

Acumulação de Capacidades Tecnológicas, Inovação e Competitividade Industrial: Alguns Resultados para a Indústria Brasileira de Petróleo e Gás¹

Mauricio C. Pinheiro, Paulo N. Figueiredo, Fernanda Perin, Bernardo Cabral, Felipe Queiroz e Rubia Wegner

1 Introdução

O desenvolvimento industrial e tecnológico é um dos fatores decisivos para que os países avancem para a categoria de alta renda *per capita*. Não se trata de uma panaceia, mas a história ensina que nações que se desenvolveram industrialmente, por meio da Acumulação de Capacidades Tecnológicas (ACT) para inovação, também obtiveram significativo desenvolvimento socioeconômico. Tornaram-se países de alta renda, transformaram-se em líderes no mercado global e em fornecedores de tecnologia para vários tipos de indústria².

A indústria tem um importante papel de viabilizar um ritmo adequado de crescimento econômico por ser indutora e difusora de inovações tecnológicas, ter crescimento da produtividade superior ao dos outros setores e ser demandante de recursos humanos qualificados que têm efeitos multiplicadores na economia. Além disso, sendo o setor intermediário, tem a capacidade de proporcionar o encadeamento produtivo. Portanto, o fortalecimento da capacidade tecnológica da indústria brasileira é uma das condições necessárias ao crescimento econômico do país.

Buscando contribuir para o aumento de competitividade da indústria brasileira, este documento, integrante de um projeto de pesquisa mais amplo³, objetiva examinar como as ACT

¹ O estudo mais amplo que deu origem a este documento se encontra em Pinheiro et al. (2016).

² Ver Pinheiro et al. (2015) e Pinheiro e Figueiredo (2015).

³ Trata-se de pesquisa financiada pela Rede de Pesquisa e Conhecimento Aplicado (RPCAP) da Fundação Getúlio Vargas (FGV) e com envolvimento de pesquisadores de duas unidades da FGV: a Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas (EBAPE) e o Instituto Brasileiro de Economia (IBRE). A pesquisa está sendo desenvolvida no âmbito do Programa de Pesquisa em Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial no Brasil, da EBAPE/FGV, pela equipe: Paulo N. Figueiredo e Mauricio Canêdo Pinheiro (coordenadores) e assistentes de pesquisa Bernardo Cabral, Felipe Queiroz, Fernanda Perin e Rubia Wegner. A equipe contou com a colaboração de Marcela Cohen, Paulo Peruchetti e Shirley Tavares. O conteúdo deste documento reflete as ideias e perspectivas dos autores e não necessariamente as da Fundação Getúlio Vargas ou de quaisquer outras instituições.

inovadoras, em nível de empresas e setores industriais, pode contribuir para fortalecer a competitividade industrial do país.

1.1 Por que a indústria de petróleo e gás?

A escolha do setor de petróleo e gás justifica-se pela sua importância econômica e tecnológica na indústria brasileira. A extração de petróleo e gás e suas atividades de apoio têm uma participação no PIB industrial do país superior a 10%⁴. O petróleo e seus derivados são produtos de grande relevância na pauta exportadora (11% do total exportado em 2014)⁵ e o petróleo é a principal fonte energética usada no mundo e no Brasil (representando 33% e 39% da matriz energética mundial e brasileira, respectivamente)⁶. Do ponto de vista tecnológico, essa indústria tem apresentado novas oportunidades de inovação, com transbordamentos para os demais setores econômicos, como a indústria química e de construção civil. Adicionalmente, as parcerias para a superação de desafios tecnológicos são uma característica notável da indústria de petróleo e gás.

O Brasil possui 6% das reservas mundiais de petróleo, o que é um fator de estímulo aos investimentos no setor. Até 2020, o gasto total de investimento em equipamentos e de serviços para a Extração e Produção (E&P) no Brasil será de US\$ 400 bilhões. Dessa soma, mais de 30% será direcionado à produção de equipamentos submarinos, o que evidencia uma boa oportunidade de escala para desenvolver a cadeia produtiva local⁷. O Brasil ocupa a 13ª posição entre os países produtores de petróleo, considerando a quantidade de barris produzidos por dia, correspondente a 2,7% da produção mundial⁸.

A produção de petróleo *offshore* brasileira expandiu-se com a entrada em operação das plataformas na Bacia de Campos. Com a descoberta dos campos do pré-sal, as reservas cresceram mais de 22% entre 2008 e 2012 e a produção de petróleo e gás ampliou-se consideravelmente⁹. O desenvolvimento de tecnologias para exploração de petróleo brasileiro teve sua trajetória conduzida pela Petrobras, que comporta mais de 90% da produção, com a formação de uma rede de empresas fornecedoras de serviços e equipamentos.

A pesquisa concentrou-se na parte *upstream*¹⁰ da cadeia de petróleo e gás, especificamente no segmento de E&P. Nesse segmento, recortaram-se três áreas tecnológicas (serviços de perfuração e equipamentos associados, revestimentos e completção de poços e produção e manutenção de poços). A Figura 1 ilustra as áreas tecnológicas do segmento de E&P, destacando com cores distintas as áreas selecionadas pela pesquisa.

⁴ Ver IBGE (2016).

⁵ Ver Brasil (2016).

⁶ Ver BP Global (2015) e EPE (2014).

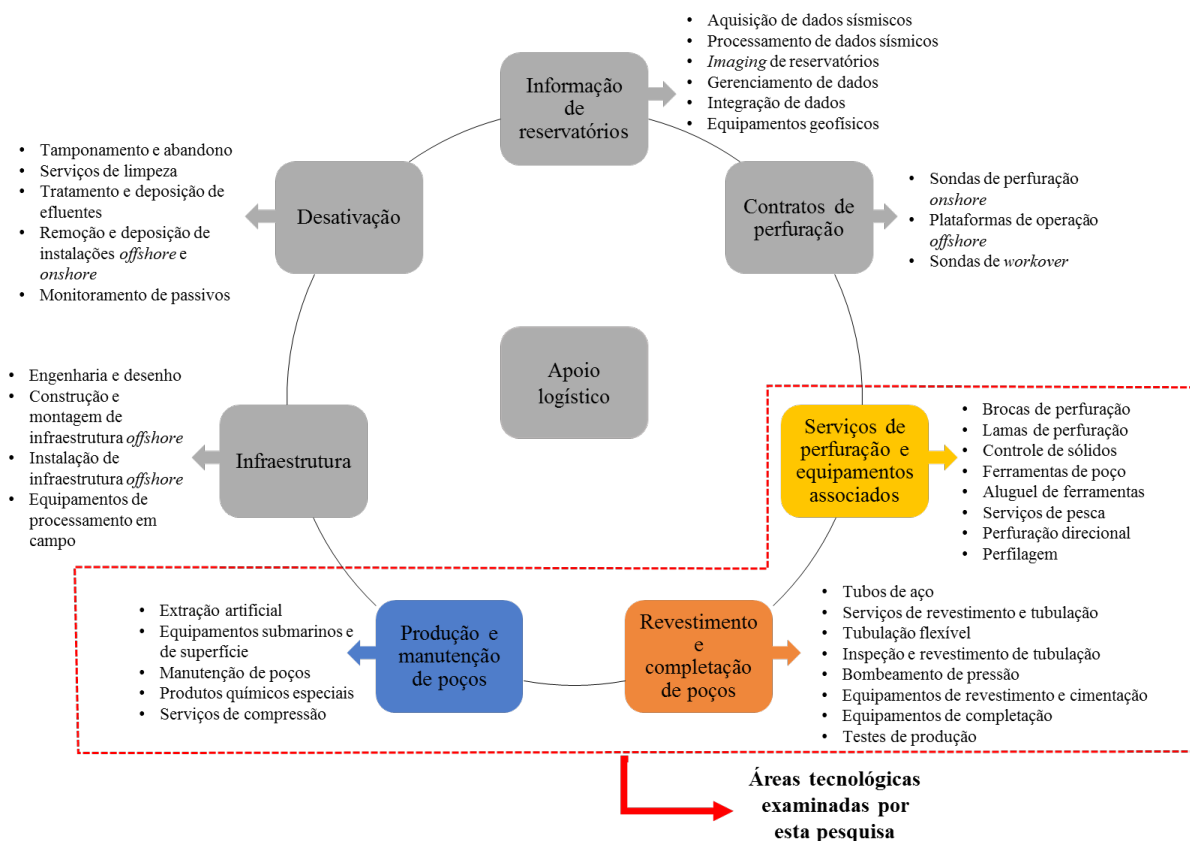
⁷ Ver ONIP (2010).

⁸ BP Global (2015) e ANP (2015).

⁹ Ver ANP (2015).

¹⁰ A cadeia produtiva da indústria de petróleo e gás envolve um conjunto de atividades que pode ser dividida em duas etapas: i) *upstream*, que compreende a E&P; e ii) *downstream*, que envolve a parte de transporte e refino, petroquímica e distribuição.

Figura 1. Áreas tecnológicas da extração e produção na indústria de petróleo e gás



Fonte: Adaptado de Bain & Company (2009).

As empresas selecionadas, atuantes em pelo menos uma das três áreas, são fornecedoras diretas de serviços e equipamentos às empresas operadoras. Dessa forma, estão no primeiro elo de suprimento das demandas das operadoras. A descoberta das reservas na camada do pré-sal estimulou os investimentos das empresas fornecedoras no mercado brasileiro, sobretudo das empresas multinacionais que, devido às exigências de conteúdo local, passaram a atuar no Brasil por conta própria ou por meio de parcerias.

As empresas também são classificadas de acordo com o tipo de serviço e/ou equipamentos que fornecem dentro de cada área tecnológica: i) empresas integradoras, que atuam em diversos segmentos da E&P, com foco no fornecimento de serviços e equipamentos de maior conteúdo tecnológico; ii) *drillers*, empresas dedicadas ao fornecimento de serviços de perfuração; iii) EPCistas, empresas que fornecem serviços de engenharia, compras e construção; iv) fabricantes de equipamentos; v) empresas de apoio logístico; e vi) empresas focadas em nicho específico de mercado. Note-se que o tipo de empresa não corresponde, necessariamente, a uma única área tecnológica. Não obstante, as empresas atuantes das três áreas tecnológicas selecionadas para esta pesquisa são, majoritariamente, integradoras e empresas de nicho.

Sendo assim, o critério adotado na pesquisa selecionou as empresas que estão presentes em maior número de segmentos de extração e produção, e que compreendem mais de 50% das

receitas totais da cadeia produtiva de petróleo e gás e empregam maior conteúdo tecnológico em comparação às demais.

1.2 A relevância de uma pesquisa criativa

Durante os últimos anos têm surgido diversos estudos que objetivam examinar a relação entre inovação e competitividade industrial no Brasil, muitos deles com dados em nível da empresa. Não obstante os méritos desses trabalhos, temos argumentado em publicações anteriores¹¹ que eles possuem algumas limitações: (i) boa parte utiliza *proxies* ou medidas inadequadas para examinar atividades inovadoras, como é o caso de indicadores de gastos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), número de laboratórios e estatísticas de patentes, que representam apenas uma pequena fração (quando muito) das reais atividades inovadoras; (ii) normalmente os estudos tendem a focar a empresa individual como unidade de observação e deixam de captar nuances internas do processo de ACT – por exemplo, uma empresa pode inovar de maneiras diferentes em áreas tecnológicas distintas; e (iii) raramente essas pesquisas combinam evidências quantitativas com evidências qualitativas, o que dificulta o entendimento do intrincado processo de desenvolvimento tecnológico dentro das empresas.

2 Método

2.1 Questões e foco da pesquisa

Com esse pano de fundo, a nossa pesquisa foi desenhada para examinar duas questões. A primeira refere-se *até que ponto e como* empresas da indústria de petróleo e gás no Brasil têm acumulado capacidades tecnológicas, tanto para atividades operacionais quanto para inovação; a segunda visa explicar *como* esse processo de ACT tem influenciado o alcance e o fortalecimento (ou enfraquecimento) da competitividade industrial.

A investigação desta pesquisa abrange não apenas a ACT em si, mas também os seus fatores internos (dentro de setores industriais) e externos, como as políticas públicas. A motivação para contribuir com a geração de novas evidências e explicações sobre a relação entre ACT e competitividade industrial no Brasil relaciona-se à situação preocupante na qual esta última se encontra e às limitações dos estudos e abordagens existentes.

2.2 Estratégia de pesquisa

A implementação da metodologia envolveu exame intra e intersetorial e em nível de empresas, com cobertura ao longo de quatro períodos distintos de tempo (triênios entre 2003 e

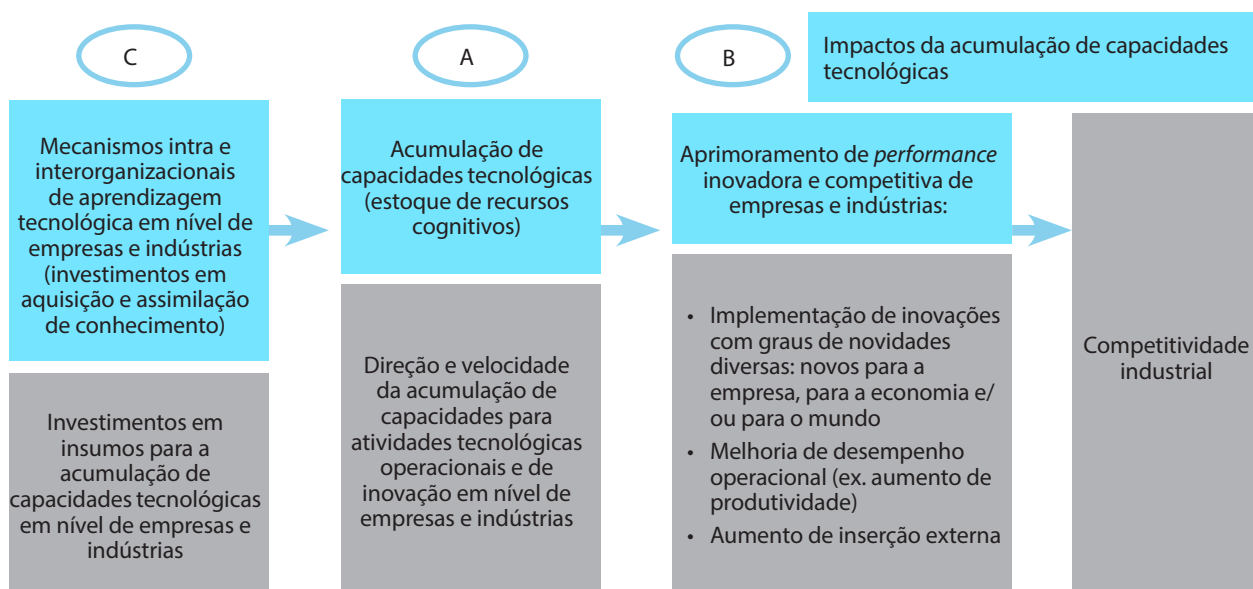
¹¹ Ver Figueiredo e Pinheiro (2016).

2014). Essa cobertura permitiu captar nuances e mudanças ao longo do tempo nas questões investigadas, ou seja, a dinâmica do processo de ACT e seu impacto na competitividade industrial.

Como ressaltado com detalhes em publicações anteriores¹², a estratégia de pesquisa seguiu as três etapas do modelo analítico representado na Figura 2. Na etapa A, identificou-se ao longo do tempo padrões de ACT de empresas da indústria de mineração. Na etapa B, analisou-se o que influenciou os níveis e padrões de ACT, por meio da incidência de diferentes mecanismos de aprendizagem implementados pelas empresas. Na etapa C, testou-se quais foram os resultados gerados pela ACT por meio de impactos sobre o desempenho competitivo das empresas (produtividade do trabalho e inserção internacional).

Essas três etapas buscaram analisar não apenas diferenças e semelhanças entre as empresas pesquisadas de petróleo e gás, como também áreas tecnológicas distintas dentro das próprias empresas. Para esta pesquisa, são analisadas as áreas de serviços de perfuração e equipamentos associados, revestimento e completação de poços e produção e manutenção de poços.

Figura 2. Modelo analítico da pesquisa



Fonte: Adaptado de Bell e Figueiredo (2012) e Figueiredo (2015).

