

DESAFIOS TECNOLÓGICOS NA EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO EM ÁGUAS PROFUNDAS: O SISTEMA PETROBRAS DE INOVAÇÃO

THAÍS DAMASCENO DE LIMA

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Unesp, Mestranda do programa de pós-graduação em economia, thaistdl@hotmail.com

ROGÉRIO GOMES

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Unesp, Professor assistente doutor do departamento de economia, rgomes@fclar.unesp.br

RESUMO

O petróleo e o gás natural representam mais de metade de demanda energética mundial. O Brasil tem se destacado no mercado *offshore* (águas profundas), porém para continuar com a liderança nesse setor precisa superar os desafios da extração e produção de petróleo e gás natural na fronteira geológica do pré-sal. Frente a essas dificuldades a Petrobras tem demandado inovações, que são realizadas por empresas parceiras e institutos de pesquisa. As novas regiões de exploração de petróleo exigem avanços tecnológicos para superar as “dificuldades naturais” (luz, temperatura, pressão em grande profundidade; geografia do leito oceânico; correntes marítimas; distâncias entre as plataformas e o continente e entre plataformas e os poços no fundo oceânico; etc). No entanto, esses avanços frequentemente resultam de “inovações arquitetônicas”, ou seja, uma nova solução técnica desenvolvida a partir de diferentes tecnologias conhecidas. Essa estratégia permite diminuir as incertezas inerentes aos processos inovativos, os custos e o tempo dos projetos. Nesse contexto, este trabalho visa contribuir para a compreensão do sistema que denominamos Sistema Petrobras de Inovação (SPI), selecionando, examinando, classificando e hierarquizando as relações entre a companhia e seus parceiros – especialmente, fornecedores, institutos de pesquisa e universidades - nas inovações realizadas para exploração em águas profundas. Como resultado do modelo teórico-analítico que propomos para o SPI a petrolífera age como “motor” do sistema, pois garante ao mesmo tempo a dinâmica (aquisição das soluções tecnológicas) e a direção (define os desafios e as demandas por soluções técnicas) do processo inovativo.

PALAVRAS-CHAVE: Extração de Petróleo e Gás *Offshore*. Desafios. Inovações. Trajetórias Tecnológicas. Sistema Petrobras de Inovação.

INTRODUÇÃO

Ainda hoje o petróleo é um importante insumo nas matrizes energéticas mundiais, incluindo a brasileira. O consumo final energético do planeta depende fortemente dos derivados do petróleo (42,3%), participação que supera individualmente todas as demais fontes - gás natural (16%), eletricidade (16,2%), energias renováveis (13,7%), carvão mineral (8,4%) e outras fontes (3,5%) (IEA, 2007). Além disso, os derivados do petróleo são empregados em grande parte das atividades humanas: combustíveis, pavimentação, solventes, cosméticos, alimentos, entre dezenas de outras aplicações, especialmente na indústria química. Em suma, os hidrocarbonetos são extremamente relevantes na economia de um país.

Nos últimos anos, o setor petrolífero brasileiro ficou muito associado às descobertas das reservas em águas profundas. Se por um lado, essas reservas são estratégicas no longo prazo pelo seu potencial, por outro, elas revertem a histórica dependência da oferta externa ao país para uma condição de figurar entre os maiores exportadores mundiais. No entanto, esta

produção tem superado inúmeros obstáculos e adversidades (alta profundidade; formação geológica; etc) que exigiram - e continuam requerendo - inovações que conduziram o Brasil à liderança mundial na exploração *offshore*.

A empresa tem buscado a superação dos desafios tecnológicos surgido na exploração das camadas do pré-sal através da coordenação de um “consórcio” entre diferentes instituições (especialmente, empresas fornecedoras, institutos de pesquisa, universidades, etc) que resultou na formação de um sistema de cooperação para a inovação *offshore* (item 4). Este trabalho analisa as trajetórias tecnológicas da exploração petrolífera no Brasil para avaliar os novos desafios a serem enfrentados pela Petrobras na extração de hidrocarbonetos em águas profundas e ultraprofundas (item 3) e examinar a rede de inovação comandada pela empresa. Nesse intuito, além de um histórico das etapas tecnológicas da exploração *offshore* (item 2), realizamos um mapeamento das principais empresas que integram o “sistema” para discutir o modelo de inovação utilizado pela petrolífera brasileira (item 4) à luz da teoria evolucionista (item 1).

1. PROCESSO DE INOVAÇÃO: INCERTEZA, ROTINAS E APRENDIZADO

O conceito e o processo de inovação sofreram grandes mudanças ao longo do tempo. Na proposta original de Schumpeter (1961), a atividade era resultado da criatividade característica do empresário empreendedor, ou seja, do agente introdutor de mudanças técnicas indutoras de transformações estruturais no sistema econômico. Nos últimos trabalhos, o autor assume que esse papel foi incorporado pela grande empresa reestruturada em departamentos, em particular o de P&D. Independentemente do agente ativo, essas mudanças são a alavanca do progresso e do desenvolvimento econômico e social.

A partir dessa compreensão, alguns autores analisaram a “produção de inovações” em função dos recursos e/ou capacidades (ativos e/ou conhecimentos técnicos) internas da firma, tratando o processo inovativo a partir de uma perspectiva endógena (Penrose, 1959). No entanto, ao longo dos anos, essa percepção foi sendo revisada e ampliada. Em meados dos anos 80, apesar de ser um processo que se desenvolve em boa medida internamente, ganha realce a perspectiva de que a inovação, depende também das interações entre as atividades realizadas dentro das empresas e aquelas ligadas ao mercado, à criação de conhecimento e ao fornecimento de bens, serviços e tecnologias (KLINE; ROSENBERG, 1986). Assim, o conceito e o processo de inovação ganham nova interpretação e dimensão que os tornaram mais complexos (como discutiremos adiante), pois não apenas cria e aplica um novo conhecimento, mas também se retroalimenta (cumulatividade do conhecimento) e recombina conhecimentos já existentes para criar, desenvolver, aprimorar ou aperfeiçoar produtos e processos. Este conceito mais amplo de inovação é adotado neste trabalho. Nessas circunstâncias, as empresas comandam e controlam (ao menos parcialmente) o processo de inovação crescentemente complexo, seja em termos da densidade dos requisitos técnico-científicos internos, seja em termo das necessárias parceiras externas que complementam os conhecimentos anteriores.

Por outro lado, a inovação é um processo inerentemente permeado por incertezas, pois é impossível determinar os resultados técnico-científicos e econômicos *ex-ante*. Inexistem garantias de que os investimentos em uma inovação alcançarão, em primeiro lugar, sucesso técnico (qualidade comparativamente superior do produto e/ou escala produtiva economicamente viáveis) e, posteriormente, êxito comercial no mercado (confrontado com outras – novas e velhas - tecnologias/produtos). Nessa perspectiva, o cálculo capitalista para avaliar se o investimento *ex-ante* será recompensado *ex-post* é permeado de incertezas (BAPTISTA, 1999).

