

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO
CONVÊNIO CNPq/IBICT - UFRJ/ECO
DOUTORADO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO

*Tecnologia como conhecimento:
o público e o privado; o social e o econômico
Um estudo prospectivo na indústria offshore de petróleo*

Maria Cristina Soares Guimarães

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Ciência da Informação
como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciência
da Informação.

*Orientadores: Aldo de Albuquerque Barreto, Ph.D
Léa M. S. Velho, Ph.D*

Rio de Janeiro
1998

BANCA EXAMINADORA



Aldo de Albuquerque Barreto, Orientador

Léa M. L. S. Velho, Orientadora (em sabático no exterior)



Gilda Maria Braga



Heloisa Tardim Christovão



Roberto Certini Villas Bôas



Wladimir Pirró e Longo



Ued Maluf

Rosali Fernandez de Souza (Primeiro Suplente)

Maria de Nazaré Freitas Pereira (Segundo Suplente)

**À
João Francisco (in memorian), guardião de meus tesouros;
Altamiro e Edna, fontes inesgotáveis de força e inspiração;
Chuca e Giló, minhas 'varinhas de condão'.**

Agradecimentos

Do Atlântico ao Pacífico, do Brasil à Grã-Bretanha, inúmeros foram os amigos e 'companheiros de viagem' que fizeram da minha aventura pessoal de doutoramento uma *solidão* povoada com amor, carinho, afeto, compreensão e, muito estímulo.

No Brasil,

Meus orientadores, Aldo e Léa, pela enorme confiança, liberdade e estímulo para ousar, me deixando a certeza que eu sempre teria um 'cais de porto' para onde voltar;

'La Big Mamma', o exemplo e o farol;

Heloisa e Gilda, incansáveis semeadoras de sonhos, 'artesãs' de realizações e, principalmente, Mestras;

Djanira, Cícera e Sônia, irmãs de fé;

D. Selma, uma figura humana ímpar;

Icléia, companheira de dúvidas e angústias;

Edna e Rosa, pela amizade e companheirismo;

Giló, Piinha e Tita, minhas 'interfaces amigáveis' com Bill Gates e associados;

Tião, Aliette, Marli, Lúcia e Abneser, pelo apoio e gentilezas;

Do Brasil à Grã-Bretanha,

Ao Conselho Britânico e CNPq, pelo suporte financeiro;

À minha Família, os Soares Guimarães Christovão Braga de Resende Costa, fonte inesgotável de amor, estímulo e suporte;

Na Grã-Bretanha,

Wendy, mais que supervisora, incentivadora e amiga;

Carole, um anjo da guarda;

Mary e Jimmy, minha família escocesa;

Jonathan, Massimo e Bella, amizade e solidariedade;

Pedro e Hulda, companheiros de espanto;

Ao PSTI (*Petroleum Science and Technology Institute*), especialmente nas figuras de Stewart, Robert e Geraldine, que muito gentilmente me acolheram e forneceram a logística desta pesquisa;

Aos 'homens do petróleo', principalmente Leofric, Dick e Massa, pelo interesse e atenção;

E desde sempre,

Aos meus pais, pelo exemplo de luta, de desprendimento e de amor.

THE PRINCIPLE OF INFORMATION

"Knowing what you're looking for is not the same as being able to lay your hands on it".

(Anúncio veiculado em um jornal britânico entre janeiro/março 1996)

RESUMO

Análise do processo de inovação industrial sob a perspectiva da construção do conhecimento. Somando as abordagens histórica, econômica e sociológica sobre o desenvolvimento das tecnologias, é ressaltado o papel chave desempenhado pelas ‘comunidades de praticantes’ que constantemente *re-criam* conhecimento na interface interna (privada)/externa (pública) de uma empresa produtiva. Um estudo de caso exploratório no setor industrial de exploração e produção *offshore* de petróleo e gás no Mar do Norte (Grã-Bretanha) aponta para a importância das trocas informais entre diferentes atores/indivíduos, e a diversidade de interesses e estratégias que moldam a forma como o conhecimento e os artefatos tecnológicos são tecidos juntos.

ABSTRACT

From the knowledge construction perspective and drawing upon the historical, economic and sociological approaches to the development of technology, the industrial innovation process is analysed. It is highlighted the key role played by the ‘communities of practitioners’ that continuously create knowledge through interaction blurring the firm’s boundaries between internal (private) and external (public) knowledge. A case studies on the *offshore* oil and gas industry in the UK North Sea points to the importance of actors’ informal exchanges of information, and the strategies and interests that shape the way in which knowledge and artifacts are weaved together.

Tese vinculada aos Projetos Integrados de Pesquisa “Socialização da informação: desenvolvimento de metodologias para a sua efetivação. Estudo aplicado às áreas de Ciência da Informação e da Saúde” (Processo 522943/96-9) e “Índice de citações da literatura periódica científica e tecnológica brasileira” (Processo 521136/96-2).

SUMÁRIO

1. Introdução	p. 1
2. A natureza da tecnologia e o processo de inovação	p. 13
2.1. As 'tradições de <i>design</i> ' e a natureza do conhecimento tecnológico	p. 14
2.2. O processo de inovação industrial	p. 26
3. O olhar social para a tecnologia	p. 48
4. O caminho da pesquisa	p. 71
5. O estudo de caso: os interesses, as negociações e as práticas da 'criação coletiva'	p. 87
6. Conclusões	p. 125
7. Bibliografia	p. 132
8. Anexos	p. 141

1. INTRODUÇÃO

As tecnologias tanto seduzem como amedrontam, tanto emudecem como alimentam debates acalorados. Um robô que faça todo o serviço doméstico é um sonho de consumo universal; a preocupação com as minas de guerra espalhadas pelos campos de alguns países confere o Prêmio Nobel da Paz a pacifistas. Dificilmente alguém pensa no porquê dos sons que emanam dos *freezers*, mas muitos dedicam horas em discussões para tentar entender porque os computadores congelam e os arquivos se perdem na *memória* dos *chips*. As tecnologias como artefatos são simplificações desiguais.

Esta ênfase natural nos artefatos tecnológicos, e no impacto que eles *causam* no social, é um dos principais fatores que leva à dissociação entre a tecnologia e sua prática social. Dentro de uma visão simplista, a criação e aplicação prática de um *know-how*, quando situado em um setor industrial longe do contexto onde os impactos sociais são mais *visíveis*, passa despercebida, ou até mesmo tomada como uma prática não problemática, um trabalho de engenharia que *traduz* o conhecimento científico em artefatos tecnológicos. As tecnologias, e o próprio desenvolvimento tecnológico, ganham assim um ar de inevitabilidade e, enquanto se divorciam do contexto no qual foram geradas, elas se tornam desinteressantes como objeto de estudo para várias áreas do conhecimento.

Só a partir do momento em que as tecnologias deixam de ser somente artefatos desiguais e explicitam sua faceta conhecimento é que elas se igualam, em uma perspectiva dinâmica, como um processo onde conhecimento e artefato são tecidos em conjunto. Aqui elas se reconciliam com o social, deixam de ser inevitáveis, ganham novas cores, e ocupam espaço nas agendas de pesquisa. Quando inserido no setor industrial, este

conhecimento que redundando em novas tecnologias está intrinsecamente ligado a uma nova definição de desempenho econômico, onde o investimento em conhecimento é um dos fatores determinantes dos ganhos de produtividade por parte de uma empresa produtiva. O foco de interesse passa a ser, então, o processo de construção do conhecimento associado às tecnologias que, iluminado em seus aspectos sociais, pode fornecer *insights* para as políticas públicas e empresariais que atuam como estímulo ao desenvolvimento tecnológico, e também para as questões relativas à 'gestão do conhecimento' para a inovação.

A Ciência da Informação, mais especialmente na última década, vem enfatizando a importância de se aprofundar as análises na dimensão social envolvida no processo de transformação da informação em conhecimento, ampliando o então foco de estudo da interação documento-indivíduo para a interação indivíduo-indivíduo. Ao realçar os aspectos sociais envolvidos na produção do conhecimento, ela se aproxima da Sociologia do Conhecimento Científico, quando procura explicitar as relações entre conteúdo do conhecimento e contexto no qual ele foi gerado. Nesta interface, o processo é mais importante que o produto: não há somente um conhecimento tecnológico que está codificado em patentes e outros suportes físicos a espera de serem analisados e escrutinizados, há também um conhecimento que é gerado em um contexto particular, o qual confere características próprias ao seu construir.

O presente estudo começou longe de uma preocupação com o conhecimento tecnológico que está codificado em artigos, patentes, e assemelhados. Dentro da interdependência entre contexto e conteúdo, o interesse era estudar o processo de geração do conhecimento associado às tecnologias no setor industrial. Com formação em engenharia química e experiência de alguns anos de trabalho na indústria; e outros pares de

anos convivendo no setor científico, a marca do 'insucesso' no desenvolvimento tecnológico que rondava o setor industrial brasileiro era um discurso que causava incômodo à presente autora, especialmente porque 'sucesso' era um quesito simplesmente ligado ao desempenho econômico e, de certa forma, negligenciava todo o esforço de produção de conhecimento que era feito para que as inovações ganhassem vida.

O projeto de pesquisa que redundou desta preocupação somava contribuições principalmente de duas áreas de pesquisa, 'Estudos de inovação' e Sociologia do Conhecimento. A primeira é uma área interdisciplinar, congregando esforços de pesquisadores das mais variadas áreas de pesquisa interessados no processo de inovação tecnológica, e que nasceu dentro de uma perspectiva essencialmente econômica. A segunda é uma 'extensão' da Sociologia do conhecimento científico, ampliando as análises de produção de conhecimento para além do empreendimento científico.

Da primeira, vem uma análise do processo de inovação segundo a perspectiva de 'fluxos de conhecimento' que, partindo do ambiente externo, convergem para uma empresa produtiva. Da segunda, uma descrição de um processo onde diferentes organizações interagem, realçando a necessidade de um intenso processo de negociação entre as mesmas durante o processo de desenvolvimento tecnológico. Ou seja, a área de Estudos de inovação enfatiza os processos que ocorrem internamente à uma empresa produtiva; o olhar social enfatiza o processo que ocorre na ambiência de um setor industrial.

Com a pouca literatura sobre a área disponível no Brasil, o projeto foi montado, aprovado, e uma bolsa de estudos levou a presente autora à Universidade de Edimburgo, Escócia, para um período de estudos que permitisse desenvolver uma metodologia que propiciasse a consecução da

pesquisa. A supervisora acadêmica que orientou estes estudos (a qual é uma das proponentes da perspectiva de 'fluxos de conhecimento' no processo de inovação) considerou que o projeto estava muito 'sociológico', e que deveria se fazer um investimento para entender mais de perto a complexidade envolvida no processo de inovação, principalmente quando centrada no ambiente industrial.

Foram seis meses cursando créditos disciplinares, e mais outros doze meses desbravando o mundo das tecnologias e do desenvolvimento tecnológico. Foi uma viagem ao mundo da história da tecnologia para buscar a natureza do conhecimento associado às tecnologias; ao mundo da Economia, para entender a 'Economia da mudança técnica' e o que se teorizava sobre a dinâmica do processo de desenvolvimento tecnológico, o que levou a interfaces com a área de Teoria e Comportamento Organizacional e de *Business study*. No esforço para entender a complexidade de fatores envolvidos no processo de inovação, ora os aspectos sociais se faziam mais presentes, ora se distanciavam de forma absoluta; ora a geração do conhecimento se desvelava de forma cristalina, ora ficava na sombra das estratégias econômicas.

De todo este processo, uma lição valiosa foi aprendida. O que merece ser analisado é o sucesso econômico de um artefato tecnológico, e não os insucessos. São tantos e complexos os fatores associados ao desenvolvimento tecnológico, quer sejam eles técnicos, econômicos ou sociais, são tantas as organizações envolvidas no esforço de construção do conhecimento, que só mesmo um esforço coletivo e orquestrado pode ser capaz de vencer a diversidade de comportamento e interesses das organizações que habitam um setor industrial. Os economistas não deixaram passar despercebido este estranho fenômeno de coordenação: Adam Smith supunha que tinha uma *Mão Invisível* no mercado; Hayek

conjeturava que esta era uma '*ordem espontânea*', e que talvez os psicólogos pudessem explicar melhor este processo.

Como qualquer pesquisa, ou como qualquer processo de inovação, o projeto de estudo da presente autora também tomou rumos inesperados. O foco de interesse deixou de ser a análise histórica de um caso de insucesso ou sucesso tecnológico, e se dirigiu para um momento presente dentro de um setor industrial, onde diferentes organizações interagem durante o desenvolvimento de uma tecnologia. De todas as tradições de pesquisa que abordam diretamente e/ou tangenciam o estudo do desenvolvimento tecnológico, foram mantidas as duas iniciais anteriormente citadas, ou, uma perspectiva mais de cunho econômico sobre o processo de inovação, e uma perspectiva 'social' do mesmo, às quais foram somadas uma perspectiva vinda da área de história social da tecnologia. Unificando as três, um processo de construção de conhecimento.

Da perspectiva histórica, vem a identificação da natureza do conhecimento associado às tecnologias; o *locus* cognitivo deste conhecimento situado dentro de uma comunidade de praticantes/tecnólogos, e uma descrição da dinâmica de crescimento deste conhecimento.

A perspectiva econômica é uma das mais proficuas dentre as várias tradições de pesquisa que estudam o processo de inovação e está, de forma clara, intrinsecamente ligada à dinâmica tecnológica como fonte de crescimento econômico. Apesar de tal proficuidade de análises, os aspectos sociais envolvidos no processo de desenvolvimento das tecnologias são quase completamente negligenciados. As análises que, de alguma forma, focam na questão da geração de conhecimento, apontam para três pontos principais. Primeiro, a visão de que o desenvolvimento de

uma tecnologia segue trajetórias bem definidas, fundado nos aspectos cumulativos do conhecimento tecnológico. Mas ao excluir os aspectos sociais, esta cumulatividade do conhecimento fica associada a um crescimento autônomo, guiado principalmente pela sinergia entre aspectos técnicos e econômicos, conduzindo a uma linha de determinismo tecnológico.

Segundo, as inovações tecnológicas são descritas como um processo que demanda duas condições básicas, e que atuem simultaneamente: oportunidade tecnológica e apropriação dos benefícios gerados pelas atividades inovativas. O comprometimento de uma empresa produtiva em inovar está intimamente ligado a possibilidade de agregar conhecimento aos seus produtos/processos, e às vantagens econômicas que podem advir a partir do controle sobre este conhecimento (patentes, segredo industrial, dentre outros).

Terceiro, o processo de inovação é descrito como uma síntese de conhecimentos diversos que são integrados à base privada de conhecimento de uma empresa através de um processo de aprendizagem. O acesso a fontes externas de conhecimento por parte de uma empresa se apresenta como não problemático, ou seja, assume-se uma visão de transferência de 'pacotes' fechados de conhecimento, que parecem fluir desconectados das relações sociais. O processo de construção do conhecimento associado às tecnologias fica assim centrado exclusivamente em uma esfera privada, e principalmente circunscrito a uma lógica técnico-econômica.

Somados estes três pontos, o que a perspectiva econômica enfatiza é um processo de construção de conhecimento exclusivamente interno à uma empresa privada; a importância de apropriar este conhecimento para gerar lucro, e uma lógica técnico-econômica interna de crescimento do

conhecimento, desenhando trajetórias 'naturais' de desenvolvimento tecnológico. Vale enfatizar que os aspectos sociais envolvidos neste processo são negligenciados.

A perspectiva social sobre o desenvolvimento das tecnologias, por outro lado, vem envolvida em uma cruzada contra o determinismo tecnológico, mostrando que ao longo do desenvolvimento das tecnologias escolhas são feitas. Passando por uma tentativa de erigir uma 'sociologia da tecnologia', o olhar social evoluiu para, através de análises históricas, evidenciar como o curso do desenvolvimento tecnológico é marcado por um processo de negociação entre várias organizações. Ao técnico e ao econômico, o olhar social soma as influências contextuais que moldam a forma como artefato e conhecimento são tecidos juntos.

Antes de procurar contrapor estas perspectivas em um estudo de caso, o objetivo perseguido no presente estudo foi iluminar como as mesmas poderiam ser encaradas como complementares, sob a ponto de vista da construção de conhecimento. O passo inicial era 'ampliar' a perspectiva econômica do processo de inovação que, ao estar centrada no lado intra-organizacional e enfatizar a importância da apropriação do conhecimento gerado no processo de inovação, coloca uma divisão clara entre as esferas pública e privada do conhecimento associado às tecnologias.

Para 'ampliar' esta perspectiva interna é proposta uma descrição do processo de inovação que se vale de percepções oriundas da própria perspectiva econômica, embora não suficientemente exploradas no que tange aos aspectos sociais: partindo do processo que ocorre dentro de uma empresa, se alcança a dualidade pública/privada do conhecimento associado às tecnologias. O conhecimento não é um 'bem' econômico comum, ele não reconhece limites organizacionais, e nunca pode ser completamente apropriado por uma empresa. Esta dualidade

público/privada do conhecimento acabou por conduzir a perspectiva econômica a sugerir que o desenvolvimento das tecnologias, em um dado setor industrial, está envolvido em uma 'criação coletiva' de conhecimento, ou seja, que diferentes organizações estão envolvidas no processo de construção do conhecimento associado às tecnologias.

O foco de interesse passa a ser não só o que ocorre dentro de uma empresa específica, mas como ela inter-age com organizações externas dentro de um setor industrial (concorrentes, fornecedores e usuários), e os diferentes mecanismos pelos quais ela não só acessa conhecimento, mas cria conhecimento juntamente com outras organizações. Sem tirar o privilégio do conhecimento privado de uma empresa, a construção do conhecimento associado às tecnologias passa preferencialmente para uma esfera 'pública', e abre um espaço privilegiado para as análises sociais.

No presente estudo, a Ciência da Informação vai a um setor industrial analisar, em caráter exploratório, uma pequena faceta desta 'criação coletiva' do conhecimento associada às tecnologias. Esta 'criação coletiva'(ou, a possibilidade da mesma) será analisada através dos mecanismos de interação que uma empresa produtiva lança mão para 'buscar' conhecimento no ambiente externo. Da perspectiva econômica, é usada principalmente a ênfase no processo de aprendizagem. Do olhar social, como uma interação pode gerar conhecimento; as dificuldades para conseguir um alinhamento de interesses entre as várias organizações de forma a permitir que esta interação aconteça, e como o curso do desenvolvimento tecnológico é moldado por estas interações.

O setor industrial escolhido para análise é o de exploração e produção (E&P) de petróleo, onde distintas e complexas tecnologias se articulam em diferentes estágios. A área tecnológica de 'sistemas de produção

submersos' (*subsea systems - SS*) será o foco de análise. O contexto é o Mar do Norte (Grã-Bretanha).

A escolha da área de petróleo foi proposital, e por vários motivos. O desconforto principal que esta autora traz da área de estudos de inovação é a ênfase desta área no esforço analítico em setores industriais mais 'visíveis' (de maior impacto econômico e social), especialmente nas *novas tecnologias* (microeletônica, biotecnologia e novos materiais), que enfatizam um padrão de competição 'selvagem' entre as empresas. Não só o setor industrial de petróleo vem sendo foco de poucas análises mas, principalmente, a indústria de exploração e produção (E&P) de óleo e gás é ainda menos abordada.

Nesta linha de raciocínio, o setor industrial de exploração e produção de petróleo é oportuno porque envolve tecnologias *invisíveis*. Ou seja, o que se sabe pela mídia é que as grandes companhias de petróleo conseguiram atingir recordes de exploração de óleo, mas não exatamente sob quais meios. Assim, desloca-se o foco de discussão de um mercado de consumidores/usuários 'comuns', exaustivamente explorado dentro dos estudos de inovação, e que serve como modelo genérico para enfatizar uma lógica técnico-econômica do desenvolvimento das tecnologias; como também o processo de desenvolvimento das tecnologias deixa de ser importante simplesmente pelos impactos dos artefatos tecnológicos na sociedade em geral. Quando as tecnologias são invisíveis, os impactos não são menores, só menos discutidos. Excluir as tecnologias dos desejos e vontades dos 'mortais comuns', entretanto, não implica que elas sejam menos sujeitas a forças contextuais.

O fato de se analisar o setor de petróleo no Mar do Norte é tanto circunstancial como proposital. Circunstancial dado o período de estudos na Grã-Bretanha. Proposital pelas similaridades e, ao mesmo tempo,

diferenças marcantes entre a indústria de petróleo no Brasil e aquela que opera no Mar do Norte. A similaridade se situa nos esforços para desenvolver tecnologias que possibilitem o acesso a reservas de óleo e gás que se situam no fundo do mar. As diferenças passam tanto pelas políticas governamentais para o setor e, principalmente para o interesse do presente estudo, pelas diferenças nas *arquiteturas* do setor industrial: onde no Brasil existe a Petrobrás, no Mar do Norte existem inúmeras companhias de petróleo que competem e cooperam ao mesmo tempo. De forma clara, este contexto delineia um ambiente rico e complexo de trocas informacionais.

E esta é uma das mais marcantes características do setor de petróleo no Mar do Norte, uma confluência de fatores geográficos, políticos e econômicos que, atualmente, vem atuando de forma decisiva para moldar um padrão de desenvolvimento tecnológico particular. Aqui, vários atores (companhias de petróleo concorrentes, *contractors*¹ uma vasta rede de fornecedores de serviços e equipamentos, pequenas e médias empresas que desenvolvem tecnologia, universidades, órgãos reguladores governamentais e independentes, dentre outros) desenham uma complexa teia de interações onde o conhecimento é gerado, difundido e utilizado pelo setor industrial como um todo.

Arranjos cooperativos para desenvolver atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) envolvendo empresas concorrentes; acordos para transferência de tecnologia, e parcerias específicas com *contractors*, são alguns dos muitos mecanismos que uma companhia de petróleo lança mão para interagir com o ambiente externo, em uma constante busca por conhecimento e aprendizado.

¹ Empresas especializadas que prestam diversos serviços especializados às companhias de petróleo. Elas serão melhor definidas no Capítulo 4 do presente estudo.

No presente estudo, o ponto de entrada para desembaraçar parte desta complexa teia de interações é a Companhia X. Tomando a perspectiva desta empresa, são analisados, em caráter exploratório, três diferentes mecanismos de interação que a mesma lança mão para buscar conhecimento do ambiente externo: os chamados *JIPs (joint industry projects)*; um acordo de tecnologia com duas outras companhias de petróleo, e uma 'aliança estratégica' com *contractors*. Estes diferentes mecanismos de aprendizagem estrategicamente se complementam em termos de conhecimento, e são representativos de uma tentativa de alinhamento de interesses entre as várias organizações. Fazendo uso tanto de fontes documentais (internas e externas à Companhia X) e entrevistas com diferentes atores que participam destas redes, um quadro particular emerge do contexto de interação entre estas organizações.

Analisadas sob os quesitos do porquê de diferentes configurações de parcerias, das atividades que ligam os diferentes atores, dos julgamentos de valor acerca do conhecimento gerado e dos benefícios destas interações, estas últimas apontam para uma lógica particular que ronda o setor de tecnologias SS no Mar do Norte. Aqui, a competição e os interesses específicos de cada organização são em muito perpassados pela colaboração, pelo aprendizado coletivo e pela difusão do conhecimento, em um contexto colorido por estratégias econômicas e com pinceladas de oportunismo. O investimento de capital é menor, e o retorno financeiro mais rápido, quando o conhecimento pode ser compartilhado por diferentes atores dentro do setor industrial, o que abre novas, melhores e menos incertas perspectivas para o desenvolvimento das tecnologias.

A fundamentação teórica do presente trabalho segue a seguinte linha. No Capítulo 2, é apresentada a perspectiva histórica sobre o desenvolvimento das tecnologias. O interesse principal é situar o *locus* cognitivo do conhecimento tecnológico nas comunidades de praticantes, aqueles que são os principais atores que interagem durante o processo de

desenvolvimento das tecnologias. A perspectiva do processo de inovação apresenta a dinâmica econômica do desenvolvimento tecnológico, e é usada principalmente para enfatizar a importância do processo de aprendizagem, a dualidade pública/privada do conhecimento associado às tecnologias, o que aponta para o mesmo como fruto de uma 'criação coletiva'.

No Capítulo 3, a evolução da perspectiva social sobre as tecnologias é apresentada. É discutido um conceito de rede de interações, que explicita o caráter compartilhado e negociado das ações sociais, e que são fontes para geração de conhecimento.

O Capítulo 4 discute como as duas perspectivas apresentadas nos capítulos anteriores serão somadas para delinear o estudo de caso, em um setor tecnológico marcado tanto pela complexidade organizacional como tecnológica.

O estudo de caso é discutido no Capítulo 5. Discorrendo qualitativamente sobre estes diferentes mecanismos de interação mantidos pela Companhia X, o quadro que emerge é um onde existe um grande interesse em não só em apropriar conhecimento do ambiente externo, mas também em acelerar a difusão do conhecimento pelo setor industrial, como forma de garantir a saúde financeira da indústria como um todo.

No Capítulo 6 termina a 'aventura' de uma viajante da Ciência da Informação ao mundo das tecnologias no setor industrial. Ela volta cheia de idéias, de novas perspectivas, e com o olhar enamorado em direção a outras áreas de pesquisa.

2. A natureza da tecnologia e o processo de inovação

Uma maneira simples e elegante de introduzir toda a complexidade inerente às tecnologias é aquela apresentada por Layton (1974), um historiador da tecnologia: a tecnologia é um fenômeno multifacetado onde conhecimento, *skill*² e artefato são consideradas dimensões indissociáveis. Ligando estas três facetas está o conceito de *design*, uma atividade que *traduz* uma idéia/conhecimento em um artefato, pelo uso de um *know-how* particular. Por sua vez, este *know-how* é detido por uma comunidade específica de praticantes/tecnólogos que, em relação a cada artefato em especial (quer seja para produzir um *freezer*, um computador ou um avião), se organiza dentro de um contexto (no presente estudo, uma empresa privada) e desempenha atividades particulares.

Esta visão traz implícito que, qualquer que seja o discurso teórico genérico que tente abarcar a natureza da tecnologia e seu processo de desenvolvimento, será sempre um discurso! Para cada tecnologia específica, uma combinação única entre conhecimento, *skill* e artefato está indissociavelmente ligada ao contexto da prática de uma comunidade de atores, refletindo tanto questões sociais derivadas da maneira como esta prática é/está organizada dentro das empresas, como também questões de ordem econômica, política e cultural do ambiente se localizam as empresas. Isto não significa que não existam *regularidades* capazes de guiar um entendimento sobre as tecnologias; mas simplesmente que são *regularidades*, e que não devem ser acriticamente transportadas de uma suposta 'teoria' para estudos de caso particulares.

² Skill pode ser definido como habilidade de usar o conhecimento de forma efetiva (Metcalfie. 1995). Como não existe uma palavra em português que abarque esse conceito em sua totalidade, o termo em inglês será mantido.

