

**ÁREA DE SUBMISSÃO: Inovação em Setores Intensivos em Recursos Naturais:
Agricultura, Energia, Mineração****Dinâmica de interação das companhias de petróleo e suas fornecedoras de
sistemas de processamento submarino no Brasil**Matheus Gonçalves da Silva Pereta¹André Tosi Furtado²Janaína Oliveira Pamplona da Costa³

RESUMO – A emergência das tecnologias de processamento submarino reflete a expansão do setor do petróleo e gás natural offshore, a partir da década de 1990. O Brasil é o principal mercado de sistemas submarinos de produção, tendo como característica principal, regiões exploratórias em águas profundas. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é analisar a dinâmica da rede de interação entre usuários e fornecedores dessas tecnologias, na dimensão de projetos de exploração e produção. Foi realizada uma análise de conteúdo em dois surveys de projetos em processamento submarino organizados por um periódico especializado. Uma rede de interação entre usuários e fornecedores em sistemas de processamento submarino foi gerada posteriormente. A Petrobrás é o principal ator por trás do desenvolvimento dessas tecnologias emergentes no Brasil. A posição estratégica da companhia de petróleo brasileira na rede de inovação é resultado de um processo de aprendizado coletivo em comunicação com as redes internacionais de conhecimento, bem como reflexo da formação de um aglomerado industrial especializado no setor do petróleo offshore no entorno da Bacia de Campos que indica a proximidade geográfica, um fator-chave para a dinâmica de inovação.

Palavras-Chave – Indústria do petróleo *offshore*; Redes; Interação usuário-fornecedor.

ABSTRACT – The emergence of subsea processing system reflects the expansion of the offshore oil and gas industry since the 1990s. Brazil is the major market for subsea production systems, related to deepwater activities as its main feature. In this sense, the aim of this paper is to analyze the dynamics of user-producer networks, and the development of subsea processing technologies. A content analysis was performed in two surveys of projects related to this production system. Then, a user-producer

¹ Mestrando em Política Científica e Tecnológica pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). E-mail: matheuspereta@ige.unicamp.br

² Professor Titular no Departamento de Política Científica e Tecnológica da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). E-mail: furtado@ige.unicamp.br

³ Professora no Departamento de Política Científica e Tecnológica da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). E-mail: jpamplona@ige.unicamp.br

network was built aiming to shed light on interactions among oil companies and its suppliers. The results suggest Petrobras as the main actor in the development of emerging subsea processing technologies. The Brazilian oil company's strategic position in the innovation network is the result of a collective learning process overlapping international knowledge networks. It also reflects the formation of an industrial cluster specialized in the offshore oil sector around the Campos Basin that indicates geographical proximity, a key factor for innovation dynamics.

Keywords – Offshore Oil & Gas Industry; Networks; User-producer interaction.

1. INTRODUÇÃO

A indústria do petróleo e gás natural (IP), apesar de tecnologicamente madura (Landes, 2010), encontra no setor de exploração e produção (E&P) *offshore*, uma frente de expansão tecnologicamente dinâmica (Zhang *et al.*, 2019). O aumento da profundidade de lâminas d'água (LDA) e distância entre os campos de produção e o litoral são as principais forças indutoras de inovação tecnológica nessa indústria. As principais tecnologias de E&P são (i) sísmica; (ii) perfuração e (iii) sistemas de produção e equipamentos complementares (Neto; Shima, 2008). A consolidação das atividades de E&P em águas mais profundas (LDA superiores a 1.000m), a partir da década de 1990, implicou não somente o aumento da complexidade dos desafios tecnológicos no *offshore* profundo, mas também (i) um processo de “marinização” dos sistemas de produção em consonância à (ii) abertura de um novo ciclo de inovação associado aos sistemas submarinos de produção (Ruas, 2012).

No que diz respeito à IP *offshore* no Brasil, as atividades de E&P estão concentradas em regiões de águas profundas e ultraprofundas (LDA superiores a 1.500m). A companhia de petróleo brasileira – Petrobrás – exerceu um papel histórico no desenvolvimento de novas tecnologias na Bacia de Campos e, mais recentemente, na região do pré-sal, reconfigurando o padrão tecnológico da indústria, em nível mundial. Dessa maneira, a Petrobrás conseguiu galgar uma posição estratégica nas redes internacionais de conhecimento, apoiando-se em uma estratégia endógena de inovação que habilitou sua participação no processo de inovação em tecnologias de fronteira (Dantas; Bell, 2011; Morais, 2013).

As atividades produtivas da IP são divididas em três fases: (i) *upstream*; (ii) *midstream* e (iii) *downstream*. O *upstream* está relacionado às atividades de prospecção e exploração geológica, caracterizadas por altos riscos econômicos e tecnológicos. O *midstream* está relacionado ao processamento, transporte e armazenamento de petróleo e gás natural. Por fim, o *downstream* diz

respeito às etapas de refino e distribuição dos derivados dos recursos energéticos produzidos. A indústria parapetrolífera (IPP) é responsável por fornecer equipamentos e serviços à indústria petrolífera. Seus atores são responsáveis (i) pela prestação de serviços geológicos; (ii) serviços de engenharia e construção de infraestruturas; (iii) integração, ou sistematização de sistemas e (iv) fabricação de equipamentos (Ribero; Furtado, 2014).