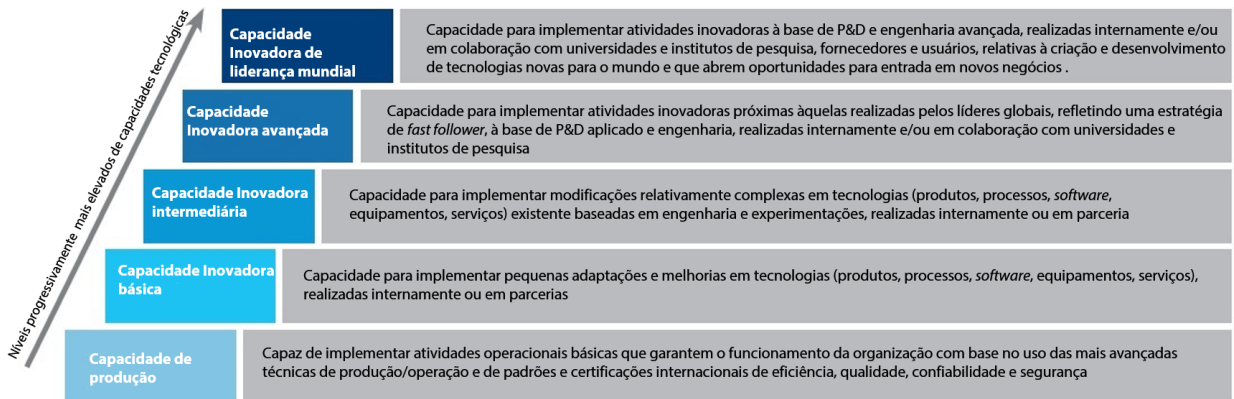
A análise da pesquisa se baseou em observações quantitativas e relações estatísticas entre as três etapas do modelo analítico da Figura 2, e também em evidências qualitativas com o intuito de enriquecer a interpretação das relações. A Figura 3 apresenta um exemplo ilustrativo da escala utilizada nesta pesquisa para examinar a ACT no nível das empresas. Essa escala faz uma distinção fundamental entre capacidades tecnológicas de produção (para operar tecnologias e sistemas de produção existentes) e capacidades tecnológicas inovadoras (para mudar e/ou criar tecnologias e sistemas de produção). As capacidades tecnológicas inovadoras são, por sua vez, desagregadas em quatro níveis: do básico à liderança mundial¹³. Essa escala é aplicada para o

¹² Ver Figueiredo e Pinheiro (2016).

¹³ Ibid.

exame da acumulação de capacidades para áreas tecnológicas específicas da indústria de petróleo e gás: serviços de perfuração e equipamentos associados, revestimento e completção de poços e produção e manutenção de poços.

Figura 3. Escala de níveis de capacidades tecnológicas



Fonte: Adaptado de Bell e Figueiredo (2012) e Figueiredo (2001, 2015).

2.3 Coleta de dados

A pesquisa foi baseada em evidências empíricas primárias colhidas diretamente da indústria de petróleo e gás por meio da aplicação de questionários combinados com trabalhos de campo. Um total de 14 empresas fornecedoras da indústria de petróleo e gás no Brasil foram selecionadas para responder os questionários de pesquisa. Doze representantes dessa indústria também foram entrevistados. Essas empresas representaram, aproximadamente, 80% das fornecedoras do primeiro elo da indústria de petróleo e gás do Brasil em 2014. Do conjunto, nove são da área de serviços de perfuração e equipamentos associados, dez da área de revestimento e completção de poços e 11 são da área de produção e manutenção de poços.

Complementarmente, colheram-se evidências secundárias de fontes oficiais industriais e governamentais. Foi realizado também um *workshop* com 24 gestores empresariais, tanto de empresas produtoras quanto fornecedoras das indústrias pesquisadas, gestores governamentais, dirigentes de associações industriais e agências reguladoras, pesquisadores de universidades e institutos de pesquisa. Todos esses atores discutiram as questões prementes e as principais necessidades em nível empresarial, industrial e governamental, relativas à inovação e à competitividade industrial.

3 Principais Resultados

3.1 Padrões de acumulação de capacidades tecnológicas

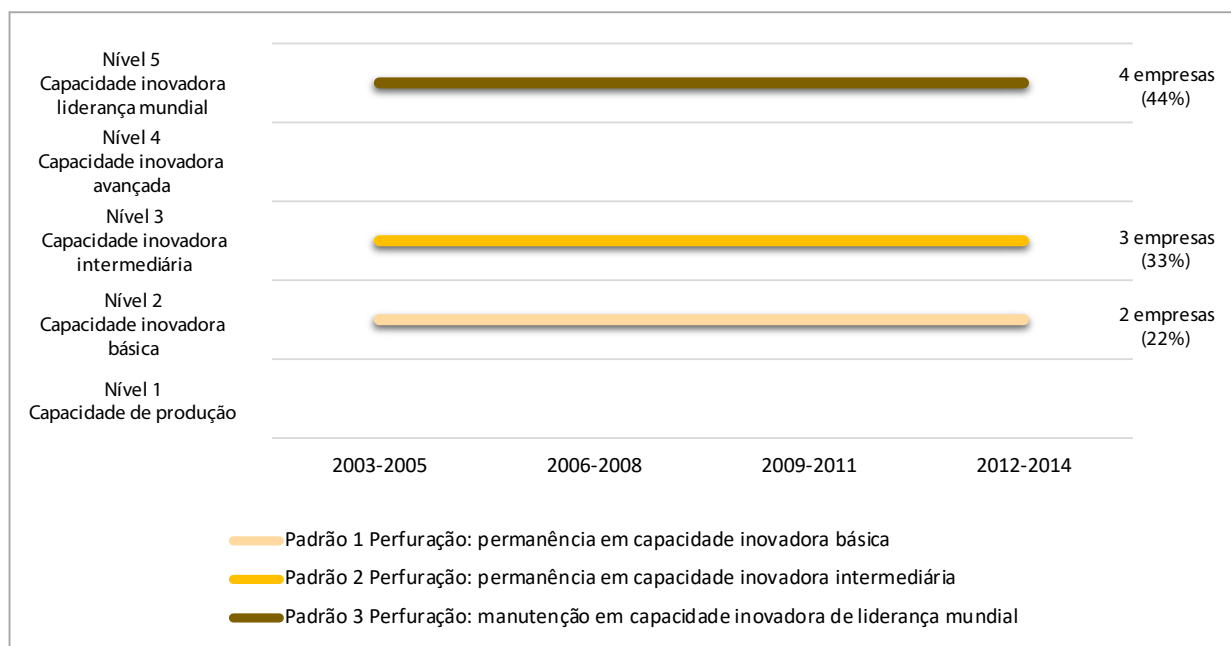
Em cada triênio as empresas foram ordenadas, em cada uma das três áreas tecnológicas, de acordo com a escala apresentada na Figura 3. Empresas com trajetórias semelhantes de ACT foram classificadas no mesmo grupo, chamados de padrões de ACT. As empresas sem uma das áreas naturalmente não podem acumular capacidades tecnológicas nessa área.

Diferentes padrões de ACT estão associados a distintos mecanismos de aprendizagem e a diferentes resultados em termos de desempenho competitivo. Adicionalmente, em muitos casos a mesma empresa apresentou padrões distintos nas três áreas tecnológicas.

Padrões de ACT na área de serviços de perfuração e equipamentos associados¹⁴

A Figura 4 evidencia três padrões de ACT na área de serviços de perfuração e equipamentos associados.

Figura 4. Padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área de serviços de perfuração e equipamentos associados (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

¹⁴ Para acomodar visualmente as informações sobre os diferentes padrões de ACT na área de serviços de perfuração e equipamentos associados, optou-se por incluir no nome dos padrões apenas a palavra “perfuração”.

Padrão 1 Perfuração: permanência em capacidade inovadora básica

O Padrão 1 Perfuração compreende aquelas empresas que, no período de 2003 a 2014, se mantiveram todo o tempo com capacidade tecnológica de nível 2 básica. São empresas que conseguiram realizar pequenas adaptações e melhorias em diferentes serviços de perfuração e equipamentos associados. Contudo, não foram capazes de realizar aprimoramentos e modificações relativamente complexas nessas atividades.

As empresas no Padrão 1 Perfuração desenvolveram, ao longo do tempo analisado por esta pesquisa, atividades tecnológicas à base de pequenas adaptações e melhorias em serviços de perfuração e equipamentos associados. Alguns exemplos são o uso de brocas e lamas de perfuração, o uso de ferramentas de poço e registro de lamas, a realização de aproveitamento energético, e a introdução de novas técnicas de gestão para aumento de produtividade e melhoria da confiabilidade, segurança e qualidade dos processos e sistemas de produção.

No entanto, houve pouco esforço inovador dessas empresas para acumular nível de capacidade tecnológica na perfuração, principalmente porque não desenvolveram atividades tecnológicas mais complexas. Essas empresas, que não possuem departamentos de P&D no Brasil, não foram capazes de realizar as atividades condizentes com o nível tecnológico intermediário para serviços de perfuração e equipamentos associados, que seriam a implementação de modificações ou melhorias relativamente complexas em automação de processos e equipamentos, para atender a especificidades de produtos e clientes; serviços de pesca, brocas de perfuração, lamas de perfuração ou controle de sólidos; e aprimoramento e otimização de matérias-primas e de etapas específicas dos processos de produção.

Padrão 2 Perfuração: permanência em capacidade inovadora intermediária

O Padrão 2 Perfuração é composto pelas empresas que, entre 2003 e 2014, se mantiveram estáveis no nível de capacidade intermediário. São empresas que permaneceram capazes de realizar aprimoramentos e modificações relativamente complexos em diferentes serviços de perfuração e equipamentos associados. Entretanto, não foram capazes de realizar atividade inovadora próxima do que é feito pelas empresas com capacidade inovadora avançada, seja por P&D aplicado ou por engenharia.

As empresas do Padrão 2 Perfuração desenvolveram de maneira sistemática, ao longo do tempo analisado por esta pesquisa, aprimoramentos e modificações relativamente complexas em diferentes serviços de perfuração e equipamentos associados: melhoras substanciais de produtos para atender às exigências de clientes específicos; otimização de matérias-primas e de etapas específicas dos processos de produção; aperfeiçoamentos em serviços de pesca, brocas de perfuração, lamas de perfuração ou controle de sólidos.

No entanto, as empresas desse padrão são subsidiárias brasileiras de multinacionais originárias de outros países, que possuem departamentos de P&D localizados em centros internacio-

nais. Desse modo, as demandas por novos produtos são desenvolvidas na matriz estrangeira, e estes são posteriormente fabricados no Brasil. Os representantes das empresas informaram em entrevista que as subsidiárias brasileiras funcionam para captar as demandas de inovação por parte das empresas clientes, e que ainda não há esforços em P&D nessa área no Brasil. Dessa forma, o esforço inovador dessas empresas foi insuficiente para fazê-las acumular nível de capacidade tecnológica na área de perfuração mais próximo daquele dos líderes globais.

Deve-se ressaltar também que, para essas empresas, o acúmulo até o nível de capacidade intermediária contou com parcerias em iniciativas pontuais para resolução de problemas específicos ao longo do período analisado. Por exemplo, foi relatado pelas empresas a necessidade de dar treinamento para o credenciamento de fornecedores e sua associação ao portfólio. Percebe-se que as empresas do Padrão 2 Perfuração realizam mais parcerias do que as empresa do Padrão 1 Perfuração, que se mantiveram estáveis no nível de capacidade tecnológica básica.

Padrão 3 Perfuração: manutenção em capacidade inovadora de liderança mundial

O Padrão 3 Perfuração compreende as empresas que, no período analisado por essa pesquisa, se mantiveram estáveis no nível de capacidade tecnológica de liderança mundial. Em outras palavras, são empresas que conseguiram se manter sistematicamente realizando P&D básico e aplicado, desenvolvido por contra própria ou em parceria, no mesmo nível das empresas líderes mundiais em serviços de perfuração e equipamentos associados.

As empresas nesse padrão implementaram atividades inovadoras à base de P&D básico e engenharia avançada em processos e sistemas de produção novos para o mundo nas áreas de sondas de perfuração, plataformas de perfuração, bombas de lama e guindastes; novos materiais e tecnologias que reduzem significativamente os impactos ambientais dos processos de produção e manutenção de poços; e desenvolvimento de novos equipamentos e sistemas de produção para manutenção de poços. Os representantes das empresas informaram em entrevistas desenvolver equipamentos, como bombas e brocas, para diminuir o custo de manutenção e o tempo de perfuração das empresas clientes.

O Padrão 3 Perfuração comporta empresas que têm departamentos específicos ou, como é o caso para algumas delas, centros de pesquisa para desenvolvimento de produtos/serviços de forma contínua e de P&D básico. Esses centros, muitas vezes atuando em rede com centros parceiros de outras unidades da empresa no mundo, são o lócus principal das inovações desenvolvidas na área de processo e organização da produção. Em entrevistas, os representantes das empresas afirmaram que os departamentos de P&D e as pesquisas básicas neles realizadas possuem o mesmo nível de qualidade que os departamentos de P&D de suas filiais e matrizes em outros países.

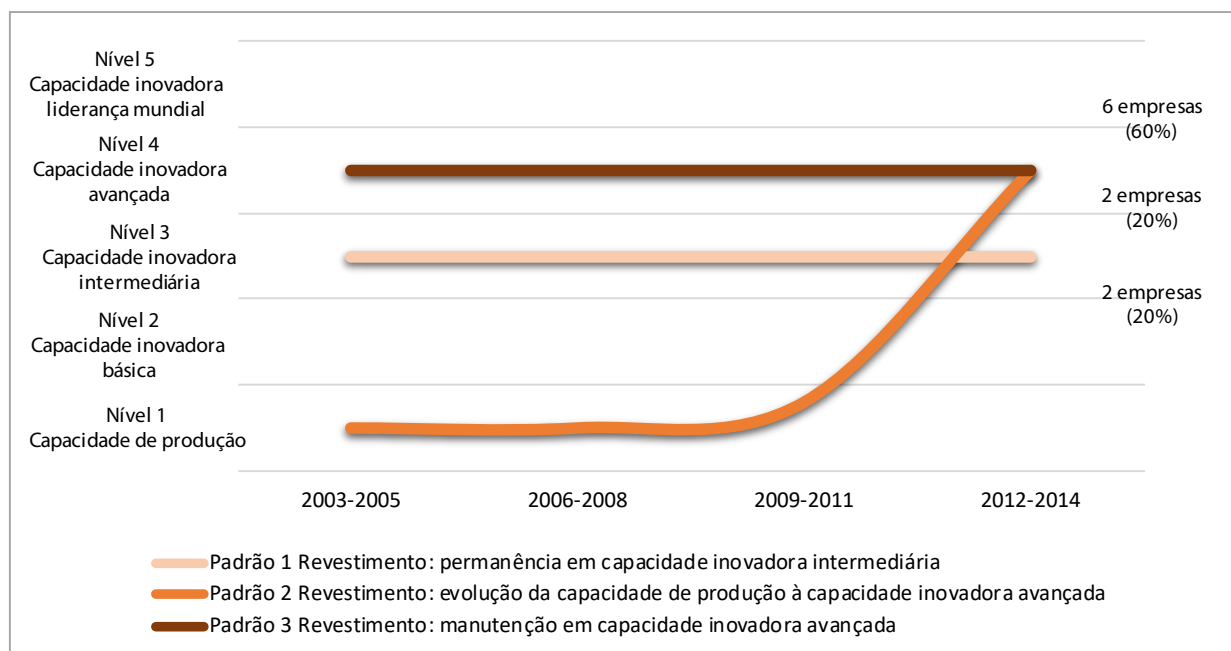
As parcerias com clientes têm um papel fundamental para o desenvolvimento de novos produtos nas empresas do Padrão 3 Perfuração, e são importantes para acumular capacidade tecnológica na área de perfuração e equipamentos associados. As parcerias são realizadas em

maior número do que no caso das empresas do Padrão 2 Perfuração. A investigação de desafios tecnológicos que surgirão no longo prazo é também uma característica das empresas do Padrão 3 Perfuração.

Padrões de ACT na área de revestimento e completção de poços¹⁵

A Figura 5 apresenta a evolução dos padrões encontrados de ACT na área de revestimento e completção de poços. Somente o Padrão 2 Revestimento não se manteve estável em todo o período analisado, sendo que seu ponto de inflexão ocorreu entre os triênios 2009-2011 e 2012-2014. O Padrão 1 Revestimento e o Padrão 3 Revestimento não alteraram seus níveis, sendo que este último comporta o maior número de empresas. Cada um desses três padrões é analisado a seguir.