No entanto, há diferentes graus de incerteza que envolve cada tipo de projeto de inovação e, portanto, a capacidade de estimar o sucesso e o retorno desses investimentos. Quando se trata de investimentos em inovação radicalmente nova (quando vige a incerteza forte), as informações são insuficientes para nortear o comportamento e os cálculos racionais são impossíveis. Se as mudanças são de pequena dimensão, ou seja, melhorias incrementais nos produtos e processos (incerteza é baixa), a avaliação dos prazos e dos retornos dos investimentos é menos complexa. Dessa forma, a incerteza é gradualmente reduzida entre o primeiro e segundo tipo de inovação, mas as empresas são incapazes de prever precisamente todos os resultados de seu processo inovativo (FREEMAN; SOETE, 1997; cap. 10). Em suma, a incerteza permeia todo o processo de inovação, sendo importante não apenas nas decisões de investimentos, mas também na definição do tipo de estratégia inovativa de cada empresa e, conseqüentemente, nas funções científicas e técnicas internas que serão privilegiadas (FREEMAN; SOETE, 1997; cap. 11).

Neste trabalho assumimos que a Petrobras e seus parceiros, avaliam os novos conhecimentos necessários aos seus projetos futuros, estabelecem planos (metas) para superar gradualmente as dificuldades tecnológicas e, desta forma, reduzir as incertezas da atividade de inovação. Nesse sentido, as inovações são “incrementais” pois são paulatinamente introduzidas nas atividades de extração, mas com mudanças significativas, que as transforma, ao longo do tempo, em avanços tecnológicos importantes. Em outras palavras, a incerteza é minorada pela adoção de uma estratégia de “inovações de prazos mais curtos” por meio de programas com objetivos e parcerias previamente definidos. Como a empresa não está diretamente envolvida com a atividade de P&D, ao mesmo tempo em que evita o ingresso em atividades que fogem da sua especialidade, divide os riscos da inovação, mas mantém o controle do processo.

Para Dosi (1988), a inovação decorre de um processo de busca numa determinada base de conhecimento. Frente a incerteza intrínseca a atividade de inovação, as firmas adotam comportamentos rotineiros que tomam forma não apenas nas atividades de P&D, mas, também, por meio dos diferentes tipos de aprendizados - *learning by doing*, *learning by using*, *learning by interaction*, etc. (NELSON e WINTER, 2005, cap. 11). Assim, as rotinas compreendem variáveis que são passíveis de previsões, pois fazem parte do processo de aprendizado daquilo a firma já executa bem e consegue compreender os resultados. Esses padrões de comportamento regulares determinam a qualquer momento - e muitas das vezes de forma estocástica - uma lista de funções que a firma deve realizar de acordo com as variáveis internas e externas que enfrenta nas suas atividades regulares e que acabam por configurar os processos por soluções tecnológicas. Nesse sentido, muitas decisões empresariais são tomadas por meio de procedimentos rotineiros (NELSON e WINTER; 2005).

Assim, as rotinas se caracterizam como firma-específicas e direcionam todo o processo de busca. (DOSI 1988; ROSENBERG, 1982; cap. 7). Todavia, se as rotinas levam a novos conhecimentos e aprendizados, mudam as capacitações e recurso das firmas, alteram as bases do conhecimento do processo de busca, acabam por redefinir as próprias rotinas. Em suma, como o próprio sistema, as rotinas e os mecanismos de busca são dinâmicos, ou seja, em constante mutação.

As firmas selecionam e seguem rotinas para reduzir as incertezas próprias dos processos de busca. Esse processo determina a evolução da firma ao longo do tempo e é irreversível (NELSON; WINTER, 2005; cap. 11). Na atividade de busca são adquiridos novos conhecimentos e o aprendizado acumulado. Assim, maior o conhecimento acumulado, mais facilmente podem ser solucionados os problemas que possam surgir ao longo do desenvolvimento de um projeto, mais rapidamente os problemas podem ser classificados em “de fácil solução” e naqueles que requerem mais conhecimentos ou novas alternativas, mais prontamente as buscas e os esforços podem ser direcionadas para soluções promissoras. Em

outras palavras, os novos desafios tecnológicos podem ser superados com mais presteza se houver conhecimentos disponíveis ou que possam ser prontamente acessados – acessar conhecimentos exige conhecimentos. Nessa perspectiva, as atividades rotineiras decorrem do processo evolutivo, de acúmulo de conhecimentos adquiridos nas atividades cotidianas, mas podem ser insuficientes para gerar soluções aos novos problemas.

O progresso técnico possui, assim, duas características de suma importância: a cumulatividade e o caráter tácito de parte do conhecimento que envolve cada tecnologia. A cumulatividade é uma característica intrínseca do progresso técnico, pois surge durante a evolução do conhecimento que é sustentado pelos mecanismos de buscas e das rotinas estabelecidas pela firma. Já o fator tácito está relacionado a natureza do conhecimento como um bem privado, “não público”, que não pode ser adquirido ou transferido facilmente (em oposição ao conhecimento codificado) e incorporado pela firma ao longo dos processos de buscas.

Os recursos e novos conhecimentos técnicos adquiridos durante o processo inovativo levam a firma a certas direções tecnológicas. Esse processo vai adquirindo características determinadas pelos mecanismos de busca e seleção, definindo naturalmente uma trajetória própria a firma, ou seja, originando o caráter firma-específico. Essa trajetória decorre de uma certa regularidade da evolução técnica, que direciona o processo de inovação para caminhos cujo caráter cumulativo e temporal do conhecimento guiarão a busca. Nessa perspectiva, as trajetórias não representam necessariamente uma ruptura no processo de inovação, mas novos contornos que ele pode adquirir quando os processos rotineiros não mais forem aptos a suprir os novos desafios.

2. INOVAÇÕES RADICAIS, INCREMENTAIS E ARQUITETÔNICAS

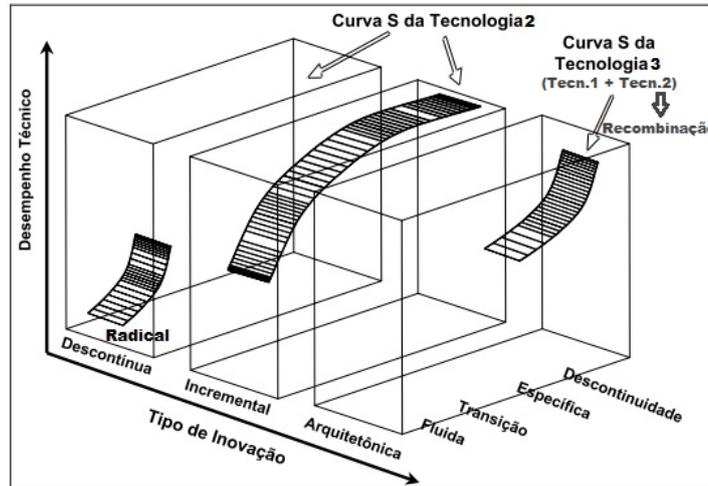
As inovações podem ser classificadas como radicais, incrementais ou arquitetônicas. A inovação incremental baseia-se na melhoria de uma tecnologia já existente, em contraposição à inovação radical que engendra rupturas devido a uma nova solução de um problema (OECD, 2004), por vezes configurando um novo paradigma tecnológico. Essas inovações se caracterizam por lançamentos de novos produtos e processos que representam uma ruptura estrutural com o padrão tecnológico anterior e impactam severamente o mercado, podendo causar grandes fissuras na dinâmica inovativa e competitiva de uma indústria. Em geral elas decorrem de atividades P&D com altos níveis de incerteza e podem propiciar retornos elevados (FREEMAN, 1988).