Nas últimas décadas o século XX, após a queda dos preços do petróleo, a IP transferiu parte das atividades tecnológicas à IPP, buscando uma estratégia mais intensiva e integrada em inovação (Acha, 2002). As interações do tipo usuário-fornecedor (U-F) nessa indústria caracterizou-se pela encomenda de produtos complexos, cujas características são especificadas pelos usuários, por um lado, e a fabricação e integração dos sistemas de produção nos campos operados pelas companhias de petróleo, por outro (Gielfi *et al.*, 2013). Nas primeiras décadas do século XXI, período caracterizado pela alta dos preços dessa *commodity*, a dinâmica de interação entre esses atores parece não ter sido alterada (Ribeiro *et al.*, 2019), embora os fornecedores estejam em um contínuo movimento de concentração de capacidades tecnológicas, através do aprofundamento das fusões & aquisições.

A etapa *midstream* é mais crítica em relação aos projetos de E&P *offshore*, pois lida com os desafios associados à avaliação das alternativas tecnológicas disponíveis para esses projetos; a seleção dos conceitos mais adequados e a especificação de suas características, instalação e acompanhamento da tecnologia até seu abandono, ou descomissionamento. Uma tecnologia emergente na fase *midstream* com grande potencial de aplicação no setor petrolífero brasileiro, no sentido de complementar os sistemas de produção existentes (Ribeiro *et al.*, s. i.), é o sistema de processamento submarino (SPS).

O SPS possui características de produto complexo (Hobday *et al.*, 2000; Barlow, 2000). Essa solução tecnológica está relacionada aos seguintes gargalos das atividades de E&P *offshore*: (i) viabilização econômica da produção de um poço submarino e (ii) fornecimento de energia necessária à elevação dos fluidos produzidos até as unidades de processamento (Monte Verde, 2016). Os sistemas de processamento submarino são constituídos por cinco conceitos tecnológicos (Biazussi, 2014), a saber, (i) estimulação submarina (ES); (ii) compressão submarina de gás (CSG); (iii) separação submarina (SS); (iv) tratamento e (re)injeção submarina de água (TRI) e, finalmente, (v) linhas de fluxo eletricamente aquecidas, ou “aquecimento ativo” (AA). O Quadro 1 sintetiza as principais características das tecnologias constituintes do SPS.

Quadro 1 - Características principais dos conceitos tecnológicos em processamento submarino

Conceito tecnológico	Características principais
ES	Aprimora e acelera a produção por diminuir a pressão nas cabeças de poços; Aumenta o volume de recuperação total de um poço ao diminuir a pressão de abandono; Viabiliza a produção em reservatórios de baixa pressão; Reduz os efeitos hidrostáticos em águas profundas; Aprimora o transporte de fluidos produzidos.
CSG	Aumenta o nível de recuperação e viabiliza a produção de extensos campos satélites interconectados (<i>subsea tiebacks</i>); Pode eliminar a necessidade de estruturas de superfície em ambientes difíceis.
SS	Minimiza a necessidade de equipamentos de separação de fluidos nos <i>topsides</i> das plataformas; Separa os fluxos de líquidos e gás, removendo água e contaminantes dos fluidos produzidos; Aumenta a recuperação do poço e do campo produtor como um todo; Diminui a pressão/energia de estimulação (<i>flow boosting power</i>) necessários dos poços.
TRI	Reduz peso, espaço e energia nas unidades de produção
AA	Lidam com as dificuldades associadas ao comportamento químico da produção de fluidos.

Fonte: Elaboração própria a partir de Bai; Bai, 2019.

Reconhecendo o papel exercido pelas interações U-F no desenvolvimento de novas tecnologias (Cassiolato, 1992), este artigo se propõe a realizar um estudo da dinâmica entre usuários e fornecedores de SPS, em nível de projeto industrial. Sendo assim, este trabalho tem o objetivo de (i) caracterizar os projetos industriais em processamento submarino no Brasil e (ii) visualizar a rede de interação U-F nesses projetos.

Este trabalho está organizado em mais três seções, além desta introdução. A primeira seção apresenta os procedimentos metodológicos utilizados durante o processo de pesquisa. Os resultados do trabalho, bem como a discussão suscitada por eles são apresentados na segunda seção. A terceira e última seção, a título de considerações finais, reflete sobre as considerações finais deste trabalho.

2. METODOLOGIA

A estratégia de pesquisa deste trabalho está dividida em duas etapas, a saber, (i) análise de conteúdo de dois *surveys* organizados pelo periódico *Offshore Magazine* (2019a; 2019b) relacionados aos projetos em processamento submarino na indústria do petróleo e (ii) elaboração da estrutura de rede de interação U-F dessas tecnologias no Brasil.