Com estes pontos em mente, as facetas conhecimento, *skill* e artefato das tecnologias são discutidas, a seguir, segundo duas perspectivas diferentes. Na primeira, conhecimento e *skill* se unem para fundar o locus cognitivo da tecnologia nas 'tradições de *design*' de uma comunidade de praticantes/tecnólogos, ao mesmo tempo que explicita a natureza do conhecimento tecnológico. Em uma segunda perspectiva, artefato e conhecimento são tecidos juntos dentro de uma visão do processo de inovação industrial (situado em uma empresa produtiva), dentro de uma perspectiva mais econômica³. Esta é uma divisão, de certa forma, artificial, e alguns dos pontos descritos na perspectiva histórica serão recuperados para discutir o processo de inovação. Mas é também uma divisão providencial, para enfatizar que a perspectiva conferida ao processo de inovação é essencialmente econômica.

2.1) As 'tradições de *design*' e a natureza do conhecimento tecnológico

Inegavelmente, uma discussão introdutória sobre a natureza das tecnologias remete às discussões sobre as inter-relações entre ciência e tecnologia enquanto empreendimentos diferentes, e que geram tipos de conhecimento com características diferentes. A suposição básica que sempre permeou as discussões sobre as relações entre ciência e tecnologia era que a *utilidade* dos conhecimentos gerados por cada um destes empreendimentos poderiam ser avaliadas pelo impacto dos mesmos nas inovações tecnológicas e, de forma linear, no crescimento econômico dos países. Durante décadas os estudiosos se debruçaram sobre estudos de caso específicos enquanto tentavam identificar a fonte que alimentava o desenvolvimento das tecnologias. Desde o pós-guerra, com o sucesso do

³ O impacto do desenvolvimento tecnológico no desempenho econômico foi, sem sombra de dúvida, a inspiração maior para dar partida às análises sobre o processo de inovação que começaram a se tornar mais frequentes a partir dos anos setenta. Muitas destas análises podem ser situadas dentro da área de 'estudos de inovação', ou dentro da chamada 'teoria econômica apreciativa' que, mais longe dos modelos

Projeto Manhathan (que resultou no desenvolvimento e uso da bomba atômica), a ideologia que alimentava alguns *policymakers* se traduzia por uma crença que investimentos em ciência redundavam, de forma inequívoca, em crescimento econômico.

Vários estudos de caso foram empreendidos para testar a *aderência* desta assertiva aos dados empíricos disponíveis. O Departamento de Defesa norte-americano, nos anos sessenta, empreendeu dois estudos: '*Materials Advisory Board*' e '*Project Hindsight*'. No primeiro, estudos históricos em importantes inovações na área de materiais foram empreendidos na busca de 'regularidades' que auxiliassem na efetividade das pesquisas futuras. Foi construído um modelo onde estágios intermediários ligavam a pesquisa 'não orientada' a aplicações em engenharia. Em nenhum dos casos estudados as inovações puderam ser explicadas por avanços posteriores no conhecimento científico (Layton, 1977). No '*Hindsight*' buscava-se identificar as contribuições de diversos atores (governo, indústria e universidades) e diferentes pesquisas para a consecução dos então novos sistemas de armamentos, com base na identificação daqueles *eventos* científicos ou tecnológicos mais importantes, em um período de vinte anos (1945-1965). Os resultados apontaram para uma esmagadora maioria de *eventos tecnológicos* sobre os *eventos científicos* (Sherwin & Isenson, 1967).

O TRACES ('*Technology in Retrospect and Critical Events in Science*'), conduzido pela *National Science Foundation* também nos anos sessenta, focava, por outro lado, em inovações não militares, tidas como econômica e socialmente importantes. Usou-se o mesmo critério de identificação de *eventos* específicos como contribuições mais significativas a essas inovações, mas sem um limite de tempo pré-especificado. Os resultados foram opostos àqueles do '*Hindsight*', ou seja,

matemáticos econômicos, procura 'teorizar' sobre as relações entre tecnologia e desenvolvimento econômico.

os eventos científicos foram os mais significativos⁴. As inconsistências nos resultados não são surpreendentes, dado às diferenças metodológicas e orientações ideológicas envolvidas (Salomon, 1973).

O que de mais importante esses estudos apontaram é que o processo de desenvolvimento das tecnologias é complexo e multifacetado: nenhum *evento* individual, nenhuma descoberta científica por si só, pode ser representativa do sucesso comercial de uma inovação tecnológica; as contribuições são variadas e provém de diferentes fontes. Tampouco uma dimensão específica de tempo pode ser estipulada entre a geração do conhecimento e sua possível e/ou conseqüente aplicação prática. Mais do que isto, ao longo dos diferentes estágios/etapas de desenvolvimento tecnológico, o conhecimento é continuamente re-contextualizado, re-criado, re-traduzido, dentro de condições específicas que caracterizam o contexto de uso/implementação do mesmo.

Da história da tecnologia vêm os melhores esforços para particularizar o empreendimento tecnológico, rejeitando a visão da tecnologia como ciência aplicada. A abordagem dada à tecnologia evoluiu de uma historiografia descritiva que, no geral, evidenciava um *bias* nacionalista e uma ênfase nos heróis e nos 'primeiros' (Pinch & Bijker, 1989), para a história social da tecnologia⁵, onde esta é tratada como um fenômeno social com dimensões intelectuais próprias (Price, 1959⁶; Cardwell, 1971; Rurup, 1974). Aqui, as diferenças entre ciência e tecnologia não se situam em oposições entre *knowing* e *doing*; antes, são diferenças que remetem

⁴ Uma análise detalhada desses estudos pode ser encontrada em Salomon (1973) e Layton (1977).

⁵ A ênfase na história social significa que, no presente trabalho, não serão discutidas as questões sobre as interações entre ciência e tecnologia. Como apontado por Mayr (1976), se é a ciência quem guia a tecnologia, ou se é a tecnologia quem alimenta a ciência (colocando novos problemas a serem pesquisados) depende da época histórica em que se fala e, principalmente, da ideologia de quem fala: do setor industrial em questão; das características do artefato em si, etc..

⁶ A abordagem de Price acabou desembocando na área de estudos bibliométricos sobre a literatura formal produzida tanto pela ciência como pela tecnologia. Ou seja, ciência e tecnologia apresentam padrões diferentes de crescimento do conhecimento codificado, segundo a literatura formal de cada área. Os cientistas são papirófilos (ou, publicam muito); os tecnólogos, papirofóbicos (publicam pouco). Ver Price (1963).

a um *social*, ou seja, comunidades que valorizam preferencialmente, ou o conhecer, ou o fazer. Desta forma, a tecnologia ganha vida e imaginação quando mais que máquinas e processos, ela põe em evidência o trabalho humano organizado ao redor de tradições específicas do *saber* e *saber-fazer*, algo que transcende aos heróis idealizados pelas inúmeras 'estórias' da tecnologia. Assim, "*What is needed is an understanding of technology from inside, both as a body of knowledge and as a social system. Instead, technology is often treated as a 'black box', whose contents and behaviour may be assumed to be common knowledge*" (Layton, 1974, p. 198). O empreendimento tecnológico seria então representativo de uma ação social organizada e deliberada para aplicação do capital humano na produção de novos conhecimentos, produtos e processos.

A dimensão de prática social das tecnologias apontada pelos historiadores era uma que remetia a uma comunidade de profissionais específicos, *práticos* de uma prática, representantes de uma tradição de saber-fazer coisas específicas. Mais do que uma prática de fazer coisas, uma prática que *guia* uma forma específica de abordar o real, uma prática de resolução de problemas, moldada e dirigida principalmente por uma *'tradição de design'*. Assim, na organização particular destas comunidades e em suas tradições se situa o *locus* cognitivo da tecnologia (Layton, 1974).

Por um lado, as tradições (de *design*, ou da prática, ou de um *saber-fazer*) explicitam uma das principais características do conhecimento associado às tecnologias, sua faceta tácita. Aqui, a referência básica é a obra de Polanyi (1958,1966). Enquanto postulava um 'conhecimento pessoal' (Polanyi,1958), o autor se guiava pela Psicologia Gestáltica para colocar ênfase no *processo de 'knowing'*, uma ação que demandava e era mediada por *skill*. Assim é que, em relação ao conhecimento tecnológico, Polanyi

enfativava sua dimensão de ação: ele só é validado pela ação, como êxito ou fracasso, e não como verdadeiro ou falso. O desempenho de uma ação implica o uso de 'implementos' (basicamente matérias primas, instrumentos e/ou equipamentos, e processos) os quais estão ligados a um contexto específico de ação, e só dentro deste contexto eles fazem sentido⁷.

Cada prática de fazer coisas, cada tradição de *design*, sejam elas simples ou complexas, possuem em certa *extensão*, um *know-how* não especificável, que é essencial ao desempenho do trabalho e a qualidade do produto final. É neste sentido que a '*technology teaches action*' e, ainda que a *forma do fazer* possa estar institucionalizada nas universidades e descrita em livros-textos e manuais, ela só pode ser efetivada através de uma '*skilful execution*' (Polanyi, 1958, p.176). Essa habilidade específica para desempenhar certas ações que não são ensinadas e/ou aprendidas senão pela prática, define a dimensão tácita do conhecimento tecnológico. "*We can know more than we can tell*" (Polanyi, 1969,p.4) é ainda a melhor expressão do que seja conhecimento tácito.

Entretanto, como enfatizado pelo próprio Polanyi (1966, p. 144), a diferença entre conhecimento tácito e articulado deve ser interpretada com cuidado: " (...) *these two are not sharply divided. While tacit knowledge can be possessed by itself, explicit knowledge must rely on being tacitly understood and applied. Hence all knowledge is either tacit or rooted in tacit knowledge*" [grifo adicionado]. Ou seja, a dimensão tácita não é o que particulariza o conhecimento tecnológico frente a outros tipos de conhecimento, mas sim sua expressão como ação e prática proposital. Essas duas características básicas do conhecimento tecnológico, a dimensão tácita e a orientação prática, caracterizam a dinâmica tecnológica como uma atividade de

⁷ Imagine-se um exemplo extremo: uma serra elétrica nas mãos de um dentista em um consultório odontológico!

resolução de problemas essencialmente heterogênea e complexa, enquanto fortemente influenciada pelas condições locais/sociais nas quais os artefatos ganham vida.

Uma das mais completas análises sobre o desenvolvimento das tecnologias vindas da história social da tecnologia é a obra de Edward Constant (1980), *The origins of the turbojet revolution*, quase uma referência obrigatória na área. Guardadas as proporções de ser esta uma descrição de um sistema tecnológico de alta complexidade e, obviamente, de ser uma análise sobre uma mudança tecnológica revolucionária, as descrições oferecidas por este autor sobre as comunidades de praticantes e como elas se estruturam internamente à uma organização; de uma prática de resolução de problemas, e do *locus* cognitivo das tecnologias podem ser amplamente utilizadas para entender uma faceta do desenvolvimento tecnológico. Os aspectos sociais realçados nesta perspectiva histórica remetem muito mais a um lado interno das organizações, e por vezes, colocam uma autonomia considerável à comunidade de praticantes.

A comunidade de praticantes pode ser descrita de forma mais restrita (por exemplo, uma comunidade de engenheiros eletrônicos) mas, uma vez que ela está sempre associada a uma prática particular (por exemplo, engenheiros eletrônicos que trabalham em robótica), é uma comunidade que se define para além de divisões disciplinares, porque à engenharia eletrônica são somados outros saberes particulares à robótica. Por outro lado, as tecnologias não são eventos individuais, e podem estar inseridas em sistemas tecnológicos maiores e mais complexos. Neste caso, uma comunidade de praticantes pode também ser definida como um sistema sócio-econômico estruturado, englobando atores que vão desde *policymakers* até simples operadores de máquinas.

Dentro de uma organização, uma comunidade de praticantes se organiza segundo uma estrutura hierárquica particular, erigida de forma a dar conta da diversidade e complexidade dos problemas técnicos, o que aponta para a necessidade de decomposição dos mesmos, segundo uma divisão em subproblemas, que podem ser resolvidos de forma independente. O caráter holístico e de síntese da atividade tecnológica se dá pela integração destas sub-soluções o que, em última análise, é um indicativo da *heterogeneidade* dos conhecimentos incorporados a um artefato, tanto de ordem técnico-científica como sócio-técnica (Sorensen & Levold, 1992).

Esta heterogeneidade do conhecimento vem do fato que, ainda que o *design*⁸ represente um *compromisso* entre sub-soluções particulares, esta integração perpassa diferentes tradições de práticas tecnológicas e, teoricamente, engloba também decisões de ordem não-técnica (orientações organizacionais, econômicas, políticas, etc.). Isto significa que, primeiro, a integração das sub-soluções demanda uma grande capacidade de coordenação entre atividades dissimilares dentro de uma organização. Segundo, que os inevitáveis atritos entre estas comunidades (especializadas em saberes diferentes) requerem um processo intenso e persistente de comunicação e negociação entre os profissionais.

Estas dificuldades de comunicação podem ser entendidas sob o ponto de vista de uma organização como um mecanismo de informação (Arrow, 1978), que desenvolve um código interno de comunicação tão mais elaborado e complexo quão mais forem se especializando o conhecimento e *skills* internos. Cada sub-solução, ou sub-problema, enquanto representativa de um conhecimento especializado, envolve

⁸ *Design* aqui deve ser entendido como um 'modelo', uma solução para um problema. um padrão particular de combinar *bits* de conhecimento, se traduzindo assim por uma atividade de síntese.

uma rotina de como fazer as coisas, e a informação que é processada e transmitida tem sua própria hierarquia de sentido. Ademais, existe uma superposição de hierarquias formais e informais, que mediam e determinam quem fala com quem, sobre o que, com que autoridade e com qual frequência. Este quadro dá uma mostra das dificuldades envolvidas para se atingir o 'holismo' de uma solução final, e enfatiza a necessidade de se constituir um 'time de *design*'.

É também esta complexa estrutura organizacional hierárquica que, somada a orientação prática da tecnologia, define o modo de operação desta comunidade de atores como guiada por 'modelos de satisfação' fundados no '*good enough*', uma reinterpretação do conceito de racionalidade limitada desenvolvido por Simon (1955, 1959, 1969). A influência de Simon vem tanto do desenho da estrutura hierárquica como forma de redução de complexidade, e conseqüente redução de incerteza, quanto do conceito de 'racionalidade limitada', ou seja, da impossibilidade de se atingir soluções ótimas.

O conceito de racionalidade limitada está na raiz do surgimento das organizações. O ponto inicial é assumir que os seres humanos são limitados em sua capacidade de perceber, selecionar, estocar e recuperar informação que está disponível no ambiente externo, o que os impossibilita de alcançar soluções ótimas para os problemas. Uma organização seria então um arranjo, uma associação, sob cooperação, de indivíduos racionalmente limitados com a finalidade de se alcançar coletivamente, o que não é possível de se alcançar individualmente. Assim, uma organização tenciona ser racional, mas quando envolvida em resolução de problemas, ou seja, sob condições de incerteza, ela só atinge um 'grau satisfatório' de desempenho em seu comportamento.

Este grau de satisfação é aferido contra um hipotético 'nível de aspiração', que tem seu referencial em soluções bem sucedidas no passado. Para resolver seus problemas, uma organização sempre olha para suas rotinas passadas, para seu conhecimento acumulado, para projetar o futuro. Este conhecimento serve como heurística e instrui como resolver novos problemas. Em outras palavras, a organização cria conhecimento enquanto resolve problemas, aprende seletivamente por tentativa e erro, pelo uso de '*rules of thumb*', sempre acessando sua memória organizacional: "*organizations remember by doing*" (Nelson & Winter, 1982, p. 117). É através desta ação, do fazer aprendendo (ou do aprender fazendo), que vem o 'modelo de satisfação' que guia uma comunidade de praticantes: o ótimo vem pela prática da 'testabilidade' (Constant, 1980).

A ênfase na testabilidade se deve ao fato dos artefatos tecnológicos serem diretamente selecionados e eliminados pelo ambiente externo. Quando em dúvida, os artefatos são inúmeras vezes 're-desenhados', re-testados, em um processo no qual um grande volume de conhecimento é gerado. Este é um conhecimento que tem uma base essencialmente empírica: são procedimentos de testes, leis empíricas, metodologias independentes, dentre outros, que são essenciais para garantir um mínimo de confiabilidade no desempenho dos artefatos, o que nenhuma teoria científica pode fornecer. A testabilidade é, então, fonte de geração de conhecimento e aprendizado; uma atividade que particulariza e especializa cada vez mais o conhecimento, tanto de uma comunidade de praticantes, como na relação da mesma e o contexto organizacional onde está inserida. Entretanto, existe também um limite para artefatos serem testados, até porque um teste nunca reproduz todas as condições de um ambiente real. Nada em uma tecnologia é certo até que entre em uso efetivo.

Assim, somadas, as tradições de prática e os limites (e suas contínuas mas graduais expansões) do *'good enough'* dariam os contornos de uma prática tecnológica 'normal'. O *locus* cognitivo da tecnologia melhor se explicita em tempos de mudança tecnológica, quando uma comunidade de praticantes, através de uma ação proposital, aplica seu conhecimento acumulado para resolver problemas.

Os problemas que se apresentam para serem resolvidos nascem dentro da própria prática tecnológica, devido tanto a 'falhas funcionais' (quando são demandados aprimoramentos nas tecnologias em uso), quanto por uma 'suspeita de anomalia' (*presumptive anomaly*), quando conhecimentos vindos da ciência indicam que em condições futuras a tecnologia em uso poderá falhar, ou que uma tecnologia radicalmente diferente funcionará melhor. Uma terceira fonte de mudança tecnológica vem dos 'desajustes' entre tecnologias complementares, ou quando a operação de uma tecnologia fica paralisada pela ausência de uma tecnologia complementar.

O que a perspectiva histórica enfatiza é que *technology shapes technology* (Ellul, 1967), ou, que o conhecimento tecnológico cresce por sobre um conhecimento tecnológico prévio (Price, 1963). As práticas e tradições específicas de um saber-fazer incorporam parte essencial de um conhecimento tácito que, em certas tecnologias, pré-datam a tempos onde a base científica de certas práticas industriais eram fracas, ou mesmo inexistentes (Bernal,1954). As tradições de prática evidenciam não só o caráter cumulativo e histórico do conhecimento tecnológico, mas também que este conhecimento pode ser perdido se não for *praticado*.

É também a ênfase na prática que expõe a dificuldade de codificação e transmissão deste conhecimento. A natureza do conhecimento tecnológico é uma em que sua transmissão está intrinsecamente ligada a um processo

de socialização de novos membros que se associam às tradições da prática. Neste sentido, existe um forte componente social na transmissão de uma tradição, a qual é persistente ao longo do tempo.

Um último elemento essencial ao entendimento das comunidades de praticantes e suas tradições ainda remete ao papel das organizações, mas agora atuando como mediadoras entre as comunidades e o ambiente externo. Desde que as 'tradições do saber-fazer' se espalham por diferentes organizações no ambiente externo, e cada organização tem sua particularidade no arranjo da hierarquia interna de suas comunidades, as mesmas atuam como um filtro para o conhecimento que vem do ambiente. Assim, dentro de uma homogeneidade de tradições de prática espalhadas por um setor industrial, cada organização responde por estilos diferentes e particulares de prática. Um Jaguar e um BMW representam estilos particulares de *saber-fazer* um carro, cujos *designs* explicitam uma determinada interação de uma comunidade com a preferência de seus usuários finais.

É neste sentido que uma faceta do *design* pode também ser entendida como uma *arte*, uma *arte do design*, que pode ser influenciada e guiada por valores humanos. E é como arte que a 'argumentação' tecnológica se distancia das *certezas* científicas, e se aproxima a uma arte de deliberação sobre a possibilidade e praticidade de soluções específicas. Assim, o *design*, como uma forma de comunicação entre produtor e usuário, pode ser equacionado também como uma forma de retórica (Buchanan, 1989). Os tecnólogos 'descobrem' maneiras de comandar a natureza em busca de soluções específicas, e usam da persuasão para justificar as vantagens das soluções propostas. Desde que dificilmente existe uma única solução possível para os problemas, as soluções não necessariamente refletem *necessidade*, são soluções *prováveis*, que envolvem um processo de escolha e tomada de decisão que define como as coisas serão feitas. Os

designers são pessoas que decidem, quer sejam eles chamados de engenheiros ou artesãos (Pile, 1979).

A importância das corporações para situar as práticas tecnológicas vem também do papel social das tecnologias. As tecnologias são mais que um sistema técnico, a elas também está associada uma função social. As organizações desempenham um papel fundamental na coordenação e integração de conhecimentos complexos na pesquisa, no *design* e na fabricação de artefatos. Mais, são elas o ator a quem se remete reputação, confiança, permanência, dentre outros fatores que são indispensáveis à implementação das tecnologias. Esta visão não invalida o papel das comunidades de praticantes como o *locus* cognitivo das tecnologias, só situa a função social das tecnologias nas organizações.

A importância do trabalho de Constant (1980) reside principalmente no 'enriquecimento' das facetas artefato, conhecimento e *skill* das tecnologias apontadas anteriormente por Layton (1974). O artefato passa a estar incluído em um sistema tecnológico maior; o conhecimento perpassa diferentes áreas disciplinares e se particulariza dentro de cada organização, nas quais os *skills* também se particularizam e se arranjam hierarquicamente. Cada organização interage e 'percebe' informações diferentes vindas do ambiente, criando *estilos* de prática diferentes. Da mesma forma, cada organização tem um código especial de comunicação, tanto internamente, como em relação ao ambiente externo e, dado que este código está ligado à especialização de *skills* dentro das mesmas, só pode ser modificado com grandes dificuldades.

É seguindo esta ênfase no papel das organizações no desenvolvimento tecnológico e, especialmente no setor produtivo, no papel desempenhado pelas unidades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) internas às empresas produtivas, que as tecnologias saem da história, e entram na economia

contemporânea, através de uma perspectiva do processo de inovação industrial. Aqui, as tecnologias são indissociáveis de seu potencial para gerar lucros para as empresas produtivas. Nesta visão pragmática, o processo de inovação é descrito de uma perspectiva que parte de um interno de uma organização para um ambiente externo, marcado pela competição.

O item seguinte apresenta e analisa, sob a perspectiva do conhecimento, o processo de inovação industrial.

2.2. O processo de inovação industrial

Teoricamente, o processo de desenvolvimento das tecnologias engloba três estágios principais: invenção, inovação e difusão. Se uma invenção pode não passar das paredes de um laboratório, ou se tanto, empoeirar nos órgãos de patentes, a inovação marca a entrada desta invenção, como um artefato, no ambiente econômico. O processo de difusão pode ser entendido como um análogo àquele aceito pelas ciências sociais no geral: um processo onde um evento original (no caso, um artefato tecnológico) é difundido por e entre uma população de usuários, e onde são identificadas mudanças discretas no artefato original⁹.

Esta ênfase na inovação como "uma primeira aplicação da ciência e tecnologia de uma maneira nova e com sucesso comercial" (OECD, 1971, p.11) veio, ao longo dos últimos vinte e cinco anos, sendo contestada. Nesta visão original, a inovação se traduz por um evento/artefato bem definido, homogêneo, que entra na economia em um momento específico do tempo e do espaço. O que várias evidências apontam é que os artefatos

⁹ Esta distinção foi introduzida por um economista, Joseph Schumpeter (1934), que via na inovação tecnológica um ato de vontade de um *entrepreneur*. Para ele, a difusão de uma inovação era vista como uma mera imitação por parte de concorrentes, que não tinham coragem de arriscar e investir no novo. Nesta linha, Schumpeter também não se preocupava com as fontes de idéias que alimentavam um

passam por mudanças drásticas ao longo de sua difusão, e que estes aprimoramentos são, sob o ponto de vista econômico, muito mais importantes que o evento original (Rosenberg, 1976).

Por outro lado, esta visão também conduz a pensar na linearidade das relações entre ciência e tecnologia, ou seja, da pesquisa para o mercado, passando pela etapas de desenvolvimento, produção e marketing das tecnologias, em uma sequência temporal bem definida. Uma segunda versão de linearidade também fez parte das discussões sobre o desenvolvimento das tecnologias, aquela que dizia que as necessidades de mercado é que induzem as inovações. Aqui, 'a necessidade é a mãe da invenção', e a oferta de inovações parece ter uma elasticidade ilimitada, independente de um conhecimento prévio ¹⁰.

Estes dois tipos de linearidade expressavam, em certa extensão, como o discurso econômico considerava o conhecimento como uma variável externa atuando sobre as inovações. Colocar o foco no conhecimento significa encontrar um ponto médio entre as forças que a ciência e o mercado jogam neste processo. Por um lado, qualquer novo conhecimento científico deve, primeiro ser integrado às 'tradições de prática', as quais possuem um forte caráter cumulativo; por outro lado, os motivos econômicos/forças de mercado, dentro de certos limites, jogam um papel importante tanto na direção do progresso científico, como na mudança das 'tradições' do saber-fazer (Rosenberg, 1974).

Foi para vencer a linearidade, o foco no evento inicial e situar o conhecimento como uma variável essencial, que a inovação passou a ser vista como um processo onde se integram conhecimentos vindos de várias fontes; um processo que demanda que à uma disponibilidade de

entrepreneur. Foi só com a institucionalização das unidades de P&D dentro das empresas produtivas, que o papel do *entrepreneur* perdeu força, mas ainda hoje caracteriza uma pessoa que arrisca em novas idéias.

¹⁰ Para uma discussão destes modelos. ver, por exemplo. Coombs *et al.*, 1992.

conhecimento científico e tecnológico se somem oportunidades tecnológicas e de mercado. Sob a perspectiva de uma empresa produtiva, e a partir de suas unidades internas de pesquisa e desenvolvimento (P&D), as distinções entre invenção, inovação e difusão passam a ter relevância limitada (Lundvall, 1988)¹¹. Assim, a inovação diz respeito a todo um processo de busca, descoberta, experimentação, desenvolvimento, imitação e adoção de novos produtos, processos e arranjos organizacionais¹² (Dosi, 1988).

Quase por definição, o fato do processo de inovação envolver um elemento de busca evidencia não só que os resultados de um esforço inovativo dificilmente são conhecidos *ex ante*, mas também que existe um elemento essencial de incerteza envolvido neste processo. Basicamente, existem dois tipos de incerteza ligadas ao desenvolvimento das tecnologias: uma interna às empresas produtivas, ligada a um *gap* de competência para resolver os problemas que se apresentam (incerteza procedural), e outra externa, ligada a um ambiente de *'informação imperfeita'*¹³ (incerteza substantiva) (Dosi & Egidi, 1991).

Para aqueles economistas interessados no processo de inovação¹⁴, nasce daqui uma distinção fundamental entre informação e conhecimento. A 'economia ortodoxa' sempre atribuiu (e alguns ainda atribuem) à

¹¹ Isto significa, entre outros pontos que, sob a perspectiva de um processo que ocorre dentro de uma firma, as inúmeras categorizações possíveis de serem aplicadas às inovações, como radicais, incrementais, sistêmicas, etc., deixam de ser importantes. Dado a diversidade de setores industriais e consequentes diferenças na natureza das tecnologias, estas categorizações melhor se aplicam em estudos de caso particulares. Ver, por exemplo, Pavitt (1984).