Figura 5. Padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área de revestimento e completção de poços (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Padrão 1 Revestimento: permanência da capacidade inovadora intermediária

O Padrão 1 Revestimento é composto por empresas que se mantiveram no nível de inovação intermediário. Isto é, durante todo o período analisado, foram capazes de realizar atividades relativamente complexas baseadas em engenharia e experimentações. Embora estabilizadas no nível intermediário de inovação em todo o período, em oposição às empresas do Padrão 2 Revestimento, fizeram tentativas de acúmulo de nível de capacidade que se mostraram insuficientes.

¹⁵ Para acomodar visualmente as informações sobre os diferentes padrões de ACT na área revestimento e completção de poços, optou-se por incluir no nome dos padrões apenas a palavra "revestimento".

As empresas do Padrão 1 se mostraram satisfatoriamente organizadas em relação à otimização do seu processo produtivo e em relação a alguns esforços para a realização de inovações incrementais.

A manutenção das empresas do Padrão 1 Revestimento no nível de capacidade intermediário deveu-se, no entanto, principalmente à ausência de iniciativas mais robustas na direção de criar um departamento de P&D brasileiro, capaz de implementar atividades inovadoras próximas às realizadas pelos líderes globais da indústria – característica fundamental para obtenção do nível de capacidade tecnológica avançada. As empresas relataram em entrevistas que as demandas tecnológicas mais complexas pelas empresas clientes são repassadas para os centros de pesquisas localizados fora do Brasil

As empresas do Padrão 1 Revestimento mostraram um uso não sistemático e pontual de parceiros. Embora haja relatos de ganhos por meio dessas parcerias, percebe-se também que não há iniciativas compatíveis com o nível de capacidade tecnológica avançada em revestimento e completação de poços, principalmente na criação de arranjos organizacionais que envolvam interações entre P&D, engenharia, produção, *marketing*, fornecedores e clientes, para suporte às atividades de inovação em processos de produção.

Padrão 2 Revestimento: evolução da capacidade de produção à capacidade inovadora avançada

O Padrão 2 Revestimento é composto por empresas que avançaram até a capacidade inovadora avançada. Essa mudança de nível ocorreu entre os triênios 2009-2011 e 2012-2014. São empresas que, entre 2003 e 2011, apenas eram capazes de fabricar produtos e/ou realizar serviços nas áreas de equipamentos de completação, revestimento e instalação de tubulação de produção, e implementar atividades de produção com uso das mais avançadas técnicas de organização e com base em certificações internacionais. Nos anos posteriores, avançaram para a capacidade de implementar atividades inovadoras próximas às realizadas pelos líderes globais no Brasil. Este salto refletiu uma estratégia de *fast follower*, à base de P&D aplicado e engenharia para o desenvolvimento de processos de produção, nas áreas de tubos de aço para revestimento e tubulação de produção (OCGT), equipamentos de revestimento e cimentação (*casing hardware*) ou serviços de bombeamento de pressão. Contudo, isso não significa que as empresas do Padrão 2 Revestimento continuaram avançando e alcançaram o nível de capacidade inovadora de liderança mundial nos anos posteriores a 2014.

O aumento de nível de capacidade, de produção para inovadora avançada, se deu por dois motivos principais. O primeiro deles partiu de uma estratégia das empresas, que atuam em outros setores, de adquirir empresas já estabelecidas no setor de petróleo e gás que possuíam níveis mais elevados de capacidade inovadora. O segundo motivo que impulsionou a mudança de nível foi a criação de centros de P&D no Brasil. As empresas relataram em entrevistas que esses fatores surgiram de uma mudança na estratégia global das empresas, que intensificou os investimentos produtivos e em inovação no Brasil.

Percebe-se um esforço mais propositivo das empresas em fortalecer parcerias com os clientes. As empresas do Padrão 2 Revestimento também informaram que são capazes de implementar atividades inovadoras próximas àquelas realizadas pelos líderes globais da indústria, porém o P&D básico ainda não é realizado de forma sistemática. Os representantes das empresas informaram em entrevista que a criação de departamentos de P&D e a realização de P&D básico é importante para a eficiência da produção.

Diferentemente das empresas do Padrão 1 Revestimento, as empresas do Padrão 2 mostraram-se capazes de criar arranjos organizacionais que envolvem interações entre P&D, engenharia, produção, *marketing*, fornecedores, clientes e/ou universidades e institutos de pesquisa, para dar suporte às atividades de inovação em processos de produção.

Padrão 3 Revestimento: manutenção da capacidade inovadora avançada

O Padrão 3 Revestimento compreende as empresas que permaneceram em nível de capacidade tecnológica avançada. Essas empresas são aquelas que, no período estudado, se mantiveram todo o tempo capazes de implementar atividades inovadoras próximas àquelas realizadas pelos líderes globais. Essa característica, por sua vez, reflete uma estratégia de *fast follower*, à base de P&D aplicado e engenharia, levada a cabo internamente e/ou em colaboração com universidades e institutos de pesquisa.

As empresas no Padrão 3 Revestimento, que representam a maior parte da amostra, realizaram no período estudado atividades de P&D aplicado e engenharia em áreas como: desenvolvimento de processos de produção nas áreas de tubos de aço para revestimento e tubulação de produção (OCGT); equipamentos de revestimento e cimentação (*casing hardware*) ou serviços de bombeamento de pressão e melhorias na tecnologia de colunas de perfuração; e revestimento de poços e tubulação de produção. Exemplos dessas atividades foram relatados pelas empresas, tais como o encapsulamento de sensores em ferramentas que ficam dentro de dutos de alta pressão para monitorar e melhorar o processo de montagem; e o desenvolvimento de cimento autocicatrizante para evitar vazamentos de CO₂ decorrentes de fissuras pelo movimento tectônico no pré-sal.

Essas atividades, por sua vez, ocorreram especificamente em departamentos dedicados de P&D ou, como é o caso de algumas empresas, em centros de pesquisa. As empresas pesquisadas, majoritariamente de capital estrangeiro, informaram que as atividades de P&D realizadas no Brasil apresentam o mesmo nível de complexidade que seus demais departamentos no mundo. Outra característica comum às empresas do Padrão 3 Revestimento é a utilização de tecnologias emergentes, como *big data* e nanotecnologia, nos seus processos produtivo e de inovação; e a interação constante com parceiros, sobretudo com universidades, institutos de pesquisa e clientes.

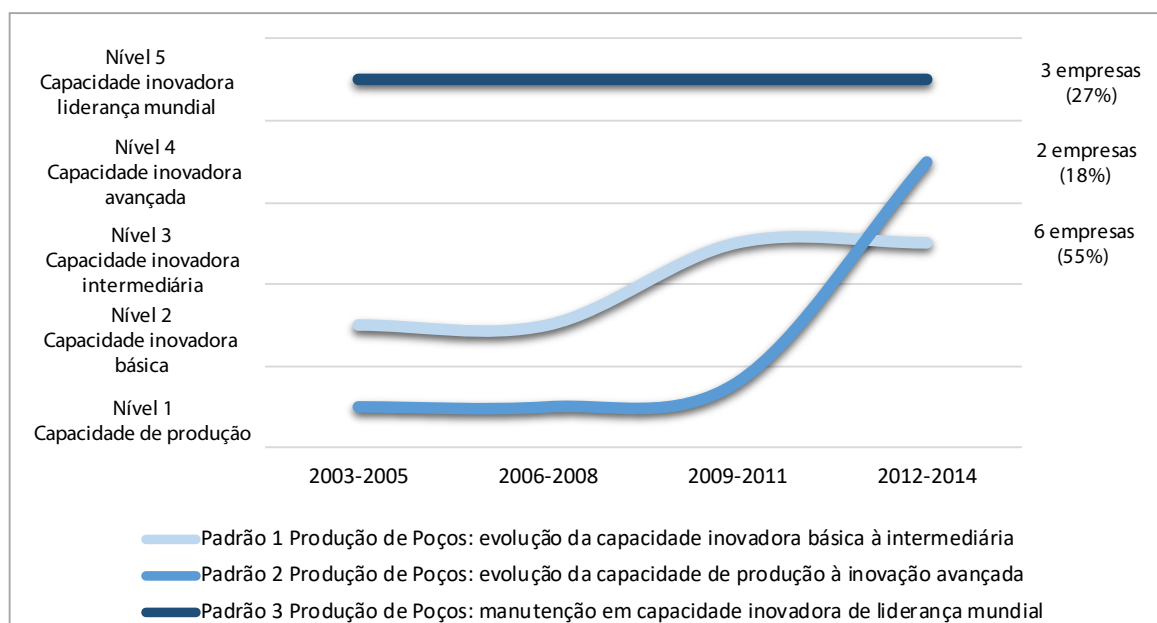
A permanência no nível de capacidade avançado, embora haja diversos investimentos em atividades inovadoras, deve-se principalmente à incapacidade, por parte dessas empresas, de implementar tecnologias de processo e organização da produção que sejam novas para o mun-

do e que abram oportunidades para a entrada em novos negócios. Para que as empresas do Padrão 3 Revestimento atingissem o nível de capacidade inovadora de liderança mundial, deveria haver maior aproximação da ciência básica, tanto para o desenvolvimento de novos materiais e tecnologias que reduzam significativamente os impactos ambientais dos processos de produção, quanto para o desenvolvimento de novos insumos para fabricação de tubos de aço para revestimento e tubulação de produção (OCGT), equipamentos de revestimento e cimentação (*casing hardware*) ou serviços de bombeamento de pressão. Além disso, as empresas informaram que não se ocupam dos possíveis desafios tecnológicos futuros, mantendo os esforços focados nas demandas atuais.

Padrões de ACT na área de produção e manutenção de poços¹⁶

A Figura 6 apresenta a evolução dos padrões encontrados de ACT na área de produção e manutenção de poços. O Padrão 3 Produção manteve-se estável, o Padrão 1 Produção teve seu ponto de inflexão entre os triênios 2006-2008 e 2009-2011 e o Padrão 2 Produção em 2009-2011 e 2012-2014. Cada um desses três padrões é analisado a seguir.

Figura 6. Padrões de acumulação de capacidades tecnológicas na área de produção e manutenção de poços (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Padrão 1 Produção de Poços: evolução da capacidade inovadora básica à intermediária

O Padrão 1 Produção de Poços é composto por empresas cujas capacidades inovadoras evoluíram do nível básico para o intermediário. Essa mudança ocorreu entre os triênios 2006-2008

¹⁶ Para acomodar visualmente as informações sobre os diferentes padrões de ACT na área de produção e manutenção de poços, optou-se por incluir no nome dos padrões apenas a palavra “produção de poços”.

e 2009-2011. São empresas que, entre 2003 e 2008, apenas eram capazes de realizar pequenas adaptações em tecnologias de operações e que, a partir daí, acumularam capacidades para implementar modificações relativamente complexas baseadas em engenharias e experimentações.

As evidências da pesquisa sugerem que as empresas do Padrão 1 Produção de Poços tiveram evolução em suas capacidades de realizar atividades tecnológicas específicas na área de produção e manutenção de poços. Até o triênio de 2006-2008, por exemplo, as empresas desse padrão realizavam pequenas adaptações e melhorias no uso de *Electric Submersible Pump* (ESP), ou bombas elétricas submersíveis e no uso de piano de válvulas de produção (*manifold*) ou base submersa (*template*). Já a partir do triênio 2009-2011, passaram também a realizar modificações relativamente complexas em tecnologias de produção e manutenção de poços. Isso inclui melhoramento em automação de processos e equipamentos para atender a especificidades de produtos e clientes, e aprimoramento e otimização de matérias-primas e de etapas específicas dos processos de produção.

Um dos fatores que permitiram às empresas avançar de nível foi a aquisição de empresas competidoras que atuavam com capacidade inovadora superior. Conforme relataram as empresas em entrevistas, essas aquisições de outras empresas também estiveram alinhadas à estratégia de intensificar os esforços de inovação com a ampliação dos investimentos ou com a criação de departamentos de P&D. A capacidade de colocar em prática modificações relativamente complexas pelas empresas do Padrão 1 Produção de Poços passou a ser reforçada por parcerias mais frequentes com fornecedores e clientes a partir de 2008. As empresas passaram a se inserir em projetos conduzidos pela Petrobras, relacionados a adaptações de produtos e processos e mudanças de *design*.

Padrão 2 Produção de Poços: evolução da capacidade de produção à capacidade inovadora avançada

O Padrão 2 Produção de Poços é composto por empresas cujas capacidades evoluíram do nível de produção para o de inovação avançada. Essa mudança de nível ocorreu entre os triênios 2009-2011 e 2012-2014. São empresas que, entre 2003 e 2011, eram capazes de implementar atividades de produção com uso das mais avançadas técnicas de organização da produção e com base em certificações internacionais e que, a partir daí, acumularam capacidades para implementar atividades inovadoras próximas àquelas realizadas pelos líderes mundiais, à base de P&D aplicado. Apesar disso, não há indicações de que as empresas do Padrão 2 Revestimento continuaram avançando e alcançaram o nível de capacidade inovadora de liderança mundial nos anos posteriores a 2014.

As evidências da pesquisa sugerem que as empresas do Padrão 2 Produção de Poços tiveram evolução das suas capacidades de realizar atividades tecnológicas específicas na área de produção e manutenção de poços. Até o triênio de 2009-2011, por exemplo, as empresas desse padrão fabricavam produtos e/ou realizavam serviços nas áreas de equipamentos submarinos,

equipamentos de superfície, extração artificial, manutenção de poços, produtos químicos especiais e serviços de compressão, utilizando as práticas mais avançadas e internacionalmente reconhecidas de gestão de energia, que integram a eficiência energética à gestão da produção. Já a partir do triênio 2012-2014, essas empresas passaram também a implementar atividades inovadoras próximas àquelas realizadas pelos líderes globais no Brasil, refletindo uma estratégia de *fast follower*, à base de P&D aplicado e engenharia.

Três características foram responsáveis pela evolução da capacidade tecnológica das empresas do Padrão 2 Produção de Poços: i) adquiriram empresas já estabelecidas na área de produção e manutenção de poços em petróleo e gás no Brasil, cuja operação possuía níveis de capacidade tecnológica mais avançados; ii) são empresas multinacionais com larga experiência na área e com centros de P&D estabelecidos nos principais polos tecnológicos mundiais de petróleo e gás, e que adotaram uma estratégia de transferir parte de seu esforço de inovação às filiais brasileiras; e iii) instalaram centros de tecnologia no Brasil, nos quais realizaram P&D aplicado em colaboração com universidades, institutos de pesquisa, clientes e fornecedores.

O desafio tecnológico de extrair petróleo e gás na camada pré-sal foi o fator que estimulou as empresas desse padrão a investirem nos centros de P&D no Brasil. As empresas têm focado no desenvolvimento de produtos mais compactos, menos sensíveis à pressão e com maior flexibilidade de operação em alta profundidade. As evidências da pesquisa também sugerem que as empresas do Padrão 2 Revestimentos tiveram uma reação mais proativa em decorrência da crise que vem atingindo o setor, passando a buscar outras possibilidades de parcerias e de diversificação, de modo a não ficarem exclusivamente sujeitas às demandas da Petrobras.

Padrão 3 Produção de Poços: manutenção em capacidade inovadora de liderança mundial

O Padrão 3 Produção de Poços é composto por empresas que mantiveram suas capacidades inovadoras no patamar de liderança mundial em todo o período estudado. São empresas que estabilizaram suas capacidades de implementar atividades inovadoras à base de P&D e engenharia avançada, relativas à criação e ao desenvolvimento de tecnologias novas para o mundo e que abrem oportunidades para a entrada em novos negócios na operação de produção e manutenção de poços. Nesse caso, as empresas possuem departamentos formais de P&D, que desenvolvem produtos e serviços de ponta em direções substancialmente diferentes das linhas convencionais de P&D já realizadas pela indústria mundial de petróleo e gás.

As evidências da pesquisa sugerem que as empresas no Padrão 3 Produção de Poços desenvolveram, por meio de P&D (com ou sem parcerias), processos e sistemas de produção novos para o mundo nas áreas de equipamentos submarinos e de superfície, extração artificial, manutenção de poços, produtos químicos especiais e serviços de compressão; novos materiais e tecnologias que reduzem significativamente os impactos ambientais dos processos de produção e manutenção de poços; e novos equipamentos e sistemas de produção para manutenção

de poços. Assim, as empresas desse padrão não apenas aplicaram essas atividades inovadoras, como também as fizeram avançar para o nível de liderança mundial.