Etapa 1: Foram identificados dois *surveys* organizados pelo periódico especializado *Offshore Magazine* que disponibilizam informações de projetos de E&P associados às tecnologias de processamento submarino em empreendimentos da IP. Dessa maneira, a pesquisa assume caráter documental, explorando aspectos quantitativos e qualitativos para uma análise de seu conteúdo (Bardin, 2016; Godoy, 1995). Os dados quantitativos foram tabulados com o objetivo de fornecer informações técnicas dos projetos em SPS no Brasil. Por sua vez, os dados qualitativos foram utilizados para mapear a distribuição geográfica desses projetos, bem como os atores envolvidos e os respectivos *status* de operação.

Etapa 2: Este segundo procedimento metodológico utiliza as informações sobre atores sistematizadas na etapa anterior com o objetivo de visualizar possíveis interações entre eles. Os atores foram classificados de acordo com sua atividade econômica principal e a função que exerce nos projetos de E&P *offshore* analisados. Sendo assim, os atores foram classificados entre (i) companhias de petróleo e gás natural, ou usuários e (ii) empresas de engenharia e fornecedoras de equipamentos e serviços, ou fornecedores.

Para a visualização da rede de interação U-F, em primeiro lugar, foi criada uma matriz de usuários e fornecedores, representada pelo número de elos existentes entre os atores em projetos de processamento submarino. A matriz foi analisada pelo *software* estatístico *R!* com o objetivo de gerar a rede de interação U-F⁴. A rede é representada por grafos correspondendo a um conjunto de vértices, ou nós (V) e um conjunto de arestas (E), conforme o esquema $E \rightarrow V$, em que (e) é a fonte e (v) é o alvo da aresta direcionada (Newman, 2010). Na rede de interação U-F, os vértices são as companhias de petróleo ou empresas fornecedoras, enquanto as arestas indicam os elos entre os vértices, representando o fornecimento de equipamentos ou serviços de engenharia associados ao SPS na dimensão de projeto industrial. Nesse caso em específico, dois vértices estão relacionados se um usuário ou um fornecedor estão envolvidos em um projeto de E&P *offshore* associado a uma tecnologia de processamento submarino.

⁴ Considerando o objetivo deste trabalho, não foram realizadas análises de mensuração das redes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar as informações levantadas nos *surveys* de projetos industriais em processamento submarino (Offshore Magazine, 2019a; 2019b), foram identificados 19 projetos desenvolvidos no Brasil. Os conceitos tecnológicos aplicados no Brasil estão disponíveis na Tabela 1.

Tabela 2 - Nº de projetos em processamento submarino no Brasil por conceito tecnológico

Conceito tecnológico	Nº de projetos
ES	12
SS	5
TRI	1
AA	1
Total	19

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de Offshore Magazine 2019a; 2019b.

Os dados contidos na Tabela 1 apontam algumas tendências em relação à adoção de novas tecnologias de processamento submarino em projetos de E&P *offshore*. Em primeiro lugar, há o predomínio do conceito tecnológico de ES, uma tecnologia em desenvolvimento desde a década de 1980. A principal função desta tecnologia é fornecer energia necessária aos reservatórios, viabilizando sua exploração comercial ao alterar as condições físico-químicas no interior dos reservatórios, ou aumentando a taxa de recuperação de óleo (EOR). Os dados sugerem que o maior interesse dos usuários nessa tecnologia se justifica, em parte, pelo fato de que mais projetos relacionados à ES estão localizados na Bacia de Campos e do Espírito Santo, províncias exploratórias que lograram esticar a vida útil dos campos produtores, através do constante aprimoramento das tecnologias de E&P.

A SS é outra tecnologia chave para as atividades *offshore*, tendo em vista seu papel na separação em solo marinho dos fluídos produzidos em hidrocarbonetos e contaminantes. Dessa maneira, a produtividade dos poços produtores é aumentada, ao passo que os contaminantes (areias, parafinas, gás carbônico, água residual) podem ser armazenados em poços de injeção de resíduos.

Dessa forma, as tecnologias de ES e SS têm estabelecido trajetórias de desenvolvimento mais maduras em relação às demais. Ou seja, o TRI e o AA⁵ são conceitos tecnológicos em experimentação no litoral brasileiro. É possível argumentar, com apoio na contribuição de Rotolo *et al.* (2015), que a ES e a SS estão na fase de emergência tecnológica, enquanto o TRI e o AA, em fase de pré-emergência.

Os *status* de operação dos projetos em processamento submarino no Brasil, apresentados na Tabela 2, reforçam o argumento acima a respeito de seu grau de maturidade tecnológica. As três companhias de petróleo que adotam SPS em seu portfólio de projetos de E&P são Petrobrás (14 projetos); Shell (5 projetos) e Chevron (1 projeto⁶). Dos 12 projetos em ES, 8 estão em operação e 4 abandonados por ultrapassar o limite da capacidade de recuperação de hidrocarbonetos. A SS é uma tecnologia que tem sido mais difundida, embora somente 2 projetos estejam operando. Os projetos relacionados às tecnologias de TRI e AA estão na fase de demonstração, ainda que seu *status* de operação indique um grau de atividade.

