisa geofísica para serviços 2D, 3D, 4D, MAZ e WAZ, nas duas modalidades contratuais, proprietário e multi-client. Conforme citado a Wavefield Inseis foi comprada pela CGG em 2008 (CGG, 2019).

WESTERNGECO – WESTERN GEOPHYSICAL – GECO-PRAKLA - GSI

A Western Geophysical foi fundada na Califórnia em 1933 por Henry Salvatori com o objetivo de usar a sismologia da reflexão para explorar petróleo. A empresa prosperou e foi vendida para a Litton Industries em 1960. Em 1987, a Litton e a Dresser Industries formaram uma *joint venture* compreendendo a Western e a Dresser Atlas. A *joint venture*, Western Atlas, foi listada na bolsa de valores em 1994. A Western Atlas adquiriu a Halliburton Geophysical Services, formada pela Geophysical Service Incorporated, Geosource e várias outras empresas. Em 1998, a Western Atlas foi adquirida pela Baker Hughes e dois anos depois, a Western Geophysical se tornou parte de uma *joint venture* entre a Baker Hughes e a Schlumberger, chamada de WesternGeco (WESTERNGECO, 2019).

A WesternGeco iniciou suas pesquisas usando a tecnologia Q-Marine em 2000. A WesternGeco e a Statoil criaram o primeiro programa de monitoramento de reservatórios de longo prazo do setor em 2004. No final do mesmo ano, a Petrobras contratou a WesternGeco para executar, até aquele momento, o maior projeto sísmico 4D no campo *offshore* de Marlim (WESTERNGECO, 2019).

A Geoteam-Computas Ltd. A.S foi criada em 13 de dezembro de 1972, pouco tempo depois, o nome foi alterado para Geophysical Company of Norway, acabou ficando conhecida como Geco. Anders Farestveit foi o fundador e seu primeiro CEO. O foco principal eram as pesquisas sísmicas marítimas, incluindo o desenvolvimento dos equipamentos e de embarcações sísmicas na modalidade proprietário. Em 1978 a Geco foi incorporada à empresa geofísica norueguesa

concorrente da época, a Statex (de propriedade da Statoil e da Kongsberg Våpenfabrikk) (WESTERNGECO, 2019).

A Geco manteve sua identidade e nome, mas ampliou seu portfólio de serviços e sua participação no mercado global a partir de 1978. Além de pesquisas sísmicas, a empresa passou a oferecer serviços de processamento e interpretação dos dados sísmicos. Após grandes investimentos na área de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia, conseguiu oferecer a primeira estação de trabalho de interpretação sísmica 3D comercial, o *software* "Charisma" em 1983 e o primeiro cabo sísmico digital, chamado "Nessie" em 1984 (WESTERNGECO, 2019).

A empresa teve forte expansão até 1985, quando houve uma crise global no setor de petróleo. No ano seguinte a Schlumberger Limited adquiriu 50% da Geco, e em 1988 comprou os 50% restantes, realizando sua fusão com a Merlin Geophysical (Seismic Profilers), que havia sido comprada pela Schlumberger um ano antes (WESTERNGECO, 2019).

Seguiram-se fusões com outras empresas geofísicas, incluindo Delft Geophysical, Prakla-Seismos (fundada em 1963 pela fusão da Seismos GmbH (fundada em 1921) e Gesellschaft für Praktische Lagerstättenforschung (Prakla) GmbH (fundada em 1937)) e Seismograph Services Ltd (de propriedade a época da Ratheon e com sede em Holwood Park, Keston, Kent, Reino Unido). Após a fusão com a Prakla-Seismos em 1993, a empresa foi renomeada como Geco-Prakla. Em 2001, a Geco-Prakla se juntou à divisão geofísica ocidental da Baker Hughes em uma *joint venture* denominada WesternGeco. A Schlumberger manteve 70% do empreendimento. A Baker Hughes possuía os 30% restantes. Em abril de 2006, a Schlumberger adquiriu a Baker Hughes com 30% de participação por US\$ 2,4 bilhões (WESTERNGECO, 2019).