As parcerias são muito importantes para essas empresas, que desenvolveram, em colaboração com a Petrobras, as tecnologias que viabilizaram economicamente a exploração do pré-sal. Antes desse evento, não havia tecnologia no mundo disponível que pudesse ser aplicada à extração do petróleo localizado no pré-sal, devido à elevada profundidade dessa camada e às características da reserva, como a grande concentração de CO₂, a alta pressão em águas ultraprofundas e as diferenças na temperatura. As empresas informaram que fizeram investimentos significativos nas operações no Brasil para atender as necessidades da Petrobras e proporcionar maior conteúdo local nesses projetos. Como resultado da intensificação de esforços de inovação para viabilizar a exploração do pré-sal, as empresas se tornaram líderes em fornecimento de equipamentos para o mercado de águas ultraprofundas.

3.2 O que explica as diferenças entre os padrões de ACT?

0 papel dos mecanismos de aprendizagem

Os mecanismos de aprendizagem referem-se aos esforços e investimentos feitos pelas empresas para adquirir e assimilar conhecimento tecnológico, acumulando capacidades tecnológicas tanto para atividades de produção quanto para atividades inovadoras. Nesse sentido, a seguinte pergunta se impõe: empresas que usam mais intensamente determinados mecanismos acumulam mais capacidades tecnológicas?

O Quadro 1 mostra os tipos de mecanismo de aprendizagem examinados nesta pesquisa. Os mecanismos intraorganizacionais representam a geração interna de conhecimento por parte da empresa, enquanto os mecanismos interorganizacionais representam os fluxos e as ligações de saber tecnológico entre empresas e demais organizações. Tanto os mecanismos intra quanto os interorganizacionais podem também gerar vários tipos de resultado.

Quadro 1. Mecanismos intra e interorganizacionais de aprendizagem

Mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais	Mecanismos de aprendizagem interorganizacionais		Resultados
	Mecanismos interorganizacionais	Parceiros	
1. Criação interna de conhecimento	1. Aprendizado com usuários líderes	1. Universidades e institutos de pesquisa locais	1. Informações técnicas sobre processos existentes
	2. Pesquisa e desenvolvimento (P&D)		2. Informações técnicas sobre produtos existentes
2. Compartilhamento interno de conhecimento	3. Contratação de profissionais	2. Universidades e institutos de pesquisa internacionais	3. Melhorias e adaptações em processos existentes
	4. Treinamento técnico com parceiros		4. Melhorias e adaptações em produtos existentes

Mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais	Mecanismos de aprendizagem interorganizacionais		Resultados
	Mecanismos interorganizacionais	Parceiros	
3. Integração interna de conhecimento	5. Treinamento em programas educacionais formais	3. Fornecedores	5. Criação de novos processos
	6. Assistência técnica	4. Firmas competidoras	6. Criação de novos produtos
4. Codificação de conhecimento	7. Aquisição de conhecimento codificado	5. Consultorias	7. Criação de novos conhecimentos científicos
		6. Clientes	8. Patentes

Fonte: Os autores (2016).

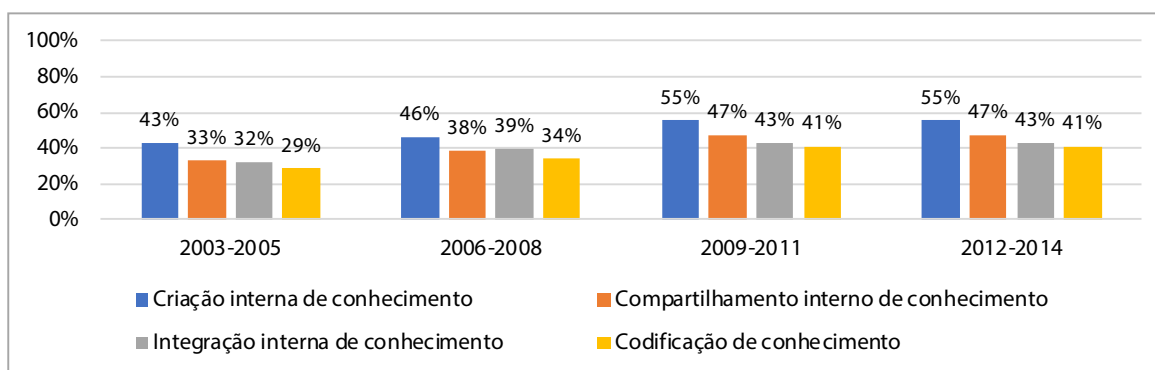
Para examinarmos o papel dos mecanismos de aprendizagem na ACT, elaboramos um índice de incidência de mecanismos intra e interorganizacionais¹⁷. Após a construção desse índice, testou-se estatisticamente e com evidências qualitativas a relação entre mecanismos e padrões de ACT.

Foram encontradas incidências distintas de tipos de mecanismo de aprendizagem, tipos de parceria envolvidos nesses mecanismos e tipos de resultado gerados entre os padrões de ACT identificados. No entanto, independentemente do padrão de ACT, as empresas de petróleo e gás no Brasil entre 2003 e 2014 vêm aumentando a frequência do uso de mecanismos de aprendizagem. Por exemplo, a criação interna de conhecimento passou de uma frequência média de uso de 43% em 2003-2005 para 55% em 2012-2014 (ver Figura 7). O mesmo ocorreu com os mecanismos interorganizacionais, com destaque para P&D, que saltou de uma frequência média de 11% do primeiro período para 21% no último (ver Figura 8). Essa evolução positiva da incidência de mecanismos pode explicar o avanço de alguns padrões de ACT ressaltados anteriormente.

No geral, os mecanismos intraorganizacionais mais utilizados pela indústria de petróleo e gás no período estudado foram a criação e o compartilhamento internos de conhecimentos (ver Figura 7), enquanto que os mecanismos interorganizacionais mais frequentes foram P&D e assistência técnica (ver Figura 8), realizados em sua maioria em parcerias com universidades e institutos de pesquisa locais e clientes (ver Figura 9).

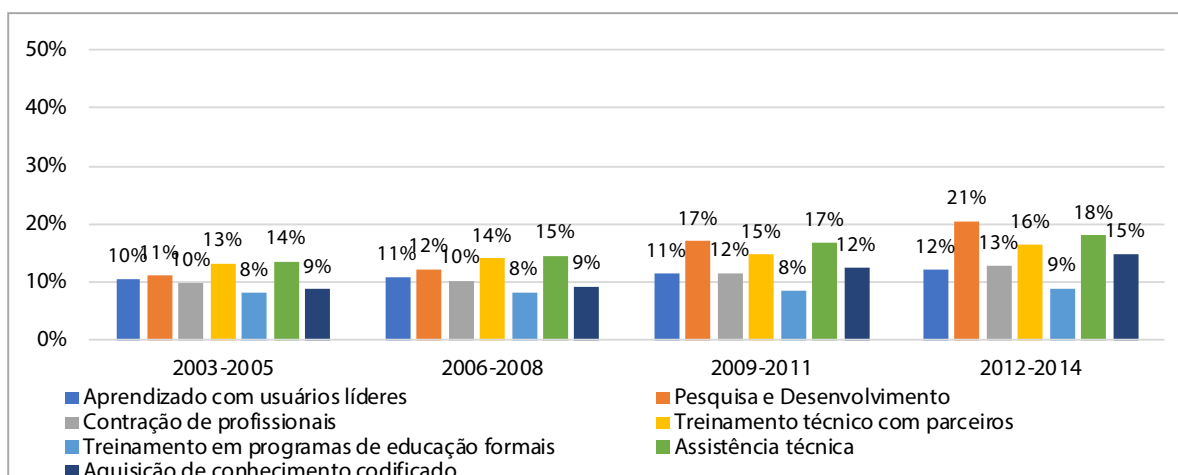
¹⁷ A incidência pela qual o i -ésimo mecanismo de aprendizagem é utilizado por uma empresa é definido por: $y_{it} = \frac{\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K y_{ijkt}}{JK}$. Onde i indica o tipo de mecanismos intra ou interorganizacional; j indica resultado; k indica parceiro; t denota período; e Y é uma função indicadora, que assume valor unitário se a empresa usou o mecanismo i , em parceria com agente do tipo k , para atingir o objetivo j no período t , e zero caso contrário. Ademais, J e K denotam o total de resultados e de parceiros possíveis, respectivamente. Para mecanismos intraorganizacionais o valor de k é zero e de K igual a 1.

Figura 7. Evolução da incidência de mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)



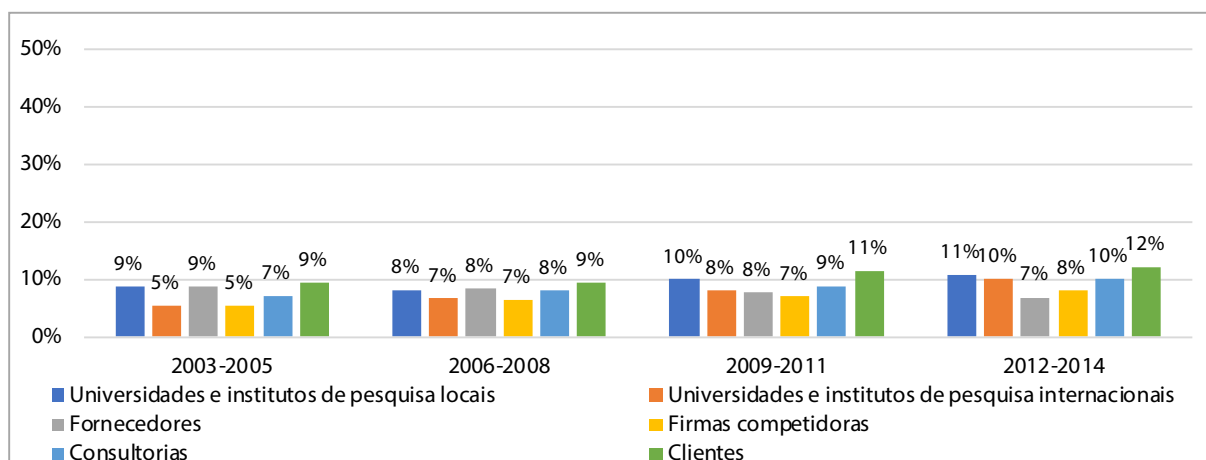
Fonte: Os autores (2016).

Figura 8. Evolução da incidência de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Figura 9. Evolução da incidência das parcerias interorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

No que se refere aos resultados alcançados, o uso dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais levaram ao desenvolvimento, com maior peso, de novos produtos, que evoluiu de uma frequência média de 25% (2003-2005) para 68% (2012-2014). As patentes também foram um resultado significativo dos mecanismos internos, passando de 14% (2003-2005) para 57% (2012-2014). Esses resultados também foram os mais representativos como consequência das parcerias: a criação de novos produtos evoluiu de 9% para 19% e as patentes de 7% para 19%, ambos na comparação entre os triênios 2003-2005 e 2012-2014.

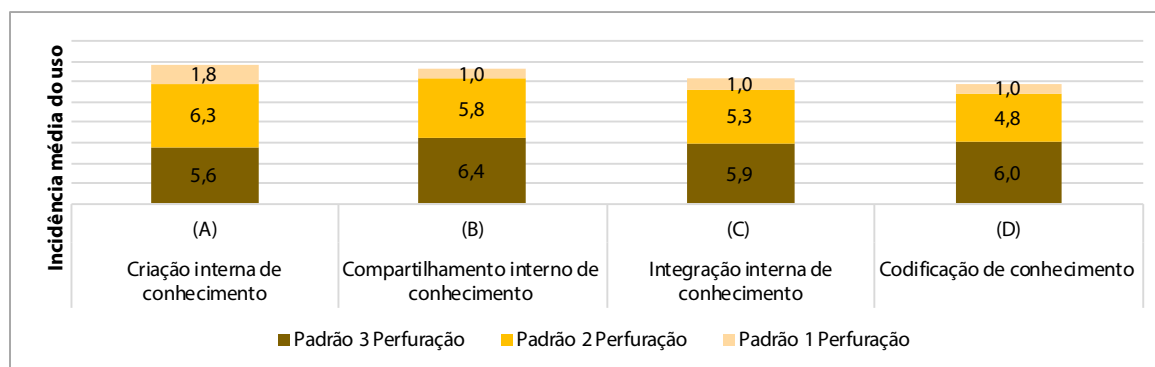
Área de serviços de perfuração e equipamentos associados: o papel dos mecanismos de aprendizagem na ACT

Na área de serviços de perfuração e equipamentos associados, na maioria dos resultados estatisticamente significativos, as empresas que compõem os padrões com níveis menores de capacidades tecnológicas (Padrão 1 Perfuração e Padrão 2 Perfuração) apresentaram menores frequências no uso de mecanismos intraorganizacionais do que o Padrão 3 Perfuração. A exceção foi o mecanismo de criação interna de conhecimento, usado com maior frequência pelas empresas do Padrão 2 Perfuração do que do Padrão 3. Percebe-se que a incidência dos mecanismos é, em média, cinco vezes maior para as empresas do Padrão 2 e do Padrão 3 (ver Figura 10).

Além disso, as empresas no Padrão 3 Perfuração geraram, por meio desses mecanismos, resultados com frequência média semelhantes aos das empresas do Padrão 2, salvo a criação de novos conhecimentos científicos, em que os resultados das empresas do Padrão 3 são duas vezes maiores (ver Figura 11). Dessa forma, a utilização de mecanismos organizacionais não parece ser determinante para diferenciar padrões de acumulação tecnológica entre as empresas.

Como as frequências de uso e resultados dos mecanismos intraorganizacionais para as empresas do Padrão 2 Perfuração e do Padrão 3 Perfuração são muito semelhantes, a utilização de mecanismos internos não parece determinante para diferenciar padrões de acumulação tecnológica entre elas. Por sua vez, os mecanismos interorganizacionais parecem evidenciar o oposto.

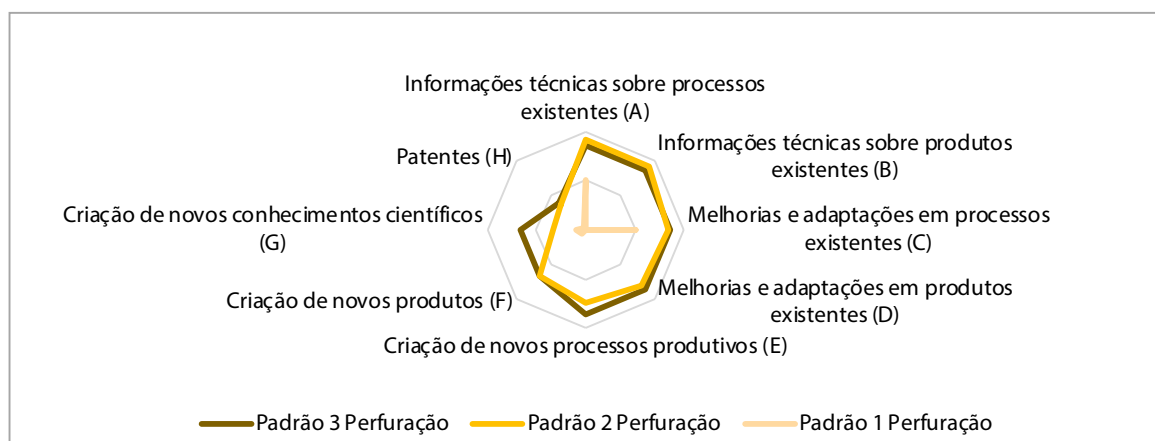
Figura 10. Diferenças entre os padrões de ACT na área de serviços de perfuração e equipamentos associados na frequência média do uso de mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Nota: Utilizou-se a análise de variância (ANOVA) com distribuição F para o teste de diferenças entre os padrões e suas frequências médias do uso de mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais. Todos os mecanismos foram estatisticamente significativos a 1%. Os valores representam o teste de Duncan, no qual cada par de padrões é comparado separadamente. Por esse teste, os Padrões 2 e 3 não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si.