Tabela 3 – Projetos em processamento submarino por *status* de operação no Brasil (2002-2018)

Companhia de petróleo	Nº de projetos	Conceito tecnológico/<i>Status</i>
Chevron	1	AA (1 operante)
Petrobrás	14	AA (1 operante) ES (5 operantes e 4 abandonados) TRI (1 operante) SS (1 operante; 1 instalado e não-operante e 1 projeto cancelado ⁷)
Shell	5	ES (3 Operantes)
		SS (1 Operante e 1 Encomendado)

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de Offshore Magazine 2019a; 2019b.

A capacidade de operação em águas mais profundas é outro indicador do grau de maturidade tecnológica do processamento submarino. O Gráfico 1 ilustra a evolução das distâncias de LDA dos SPS instalados em 14 projetos de E&P no Brasil⁸. Os primeiros projetos de E&P em

⁵ É destacado o papel exercido pela aprendizagem favorecida pela parceria estratégica estabelecida entre a Petrobrás e a Chevron, operadoras do campo de Papa-Terra, na aplicação do conceito tecnológico de AA.

⁶ O projeto em AA é uma parceria estratégica entre a Chevron e a Petrobrás.

⁷ O projeto foi cancelado pela declaração de não-comercialidade do campo de Congro e Corvina.

⁸ A amostra está limitada às informações contidas nos *surveys* consultados pela pesquisa.

processamento submarino no Brasil foram iniciados no começo dos anos 2000. Entretanto, o período entre 2010-2015 marca o maior interesse dos atores em adotar essas tecnologias, bem como a diversificação dos conceitos tecnológicos aplicados nos projetos de E&P *offshore*.

É possível inferir do gráfico que a ES é a única tecnologia consolidada no *offshore* profundo. A SS é majoritariamente aplicada em águas profundas e, assim como a tecnologia de ES, é utilizada para aumentar o escoamento de hidrocarbonetos produzidos. O AA, embora seja uma tecnologia experimental, busca eliminar a contaminação química das linhas de fluxo em condições ambientais severas de temperatura e pressão em um campo de produção em águas profundas na Bacia de Campos. Por fim, o TRI representa um projeto demonstrativo em águas rasas, revelando-se uma tecnologia em estágio embrionário que demanda maior engajamento dos atores da IP e IPP para emergir enquanto alternativa tecnológica segura e economicamente viável.

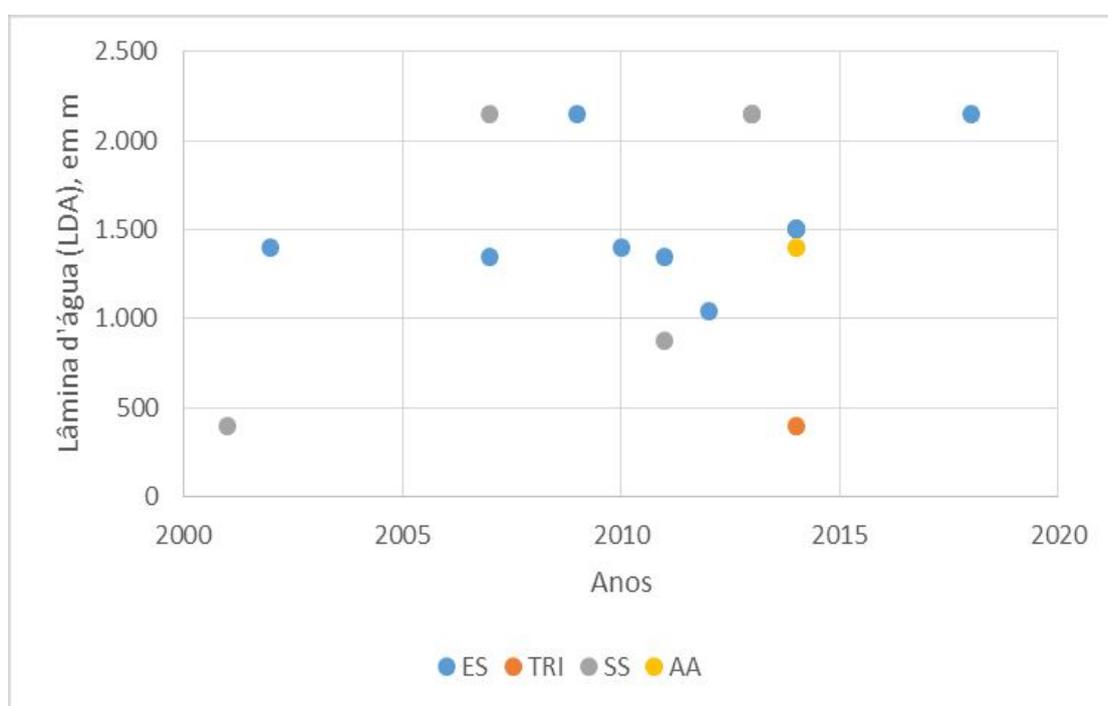


Gráfico 1 - Evolução das distâncias de LDA dos projetos em processamento submarino no Brasil (2002-2018)

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de Offshore Magazine 2019a; 2019b.