A Geophysical Service Inc. (abreviada de GSI) foi fundada por John Clarence Karcher e Eugene McDermott em 1930, com o objetivo de usar a sismologia de refração e reflexão para explorar depósitos de petróleo. Em 1941 a empresa foi comprada por Eugene McDermott, Cecil Howard Green, J. Erik Jonsson e H.B. Pavão. Durante a Segunda Guerra Mundial, a empresa produziu dispositivos de detecção de submarinos. Após 10 anos, a empresa foi renomeada como Texas Instruments (TI) com a GSI como uma divisão. Mais tarde, a GSI foi vendida pela TI, recomprada e finalmente vendida novamente à Halliburton em 1988. A Halliburton também

adquiriu a GeoSource, uma empresa concorrente (anteriormente Petty-Ray Geophysical) e tentou fundir as duas empresas. Infelizmente, a rivalidade entre as duas entidades e a empresa resultante da fusão conhecida como Halliburton Geophysical Services (HGS) provou estar longe de ser lucrativa. Após vários anos de perdas em 1994 a Halliburton vende a HGS para a Western Atlas. A Western Atlas foi comprada pela Baker Hughes em 1998 e depois foi incorporada à WesternGeco em 2000, por meio de uma *joint venture* com a Schlumberger (WESTERNGECO, 2019).

Em 1992, Davey Einarsson, executivo de longa data do GSI original, adquiriu os direitos de propriedade dos dados especulativos do GSI no exterior do Canadá, lançando o novo GSI em Calgary, Paul Einarsson CEO e Presidente da Geophysical Service Incorporated, onde ingressou em 1997. A GSI é a maior proprietária de dados sísmicos marinhos no Canadá, com sede em Calgary, atualmente encontra-se envolvida em vários casos de litígios por danos causados pela divulgação de seus dados sísmicos confidenciais (WESTERNGECO, 2019).

PGS

A Petróleo Geo-Services (PGS) é uma empresa de origem norueguesa criada em 1991, sendo uma empresa de aquisição sísmica marítima, foi pioneira no desenvolvimento de aquisição sísmica com vários cabos sísmicos, produzindo dados sísmicos 3D de alta qualidade e cada vez mais eficientes para a indústria do petróleo. Desenvolveu experiência própria em geologia, geofísica, reservatório e produção, ampliando sua gama de produtos desde a geofísica à produção flutuante. Estabeleceu uma posição de liderança no mercado de FPSO (Produção flutuante, armazenamento e descarregamento) do Mar do Norte. Introduziu a sísmica 3D de alta densidade (HD3D™) com cabos sísmicos, em aquisições de leito marinho (4C) e aquisições terrestres. Criou a empresa de petróleo Pertra, tornando-se operadora do campo Varg, e combinou com sucesso a experiência em produção, sísmica e reservatório para aumentar o valor do campo (PGS, 2019).

Em 1993 a PGS estava se preparando para lançar seu mais recente navio sísmico 3D, o Nordic Explorer, rebocando até 5 cabos sísmicos (quase o dobro dos concorrentes). O gerente de aquisições, Einar Nilsen, estava no estaleiro de Langsten, a oeste da Noruega, quando viu uma visão cinza pálida do futuro: o misterioso Marjata, um navio espião da marinha norueguesa.

Esta Mata Hari marítima em formato de delta foi projetada para ser silenciosa e ouvir os submarinos russos no Ártico. Extremamente estável e ampla na viga, ela foi construída para suportar o gelo superior, mas todo esse espaço tinha outro potencial na mente de Einar. Ele conheceu o *designer* Roar Ramde e explicou um pouco sobre as operações sísmicas de vários cabos. Então, ele telefonou para a sede da PGS para dizer que o santo graal da sísmica havia sido encontrado. Dentro de algumas semanas, a PGS concordou em construir as duas primeiras *Ramforms* sísmicas, vinculando indelevelmente o design à marca PGS. Desde então, continuam a evoluir o *design* do *Ramform* e construindo muito mais, sendo o melhor design do mundo para navios de pesquisa sísmica (PGS, 2019).

Em 2001, os problemas financeiros da PGS fizeram com que atividades não essenciais parassem. O desenvolvimento do GeoStreamer® estava nos seus primeiros dias e seus resultados estavam longe de ser excelentes nesse estágio. No entanto, a PGS calculou que a vantagem potencial de fazer esse trabalho valia o risco e manteve o programa. Seis anos depois, a nova tecnologia tomou conta da indústria e lançou a revolução sísmica do BroadSeis, abrindo uma série de novas oportunidades de desenvolvimento (PGS, 2019).