As inovações incrementais, por sua vez, estão vinculadas aos esforços rotineiros para o aprimoramento e desenvolvimento dos produtos e processos já existentes, ou seja, na busca por melhorias na qualidade e diferenciação do produto e na redução dos custos de produção. No entanto, essas inovações não produzem alterações de monta na estrutura industrial, pois incorporam mudanças técnicas menores. Ademais, como resultam de atividades rotineiras, elas são mais frequentes e, se comparadas com as inovações radicais, envolvem incerteza fraca (FREEMAN, 1988).

As inovações arquitetônicas, por outro lado, são reconfigurações de tecnologias já existentes, que passam por uma mudança na relação dos itens que as compõem, desde que o projeto mantenha seus principais conceitos inalterados (TUSHMAN; O'REILLY, 1997). Handerson e Clark (1990) utilizaram o termo “inovação arquitetônica” para caracterizar inovações que aproveitaram grande parte dos conceitos iniciais de projetos essenciais em uma nova organização arquitetônica. Em essência, as inovações arquitetônicas podem decorrer da junção de duas ou mais tecnologias, mantendo seus projetos dominantes, mas remodelados para suprir os novos requisitos técnicos. Essas inovações representam menores desafios – e

incertezas – para as empresas por se tratar de reconfigurações de tecnologias existentes, utilizando-se de conhecimentos já disponíveis para as firmas.

Figura 1: Tipos de inovação e as fases do ciclo da tecnologia



Fonte: Moraes (2000). Adaptação do autor.

A Figura 1 confronta os três tipos de inovação descritos acima. Suponha que já exista a tecnologia 1 (antiga) e que tenha sucesso a decisão de uma empresa em investir em uma nova tecnologia (2) visando obter lucros extraordinários, mas caracterizada por incerteza forte. O novo projeto (2), sendo uma inovação radical, representa uma descontinuidade tecnológica em relação a tecnologia antiga (1) - primeiro “cubo” da Figura 1. Após introduzir a inovação, se as expectativas sobre o sucesso se mantêm, a empresa concentra esforços na evolução dessa nova tecnologia, sem descaracterizar o conceito principal, ou seja, desenvolvendo inovações incrementais – segundo “cubo” da Figura 1. Por fim, suponha que frente a um novo gargalo tecnológico a empresa não queira assumir grandes riscos e opta por utilizar o conhecimento acumulado com as tecnologias 1 e 2. Se as características das duas tecnologias favorecerem, a empresa pode recombina-las de forma a criar a tecnologia 3, caracterizando a inovação arquitetônica - terceiro “cubo” da Figura 1. Ressalte-se que a inserção das tecnologias 2 e 3 promovem descontinuidades, mas os graus incertezas são distintos.

Frente a incerteza atrelada aos desenvolvimentos necessários a superar os desafios e os gargalos técnicos, a Petrobras adotou a estratégia tecnológica baseada nas inovações arquitetônicas, dado os menores riscos, custos e prazos (FURTADO, 1996). Em parceria com empresas e universidades e baseada na interação de conhecimentos e no aprendizado continuado, a petrolífera conseguiu significativos avanços tecnológicos na exploração e extração de petróleo em águas profundas.

3. BREVE HISTÓRICO DAS COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS DA PETROBRÁS E OS DESAFIOS

Os países em desenvolvimento são normalmente receptores de tecnologias, principalmente das tecnologias mais avançadas. No entanto, por vezes a absorção das tecnologias externas pode ser associada a esforços tecnológicos próprios que resultam em conhecimentos novos e aprendizados capazes de originar inovações incrementais e de

natureza arquitetônicas. Dessa forma, é possível introduzir melhorias e redefinir os componentes para suprir algumas das necessidades tecnológicas internas (FURTADO, 1996).

Na fundação, a estratégia inicial da petrolífera brasileira foi de auferir tecnologia estrangeira na forma de projetos industriais. Assim, enquanto absorvia tecnologias externas para a exploração e produção de petróleo e gás natural, a empresa concentrava seus esforços na formação de recursos humanos (FURTADO, 1996).

No cenário mundial, o Brasil encontrava-se atrasado na exploração de petróleo, pois essa atividade havia começado há quase um século antes. Assim, era requerido escala na exploração petrolífera e construção de refinarias, a baixa oferta de profissionais era um entrave. A inexistência de cursos nacionais voltados para profissionais petroquímicos, motivou a criação do Centro de Aperfeiçoamento e Pesquisas de Petróleo (CENAP), em 1955 (WILLIAMS, 1967). Em 1966, o CENAP foi substituído pelo Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Petrobras (CENPES) e, em 1973, transferido para o campus da Ilha do Fundão a UFRJ, no Rio de Janeiro.

Nos anos 60, houve progresso na tecnologia de perfuração de posicionamento dinâmico para águas profundas e foram desenvolvidos os dutos de escoamento da produção e de sísmica em alto mar. Essas inovações possibilitaram a ampliação ininterrupta da produção *offshore* e significam a superação dos primeiros desafios na atividade. No início dos anos de 1980 um intenso processo de aprendizagem nas novas tecnologias foi promovido pela Petrobras para respaldar o aumento de suas importações tecnológicas. Em meados dos anos 80, as bacias descobertas *offshore* tinham profundidades de 400 a 2.000 metros, impondo novos e maiores desafios à firma.

Na exploração de petróleo em águas com profundidade até de 400 metros, as tecnologias vinham do exterior e eram adaptadas às condições brasileiras. Como não existiam tecnologias internacionais disponíveis para profundidades maiores a superação dos gargalos técnicos foi necessário ingressar em pesquisas tecnológicas novas e próprias (FURTADO, 1996).

O segmento *offshore* tem demandado inúmeras inovações pela descoberta das reservas na região do Pré-sal, que possuem forte potencial para exploração petrolífera. As rochas dessa área geológica distanciam cerca de 300 quilômetros da costa marítima brasileira (do norte da Bacia de Campos ao sul da Bacia de Santos), se estendem por uma área de largura de 200 km e estão cerca de 3.000 metros abaixo do solo marinho, (PETROBRAS, RIMA, 2011). Entre os fatores que dificultam a produção de petróleo em grandes profundidades, destacam-se: (i) condições do clima marinho e as rochas encontradas abaixo do leito oceânico (ex: altura das ondas, velocidade dos ventos, tempestades, pressões hidrostáticas, baixas temperaturas do fundo do mar); (ii) distâncias grandes entre as plataformas e o continente e entre plataformas e os poços no fundo oceânico (as grandes distâncias acentuam as dificuldades frente às condições físicas e ambientais do ambiente marinho, de forma que toda a tecnologia deve ser controlada da plataforma já que há mais de 300m de profundidade o trabalho humano de mergulhadores torna-se impossível, requerendo equipamentos não tripulados que realizam a implantação e manutenção dos equipamentos no fundo do mar); (iii) a completa escuridão no fundo do mar (a certa distância, as luzes artificiais já não são tão úteis, já que a distância da superfície faz com que haja total invisibilidade do ambiente) (MORAIS, 2013).