¹² Neste sentido, não há distinção entre os termos 'processo de inovação' e 'desenvolvimento de tecnologias' que, ao longo do presente trabalho, são usados de forma indistinta.

¹³ O conceito de informação imperfeita (ou assimétrica) é um termo específico do jargão econômico, e é relacionado ao fato que os agentes econômicos não têm acesso igualitário às informações que existem no ambiente externo. Este conceito está na origem e definição usual do que seja uma firma, uma forma de organização hierárquica que se separa do mercado de maneira a lidar melhor com as incertezas relativas à informação imperfeita e racionalidade limitada. Aqui, o que está em jogo é o custo das transações que se efetuam através do mercado. Ver, por exemplo, Williamson (1985).

¹⁴ É importante enfatizar que a corrente econômica que discorre sobre as tecnologias não faz parte do *mainstream* da área. Estes economistas são seguidores de Schumpeter, e se auto-denominam Neo-Schumpeterianos.

imperfeição/assimetria da informação no mercado como um dos fatores que explicam as diferentes capacidades de inovação entre as empresas (ou seja, porque diferentes empresas têm acesso a diferentes informações, elas inovam em um maior ou menor grau). O que estes economistas enfatizam é que é ilusório reduzir a capacidade de inovação de uma empresa ao domínio de disponibilidade de informação no ambiente externo. Não importa qual seja a natureza do problema a ser resolvido durante o desenvolvimento das tecnologias, ele demanda uma atividade de busca que é fundada em visões, competências e heurísticas que são pré-condições para o processamento da informação¹⁵.

Reconhecer uma informação valiosa no mercado, acessá-la e integrá-la a um conhecimento prévio que a empresa detém envolve um processo de alta complexidade, e envolve um processo de aprendizagem. O conceito de incerteza é a chave para entender esta complexidade. Retomando o conceito de 'racionalidade limitada' descrito no item anterior, o que uma empresa 'percebe' no ambiente externo depende de seu conhecimento prévio. Em situações de incerteza, uma empresa sempre remete ao passado para procurar por soluções bem sucedidas, na busca de repeti-las. Só quando as soluções passadas são consideradas insatisfatórias, uma nova solução é tentada. Isto se traduz por um comportamento rotinizado das empresas, e ainda que exista um elemento de intencionalidade para mudar as rotinas, a consequência clara é que inovar é muito difícil e custoso, e o aprendizado se dá passo a passo, pela adaptação de rotinas em uso(Heiner, 1983; Vromen, 1995)¹⁶.

¹⁵ Esta visão é amplamente amparada por uma corrente dentro da Ciência da Informação (Barreto, 1997; Christovão & Braga, 1997), quando sugere que a informação se dá na interface entre estímulo externo-cognoscio e que, portanto, demanda um estruturação prévia de conhecimento que pré-determina a possibilidade de assimilação e incorporação desta informação como conhecimento.

¹⁶ Esta visão do comportamento de uma firma vem sendo contestada por pesquisadores de outras tradições de pesquisa, que enfatizam que uma organização pode vencer a incerteza não simplesmente seguindo e reproduzindo rotinas, mas também de uma forma mais criativa, explorando o social interno de uma empresa. Ver, por exemplo, Nonaka & Takeuchi (1994).

Assim, as atividades inovativas de uma empresa são seletivas (porque ela não pode perceber todas as oportunidades que se apresentam), finalizadas em direções específicas (guiadas por aquilo que ela sabe fazer), e cumulativas: o passado guia o futuro. Cada empresa é uma expressão particular de conhecimento privado, que *conhece* coisas diferentes, e que inova de forma diferente.

Esta diferenciação de conhecimento entre as empresas é encapsulada no conceito de 'base privada de conhecimento', que consiste de todo o conhecimento que uma empresa detém sobre ela própria, sua história, seus recursos tecnológicos e humanos, e sua ambiência técnica e econômica (Metcalfe & Boden, 1992). Muito do conhecimento está 'na cabeça das pessoas', mas a nível da empresa, sua ativação depende crucialmente da existência de um contexto estruturado no qual haja interação entre os indivíduos. Assim, a experiência do aprendizado, que envolve instrução, trabalho árduo, busca por tentativa e erro e imitação, teoricamente, deve ser compartilhada por todos os membros do grupo. Mesmo que a memória organizacional esteja estocada como traços na memória dos membros individuais, estes fragmentos só fazem sentido no coletivo, e só se tornam manifestos pela prática do grupo (Nelson & Winter, 1982).

Isto significa, entre outros pontos, que o conhecimento tecnológico e o conhecimento organizacional estão intimamente ligados¹⁷, que parte deste conhecimento dificilmente pode ser articulado fora de seu contexto de ação, e que ele demanda um coletivo, uma *ação em interação*. Esta é a natureza do conhecimento que gera lucros, um conhecimento que se traduz pela *capacidade de e para ação*, e que alimenta a dinâmica da

¹⁷ Como descrito no item anterior, a divisão e coordenação de atividades/tarefas dentro de uma empresa tem um papel fundamental na maneira como uma empresa integra novos conhecimentos à sua base privada. Muito da ênfase dada ao processo de inovação dentro da área de 'estudos de inovação' vem da importância deste processo de 'orquestração' entre aspectos técnicos e organizacionais. Veja, por exemplo, Faulkner (1994a).

economia capitalista. A capacidade de ação expressa a importância de um conhecimento prévio, a capacidade para ação expressa aquilo que faz diferença em termos econômicos: um constante investimento em conhecimento, que possibilite um agir sobre o ambiente externo, que está em constante mudança.

A lógica do processo de inovação dentro do contexto econômico é uma na qual o estímulo que uma empresa possui para agregar conhecimento à sua base privada é dependente da possibilidade de conseguir um grau mínimo de controle sobre o conhecimento gerado. Através de diferentes mecanismos que procuram assegurar este controle (patentes, segredo industrial, dentre outros) o que uma empresa privada procura é manter um certo grau de 'monopólio' no mercado, forma esta principal para recuperar os investimentos feitos durante o processo de desenvolvimento das tecnologias.

A dinâmica da economia melhor se define pela constante introdução no mercado, por parte de diferentes empresas, de inúmeras 'variedades tecnológicas'. O mercado, como espaço de competição, opera como mecanismo de seleção destas variedades tecnológicas, e está constantemente redefinindo o 'monopólio' que uma empresa detém sobre um artefato tecnológico e sobre o conhecimento a ele associado. Neste sentido, cada empresa precisa, continuamente investir em conhecimento¹⁸, de forma a possibilitar que novas variedades tecnológicas sejam criadas, na busca de, novamente, estabelecer um monopólio temporário (Metcalf, 1995).

O conhecimento que as empresas demandam para resolver seus problemas durante o processo de inovação é variado, e provém tanto de fontes internas à mesma, quanto do ambiente externo. É assim que,

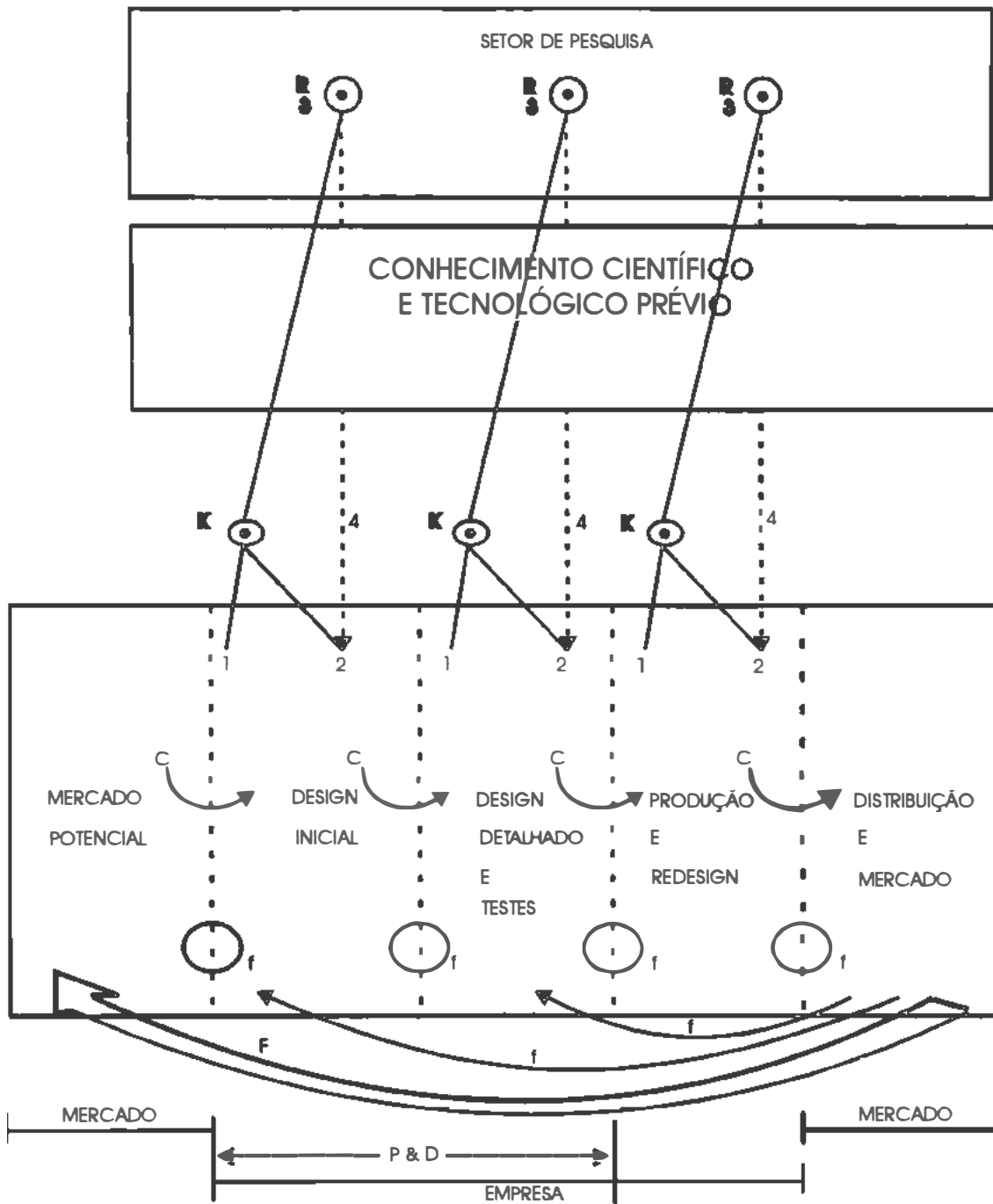
¹⁸ Claro que esta é uma perspectiva redutora, uma vez que existem inúmeros outros recursos nos quais uma empresa precisa investir para, constantemente, inovar.

centrado dentro de uma empresa em particular, e sob a perspectiva do conhecimento, o processo de inovação pode ser descrito através de um 'modelo interativo' (Kline & Rosenberg, 1986), que explicita os vários 'fluxos de conhecimento' que se estabelecem, tanto internamente à uma empresa, quanto ligando a mesma a um ambiente externo (mercado e a um corpo de conhecimento científico e tecnológico). A Figura 1, a seguir, reproduz, com modificações, este modelo.

Antes de prosseguir na descrição deste modelo, é importante ressaltar a singularidade da área de estudos de inovações no uso preferencial do conceito conhecimento, e não informação. Faulkner (1994b), por exemplo, reconhece que informação e conhecimento são termos 'escorregadios', e fazendo uso do que ela chama 'senso comum', distingue informação e conhecimento especialmente na esfera da atividade humana. Assim, distingue conhecimento como 'detendo' informação; conhecimento como capacidade de entender uma informação, e conhecimento como *skill* (ou capacidade de fazer uso prático da informação). Na área de Ciência da Informação, e sob a perspectiva de um processo de comunicação, informação é uma *mensagem* que incorpora conhecimento, e que tem o *potencial* de produzir conhecimento no indivíduo-receptor de tal mensagem.

Neste sentido, seria mais apropriado o uso do termo 'fluxos de informação' no lugar de 'fluxos de conhecimento'. Entretanto, segundo Christovão & Braga (1997), é factível fazer uso dos termos transmissão/comunicação de conhecimento, tendo-se em mente que conhecimento é um fenômeno que se dá na interface informação-cognoscio do indivíduo-receptor de uma mensagem. Para não 'quebrar' a estrutura do discurso da perspectiva econômica sobre o processo de

MODELO INTERATIVO DO PROCESSO DE INOVAÇÃO



LEGENDA:

- C: Cadeira central do processo de Inovação
- f: Realimentação
- F: Realimentação particularmente importante
- Ligação vertical
- K - R: Ligações de conhecimento para o Setor de Pesquisa e retorno. Se o problema não é resolvido dentro de um corpo de conhecimento prévio (ponto K), o Setor de Pesquisa é acionado. O retorno direto do Setor de Pesquisa é problemático (fluxo 4)

inovação, e sem prejuízo no entendimento que um processo de comunicação envolve trocas informacionais, o uso do termo 'fluxos de conhecimento' será mantido.

O modelo interativo do processo de inovação combina dois tipos diferentes de interação: uma que se dá dentro de uma empresa e na interface da mesma com o mercado, e é um aperfeiçoamento do modelo linear (parte inferior), e outro que explicita as ligações da mesma com o ambiente de produção de conhecimento que a circunda (parte superior). Neste modelo, as unidades de P&D internas às empresas têm papel de destaque. Entretanto, é necessário que se adiante que a centralidade das unidades de P&D no processo de inovação é em muito fruto da própria tradição metodológica das pesquisas na área de estudos de inovação, que nasceu e cresceu ao redor de 'estudos de caso' que enfatizavam a importância das mesmas, e contemplando setores industriais mais 'visíveis', mais próximos ao mercado de massa, e/ou mais relacionados às tecnologias de ponta. Isto não invalida de todo o 'modelo de interação', sendo de interesse para o presente estudo delinear, de forma genérica, a natureza dos conhecimentos que uma empresa demanda, os diferentes mecanismos de aprendizagem que estão envolvidos no processo de inovação, e a dualidade pública/privada do conhecimento associado às tecnologias, que tanto explica uma dinâmica econômica, como abre espaço para um 'olhar social' para o desenvolvimento das tecnologias.

Outro ponto importante a frisar é o que 'interativo' do processo de inovação procura colocar em evidência que estágios não exatamente sequenciais se colocam entre uma invenção e um possível sucesso de um artefato no mercado. Embora o 'interativo' também sugira que o processo de inovação envolva uma grande rede de comunicação (Zegveld & Enzing, 1987), tanto intra-empresa quanto entre a mesma e o ambiente, a

maioria das análises já empreendidas na área de estudos de inovação não problematiza as relações sociais envolvidas nesta 'comunicação'.

Deve-se ter em mente que esta perspectiva do processo de inovação intra-organizacional é mais afeita às grandes empresas, que possuem e podem arcar com os custos de gerir unidades de P&D mais complexas. No geral, a figura acima é inspirada no 'modelo' japonês de desenvolvimento de tecnologia, que coloca ênfase na importância da coordenação e integração das atividades inovativas dentro de uma empresa, e desta com o ambiente externo, especialmente através de uma melhoria do padrão de comunicação (Imai, 1991).

A nível de uma empresa privada, o modelo interativo enfatiza o papel do *design* no processo de inovação. Nesta perspectiva, o *design* engloba todas as atividades dentro das unidades de P&D, desde pesquisa, engenharia e testes, somando então invenção (*design* inicial); *design* analítico (a tradução matemática e visual); o estudo de novas combinações de produtos e componentes já existentes, e o *design* analítico de novos produtos e processos dentro do estado da arte. Qualquer que seja a fonte da ideia original (mercado real ou potencial, ou novos conhecimentos científicos), uma ideia inicial conduz a um primeiro *design* analítico que, invariavelmente, não funcional. Inicia-se assim um período de aperfeiçoamentos e aprimoramentos no *design* inicial, alimentados por *feedbacks* de conhecimentos provenientes da fase de teste, da área de produção, de marketing e do mercado.

Recuperando a 'tradição de testabilidade' apontada por Constant (1980) no item anterior, o *design* incorpora uma etapa que consome tempo e recursos financeiros, principalmente onde estão envolvidos

conhecimentos de engenharia¹⁹. Dados vindos das estatísticas de P&D apontam que perto de 70% dos recursos investidos nestas unidades são utilizados na fase de desenvolvimento, onde o *design* é a etapa principal. Esta é uma atividade intensiva em conhecimento, que tanto demanda como gera conhecimento. Parte deste conhecimento é obtido internamente às mesmas; parte chega a elas por meio de diferentes canais, tanto através de atividades formalizadas (por exemplo, consultorias) como por trocas informais entre profissionais (Faulkner *et al.*, 1995).

A importância das fontes internas de conhecimento neste processo vem sendo apontada na literatura. Segundo Faulkner (1992), os estudos que mapeam os fluxos de conhecimento que uma empresa demanda no curso de suas atividades inovativas evidenciam uma convergência surpreendente: 1/3 dos *inputs* vem de fontes externas (fornecedores, usuários, concorrentes, universidades e similares); 1/3 vem das atividades internas de P&D, e o terço restante já faz parte do conhecimento prévio dos profissionais envolvidos no trabalho em curso. Ou seja, a maioria do conhecimento que uma firma demanda tem sua origem e/ou é gerado dentro da própria firma. Estes dados devem ser entendidos como *regularidades*, e interpretados com cautela.

Como enfatizado pela mesma Faulkner (1994b) mais tarde, os estudos que fazem uso da abordagem de fluxos de conhecimento pecam pela restrição de se analisar somente aquele conhecimento externo que se dirige às unidades de P&D, como se estas fossem o 'cérebro' do processo de inovação. Outros setores/funções de uma empresa (produção, marketing, setor administrativo) também desempenham importante papel no desenvolvimento das tecnologias, e podem também ser o locus para onde se dirige o conhecimento que vem do ambiente externo.

¹⁹ Entretanto, como apontado por Rosenberg (1994), o papel central das atividades do *design*, enquanto procedimentos de testes e assemelhados, também se faz presente nas tecnologias *science-based*, como biotecnologia e novos materiais.

Entretanto, existem dois pontos a enfatizar em relação a esta predominância de uso de fontes internas de conhecimento no processo de inovação. Primeiro, que uma empresa pode e deve 'escanear' o ambiente externo como forma de se manter 'sintonizada' com todas as constantes mudanças que nele se fazem presentes (este é o princípio do monitoramento tecnológico). Entretanto, quando se fala de atividades inovativas, o que a empresa procura é por um *sub-conjunto* de conhecimento, um *conhecimento incremental* para ser integrado à sua base privada de conhecimento. O monitoramento tecnológico pode servir de guia, uma antena que sinaliza para mudanças futuras que se farão necessárias, e é neste sentido que ele é essencial a uma firma²⁰. Segundo, ainda que seja um conhecimento incremental, um longo e árduo trabalho ainda se segue para integração do mesmo no conhecimento prévio de uma empresa, envolvendo diferentes atividades de aprendizagem²¹.

Internamente, as empresas 'aprendem' desenvolvendo várias atividades. Nas unidades de P&D, uma firma 'aprende estudando' (*learning by studying*), o que evidencia o papel dual das unidades de P&D, tanto trabalhando em projetos para o tempo presente (e ajudando a manter uma posição no mercado) quanto trabalhando com os olhos no futuro, desenvolvendo uma capacidade para se preparar ou mesmo se antecipar às mudanças do ambiente externo (OECD, 1992).

Desenvolvendo e aprimorando produtos e processos (*learning by doing*), e fazendo uso de produtos e processos (*learning by using*) as firmas também aprendem. O aperfeiçoamento e especialização de *skills* estão intimamente associados a este processo, que se traduz por uma

²⁰ Outro ponto importante a ser lembrado é que uma empresa investe em P&D tanto a curto como longo prazos. Os estudos que procuram analisar os fluxos de conhecimento que uma empresa demanda são empreendidos levando em consideração o momento presente, ou, necessidades de conhecimento de curto prazo. O monitoramento tecnológico é importante em termos de pesquisas a longo prazo.

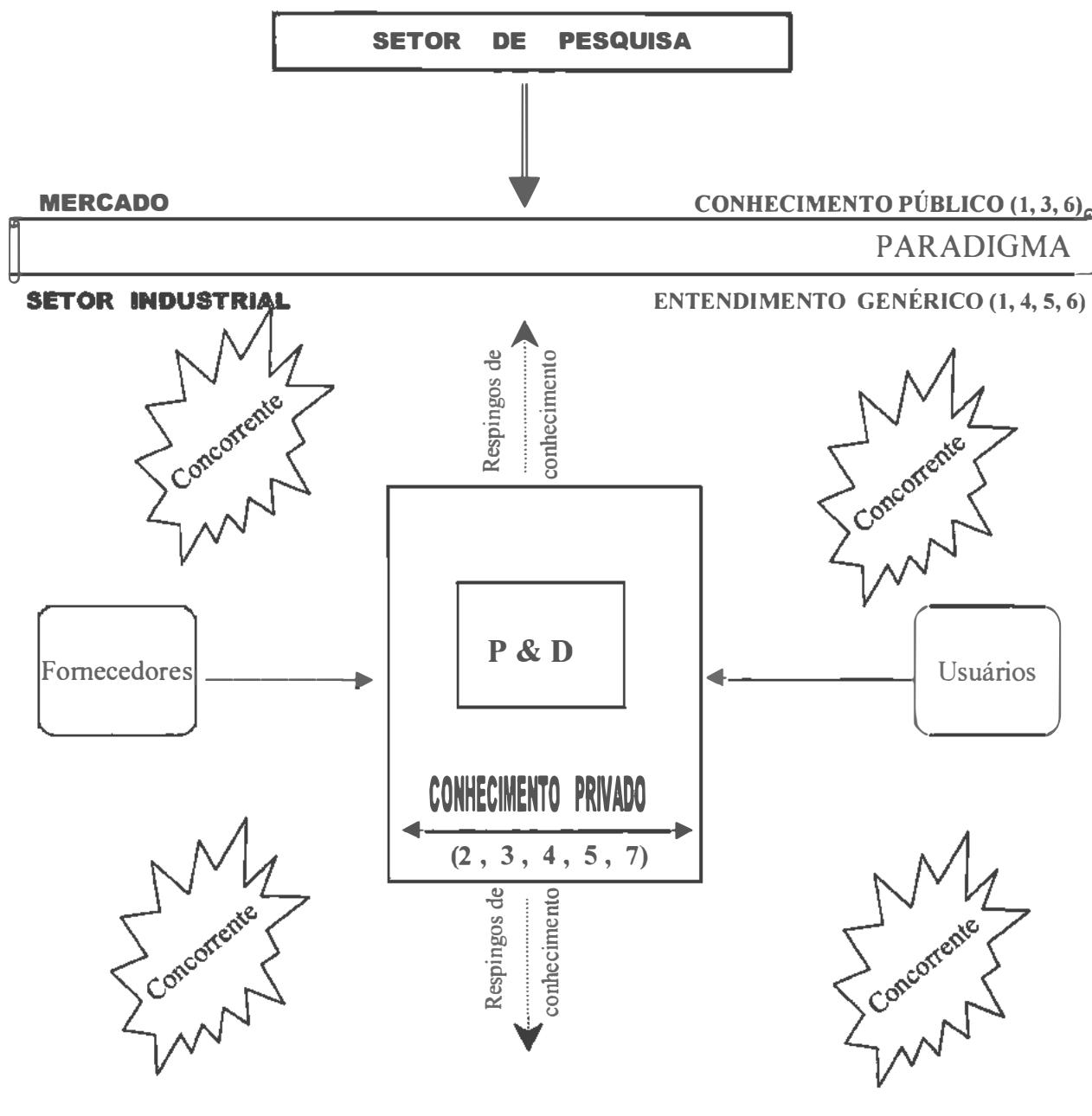
²¹ Hodgson (1988) sugere que o conhecimento codificado, por se difundir com maior rapidez, mais rapidamente provoca mudanças no curso do desenvolvimento tecnológico.

acumulação de conhecimento enquanto experiência de saber fazer e usar coisas, e se torna conhecimento potencial para explorar novas oportunidades tecnológicas que surgem no mercado. Este conhecimento diz respeito tanto a 'como são as coisas' (conhecimento descritivo) quanto a 'como fazer as coisas' (conhecimento procedural) (Vincenti, 1990). Em uma perspectiva dinâmica, esta acumulação de conhecimento guia e condiciona o que uma firma pode fazer no futuro. Neste sentido, as tecnologias em uso atuam como 'mecanismos focalizadores' (Rosenberg, 1976), indicando direções mais ou menos específicas nas quais os esforços tecnológicos devem ser empreendidos.

De interesse para o presente trabalho são as fontes externas de conhecimento das quais uma empresa lança mão, estando as principais estão representadas na Figura 2, a seguir, que é uma simplificação e também modificação da Figura 1, incluindo uma categorização genérica da natureza dos conhecimentos envolvidos no processo de inovação. Existem inúmeras e diferentes maneiras de categorizar estes conhecimentos (Faulkner *et al.*, 1995), e o que será descrito aqui é uma modificação de uma proposta feita por Dosi (1988). O objetivo principal é de delinear um conhecimento específico a uma tecnologia dentro de um setor industrial (composto basicamente por empresas concorrentes, fornecedores e usuários), e dentro dele, a dualidade pública-privada do conhecimento.

Na categorização de conhecimentos proposta, uma primeira distinção se exemplificado como princípios científicos, leis, teorias, que são aplicáveis em largo espectro de atividades (por exemplo, princípios em eletricidade e mecânica). Este é, em geral, um conhecimento público e codificado. O segundo reúne aqueles conhecimentos que são particulares a uma 'maneira de fazer as coisas', que se relacionam à experiência e à prática

FIGURA 2
A EMPRESA E SUA AMBIÊNCIA DE CONHECIMENTO



LEGENDA: Diferentes naturezas do conhecimento demandados por uma empresa
 UNIVERSAL (1) X ESPECÍFICO (2)
 CODIFICADO (3) X ARTICULADO (4) X TÁCITO (5)
 PÚBLICO (6) X PRIVADO (7)

(por exemplo, conhecimento sobre o processo de construção de uma bomba à vácuo). Este conhecimento específico pode ser entendido de duas formas: ele é específico em relação ao universal (na relação entre todo o mercado de um país e um setor industrial específico), mas é também, de certa forma, universal dentro de um setor industrial: várias empresas produzem bombas à vácuo. Da mesma forma, na relação entre uma empresa específica e o setor industrial em que ela opera, este conhecimento se redefine como universal (do setor industrial) e específico (de uma empresa em particular).