Em agosto de 2002, a Norsk Hydro transferiu sua participação na Licença de Produção 038 no Mar do Norte para a PGS. O PL 038, também conhecido como o campo Varg, foi considerado em suas últimas pernas, com extrações cada vez mais aquosas e reservas em declínio. A PGS tinha um interesse particular em manter a produção, pois era o proprietário da instalação de produção flutuante no local, o FPSO Petrojarl Varg. A equipe de gerenciamento acreditava que melhores dados sísmicos e um novo plano de produção poderiam prolongar significativamente a vida útil do campo. Foi um palpite que valeu a pena. PGS comprou o campo por uma coroa norueguesa. As reservas recuperáveis na Varg mais que dobraram após a perfuração de dois novos poços, com base na primeira pesquisa MAZ comercial do setor e no trabalho inspirado da equipe de reservatórios da PGS. A Pertra, a empresa criada a partir deste empreendimento, foi vendida por NOK 1,5 bilhão (PGS, 2019).

O monitoramento sísmico permanente tem um enorme potencial, mas a indústria brasileira tem demorado a adotá-lo em grande escala. Um problema é a confiabilidade da eletrônica durante a vida útil de um campo. A solução dada pela PGS é o produto/serviço OptoSeis®, que utiliza

a longevidade das fibras ópticas para medir as propriedades dinâmicas dos reservatórios. Atualmente em operação em uma parte do campo de Jubarte no Brasil (PGS, 2019).

POLARCUS

Polarcus Limited OSE é uma empresa de geofísica *offshore* que opera uma frota de navios de pesquisas sísmicas em nível mundial. A empresa se descreve como tendo um forte foco ambiental que visa reduzir as emissões de poluentes para o mar e o ar. Os navios da Polarcus receberam classificações de alta eficiência energética e desempenho ambiental (POLARCUS, 2019).

A Polarcus fornece serviços de aquisição de dados sísmicos em todo o mundo e dados da sua biblioteca *Multi-Client*, bem como na geração de imagens de dados sísmicos para ajudar as empresas de energia a encontrar reservas de petróleo e gás no exterior. A empresa foi fundada em 2008 em Dubai, Emirados Árabes Unidos e tem ações na lista OTC da Bolsa de Valores de Oslo desde 2008 (POLARCUS, 2019).

TGS – NOPEC - SPECTRUM

A TGS-NOPEC Geophysical Company ASA, referida como TGS e listada na Bolsa de Valores de Oslo, foi fundada por uma fusão em 1998 entre a Tomlinson Geophysical Services Inc. (TGS), a Caliber Geophysical Co. Inc (fundada em 1981) e a NORwegian Petroleum (NOPEC Consultores de Exploração Internacional ASA, fundada em 1981, com sede financeira em Oslo, Noruega) (TGS, 2019).

A empresa é liderada pelo CEO Robert Hobbs, e possui funcionários em cidades ao redor do mundo, com os escritórios principais localizados em Oslo, Calgary, Houston, Londres e Perth. A TGS fornece dados geo-científicos *multi-client* para empresas de Exploração e Produção de petróleo e gás em todo o mundo, através de quatro linhas de produtos. Dados geofísicos *multi-client*, dados geológicos *multi-client* e serviços de criação de imagens. O gerenciamento de dados da TGS recebe inventários e armazena fitas de materiais sísmicos de dados para pesquisas sísmicas 2D e 3D de vários clientes. Além das bibliotecas de dados geofísicos e geológicos globais, que incluem dados sísmicos *multi-client*, dados magnéticos e de gravidade, registros

digitais de poços, dados de produção e pesquisas direcionais, oferece também serviços de processamento e imagem, produtos de interpretação e soluções de integração de dados (TGS, 2019).

A TGS emprega aproximadamente 550 funcionários e possui sede corporativa em Asker na Noruega, e sede operacional em Houston, Texas, EUA. Os outros escritórios principais da empresa estão em Calgary, Londres e Perth, com outros funcionários localizados em outras cidades do mundo. As ações da empresa são negociadas na Bolsa de Valores de Oslo e fazem parte do Índice OBX (25 ações mais líquidas da OSE) e possuem uma capitalização de mercado de aproximadamente US \$ 2,5 bilhões (dezembro de 2018) (TGS, 2019).