4. O SISTEMA DE INOVAÇÃO

A inovação é elemento essencial para a competitividade empresarial. A formação de conhecimentos e habilidades é cada vez mais complexa e difusa, mas imprescindível à inovação. Por isso, o desenvolvimento das competências necessárias à realização dos avanços

tecnológicos, tem sido cada vez menos viável dentro de uma única firma ou conduzida isoladamente.

Chesbrough (2003) destacou as dificuldades das firmas continuarem inovadoras utilizando apenas recursos internos. O autor cunhou o termo “inovação aberta” para descrever o processo de inovação no qual as empresas buscam fontes externas de conhecimento para realizar as inovações. O setor de P&D da empresa deve estar capacitado para gerir projetos inovadores recorrendo a fontes de conhecimentos dentro e fora da firma. Na inovação aberta, portanto, as organizações empresariais devem compreender a necessidade de recorrer aos conhecimentos externos para complementar os conhecimentos internos reforçando a capacidade inovativa do departamento de P&D.

Apesar do processo de inovação aberta enfatizar a necessidade de busca de conhecimentos externos à firma, a Petrobras não se encaixa nesse padrão, pois a empresa é usuária das inovações que são realizadas a partir de troca de conhecimentos entre empresas fornecedoras e centros de pesquisas. A petrolífera não capta conhecimentos externos para realizar as inovações em seu próprio departamento de P&D. A sua atuação é como promotora e coordenadora do “consórcio inovador”, demandando soluções técnicas incorporadas nos produtos que adquire, abastecendo e incitando a troca de conhecimentos e, em contrapartida, garantindo mercado aos fornecedores dos produtos inovadores.

No campo petrolífero, considerando a necessidade de troca de conhecimentos para a inovação - em razão das diversas ciências envolvidas - e o alto custo da atividade de P&D, tanto para as empresas como para os institutos de pesquisas, a cooperação tecnológica emerge como uma alternativa para impulsionar o progresso técnico. No início de 1980, os padrões de rede de cooperação entre institutos de pesquisas, empresas e universidades começaram a ser traçados. (BAZZO; PORTO, 2013). A troca de conhecimentos e informações é intrínseca ao conceito que se especificou como redes de inovação, aplicado em vários campos científicos, mas, em especial, na economia. O sistema de rede busca explicar a relação de cooperação entre as instituições envolvidas no processo de inovação, por isso, entendidas também por redes sociais.

A inovação é um processo interativo que envolve aprendizado (GRANT, 1996). Segundo De Pellegrin *et al.* (2007) a rede de inovação constitui-se num espaço geográfico de gerenciamento e intercâmbio de conhecimentos e informações entre as diversas organizações que fazem parte dela. De acordo com Fioravante e Aguirre (2013; p.116), os desafios na exploração em complexas regiões geológicas induziu a Petrobras a desenvolver uma sólida rede de inovação, que não apenas estimula, mas exige um comportamento cooperativo denso, estreito e frequente entre empresas fornecedoras e instituições de pesquisas. Os autores, concluem que as empresas fornecedoras da Petrobras apresentaram maiores probabilidades de cooperação, tornando válido o que eles definem por “efeito Petrobras”: a Petrobras incentiva fortemente seus fornecedores a adotarem a cooperação para realizarem inovações necessárias

A rede de inovação coordenada pela Petrobras, portanto, além de desenvolver as tecnologias necessárias ao setor de petróleo e gás natural, cumprem o papel de aproximar as firmas e universidades e centros de pesquisas, estreitando os laços entre setor empresarial e a pesquisa científica. Como o desenvolvimento de projetos cooperativos entre esses agentes visam suprir as demandas da Petrobras, pode-se dizer que esses projetos são “[...] *puxados a partir de demandas apresentadas pela Petrobras para a rede.*” (DE PELLEGRIN *et al.*, 2007, p. 322).

4.1. O Núcleo do Sistema

Considerando o aumento dos investimentos, tanto de firmas fornecedoras nacionais como internacionais no Parque tecnológico da UFRJ (nucleado pelo CENPES), pode-se dizer

que há um *núcleo tecnológico* no tocante à distribuição espacial. Ao mesmo tempo, se considerarmos que as pesquisas aí realizadas são únicas em âmbito global, esse *núcleo* exerce um papel de “atrativo natural” (as empresas precisam estar próximas dos novos desenvolvimentos tecnológicos). O Rio de Janeiro se destaca como a região de maior concentração de fornecedores, pois a Petrobras age como agente indutor dessa aglomeração. Essa concentração permite ganhos de diferentes ordens: agilidade na troca de conhecimentos; redução nos custos fixos (edificações, laboratório, etc); proximidade com as unidades produtivas e campos de exploração, etc.

A aglomeração geográfica das empresas fornecedoras acontece pela estratégia da petrolífera de contratar empresas próximas, incentivando até mesmo as empresas multinacionais instalarem filiais em seu entorno. Dessa forma, é mantida a concentração das firmas fornecedoras e induzida a instalação de laboratórios de pesquisa, principalmente na região da Ilha do Fundão no Rio de Janeiro. Grandes empresas fornecedoras têm instalado sedes de P&D na região da Ilha do Fundão no Rio de Janeiro, entre elas a Schlumberger, FMC Technologies, Baker-Hugues e a Halliburton. Como mencionado, a região integra também o CENPES, que juntamente com as maiores parapetroleiras do mundo e o COOPPE-UFRJ, um dos mais importantes centros universitários de formação de pesquisa em engenharia do Brasil, configura a formação de um polo tecnológico líder nas inovações relacionadas à extração de petróleo e gás (DE NEGRI, 2010).

A aglomeração em torno do CENPES, no polo tecnológico da UFRJ, mostra que o objetivo das empresas na instalação de laboratórios de P&D está relacionado com as necessidades de aprendizado e transferência de conhecimentos. Para evitar altos custos nos erros de produção, as empresas têm buscado definir de forma conjunta, com outras empresas ou centros de pesquisas, soluções técnicas associadas a produtos de alta complexidade.

Deve-se ressaltar que em termos de localização, a instalação de laboratórios para pesquisas tecnológicas das empresas parapetroleiras citadas é um ato pioneiro, já que elas não mantêm centros de pesquisas em países em desenvolvimento. Ademais, o montante de investimentos das empresas em P&D tem levado o Brasil ao patamar de importante gerador de tecnologias no ramo petrolífero. Em suma, as instalações de P&D na Ilha do Fundão, estão estruturando o sistema brasileiro de inovação no ramo petroleiro.

4.2. O Sistema Petrobras de Inovação

Entre os anos 50 e 80, a inovação foi assumida como resultado de um processo que se desenvolvia linearmente, ou seja, uma sequência iniciada pela Pesquisa, passando pelo Desenvolvimento e encerrado com a Produção. Nesse caso, o processo é entendido como hierárquico, pois iniciado permanentemente pela investigação fundamental (MARQUES; ABRUNHOSA, 2005). Entretanto, no início da década de 80, já se buscava um novo modelo que conseguisse captar as possibilidades das trajetórias tecnológicas dentro de um paradigma e os efeitos cumulativos e retroativos do processo de inovação.