Figura 11. Diferenças entre os padrões de ACT na área serviços de perfuração e equipamentos associados na frequência média dos resultados intraorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

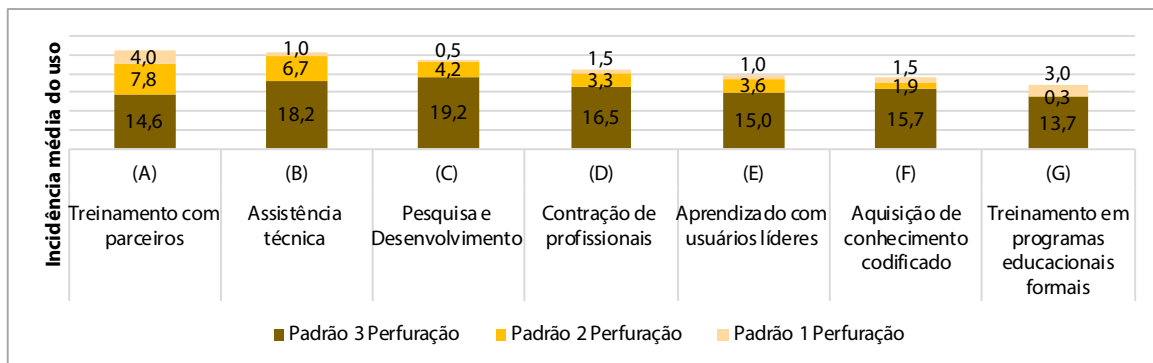
Nota: Utilizou-se a análise de variância (ANOVA) com distribuição F para o teste de diferenças entre os padrões e suas frequências médias do resultado de mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais. Apenas o mecanismo H não foi estatisticamente significativo ao menos a 10%.

O panorama para os mecanismos interorganizacionais na área de serviços de perfuração e equipamentos associados é distinto, pois há diferença na incidência média de uso de acordo com cada padrão de empresa. As empresas do Padrão 2 Perfuração utilizam parcerias e delas obtêm resultados em frequência média superior à das empresas do Padrão 1 e inferior à do Padrão 3 (ver Figura 12). As empresas do Padrão 2 Perfuração relataram fazer parcerias para atender demandas específicas de empresa cliente, para modificar ferramenta ou adaptar peça. Desse modo, ficam à espera de oportunidades de desenvolvimento tecnológico e não procuram desenvolver

produtos inovadores por conta própria, o que justifica sua permanência em capacidade inovadora intermediária.

Por sua vez, as médias do Padrão 3 Perfuração para todas as categorias (mecanismos, parceiros e resultados da parceria) são sempre bastante superiores aos demais padrões, o que indica como as parcerias são importantes para as empresas desse nível. Os mecanismos mais utilizados pelas empresas do Padrão 3 Perfuração são as atividades de P&D e de assistência técnica, com clientes e universidades e institutos de pesquisa locais (ver Figura 13). As empresas desse padrão informaram fazer parcerias para desenvolvimento tecnológico com diversas universidades, inclusive as pequenas e locais, em que realizam atividades de pesquisa básica, ainda que de forma pontual. Os principais resultados desses mecanismos são a criação de novos conhecimentos científicos e as melhorias e adaptações em produtos existentes (ver Figura 14). Um exemplo de resultado em parceria com fornecedores foi relatado por uma empresa que desenvolveu um produto com matéria-prima nacional, o que somente era possível anteriormente no Japão.

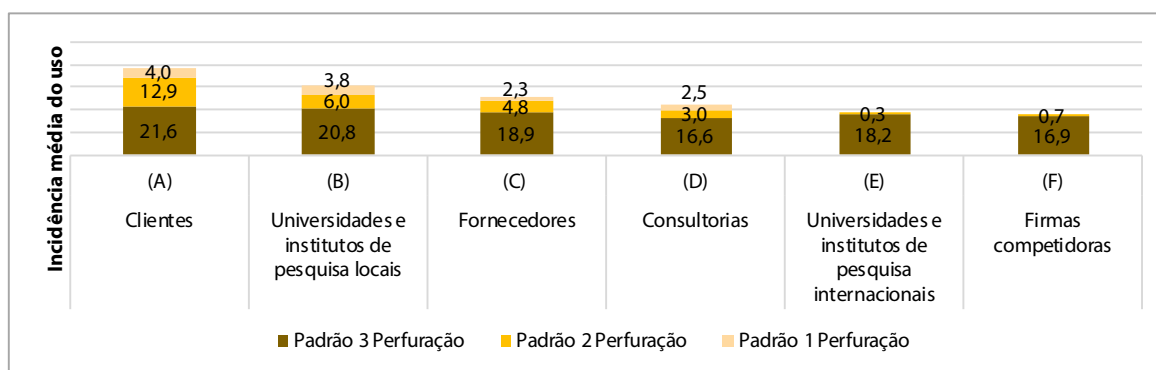
Figura 12. Diferenças entre os padrões de ACT na área de serviços de perfuração e equipamentos associados na frequência média do uso de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Nota: Utilizou-se a análise de variância (ANOVA) com distribuição F para o teste de diferenças entre os padrões e suas frequências médias do uso de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais. Apenas o mecanismo A não foi estatisticamente significativo ao menos a 10%. Os valores representam o teste de Duncan, no qual cada par de padrões é comparado separadamente.

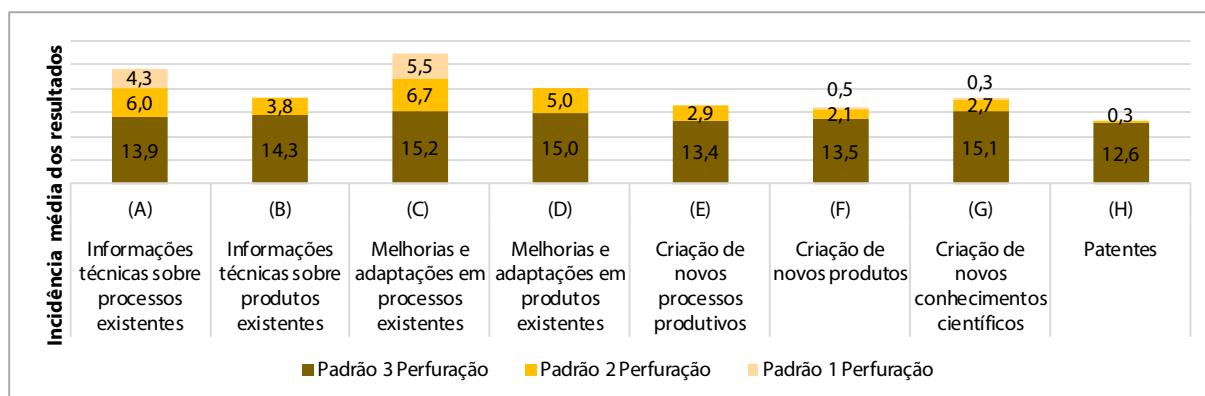
Figura 13. Diferenças entre os padrões de ACT na área de serviços de perfuração e equipamentos associados na frequência média das parcerias interorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Nota: Utilizou-se a análise de variância (ANOVA) com distribuição F para o teste de diferenças entre os padrões e suas frequências médias das parcerias interorganizacionais. Todas as variáveis foram estatisticamente significativas ao menos a 10%. Os valores representam o teste de Duncan, no qual cada par de padrões é comparado separadamente.

Figura 14. Diferenças entre os padrões de ACT na área de serviços de perfuração e equipamentos associados na frequência média dos resultados interorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Nota: Utilizou-se a análise de variância (ANOVA) com distribuição F para o teste de diferenças entre os padrões e suas frequências médias dos resultados de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais. Apenas os resultados A e C não foram estatisticamente significativos ao menos a 10%. Os valores representam o teste de Duncan, no qual cada par de padrões é comparado separadamente.

Na área de serviços de perfuração e equipamentos associados, a diferença entre os padrões de ACT parece assentar-se no uso dos mecanismos de aprendizagem em parcerias. É por esse motivo que as empresas do Padrão 3 Perfuração, que estão no nível de capacidade inovadora avançada, possuem incidência média de uso de parcerias e de resultados dessas parcerias muito superior às empresas dos demais padrões. Em uma indústria em que as parcerias para desenvolvimento conjunto, sobretudo com clientes, são uma vantagem competitiva relevante, percebe-se que as iniciativas das empresas do Padrão 3 Perfuração se mostram compatíveis com a maioria das grandes empresas de petróleo e gás do mundo. No entanto, deve-se ressaltar que a ausência de iniciativas constantes em ciência básica e processos tecnologicamente disruptivos impede que essas empresas alcancem o nível de capacidade tecnológica de liderança mundial.

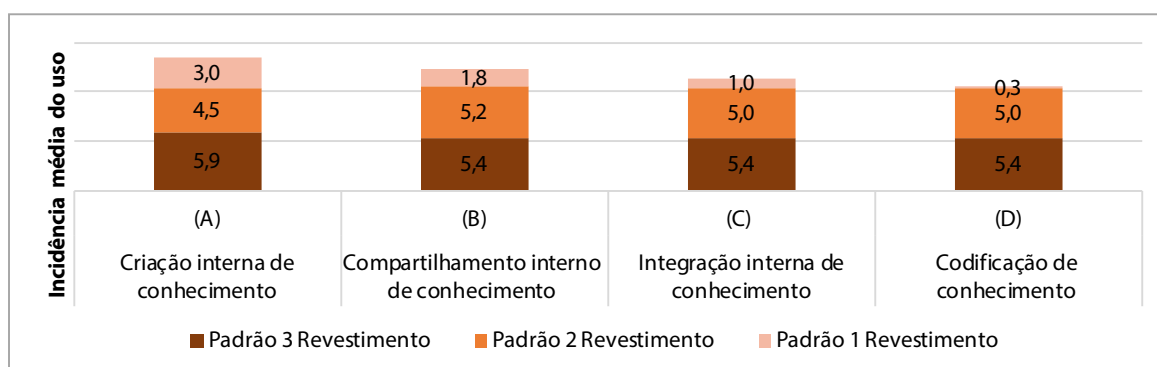
Área de revestimentos e completação de poços: o papel dos mecanismos de aprendizagem na ACT

Na área de revestimento e completação de poços, na maioria dos resultados estatisticamente significativos, as empresas dos padrões com níveis mais elevados de capacidades tecnológicas apresentaram maiores intensidades no uso de mecanismos intraorganizacionais do que os padrões com níveis mais baixos, ainda que a incidência média para o Padrão 2 Revestimento e o Padrão 3 Revestimento seja semelhante (ver Figura 15).

No caso das empresas do Padrão 1 Revestimento, o mecanismo interno mais utilizado foi o compartilhamento de conhecimento, o que gerou, principalmente, informações técnicas sobre processos e produtos existentes (ver Figura 16). A incidência média do uso e dos resultados foi, no mínimo, duas vezes menor que nos demais padrões, justificando assim a dificuldade das empresas do Padrão 1 Revestimento em evoluir para o nível de capacidade inovadora avançado.

Por sua vez, o uso dos mecanismos de aprendizagem intraorganizacional e seus decorrentes resultados tiveram importante impacto na ACT das empresas do Padrão 2 Revestimento para alcançar o nível de inovação avançada. A incidência média dos mecanismos internos nas empresas do Padrão 2 Revestimento foi muito próxima à das empresas do Padrão 3, e houve uma média superior de incidência dos resultados para as empresas do primeiro padrão, sobretudo na criação de novos processos produtivos. Como trata-se de empresas que não operavam regularmente na área de revestimento e completação de poços e passaram a atuar mediante a aquisição de outras empresas, tiveram que intensificar os esforços internos para alcançar o nível de capacidade tecnológica avançada – como, por exemplo, pela criação de departamento de P&D no Brasil. As empresas do Padrão 2 Revestimento relataram que, nos departamentos de P&D, é realizada tanto pesquisa básica, em casos pontuais, quanto aplicada, no caso de necessidades específicas do cliente.

Figura 15. Diferenças entre os padrões de ACT na área de revestimento e completação de poços na frequência média do uso de mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)

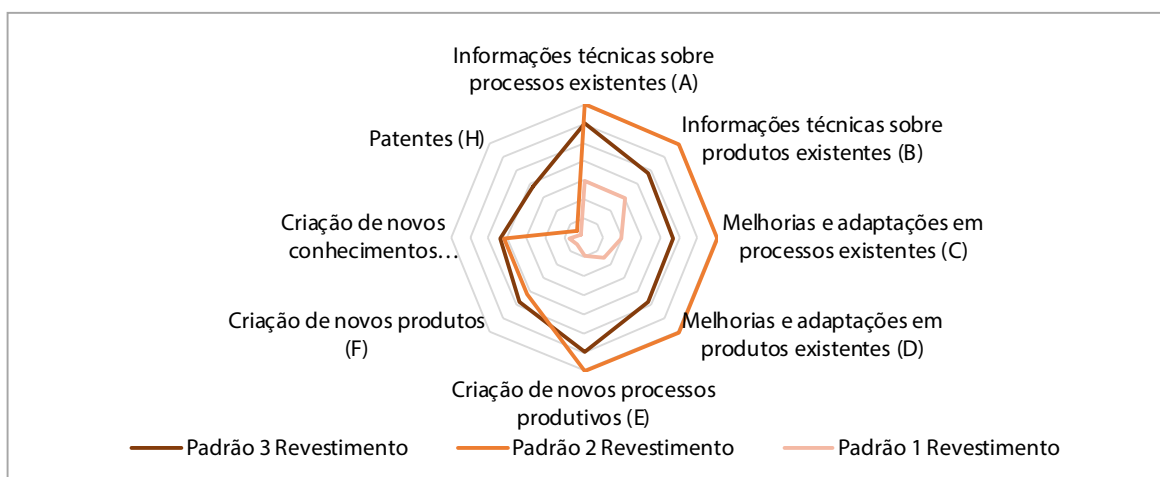


Fonte: Os autores (2016).

Nota: Utilizou-se a análise de variância (ANOVA) com distribuição F para o teste de diferenças entre os padrões e suas frequências médias do uso de mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais. Apenas o mecanismo A não foi estatisticamente significativo ao menos a 10%. Os valores representam o teste de Duncan, no qual cada par de padrões é comparado separadamente.

As empresas do Padrão 3 Revestimento foram as únicas que apresentaram resultados relevantes em patentes decorrentes do uso de mecanismos intraorganizacionais. As empresas desse padrão relataram que fizeram investimentos para tornar o centro de P&D brasileiro parâmetro de excelência mundial. Por exemplo, os centros têm departamento de provas que possibilitam fazer testes em escala real, o que não é visto em outros centros do mundo na área de revestimento e completção de poços.

Figura 16. Diferenças entre os padrões de ACT na área de revestimento e completção de poços na frequência média dos resultados intraorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Nota: Utilizou-se a análise de variância (ANOVA) com distribuição F para o teste de diferenças entre os padrões e suas frequências médias dos resultados de mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais. Todos os resultados foram estatisticamente significativos ao menos a 10%.

De maneira distinta do que foi encontrado para a área de serviços de perfuração e equipamentos associados, percebeu-se que, para a área de revestimento e completção de poços, os esforços em parcerias são significativamente menores para todos os padrões e com pouca diferenciação entre eles. Isso é evidenciado não só pela não significância estatística das variáveis analisadas, como também pela presença de médias parecidas até nos casos em que há significância. As únicas evidências destacadas ficam por conta de casos pontuais. Percebe-se, por exemplo, que as empresas do Padrão 3 Revestimento formam parcerias mais frequentes com universidades e institutos de pesquisa locais para realizar atividades de P&D.