Com o tempo, construiu uma grande biblioteca de dados 2D para múltiplos clientes no Golfo do México. A empresa expandiu-se ainda mais para a América do Norte e África Ocidental e adicionou um portfólio 3D substancial no Golfo do México (TGS, 2019).

Também em 1981, a NOPEC foi fundada em Oslo e começou a construir um banco de dados 2D com vários clientes líder do setor no Mar do Norte, com operações adicionais na Austrália e no Extremo Oriente. Em 1997, a NOPEC tornou-se pública na Bolsa de Valores de Oslo. No ano seguinte, as empresas se fundiram para formar a TGS-NOPEC Geophysical Company (TGS), criando uma combinação vencedora para investidores, clientes e funcionários. Desde então, estabelecemos o padrão para dados geo-científicos em todo o mundo (TGS, 2019).

A Spectrum é estabelecida no Reino Unido em 1986 como uma empresa de processamento de dados sísmicos, de propriedade privada de dois investidores noruegueses. Em 1988 a Spectrum estabeleceu seu escritório em Houston. Entre 1989 e 2005 a Spectrum expandiu no segmento de *multi-client*, construindo uma biblioteca de dados de múltiplos clientes geograficamente espalhados, com dados herdados, reprocessados e expandindo a cobertura de dados para o norte da África, América do Sul e região da Ásia-Pacífico. Em 2005 a Spectrum é adquirida e, em seguida, fundida com a empresa sísmica multinacional norueguesa Global Geo-Services ASA, tornando-se GGS-Spectrum ASA. Em 2008 a Spectrum é retirada da GGS-Spectrum ASA e se torna Spectrum ASA, com sede na Noruega, assume a maioria da biblioteca sísmica *Multi-Client* anterior da GGS-Spectrum e o navio sísmico GGS Atlantic. A empresa está listada na Oslo Axess, a pequena lista de limite da bolsa de valores de Oslo. Em 2010 a Spectrum adquiriu

a Australian Seismic Brokers domiciliada em Perth, Austrália onde Rune Eng foi nomeado CEO. No ano seguinte a Spectrum encerrou a operação da GGS Atlantic e se tornou uma empresa *multi-client* de ativos leves, sem afretamentos ou obrigações em longo prazo. Uma nova equipe de gerenciamento foi implementada e a Spectrum adquiriu a biblioteca marítima global de múltiplos clientes da CGGVeritas, adicionando mais de 500.000 km de dados MC2D à biblioteca (SPECTRUMGEO, 2019).

Em 2012 a Spectrum está na lista principal da Bolsa de Valores de Oslo e adquire sua primeira pesquisa 3D de múltiplos clientes. No ano seguinte, a Spectrum adquiriu as empresas norueguesas Carmot Seismic AS e Carmot Processing AS, estabelecendo uma presença significativa para o Spectrum na plataforma continental norueguesa. Em 2014 após a aquisição da biblioteca CGGV 2D em 2011 e 2014, a Spectrum investiu US \$ 280 milhões organicamente para aquisição sísmica e processamento de dados em sua biblioteca *multi-client*, possuindo mais de 1,3 milhão de km de linha sísmica 2D *multi-client* e mais de 14.000 km² de dados sísmicos 3D *Multi-Client* (MC3D) (SPECTRUMGEO, 2019).

Em julho de 2015, a empresa adquiriu a biblioteca *Multi-Client* da Fugro por um preço de US \$ 115,0 milhões, em dinheiro e sem dívidas. Após a transação, a Spectrum mais que dobrou sua biblioteca sísmica para exceder 3,3 milhões de km de dados sísmicos 2D para múltiplos clientes, cobrindo todas as principais bacias sedimentares do mundo e 160.000 km² de dados 3D. Isso criou a maior biblioteca sísmica 2D do mundo. No período 2016 – 2018 a Spectrum continua a construir sua posição de líder do setor em sísmica 2D para múltiplos clientes e aumenta substancialmente a extensão da principal cobertura 3D, adicionando conjuntos de dados emblemáticos à sua biblioteca (SPECTRUMGEO, 2019).