Rosenberg (1982) e Kline e Rosenberg (1986) criticaram o modelo linear, pois distorcia a realidade e não contemplava a complexidade do processo de inovação. Para os autores, o processo inovativo com início apenas na investigação desconsidera as rotinas de aprendizado das firmas e as inovações técnicas que surgem pela recombinação de conhecimentos já disponíveis e aprendizados acumulados e armazenados historicamente. Normalmente, as investigações para uma nova tecnologia são levadas a cabo quando o conhecimento acumulado se demonstra insuficiente para superar uma dificuldade. Nessa perspectiva, Kline e Rosenberg (1986) propõem um modelo que procura descrever as características do processo de inovação como de interação entre as diferentes atividades e agente externos, permeado por mecanismos de retroalimentação que o caracterizam como um

processo não linear. Nessa perspectiva, a etapa de *design* toma o lugar da pesquisa, mas é inserida a etapa de *redesign* (as soluções iniciais passam por revisões; raramente são definitivas), que capta os mecanismos de *feedbacks* do processo de inovação, para representar a interatividade do processo. O modelo abrange cinco importantes elementos para o processo inovativo: o mercado potencial, a invenção ou projeto inovativo, os testes e detalhamento do projeto, o *redesign* e a produção e, por fim, a distribuição e comércio. Estas “etapas” configuram cinco caminhos principais de atividades não necessariamente sequenciais, pois problemas técnicos em uma delas pode levar a revisão (retorno a fases anteriores) e/ou a consulta a agentes externos à firma.

A Petrobras possui um modelo de inovação diferente, apoiado em sistema de cooperação, que não segue nem o modelo linear, nem o modelo proposto por Kline e Rosenberg (1986) que priorizam as atividades que ocorrem dentro das empresas. Em outras palavras, não captam a “terceirização da P&D” pela companhia, nem o “efeito Petrobras” sobre as demais instituições envolvidas e nem a relação entre esses atores. Isso porque a empresa atua ao mesmo tempo em três papéis fundamentais, redutores das incertezas inerentes ao processo: 1) como indutor-financiador da inovação necessária à superação dos seus gargalos tecnológicos; 2) como demanda garantida das novas tecnologias bem-sucedidas; 3) apoiando e impulsionando o desenvolvimento de novas tecnologias das empresas parceiras e universidades por meio de interação usuário-inovador/produtor intensa e próxima – testando e sugerindo aperfeiçoamentos e melhorias. Assim, além de demandar inovações, a Petrobras age também como mercado para essas novas tecnologias e “campo de provas” dessas tecnologias. A empresa petrolífera, entretanto, não realiza P&D internamente, fato que requer redesenhar o seu papel, ou seja, definir um novo modelo de inovação.

A firma petrolífera tem atraído grandes empresas fornecedoras para o Rio de Janeiro, principalmente nas proximidades da Ilha do Fundão, reforçando o “Sistema Petrobras de Inovação” e dando-lhe um “núcleo” localizado. As universidades, por sua vez, como os maiores centros de pesquisas do Brasil, historicamente procuram suprir as necessidades científicas e tecnológicas da Petrobras. Dessa forma, as três principais esferas do modelo de inovação em questão são: a própria Petrobras, as empresas parceiras, interessadas em manter-se em linha com os avanços tecnológicos na área e no mercado (faturamento) oriundos dessa relação, e as universidades e institutos de pesquisa do país (pesquisa científica). Essas esferas são representadas, na Figura 2, por engrenagens já que participam conjuntamente de um processo dinâmico com efeitos de interação e retroação ao longo do percurso.

Figura 2: Dinâmica da atividade de inovação entre a Petrobras, empresas parceiras e universidades



Fonte: Elaboração própria.

A Petrobras age como “empresa motor” que movimenta o sistema e a direção do processo inovativo. Nesse sentido, além de engrenagem principal do sistema, ao mesmo tempo que a demanda por inovações da empresa determina as direções ou “caminhos”

tecnológicos requeridos, motiva as empresas e centros de pesquisa nas atividades de busca de meios para suprir esses desafios. As diferentes cores das setas indicam que o processo não pode ser do tipo linear, podendo ter início para qualquer um dos lados, seja na direção de impulsionar as empresas e demandar pesquisas das universidades, seja nas interações que também se estabelecem entre essas instituições.

A Figura 3 procura ajustar o “modelo interativo de inovação” proposto por Kline e Rosenberg (1986) às especificidades do Sistema Petrobras de Inovação (SPI) incorporando, como proposto pelo *Manual de Oslo* (OECD, 2005), os oito tipos de atividades entendidas como tecnológicas (IBGE, 2008, p. 8). Considerando que a Petrobras não realiza atividades de P&D diretamente, que são adquiridas externamente, o modelo proposto incorpora em dois “blocos” distintos: as empresas e as instituições de pesquisas, para evidenciar a interação entre eles, o papel da Petrobras como impulsionadora do processo e a complementariedade das atividades.

O modelo específico para as empresas parceiras/fornecedoras (“bloco superior”) segue a proposta original de Kline e Rosenberg (1986), mas incorpora todas as atividades inovativas internas e externa passíveis de serem realizadas pelas firmas. Ademais, em ambos os “blocos” (superior e inferior) o “mercado potencial” - etapa 1, a percepção de uma oportunidade econômica da proposta original de Kline e Rosenberg (1986) – foi substituída pela “Demanda Tecnológica” (Petrobras) - talvez, neste estudo, mais apropriadamente denominada por “mercado efetivo”.

Na Figura 3 o caminho “C” é a cadeia central de inovação - o único similar ao modelo linear. O efeito “f” e “F” representam o efeito de *feedback* ou retroação entre as fases e pode ser aplicado tanto para as empresas parceiras quanto as universidades. Dessa forma há a possibilidade de retomar etapas anteriores e buscar conhecimentos para resolver algum problema que possa surgir no caminho. Esses mecanismos, que são essenciais para reduzir a incerteza e informações inadequadas que fazem parte do método criativo, permitem avaliar, reprogramar, reconfigurar e corrigir as possíveis falhas no projeto inicial (FORNARI; GOMES; MORCEIRO, 2014).