Área de produção e manutenção de poços: o papel dos mecanismos de aprendizagem na ACT

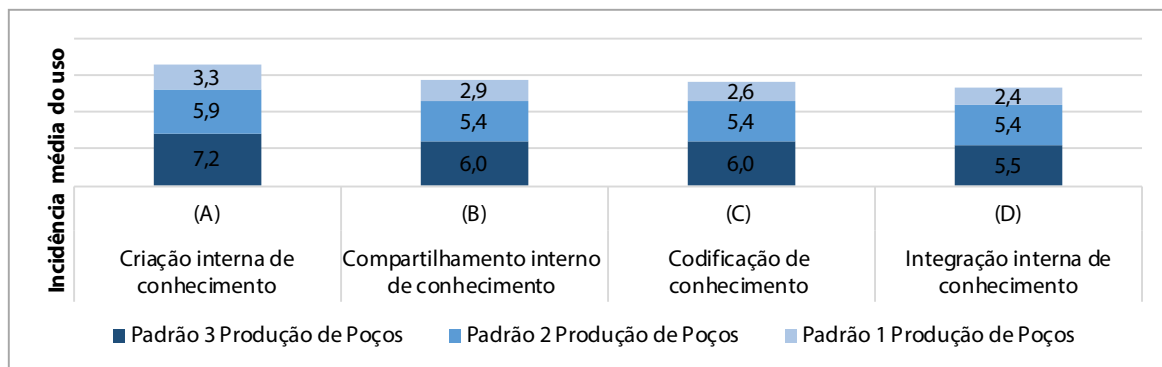
Na área de produção e manutenção de poços, na maioria dos resultados estatisticamente significativos, a incidência média de uso dos mecanismos internos do Padrão 2 Produção de Poços é semelhante à das empresas do Padrão 3, e ambos são bastante superiores à incidência média dos mecanismos das empresas do Padrão 1 – geralmente, duas vezes maiores (ver Figura 17). Os resultados dos mecanismos também são semelhantes para as empresas do Padrão 2 Pro-

dução de Poços e do Padrão 3, com exceção da criação de novos produtos e de novos conhecimentos científicos, que são maiores para as empresas desse último padrão (ver Figura 18).

A incidência média do uso de mecanismos intraorganizacionais é menor nas empresas do Padrão 1 Revestimento do que nos demais padrões. Contudo, eles se mostraram importantes para que as empresas do Padrão 1 Produção de Poços evoluíssem da capacidade inovadora básica para a intermediária. Conforme relatado por uma empresa desse padrão, foi implementado um programa interno para a gestão da inovação, em que os funcionários compartilhavam e sugeriam soluções para desafios tecnológicos da operação da empresa.

Os mecanismos intraorganizacionais também são importantes para as empresas do Padrão 2 Produção de Poços, que relataram possuir processos de documentação e codificação, para que o conhecimento gerado em determinada operação possa ser aproveitado na aplicação de outra. Outro exemplo de mecanismo interno de aprendizagem utilizado pelas empresas desse padrão é a implantação de plataformas analíticas com *big data* para fundamentar tomadas de decisão. Infere-se que os esforços em mecanismos intraorganizacionais para gerar resultados em processos foram fundamentais para que as empresas do Padrão 2 Produção de Poços acumulassem capacidade tecnológica a partir da aquisição de outras empresas e da criação de departamentos internos de P&D. Embora as parcerias também tenham sido importantes para a aprendizagem, os mecanismos internos parecem ter sido determinantes para avançar ao nível de inovação avançada.

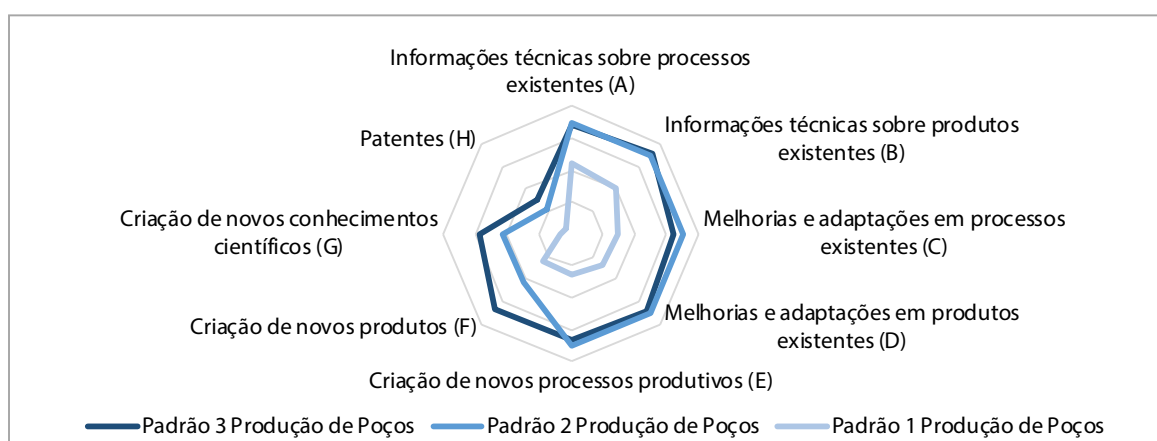
Figura 17. Diferenças entre os padrões de ACT na área de produção e manutenção de poços na frequência média do uso de mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Nota: Utilizou-se a análise de variância (ANOVA) com distribuição F para o teste de diferenças entre os padrões e suas frequências médias do uso de mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais. Todos os mecanismos foram estatisticamente significativos ao menos a 10%. Os valores representam o teste de Duncan, no qual cada par de padrões é comparado separadamente.

Figura 18. Diferenças entre os padrões de ACT na área de produção e manutenção de poços na frequência média dos resultados intraorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

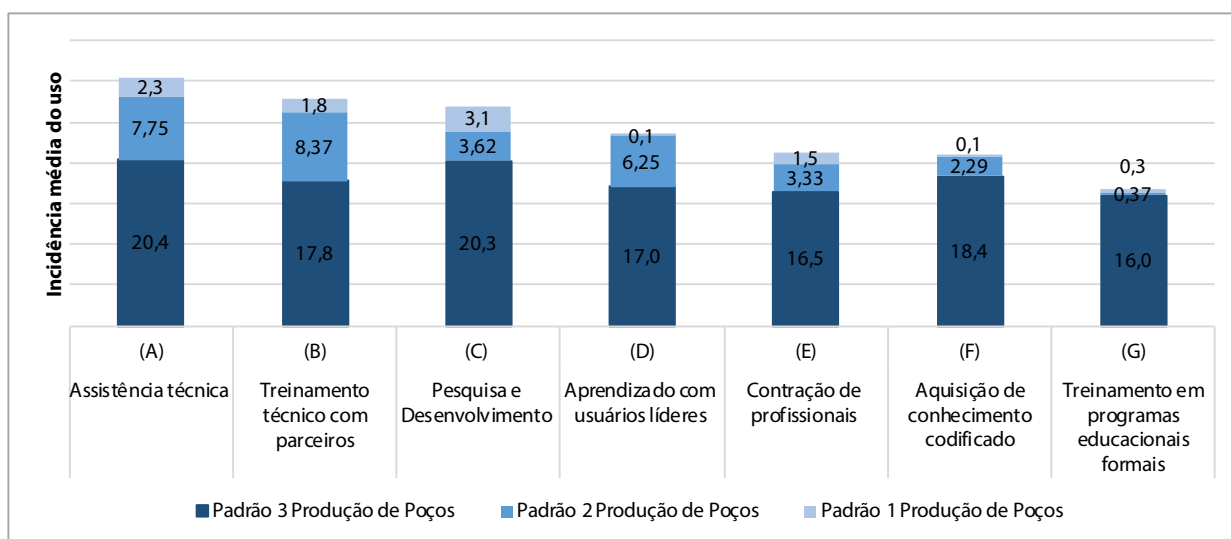
Nota: Utilizou-se a análise de variância (ANOVA) com distribuição F para o teste de diferenças entre os padrões e suas frequências médias dos resultados de mecanismos de aprendizagem intraorganizacionais. Apenas o mecanismo H não foi estatisticamente significativo ao menos a 10%.

Um panorama distinto é evidente nos mecanismos interorganizacionais na área de produção e manutenção de poços. Percebe-se que as médias do Padrão 3 Produção de Poços para todas as categorias (mecanismos, parceiros e resultados da parceria) são sempre muito superiores às dos demais padrões. As parcerias das empresas do Padrão 1 Produção de Poços, que têm incidência média bastante inferior aos demais padrões, começaram a ser firmadas com mais frequência entre 2009 e 2011, período em que avançaram no nível de capacidade inovadora. Já as parcerias das empresas do Padrão 2 Produção de Poços foram firmadas, de forma mais frequente, com universidades e institutos de pesquisa locais e clientes, para a realização de assistência técnica e treinamento, especialmente. As empresas do Padrão 2 Produção de Poços informaram que estão tentando diversificar as parcerias, de forma a não ficar sujeita às demandas de um só cliente (ver Figura 19 e Figura 20).

Os principais mecanismos utilizados pelas empresas do Padrão 3 Produção de Poços – P&D e assistência técnica – focaram-se particularmente em clientes, fornecedores e institutos de pesquisa e universidades locais. Entre os resultados das parcerias das empresas do Padrão 3 Produção de Poços, as patentes foram o item mais expressivo em comparação com as empresas dos demais padrões. Todos os outros resultados ficaram bem evidenciados, e com variação bastante superior à média das empresas dos outros padrões (ver Figura 21).

A manutenção da capacidade inovadora de liderança mundial pelas empresas do Padrão 3 Produção de Poços parece ser derivada das parcerias e de seus decorrentes resultados. As empresas informaram estar envolvidas com pesquisa básica em parceria com universidades, sendo capazes de suprir o *gap* tecnológico das empresas clientes. Os representantes informaram que os departamentos de P&D das empresas desse padrão têm o mesmo nível de excelência dos centros internacionais.

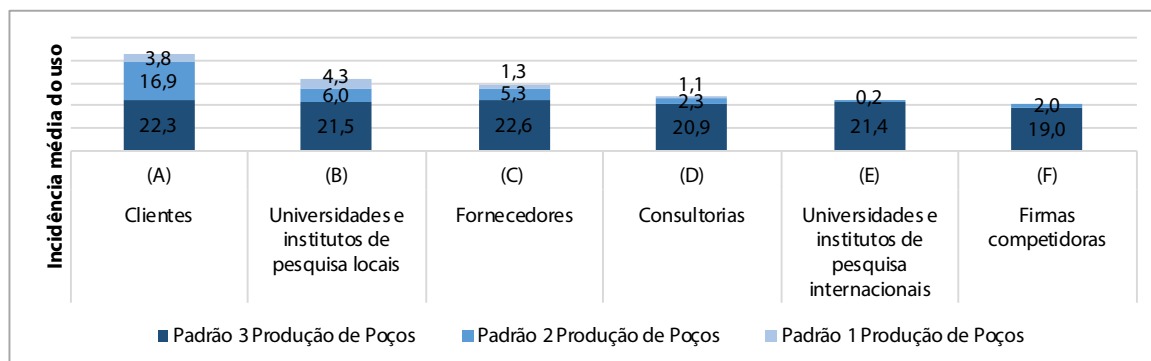
Figura 19. Diferenças entre os padrões de ACT na área de produção e manutenção de poços na frequência média do uso de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Nota: Utilizou-se a análise de variância (ANOVA) com distribuição F para o teste de diferenças entre os padrões e suas frequências médias do uso de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais. Todos os mecanismos foram estatisticamente significativos ao menos a 10%. Os valores representam o teste de Duncan, no qual cada par de padrões é comparado separadamente.

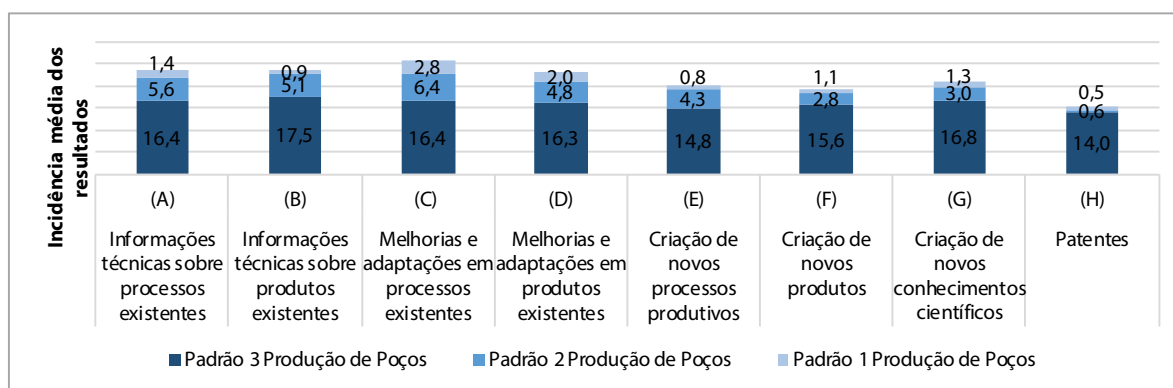
Figura 20. Diferenças entre os padrões de ACT na área de produção e manutenção de poços na frequência média das parcerias interorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Nota: Utilizou-se a análise de variância (ANOVA) com distribuição F para o teste de diferenças entre os padrões e suas frequências médias das parcerias de mecanismos interorganizacionais. Todas as variáveis foram estatisticamente significativas ao menos a 10%. Os valores representam o teste de Duncan, no qual cada par de padrões é comparado separadamente.

Figura 21. Diferenças entre os padrões de ACT na área de produção e manutenção de poços na frequência média dos resultados interorganizacionais, valores médios em % (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Nota: Utilizou-se a análise de variância (ANOVA) com distribuição F para o teste de diferenças entre os padrões e suas frequências médias dos resultados de mecanismos de aprendizagem interorganizacionais. Todos os resultados foram estatisticamente significativos ao menos a 10%. Os valores representam o teste de Duncan, no qual cada par de padrões é comparado separadamente.

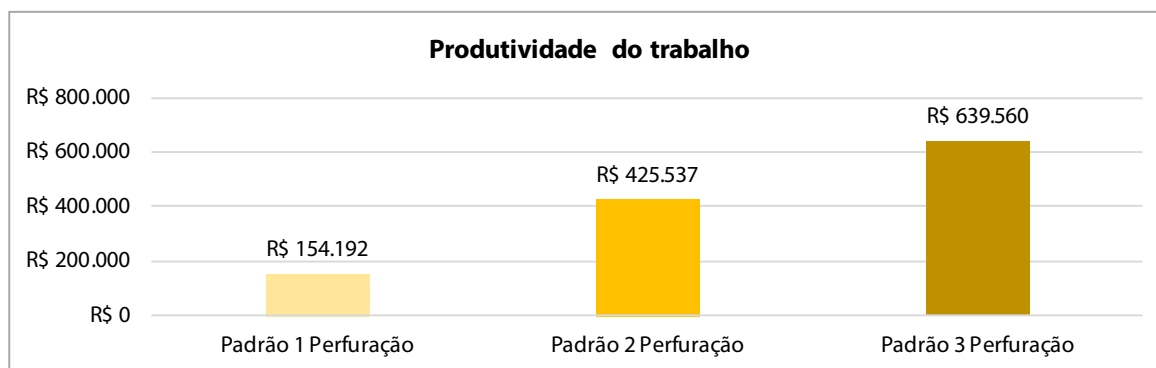
Em síntese, pode-se inferir que, no caso das empresas do Padrão 2 Produção de Poços, os esforços em mecanismos intraorganizacionais para gerar resultados em processos foram fundamentais para que acumulassem capacidade tecnológica a partir da aquisição de outras empresas e da criação de departamentos internos de P&D. Embora as parcerias também tenham sido importantes para a aprendizagem, os mecanismos internos parecem ter sido determinantes para avançar ao nível de inovação avançada. Já no caso das empresas do Padrão 3 Produção de Poços, a manutenção no nível de inovação de liderança mundial deve-se muito às parcerias e aos resultados delas decorrentes. Esse padrão de empresas esteve engajado com universidades e clientes para desenvolver produtos inovadores, à base de P&D, compatíveis com a exploração do pré-sal.

3.3 Qual é o impacto da ACT sobre o desempenho competitivo?

A análise do impacto da ACT sobre o desempenho competitivo nesta pesquisa também foi realizada por meio de testes estatísticos para as áreas de serviços de perfuração e equipamentos associados, revestimento e completção de poços e produção e manutenção de poços. Duas variáveis de desempenho competitivo foram analisadas: produtividade do trabalho (receita bruta de vendas dividida pelo número de funcionários) e inserção internacional (proporção das receitas obtidas com exportação). Deve-se chamar atenção que, nesse caso, a divisão por áreas apenas diferencia conjuntos distintos de empresas. Não há como distinguir nos testes relações específicas de produtividade ou exportação por área tecnológica, já que estes dados se referem à empresa como um todo e não têm a área como unidade de análise. Segundo a pesquisa, os distintos padrões de ACT nas áreas tecnológicas explicaram os diferentes desempenhos competitivos das empresas da indústria de petróleo e gás do Brasil no período recente.