Novos projetos incluem pesquisas ao longo da costa do Brasil e da Argentina, em preparação para as rodadas de licença previstas. Na África, dados sísmicos 2D inovadores na Somália e levantamentos 3D de águas rasas em blocos abertos ao largo do Gabão têm como objetivo reacender o interesse da exploração. Da mesma forma, dados 2D são adicionados ao largo de Moçambique e Madagascar. Em agosto de 2019, o TGS adquiriu a Spectrum, fornecedora sísmica *Multi-Client* da *Multi-Client*, para criar o principal provedor de dados geofísicos *Multi-Client* do mundo, cobrindo todas as principais bacias maduras e de fronteira do mundo (SPECTRUMGEO, 2019).

Com a extensa biblioteca combinada a robustez financeira, a entidade estará bem posicionada para acelerar os planos de investimento sísmico 3D em um mercado cada vez melhor. Além disso, as bibliotecas combinadas terão uma escala que ajudará a acelerar a estratégia de análise de dados da TGS (SPECTRUMGEO, 2019).

MAGSEIS FAIRFIELD

A Magseis Fairfield ASA é uma empresa sísmica internacional de fundo oceânico ("OBS") em rápido crescimento. A Companhia foi criada em 2009 com a visão de remodelar o mercado de OBS através da redução de custos de aquisição para nossos clientes. Desde 2013, a Magseis Fairfield cumpriu essa visão ao construir um histórico impressionante com algumas das maiores empresas de petróleo e gás do mundo. A Companhia está agora embarcando na próxima fase de seu desenvolvimento através da expansão de uma para três operações, além de expandir sua presença regional através de escritórios na Suécia, Reino Unido, Brasil, Cingapura e Estados Unidos. A tecnologia MASS da Companhia, combinada com os avanços na tecnologia de fonte, fornece a base para reduções significativas de custos nos próximos anos, o que ajudará a impulsionar o crescimento da indústria de OBS, bem como estabelecer firmemente a posição de liderança da Magseis Fairfields no setor (MAGSEIS, 2020).

A Magseis Fairfield se esforça para garantir um tratamento igual a todas as partes interessadas e está em conformidade com o Código de Prática de Oslo Børs para relatar informações aos investidores. A comunicação com acionistas e analistas tem alta prioridade para a Magseis Fairfield, pois se trata de um pré-requisito para uma avaliação justa dos ativos buscando aprimorar a comunicação com a comunidade de investimentos (MAGSEIS, 2020).

A empresa Fairfield Geotechnologies foi fundada em 1976 e iniciou imediatamente seu primeiro programa de zona de transição 2D na Louisiana. Em 1989, lançou sua primeira pesquisa 3D não exclusiva. Em abril de 2005, a empresa adquiriu a RFTrax. Em 2011, a empresa vendeu US \$ 30 milhões em equipamentos de exploração sísmica para a Apache Corporation. Em abril de 2018, a empresa adquiriu a biblioteca de dados multiclientes dos EUA da Geokinetics. Neste mesmo ano, a empresa vendeu seu negócio de tecnologias sísmicas e uma subsidiária do Reino Unido para a Magseis ASA da Noruega por US \$ 233 milhões (MAGSEIS, 2020).

FUGRO

A Fugro é uma empresa pública multinacional holandesa sediada em Leidschendam, na Holanda, é a principal especialista mundial em dados de geologia, coletando e analisando informações abrangentes sobre as bacias sedimentares, com experiência em caracterização de reservatórios (FUGRO, 2019).

Empregando aproximadamente 10.000 pessoas em 65 países, a Fugro atende clientes em todo o mundo, predominantemente nos setores de energia e infraestrutura, tanto *offshore* quanto *onshore*. Em 2018, a receita totalizou 1,65 bilhões de euros, a empresa está listada na Euronext Amsterdam, Mark Heine é CEO e Presidente do Conselho de Administração e Harrie L.J. Noy é Presidente do Conselho de Supervisão (FUGRO, 2019).

BGP

Iniciou a aquisição de dados sísmicos em 1961 com 15 equipes. Somente em 1973, a BGP foi formalmente nomeada, cresceu para 38 equipes e construiu o primeiro centro de processamento de dados na China, com o computador digital DJ-150. No ano de 1983 a BGP começou a cooperar com a WGC e a CGG, introduzindo tecnologia ocidental avançada, em termos de *hardware* de computador, software e técnicas sísmicas de processamento de dados (BGP, 2020).