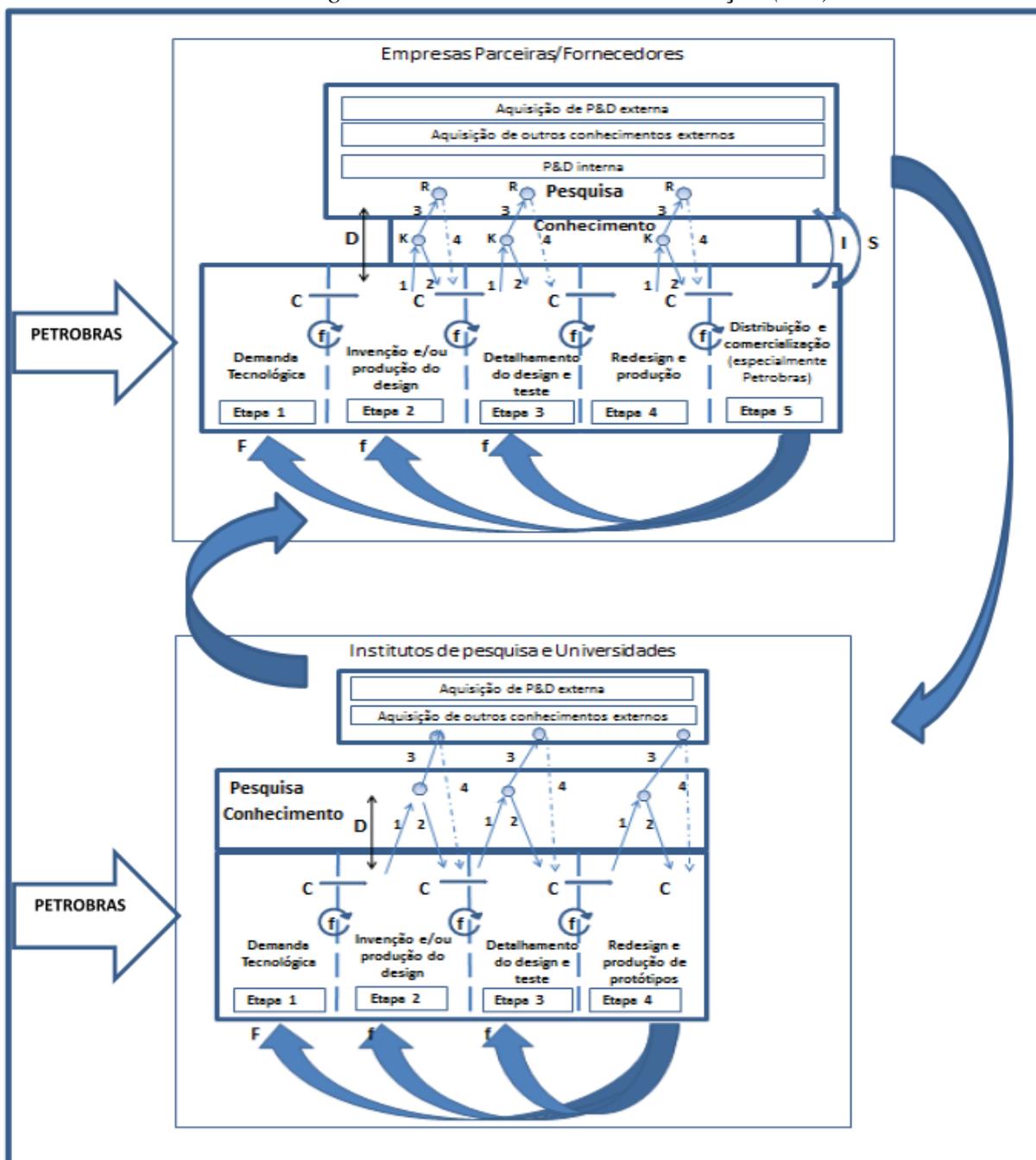
Ademais, a Petrobras, como usuária e promotora da nova tecnologia, interage com empresas e universidades dando *feedback* para as inovações de acordo com suas necessidades tanto para as empresas quanto para os centros de pesquisas. Por outro lado, esses últimos também interagem entre si na troca de conhecimentos e informações para criação das tecnologias - essas interações são caracterizadas pelas setas a direita e a esquerda que ligam “os dois blocos” (empresas e instituições de pesquisas).

Os fluxos “K” e “R” representam as dificuldades das empresas em transformar pesquisa científica e conhecimento a serem utilizados para encontrar soluções para remover os problemas inerentes ao desenvolvimento. Ao mesmo tempo, a “pesquisa” interage diretamente com o departamento de “Invenções e/ou produção do *desing*” (etapa 2), propondo soluções para os problemas no andamento do projeto, e acessando a infraestrutura física disponível (I) e informações externas (instituições de pesquisas). Todos esses fluxos de conhecimento e informações ocorrem ao longo do processo inovativo. Durante esse processo, as informações e conhecimentos são auferidos e repassados, a troca de informações possibilita uma ação conjunta entre centros de pesquisas e empresas parceiras..

Os efeitos de retroação, assim como o *feedback* e a troca de conhecimentos e informações possibilitam às empresas e universidades a buscarem, frente a um novo problema, uma solução que não precise passar, necessariamente, por cada etapa do processo inovativo de forma rígida ou linear. Dessa forma, pode-se tentar obter uma resolução do problema de forma prática, partindo de um ponto mais avançado do processo e redefinindo-o para as novas necessidades.

O modelo criado para explicar o SPI com suas particularidades, é composto, também, por cinco diferentes etapas sendo quatro delas realizadas tanto pelas empresas como pelos centros de pesquisas e universidades. A quinta etapa, diferentemente das outras, é realizada somente pelas empresas, pois a produção comercial e comercialização em geral não é atividade das instituições de pesquisas.

Figura 3: Sistema Petrobras de Inovação (SPI)



Fonte: Kline e Rosenberg (1986). Adaptado pelos autores.

No modelo, a Petrobras, representada pela seta à esquerda, que dá início, impulsiona o processo tanto das empresas como das universidades e centros de pesquisas. Na Etapa 1, denominada de demanda tecnológica, analisa-se as dificuldades para exploração petrolífera em águas profundas e a necessidade de uma tecnologia para suprir a lacuna identificada. Inicia-se a definição das diretrizes para iniciar um novo projeto.

Nas etapas 2 e 3 é comum inovações incrementais ou arquitetônicas (esta última é a mais predominante), Essas fases estão mais relacionadas à “produção da tecnologia nova” do que as etapas subsequentes, mais caracterizadas pelas de definições finais da tecnologia. Há uma preocupação em alcançar a inovação no menor período de tempo possível com os menores riscos. Dependendo da demanda tecnológica, nas três primeiras etapas são as empresas (aperfeiçoamentos) ou universidades ou centros de pesquisas (desenvolvimentos) que realizam as atividades inovativas. Para a petrolífera brasileira são nessas etapas que a necessidade de inovação será identificada, um projeto de inovação é definido, iniciando, em seguida o processo de P&D externa à Petrobras, assim como a aquisição de P&D e de outros conhecimentos externos, essas etapas (1, 2 e 3) são uma cooperação entre empresas, institutos de pesquisas e universidades. Como o processo não é interno à empresa de petróleo brasileira, é imprescindível a capacitação da mão de obra e canais para assimilar os conhecimentos necessários para operar essas inovações.

No *redesign e produção* (Etapa 4), é realizado a fabricação e, se necessário, alteração da invenção inicial e os testes do protótipo. As universidades e instituições de pesquisas realizam até a Etapa 4. A partir daí a Etapa 5 é de exclusividade das empresas parceiras da Petrobras. Na 5ª Etapa essas empresas fabricam o produto para a petrolífera, muitas vezes ajudando na capacitação da mão de obra para lidar com a inovação e auxiliando na instalação e, até mesmo, manutenção do produto. Por fim, a Petrobras realiza suas atividades de extração, produção e, finalmente, comercialização.

No SPI é necessário compreender que as instituições de pesquisas e universidades recebem a demanda de nova tecnologia da Petrobras, e realiza atividades de P&D, muitas vezes recorrendo às cooperações com empresas parceiras da petrolífera. Entretanto os centros de pesquisas só realizam até a fase de produção de protótipos para testes. Assim que se auferem um design inovativo que preencha a necessidade da Petrobras as empresas realizam a fabricação do produto para ser utilizado pela demandante.