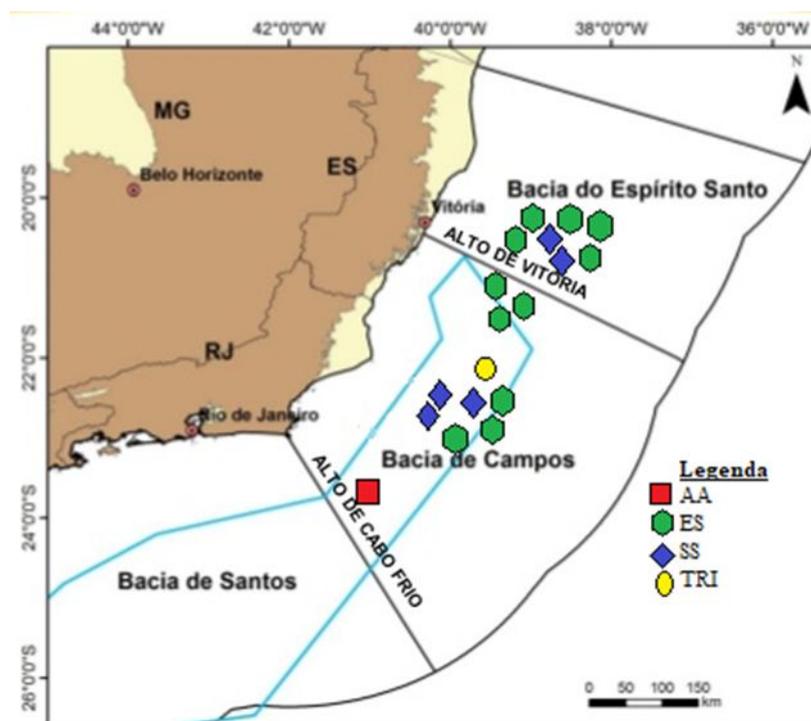
A ausência de iniciativas associadas à CSG no Brasil se justifica, em grande parte, pelas particularidades geológicas das bacias sedimentares *offshore* que não favorecem a acumulação de grande volume de gás natural (exceto em alguns setores da Bacia do Espírito Santo). Sendo assim,



SIGCI

a tecnologia de CSG não encontrou, até o presente momento, um espaço de desenvolvimento nos portfólios de projetos de E&P das companhias de petróleo no Brasil, inclusive da Equinor que é o principal usuário da tecnologia na região do Mar do Norte.

O Mapa 1, por sua vez, indica (i) a concentração do processamento submarino em duas bacias *offshore* e (ii) a maior diversificação tecnológica em nível de projeto na Bacia de Campos. O desenvolvimento de tecnologias de fronteira no entorno da Bacia de Campos não se dá ao acaso, mas é um reflexo dos conhecimentos e capacidades tecnológicas acumuladas pelos atores que mantém atividades sistemáticas de E&P na região desde a década de 1970.



Mapa 2 - Distribuição geográfica dos projetos em processamento submarino no Brasil por conceito tecnológico

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de Offshore Magazine 2019a; 2019b.

A Bacia do Espírito Santo foi a primeira região *offshore* no Brasil a ser perfurada, no final da década de 1960, ainda que tenha resultado em um poço seco. A descoberta do primeiro campo com volume comercial – Garoupa, em 1974, inaugurou uma das províncias exploratórias tecnologicamente mais dinâmicas da IP em nível mundial. Ao longo das últimas três décadas do



século XX, os principais atores da IP e da IPP lograram desenvolver sistemas de produção adequados às operações em LDA entre 1.000m e 2.000m de profundidade (Morais, 2013).

O sucesso das realizações de um setor industrial de alta complexidade tecnológica em um país periférico como o Brasil é explicado, em parte, pelo fato de que em segmentos industriais cuja distância entre competências e capacitações dos atores é atenuada pela base de conhecimentos acumulados localmente, é favorecido o processo de emparelhamento (Katz, 1976). Além disso, a criação de uma política explícita de criação de capacidades endógenas de inovação e o domínio sobre conhecimentos geológicos, bem como da especificidade do território brasileiro em relação à disponibilidade de hidrocarbonetos, particularmente, petróleo, são fatores explicativos do sucesso dos projetos de E&P da IP no Brasil (Furtado, 1995).

A descoberta de grandes reservas de petróleo na Bacia de Campos, durante a década de 1970, impulsionou o desenvolvimento de um espaço altamente especializado em atividades do setor *offshore* para dar conta dos desafios tecnológicos identificados na E&P da região. Desenvolveu-se nesta região uma rede de atores que tem se aglomerado no entorno da Bacia de Campos, por um lado, aumentando as sinergias entre os participantes dessa rede e, por outro lado, promovendo uma divisão do trabalho baseada no grau de complexidade dos conhecimentos de suas atividades (Silvestre; Dalcol, 2009).