A BGP desenvolveu e lançou com sucesso, em 1992, o seu sistema de processamento de dados sísmicos GRISYS, amplamente utilizado na China e em alguns outros países. Em 1994, subcontratou projetos de aquisição sísmica da BP, AGIP e JNOC no oeste da China, e ganhou licitações no Equador, tornando a BGP um jogador novo no mercado internacional. A BGP divulgou seus sistemas de aquisição chamados KLSeis em 2001, que, juntamente com a GRISYS, apoiaram fortemente as operações internacionais da BGP. No ano seguinte fundiu-se com outras seis pequenas empresas geofísicas no âmbito do CNPC, ampliando assim consideravelmente as suas capacidades, recursos e competitividade. Tornou-se a maior empresa de aquisição em terra e água rasa do mundo em 2003, com sua receita no exterior aumentada a uma taxa de 50% ao ano nos últimos quatro anos (BGP, 2020).

Em 2004, lançou o GeoEast V1., um sistema integrado de *software* de processamento e interpretação. Dois anos depois, lançou seu primeiro navio de manuseio de cabo OBC, o BGP DONG FANG KAN TAN NO. 2, e seu primeiro navio *streamer* 2D, o BGP DONG FANG KAN TAN NO.1, e sua primeira embarcação de *streamer* 3D, o BGP Pioneer. Em 2009 a BGP fundiu a Liaohé Geophysical Exploration Company, uma empresa geofísica local da CNPC. Um novo navio R/V BGP Challenger juntou-se à frota do BGP. Em 2010 um novo membro da Frota do BGP, o BGP Explorer, lançado em Tanggu, China. No ano de 2011 a BGP lançou o BGP-PROSPECTOR um navio de *streamer* 12 (BGP, 2020).

SEABIRD EXPLORATION

A SeaBird Exploration (OSE: SBX) é uma fornecedora global de dados sísmicos 2D e 3D marinhos, produtos e serviços associados ao setor de petróleo e gás. A Companhia está listada na Bolsa de Valores de Oslo, com sede em Chipre. Eles também têm escritórios regionais em Houston, Texas e Oslo. Opera uma frota de seis embarcações sísmicas, especializada em aquisição de dados sísmicos 2D de deslocamento longo e águas rasas 3D. Concentrando-se em pesquisas sísmicas com contratos proprietários e ativa nas aquisições multicliente (SEABIRD, 2019).

A empresa está posicionada de forma única com sua cultura e credenciamentos de Qualidade, Saúde, Segurança e Meio Ambiente (QHSE). Nossa frota utiliza equipamentos padrão da indústria, operados com os mais altos padrões de QHSE, sendo credenciada/certificada para ISM / ISPS, OGP, ISO 9001, 14001 e 45000 (SEABIRD, 2019).

A SeaBird se concentra em soluções tecnológicas robustas e confiáveis para garantir operações contínuas, gerenciando operações sísmicas marítimas, fornecendo tripulação e operação unificadas (SEABIRD, 2019).

GX TECHNOLOGY

A GX Technology Corporation é uma provedora de serviços de imagem sísmica. As soluções da empresa incluem aquisição sísmica, processamento de tempo, profundidade de pré-empilhamento e geração de imagens de tempo, 4D e serviços de múltiplos componentes. (GXTECHNOLOGY, 2019)

OCEANGEO

A OceanGeo, uma empresa da ION, é especializada na aquisição sísmica de fundo oceânico de múltiplos componentes. Desde 2008, opera no exterior, no Brasil, em profundidades superiores a 1700 m, e está intimamente familiarizada com a aquisição de dados sísmicos no fundo do oceano e a tecnologia VectorSeis Ocean (VSO) da ION (OCEANGEO, 2019).

NORDIC MARITIME

A NMS é uma empresa familiar com uma continuação da atividade de propriedade de navios da família que remonta a 1975, então conhecida como Olaf Pedersens Rederi (OPR). A OPR foi pioneira no desenvolvimento do transporte de gás liquefeito de petróleo, entre outros que operam a frota "*Sunny*", e no *pool* de transportadores de gás da Unigas, onde a OPR era parceira (NORDIC-MARITIME, 2019).

Atualmente, a NMS oferece serviços de gerenciamento de terceiros, incluindo gerenciamento de navios, de tripulações e de projetos. No que diz respeito ao Gerenciamento de Navios e Tripulações, atualmente possui 11 navios sob gerenciamento (NORDIC-MARITIME, 2019).