Dessa forma, as empresas parceiras auferem os lucros advindos da comercialização e as universidades são, na maioria das vezes, financiadas pela Petrobras para realizar as atividades de P&D. As universidades têm, além de financiamento à pesquisa, contatos com outras universidades e instituições que possibilitam troca de conhecimentos e novas oportunidades de parcerias e estudos. As empresas, por sua vez, ganham também na troca de conhecimentos, e diminuem suas incertezas inerentes ao processo inovativo. E a Petrobras, com as inovações, continua como líder no setor *offshore*. O Sistema Petrobras de Inovação, em adição às inovações arquitetônicas, possibilita além da troca de conhecimentos e os ganhos advindos dessas interações, a diminuição de riscos, custos e tempo gastos na atividade de inovação.

5. CONCLUSÕES

Em águas cada vez mais profundas a Petrobras se deparou com desafios técnicos para extração de petróleo. Para se manter no mercado *offshore*, acordos de cooperação inovativa para criar tecnologias capazes de suportar as condições hostis de águas profundas e ultraprofundas. As redes de cooperação são, nesse contexto, necessárias ao processo de inovação, realizam atividades de P&D buscando projetos que supram as necessidades técnicas da petrolífera.

O Sistema Petrobras de Inovação apresenta-se como uma alternativa aos modelos de inovação criados para explicar os papéis da petrolífera brasileira na atividade inovativa assim como das universidades e empresas parceiras. A Petrobras apresenta-se como demandante das inovações, assim que se depara com um novo obstáculo à produção de petróleo e gás natural

em águas profundas, a petrolífera frente a necessidade de uma nova tecnologia, impulsiona o processo produtivo, agindo como campo de teste para os protótipos, de forma a testar e dar sugestões sobre a inovação e funcionando como mercado receptor garantido dessas tecnologias.

As universidades e empresas parceiras têm na troca de conhecimentos possibilidades de ganho de aprendizado e diminuição do tempo de invenção de uma nova tecnologia, além de diminuir as incertezas intrínsecas ao processo de inovação e os custos dispendidos nas atividades. Para manter o mais controlado possível esses aspectos, e continuar uma trajetória tecnológica já existente, sem necessidade de correr altos riscos rompendo a trajetória tecnológica vigente, as inovações arquitetônicas apresentam-se como uma boa opção. As inovações realizadas para superar os desafios tecnológicos da Petrobras no pré-sal foram, em sua maioria, inovações arquitetônicas realizadas em parcerias com empresas e universidades.

O SPI explicita que a Petrobras não realiza atividades de P&D diretamente, mas as impulsiona e administra a rede de cooperação existente entre empresas e universidades, e apresenta-se como fator de atração para empresas parapetroleiras internacionais se instalarem próximas ao CENPES no Rio de Janeiro. O SPI combina aspectos do modelo de inovação em cadeia que acontece no interior das empresas parceiras e, em partes, nas universidades, com aspectos da rede de cooperação que acontece entre as universidades e as firmas, adicionando a isso a Petrobras como impulsionadora da atividade de inovativa e demanda garantida das inovações.

REFERÊNCIAS

- BAPTISTA, R.A., (1999), Inovação nos Produtos, Processos e Organizações. Porto: Sociedade Portuguesa de Inovação.
- BAZZO, K. C; PORTO, G.S., (2013) Redes de cooperação da Petrobras: um mapeamento a partir das patentes. Impactos Tecnológicos das Parcerias da Petrobras com Universidades e Centros de Pesquisa. Brasília – Ipea: Petrobras. pp. 163-208.
- CAMPOS, F. L. S., (2005), Inovação, trajetórias tecnológicas e sustentabilidade: uma introdução à abordagem neo-Schumpeteriana e complexa—o caso da Petrobras. Anais do VIII Encontro de Economia da Região Sul-ANPEC SUL. <<http://www.ppge.ufrgs.br/anpecsul2005/artigos/area3-02.pdf>> [13 jan. 2015].
- CHESBROUGH, H. W., (2003), Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology. Harvard Business Press.
- DE PELLEGRIN, Ivan *et al.*, (2007), Redes de inovação: construção e gestão da cooperação pró-inovação. Revista de Administração da Universidade de São Paulo, v. 42, n. 3, pp. 313-325.
- DOSI, G., (1982), Technological paradigms and technological trajectories. Research Policy. pp.152.
- DOSI, G (1984) Mudança Técnica e Transformação Industrial: A teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores. Campinas: Ed. Unicamp.
- DOSI, G (1988) “Sources, Procedures and Microeconomic Effects of Innovation”. *Journal of Economic Literature*, v. 26, n. 3, setembro, pp. 1120-1171.
- FIORAVANTE, D. G.; AGUIRRE, L.,(2013), Acooperação entre universidades e empresas e os fornecedores da Petrobras. Impactos Tecnológicos das Parcerias da Petrobras com Universidades e Centros de Pesquisa. pp. 115-138. Brasília – Ipea: Petrobras.
- FREEMAN, C., (1988), “Japan: a new national system of innovation”. In Dosi, G. et al. (orgs.), Technical change and economic theory. Londres: Pinter.
- FREEMAN, C.; SOETE, L., (1997), (ed.). The economics of industrial innovation. Psychology Press.
- FURTADO, A. T., (1996), A trajetória tecnológica da Petrobrás na produção offshore. Revista Espacios Digital, v. 17 (3). <<http://www.revistaespacios.com/a96v17n03/30961703.html>>. [19 dez. 2014].
- GRANT, R. M., (1996), Prospering in dynamically-competitive environments: organizational capability as knowledge integration. Organization Science, v. 7, n. 4, pp. 375-387.
- HENDERSON, R. M., CLARK, K. B., (1990), Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms, Administrative Science Quarterly, v. 35, pp. 9-30.
- KLINE, S. J.; ROSENBERG, N., (1986). “An overview of innovation.” In: Landau, R.; Rosenberg, N. (eds.), The Positive Sum Strategy - Harnessing Technology for Economic Growth, Washington, pp. 275-305.

- MORAES, C. A. C., (2000) Inovação, Estratégia e Mudança Organizacional. In: 1º Encontro Nacional de Estudos Organizacionais – ENEO/ANPAD. Curitiba. <<http://www.anpad.org.br/admin/pdf/eneo2000-46.pdf>> [13 Ago. 2014].
- MORAIS, J. M., (2013), Petróleo em águas profundas : uma história tecnológica da Petrobras na exploração e produção offshore. Brasília: Ipea: Petrobras. <<http://hdl.handle.net/11058/1147>> [05 Nov. 2013].
- NEGRI, J. A. *et al.*, (2010), Poder de compra da Petrobras: impactos econômicos nos seus fornecedores: síntese e conclusões. Brasília: Ipea: Petrobras.
- NELSON, R.R.; WINTER, S.G., (2005), Uma teoria evolucionária da mudança econômica; Campinas, SP: Editora da Unicamp.
- OCDE-MANUAL DE OSLO., (2004), Proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. Finep - tradução português.
- PETROBRAS., (2014), Comunicado - Relacionamento com Investidores. <<http://investidorpetrobras.com.br/pt/destaques/inicio-da-producao-em-novo-poco-no-campo-de-sapinhao-com-vazao-de-33-mil-barris-por-dia.htm>> [26 Set. 2014].
- PETROBRAS., (2011), RIMA - Relatório de Impacto Ambiental - Revisão 01, Testes de Longa Duração - TLDs nas Áreas de Guará e Carioca (BM-S-9), Tupi Nordeste e Iracema (BM-S-11), Bacia de Santos. ICF INTERNACIONAL. Rio de Janeiro.
- ROSENBERG, N., (1982), Inside the black box: technology and economics. Cambridge: Cambridge University Press.
- SCHUMPETER, Joseph A., (1942), *Capitalismo, Socialismo, Democracia*. Rio de Janeiro: Zahar.
- SCHUMPETER, J. A., (1961), Teoria do desenvolvimento econômico. Fundo de Cultura.
- TUSHMAN, M. A., O'REILLY, C. A., (1997), *Winning Through Innovation: A Practical Guide to Leading Organizational Change and Renewal*, Boston, Harvard Business School Press.
- WILLIAMS, I. Z., (1967), Pesquisa Tecnológica na Petrobras – a conquista de um objetivo. Boletim Técnico da Petrobras, pp. 85-98.