Na área de serviços de perfuração e equipamentos associados, quanto maior o padrão de ACT das empresas, maiores os ganhos de produtividade do trabalho. A produtividade média das empresas do Padrão 3 Perfuração é quase seis vezes maior que a das empresas no Padrão 1 (R\$ 154.192,20 contra R\$ 639.559,50). As empresas no Padrão 2 Perfuração, por sua vez, têm produtividade média de R\$ 425.536,70, valor intermediário entre os outros padrões (ver Figura 22).

Figura 22. Diferenças entre os padrões de ACT na área de serviços de perfuração e equipamentos associados na frequência média da variável de desempenho competitivo, valores médios (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Nota: Utilizou-se a análise de variância (ANOVA) com distribuição F para o teste de diferenças entre os padrões e suas frequências médias das variáveis de desempenho. A variável foi estatisticamente significativa a 1%. Os valores representam o teste de Duncan, no qual cada par de padrões é comparado separadamente. Por este teste, todos os padrões apresentam diferenças estatisticamente significativas entre si.

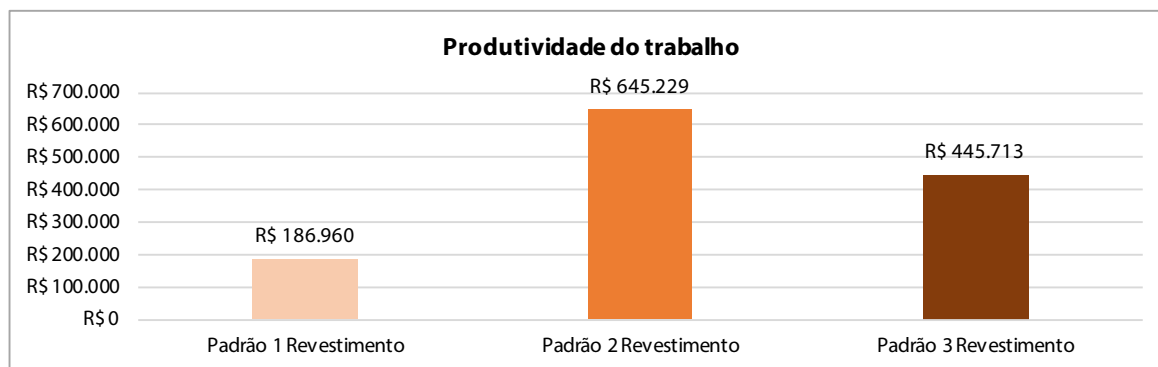
As empresas do Padrão 2 Perfuração fizeram investimentos pontuais em inovação, pois não possuem departamentos de P&D dedicados na área de serviços de perfuração e equipamentos associados. Isso ajuda a explicar por que essas empresas se estagnaram no nível de inovação intermediário. As empresas do Padrão 3 Perfuração confirmam o melhor desempenho produtivo em decorrência dos investimentos em inovações, que garantem a permanência na capacidade tecnológica de liderança mundial nessa área.

A proporção das receitas obtida com exportações não pode ser considerada na área de perfuração e equipamentos associados, pois não houve variabilidade entre os padrões. Constatou-se que não há uma participação de destaque no mercado externo das empresas da área. Este fato decorre, em parte, das exigências de especificações técnicas dos produtos demandados pela principal cliente do mercado de petróleo e gás brasileiro, a Petrobras. As empresas são requisitadas a cumprir determinados detalhamentos nos produtos, o que leva à perda de competitividade no mercado externo. Em razão disso, a Petrobras está modificando a sua forma de contratação, de modo que é possível que haja um comportamento diferente das empresas no futuro.

Na área de revestimento e completação de poços, a maior produtividade do trabalho foi verificada nas empresas do Padrão 2 Revestimento, ficando em média em R\$ 645,2 mil por trabalhador. Nas empresas do Padrão 3 Revestimento, observou-se uma produtividade por trabalha-

dor menor, de R\$ 445,7 mil em média. Ambos os padrões chegaram ao último triênio observado com nível de capacidade inovadora avançado. No entanto, o esforço que as empresas do Padrão 2 Revestimento realizaram para acumular capacidade tecnológica até o nível avançado justifica, em parte, o melhor resultado no desempenho competitivo (ver Figura 23).

Figura 23. Diferenças entre os padrões de ACT na área de revestimento e completção de poços na frequência média da variável de desempenho competitivo, valores médios (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Nota: Utilizou-se a análise de variância (ANOVA) com distribuição F para o teste de diferenças entre os padrões e suas frequências médias das variáveis de desempenho. A variável foi estatisticamente significativa a 1%. Os valores representam o teste de Duncan, no qual cada par de padrões é comparado separadamente.

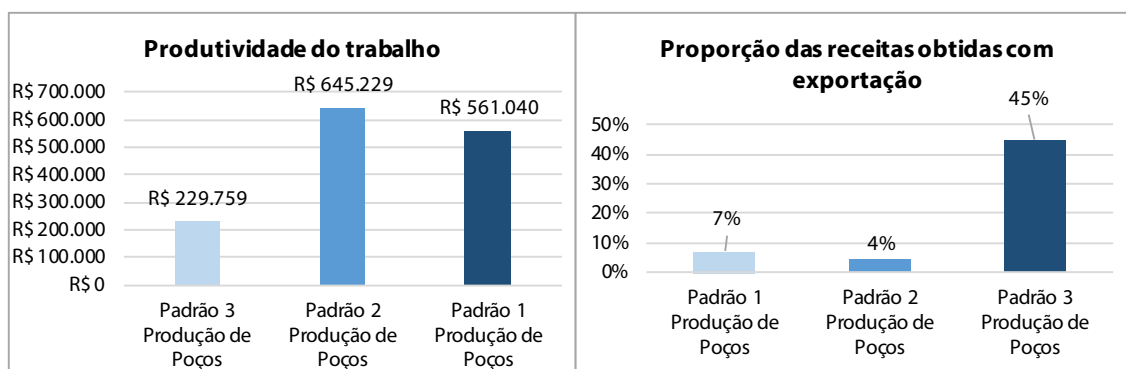
Os resultados em termos de desempenho exportador não se mostraram suficientemente relacionados com o nível de capacidade tecnológica das empresas na área de revestimento e completção de poços. Assim como na área de serviços de perfuração e equipamentos associados, a razão do fraco desempenho das empresas no mercado internacional está parcialmente relacionada às exigências de especificações técnicas nos produtos demandados pela Petrobras, fato que também tem prejudicado o seu fornecimento às outras operadoras locais.

No que tange ao desempenho das empresas da área de produção e manutenção de poços, de forma similar ao observado na área de revestimento e completção de poços, as empresas do Padrão 2 Produção de Poços possuem produtividade do trabalho superior à das empresas do Padrão 3 – R\$ 645,2 mil por trabalhador contra R\$ 561 mil por trabalhador. De modo semelhante, os esforços internos das empresas do Padrão 2 Produção de Poços em elevar o seu nível de capacidade tecnológica para avançado, no período considerado pela pesquisa, resultou em melhor desempenho da sua produtividade. Contudo, esse desempenho significativo ainda não é observado na proporção das receitas obtidas com exportação, no caso desse padrão (ver Figura 24).

Para a área de produção e manutenção de poços, os resultados relacionados à inserção externa são os únicos, para as três áreas, que parecem estar relacionados com o nível de capacidade tecnológica das empresas. Essa relação, por sua vez, se dá de maneira distinta entre as empresas nessa área: enquanto o Padrão 1 Produção de Poços e o Padrão 2 têm média de receita com exportação de 7% e 4%, respectivamente, as empresas do Padrão 3 têm média quase nove vezes superior (45,87%). Isso é explicado pelo fato de que as empresas do Padrão 3 desenvolve-

ram produtos inovadores para o mundo, direcionados à exploração em águas ultraprofundas, e que se tornaram atrativos no mercado externo. No caso da área de produção e manutenção de poços, as exigências de especificações técnicas pela Petrobras não parecem ter impactado a competitividade internacional dos produtos.

Figura 24. Diferenças entre os padrões de ACT na área de produção e manutenção de poços na frequência média das variáveis de desempenho competitivo, valores médios (2003-2014)



Fonte: Os autores (2016).

Nota: Utilizou-se a análise de variância (ANOVA) com distribuição F para o teste de diferenças entre os padrões e suas frequências médias das variáveis de desempenho. Todas as variáveis foram estatisticamente significativas a 1%. Os valores representam o teste de Duncan, no qual cada par de padrões é comparado separadamente.

4 Reflexões e Recomendações para Políticas Públicas e Estratégias Empresariais

Verifica-se que algumas ações de políticas públicas ou empresariais não geram os efeitos desejados por incorporarem conceitos estreitos ou limitados de tecnologia e inovação. Sendo assim, torna-se necessário levar em consideração os seguintes pontos.

Esclarecimentos sobre a perspectiva ampla de tecnologia e inovação

- A tecnologia não é somente maquinaria ou equipamentos, muito menos apenas instalações físicas e laboratórios. Embora essa associação seja comum, sabe-se que em muitos casos a mera aquisição de equipamentos mais modernos não implica necessariamente avanços. Equipamentos tecnologicamente avançados exigem conhecimentos de capital humano qualificado e especializado para serem operados. Exigem também um sistema organizacional capaz de integrar as diversas especialidades profissionais e as instalações físicas num uso eficiente da tecnologia e sua posterior adaptação e aprimoramento.
- Assim como a tecnologia, a inovação também deve ser compreendida de maneira abrangente, ou seja, muito além do tradicional *high-end* à base de P&D. Inovação também envolve um contínuo de atividades que varia desde a imitação duplicativa, em vários níveis de modificações com base de engenharia (como é típico das indústrias

alemãs de máquinas, líderes globais em diversos segmentos), até os mais avançados níveis de P&D. A visão limitada de inovação, incorporada em diferentes estratégias empresariais e de políticas governamentais, ignora o papel das atividades inovadoras básicas, que são, em muitos casos, precondições para o engajamento em atividades inovadoras mais sofisticadas.

- Essa perspectiva abrangente é de fundamental importância para compreendermos a dinâmica do processo de inovação, particularmente no contexto de economias em desenvolvimento, como a do Brasil. Nesse caso, a maioria das empresas ainda se encontra no processo de evoluir de níveis de capacidade de produção para níveis progressivos de capacidades tecnológicas inovadoras, especialmente de níveis básicos para superiores.

Perspectivas sobre capacidades tecnológicas de produção e inovadoras

- A capacidade tecnológica é um conjunto ou estoque de recursos à base de conhecimento que permite às empresas realizarem tanto as atividades de produção ou operacionais quanto as de inovação. Enquanto as capacidades de produção estão relacionadas a atividades de uso/operação de tecnologias e de sistemas de produção existentes, a capacidade inovadora permite realizar modificações em tecnologias existentes ou mesmo gerar novas tecnologias.
- A distinção entre os dois tipos de capacidade tecnológica é essencial para melhor entender o desempenho competitivo de uma empresa e indústria. É possível produzir milhões de toneladas de determinado produto com alta eficiência sem, no entanto, ter capacidade para realizar mudanças no seu processo produtivo. Nesse caso, uma empresa pode ter capacidade tecnológica de produção avançada sem ter nenhuma capacidade tecnológica de inovação.
- Maior capacidade tecnológica de produção pode permitir ganhos no desempenho técnico de uma empresa, enquanto maior capacidade tecnológica inovadora pode permitir a criação de tecnologias que são mais difíceis de serem copiadas ou mesmo criar oportunidades para entrada em novos segmentos de mercado. Assim, ambos os tipos de capacidade tecnológica devem ser nutridos na empresa, embora requeiram estratégias diferenciadas.

Empresas na mesma indústria e áreas tecnológicas de uma mesma empresa são diferentes

- Os resultados da pesquisa mostraram que as empresas de petróleo e gás no Brasil se encontram em padrões distintos de ACT para três importantes áreas tecnológicas (serviços de perfuração e equipamentos associados, revestimento e completação de poços e produção e manutenção de poços). Esse fato sugere que recomendações de

estratégias empresariais e de políticas públicas que tratam a indústria como um todo homogêneo escondem a complexidade e a variabilidade das atividades inovadoras e das capacidades tecnológicas relacionadas a elas. Isso é importante não apenas para formuladores de políticas públicas, como também para gestores de empresas de petróleo e gás, que devem possuir estratégias distintas de ACT para as áreas de serviços de perfuração e equipamentos associados, revestimento e completação de poços e produção e manutenção de poços.

- Na área de serviços de perfuração e equipamentos associados, para todos os períodos analisados, todas as empresas (sejam as quatro no primeiro e segundo triênio, as seis no penúltimo triênio ou as nove no último triênio) apresentaram o nível 1 de capacidade de produção e o nível 2 de capacidade inovadora básica – ou seja, foram capazes de implementar não apenas atividades de produção com base no uso de tecnologias e sistemas de produção existentes, como também de fazer pequenas melhorias e adaptações nessas tecnologias. Apenas 25% das empresas da amostra haviam acumulado o nível 5, de liderança mundial em inovação, para a capacidade tecnológica da área de serviços de perfuração e equipamentos associados no primeiro e no segundo triênio. A proporção subiu para 33% das empresas no terceiro triênio, a partir da entrada de duas empresas na amostra; e para 44% das empresas no último triênio, devido à entrada de três empresas na amostra. O nível 5 refere-se à capacidade da empresa de implementar atividades inovadoras, à base de P&D, relativas à criação e ao desenvolvimento de tecnologias de processo e organização da produção novas para o mundo e que abram oportunidades para a entrada em novos negócios.
- Na área de revestimento e completação de poços, verificou-se que, nos dois primeiros triênios, 75% das empresas da amostra acumularam o nível 2 de capacidade inovadora básica. Este número aumentou para 80%, com a entrada de duas empresas, na amostra no terceiro triênio; e para 100%, pela entrada de mais duas empresas no último triênio. Apenas 13% das empresas nos dois primeiros triênios e 20% nos dois últimos triênios acumularam o nível 5, de liderança mundial em inovação, para a capacidade tecnológica da área de revestimento e completação de poços.
- Por fim, na área de produção e manutenção de poços, constatou-se que, no primeiro triênio, 75% das empresas da amostra acumularam o nível 2 de capacidade inovadora básica, número que aumentou para 82% com a entrada de três empresas na amostra no segundo e terceiro triênio; e para 100% com a entrada de mais duas empresas no último triênio. Apenas 13% das empresas no primeiro triênio, 27% das empresas no segundo e no terceiro triênios e 36% no último triênio acumularam o nível 5 de inovação, de liderança mundial, para a capacidade tecnológica da área de produção e manutenção de poços.

Diversificação industrial

- A indústria brasileira de petróleo e gás acumulou níveis de capacidades tecnológicas de liderança mundial na área de serviços de perfuração e equipamento associados e de produção e manutenção de poços, e se observa uma persistência dessa trajetória, com a produção industrial cada vez mais concentrada nos equipamentos para extração de petróleo em águas ultraprofundas. No entanto, confiar no sucesso atual e insistir em fazer mais do mesmo pode levar ao enfraquecimento gradual das capacidades inovadoras conquistadas até aqui e, conseqüentemente, à deterioração do desempenho competitivo.
- Há esforços ainda muito incipientes de diversificação por parte das empresas brasileiras de petróleo e gás, das atividades relacionadas aos serviços e equipamentos da indústria de P&G para outras atividades industriais que sejam novas para o Brasil.

Exposição à competição global

- Em relação a inserção externa, inferiu-se, pela pesquisa de campo, que não há uma participação de destaque no mercado internacional das empresas nas áreas de serviços de perfuração e equipamentos associados e de revestimento e completação de poços. Esse fato se deve em parte às exigências de especificações técnicas dos produtos demandados pela principal cliente do mercado de petróleo e gás brasileiro, a Petrobras. A grande variedade de requisitos impostos aos produtos leva à perda de competitividade no mercado externo e condiciona o comportamento das empresas de se direcionar ao mercado doméstico. No caso da área de produção e manutenção de poços, as especificações técnicas exigidas pela Petrobras não parecem ter tanto impacto na competitividade internacional dos produtos. Isso é explicado pelo fato de que as empresas desenvolveram produtos inovadores para o mundo, direcionados à exploração em águas ultraprofundas, e que se tornaram atrativos no mercado externo.
- Cabe à política industrial perseguir metas de internacionalização da indústria brasileira de petróleo e gás. Nesse sentido, um alinhamento estratégico da Petrobras faz-se necessário em termos da padronização dos serviços e equipamentos. Ressalta-se a iniciativa em curso de flexibilização do conteúdo local, que passou a contar com créditos relacionados à exportação de serviços e equipamentos.
- É importante notar que a internacionalização da indústria de petróleo e gás tem sido uma alta prioridade no arcabouço da política industrial do setor em diversos países. Na Noruega, por exemplo, o objetivo da política contemplou a utilização da capacidade tecnológica desenvolvida internamente para o mercado internacional, fortalecendo, dessa forma, o crescimento e desenvolvimento do *cluster* de petróleo no país no longo

prazo. Atualmente, os produtos e sistemas avançados criados na Noruega competem com sucesso no mercado global, inclusive no Brasil.