Uma segunda distinção pode ser feita entre conhecimento articulado e conhecimento tácito. Aqui, a distinção é mais complicada e sutil, tanto porque existe uma diferença entre conhecimento codificado, articulado e articulável, aspecto este que os economistas prestam pouca atenção, até como resultado da pouca ênfase nas interações sociais. Conhecimento codificado é, obviamente, aquele que está associado a um suporte físico (artigos, livros, softwares, etc.). O conhecimento tácito, como anteriormente descrito, nasce e só pode ser assimilado pela prática. Dentro de um setor industrial, ao redor de certas 'tradições de prática', o conhecimento tácito pode estar articulado (mas não codificado) e disperso por toda uma comunidade de praticantes. Por outro lado, existe um conhecimento tácito que não está articulado, é um conhecimento específico, mas que, de alguma forma pode ser articulado.

Uma terceira e última distinção se dá entre conhecimento público e privado: aqui o público também tem dois sentidos, não só porque pode estar descrito em livros e artigos, mas também porque é compartilhado por diferentes organizações em um setor industrial. Novamente, este conhecimento público pode ou não estar codificado ou articulado, mas é facilmente articulável pelas trocas informais que existem dentro de um setor industrial. O conhecimento privado se define não só por ser tácito e

específico, mas também por poder estar protegido por patentes ou segredo industrial.

O que é postulado pelo 'modelo interativo' de inovação (Kline & Rosenberg, 1986) é que a mediação entre o setor produtivo e o setor de produção de conhecimento se dá através de um *entendimento genérico*, um corpo de conhecimento científico e tecnológico previamente disponível, que se configura como um 'ponto obrigatório de passagem' para introdução de novo conhecimento científico na prática tecnológica. Por exemplo, o *design* de qualquer novo sistema aeronáutico seria virtualmente impossível sem o conhecimento acumulado em mecânica, cinemática e eletromagnetismo aplicáveis na engenharia aeronáutica. Explorar economicamente conhecimentos vindos da frente de pesquisa é algo que toma tempo e depende das capacidades tecnológicas disponíveis no mercado. Assim, por exemplo, o *design* de novos produtos que possam explorar todas as possibilidades oferecidas pela supercondutividade (trens que levitam, a transmissão de eletricidade sem perdas, etc.) é algo que ainda pode levar décadas (Rosenberg, 1994).

A mensagem central do 'modelo interativo' é que muitas das inovações são feitas com um conhecimento que já está disponível na esfera pública de um setor industrial. Para cada área tecnológica, dentro de um setor industrial, existe um *subconjunto* de conhecimento, um *entendimento genérico* público, que, teoricamente, é compartilhado por diferentes 'tradições de prática', e que é a fonte na qual uma empresa seletivamente acessa conhecimento para ser integrado à sua base privada de conhecimento (Nelson, 1992). Estas inovações envolvem basicamente novos *designs* e/ou melhoramentos e aprimoramentos em produtos já existentes²². O poder 'restritivo' deste entendimento genérico, enquanto um conhecimento cumulativo, é usado para explicar as dificuldades

²² Foray (1992) chama a isto de 'inovação por recombinação', prática que vem sendo principalmente evidenciada nos setores *science-based*, como biotecnologia e microeletrônica.

envolvidas no aparecimento de inovações radicais. Mas é um modelo também que enfatiza que as empresas podem e devem fazer inovações incrementais por sobre o conhecimento que já está disponível (Freeman, 1994).

Na perspectiva econômica, o poder restritivo deste entendimento genérico é também o que explica que as tecnologias seguem uma *'trajetória natural'*, ou seja, que sob a influência de fatores tecnológicos e econômicos, uma trajetória representa os caminhos potenciais de desenvolvimento aberto por uma tecnologia prévia, dentro de um *framework* que fornece diferentes possibilidades tecnológicas teóricas (Nelson & Winter, 1977). Este *framework* é um similar de um paradigma, e é definido como o corpo de conhecimento que guia as atividades de busca (ou, as atividades inovativas) de uma empresa (Dosi, 1988).

Dois pontos são importantes de serem ressaltados: primeiro, como vem sendo enfatizado diversos pesquisadores 'não-economistas' (Mackenzie, 1988; Clark 1987; Callon, 1992), há muito pouco de 'natural' em uma trajetória. Ao postular um comportamento rotinizado para uma empresa, a perspectiva econômica mascara toda uma prática social por trás das 'comunidades de praticantes/tecnólogos'. Mackenzie (1988), por exemplo, sugere que uma trajetória tecnológica pode ser entendida como uma 'auto-profecia'. Clark (1987), por outro lado, mostra como a comunidade de atores envolvidos com as tecnologias desempenham um papel importante para barrar assaltos a validade de seus pontos de vista. Estes pontos deixam evidente como um olhar econômico sobre as tecnologias subestima (se não ignora de todo) os fatores sociais envolvidos no desenvolvimento das mesmas, expressos pelo menos nos interesses e estratégias dos atores envolvidos.

O último e mais importante ponto a ser enfatizado são as ligações de uma empresa com seus fornecedores e usuários. A despeito de evidências que vêm apontando que o sucesso comercial de uma inovação está intimamente relacionado às ligações de uma empresa com estas organizações externas (Rothwell, 1994), as análises que cobrem esta 'busca' de conhecimento por parte de uma empresa são ainda desiguais, ou seja, com maior ênfase no papel que os usuários podem desempenhar no processo de desenvolvimento das tecnologias, e menor ênfase na atuação dos fornecedores²³ (Freeman, 1994). Evidências vêm apontando o papel de liderança que, por vezes, o conhecimento dos usuários pode desempenhar no estímulo à inovação (von Hippel, 1988). Lundvall (1992) chama a isto de 'aprendizagem por interação' e, ainda que esta interação possa envolver tanto acordos formais na cadeia fornecedor-produtor-usuário como trocas informais entre profissionais, estes últimos são reconhecidos como sendo os canais mais importantes (Hankansson, 1987). As ligações entre empresas concorrentes vêm sendo muito menos exploradas, e as poucas evidências remetem a um comércio informal de '*know-how*' entre as mesmas (von Hippel, 1987).

A importância do aprendizado de fontes externas que vem sendo amplamente enfatizado na literatura (Freeman, 1994), sugere que as formas internas de aprendizagem de uma empresa (em P&D, usando e fazendo coisas) podem não ser suficientes para contribuir para a diversidade/criatividade que é crítica para o sucesso de uma inovação. A literatura sugere também que os 'mecanismos de aprendizagem' que uma empresa estabelece com o ambiente externo (ou, os mecanismos/atividades de ligação da mesma com o ambiente) têm um papel central no processo de desenvolvimento das tecnologias (Malerba,

²³ De certa forma, o pouco empenho de se analisar as relações entre fornecedores-empresa produtiva no processo inovativo se explica por aquilo que Womack *et al.* (1990) chama de tirania do custo como a base de relacionamento entre fornecedores e empresas produtivas. Ou seja, o relacionamento entre uma empresa e seus fornecedores é, invariavelmente, vista unicamente como mediada pelo mercado, onde o 'preço' é o mecanismo básico de ligação entre os mesmos.

1992; Metcalfe, 1995)²⁴. O investimento em aprendizagem, traduzida pela acumulação de conhecimento, somado ao nível de aperfeiçoamento de *skills* de uma firma, definem sua 'capacidade de absorção' (*absorptive capacity*), a capacidade que uma empresa tem de agir sobre o ambiente, fazendo melhor uso das fontes externas de conhecimento (Cohen & Levinthal, 1990). O que estes autores sugerem é que a capacidade de aprendizagem de fontes externas está intimamente ligada a capacidade de inovar.

Finalmente, uma das características mais importantes do processo de inovação está ligada a geração dos chamados '*research spillovers*', aqui chamados de 'respingos de conhecimento', definidos como " (...) qualquer conhecimento original ou valioso gerado no processo de pesquisa que se torna publicamente acessível" (Cohen & Levinthal, 1989, p.571). A área econômica classifica este conhecimento como 'desincorporado', ou seja, não está associado a nenhum artefato em especial (OECD, 1992). O que a literatura sugere é que estas são 'fugas' de conhecimento que se dão por aquele comércio informal de *know-how* entre empresas concorrentes, apontado por von Hippel (1988), mas muito pouco ainda foi analisado.

Somado a este conhecimento 'desincorporado', existe também um conhecimento que se difunde incorporado aos artefatos. Como apontado por Nelson (1994), os concorrentes não são ignorantes: engenharia reversa, licenciamento de tecnologias, dentre outros, são importantes fontes de conhecimento. O ponto chave é que o conhecimento não é um bem econômico 'comum', ele é fugidio e não reconhece fronteiras organizacionais (Arrow, 1994, 1996). Ainda que as empresas lancem mão de patentes e segredo industrial, estes são mecanismos que retardam um processo de difusão do conhecimento e a conseqüente imitação por

²⁴ Este ponto serve como um alerta as políticas governamentais, que colocam ênfase nas atividades de P&D como fonte única de inovação. Para maiores discussões, ver Metcalfe, 1995.

parte da concorrência, mas absolutamente não garantem a empresa controle sobre o conhecimento gerado no processo de inovação. Existe uma parte do esforço feito em produção de conhecimento por uma empresa que é um bem privado que dificilmente pode ser reproduzido, mas existe outra parte que escapa à privatização, e se torna público.

Em termos de conhecimento, a vantagem maior que uma empresa afere ao inovar é o enriquecimento de seu conhecimento privado, aquele que aumenta e potencializa sua capacidade de ação, e a crescente especialização de sua mão-de-obra. A lógica do processo de inovação é uma que evidencia que quando uma empresa inova, ela tanto involuntariamente permite uma fuga de conhecimento como também, ao lançar um produto no mercado, ela está ao mesmo tempo ensinando a concorrência a fazer algo antes impensado. Se isto pode, a princípio, ser fonte de desestímulo para uma empresa, por outro lado, a beneficia pela oportunidade de poder (re)criar/(re)combinar por sobre o conhecimento que seus concorrentes adicionaram. Esta é álgebra do conhecimento associado às tecnologias, e que não encaixa nos modelos matemáticos dos economistas. É esta a dinâmica de crescimento do conhecimento que alimenta a dinâmica econômica.

Esta constante recriação de conhecimento por parte de empresas concorrentes continuamente expande aquele corpo de conhecimento, o *entendimento genérico*, que circunda cada tecnologia dentro de um setor industrial. Diferentes empresas, ao inovarem, introduzem diferentes variedades tecnológicas no mercado, permitindo fugas de conhecimento de conteúdo diferenciado, que se recombina e continuamente modificam este corpo de conhecimento genérico (Nelson, 1992). Outros autores corroboram com esta perspectiva de enriquecimento deste corpo de entendimento genérico através de trocas informais. Lundvall (1988),

por exemplo, sugere que a aprendizagem por interação entre produtores e usuários potencializa o conhecimento disponível a todos.

É assim que esta dualidade pública/privada do conhecimento, expressa principalmente pelos 'respingos de conhecimento' que fogem à apropriação de uma empresa, acaba por caracterizar o processo de inovação "*(...) com fortes elementos de 'criação coletiva' ... e sugere que a produção de conhecimento por uma firma particular ou indústria depende não só de seus próprios esforços de pesquisa, mas também de esforços externos ou, mais especificamente, do pool de conhecimento disponível à ela*" (OECD, 1992, p.51)[grifo adicionado].

De interesse para a presente pesquisa, é enfatizar que nesta visão de 'criação coletiva' de conhecimento dentro de um setor industrial, uma empresa produtiva passa não somente a acessar conhecimento do ambiente, mas a inter-agir com o mesmo. Mais importante, nesta 'criação coletiva' de conhecimento se situam não só as interações de uma empresa com seus fornecedores e usuários, mas principalmente com seus concorrentes, o que explicita que competição e cooperação co-existem no mercado²⁵. A produção do conhecimento associado às tecnologias deixa de ter seu lugar preferencial dentro da esfera privada de uma empresa, que passa também a ser dependente de uma esfera pública de um setor industrial. Dado que a literatura aponta que as trocas informais são as mais importantes nestes casos, esta 'criação coletiva' de conhecimento tem fortes elementos sociais.

Dentro da perspectiva econômica, isto significa que a 'aprendizagem por interação', ou, como uma empresa interage com outras organizações

²⁵ A metáfora da evolução biológica, base na qual se funda esta perspectiva econômica sobre o desenvolvimento das tecnologias, é clara a este respeito: a competição é um mecanismo de evolução, não o único. A cooperação entre as espécies é condição básica para permitir que uma espécie (ou, na linguagem econômica, uma variedade tecnológica) ganhe adeptos e força para sobreviver no ambiente.

dentro do setor industrial se torna, então, o foco principal de interesse. Entretanto, o que a perspectiva econômica não discute é como se dá este processo de construção coletiva do conhecimento.

O ponto principal é que esta 'criação coletiva' de conhecimento aponta não só para a pertinência de se analisar os aspectos sociais envolvidos no processo de desenvolvimento das tecnologias, mas também para a oportunidade de reinterpretar uma lógica essencialmente técnico-econômica ligada ao processo de desenvolvimento das tecnologias. O que o olhar social também explicita é que este processo de aprendizagem é sempre difícil, negociado e contingente.

No próximo Capítulo, é introduzido e discutido um olhar social sobre as tecnologias que, somado à esta perspectiva da importância da aprendizagem por interação, servirá de guia para a discussão do estudo de caso.

3. O olhar social para a tecnologia

É a partir do momento em que, sob a ótica do conhecimento, o processo de inovação aponta para as tecnologias como fruto de uma 'criação coletiva', que um olhar social encontra um espaço privilegiado para explicitar os padrões sócio-econômicos que estão embebidos no conteúdo das tecnologias e no processo que lhes dá vida. As tecnologias deixam de ser vistas como se desenvolvendo segundo uma lógica interna autônoma, moldada simplesmente por pressupostos técnico-econômicos, e/ou circunscritas às paredes ascéticas de laboratórios ou aos departamentos de engenharia das empresas. O olhar social emancipa a tecnologia, deslocando-a de um altar intocado fora da esfera social, para uma arena de atividade social. O ponto central é que existem escolhas.

O movimento que atualmente é chamado de *Social Shaping of Technology* - *SST*, é uma 'ampla igreja' (Williams & Edge, 1996), e reúne contribuições de diferentes tradições de pesquisa, e que abordam um *social* na tecnologia e em seu processo desenvolvimento segundo diferentes perspectivas, metodologias e interesses. Existem inúmeros e diferentes pontos de entrada para explorar o movimento *SST*, e o que será apresentado neste capítulo são apenas alguns pontos de interesse para o presente estudo, que se colocam na interface entre a Sociologia do Conhecimento e a área SST como um todo²⁶.

As origens do movimento SST podem ser remetidas, em última instância, às controvérsias geradas pelo 'modelo linear de inovação' (apresentados no Capítulo 2), no qual estava implícita uma visão de determinismo tecnológico, ou seja, que padrões particulares de mudança tecnológica eram inevitáveis, dada uma lógica autônoma de crescimento do conhecimento científico até alcançar um artefato tecnológico no mercado.

²⁶ Uma revisão da literatura na área de SST pode ser encontrada em Williams & Edge (1996).

Tanto a natureza das tecnologias como o seu desenvolvimento eram tidos como não problemáticos; também a mudança tecnológica era assumida produzir, de forma unilateral, mudanças sociais e organizacionais. A sociedade era uma refém, indefesa, dos impactos das tecnologias.

Ao contrário desta visão 'racionalizada' das tecnologias, que atuavam segundo sua própria lógica interna, o que se propunha era discutir que ao longo de 'considerações técnicas', inúmeros fatores de ordem social afetam a forma como as 'escolhas' são feitas, o que se reflete tanto no conteúdo das tecnologias como na trajetória de seu desenvolvimento. Este movimento para longe do determinismo tecnológico apontava para a complexidade das relações sócio-técnico-econômicas envolvidas nas tecnologias; para os inúmeros fatores que iam além de uma só força política ou das vontades de uma elite; de uma inevitabilidade de se instrumentalizar um conhecimento científico, e de um imperativo de mercado.

Reduzir complexidades e introduzir uma linha de pensamento para discutir o social nas tecnologias sempre remete a um elemento de arbitrariedade e simplificação. A 'escolha' feita neste estudo requer, primeiro, uma identificação do que seja o 'social'. Seguindo Mackenzie & Wajcman (1984), o social não se refere somente a elites, ou a forças sociais enquanto um mercado consumidor. O social precisa, primeiro, ser 'institucionalizado' em alguma forma de organização, ou, o social como organizações particulares, locais, e com interesses sociais, o que pode tanto ser uma comunidade de pesquisadores, de praticantes, grupos de usuários, órgãos reguladores, políticas, etc..

Para entender o como o social se funde ao tecnológico, foi recuperada a definição de tecnologia proposta por Layton (1974), descrita no capítulo anterior, e três facetas da tecnologia são enfatizadas: hardware/artefato;

skill /o quem faz, e conhecimento/ know-how. A faceta hardware (qualquer artefato, máquina, produto) é a expressão de um design, uma forma particular e única de articulação de vários *bits* e conhecimentos, o que se conduz a tomar *designs* como frutos de 'expressões de vontade' dos atores envolvidos em sua concepção²⁷. O quem faz refere-se a toda uma organização hierárquica de trabalho, aos níveis de competência e *skill* da força de trabalho; às relações trabalhistas, às relações homem/máquina, etc., que explicitam que este social também molda a forma como as tecnologias são concebidas, usadas e aprimoradas. O know-how explicita o conhecimento e toda a experiência de quem faz, de quem integra diferentes 'pedaços' de tecnologias em sistemas tecnológicos maiores; e também de quem aprimora pelo uso.

Em cada uma destas facetas existe um 'social', existem expressões particulares de interesses e possibilidades que permitem que escolhas sejam feitas; expressões de poder que desenham processos sociais mediados de forma diferenciada pelas organizações, pelas estratégias administrativas, pela política, pela economia e pela cultura. Ao social inerente aos artefatos, às instituições e ao cognitivo, se funde o social que atua sobre os mesmos, e nenhuma destas facetas pode, a priori, ser considerada de forma independente. O ponto de entrada da Sociologia da Ciência, ainda nos anos setenta, foi, obviamente, o social que está presente internamente ao *know-how* das tecnologias, e muitas idas e vindas se fizeram até que a faceta conhecimento das tecnologias pudesse ser sujeita a análises dentro do campo.

O que alguns autores chamam de 'dívida' da Sociologia da Ciência com a tecnologia (Law, 1991) é justificado por outros pela lenda alimentada pelos pesquisadores sobre a superioridade epistemológica do

²⁷ 'Expressões de vontade' não devem ser entendidas sob o conceito de racionalidade, ou seja, não remete a um 'querer consciente' de um design, uma vez que as negociações que circundam a escolha de um *design* podem ser mais sutis e menos voluntaristas.

conhecimento científico sobre o tecnológico. A tecnologia era relegada ao reino do conhecimento prático, extra-científico e, se de alguma forma fosse possível uma 'sociologia da tecnologia' (Khron *et al.*, 1978), a questão levava, em última análise, à epistemologia, enquanto se discutia se a tecnologia era ou não representativa de um corpo de conhecimento (Popper, 1968; Bunge, 1966), ponto este que não será perseguido no presente estudo.

Em outra linha de argumentação, Landau (1984) aponta que o entusiasmo pela tecnologia como um empreendimento intelectual, ou seja, possuindo um *locus* cognitivo e não simplesmente sendo caracterizada como aplicação de conhecimento, se silenciava até pela proficuidade das análises díspares então disponíveis. Os estudos históricos, ainda dominados pela historiografia descritiva, apresentavam a vantagem de dispensar uma explanação sobre o sucesso das tecnologias. Por outro lado, o olhar econômico se restringia a olhar para o impacto das tecnologias no desempenho econômico dos países, expressando pouco interesse pela dinâmica tecnológica *per se*. Justificável ou não que sejam estes argumentos, o que a autora induz a pensar é que nem a história da tecnologia, nem a economia, tinham ainda apresentado à Sociologia da Ciência um 'problema relevante'.

Outra dificuldade seria aquela relacionada ao 'despreparo' dos pesquisadores para lidar com um tipo de conhecimento que, no geral, se diferenciava do conhecimento científico, principalmente no seu quesito *tangibilidade*. A Sociologia da Ciência tinha então um olhar preferencial para analisar a faceta do conhecimento científico que se realizava em sua forma codificada, principalmente em textos e correlatos. As evidências já apontavam para o pouco interesse dos 'tecnólogos' em registrar seus conhecimentos (Price, 1963), aí envolvida também uma questão de segredo industrial, o que também enfatizava a orientação essencialmente

prática do conhecimento tecnológico. Ainda que registros históricos, cartas, notas de laboratório, artigos técnicos e patentes pudessem ser utilizados em análises retrospectivas, muito do conhecimento tecnológico se mantinha na sombra. Os historiadores da tecnologia enfatizam a natureza visual do conhecimento associado às tecnologias, em oposição a uma natureza verbal e/ou matemática do conhecimento científico, distanciando ainda mais a história da ciência da história da tecnologia (Layton, 1974; Ferguson, 1967).

Entretanto, muito mais que isto, foi a ausência de uma abordagem metodológica apropriada que retardou o desenvolvimento de uma 'sociologia da tecnologia'. Já nos anos setenta, o que se pensava era que, se ela fosse possível, estaria próxima à Sociologia da Ciência. Mas a corrente dominante na Sociologia da Ciência à época, ignorava (ou tomava como não problemáticos) os aspectos cognitivos da atividade científica: o conhecimento científico era aquele fruto da aplicação do método científico, e a dinâmica de crescimento deste conhecimento se dava através de uma acumulação de descobertas, produto de um padrão particular de comportamento desinteressado dos cientistas, guiados por normas²⁸ tais que diferenciavam e particularizavam a prática científica dentre todas as práticas sociais.

Somados estes pontos, ou seja, a orientação prática, a natureza tácita, e uma prática social que era reconhecidamente sujeita a orientações externas (especialmente quando localizadas nas empresas produtivas, onde o conhecimento tecnológico melhor se expressa em artefatos de valor comercial), caracterizavam a dinâmica cognitiva da tecnologia como guiada por normas muito mais 'mundanas', e certamente influenciáveis por fatores externos.

²⁸ As normas que são supostas guiar a prática científica são: universalismo, comunitarismo, desinteresse, ceticismo organizado, racionalidade e neutralidade emotiva. Ver, por exemplo, Barber (1970). Para uma crítica, ver Velho (1989).

Estas dificuldades só foram explicitadas quando o trabalho de Thomas Kuhn (1962) começou a ganhar força no meio científico. Kuhn deu vida e cor ao empreendimento científico quando via a evolução da ciência fundada no jogo das relações sociais: a ciência progride quando os cientistas são treinados em uma tradição intelectual comum, e a utilizam para resolver os problemas que ela suscita. As normas que guiam o crescimento da ciência passam a ser vistas como fruto também dos interesses dos pesquisadores, refletidos em maior ou menor preocupação de resolver um ou outro problema específico. De maneira simplista, pode-se dizer que estas *tradições* e o conhecimento que os membros partilham, se traduzem por um paradigma, que guia o desenvolvimento de uma ciência normal. Esporadicamente, revoluções científicas se fazem presentes por uma redefinição da *tradição* de uma prática científica (uma mudança de paradigma), o que pode ser entendido como uma comunidade científica redefinindo os problemas que devem ser resolvidos.

As 'sementes' lançadas por Kuhn influenciaram, diretamente, uma corrente de pesquisadores, que experimentaram esta abordagem, principalmente o conceito de paradigma, para descrever a dinâmica tecnológica. Embora o referencial Kuhniano não tenha produzido nenhum estudo empírico (Pinch & Bijker, 1989), algumas análises teóricas foram empreendidas.

Johnston (1974), por exemplo, aponta que é possível equacionar conhecimento tácito com a noção de paradigmas. Um paradigma tecnológico guiaria um conjunto de princípios geralmente aceitos pelos praticantes de um campo particular da atividade tecnológica, definindo assim uma prática particular, sendo composto por crenças e princípios teóricos (somados às leis científicas); um *exemplar* (um primeiro artefato

que guia o paradigma), e um conjunto de técnicas e uma experiência fundados em prática prévia. Uma mudança de paradigma era algo que ocorria muito mais por meio de 'agents rather than agencies', ou seja, muito mais dependente da comunidade de praticantes do que das instituições onde as mesmas se inserem. Os mecanismos que levariam a esta mudança de paradigma estariam relacionados à migração dos praticantes de uma área tecnológica para outra (os quais levariam com eles suas normas e práticas e a integrariam em novo corpo de práticas); quando os praticantes, cientes dos problemas, mas ignorantes sobre o paradigma, propõem novas e radicais soluções para os problemas e, finalmente, quando da emergência de um novo conhecimento científico.

Esta visão de Johnston é indicativa de um grande nível de autonomia das comunidades de praticantes, e se traduz então por um certo grau de ingenuidade, especialmente pela influência minimizada dos fatores organizacionais e institucionais envolvidos, principalmente se colocados no ambiente industrial. Estas comunidades parecem capazes de filtrar, de forma não-problemática, tanto as forças externas como os atritos internos às mesmas. Outro ponto importante se refere a questão da pouca problematização da transferência de normas e tradições de uma atividade para outra. Como apontado por Becker (1970), normas e práticas não 'viajam' com os indivíduos e se inserem facilmente em outros contextos de prática. Como enfatizado nos capítulos anteriores, estas normas e práticas só se realizam dentro da ação de um coletivo, dentro da qual a organização tem um papel fundamental.

Weingart (1984) procura balancear esta ênfase cognitiva na mudança tecnológica, a ela somando um viés social externo, e arrola cinco 'complexos' de orientação, técnicos e não-técnicos, que influenciam na dinâmica tecnológica. Os complexos não técnicos seriam aquelas 'orientações' vindas da economia, da política e da cultura; os complexos

técnicos seriam aquelas vindas da ciência e do próprio conhecimento tecnológico. Estas orientações se fariam presentes pela ação das empresas, do mercado, dos órgãos de classe, das universidades, das instituições governamentais, dentre outros. Juntas, estas orientações se traduziriam por um caráter heterogêneo ao conhecimento tecnológico, ao mesmo tempo que imprimiriam uma característica 'amorfa' à definição do que seja uma 'comunidade de tecnólogos'. Em outras palavras, aquele que 'pratica' na tecnologia o faz guiado não só por fatores cognitivos, mas também pode mudar a prática em função de orientações externas.

De todas estas orientações, conclui Weingart (1984), o que move a tecnologia, enquanto percepção e identificação de problemas a serem resolvidos, são aqueles que nascem da própria prática tecnológica, ou seja, a dinâmica que cria estes problemas está no seio do próprio sistema cognitivo da tecnologia. Mas isto não implica em determinismo tecnológico; a tecnologia tem uma orientação dual, uma que nasce do sistema tecnológico (e em sua interface com o sistema científico) e outra, que sendo externa, influencia seu desenvolvimento e sua performance em termos de aplicação prática, eficiência, forma, etc. Dentro das orientações externas, as forças econômicas seriam as mais importantes.

Entretanto, como apontado por Rosenberg (1994), ainda que as forças econômicas tenham um peso considerável, em um primeiro momento, nas definições das prioridades tecnológicas a serem desenvolvidas, elas estão longe de determinar os caminhos que uma tecnologia toma, especialmente pelo grau de incerteza inerente a um processo de inovação. Existe também, de forma clara, um limite por sobre o qual é possível influenciar o desenvolvimento da tecnologia, que esbarra no próprio limite daquilo que é possível fazer, dentro do que se conhece da natureza e do que se sabe e pode ser instrumentalizado na prática.