ANEXO

Quadro 1: Seleção de inovações tecnológicas realizadas pela Petrobras com parcerias de empresas e universidades

EQUIPAMENTO / SISTEMAS	ANO	INOVAÇÃO	EMPRESAS PARCEIRAS	GANHOS TECNOLÓGICOS/ ECONÔMICOS
Árvore de natal molhada horizontal	1979	Permite retirar a coluna de produção do interior do poço para reparos, sem necessidade de retirar a árvore de natal da cabeça de poço.	FMC-CBV Vetco Cameron Kvaerner	Utilização em águas de até 2.500 metros de profundidade; padronização e intercambialidade das peças fabricadas por diferentes supridores.
Perfuração horizontal	1984	Utilização da lama do local perfurado para não sobreaquecer o equipamento; sensores na broca para uso em até 6.000 metros no solo, à temperatura de até 200° C.	Universidade Imperial da Rússia e Statoil	Aumento da extração em reservatórios indicados para perfuração horizontal (e.g, pequena espessura, maior permeabilidade vertical, etc.)
Bomba Centrífuga Submersível (BCS)	1993	Elevação da potência para bombeamento de petróleo viscoso em altas profundidades	Reda, Lasalle, Tronic, Pirelli, Cameron, Sade-vigesas, Centrilift	Aumento da produtividade dos poços; utilização em poços de longo alcance horizontal e distantes da plataforma.
Sistema de ancoragem	1996	Sistema de ancoragem submarino, baseado na utilização conjunta de estacas-torpedo e substituição das correntes de aço por linhas de poliéster em sistema de ancoragem <i>taut leg</i> .	Reading University (U.K), Cordoaria São Leopoldo (Brasil), Quintas&Quintas Cordoaria e Redes (Portugal), Cordoaria Oliveira Sá (Portugal), Marlow Ropes (U.K)	Estacas-torpedo utilizam energia de queda livre para sua própria cravação no solo marinho. O uso de cabos poliéster permitiu ancoragem em raio mais curto e instalação de plataformas flutuantes em águas profundas. Sistema mais leve e resistente à tração.
Sistema de Bombeamento Multifásico Submarino (SBMS-500)	1997	Adição de energia em escoamentos multifásicos (óleo + gás + água) com até 95% de presença de gás livre.	Curtiss-Wright (E.U.A), Leistriz (Alemanha), Kvaerner (Noruega, Brasil), Pirelli (Brasil, Itália), Tronic (UK), ODI (EUA), Robicon(EUA)	Transporte a longas distâncias dos fluxos de petróleo-água-gás natural extraídos do poço, em um único duto e sem qualquer pré-tratamento.
Sistema de Separação Gás-Líquido (VASPS)	2000	Sistema de controle da separação gás/líquidos.	ExxonMobil, União Europeia, ENI-Agip, CEPETRO/UNICAMP	Aumento da produtividade dos poços.
Sistema de completação inteligente em larga escala	2011	A longo prazo permite ampliar a produção de petróleo, além de obter maior número de dados de pressão e temperatura de pontos do reservatório, auferindo melhoras em seu gerenciamento.	Baker Hughes (EUA)	Quando comparadas com válvulas convencionais, as de completação inteligente não necessitam de intervenção com uso de sonda de perfuração. Seu acionamento se dá de forma mais simples e menos dispendiosa.
Estação de Separação Submarina Água- Óleo	2011	Usa tecnologia de separação tubular, permitindo que pelo menos 70% da água produzida através	FMC	Aumenta a produção de óleo e o fator de recuperação.

(SSAO)		do equipamento seja reinjetada.		
Pig de Ultrassom	2011	Pig de ultrassom realiza inspeção de controle da integridade de dutos de forma autônoma (sem necessidade de intervenção humana constante) e sem umbilical, permitindo inspeção em dutos de longos trechos (até 200km)	PUC-Rio USP Pipeway ¹	Diminuiu custos em cerca de US\$200.000 por duto do serviço importado de inspeção. Além de flexibilizar a operação na inspeção de outros acessórios submarinos.
Fluidos sintéticos	2012	São 100% sintéticos. Esses fluidos não aquosos (frente ao cenário do pré-sal, de alta pressão e baixíssima temperatura), diminuem a solubilização do sal e evitam problemas como o arrombamento do poço, estabilizando a perfuração.	Baker Hughes (EUA)	Os fluidos sintéticos possibilitam perfurações de poços em zonas salinas, podendo ser utilizados em temperatura de fundo de poços de até 166°C.
Sistema de monitoramento de perfuração em tempo real	2012	Durante a perfuração o software recebe parâmetros de perfuração em tempo real de sensores de fundo de poço e os interpreta de forma quantitativa.	Unicamp UFRRJ UTFPR UCL	Capaz de detectar comportamentos inesperados e situações de desconformidade operacional em tempo real. Além de sugerir ações de mitigação e prevenção.
Levantamento sísmico em Coil Shooting	2012	Permite realizar levantamentos sísmicos multiazimutal em áreas com restrição de manobras das embarcações.	WesternGeco (Reino Unido)	Os dados coletados têm qualidade de imagem superior, de forma a possibilitar, com custos reduzidos, interpretações mais detalhadas e confiáveis em áreas complexas.
Bomba multifásica submarina Hélico-Axial (BMSHA)	2012	Possibilita a produção de óleo em poço distante da plataforma.	Framo Engineering (Noruega)	Essa tecnologia é capaz de aumentar a produção de petróleo.
Ferramenta de desconexão de fundo de poço (WDT- Wet Disconnection Tool) eletro-hidráulica	2013	Reduz em cerca de 20% o tempo dispendido em intervenções para substituição de coluna de produção em poços com completação inteligente. A WDT divide a coluna em duas partes, e permite conectar e desconectar as linhas de controle sem intervir na parte inferior da coluna.	Halliburton Baker Hughes Schlumberger	Aumenta a confiabilidade e diminui o tempo gasto em intervenção para substituir coluna de completação nos poços que possuem completação inteligente. Além de evitar que seja perdido o controle do monitoramento do poço, diminuindo os riscos inerentes a esta etapa.

Fonte: Morais (2013).

1A Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e a Universidade de São Paulo (USP) realizaram, com êxito, os testes após terem feito o protótipo de *pig* de ultrassom. A empresa Pipeway licenciou a tecnologia que teve início de comercialização em 2012.