Com o objetivo de explorar as oportunidades econômicas associadas às sucessivas descobertas de petróleo, sobretudo, na Bacia de Campos, novas empresas estrangeiras e nacionais – mesmo que sem muita expressão – aglomeraram-se no entorno da Baía de Guanabara. Cabe ressaltar a presença histórica de instituições de pesquisa na região que se debruçaram sobre áreas do conhecimento relacionadas à IP, entre as quais, a Marinha do Brasil e a Universidade do Brasil (atual Universidade Federal do Rio de Janeiro). Com efeito, a aglomeração industrial que ali se estabeleceu engendrou um sistema de inovação geograficamente localizado, setorial e tecnologicamente especializado (Silvestre; Dalcol, 2009).

A aglomeração industrial da Bacia de Campos especializada no setor de E&P de petróleo reforça a ideia de que a questão geográfica importa à análise da dinâmica do processo de inovação (Saxenian, 1994). A noção de proximidade geográfica deve ser entendida em um espectro mais amplo, em que é possível aos atores acumular vantagens de inovação que escapem ao *lock-in* de suas trajetórias tecnológicas, percorrendo um caminho marcadamente evolucionário e *path-dependent* (Langford; Hall, 2007). Lundvall (1988) destaca a importância da proximidade

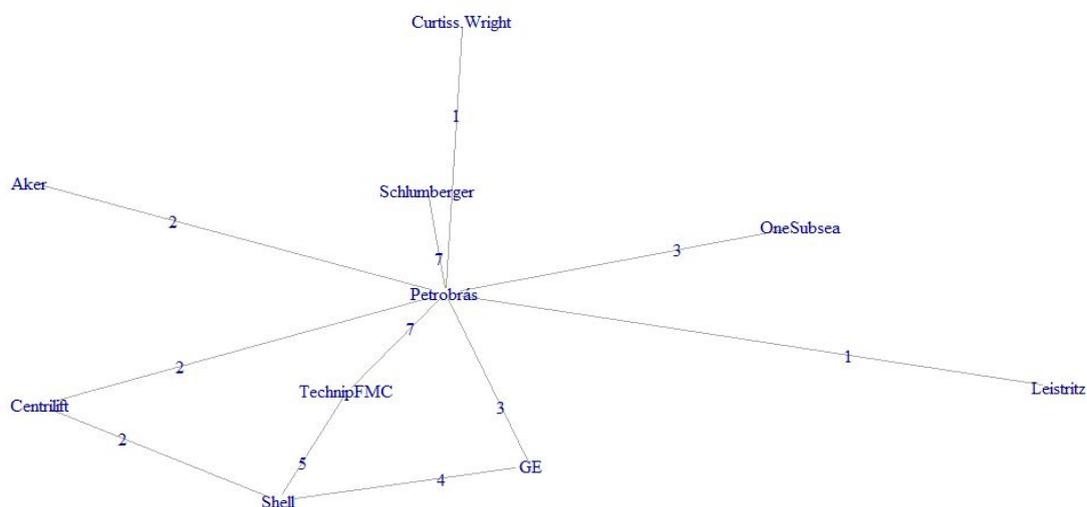


geográfica para as interações entre usuários e fornecedores nos sistemas de inovação que, segundo Freeman (1987), são compostos por uma rede de atores públicos e privados, cujas atividades e interações entre esses iniciam o desenvolvimento, importam, modificam e difundem novas tecnologias.

Uma das maiores vantagens associadas à formação da aglomeração industrial da Bacia de Campos está na forja da rede de interação U-F que estreita as relações entre os mais diversos atores, facilitando a discussão e a busca de novas soluções para problemas técnicos e tecnológicos, devido à proximidade geográfica. Nesse sentido, os fluxos de conhecimento se dão intra-aglomeração. Todavia, não se restringem ao local, pois os fluxos de conhecimento podem acontecer extra-aglomeração (Bell; Albu, 1999). Estes, por sua vez, são importantes para a comunicação da base de conhecimento da rede com os fluxos internacionais de conhecimento. O caso do processamento submarino em projetos de E&P na Bacia de Campos e do Espírito Santo reforça a ideia de uma rede de atores espacialmente aglomerada que têm obtido sucesso na introdução de tecnologias emergentes que implicam um processo de reconfiguração tecnológica da atividade de *midstream* na IP.

A análise da rede de interação U-F em processamento submarino reconhece o papel da proximidade geográfica para a geração de vantagens competitivas e um processo de aprendizagem coletiva dos atores envolvidos com novas tecnologias. A Rede 1⁹ apresenta as interações existentes entre os usuários e fornecedores de SPS, em nível de projeto, no Brasil.

⁹ A rede apresenta o aglomerado de *links* existentes entre os atores em projetos de E&P associados ao processamento submarino no litoral brasileiro em relação às tecnologias de ES, SS e TRI. O *survey* consultado para extrair as informações de projetos em AA não contém informações sobre os fornecedores, estando nossa análise limitada às informações encontradas no levantamento organizado pela Offshore Magazine, 2019b.



Rede 1 - Rede de interação U-F em processamento submarino no Brasil, na dimensão de projetos de E&P (2002-2018)

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de Offshore Magazine, 2019a; 2019b.