Uma outra perspectiva sobre a tecnologia, longe da aplicação dos conceitos Kuhnianos, mas que indiretamente foi mais uma das sementes lançadas por Kuhn, vem de um movimento contra a supremacia das ciências naturais sobre as ciências sociais nas análises efetuadas dentro da Sociologia da Ciência. Esta, ao enfatizar o rigor do método científico como forma de assegurar que o conhecimento seja obtido por meios objetivos e verificáveis, procura excluir qualquer 'contaminação pessoal' no mesmo. Assim, por exemplo, a física e a química seriam ciências mais 'puras', já que o conhecimento poderia ser testado/verificado de forma objetiva no mundo natural. Outros tipos de conhecimento, como aqueles gerados pela psicologia, as artes, e a tecnologia, como envolviam fortes elementos pessoais, eram conhecimentos mais 'problemáticos', que só poderiam ser testados no mundo social.

Assim, a premissa de que as 'verdades' científicas são testadas exclusivamente no mundo natural era uma forma de enfatizar a neutralidade e a objetividade do empreendimento científico, ao mesmo tempo que conferia um privilégio epistemológico ao conhecimento científico. Contrapondo esta visão, emergiu uma abordagem que propunha que todos os tipos de conhecimento são, em maior ou menor grau, socialmente construídos²⁹. Entre outros pontos, esta abordagem sugere que a objetividade é um fenômeno social, e que qualquer conhecimento tem um sentido de 'finitismo': ele é provisório, contestável e contingente. Isto porque, sendo fundado no social e não no natural, ele é dependente do contexto onde é gerado, ou seja, que todo processo cognitivo tem um caráter social³⁰.

²⁹ Na raiz desta proposta está o 'Programa Forte', que como o nome indica, tem uma proposta mais radical sobre o construtivismo. Estes pontos não serão discutidos neste estudo, até porque envolvem um longo e caloroso embate. Para uma revisão, veja Velho (1990), Minayo (1994) e Pereira (1997).

³⁰ Esta visão é, sob outra perspectiva, compactuada por Polanyi (1958), com seu conceito de '*personal knowledge*'. Polanyi sugere que todo conhecimento é parcialmente validado pelo 'comprometimento apaixonado' que se tem a ele, e que este padrão de *knowing* é também sustentado dentro de uma comunidade, criando um elemento de 'tradição'.

Esta proposta metodológica é um dos pontos de referência que marcam o nascimento de um movimento para igualar todas as práticas sociais (igualando a prática científica à prática tecnológica) e reinterpretá-las fora de um referencial de indivíduos que seguem normas que, mais que guiar uma prática, são também instrumentos de coerção (Barnes, 1995). As normas, que anteriormente eram tomadas como dadas, e usadas para explicar o porquê de uma ação coletiva, passam a ser vistas como resultado de preferências sociais e passam a necessitar, elas próprias, de explicação.

O que se propõe então é uma mudança de foco, das abordagens macro (que explicam o particular pelo todo, usando o privilégio das normas) para as abordagens micro (ou seja, em cada contexto específico, as ações são diferentes). As ações que guiam as práticas (tanto científicas como tecnológicas) devem ser analisadas sob uma perspectiva de uma 'ordem social cognitiva' (Knorr-Cettina, 1980), fundada no uso da linguagem e dos processos cognitivos. Aqui, as interações entre atores são tomadas como unidades metodológicas relevantes de estudo. Este é um conceito que incorpora reciprocidade e enfatiza o caráter local das interações (ou seja, as interações dependem do contexto onde estão situadas).

Transposta ao estudo das tecnologias, esta orientação metodológica 'genérica' deu corpo a variadas interpretações sobre as relações sociais envolvidas no desenvolvimento das tecnologias. É então pelo conceito de interação que a 'ordem social' deixa de definir um social puro e homogêneo. As tecnologias são assumidas moldar comportamentos humanos e relacionamentos, tanto em casa, como no trabalho, como no todo social. Pelo princípio da reciprocidade, os comportamentos também moldariam a forma como as tecnologias se desenvolvem. Heterogeneidade é o que resulta de um contexto onde há uma constante interação entre o social e o técnico, ou, entre conteúdo e contexto. Isto significa que fatores

sociais, ou fatores não-técnicos, podem também ser utilizados para explicar o porquê de certas tecnologias terem tomado a *forma* e o *sentido* que elas tomaram (Law, 1991).

Um dos pontos básicos desta abordagem é assumir que 'as tecnologias poderiam ser diferentes' (Law, 1991), o que se traduz por uma abordagem metodológica principalmente dirigida à 'desconstrução' de eventos e/ou artefatos para explicitar os fatores contextuais (científicos, técnicos e sociais) que moldaram o processo no qual os artefatos tecnológicos ganharam vida³¹. Cobrindo diferentes estágios do desenvolvimento das tecnologias (desde o laboratório até o mercado, ou estágios intermediários de decisão sobre *design*, ou explicando a falha comercial de um artefato no mercado³²), o que se enfatiza é a heterogeneidade das tecnologias, ou seja, que o conteúdo das mudanças tecnológicas estão/são indissociados do contexto em que foram gerados.

A despeito das diferenças entre as abordagens metodológicas nos estudos que compõem o olhar social para a tecnologia, alguns 'fundamentos' em comum são acordados (Bijker & Law, 1992):

- O processo de desenvolvimento das tecnologias é sempre contingente. Explicações reducionistas devem ser evitadas, inclusive aquelas que diferenciam, por exemplo, entre fatores 'sociais' e fatores 'econômicos'. Deve-se tomar o 'social' como técnico e econômico ao mesmo tempo;
- As tecnologias nascem sob conflito, diferença ou resistência. A análise foca então em controvérsias, desacordos e dificuldades entre os vários atores (*designers*, pesquisadores, *entrepreneurs*, políticos, etc.) que procuraram estabelecer e/ou manter arranjos tecnológicos específicos;

³¹ Aqui é possível fazer uma ligação com as políticas de C&T, no sentido de tentar 'democratizar' as decisões e escolhas tecnológicas. Este ponto será mais discutido no Capítulo final do presente estudo.

- Por decorrência, as tecnologias estão implicadas nas estratégias dos atores, e só quando estes atores alcançam algum nível de concordância sobre a forma e o sentido das tecnologias, as mesmas se estabilizam, incorporando então uma série de ligações heterogêneas;
- Um último ponto é assumir que tanto as estratégias como suas consequências são um fenômeno emergente dentro do sistema de relações entre os atores. Ou seja, as estratégias e suas consequências nascem dentro do curso da interação entre atores, e constante e recursivamente, se influenciam.

O programa SCOT (*Social Construction of Technologies*) é uma das proposições teóricas para se analisar o desenvolvimento das tecnologias que está mais próximo a uma visão construtivista da Sociologia do Conhecimento Científico. Originado na confluência desta primeira com a história social da tecnologia (rica em descrições onde o técnico se (con)-funde com o social) o programa SCOT utiliza em suas análises três conceitos principais: grupos sociais relevantes, flexibilidade interpretativa e fechamento (Collins, 1985). De maneira simplista, pode-se dizer que as 'verdades científicas' nascem dentro de um processo de controvérsia: os fatos científicos estão sujeitos a diferentes interpretações (flexibilidade interpretativa) por um grupo de pesquisadores eminentes (grupos sociais relevantes), até que seja possível chegar a um consenso (fechamento) sobre a controvérsia em questão.

Fazendo uma distinção clara entre um contexto interno (uma empresa) e o ambiente externo, o que algumas análises históricas dão conta (Pinch & Bijker, 1989) é que diferentes 'grupos sociais relevantes' (tanto internos como externos à empresa) desempenham um papel chave durante o desenvolvimento de um artefato tecnológico, na medida em que

³² Veja, por exemplo, Latour (1988) sobre a 'Pausterização' da França; Bijker (1993) sobre o

procuram imprimir um *sentido* ao mesmo. Uma vez que diferentes grupos sociais detêm diferentes recursos (diferentes níveis de conhecimento, diferentes expressões de poder, de persuasão, etc.), diferentes visões e expectativas sobre a *forma* e *sentido* futuros do artefato emergem. Este é o espaço da 'flexibilidade interpretativa', onde diferentes e factíveis *designs* de um artefato são discutidos e negociados, ou seja, não existe um único e melhor *design* ditado pela possibilidade técnica. O 'fechamento' ocorre quando o consenso emerge; o debate, a controvérsia e a negociação dão lugar a um artefato *estabilizado*.

Um exemplo claro é o processo de desenvolvimento da bicicleta. Tecnicamente, uma bicicleta pode ter seus aros/rodas com diâmetros diferentes, e vários *designs* de bicicletas se seguiram no curso de seu desenvolvimento. O processo que acabou determinando a simetria dos aros envolveu toda uma controvérsia relativa a que funções uma bicicleta deveria cumprir (lazer ou trabalho), se deveriam ser usadas por homens e mulheres indiscriminadamente, questões relacionadas a segurança, etc.. Este é o *sentido* que os grupos sociais imprimem aos artefatos: sentido de uso, sentido de *status*, sentido de utilidade, e também um sentido de estética (Pinch & Bijker, 1989).

O conceito de flexibilidade interpretativa é o grande trunfo apresentado pelo programa SCOT, uma vez que este é um espaço que acolhe a negociação e a controvérsia em lugar da tirania da técnica pela técnica (ou, 'é assim porque tem que ser assim...'). Este é o espaço onde as várias soluções propostas pelos diferentes atores são debatidas, o que pode ser equacionado também com uma ação para reduzir as incertezas que rondam a escolha de um *design*. Subentendido nesta visão está também um processo de comunicação interativa, um processo participativo de construção de *sentido*.

Os conceitos de 'grupos sociais *relevantes*' e 'fechamento' são, no entanto, mais escorregadios. O *relevante* do grupo social deve ser interpretado com cuidado, no sentido de não perpetuar uma 'torre de marfim' que, ainda que possa ser uma realidade dentro do empreendimento científico, é mais controversa dentro do contexto mundano dos artefatos. Existem artefatos para todos os gostos, e existem grupos sociais institucionalizados que são *relevantes* em diferentes sentidos. Por outro lado, como enfatizado por Granovetter (1973), não se pode esquecer da 'força das ligações fracas', ou seja, atores supostamente não relevantes podem ter um papel fundamental no padrão de difusão de idéias³³.

Da mesma forma, o 'fechamento', ainda que represente a escolha de um *design dominante* para um artefato (Utterback & Abernathy, 1973), ou, um primeiro '*exemplar*', em termos técnicos não implica que ele não siga se aperfeiçoando ao longo do tempo. O Ford T, o primeiro carro passeio desenvolvido por Henry Ford no começo do século, pode ser considerado um *design dominante* (um motor a combustão, quadro rodas, volante, caixa de marcha, etc.), mas o que se vê hoje é uma frota diferenciada e diversificada de Jaguar(es), Parati(s) e Mondeo(s). Este ponto marca a importância econômica do processo de difusão de uma tecnologia apontado pelos economistas (Rosenberg, 1976), um processo que 'amplia' e enriquece o mercado, aumentando também as possibilidades de especialização de mão-de-obra.

Uma segunda 'teoria' sobre o desenvolvimento das tecnologias, que é mais conhecida como Ator-Rede, é mais próxima à orientação metodológica do interacionismo, e desenvolve sua argumentação dentro do princípio da interação entre atores, que é o foco principal do presente estudo. Neste sentido, antes de apresentar a teoria Ator-Rede, os princípios básicos do

³³ Este é o ponto que fundamenta uma das principais críticas que Collins (1982) faz aos estudos sociométricos realizados no âmbito da Ciência da Informação, principalmente através dos conceitos de 'círculos sociais' e 'colégios invisíveis'. Ver, por exemplo, Crane (1969, 1972).

interacionismo serão introduzidos, até como forma de desenvolver uma linha de argumentação da interação como compartilhamento e fonte de geração de conhecimento.

Segundo Barnes (1995), o interacionismo, como abordagem metodológica, pode ser remetido a Durkheim ([1915],1976), em sua preocupação em entender porque, em um mundo onde os conceitos e as crenças individuais variam enormemente, onde existe fluidez e diversidade de percepções, era ainda possível distinguir, dentro do todo, coletividades que explicitavam uma relativa unidade e estabilidade de representações, e assim engendravam uma ação social. Para Durkheim, a resposta estava no compartilhamento do conhecimento e da cognição, que foi tomada como condição básica para a interação pessoal e a ordem social³⁴.

A interação é entendida como qualquer situação onde seres humanos se relacionam de forma linguística, cognitiva e cultural. A ação coletiva emerge como resultado da interação, e não por seguir normas, ou seja, através da interação um 'padrão de ordem' é gerado, e as normas passam a ser fruto do entendimento entre os atores. No interacionismo não há lugar para o conceito de indivíduos independentes, o que significa que ele é incompatível com a visão individual de conhecimento. Dentro desta ótica, é uma visão que vai contra o racionalismo, contra a visão de agentes racionais³⁵. Dado que os atores não são tomados como independentes uns em relação aos outros, eles são mutuamente

³⁴ Ou seja, aquilo que Adam Smith supunha ser uma *Mão Invisível*, Durkheim sugeria ser devido a compartilhamento de conhecimento e cognição.

³⁵ Esta perspectiva de agentes racionais faz parte dos pressupostos do individualismo metodológico, que fundamenta a teoria econômica. Os agentes econômico-rationais além da racionalidade, são também tomados como independentes, egoístas e orientados a metas. O ponto principal é que estes agentes, teoricamente, são incapazes de cooperar e engendrar uma ação coletiva. Somente nos últimos vinte anos a economia vem dando os primeiros passos e começa a levantar dúvidas sobre o conceito de racionalidade, que é dito ser mais próximo a uma convenção. A 'teoria dos jogos' é uma das mais promissoras linhas de pesquisa na área. Ver, por exemplo, Hodgson (1993) e Axelrod (1984).

suscetíveis, e capazes de 'pressionar' uns aos outros para engendrar uma ação coletiva, através de um processo de comunicação (Barnes, 1995).

Uma ação coletiva nunca pode ser inferida exclusivamente a partir de eventos que pré-existem à interação (conhecimento, preferências, ou interesses individuais), ou seja, um ator específico, com seus interesses próprios, não é capaz de imputar, sem negociação, seus interesses em terceiros. Ao contrário, a lógica das interações é que existem 'encontros', e que a partir desta interação inicial, interesses podem passar a ser compartilhados, o que cria um comprometimento entre os atores, o qual está intimamente ligado a um processo de comunicação interativo. Compartilhar um interesse é algo como compartilhar *rotas* ou *caminhos* que conduzem à realização das 'vontades' dos atores (Barnes, 1995).

No interacionismo, o conceito de rede é usado para explicitar as características de compartilhamento (de interesse, de conhecimento, de competência, etc.) que ocorre em uma interação bem sucedida, o que implica em interdependência entre atores. Partindo do pressuposto que os atores são mutuamente suscetíveis³⁶, um processo de comunicação interativo, onde mensagens são continuamente trocadas pelos atores ao longo da interação, requer e gera concordância em cognição e entendimento, o que se torna evidente em algum nível de compartilhamento de conhecimento, competência e cultura³⁷.

A atividade comunicativa estabelece um 'bem' coletivo no entendimento coletivo, ao mesmo tempo que sanciona e encoraja a ação para sua realização (Goffman, 1961). A interação é então um meio não só de compartilhar uma 'cognição' mas, enquanto compartilha, modifica, e é

³⁶ Esta suscetibilidade dos atores é facilmente aceitável quando se pensa em termos das 'comunidades de praticantes/tecnólogos' que perpassam os limites das organizações e co-habitam um setor industrial.

³⁷ No ambiente industrial, esta concordância pode estar associada, por exemplo, ao estabelecimento de uma linguagem comum sobre assuntos técnicos, regras de contratação, padronização de produtos, etc..

também fonte de geração de conhecimento. É neste sentido que a interação pode ser entendida como um processo de *knowing* (Blackler,1995). Esta visão explicita também que a aquisição de conhecimento não é simplesmente questão de 'acessar um pacote de conhecimento', como se conhecimento fosse uma forma abstrata e divorciada de seu contexto. Principalmente se tratando de conhecimento tácito, que requer a interação entre atores, a transmissão deste conhecimento envolve um *knowing*, e é, em essência, um produto social (Lave, 1993).

Entretanto, toda esta descrição de uma interação entre atores não implica em uma visão romântica de entendimento e compartilhamento alcançados de maneira fácil ou não problemática. O processo de *knowing* é sempre mediado (por exemplo, pela linguagem), situado (dependente do contexto), provisório (em constante desenvolvimento), pragmático (proposital e orientado a objetivos) e contestável (Blackler, 1995). Desentendimento, assimetria, disputa e conflito são também elementos que permeiam uma ação coletiva. Estes elementos são essenciais para manter a dinâmica da ação, para possibilitar mudanças de curso, única forma de abrir um espaço para o aparecimento do *novum*, do diferente.

A teoria Ator-Rede compactua com o interacionismo em muito de suas premissas, mas amplia a visão para alcançar e diferenciar os fatores externos que atuam por sobre as interações individuais. É nessa linha que esta teoria é dita tirar o privilégio do fator social sobre o natural, o econômico e o técnico (Law, 1992). A argumentação óbvia é que o peso de cada um destes fatores só pode ser aferido na prática, nos estudos empíricos. E, no apagar das luzes, as forças econômicas, por exemplo, não deixam de ser sociais, só que sendo representativas apenas

do interesse de uma coletividade particular³⁸. É neste sentido que as interações sempre incorporam elementos heterogêneos (sociais, econômicos, e técnicos) que moldam e são assimilados em uma rede.

O ponto chave é assumir um processo recursivo onde, através de interações, os atores não só constroem mundos, mas são, ao mesmo tempo, (re)construídos por eles. Esta é a linguagem para expor uma relação de dependência entre conteúdo e contexto. Aqui, o conceito de redes é, em parte, herança também de uma vertente teórica desenvolvida na área da filosofia da ciência (Hesse, 1974), que pleiteia que os significados são gerados *por e dentro* de redes de relações entre conceitos (ou seja, um conceito não tem um significado único, ele é *movediço*). A despeito de toda a riqueza teórico-conceitual fornecida por esta teoria, no presente trabalho será apresentada apenas uma versão bastante simplificada da mesma.

A teoria Ator-Rede tem duas vertentes principais: uma que teoriza por sobre às 'desconstruções históricas', enquanto busca desvendar os processos pelos quais o *novo* supera as resistências e contingências, e emerge na sociedade. Aqui, uma rede de atores é uma ferramenta para 'contar uma estória' das inúmeras inter-relações de elementos heterogêneos e da arregimentação de atores, do laboratório à estabilização de um artefato no mercado. Uma segunda vertente, as Redes Técnico-Econômicas (TEN), procura explicitar as relações entre atores situados em três pólos diferentes: ciência, tecnologia e mercado. Aqui, as duas serão tratadas de forma indiferenciada no que diz respeito aos conceitos teóricos que utilizam.

³⁸ Aqui, o trabalho de referência é Collins (1986). O autor introduziu o conceito de '*staff group*' para discutir como os interesses econômicos podem agir socialmente. Este é definido como um pequeno grupo que, ao definir os limites dentro/fora de uma comunidade, membros e não membros, mantém ou consegue o monopólio sobre um 'bem'. Ou seja, é pelo princípio de exclusão que, internamente, o grupo atua não só de forma estratégica, mas também socialmente. Este ponto será discutido no estudo de caso do presente trabalho.

Uma rede é basicamente constituída por atores (podendo ser tanto humanos como não-humanos) e intermediários. Através de uma operação de translação (que pode ser entendida, em última instância, como uma tentativa de um processo de comunicação), um ator coloca um intermediário em ação (textos científicos, instrumentos, vírus, etc.) e tenta cooptar outros atores para constituir uma interação. É assim que uma rede de interação entre atores pode ser entendida como a criação de um espaço de negociação, onde um ator tenta mobilizar outros atores, obter recursos que possam complementar os seus, e desta forma propiciar que uma inovação aconteça. Enquanto soma o social ao técnico, ao econômico, e o humano ao não-humano, a construção de uma rede envolve algo como uma 'engenharia heterogênea', em uma constante combinação do técnico com o não-técnico (Law, 1989).

O processo de inovação se constitui em um compromisso entre atores, é uma mistura e redistribuição do que antes estava disperso. Ele então transforma um global em um local (por exemplo, buscar na cinemática, na mecânica, no eletromagnetismo, e nas propriedades dos materiais princípios que possam ser traduzidos em um trem que possa se mover por levitação). Nesta passagem do global para o local, a *expertise* de um ator em especial pode se tornar um 'ponto obrigatório de passagem', ou seja, um ator preferencial que detém um certo poder para conduzir a dinâmica da rede (Latour, 1996).

Os atores tecem redes complicadas, combinando elementos técnicos, sociais e econômicos. Dentro do princípio do processo recursivo, atores, redes e tecnologias são todos produtos; eles são moldados, criados e sustentados juntos. O foco central está nas estratégias de cada ator, e como ele atua para cooptar/agenciar outros atores através do interesse. Como um ator não impinge um interesse particular sobre o outro, o sentido da translação é um que procura explicitar que só existe agenciamento

quando os interesses são negociados. *"(...) the interest should not be imputed to actors as background causes of actions, but rather that they should be an attempt to define and enforce contingent forms of social order on the part of the actors themselves"*(Callon & Law, 1982, p.615). Gerar um interesse comum significa construir longas cadeias de 'razão' que se tornam irresistíveis, ainda que sua lógica seja fruto de debates e discussão (Latour, 1996).

A dinâmica da rede diz então respeito à mobilidade das alianças entre os atores, à flexibilidade das configurações e à multiplicidade dos modos de coordenação entre atores. Como não existe uma coerência prévia entre os atores, as translações são construídas passo a passo, na base de tentativa e erro³⁹. Ainda que a tentativa de cooptar um ator seja um processo deliberado, intencional, estratégico, ele não implica em nenhuma garantia de sucesso da ação. Cada ator tem regras e normas próprias, e pode não aceitar negociar facilmente o 'interesse' que lhe é proposto.

'Desequilíbrios dinâmicos' representam os maiores pontos de conflito entre atores, e podem redirecionar o caminho evolutivo da rede. Neste sentido, redes podem ser vistas como 'circuitos de poder' (Clegg, 1989), mas isto não implica que algum ator tenha poder absoluto: desde que as relações são intencionais, existe incerteza em relação aos efeitos que este 'poder' pode acarretar. Os efeitos nos atores, e a tecnologia futura que emerge destas interações, podem ser outros, longe daqueles esperados ou previstos pelos atores.

Sucessivas interações bem sucedidas permitem uma progressiva co-adaptação e complementaridade entre os atores e seus recursos. Pode-se

³⁹ É interessante observar que esta é basicamente a mesma descrição fornecida por Simon (1958, 1959) para o processo de aprendizagem por adaptação que acontece durante uma resolução de problema. Para Simon, sempre existe uma intencionalidade para fazer diferente, para tentar o novo, mas é uma ação que só desvia um mínimo daquilo que o conhecimento passado condiciona. Ver também Vromen (1995).

então alcançar um grau de convergência tal que permita que o processo de interação atinja um grau de irreversibilidade. Este é o ponto onde a interação dá lugar à normalização, e onde a tecnologia se cristaliza dentro de um sistema tecnológico maior e, segundo Callon (1991), onde as redes dão lugar a sistemas⁴⁰. Nas palavras de Latour (1991, p. 127): "(...) as inovações não estão localizadas nos laboratórios nem na cabeça de seus criadores. Elas continuam a ser produzidas enquanto seguem seu caminho, onde se vê sua influência crescer, entrar em uso, convencer novos atores, formar novas alianças com outras construções sócio-técnicas e, finalmente, desaparecer, ou se tornar parte de uma entidade sólida o bastante para durar".

Ou seja, ao longo dos diferentes estágios do desenvolvimento tecnológico, em diferentes atividades, os processos de negociação, se bem sucedidos, vão dando vida a pequenos 'pontos de solidez', a concordâncias, que permitem que a próxima etapa siga seu curso. Algumas etapas de cooptação e 'convencimento' são mais fáceis; outras, mais difíceis. Sucessos e insucessos se sucedem, ao longo de um processo que não só 'profana' o técnico dos artefatos tecnológicos, como modifica os homens e suas maneiras de encarar o presente e o futuro.

Apesar de uma inegável elegância de argumentos na forma de 'contar uma história', a teoria Ator-Rede é reconhecida pelos próprios autores como sendo simplesmente um *vocabulário neutro* (nem social, nem técnico) para 'contar uma história' (Bijker & Law, 1992). Para aqueles ansiosos por explicações 'globais', o que esta teoria oferece é simplesmente uma descrição. Latour (1991) sugere que, se uma rede for explorada em suas inúmeras e várias possibilidades e perspectivas (ou

⁴⁰ Para Callon (1991), quando uma rede alcança o estágio de normalização, as ligações entre os atores se tornam previsíveis, o que conduz a diminuição da diversidade de informações que circulam na rede. Nesta linha de argumentação, um sistema se traduziria pela seletividade das informações que são trocadas pelos atores.

seja, tomando a perspectiva de vários atores), a explanação emerge pela saturação de descrições.

Entretanto, ao contar uma estória, um observador externo necessariamente escolhe uma perspectiva e, nesta abordagem, a preferência vem sendo por 'seguir um ator'. Ver o mundo através dos olhos de um único ator significa reduzir a complexidade de estágios/eventos que, aos olhos de outros observadores, são de extrema importância no processo de construção das tecnologias. Isto implica que o ponto de entrada para uma rede, e a perspectiva tomada por quem (re)conta uma estória, sempre será fruto de discórdia. Como magnificamente enfatizado por Maturana & Varela (1980, p. xix), 'tudo que é dito é dito por um observador'.

São várias as críticas dirigidas à teoria Ator-Rede que, em geral apontam para as dificuldades envolvidas na definição do que seja um 'ator' (especialmente pelo fato de se assumir não-humanos como atores, ponto que não será aqui discutido⁴¹), mas principalmente pela 'maleabilidade' que parece ser conferida a um ator, ou seja, uma suposta negligência de toda uma estrutura de poder e interesses que existem por trás de cada ator (Williams & Russell, 1988). Algumas alternativas metodológicas vêm sendo propostas (Law, 1992), mas também fogem ao interesse principal da presente pesquisa.

Vários pontos são importantes no quadro que foi descrito ao longo deste Capítulo. Primeiro e mais importante, o movimento SST enfatiza um não-determinismo tecnológico, e uma 'atividade social' ao longo de todo o desenvolvimento da tecnologia. Existem escolhas, e escolhas de naturezas variadas: escolhas de parceiros, escolhas de *design*, escolhas de trajetórias,

⁴¹ Para uma discussão deste ponto, ver Pereira (1997).

escolhas econômicas, escolhas sociais, etc.. E também existem limites de escolhas.