MAGE

A JSC Marine Arctic Geological Expedition é capaz de fornecer serviços geológicos e geofísicos de alta qualidade na prateleira, na zona de transição e em terra. Especializados em levantamento da estrutura de mares de plataforma, áreas de transição e costeiras do Ártico e do Oceano Mundial (MAGE, 2019).

A Companhia possui um banco de dados geológico-geofísico exclusivo sobre: Os mares do Ártico (mar de Barents, Kara, White, Siberian Oriental e Laptev); Mares do Atlântico, Pacífico, Índico e Ártico; e da Antártica (os mares Ross e Weddell) (MAGE, 2019).

Criado em 1972 em Murmansk, como uma expedição geológica e geofísica do Ártico (CMAH) marinha complexa, como parte do Ministério de Geologia da Associação Geológica e Geofísica e Pesquisa do Mar do Norte ("Sevmorgeo") da URSS. Em 1981, foi renomeado para Marine Arctic Geological Expedition (MAGE) (MAGE, 2019).

BERGEN OILFIELD SERVICES

A Bergen Oilfield Services AS (BOS) é uma empresa norueguesa de pesquisa sísmica *offshore* com foco na comercialização de tecnologia submarina. A BOS possuía suas três embarcações e empreendeu a aquisição de dados até o processamento. As políticas e procedimentos de QSMS da BOS são desenvolvidos para ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 e, como membro da IAGC, a BOS seguiu os padrões da IAGC (BERGEN, 2019).

Formada em 2006, a BOS possui escritórios em Bergen e Oslo, Noruega; Driebergen, Holanda; Farnborough-Hampshire, Reino Unido; Houston, EUA e Cingapura. A BOS também tem representação na Itália; Chennai, Índia e Jacarta, Indonésia. Nesse curto espaço de tempo, a BOS remodelou duas embarcações sísmicas: BOS Arctic (3D) e BOS Atlantic (2D) e estão operacionais e prestando serviços aos clientes. O BOS Angler foi reformado no final de 2008, totalizando três navios como parte de sua frota (BERGEN, 2019).

O BOS Atlantic é um navio sísmico 2D com um cabo sísmico de 12.000 m. Em 14 de maio de 2008, o BOS Atlantic recebeu seu novo nome pela madrinha original Inger Marie Møgster. Imediatamente após a cerimônia, o navio partiu para iniciar seu primeiro contrato como BOS Atlantic para o departamento de Petróleo da Noruega. O BOS Arctic é um navio sísmico 3D com seis cabos de 8.100 m. O navio foi lançado em junho de 2008. Em 2010, o navio mudou-se para a Índia para um contrato de Reliance 3D. O BOS Angler é um novo tipo de navio de exploração e geração de imagens na busca de petróleo e gás em todo o mundo. O navio foi lançado em dezembro de 2008. A empresa entrou em falência em 2011 (BERGEN, 2019).

SAEXPLORATION

A SAExploration foi construída desde o início por uma equipe de alguns dos profissionais mais experientes do setor sísmico. Um produto de inovação, compromisso e trabalho duro, a SAE é a principal provedora de serviços sísmicos na América do Sul. Em 2006, a SAExploration iniciou suas operações no Peru como Exploração Sul-Americana (SAEXPLORATION, 2019).

Em 2008 abre o escritório de Bogotá, Colômbia. A expansão na América do Sul continua com a abertura de um escritório de operações sísmicas em Santa Cruz, Bolívia. No ano de 2011 a

exploração na América do Sul muda de nome e a SAExploration foi incorporada em Delaware, Estados Unidos. A SAExploration estabelece operações sísmicas na América do Norte com a aquisição da Datum Exploration em Calgary, Canadá e da Northern Exploration Services em Anchorage, no Alasca. Em 2012 a expansão do Sudeste Asiático continua com a entidade legal estabelecida na Nova Zelândia, abertura do escritório de operações sísmicas em New Plymouth, Nova Zelândia. Em 2013 a SAExploration tornou-se uma empresa de capital aberto no mercado de capitais da NASDAQ sob o símbolo SAEX. No ano seguinte, 2014, a sede corporativa foi estabelecida em Houston, Texas (SAEXPLORATION, 2019).