Natureza colaborativa e sistêmica da capacidade tecnológica, da inovação e da aprendizagem tecnológica

- A nossa pesquisa corrobora a ideia de que se foi o tempo em que as empresas eram autossuficientes em capacidades tecnológicas e realizavam atividades inovadoras de forma individual. Constatamos que grande parte das capacidades tecnológicas inovadoras é acumulada por meio de parcerias com universidades e institutos de pesquisa locais, e consultores e agentes ao longo da cadeia produtiva (fornecedores e clientes). Empresas que acumularam níveis mais avançados de capacidades tecnológicas têm sido mais proativas no estabelecimento de vários arranjos colaborativos com os diferentes tipos de parceiro para a realização de atividades inovadoras. A distribuição das capacidades tecnológicas para além dos muros das empresas, assim como o envolvimento de parceiros externos no processo de inovação, é irreversível e confirma a fragmentação das atividades inovadoras.
- Essa tendência impõe novos desafios aos gestores, que precisam diariamente criar mecanismos de interface com parceiros diversos, assim como aprimorar práticas de coordenação e integração de conhecimentos externos, vindos de parceiros distintos, para dar eficácia ao processo de inovação.
- Por sua vez, a gestão dos mecanismos de aprendizagem cada vez mais demanda capacidades gerenciais para interagir com uma vasta gama de parceiros. Isso acontece não só em nível local, mas especialmente em nível internacional para empresas que precisam sustentar ou alcançar níveis de capacidades tecnológicas de classe mundial.

Formação diferenciada de capital humano

- Ações para aumentar e melhorar a oferta de recursos humanos, criando massa crítica altamente qualificada, são necessárias para atingir objetivos de inovação na indústria de petróleo e gás. É importante que o ensino superior público e privado e o sistema de treinamento dentro das empresas forneçam conhecimentos e habilidades apropriados para o alinhamento com novas capacidades inovadoras necessárias à diversificação industrial.
- É relevante fazer a distinção entre capital humano relacionado a uma tecnologia existente, cujo *mindset* vem sendo preparado desde os bancos das universidades e aprofundado pelas empresas, e capital humano para se engajar em atividades tecnológicas novas para a indústria e para o país, como as relacionadas à diversificação industrial. É

preciso que as empresas, em sintonia com as universidades, se engajem na preparação desses diferentes tipos de capital humano.

Políticas industriais e financiamento público para inovação

- Como se sabe, a indústria de petróleo e gás no Brasil foi deliberadamente desenvolvida pelo Estado, por meio da Petrobras, como parte do processo de industrialização do país. Depois de um intervalo de relativa ausência de políticas industriais no final da década de 1980 e durante os anos 90, algumas políticas industriais foram implementadas no Brasil nos últimos anos, com os objetivos gerais de fortalecer e expandir a base industrial brasileira por meio da melhoria da capacidade inovadora das empresas. O foco foi no estímulo à inovação e à produção nacional para alavancar a competitividade¹⁸. São elas: Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE, 2004-2008), Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP, 2008-2010) e o Plano Brasil Maior (PBM, 2011-2014). Essas políticas apresentavam algumas especificidades. Por exemplo, a PITCE propunha um foco maior em opções estratégicas (semicondutores, *software*, bens de capital e fármacos) e atividades portadoras de futuro (biotecnologia, nanotecnologia e biomassa/energias renováveis). Já a PDP e o PBM envolviam um conjunto muito amplo de setores industriais subdivididos em programas e blocos mais específicos. Em todas essas políticas industriais, as ações se voltaram muito mais para instrumentos de financiamento e incentivos fiscais para a expansão produtiva do que para a inovação. As medidas voltadas à inovação se concentraram na criação de mecanismos de financiamento público, principalmente por meio do BNDES e da Finep, e de incentivos fiscais. Houve também a implementação de instrumentos de proteção do mercado doméstico para alguns setores específicos (por exemplo, reforço de políticas de conteúdo local em alguns setores industriais, proteções tarifárias de importação) e metas de curto prazo incompatíveis com a melhor avaliação de uma política industrial. Até mesmo a PITCE, que na teoria se voltava para setores considerados estratégicos, resultou na prática mais em conjuntos abrangentes de iniciativas, com forte predomínio de ações horizontais.
- Particularmente para a indústria petrolífera, a PITCE, a PDP e o PBM explicitaram metas e objetivos específicos. Nas linhas de ação horizontais da PITCE, estabeleceu-se a meta de fortalecer a cadeia produtiva de petróleo e gás por meio da Rede Brasil de Tecnologia, que consistia na implantação de 165 projetos para a substituição competitiva de importações. A PDP tinha como objetivo, para a indústria de petróleo e gás, a liderança mundial e a conquista de mercados por meio da autossuficiência em petróleo e da revitalização e ampliação da indústria nacional, em bases competitivas e sustentáveis, para a implantação de projetos de petróleo e gás no Brasil e no exterior. Estipularam-se as metas para o Brasil aumentar a produção de petróleo e gás natural e manter os 75%

¹⁸ Ver ABDI (2016).

(já praticados) em conteúdo local nos projetos. Já o PBM objetivou ampliar a participação no fornecimento de bens e serviços de empresas nacionais; promover a inovação, incentivando a cooperação e o desenvolvimento tecnológico; aumentar a qualificação dos recursos humanos; incentivar polos produtivos e tecnológicos e a formação de empresas âncoras da cadeia de fornecedores de P&G e setor naval; e diversificar as exportações e promover a internacionalização das empresas brasileiras. Para isso, as medidas propostas contemplavam a manutenção, no novo marco regulatório do petróleo, dos recursos de participações governamentais (*royalties*) para inovação e capacitação da indústria de petróleo; a permissão de acesso das empresas à parte dos recursos da cláusula de P&D dos contratos de concessão para exploração, desenvolvimento e produção de petróleo e gás natural, firmados pela ANP e pelas operadoras; a integração de conhecimento, inovação e tecnologia no conteúdo local brasileiro a partir das redes temáticas e do sistema tecnológico da Petrobras; a identificação de oportunidades de estímulo ao desenvolvimento e à nacionalização, pelas indústrias brasileiras de petróleo e gás e naval, de equipamentos, sistemas complexos e serviços de valor agregado; o mapeamento de demandas tecnológicas não atendidas internamente para formação de parcerias entre empresas brasileiras e estrangeiras; entre outras. Na prática, o PBM expandiu linhas de créditos e incentivos para inovação por intermédio do BNDES e da Finep. Aquelas propostas, no entanto, não chegaram a ser consolidadas e foram descontinuadas com o fim da PBM em 2014. Deve-se chamar atenção, nesse caso, para a necessidade de continuidade e de um horizonte de longo prazo no desenho de políticas industriais voltadas à inovação.

- Verificou-se no *workshop* e nas entrevistas de campo com representantes de empresas de petróleo e gás, realizados por esta pesquisa, que a oferta de linhas de crédito para o investimento produtivo e em inovação não se constitui hoje um problema para o setor no Brasil. Contudo, as linhas de créditos para inovação disponíveis carecem de processos mais ágeis e menos burocráticos. Devido às exigências financeiras, esses recursos estão disponíveis com maior facilidade apenas para empresas de grande porte e exigem detalhes técnicos que muitas vezes inibem a sua procura. Por outro lado, falta às empresas conhecimento e organização na captação de recursos financeiros para inovação. Nesse aspecto, parece essencial a maior simplificação e melhor divulgação do acesso ao financiamento público existente destinado à inovação.
- Tanto a indústria quanto as políticas públicas não têm se engajado em ações permanentes de desenvolvimento de fornecedores locais, particularmente de médias e pequenas empresas em ascensão tecnológica e com potencial para ingresso no mercado internacional. Essas empresas, tanto originadas das grandes empresas existentes quanto *start-ups* provenientes de empreendedores individuais, vinculados ou não às empresas da indústria, poderiam desempenhar um papel importante no processo de diversificação industrial, assim como na sustentação de capacidades inovadoras.

- As políticas públicas para inovação precisam balancear a ênfase dada aos incentivos a atividades de P&D nas universidades e institutos de pesquisa e nas empresas (não apenas grandes, mas também nas médias e pequenas, incluindo fornecedores). Embora tenham sido criados alguns mecanismos de financiamento público para projetos de pesquisa aplicada entre empresas e institutos de pesquisa e universidades (como é o caso da cláusula de P&D da ANP), as interações entre essas organizações devem ser cada vez maiores. Além disso, as universidades devem ir além da ciência e fortalecer as parcerias com as empresas para que saibam o que estas estão demandando.
- No caso específico da cláusula de P&D e inovação da ANP, a qual destina 1% da receita bruta de campos com grandes produções para atividades dessa natureza, cabe incentivar uma crescente presença das empresas fornecedoras no acesso a esse recurso. Embora a atualização dessa cláusula, em 2015, já tenha flexibilizado no sentido de incluir a participação das empresas fornecedoras, nota-se ainda certo distanciamento delas, seja pela burocratização excessiva da ANP, seja pela falta de interesse das operadoras na interação. Verificou-se, pelas evidências encontradas neste trabalho, que as parcerias para desenvolvimento tecnológico entre as empresas fornecedoras do primeiro elo e a Petrobras foram essenciais para a ACT, ao ponto de garantir níveis de liderança mundial em tecnologia e inovação. Nesse sentido, entende-se que a ANP deve atuar em prol do estreitamento das relações entre as operadoras e as empresas fornecedoras, tanto do primeiro quanto dos demais elos, gerando valor e inovação na cadeia de petróleo e gás.

Políticas públicas devem evitar o protecionismo exacerbado

- A busca por uma política pública de inovação em uma perspectiva colaborativa e sistêmica não significa, no entanto, um controle protecionista exacerbado. Uma política de inovação deve também fornecer um ambiente de pressão competitiva. Um ambiente econômico competitivo sistêmico é importante para o desenvolvimento de capacidades inovadoras, pois somente assim se estimula o esforço contínuo por parte das empresas em inovar. Restrições às importações, por exemplo, dificultam o próprio processo de aprendizagem e de ACT dentro das empresas.
- Apesar de ser um mecanismo bastante sofisticado, a exigência de conteúdo local precisa estar alinhada à política industrial de petróleo e gás. Um caminho possível é o de levar em consideração a possibilidade de concentrar esforços em áreas tecnológicas do setor em que o país pretende ser mais competitivo internacionalmente. Por exemplo, a indústria de petróleo e gás brasileira adquiriu alta capacidade tecnológica em serviços e equipamentos para a exploração em águas ultraprofundas, estabelecendo empresas fornecedoras em nível de liderança mundial. A exigência de conteúdo local poderia focalizar áreas mais estratégicas e ser flexibilizada naquelas em que a indústria brasileira é pouco representativa.

- É importante considerar o exemplo de experiências internacionais em políticas de conteúdo local para a indústria de petróleo e gás. Por exemplo, a Noruega não impôs requisitos de conteúdo local à sua indústria de petróleo e gás. Para induzir maior participação de serviços e equipamentos locais nos investimentos, as empresas com elevado percentual de conteúdo local eram favorecidas nas rodadas de licitações. De forma análoga, não houve no Reino Unido uma participação efetiva para estimular o desenvolvimento da cadeia de fornecedores por meio de políticas públicas. Contudo, as operadoras de petróleo que utilizavam alto índice de conteúdo local tinham as novas rodadas licitatórias facilitadas. Na Indonésia, o objetivo principal da política de conteúdo local foi desenvolver capacidades locais que habilitem as empresas domésticas a competir no mercado nacional, regional e internacional de petróleo *onshore*. Desse modo, foram estabelecidas diferentes faixas de conteúdo local para segmentos estratégicos da cadeia.

Políticas públicas devem ser avaliadas

- A despeito das dificuldades de se avaliar uma política industrial, a avaliação constante de políticas públicas é essencial para o seu aperfeiçoamento. No Brasil, alguns estudos têm buscado a avaliação de políticas públicas, principalmente no que se refere à inovação. Essa avaliação ocorre em termos do impacto de uma dada política sobre a produtividade das empresas e seus gastos com inovação. Mas é perceptível que essas iniciativas carecem em geral de uma elaboração baseada em evidências coletadas diretamente do setor produtivo a que se referem. Isto é, não se atêm a um diagnóstico crível das necessidades e demandas do setor. Um estudo voltado para dentro de uma indústria específica (como a petrolífera) e, mais ainda, atinente a suas áreas tecnológicas (sua cadeia produtiva, por conseguinte) pode fornecer uma perspectiva mais pormenorizada das necessidades, bem como contribuir para a racionalização de mecanismos de monitoramento e avaliação de políticas públicas.

Referências

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial**. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Paginas/politica_industrial.aspx>. Acesso em: 21 out. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Dados estatísticos**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/dados-estatisticos>>. Acesso em: 5 set. 2016.

BAIN & COMPANY. **Estudos de alternativas regulatórias, institucionais e financeiras para a exploração e produção de petróleo e gás natural e para o desenvolvimento industrial da cadeia produtiva de petróleo e gás natural no Brasil**: relatório consolidado. [S.l.], 2009.

BELL, M.; FIGUEIREDO, P. N. Building innovative capabilities in latecomer emerging market firms: some key issues. In: CANTWELL, J.; AMANN, E. (Ed.). **Innovative firms in emerging market countries**. Oxford: Oxford University Press, 2012. p. 24-109.

BP GLOBAL. **BP statistical review of world energy**. 2015. Disponível em: <<http://www.bp.com/statisticalreview>>. Acesso em: 18 jul. 2016.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Secretaria de Comércio Exterior**. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior>>. Acesso em: 15 maio 2016.

EMPRESA de Pesquisa Energética (EPE). Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/>>. Acesso em: 18 jul. 2016.

FIGUEIREDO, P. N. **Technological learning and competitive performance**. Cheltenham: Edward Elgar, 2001.

_____. **Gestão da inovação: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

FIGUEIREDO, P. N.; PINHEIRO, M. C. **Competitividade industrial brasileira e o papel das capacidades tecnológicas inovadoras: a necessidade de uma investigação criativa**. Rio de Janeiro: EBAPE/FGV, 2016. (Technological Learning and Industrial Innovation Working Paper Series). Disponível em: <www.ebape.fgv.br/tlii-wps>. Acesso em: out. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema de contas nacionais**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 1 dez. 2016.

ORGANIZAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO (ONIP). **Oportunidades e desafios da agenda de competitividade para construção de uma política industrial na área de petróleo: propostas para um novo ciclo de desenvolvimento industrial**. 2010. Disponível em: <http://novosite.onip.org.br/wp-content/uploads/2011/07/estudo_competitividade_offshore_relatorio.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2013.

PINHEIRO, M. C. et al. **A urgente necessidade do fortalecimento da competitividade industrial brasileira: reflexão inicial sobre o papel da produtividade e da acumulação de capacidades tecnológicas inovadoras**. Rio de Janeiro: EBAPE/FGV, 2015. (Technological Learning and Industrial Innovation Working Paper Series). Disponível em: <www.ebape.fgv.br/tlii-wps>. Acesso em: out. 2016.

_____. **Acumulação de capacidades tecnológicas e fortalecimento da capacidade industrial no Brasil: breve análise empírica da indústria de petróleo e gás**. Rio de Janeiro: EBAPE/FGV, 2016. Disponível em: <www.ebape.fgv.br/tlii-wps>. Acesso em: 15 jan. 2017.

PINHEIRO, M. C.; FIGUEIREDO, P. N. **Por que é tão necessário o fortalecimento da competitividade industrial do Brasil? E qual é o papel da produtividade e da capacidade tecnológica inovadora?** Rio de Janeiro: EBAPE/FGV, 2015. (Technological Learning and Industrial Innovation Working Paper Series). Disponível em: <www.ebape.fgv.br/tlii-wps>. Acesso em: out. 2016.