Interações sucessivas entre atores (se entendidos como indivíduos) implicam em um contínuo processo de comunicação que, se bem sucedido, conduz ao compartilhamento e geração de conhecimento. Cada interação é um processo de *knowing*. A interdependência entre conteúdo e contexto tira o privilégio do conhecimento como uma forma abstrata, que pode ser divorciada de seu contexto, e ser transmitida de forma abstrata como um universal. Ao traduzir conhecimento em verbo, em processo ativo, *knowing* e aprendizado se traduzem pela concordância na prática da interação (Brown *et al.*, 1989).

Mas longe de pensar que uma interação seja conseguida de forma fácil, o movimento SST fala de controvérsias, de assimetrias, das dificuldades para agenciar atores e alcançar concordância tanto em relação aos *meios* quanto aos *fins*. As tecnologias, e o conhecimento a elas associado, possuem uma natureza essencialmente heterogênea, onde se misturam o técnico, o social e o econômico. É somente esta esfera pública, coletiva, que pode proporcionar o desenvolvimento das tecnologias. Segundo Latour (1996), só onde e quando as ligações heterogêneas são 'robustas' é que a *realidade* pode acontecer.

No próximo Capítulo é discutido como esta visão e uma perspectiva mais econômica do processo de inovação serão combinadas para serem usadas no estudo de caso.

4. O caminho da pesquisa

É adequado, neste estágio, recapitular alguns pontos importantes que foram apresentados nos capítulos anteriores, e (re)-apresentar a argumentação central do presente estudo.

Da descrição do processo de inovação, onde os aspectos sociais são sumariamente esquecidos, os principais pontos são:

- conhecimento privado de uma empresa é melhor definido como capacidade de e para ação, e só pode ser ativado no coletivo. Aquele conhecimento privado que, de alguma forma, pode ser articulado, demanda, para sua transferência, trocas informais;
- processo de inovação é, por definição, um processo de aprendizagem. Uma empresa aprende usando e/ou produzindo produtos/processos; aprende acessando suas unidades de P&D, e principalmente, aprende interagindo com o ambiente externo. Aqui estão envolvidas tanto uma aprendizagem organizacional como técnica. A apropriação, pela empresa, do conhecimento gerado no processo de inovação é sempre incompleta;
- A aprendizagem de fontes externas é vital para uma empresa continuamente gerar inovações tecnológicas. As trocas informais são o principal mecanismo envolvidas nesta aprendizagem. A 'capacidade de absorção' de uma empresa expressa uma capacidade de agir sobre o ambiente externo, tanto como competência para 'perceber' o conhecimento, como para integrá-lo internamente;

- Um *pool* de conhecimentos circunda cada tecnologia dentro de um setor industrial, e este se constitui na fonte principal onde as empresas se alimentam para inovar. O aprendizado por interação aumenta este *pool* de conhecimento, e melhor caracteriza o desenvolvimento das tecnologias como envolvendo um processo de 'criação coletiva' de conhecimento dentro de um setor industrial. Nesta linha de raciocínio, tirando o foco de uma empresa em particular, e olhando para o todo do setor industrial, o aprendizado por interação pode ser caracterizado como um aprendizado coletivo das organizações que habitam o mesmo (principalmente empresas produtivas, fornecedores, usuários), o que estimula a dinâmica econômica do setor como um todo.

O olhar social para o desenvolvimento das tecnologias complementa o quadro acima:

- desenvolvimento das tecnologias não segue uma lógica interna própria, tampouco reflete somente quesitos de natureza técnico-econômica. As tecnologias, e em decorrência, o conhecimento a elas associado, é essencialmente heterogêneo, expressando forças contextuais de origens diversas;
- Ao longo do processo de desenvolvimento de uma tecnologia, vários atores/organizações expressam diferentes interesses e estratégias, os quais demandam um constante processo de negociação entre os mesmos;
- A interação expressa como, ao longo destas negociações, 'engenheiros heterogêneos' vão tecendo redes de relacionamento, somando o técnico ao social, na tentativa de

cristalizar pontos de 'solidez' em cada etapa do desenvolvimento das tecnologias;

- Cada interação entre atores/indivíduos, quando bem sucedida, se traduz por um processo de comunicação que permite o compartilhamento e conseqüente geração de conhecimento, o que é, em última instância, um processo de *knowing* (ou um processo de aprendizagem). Entretanto, como divergências, assimetrias, questões de poder, entre outros, são elementos comuns a estas interações, a aprendizagem é um processo contestável e contingente.

O que o olhar social explicita é que esta 'criação coletiva' de conhecimento/tecnologia, em um dado setor industrial, sempre envolve um processo de negociação. O alinhamento dos vários interesses entre as diferentes organizações é etapa essencial para dar corpo a esta aprendizagem coletiva.

O objetivo do presente trabalho é analisar uma faceta desta 'criação coletiva' de conhecimento em um setor industrial. Tomando como ponto de partida uma empresa produtiva em particular, e analisando os mecanismos que ela utiliza para interagir com o ambiente externo em busca de conhecimento e aprendizagem, o objetivo é iluminar, através de redes de atores/indivíduos, um processo de comunicação/interação que dê conta da geração e difusão do conhecimento dentro do setor industrial, e de como todo este processo está envolvido em estratégias de diferentes ordens, o que demanda constantes negociações entre as várias organizações.

Um ponto a ser esclarecido é o que se entende por um setor industrial. A visão adotada no presente estudo é aquela compartilhada por alguns

atores na área de estudos de inovação (Rothwell, 1992), os quais definem um setor industrial como o contexto onde se dão as interações dentro de uma cadeia produtiva, ou seja, fornecedor-produtor-usuário. O termo mais comumente usado neste caso é '*filière*', procurando caracterizar um alto fluxo de *commodities*, tecnologias e informação entre organizações (Dosi *et al.*, 1992). É um setor onde há, em um maior ou menor grau, complementaridade e interdependência tecnológica. O ponto essencial é entender que, por exemplo, uma empresa produtiva não inova sozinha: o que ela pode fazer/produzir depende dos *inputs* a esta produção e, obviamente, depende do usuário (ou consumidor final) poder/querer usar/adquirir o que está sendo ofertado.

Em termos de atividade inovativa, um setor industrial pode também ser caracterizado como um '*milieu*', que pode ser definido como um conjunto de relacionamentos *territoriais* entre diferentes agentes econômicos e sociais que constituem um sistema de produção específico (Camagni, 1991). Trazendo um enfoque regional, ou mesmo local, o *milieu* procura enfatizar que proximidade geográfica entre os diferentes agentes do sistema produtivo (ou seja, as relações entre fornecedores, produtores e usuários, somadas a um conjunto de organizações que atuam como suporte à inovação - órgãos financiadores, órgãos de regulação, etc.) se constitui em um fator de grande importância para as trocas informais entre os atores⁴².

O olhar do presente trabalho se dirige para este *milieu*, e visa identificar, no mesmo, redes de atores que possam ser passíveis de análise. Este é o segundo ponto a ser discutido. Em se tratando de rede de atores, o presente trabalho não segue o olhar social, enquanto sua ênfase em 'desconstruções' históricas de artefatos/sistemas tecnológicos. O foco do

⁴² É importante enfatizar que este conceito não se refere a um sistema nacional de inovação como um todo. Ele procura delinear sub-sistemas que existem dentro do todo, até como forma de enfatizar as diferenças entre os setores industriais, e a necessidade de análises e políticas setoriais.

presente estudo são redes de interação que estão em curso, até como forma de analisar como (ou se) estas interações respondem por uma 'criação coletiva' de conhecimento dentro de um setor industrial. Estas são 'redes' dinâmicas, são interações entre atores que estão procurando, de alguma forma, ao compartilhar conhecimento, desenhar um caminho, uma trajetória para as tecnologias. São etapas de escolhas, que poderão ou não, no futuro, cristalizar novas tecnologias. São basicamente redes de atores que ligam fornecedores a produtores, e que ligam também, de formas diferentes, empresas concorrentes.

Uma vez que o foco do presente estudo está dirigido para as interações entre atores/indivíduos, o ponto de partida foi tomar a perspectiva de uma empresa em particular, e identificar interações entre atores que já tivessem alcançado algum grau de cristalização através de arranjos organizacionais específicos. Com esta perspectiva, objetiva-se explicitar as estruturas de poder e interesses que existem por trás de cada ator/indivíduo. Estas 'redes' inter-organizacionais podem ser entendidas como mecanismos que uma empresa utiliza para interagir com o ambiente externo, na busca de agregar conhecimento a sua base privada. Estas são interações que expressam tentativas de 'criação coletiva' de conhecimento, e que dependem fundamentalmente dos indivíduos, da forma como eles se relacionam e compartilham conhecimento.

Como anteriormente mencionado, a escolha do setor de E&P de óleo e gás no Mar do Norte (Grã-Bretanha) foi proposital dada a complexidade explícita de relacionamento entre as várias organizações que compõem tal *milieu*. Ali, várias companhias de petróleo, "*contractors*"⁴³ e uma vastíssima rede de fornecedores de equipamentos e serviços estão

⁴³ Será mantido o termo em inglês para enfatizar que determinadas organizações são muito mais que o similar em português, empreiteiros. Dentro da indústria de petróleo, eles podem ser divididos por áreas de especialização (por exemplo, sísmica, perfuração, *design*, construção e montagem de unidades de produção, dentre outros). Muitas destas organizações são empresas transnacionais, e algumas delas detém o monopólio sobre certos equipamentos. Ver, por exemplo, Hallwood (1988).

envolvidos no desenvolvimento de sistemas tecnológicos de alta complexidade. Somadas a eles, existem várias instituições (governamentais ou não) que atuam procurando ligar oferta e demanda de tecnologia, vários órgãos reguladores e também inúmeras universidades (e instituições similares). Inúmeras colaborações inter-organizacionais podem ser identificadas neste contexto, visíveis em maior ou menor grau, para um observador externo.

Serão descritos a seguir, de forma simplificada e simplista, as principais etapas envolvidas na indústria de exploração e produção de óleo e gás, principalmente com o objetivo de delinear os contornos, tanto do relacionamento entre as organizações, como de situar a escolha de um setor tecnológico para empreender o estudo de caso.

Tecnicamente, o objetivo principal da indústria de exploração e produção (E&P) de óleo e gás é explorar, desenvolver e colocar em produção⁴⁴ uma reserva petrolífera. Explorar significa identificar, perfurar poços exploratórios e fazer testes para confirmar a existência de petróleo. Este é um período que pode levar de dois a quatro anos, somados aqui o tempo necessário para adquirir o direito, junto ao governo, de fazer a prospecção. Inúmeros avanços tecnológicos vêm sendo conseguidos nesta fase, especialmente pela utilização da microeletrônica, que vêm cada vez mais aprimorando as técnicas de visualização e análise dos reservatórios de óleo (George, 1996).

A fase de desenvolvimento de um reserva envolve basicamente três etapas: avaliação (*appraisal*), *design* e desenvolvimento propriamente dito. A avaliação envolve a perfuração de poços experimentalmente para aferir o potencial de recuperação do óleo, e tomar conhecimento dos aspectos geológicos da bacia. Esta atividade gera conhecimento em termos de

⁴⁴ A etapa de produção não será descrita no presente estudo.

sugerir uma 'concepção', ou combinação possível de tecnologias, que sejam adequadas para retirar o óleo, com uma tecnologia previamente conhecida, e dentro de uma relação (atual ou esperada) de preço do óleo no mercado/custo de desenvolvimento da reserva.

Isto significa que uma 'avaliação' pode não levar, de forma sequencial e imediata, a etapa de *design* e desenvolvimento de uma reserva. A viabilidade econômica de desenvolver uma reserva, ou seja, colocá-la em produção, depende de uma série de fatores, que refletem o preço do óleo no mercado internacional (e, em consequência, o momento geopolítico), a disponibilidade de tecnologias, ou o custo para desenvolvê-las, e também as políticas governamentais para o setor industrial (Fee, 1988).

Na sequência, vem a etapa chamada FEED - *front end engineering design*, que basicamente produz um projeto completo de *design* detalhado que vai à licitação, onde as companhias de petróleo solicitam o custo e o tempo para construção. A prática comum é que os *contractors* (especialmente os que trabalham com *design*), podem ou não, refinar e redefinir este *design*, especialmente em função das tecnologias disponíveis a nível dos fornecedores. A etapa de desenvolvimento propriamente dita envolve a implementação deste projeto⁴⁵. O objetivo técnico desta fase de desenvolvimento é construir uma 'unidade de produção' de petróleo que, no caso de reservas petrolíferas localizadas no fundo do mar, é comumente associada à visão de plataformas⁴⁶. Uma unidade de produção incorpora inúmeros subsistemas e suas interconexões, tanto submersos como visíveis na linha do mar, e envolve tecnologias de alto grau de complexidade (ver um exemplo de um projeto de desenvolvimento no Anexo 1). Cada 'unidade de produção' é única, 'um bem idiossincrático'

⁴⁵ Este projeto é submetido às esferas governamentais para aprovação técnica. Aqui estão envolvidas também questões de segurança, proteção ambiental, dentre outras.

⁴⁶ Quando as reservas estão situadas no fundo do mar, a indústria de exploração e produção de petróleo é usualmente chamada de indústria *offshore*, termo este que será usado ao longo do presente estudo.

(Hallwood, 1988): ela é 'concebida' e construída segundo demandas específicas colocadas pelas características das reservas (geológicas; volume e características do óleo; profundidade do poço, etc.). A experiência prévia das organizações é essencial como guia para resolução de problemas, mas insuficientes para resolver os novos problemas que se apresentam.

A complexidade técnica corresponde também a uma complexidade organizacional. Salta aos olhos que este não é um setor industrial 'comum', principalmente pela 'interdependência de recursos' entre estas várias organizações. Não se constitui em objeto deste estudo discutir este ponto, suficiente é dizer que, grosseiramente, é possível dividir o setor industrial entre companhias de petróleo e uma 'indústria' que fornece serviços e produtos às mesmas, aí incluídos *contractors*, fornecedores propriamente ditos, construtores, agentes de mediação, etc.. Alguns dos serviços e produtos são 'específicos', ou seja, são produzidos exclusivamente para a indústria *offshore*, e ofertados por um pequeno número de organizações. A mediação entre as organizações se faz principalmente pelo mercado, através de licitações e contratos específicos⁴⁷. De importante para o presente estudo é ressaltar que esta 'indústria de fornecedores', que tanto pode ter características locais (servindo a uma província específica, como o Mar do Norte) como globais (fornecedores com produtos específicos, que atendem ao mercado mundial), tem um papel fundamental na difusão de *know-how* entre as companhias de petróleo.

Uma linha de pesquisa emergente (Miller *et al.*, 1995), vem propondo a introdução do conceito de 'indústrias de sistemas complexos' para abarcar este somatório de complexidade técnica e organizacional. A indústria *offshore* parece se encaixar neste modelo (Rush, 1996). Ainda que os

⁴⁷ Uma excelente descrição do setor industrial do Mar do Norte pode ser encontrada em Hallwood (1988).

conceitos que definem estes sistemas sejam ainda muito fluidos, importante para o presente estudo é ressaltar algumas de suas características. A complexidade técnica destes sistemas nasceria da variedade de sub-sistemas e suas interconexões, das numerosas realimentações entre os mesmos, e das grandes demandas em termos de integração e controle.

Estes sistemas apresentariam 'propriedades emergentes', ou seja, pequenas alterações em um parte acarretam grandes mudanças em outras partes. Os diferentes *inputs* tecnológicos implicam em grande diferenciação de *skills* o que, em consequência, se traduz por dificuldades de comunicação entre as várias organizações. Desde que a integração deste sistema, em cada projeto de desenvolvimento, fica a cargo de uma companhia de petróleo (que neste caso, é denominada um operador), as demandas de administração do empreendimento como um todo são enormes.

É importante esclarecer o que é um 'operador', porque este é um primeiro ponto que esclarece as relações que existem entre as companhias de petróleo dentro do *milieu*. Para isto, é necessário um passo atrás, para a política governamental para a área de petróleo no Mar do Norte, que define quando e onde uma companhia pode ter direito a uma licença para explorar uma reserva petrolífera, e regula e aprova o como ela deve fazê-lo.

Periodicamente, o governo define 'áreas' para exploração, e as divide em blocos, que são oferecidos às companhias de petróleo. Em geral, as companhias fazem associações, e pleiteiam, em conjunto, uma licença por um bloco. Se o óleo for encontrado, as companhias negociam entre si para eleger quem, dentro do grupo, vai ser o operador. Este atua como um agente para o grupo, a ele cabe tomar à frente o processo de desenvolvimento de um depósito de óleo; ele vai gerir todo o processo de

concepção, construção e operação/produção dos mesmos, e vai ser o responsável frente ao governo e órgãos de regulação pelo adequado atendimento das normas, padrões, etc.. Usualmente o operador arca com todo o trabalho técnico e, dependendo do arranjo dos acionistas dentro do grupo, existe um maior ou menor compartilhamento de soluções técnicas. Cada operador tem uma maneira particular e única de administrar um projeto e se relacionar com o ambiente externo o que, de certa forma, reflete sua cultura interna. Aqui, o ponto importante é explicitar que a própria estruturação organizacional do setor industrial soma tendências não só de competição, mas também de cooperação entre as organizações.

Embora a literatura da área de inovação dedicada à análise da indústria *offshore* seja bastante restrita, especialmente no que diz respeito ao Mar do Norte (Bower & Keogh, 1996), um estudo anterior (Bell & Oldham, 1988a, p.76) aponta que as fontes de novas tecnologias não se encontram em organizações individuais, mas em "(...) complexas redes de interação entre organizações". Os autores fundamentam esta afirmativa por meio de análises de fontes formais da literatura, que evidenciaram um padrão decrescente no número de patentes concedidas às companhias de petróleo durante o período 1970-1980 (ainda que este nível variasse segundo companhias e segundo tecnologias). Por outro lado, os mesmos autores apontam para uma prática de compartilhamento de atividades de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias (P&DT), ou seja, as companhias de petróleo estavam se unindo e fazendo uso de fontes externas para desenvolver suas atividades de P&DT (prática usualmente chamada de *outsourcing*, e que pode também ser entendida como terceirização de atividades de P&D) (Bell & Oldham, 1988b).

Estudos institucionais mais recentes apontam que as associações colaborativas entre organizações para resolver problemas comuns e desenvolver novas tecnologias são agora mais frequentes (PSTI, 1995).

Vários fatores vêm contribuindo para este quadro, dentre eles o atual contexto geopolítico do petróleo (Yergin, 1993), que estabilizou (em baixa) o preço do petróleo no mercado internacional. Para as companhias de petróleo, isto significa atuar de forma a acelerar o desenvolvimento tecnológico, e colocá-lo a serviço da redução dos custos associados aos projetos de desenvolvimento de uma reserva petrolífera.

Para delinear um estudo de caso que pudesse iluminar estas "complexas redes de interação entre as organizações", foi necessário, primeiro, a identificação de um setor tecnológico dentre os inúmeros que compõem a indústria como um todo. Neste passo inicial para abrir a 'caixa preta' da indústria *offshore* no Mar do Norte, foi essencial a convivência diária da presente autora, por três meses (setembro a dezembro de 1996), nas instalações do *Petroleum Science and Technology Institute* (PSTI)⁴⁸, em Edimburgo, Escócia. O PSTI tem por objetivo principal fazer a ligação entre oferta e demanda de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias dentro do setor, e em função disto dispõe de um grande acervo de documentação técnica na área.

Aqui esteve envolvido um longo processo para entender a 'lógica' da indústria no que diz respeito às várias tecnologias integradas, à especificidade do contexto Mar do Norte, e ao momento atual (últimos cinco anos) que estavam moldando mudanças tanto de ordem organizacional como tecnológica. Os passos que levaram a identificação de um setor tecnológico foram em muito auxiliados pelo '*educated guess*' de um membro do PSTI, dirigindo a escolha para um setor que sendo, supostamente, menos sujeito a segredos industriais, facilitaria a realização de entrevistas com alguns atores-chave no setor.

⁴⁸ Em meados de 1997, o PSTI sofreu reformulações, somou forças com uma segunda instituição de pesquisa na área de petróleo, e mudou sua razão social para CMPT - *Centre for Marine and Petroleum Technology*.

A escolha dos sistemas de produção submersos (SS) reflete a importância dos mesmos para a indústria *offshore* no Mar do Norte. Nos últimos trinta anos, desde sua infância no Golfo do México, o desenvolvimento gradativo destes sistemas vem sendo moldado/guido pela descoberta de depósitos de óleo a profundidades cada vez mais elevadas, e vem com isto substituindo a visão das grandes plataformas fixas que repousam no fundo do mar (Hansen *et al.*, 1994).

De forma resumida, o conceito de sistemas de produção submersos (SS) engloba tanto um "*tool kit*" ⁴⁹ necessário para trazer o óleo para a superfície, como a *arquitetura* a ele associada, ou seja, as diferentes maneiras com que estes equipamentos podem ser 'arranjados' no fundo do mar e conectados com as estruturas ao nível do mar (geralmente flutuantes) (ver Anexo 2 para alguns desenhos esquemáticos dos SS). No geral, os aprimoramentos em ambas as facetas da tecnologia (tanto dentro do *tool kit*, como na relação do mesmo com a arquitetura do poço) vêm sendo guiados tanto pelas demandas específicas colocadas por características particulares de cada reservatório, quanto pelas estratégias visando redução de custo (ABB, 1995).

Dado a característica sistêmica de uma 'unidade de produção', limitar o estudo de caso aos desenvolvimentos tecnológicos nos 'sistemas de produção submersos' (SS), não se traduz pela restrição aos mesmos, mas também aos sistemas que com que eles se relacionam. Como o importante para o presente estudo não são as técnicas, mas as interações entre atores, a eleição de um setor tecnológico serviu tanto para restringir um contexto de interação, mas principalmente para 'cooptar' um ator, e despertar no

⁴⁹ Aqui, '*tool kit*' é usado para representar que o hardware, os equipamentos que compõem um SS são basicamente os mesmos e englobam: 'árvores de natal' e equipamentos de cabeça de poço; sistemas de controle de produção; umbilicais; sistemas de/para intervenção (tanto pelo uso de mergulho humano como pelo uso de robôs ou similares); estruturas submersas e sistemas de tubo (*pipelines*) para transporte do óleo, e linhas de fluxo submersas (NORSOK, 1995).

mesmo um interesse em falar sobre suas interações com outras organizações nas atividades de desenvolvimento tecnológico no setor.

Dentre os principais mecanismos utilizados por uma companhia de petróleo para interagir com o ambiente externo em busca de conhecimento e aprendizagem, os mais comuns são os chamados JIPs (*joint industry projects*), nos quais se associam diferentes companhias de petróleo e, mais raramente, *contractors* e fornecedores. Em geral estes projetos são subcontratadas externamente a inúmeras pequenas e médias empresas (PME), as quais detém *expertise* específicas em determinadas áreas tecnológicas. Parte destes projetos colaborativos está listada em uma base de dados, "*International Petroleum Research Directory*" (de uso restrito e privado ao setor), a qual indica a existência de cerca de três mil projetos, cobrindo um período de dezesseis anos (1980-1996).

Outros mecanismos menos visíveis são os 'acordos de tecnologia' celebrados entre companhias de petróleo, e que são muito mais difíceis de identificar, uma vez que são pouco divulgados. Por último, e mais recentemente, ganhou corpo um 'aliança estratégica' entre as companhias de petróleo e *contractors*, que tem o objetivo maior de reduzir custos nos projetos de desenvolvimento, e por isto mesmo tem um papel de peso no curso de desenvolvimento tecnológico no setor dos sistemas SS. Todos estes são mecanismos para, diretamente ou indiretamente, investir em conhecimento, dentro de estratégias tanto de curto como longo prazo, que visam acelerar o encontro de soluções técnicas, que sejam tanto inovativas, como atuem para baixar os custos dos investimentos, e aumentar a produtividade das companhias de petróleo.

Como discutido na literatura, o problema de se analisar interações é o fato de ser necessário um ponto de entrada em uma rede de atores. Qualquer que seja este ponto, ele é arbitrário. A perspectiva tomada no presente

trabalho é que uma companhia de petróleo é a organização 'integradora' dentro de todo o sistema produtivo da indústria *offshore*, ou, como apontado por Latour (1996), o 'ponto obrigatório de passagem' das interações inter-organizacionais aqui sob foco, especialmente porque são as companhias de petróleo que, em última instância, decidem se uma tecnologia vai ser implementada ou não dentro de um projeto de desenvolvimento de uma reserva petrolífera.

No estudo de caso a ser apresentado, uma companhia de petróleo, aqui denominada Companhia X, foi a escolhida como ponto de entrada nesta complexa rede de interações organizacionais. Três mecanismos de interação da mesma com o ambiente externo serão analisados:

- A participação da mesma em uma 'aliança estratégica' com *contractors* e fornecedores;
- Atividades de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias realizadas em cooperação com outros parceiros, principalmente com outras companhias de petróleo (*JIPs - joint industry projects*);
- Um 'acordo de tecnologia', envolvendo duas outras companhias de petróleo.

O objetivo de analisar estes três mecanismos de interação em conjunto é explicitar que, para cada um deles, existem diferentes graus de dificuldade de negociação entre as organizações, evidenciando as estratégias que tanto procuram acelerar como dificultar o aprendizado coletivo dentro do setor industrial.

Para cada um destes mecanismos de interação, o objetivo foi analisar:

- A atividade de ligação entre os atores, ou seja, *como* os atores (indivíduos) interagem, e como e se estas interações respondem por um compartilhamento e geração de conhecimento;

- Identificar os motivos que levaram a estas colaborações, e como elas nasceram (o que pode explicitar que escolhas são feitas pelas organizações, e que estas escolhas tem o objetivo de guiar/moldar uma trajetória tecnológica em particular);
- Como estas colaborações são geridas (problemas de relacionamento; confiança; poder, etc.);
- Quais os benefícios destas colaborações, e qual o valor percebido do conhecimento gerado por meio das mesmas;
- Como este conhecimento obtido pelas colaborações é difundido, tanto internamente para a Companhia X, como para o setor industrial como um todo.

Somados a estes pontos, especificamente em relação aos projetos cooperativos de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias (*JIPs*), o objetivo foi analisar:

- A relação entre esforço interno de pesquisa e pesquisas cooperativas;
- Como parceiros externos são escolhidos;
- As questões relativas a apropriação do conhecimento nestas colaborações (patentes, licenças, dentre outros).

Aqui, o objetivo é lançar uma luz, sob a ótica da Companhia, por sobre a dualidade pública e privada do conhecimento, ou seja, a importância relativa (se ela existir) entre o conhecimento gerado internamente à sua unidade de P&D e aquele gerado externamente, através destas cooperações.

Além da utilização de fontes formais, foram realizadas ao todo, dez entrevistas, tanto com atores internos como externos à Companhia. Foi utilizado um questionário estruturado, mas a autora deliberadamente permitiu, durante as entrevistas (que foram gravadas e transcritas), que a

conversa tomasse rumos mais pessoais, explicitando assim a faceta essencial das relações sociais que permeiam as cooperações entre atores.