A Petrobrás é o ator central na estrutura de rede apresentada acima, tendo um papel expoente em sua governança. A posição estratégica da companhia de petróleo brasileira na rede de interação U-F reflete o resultado de um longo processo de aprendizagem coletiva que logrou constituir uma base de conhecimentos sofisticada e adotar uma postura ativa em relação à inovação no setor do petróleo *offshore*. Desde o início de suas atividades, na década de 1950, a Petrobrás tem buscado participar de redes de inovação com o propósito de identificar as alternativas tecnológicas mais adequadas à especificidade das operações no Brasil. Dantas e Bell (2009; 2011) demonstram o processo de inserção da Petrobrás nas redes internacionais de conhecimento e a construção de capacidades tecnológicas que a impulsionaram à fronteira tecnológica da IP. A Rede 1 vai no sentido de ilustrar a importância da companhia de petróleo brasileira na introdução de tecnologias emergentes associadas ao *offshore* no país.

Dez atores compõem a rede de interação U-F, sendo duas companhias de petróleo (Petrobrás e Shell) e oito empresas fornecedoras de equipamentos e serviços (Aker, Centrilift, Curtiss-Wright, GE, Leistritz, Onesubsea, Schlumberger e TechnipFMC). A Petrobrás interage com todos os fornecedores em seus projetos referentes ao processamento submarino. A TechnipFMC, por sua vez, é a fornecedora com o maior número de *links* na rede (12), interagindo

com a Petrobrás e a Shell. Faz-se necessário comentar que todas as fornecedoras na rede são grandes empresas da IPP e origem estrangeira que mantêm uma filial, ou centro de pesquisa no Brasil. Dessa forma, é possível concluir que (i) a aglomeração industrial no entorno da Bacia de Campos é estratégica para o desenvolvimento de novas tecnologias *offshore* em nível mundial, atraindo grandes atores da IPP e (ii) a IPP brasileira não tem sido tão beneficiada pelos fluxos de conhecimento intra ou extra-aglomeração, ainda que esteja circunscrita num espaço preenchido por infraestruturas científicas e tecnológicas ligadas ao setor do petróleo. Sendo assim, na fronteira tecnológica da IP, os espaços de acumulação tem sido preenchido pelos atores que lograram acumular capacidades e conhecimentos estratégicos ao longo de sua trajetória.

Outro fator-chave para a posição estratégica da Petrobrás nessa rede é a amplitude de seu conhecimento sobre o território, ou melhor, o conhecimento da geologia das bacias *offshore* brasileiras. Essa base de conhecimento da Petrobrás, que relaciona o território e a energia está por trás de seu papel na governança dessa rede, tendo em vista a capacidade da companhia de petróleo brasileira alinhar (von Tunzelmann, 2010) diferentes formas de colaboração de diversos atores (neste caso em específico, os fornecedores) em função da introdução e aprimoramento das tecnologias de processamento submarino apropriadas à situação específica da E&P no Brasil.

4. CONCLUSÃO

O SPS é uma tecnologia emergente na IP que visa reconfigurar o padrão tecnológico da etapa *midstream*. No Brasil, o processamento submarino lida com desafios tecnológicos associados ao aumento da taxa EOR, à viscosidade e à presença de contaminantes nos hidrocarbonetos. A ES é a tecnologia mais proeminente no país.

Os atores da IP e IPP interagem em rede com o propósito de convergir esforços inovativos para desenvolver SPS apropriados às especificidades dos projetos de E&P no litoral brasileiro. Essa rede está geograficamente concentrada no entorno da Bacia de Campos; região que aglomera uma infraestrutura industrial, científica e tecnológica robusta em relação ao setor do petróleo *offshore*. Ou seja, uma zona de intersecção dos fluxos de conhecimento local e das redes internacionais de conhecimento.

A proximidade geográfica e o conhecimento do território brasileiro são fatores-chave para compreender a dinâmica de inovação da rede de U-F em SPS no país. Em nível de projeto



industrial, a posição estratégica da Petrobrás na governança dessa rede e a tendência dos usuários e fornecedores enraizarem seus elos ao longo do tempo (Granovetter, 1985), reflete estratégia de acumulação de capacidades e conhecimentos que projetaram a Petrobrás na fronteira tecnológica da E&P *offshore*.