Dois pontos importantes devem ser deixados claros. Primeiro, não existe nenhum interesse particular em analisar, em profundidade, a Companhia X, mas sim a partir da mesma, de seu comportamento e de suas ações, analisar como os atores interagem, negociam, e difundem conhecimento pelo setor industrial. Segundo, não é objetivo deste trabalho caracterizar redes de atores, ou classificá-las segundo este ou aquele critério. Seguindo a visão de Barnes (1995), redes aqui são tomadas como sinônimo de interação entre atores, e dizem respeito a um processo de comunicação que se estabelece entre os mesmos.

A descrição do estudo de caso segue uma linha essencialmente qualitativa, deixando que os atores, na maior parte do tempo, falem por eles mesmos.

É importante enfatizar que este é um estudo exploratório, e que o quadro que será descrito no próximo Capítulo é, em muito, influenciado pela posição da Companhia X no mercado, e por suas visões sobre o que deve ou não deve ser feito em relação ao desenvolvimento tecnológico no setor. Mais, a presente autora é um observador externo, onde a imparcialidade se mistura à parcialidade, esta última sendo moldada pelo seu próprio entendimento, crença e interesses. Esclarecidos estes pontos, o próximo Capítulo apresenta o estudo de caso.

5. O estudo de caso: os interesses, as negociações e as práticas da 'criação coletiva'

Uma das melhores formas de caracterizar a Companhia X vem da própria possibilidade de realizar o presente estudo de caso. Uma estudante estrangeira (a presente autora) bate à porta de seu centro de P&D somente com a indicação de um nome (sem nenhuma carta de apresentação), expõe seu interesse de pesquisa, o qual foi compartilhado com simpatia. Aquele foi, de fato, o que se pode chamar de um 'encontro' que abriu as portas para uma interação bem sucedida!

A Companhia não só abriu seu portfólio de projetos de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias, como colocou à disposição seu acervo de documentação técnica para consultas. Mais, permitiu o acesso a documentos tidos (ou pensados como) confidenciais, relacionados a um acordo de tecnologia com duas outras companhias de petróleo. Concedeu várias entrevistas; sempre se colocou à disposição, dentro do possível, para trocar idéias e esclarecer um ou outro ponto de dúvida que fosse surgindo. Indicou atores externos para serem entrevistados, e convidou a presente autora para assistir a um dos eventos periodicamente organizados por ela para, entre outros objetivos, colocar atores em *interação*. Estes são alguns pontos que definem uma particularidade de comportamento organizacional, e que espelham a forma como a Companhia X se relaciona com o ambiente externo.

Na fala de um dos entrevistados externos, fornecendo sua opinião pessoal sobre a Companhia:

"(...) ela é muito preocupada com sua imagem pública, e tem feito um grande esforço para se abrir ao ambiente externo ... em um momento no qual várias companhias de petróleo estão enfrentando

problemas com a opinião pública⁵⁰, ela passa uma imagem de credibilidade...".

Essa imagem de credibilidade em relação à esfera pública, parece encontrar eco na esfera privada das relações entre os diversos atores que compõem o *milieu* inovativo da indústria *offshore* do Mar do Norte. A proximidade geográfica entre as diferentes organizações favorece não só as trocas informais entre os atores, mas principalmente a partir e por meio delas, ganham corpo conceitos como credibilidade, reputação e confiança, que são associados a cada organização em particular. Estes são fatores que refletem na escolha de parceiros e nas cooperações que emergem no *milieu* e, de forma clara, atuam na forma como a informação se difunde no mesmo.

Para um dos colaboradores externos da Companhia, uma pequena e média empresa (PME) que desenvolve projetos de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia para a primeira,

"(...) A Companhia X é singular ... eles perseguem um código de ética muito forte, que se reflete na postura de seus funcionários ... eles têm códigos de conduta e níveis de honestidade acima da média ... eu poderia dizer que confio mais na Companhia X que em outras companhias...".

A visão que este entrevistado quis passar é que, dentro do setor industrial, existem diferenças marcantes entre o comportamento das companhias de petróleo. O 'juízo de valor' feito por este entrevistado é fruto de 'encontros' anteriores ao longo dos últimos quinze anos, ou seja, em

⁵⁰ Um dos 'casos públicos' mais discutidos no setor, e que ganhou projeção mundial, foi uma denúncia de racismo envolvendo uma companhia de petróleo que opera na Nigéria. A indignação pública em toda a Europa se traduziu por um boicote ao uso de derivados desta companhia. Outro problema 'intratável' no Mar do Norte, nos últimos anos, são as questões relativas à preservação ambiental, onde o *Greenpeace* vem trazendo para a esfera pública uma série de decisões que antes ficavam restritas às salas de reuniões.

tentativas bem sucedidas e/ou frustradas de interações, tanto com a Companhia como com outras companhias de petróleo. Entretanto, se reputação e confiança são conceitos que apontam para o futuro, ou, são fatores facilitadores para uma nova interação, e criam um ambiente mais favorável para se estabelecer um processo de comunicação entre os atores, os mesmos só nascem da prática das interações:

"(...) no passado, [a companhia T] tinha um comportamento voltado para 'roubar tecnologia' (...) participava de nossos 'meetings', eventos, sugava todo o conhecimento possível, e dava um passo atrás na hora de formalizar as cooperações técnicas ... penso que hoje isto mudou ... atualmente ela está mais envolvida em cooperações ... está aprendendo as regras do jogo..."

Os quesitos de credibilidade e confiança que os atores externos impingem à uma companhia de petróleo estão em muito ligados à 'disposição' de compartilhar 'conhecimento' com organizações externas. Algumas companhias preferem trabalhar unicamente 'atrás das portas', retendo informações; outras são mais flexíveis e abertas ao ambiente externo. No caso da Companhia X, a imagem de credibilidade que ela tenta manter reflete, entre outros pontos, a maneira peculiar com a qual a mesma vem definindo sua vantagem competitiva⁵¹. A tecnologia é reconhecida ser o coração que dá vida à dinâmica da indústria *offshore*, mas deter os direitos sobre a tecnologia, quer seja por patentes ou pela propriedade de algum bem tecnológico tangível, para a Companhia, não cria vantagens competitivas:

"(...) deter propriedade sobre as tecnologias significa que você tem que pagar sozinho pelo seu desenvolvimento ... os custos envolvidos

⁵¹ Segundo os entrevistados, o que define a vantagem competitiva das companhias de petróleo é, em última instância, possuir uma 'área' para exploração de óleo, ou seja, deter o direito de explorar reservas que já foram comprovadas serem economicamente viáveis.

são muito altos ... [mas é desvantajoso] principalmente porque você pode retardar o uso da tecnologia".

As vantagens competitivas associadas às tecnologias nascem, em parte, do que eles chamam o 'uso inteligente da tecnologia', ou seja, da habilidade de combinar diferentes tecnologias que já estão disponíveis no mercado, e usá-las para atender às demandas técnicas de seus 'negócios'. Ao contrário de outras áreas industriais, onde a liderança na introdução no mercado de um artefato incorporando inovações se traduz pela geração de lucros, na indústria *offshore* isto se traduz por riscos e incertezas que podem gerar prejuízos da ordem de alguns milhões de dólares.

Isto porque está se falando sobre um 'sistema tecnológico complexo', onde várias e diferentes tecnologias interagem para criar um todo holístico. Qualquer novo artefato, ou mesmo qualquer modificação em uma faceta de um artefato previamente incorporado ao sistema (por exemplo, substituir uma liga de aço por um novo material cerâmico), pode refletir no desempenho do sistema como um todo. E a despeito de toda a 'tradição de testabilidade' (que também tem um limite), as consequências da introdução do *novo* não podem ser previstas *ex ante*. Só na implementação das tecnologias, só na prática de instalar equipamentos e testá-los *in loco*, no fundo do mar, é possível saber se elas vão responder ou não às expectativas.

Neste sentido, a maturidade de uma tecnologia se transforma em uma vantagem; quanto mais vezes ela puder ser colocada em uso, ser testada, menor o grau de incerteza sobre os usos futuros:

"(...) quanto mais a tecnologia fica 'madura', mais um mercado eficiente se desenvolve ... isto significa que nós precisamos estar

conscientemente buscando o mercado para saber como os outros estão fazendo as coisas. Não há dúvida, 'alguém, em algum lugar, está fazendo melhor!...'".

Esta postura, que reflete o compromisso de se inserir no mercado de forma mais 'adequada', procurando por melhores alternativas tecnológicas, fornece as pistas iniciais de como a Companhia busca colaborações com seus diversos parceiros:

"(...) nós precisamos de mais colaborações em desenvolvimento e aplicação de tecnologias, principalmente com nossos fornecedores. E nós precisamos reconhecer a necessidade de um relacionamento saudável com os 'contractors'... trabalhar em parceria rentáveis para encontrar soluções tecnológicas que possam reduzir os custos e mantenham os lucros".

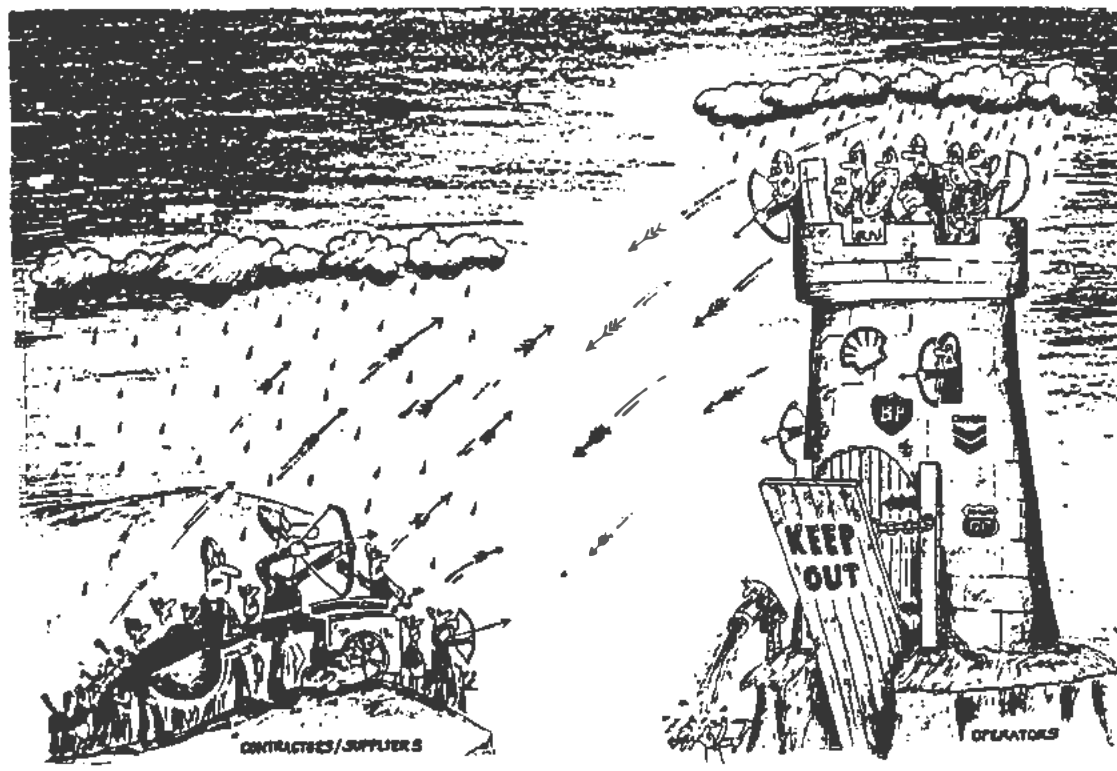
Uma das heranças culturais do desenvolvimento da indústria *offshore* no Mar do Norte, nos seus quase trinta anos de operação, é uma posição antagônica entre as companhias de petróleo e a 'indústria de fornecedores'. O relacionamento entre operadores/*contractors*/fornecedores era caracterizado por um "*(...) comportamento arrogante e insensível, nascido de uma atitude arraigada que as companhias de petróleo realmente sabem o que é necessário fazer, e que *contractors* e fornecedores não são confiáveis*" (Morgan, 1995). Posições adversárias, a ausência de canais de comunicação adequados, e uma ambiguidade na definição de responsabilidades entre as várias organizações envolvidas em um projeto de desenvolvimento são alguns dos fatores que tinham um impacto negativo nos custos dos projetos. (Stinchombe & Heimer, 1985).

Aqui, a visão das organizações dentro do 'paradigma da cidadela' (Badaracco, 1995), é explicativa. As empresas são vistas como habitando um ponto geográfico mais elevado, circundadas por muralhas protetoras que separam de forma clara uma esfera interna e o ambiente externo. A cidadela é expressão não só de autoridade e poder, mas estabelece uma forma contratual para se relacionar com o ambiente externo, onde o quesito que media as relações é o preço. Ainda que estas muralhas não sejam impermeáveis no que diz respeito ao 'conhecimento', elas têm o objetivo claro de delimitar certas formas cruciais de conhecimento como proprietárias.

O 'paradigma da cidadela' foi representado no *cartoon* que se segue pela Companhia X:

FIGURA 3

O paradigma da cidadela



Uma das principais consequências desta posição adversária se traduzia pelo enorme volume de documentação técnica envolvida em cada projeto de desenvolvimento. Segundo a Companhia, nos anos oitenta, quando o Ocidente vivia ainda as incertezas da 'segunda crise do petróleo', e o lema que alimentava a exploração do petróleo no Mar do Norte era '*tirar o óleo a qualquer custo*', o custo para fazer o tratamento técnico de toda esta documentação girava em torno de 10% do total dos projetos (algo em torno de algumas centenas de milhares de libras!), ainda que a maioria destes documentos nunca mais fossem utilizados (por exemplo, especificações de equipamentos, materiais de construção, etc.). Mais do que necessidade técnica, esta postura é atualmente reconhecida como fruto da desconfiança em relação à integridade dos fornecedores.

Todos os entrevistados concordam que, no geral, o comportamento das companhias de petróleo vem mudando, embora todos também saibam que não se constitui em tarefa fácil mudar práticas que estão arraigadas na indústria por décadas. O adjetivo mais usado para qualificar esta mudança é aquele que expressa que as companhias estão mais '*proactive*', ou seja, elas estão criando situações novas, e não simplesmente reagindo às mudanças que se fazem presentes no ambiente externo. Neste sentido, elas estão muito mais abertas a soluções técnicas que vêm de organizações externas. A grande mudança vem sendo em termos de gestão dos projetos de desenvolvimento dos depósitos de óleo, gestão esta que se traduzia por uma prática de relacionamento entre as organizações que retardava um processo de aprendizagem coletiva⁵² (Noreng, 1980).

O reconhecimento de que *contractors* e fornecedores haviam desenvolvido uma *expertise* e acumulado experiência e competência, após anos de trabalho em conjunto com as companhias de petróleo, só

⁵² Aqui, aprendizagem coletiva diz respeito também ao papel de inúmeras organizações que atuam como suporte à indústria, ressaltando-se, no caso do Mar do Norte, o papel das políticas governamentais para o setor. Ver, por exemplo, Hamilton (1978) e Harvie (1994).

veio à tona no começo dos anos noventa quando, à estabilização do preço do óleo no mercado internacional, somou-se a maturidade da província petrolífera do Mar do Norte. Os grandes reservatórios de óleo, que justificam um certo nível de risco e investimento financeiro, já haviam se esgotado. Por outro lado, as reservas potenciais se localizam bem mais à norte, na chamada fronteira do Atlântico Norte, localizadas em profundidades superiores àqueles reservatórios até então explorados⁵³. Estes fatores colocavam em cheque a própria 'sobrevivência' da indústria (Morgan, 1995), visto que os custos dos projetos eram muito altos (ou seja, a relação entre o preço para retirar um barril de óleo no fundo do mar e o preço do mesmo no mercado internacional, não atingiam o patamar de margem de lucro que as companhias costumam trabalhar).

O CRINE (*Cost Reduction Initiative for the New Era*) foi uma iniciativa que nasceu dentro do 'clube dos *managers*', composto de funcionários de alto nível hierárquico das maiores companhias que operam no Mar do Norte. Os 'clubes' podem ser entendidos como mecanismos sociais para compartilhar informação sobre as oportunidades de investimento e desenvolvimento tecnológico (Aoki, 1984) A lógica de atuação destes clubes pode ser explicada pelo conceito de '*staff groups*' (Collins, 1986), que elucida como interesses econômicos podem atuar socialmente, ou seja, podem conduzir à cooperação. Este grupo seletivo atua delimitando um subsistema dentro do sistema, estabelecendo uma linha demarcatória dentro/fora, entre membros e não-membros e, pela exclusão de não-membros, conseguem garantir o monopólio sobre certos bens. Garantido o monopólio, estes atores conseguem atuar de forma social, cooperando e trocando informações. Nesta linha de pensamento, a atividade comunicativa é não somente estratégica, mas também dirigida a busca do entendimento (Barnes, 1995).

⁵³ Para se ter uma idéia das dificuldades envolvidas nas atividades de exploração de óleo no Mar do Norte basta imaginar ventos médios de 100 km/h e ondas de até 30 m de altura. Se estas condições já dificultam uma operação a 100m abaixo da linha do mar, imagine-se então a 500m de profundidade!

Estes 'clubes' respondem por muito da capacidade das companhias para tratar com a complexidade e diversidade das mudanças que se fazem presentes no ambiente externo. Este é o local onde, a nível estratégico, as escolhas são feitas, escolhas que podem redirecionar a trajetória das tecnologias no setor. O CRINE estabeleceu um objetivo simples, mas complexo de se implementar na prática : 'extrair' os custos desnecessários dos projetos, o que implicava, entre outras coisas, na criação de um ambiente mais favorável de negociação entre as companhias e os *contractors*.

A retórica do CRINE se traduz por um discurso cuja mensagem é que as diferentes organizações, companhias de petróleo, governo, *contractors* e fornecedores, deveriam buscar uma nova forma de relacionamento, que fosse fundada na confiança mútua e na reciprocidade. A Companhia X tem uma postura tanto pragmática como estratégica a este respeito:

"(...) se você quer que um trabalho seja feito, é melhor que você mesmo o faça, do que gastar tempo explicando às pessoas como fazer. Esta é a visão de curto prazo ... mas se você nunca pede alguém para fazer, você não tem chance de desenvolver um bom relacionamento externo, de encontrar novas soluções, novas idéias... pode levar algum tempo para ajustar as partes, mas a médio prazo, é muito melhor ...".

Para a Companhia X, a parceria com os *contractors* (principalmente aqueles que trabalham com *design*), que basicamente é guiada pela prática contratual '*se um ganha, todos ganham; se um perde, todos perdem*', é reconhecida por vir apresentando bons resultados. Aprender a cooperar não é tarefa fácil, principalmente após anos de relacionamento pautado somente pelo quesito preço. A criação de uma atmosfera de reciprocidade é essencial para que novas idéias e melhores soluções

técnicas possam ser encontradas, e este é o ponto onde a atividade comunicativa estratégica dá lugar também a uma busca de entendimento.

Entretanto, há ainda um outro *interesse* por trás deste súbito reconhecimento de um corpo de conhecimento nos *contractors*. Nos últimos dez anos, as grandes companhias de petróleo vêm passando por uma grande reestruturação interna⁵⁴, e neste processo cortaram um contingente considerável de seu *staff*, principalmente nos departamentos de engenharia. A Companhia reconhece que os cortes de pessoal talvez tenham sido demasiados:

"(...) de fato, provavelmente nos fomos um pouco longe demais ... tem ocasiões que nós gostaríamos de discutir novas propostas, e não temos ninguém para conversar ... no momento estamos até tentando recrutar algumas pessoas de volta para nosso staff "

Nesta reorientação das atividades desempenhadas internamente, o que as companhias de petróleo procuram com estas 'alianças estratégicas' é também ter acesso a um recurso técnico importante para complementar suas atividades. Entretanto, isto não implica que haja dependência das primeiras em relação aos *contractors*. Uma 'ligação de conhecimento' entre duas organizações se traduz por *interdependência*, o que significa que a dinâmica da interação demanda que ambas façam investimentos em conhecimento:

"(...) o que nós procuramos no mercado é a melhor oportunidade ... o melhor conceito de desenvolvimento ... mas depois de

⁵⁴ Esta é uma reestruturação que se deu, basicamente, em todas as grandes companhias de petróleo. O motivo, novamente, está na estabilização do preço do óleo que, entre outros pontos, quebrou a lógica econômica da necessidade de integração de todas as suas atividades (desde a exploração do óleo até a distribuição dos derivados no mercado), e levou as companhias a repensarem quais atividades seriam de fato importante para seu desempenho econômico.

selecionado, nós ainda temos um papel fundamental a desempenhar internamente à companhia...".

Este ponto elucidado que por mais importante que seja o 'conhecimento' que uma companhia identifique e 'acesse' do ambiente externo, ela tem ainda um longo trabalho pela frente para integrá-lo à sua base privada de conhecimento. A Companhia precisa não só ser capaz de identificar as melhores propostas que se apresentam para suas demandas técnicas, mas também, internamente, precisa *aprender* como integrar esta 'solução' externa ao *know-how* que ela já detém. Da mesma forma, as organizações externas precisam ter a habilidade de traduzir as demandas colocadas pelas companhias em soluções técnicas adequadas e 'atraentes'. O lema da aliança, *'se um perde, todos perdem'*, ainda que fundado no desempenho financeiro, não deixa de atuar como estímulo para criar um ambiente mais cooperativo entre as mesmas.

Uma vez que um *contractor* tenha sido escolhido, ele passa a estar envolvido no desenvolvimento do projeto desde suas etapas iniciais. São mesas redondas de discussões técnicas, formação de 'times de *design*', divisão de responsabilidades e tarefas. Neste processo de interação, vai ganhando corpo uma orientação mútua, que se traduz principalmente pela simplificação da linguagem contratual, e pela redução do enorme volume de documentação (checagem e recheagem de *designs*) envolvido nas transações antigas. Esta é uma importante fonte de aprendizado, um aprendizado de como cooperar, especialmente na medida em que estas colaborações redefinem os contornos das companhias de petróleo que, antes isoladas em cidadelas, agora começam a construir 'pontes' que as liguem com o ambiente externo. Profissionais que antes trabalhavam a quilômetros de distância, atualmente começam a dividir a mesma sala de

trabalho. E é este o caminho para se alcançar um aprendizado coletivo, um que possibilite uma melhor gestão dos projetos⁵⁵.

Mas o ponto principal é que, na medida que um 'espírito de grupo' é formado entre os profissionais e uma comunicação mais aberta possa ser desenvolvida, a troca de informações 'mais valiosas' pode ser conseguida:

"(...) os "contractors" estão em contato com as outras companhias de petróleo ... através deles eu posso usar a expertise de outras companhias de petróleo, colocá-las para trabalhar para mim, e isto é muito bom! "

Esta é uma das principais características da indústria *offshore*: o *know-how* se difunde rapidamente pelo setor industrial, principalmente pela atuação de um vasto número de *contractors* e fornecedores que atendem às diferentes companhias. A 'indústria de fornecedores' sempre ocupou um lugar de destaque nesta *transferência* 'invisível' de *know-how* entre as companhias de petróleo, mas era uma prática de certa forma limitada, dado que muito dos equipamentos eram desenhados e construídos sob encomenda, prática esta derivada ou "(...) do desejo pela tecnologia de ponta, ou pela 'preferência de engenharia' de cada companhia de petróleo" [grifo adicionado] (Morgan, 1995, p.7)⁵⁶. Neste sentido, a iniciativa do CRINE, enquanto propõe também uma padronização de

⁵⁵ A *Companhia* tem orgulho de dizer que somente através deste tipo de aliança foi possível implementar um projeto de desenvolvimento de um depósito que já havia sido identificado desde 1974, mas que era economicamente inviável na ausência destas colaborações. Por este feito em termos de administração, ela foi premiada em 1997 por uma associação britânica ligada à área.

⁵⁶ Aqui, dois pontos são importantes. Primeiro, como até mesmo artefatos 'invisíveis' são negociados através do *design*. Segundo, cada província ao redor do mundo (dado as características das bacias sedimentares, profundidade na qual se encontra o depósito de óleo, as propriedades do mesmo, etc.) pode demandar equipamentos específicos, e que podem ser construídos 'sob medida'. A questão é que a região do Mar do Norte que vem sendo mais explorada tem características similares, e não necessariamente demanda equipamentos específicos. Este não foi, por exemplo, o caso brasileiro, onde a Petrobrás começou operando de forma isolada em ambiente de águas profundas, o qual demandava equipamentos específicos. Mas justamente por estar operando sozinha, tinha pouco poder de barganha junto aos fornecedores internacionais, que não queriam correr o risco de fazer um investimento em tecnologias específicas, e posteriormente não dispor de mais clientes para vender a mesma.

equipamentos básicos e o estabelecimento de especificações funcionais comuns, estimula também que este *know-how* se espalhe mais rapidamente pelo setor industrial.

Embora a maioria dos entrevistados enfatizem que o CRINE seja ainda uma iniciativa muito recente, e que a situação é ainda muito dinâmica, é reconhecida, no quadro geral do Mar do Norte, a tendência para um relacionamento mais amigável, mais cooperativo, especialmente entre *contractors* e companhias de petróleo. Outros são mais céticos, especialmente quando estas alianças envolvem organizações não-britânicas, justificando que as diferenças culturais são muito grandes, e que zonas de atrito vêm sendo comuns. Entretanto, é preciso observar que esta perspectiva vem de entrevistado que pertence a uma organização governamental, OSO - *The oil, gas and petrochemical Supplies Office*, que tem por principal objetivo atuar para que as companhias de petróleo façam uso preferencial da *expertise* dos *contractors* e fornecedores britânicos.

É na fragilidade da posição daqueles fornecedores de pequeno porte (que antes atendiam às 'preferências de engenharia' das companhias) que está o coração da controvérsia que permeia o CRINE. A escolha de cortar custos e padronizar equipamentos vem ocasionando reflexos importantes na taxa de inovação dentro do setor. Os fornecedores (tanto de serviços e equipamentos), antes ligados diretamente às companhias de petróleo, agora são, no geral, subcontratados pelos *contractors*, que fornecem um 'pacote fechado' de soluções para uma companhia de petróleo. Como os *contractors* são reconhecidos como avessos a correr riscos, são ditos estarem deixando de assimilar soluções inovativas que partem destes fornecedores. Na visão de um deles:

"(...) as companhias de petróleo dizem aos contractors: 'faz parte da sua obrigação empregar esta gente' ... mas eles querem risco mínimo, e as inovações estão cada vez mais escassas ... quando eles [contractors] não podem resolver os problemas internamente, eles escolhem um de nós que está em problemas financeiros, e contrata os melhores experts ... e os outros ficam de fora ... isto aconteceu comigo... esta gente não se importa conosco..."