5. REFERÊNCIAS

- ACHA, V. L. *Framing the past and future: the development and deployment of technological capabilities by the oil majors in the upstream petroleum industry*. 2002. Tese (Doutorado). Science Policy Research Unit, University of Sussex, Brighton.
- BAI, Y.; BAI, Q. *Subsea engineering handbook*. Oxford: Elsevier, 2019.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2016 [original de 1977].
- BARLOW, J. Innovation and learning in complex offshore construction projects. *Research Policy*, v. 29, p. 973-989, 2000.
- BELL, M.; ALBU, M. Knowledge systems and technological dynamism in industrial clusters in developing countries. *World development*, v. 27, p. 1715-1734, 1999.
- BIAZUSSI, J. L. *Modelo de deslizamento para escoamento gás-líquido em bomba centrífuga submersa operando com líquido de baixa viscosidade*. 2014. 208p. Tese (doutorado). Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas. Campinas – São Paulo.
- CASSIOLATO, J. E. *The role of user-producer relations in innovation and diffusion of new technologies: lessons from Brazil*. 1992. Tese (Doutorado). Science Policy Research Unit, University of Sussex, Brighton.
- DANTAS, E.; BELL, M. Latecomer firms and the emergence and development of knowledge networks: The case of Petrobras in Brazil. *Research Policy*, v. 38, p. 829-844, 2009.
- _____. The co-evolution of firm-centered knowledge networks and capabilities in late industrializing countries: The case of Petrobras in the offshore oil innovation system in Brazil. *World Development*, v.39, p. 1570-1591, 2011.
- FREEMAN, C. *Technology and economic performance: lessons from Japan*. London: Pinter Publishers, 1987.
- FURTADO, A. T. Política tecnológica setorial e planejamento energético: algumas lições de um estudo comparativo entre Brasil e França na indústria do petróleo. *Revista Brasileira de Energia*, v. 04, p. 07-37, 1995.
- GIELFI, G. et al. User-producer interaction in the Brazilian Oil Industry: The relationship between Petrobrás and its suppliers of wet christmas trees. *Journal of Technology Management and Innovation*, v.8, p.117-127, 2013.
- GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 35, p. 20-29, 1995.
- GRANOVETTER, M. Economic action and social structure: the problem of embeddedness. *American Journal of Sociology*, v. 91, p. 481-510, 1985.
- HOBDA, M. et al. Innovation in complex products and systems. *Research Policy*, v.29, p. 793-804, 2000.
- KATZ, J. *Importación de tecnología, aprendizaje y industrialización dependiente*. México: Fondo de Cultura Económica, 1976.
- LANDES, D. *The unbound Prometheus: technological change and industrial development in Western Europe from 1750 to the present*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.



SIGCI

- LANGFORD, C. H.; HALL, J. Confronting complexity in technology cluster development: towards an evolutionary theory, *Academy of Management Conference Proceedings*, Philadelphia, 2007.
- LUNDEVALL, B. A. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. In: DOSI, G. *et al. Technical change and economic theory*. London: Pinter Publishers, 1988.
- MONTE VERDE, W. *Modelagem do desempenho de bombas de BCS operando com misturas gás-óleo viscoso*. 2016. 408p. Tese (doutorado). Faculdade de Engenharia Mecânica. Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas. Campinas – São Paulo
- MORAIS, J. M. *Petróleo em águas profundas: uma história tecnológica da Petrobrás na exploração e produção offshore*. Brasília: IPEA, 2013.
- NETO, J. B. O.; SHIMA, W. T. Trajetórias tecnológicas no segmento *offshore*: ambiente e oportunidades. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 12, p. 301-332, 2008.
- NEWMAN, M. E. J. *Networks: An introduction*. Oxford: Oxford University Press, 2010.
- OFFSHORE MAGAZINE. 2019 Worldwide survey of active heating projects. 2019a. Disponível em: <https://www.offshore-mag.com/resources/maps-posters/whitepaper/14034387/2019-worldwide-survey-of-active-heating-projects-as-of-feb-2019>. Acessado em: 28/11/2019.
- _____. 2019 Worldwide survey of subsea processing. 2019b. Disponível em: <https://www.offshore-mag.com/resources/maps-posters/whitepaper/14034388/2019-worldwide-survey-of-subsea-processing>. Acessado em: 28/11/2019.
- OLIVEIRA, A. *et al.* Competition between technological systems in pre-salt fields. s.i. Disponível em: http://www.ie.ufrj.br/images/pesquisa/pesquisa/textos_sem_peq/texto0605.pdf. Acessado em: 28/11/2019.
- RIBEIRO, C.; FURTADO, A. Government procurement policy in developing countries: the case of Petrobras. *Science, Technology and Society*, v. 19, p. 161-197, 2014.
- RIBEIRO, C. G. *et al.* The influence of user-supplier relationship on innovation dynamics of Oil & Gas Industry. *Technology Analysis & Strategic Management*, 2019
- ROTOLO, D. *et al.* What is an emerging technology? *Research Policy*, v. 44, p. 1827-1843, 2015.
- RUAS, J. A. G. *Dinâmica de concorrência na indústria parapetrolífera offshore: evolução mundial do setor de equipamentos subsea e o caso brasileiro*. 2012. Tese (doutorado). Instituto de Economia. Universidade Estadual de Campinas. Campinas – São Paulo.
- SAXENIAN, A. *Regional advantage, culture and competition in Silicon Valley and Route 128*. Cambridge: Harvard University Press, 1994.
- SILVESTRE, B. S.; DALCOL, P. R. T. Geographical proximity and innovation: evidences from the Campos Basin oil & gas industrial agglomeration – Brazil. *Technovation*, v. 29, p. 546-561, 2009.
- VON TUNZELMANN, N. Alignment, misalignment and dynamic network-based capabilities. In: DYKER, D. A. *Network dynamics in emerging regions of Europe*. Singapore: Imperial College Press, 2010, p. 03-20.
- ZHANG, G. *et al.* Giant discoveries of oil and gas fields in global deepwaters in the past 40 years and the prospect of exploration. *Journal of Natural Gas Geoscience*, v. 04, p. 01-28, 2019.