Este ponto retrata o caráter de conflito que há nestas interações. O que parece ser bom na interação entre a Companhia X e *contractors*, já não é tão satisfatório para outros integrantes da rede. O que é bom para cortar custos, inibe a criatividade e o risco, não é bom para inovar. A Companhia percebeu os riscos, e decidiu atuar, usando de seu 'poder' para mudar a dinâmica da rede, e permitir que as informações pudessem fluir de forma menos conturbada entre as organizações. O empenho da Companhia em acelerar o movimento da informação no setor não tem nenhum motivo nobre. Ela está sendo obrigada a 'correr riscos' porque está colocando em desenvolvimento uma reserva com características tais que seu *know-how* não é suficiente para resolver os problemas técnicos que se apresentam. São precisos novos conhecimentos, novas alternativas. Na opinião de um observador externo à Companhia:

"(...) [a Companhia X] nunca foi boa em correr riscos ... ela jamais arriscaria o uso de uma tecnologia que alguém ainda não tivesse tentado... agora ela está sendo obrigada a arriscar ... agora ela está arriscando em novas tecnologias ... e ela precisa acelerar o movimento do conhecimento..."

É por este motivo que a Companhia está, lentamente, voltando a um relacionamento mais próximo com seus antigos fornecedores; elegendo fornecedores preferenciais para trabalhar, e estimulando, 'de forma

veemente', que os *contractors* trabalhem de forma mais cooperativa com os primeiros . Existe outra fonte de 'poder' que vem alterando a dinâmica das relações: a pressão governamental exercida através de órgãos que regulam o setor, e que tem um cuidado especial em manter a saúde da 'indústria de fornecedores' britânicos. Somado a isto, vem o peso também da política europeia que, com a oficialização da União Europeia, vem atuando de forma decisiva não só para 'proteger' o setor de petróleo no Mar do Norte, como promovendo inúmeras iniciativas (projetos cooperativos em larga escala) para estimular a integração interna do mesmo. Nas palavras de outro entrevistado externo à Companhia:

"(...) o pêndulo agora está mudando de direção ... existem também razões políticas ... o DTI (Department of Trade and Industry) determina que se diga quanto se investiu em pesquisa, com quem e onde elas foram realizadas ...".

O que todo este quadro indica é que existe ainda muito de contingência nesta interação entre as companhias de petróleo e sua indústria de fornecedores. Sob a ótica da Companhia X, existem indícios claros que uma mudança de relacionamento se fez presente, que ela está mais aberta ao ambiente, mais apta não só a emitir 'ordens', mas também a ouvir alternativas e proposições que vêm das organizações externas. Em meio a este processo de aprendizagem, que tem um caráter essencialmente organizacional, especialmente no sentido de melhoria do padrão de comunicação entre *contractors* e a Companhia, na visão desta última, um 'compartilhamento de conhecimento' vem sendo conseguido, o que é expresso no sucesso de gestão múltipla de alguns projetos de desenvolvimento de depósitos de óleo. Entretanto, a nível de difusão da informação, os *contractors* parecem estar atuando mais como um freio ao desenvolvimento de novas tecnologias, enquanto se colocam como um

empecilho à difusão de idéias inovadoras que nascem destes fornecedores de pequeno porte mas não conseguem chegar às companhias de petróleo.

Não obstante a fala dos entrevistados, que procuram realçar mais os méritos que as desvantagens desta 'aliança', uma segunda perspectiva para analisar os problemas de gestão que vêm sendo colocados pelo CRINE às companhias de petróleo em geral, é uma que remete a forma como esta iniciativa nasceu, literalmente de 'cima para baixo', ou seja, através de uma decisão puramente estratégica tomada pelas companhias de petróleo, e estimulada por órgãos governamentais, sem que o mesmo interesse fosse compartilhado pela 'indústria de fornecedores'. Ainda que este ponto não tenha sido investigado em profundidade no presente estudo⁵⁷, o que a pouca documentação que cobre as atividades do CRINE evidencia é que não há uma 'voz', uma 'fala' por parte dos *contractors*. Talvez esta 'aliança estratégica' seja a melhor descrição daquelas dificuldades descritas pela teoria Ator-Rede: um interesse não se imputa, se negocia.

Dentro desta linha de raciocínio, o CRINE esperava poder contar com uma 'cumplicidade' natural entre *contractors* e pequenos fornecedores, e subestimou a força dos comportamentos arraigados e das relações sociais que permeavam o relacionamento entre ambos. Um espaço comunicativo não nasce dissociado das forças sociais, e ele só tem o potencial de dar corpo a uma 'criação coletiva de conhecimento' se as informações puderem fluir em um contexto de reciprocidade e confiança. Este é um ponto que vem sendo muito pouco discutido na literatura da área de estudos de inovação, mas alguns estudos apontam que um dos principais problemas associados às cooperações formais entre organizações reside no fato que elas negligenciam o lado das trocas informais entre os atores, às vezes 'impondo' padrões de interação que, antes de facilitar tais trocas ,

⁵⁷ Os *contractors* contatados durante esta pesquisa não se sensibilizaram a conceder entrevistas.

acabam por miná-las (MacDonald, 1992). Na descrição que se segue sobre os dois outros mecanismos de interação da Companhia com o ambiente externo, a importância das interações entre atores como fonte potencial para criar cooperações inter-organizacionais formais ficam mais evidentes, mostrando um movimento que nasce de 'baixo para cima', dos atores para as organizações.

Se as interações com *contractors* e fornecedores dizem respeito a uma forma de tirar vantagem daquelas tecnologias que já estão previamente disponíveis no mercado (ao mesmo tempo que se procura acelerar o desenvolvimento de tecnologias padronizadas) existe, por um lado, uma consciência que a tecnologia pode também se constituir em uma importante vantagem competitiva. Entretanto, aqui está envolvida a habilidade de identificar, conseguir ter 'acesso' e adaptar um conhecimento que está disperso no mercado, estratégia esta que depende fundamentalmente de uma companhia dispor de *skills* específicos para propiciar esta atividade. Esta é a perspectiva da Companhia X:

"(...) Esta vantagem não vem da capacidade de criar invenções que não estão disponíveis para outras pessoas ... nós temos grandes mentes científicas, que de fato alcançam grandes feitos ... mas a maioria de tecnologias que nós usamos foram inventadas por outras pessoas... o que é necessário são pessoas especiais, pessoas que consigam acessar e integrar este conhecimento às necessidades do nosso negócio ...".

Segundo este entrevistado, isto parece fácil, mas não é trivial encontrar pessoas com esta capacidade. Estas pessoas são *experts* em seus campos, têm um entendimento geral das tecnologias envolvidas, um conhecimento mais abrangente de vários campos científicos e tecnológicos, e um grande entendimento das necessidades e demandas dos negócios da Companhia:

"(...) Estas pessoas têm que olhar para muitas diferentes fontes de conhecimento no ambiente externo, e saber o que pode e deve ser feito internamente, ter a habilidade de reconhecer e transferir as melhores práticas de um projeto para outro".

Uma destas pessoas é o *Senhor X*, que após trabalhar em diferentes setores da Companhia, atualmente está localizado no quartel-general de P&D da mesma. Ele é um 'engenheiro heterogêneo', aquele que tece redes de interações com atores externos, que mistura tecnologia com economia e relações sociais:

"(...) Eu sou um engenheiro senior ... eu administro um grande volume de recursos ... eu tenho um valor considerável de dinheiro para buscar transferências de tecnologia ... eu organizo regularmente um fórum para discutir os projetos de desenvolvimento tecnológico da Companhia ... meu objetivo é colocar as pessoas em contato ... eu tenho um chefe que não se envolve com meu trabalho ... nós operamos por eficiência".

Os entrevistados concordam que esta é uma peculiaridade da Companhia: os níveis hierárquicos superiores não dão 'ordens' a seus funcionários senior, mas perguntam o que eles julgam que seria interessante fazer. Isto porque ela sabe que pessoas com as características e experiência do *Senhor X* são indispensáveis para fazer contatos externos, cooptar atores, agenciar parceiros, tecendo redes de interações que se constituem na melhor expressão do que seja uma 'criação coletiva de conhecimento'.

Os eventos organizados pelo *Senhor X* têm um objetivo muito claro: criar um espaço propício para comunicação entre diversos atores. A Companhia é uma grande tentáculo, operando em diferentes províncias

petrolíferas ao redor do mundo. Em cada província, as demandas técnicas são diferentes, as experiências na resolução de problemas também. Por mais eficientes que sejam os mecanismos formais para trocas de informação, a troca de experiências pela prática da interação, através do contato pessoal, é muito mais rica. Três vezes por ano atores-chave que trabalham nestes diferentes lugares ao redor do globo se reúnem em um fórum cujo objetivo é a 'troca de experiências'. Estes encontros se constituem em uma das principais fontes internas onde o *Senhor X* identifica as demandas de conhecimento por parte da organização como um todo, e divide com seus companheiros o que ele 'aprendeu' com atores externos.

Uma vez por ano, este fórum tem o objetivo de discutir os interesses de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia da Companhia, e este é um evento aberto a todas as organizações externas, de fornecedores, *contractors* a companhias de petróleo, tanto aquelas com as quais a Companhia pode estar dividindo o direito de explorar uma área, como companhias concorrentes.

A presente autora teve a oportunidade de participar de um deles, realizado em novembro/96. Foram reunidas cerca de sessenta pessoas, dentre os internos à Companhia, companhias parceiras, companhias concorrentes, além de fornecedores e *contractors*. A condução deste encontro foi informal, mas os atores foram estimulados a não fazerem anotações, com a promessa que eles receberiam, no futuro, uma versão definitiva após as discussões do fórum. O formato do encontro passava pela apresentação de uma proposta de como e onde a Companhia pensava em investir em pesquisa e desenvolvimento de tecnologia, e pedia então que a audiência avaliasse os vários tópicos apresentados segundo um critério de 'ruim, bom ou indiferente'. O objetivo central era identificar duplicação de esforços de pesquisa entre as várias organizações, e então

propor a organização de projetos cooperativos com outras organizações. Um segundo objetivo era ouvir da audiência propostas e idéias novas as quais, se fossem de interesse, poderiam ser financiadas pela Companhia. Foram apresentados os 'negócios' da Companhia em diversas províncias do mundo (e as demandas técnicas em cada uma delas), e os projetos para investimento em P&D, a serem desenvolvidos dentro de médio-longo prazo (quatro a seis anos), divididos em seis tópicos separados, um deles cobrindo os sistemas de produção submersos. As discussões tomaram a manhã e a tarde de um dia, algumas propostas de colaboração foram descartadas⁵⁸ e, por sugestão da audiência, outros projetos foram introduzidos. Este fórum é um espaço informal de negociação, um primeiro estágio de 'flexibilidade interpretativa', onde se procura eleger os projetos mais importantes a serem desenvolvidos, ao mesmo tempo que a Companhia busca minimizar os riscos de investimentos em desenvolvimento de tecnologias que podem não despertar o interesse da indústria em geral.

Este é o ponto chave: o interesse da Companhia é, a médio-longo prazo, investir em tecnologias que sejam de interesse da indústria como um todo. Aqui está envolvida não só a necessidade de sinergia dentro do *milieu* como um todo (ou seja, *contractors* e fornecedores devem desenvolver capacitações à altura para responder às demandas colocadas por uma futura tecnologia), mas reflete também parte do comportamento 'avesso a risco' característico da Companhia. Uma vez despertado o interesse em algum parceiro, uma cooperação para o desenvolvimento da tecnologia pode ganhar corpo, e será tanto melhor que, pela soma de esforços,

⁵⁸ Um dos projetos mais interessantes ao qual a Companhia pediu apoio aos representantes do setor industrial ali reunidos, foi um para finalizar um banco de dados, uma 'memória' das experiências prévias ligadas ao desenvolvimento dos sistemas submersos de produção. Este banco de dados serviria como uma fonte para recuperar (e lembrar) como os problemas foram solucionados no passado. A importância de se construir esta 'memória' é compreensível quando se leva em conta que cada projeto de desenvolvimento é único, e que muitas das soluções são aprimoradas na prática, e acabam ficando restritas a pessoas. A 'memória' seria um mecanismo de difusão de informação, para tornar mais acessível um conhecimento que se não for lembrado/recuperado se perde na cabeça das pessoas. A audiência não se entusiasmou pelo projeto, e a Companhia vai continuar apostando e financiando sozinha este projeto.

alguma outra companhia use/teste a futura tecnologia primeiro, porque envolverá menos riscos para a Companhia quando chegar o tempo em que ela for implementar a mesma tecnologia. A cooperação, o aprendizado coletivo, não burla a estratégia competitiva da Companhia, ao contrário, a 'criação coletiva de conhecimento' beneficia a todos.

Este fórum é um dos *loci* de nascimento dos projetos cooperativos de pesquisa, um espaço onde se procura um alinhamento entre os vários atores, um espaço onde um 'encontro' tem o potencial de despertar interesses comuns e dar corpo a uma futura interação. Um segundo *locus* são os 'clubes informais', agora compostos por atores de diferentes companhias, no mesmo nível que o *Senhor X*. Eles se encontram regularmente, também de maneira informal, fora das paredes de suas respectivas companhias. Aqui, a lógica das cooperações, e das escolhas sobre que pesquisas serão empreendidas, é basicamente a mesma, só que mais direta:

"(...) nós discutimos e chegamos ao consenso que não dispomos de tecnologia em alguma área específica ... chegou então o tempo de tomar a iniciativa para lançar um JIP ... cada um de nós volta ao seu chefe para pedir o sim ... alguns chefes tem uma visão mais estreita, ou estão interessados em outros objetivos ...".

A prática dos chamados *JIPs* (*Joint Industry Projects*), onde diferentes companhias de petróleo somam esforços para empreender projetos de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias não é um 'modismo', é prática que já vem sendo empreendida há cerca de vinte anos no setor. As origens estão no próprio sistema político que orienta a concessão de licenças para exploração às companhias de petróleo (descrito no Capítulo anterior). Como a responsabilidade financeira para desenvolver um depósito de óleo é sempre dividida entre diferentes companhias, existe um estímulo para

que estas mesmas companhias possam também dividir os custos destes projetos de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias⁵⁹. Entretanto, a participação não se restringe somente aos 'parceiros' de desenvolvimento de um depósito de óleo: não só o 'clube informal' reúne os membros de todas as grandes companhias que operam na província (Mar do Norte), mas também são convidados à participar destes projetos cooperativos companhias que operam em outras partes do mundo, e que podem também ter interesses na tecnologia a ser desenvolvida.

Estes projetos de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia podem ser subcontratados à diferentes organizações, passando por universidades e institutos de pesquisa, dentro e fora da Grã-Bretanha. Mas preferencialmente são subcontratadas à pequenas e médias empresas (PME) especializadas em certas áreas tecnológicas, empresas estas que floresceram graças a políticas governamentais, que vêm, ainda atualmente, atuando para fomentar um setor de oferta de tecnologias genuinamente britânicas. Segundo um entrevistado de um órgão governamental ligado à área, estas PME hoje somam um número maior que mil (1000) empresas, espalhadas por todo o país, mas geograficamente concentradas ao redor dos 'quartéis-generais' das companhias de petróleo. Esta preferência por desenvolver os projetos dentro do *milieu* (ou seja, em um espaço geográfico mais restrito) expressa a importância de uma maior facilidade para as trocas informais entre os atores.

Como estas empresas subcontratadas são identificadas é em muito função de 'encontros prévios'. Dependendo da *expertise* demandada pelo projeto de desenvolvimento de tecnologia, um relacionamento e conhecimento

⁵⁹ Entretanto, esta não é a regra básica, uma vez que os acordos financeiros entre os acionistas responsáveis pela exploração de uma reserva são muito diferenciados. No caso específico da **Companhia**, ela prefere se associar a acionistas minoritários, que não interfiram na parte técnica do desenvolvimento de uma reserva, permitindo assim que ela tome as decisões de forma quase independente.

prévio com institutos de pesquisa, universidades e PMEs servem de guias para a escolha onde o projeto será desenvolvido. Nas palavras do *Senhor X*, "(...) *nós sabemos onde está o conhecimento...*".

O ponto importante a ressaltar é que estes projetos cooperativos, no geral, nascem da iniciativa das companhias, de suas demandas, e muito menos da oferta de idéias/projetos por parte de universidades, PMEs e outros. Estes projetos refletem a negociação e o acordo tácito entre os atores que 'chegou o tempo certo' de desenvolver tecnologias específicas, para atender demandas específicas. As escolhas sobre o curso que uma tecnologia pode ou deve tomar, são, em sua maioria, das companhias de petróleo. Os limites do que é possível fazer, dentro do que se sabe fazer, a natureza ajuda a impor. A necessidade e vontade de traduzir o que se conhece e se sabe possível fazer, os homens negociam e decidem.

Várias organizações, públicas e privadas, que procuram estabelecer a ligação oferta-demanda de tecnologia no *milieu*, buscando criar mecanismos de interação entre estes dois setores, constantemente argumentam que as companhias de petróleo não estão investindo à longo prazo, não estão se preparando para o futuro, e que existe muito 'conhecimento' à disposição das mesmas, mas que está sendo subutilizado. O interessante é que os atores-chave destas duas organizações promotoras do desenvolvimento tecnológico no setor que foram entrevistados durante este estudo, não conhecem o *Senhor X*, nem pelo nome! Não sabem que o *Senhor X* está aberto e à procura de novas idéias, que ele possui um grau de liberdade considerável para tomar decisões de investimento em desenvolvimento tecnológico e melhor, que ele tem a 'chave da gaveta' dos recursos financeiros.

Em teoria, estes projetos cooperativos podem somar investimentos financeiros só das companhias de petróleo, mas também envolver outras

organizações, como os *contractors* e fornecedores de equipamentos. Em geral, a organização sub-contratada para desenvolver a tecnologia mantém a propriedade intelectual (ou, direitos de patente) sobre o conhecimento produzido, e negocia um acordo especial com as companhias de petróleo que financiaram a pesquisa (uma licença para uso da tecnologia por um certo período de tempo, sem encargos financeiros), que dividem em partes iguais o custo total do projeto. A natureza do conhecimento gerado nestas cooperações é um '*entendimento genérico*', um que permita com que cada companhia possa depois adaptá-lo para uso específico dentro de suas demandas, um '*sweet software*', nas palavras de um entrevistado.

Entretanto, o fato de haver o entendimento prévio por parte dos membros do 'clube informal' sobre a necessidade de desenvolvimento de uma tecnologia em particular, não significa que não haja também, durante o desenvolvimento da pesquisa, um espaço de 'flexibilidade interpretativa', de negociação entre os atores. Os projetos são geridos por um 'comitê de administração', ou seja, por aqueles que financiam os projetos. Os atores se reúnem, em média, a cada quinze dias para discutir o andamento do projeto. Nem todos os atores esperam que o projeto se desenvolva exatamente sobre o mesmo foco. Segundo uma PME:

"(...) nós tentamos administrar para manter todo mundo satisfeito ... metade do trabalho contemplando uma linha, a outra metade contemplando uma outra linha ... mas ainda só dispondo de uma metade, as companhias ainda tem uma grande vantagem, pelo menos de ter tido acesso a um conhecimento que pode não ser importante no momento atual, mas pode ser potencial para o futuro".

E também os projetos podem não conseguir atingir os objetivos propostos, a despeito dos melhores esforços, e do melhor corpo técnico disponível. Por um lado, a lógica econômica ainda explica as vantagens de se empreender pesquisa em colaboração: é menos 'doloroso' investir 20% do que 100% do custo de um projeto, e não obter as respostas esperadas. Entretanto, a grande vantagem destes projetos é a interação entre os atores, a fertilização cruzada de idéias, o compartilhamento de conhecimento, o que, segundo um dos entrevistados, é tanto melhor quando é feita *' (...) por trás das paredes organizacionais que sempre bloqueiam as pessoas'*.

Mas ainda existe um terceiro ponto importante em relação especificamente às PME, e aí como mecanismos de difusão da informação dentro do *milieu*. Elas são, no geral, as organizações mais próximas das universidades e outras fontes geradoras de conhecimento de ponta. Um entrevistado de uma PME expõe sua agenda, repleta de compromissos com estas instituições, com muitas outras associações independentes relacionadas ao setor industrial como um todo, congressos, encontros, dentre outros. Ele também é um 'engenheiro heterogêneo', que está sempre potencializando sua rede de interações:

"(...) o importante é um primeiro encontro, e é por isto que eu estou sempre em contato com estas pessoas ... [o importante] é agendar um novo encontro ... a isto eu chamo de rede, fazer contatos ... e saber onde encontrar as pessoas, o conhecimento ..."

A Companhia X tem plena consciência da importância de interagir com toda esta *expertise* externa. Ela sabe que não detém todo o conhecimento necessário para empreender as pesquisas de forma isolada, e sabe também que ela não é capaz de, também de forma isolada, perceber e 'mapear' todas as fontes externas de conhecimento potenciais. As PMEs se tornam

então pontos de acesso a outras 'redes de conhecimento', com a vantagem maior de 'traduzir' este conhecimento de ponta para as necessidades e demandas das companhias. As PMEs reconhecem seu lugar preferencial nesta ligação entre companhias de petróleo e conhecimento de ponta, e se auto-denominam como os 'inovadores do setor': *"(...) nós temos uma bateria de idéias ... somos entrepreneurs ... nós desenvolvemos áreas de desenvolvimento tecnológico"*.

Em conjunto com universidades e outras instituições, estas PMEs organizam eventos para expor sobre as possibilidades destas novas áreas de desenvolvimento tecnológico, para os quais são convidadas tanto as companhias de petróleo como a 'indústria de fornecedores'. Este também é o local onde os atores se 'encontram', e pela interação descobrem que compartilham de interesses semelhantes, e somam esforços para agenciar outros atores que compartilhem o mesmo 'interesse' de desenvolvimento tecnológico. Quanto mais atores/organizações participarem de um projeto, menor o investimento individual por participante, e maior a fertilização de idéias. Quanto mais genérico um projeto, maior o número de participantes; quanto mais específico, menor o número de participantes.

Para a Companhia, as vantagens das pesquisas cooperativas passam por motivos tanto pragmáticos como estratégicos. Do total de recursos alocados para pesquisa e desenvolvimento de tecnologia anualmente, se os projetos fossem empreendidos dentro de suas próprias unidades, só seriam suficientes para cobrir poucos grandes projetos. Fazendo parte destas colaborações, o número de projetos aumenta para algumas dezenas. Entretanto, o mais importante é que, enquanto diversifica seus recursos em inúmeros projetos, ela tem a oportunidade de mapear diferentes 'frentes' de desenvolvimento tecnológico, somando diferentes

bits de conhecimento. É esta habilidade de somar, integrar o que está disperso, que é o ponto chave que a Companhia procura explorar.

Uma análise de seu portfólio de projetos de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias relacionados aos sistemas submersos (SS), projetos em curso arrolados em novembro 1996, soma um total de cento e trinta (130) projetos, sendo que sessenta (60) deles estavam sendo desenvolvidos fora de suas instalações, em cooperações com organizações externas. Os que são desenvolvidos intra-muros são ditos responderem as demandas de curto prazo, as soluções técnicas que são necessárias 'para ontem' (prazo máximo de dois anos), e que cobrem basicamente as demandas daqueles depósitos de óleo que já estão em fase de desenvolvimento. Os projetos realizados em cooperação são aqueles que cobrem as demandas técnicas de médio-longo prazo, em geral cobrindo as demandas daqueles depósitos onde o óleo já foi identificado, e está a espera de soluções técnicas para ser desenvolvido.

O potencial desta aprendizagem vinda de P&D (o que a literatura de inovação chama de aprendizagem estudando) é dito ser praticamente o mesmo, tanto se os projetos são desenvolvidos internamente, ou em cooperação. O *Senhor X*, literalmente, faz as contas:

"(...) talvez possamos aprender mais quando empreendemos pesquisa internamente ... talvez 30% mais ... mas na relação final custo/benefício [ou, o volume financeiro investido para fazer internamente ou externamente], é muito mais vantajoso fazer em cooperação".

Folclórico e/ou pragmático que possa parecer este diferencial percentual de aprendizagem apontado, o fato a ressaltar é que, longe da ênfase que a literatura da área de estudos de inovação coloca nas unidades de P&D,

aqui elas se constituem em apenas como mais uma fonte aprendizado. O potencial desta aprendizagem está em um entendimento geral sobre as futuras tecnologias, em como elas poderão ser usadas, em como elas poderão ser integradas às tecnologias já em uso. Neste sentido, é um aprendizado que atua como uma fonte de redução de incerteza. Entender os riscos envolvidos no uso de uma tecnologia é um ponto chave, porque um grau elevado de incerteza pode redundar em inércia administrativa. As incertezas se tornam ainda maiores quando as mudanças tecnológicas se tornam mais rápidas e complexas. Saber como 'integrar' esta futura tecnologia, e saber o quanto ela vai custar, por outro lado, se constituem em conhecimento importante que auxiliam nas negociações com *contractors* e fornecedores. Todo este potencial de aprendizagem é maximizado se os projetos puderem ser feitos em cooperação. Para o *Senhor X*:

"(...) trabalhar em cooperação significa que você pode mais facilmente entender como usar uma tecnologia ... o parceiro pode dizer que a tecnologia pode ser importante neste e naquele aspecto, um outro complementa com outra opinião ... colaborar significa que você ganha um entendimento tremendo da tecnologia não só em sua organização, mas na indústria como um todo".

Aqueles atores que não participam destes projetos cooperativos continuam tendo acesso a este 'conhecimento', principalmente através da 'confraria' do 'clube informal'. Entretanto, a importância maior que o *Senhor X* atribui a estas cooperações é o compartilhamento e soma de competências que se faz na prática da discussão durante o curso de desenvolvimento destes projetos:

"(...) se você não participa, você continua tendo acesso ao conhecimento, mas você não sabe como usá-lo, como integrá-lo a seus negócios..."

Aqui reside a diferença entre aprender pela prática, e aprender com exemplos da prática (Brown & Duguid, 1992); adquirir um *conceito* inerte, fechado, ou participar, pela prática da interação, da ação, da criação de um novo *conceito*. O contexto de interação criado pelos atores que participam destes projetos, o espaço comunicativo que eles abrem, soma as visões, a experiência e a demanda técnica que cada ator em particular trás para a cooperação. Cada um deles identifica uma área de incerteza em relação à futura tecnologia, cada um deles soma um condicionante e uma perspectiva que molda o como e onde a tecnologia poderá ser usada.

É através desta ação, desta prática comunicativa que os atores enriquecem seus entendimentos tanto sobre a própria tecnologia, como do contexto onde as mesmas poderão ser usadas. Este entendimento explicita uma interdependência entre o *contexto* e *conteúdo* no desenvolvimento tecnológico, e como ambos continuamente muda ao longo da interação, ao longo da comunicação. A prática e a aprendizagem se tornam então indistintas, com o aprendizado sendo um processo resultante da ação em contextos específicos. Este é o contexto do processo de *knowing*, que se dá pela interação entre os atores. A participação efetiva dos atores neste processo leva a uma fertilização de idéias, à busca pela criação de novos *sentidos*, de novas possibilidades. Este é o espaço da 'criação coletiva', onde o *knowing*, o *doing* e o *learning* são fenômenos indissociáveis.

Por outro lado, ganhar um entendimento da tecnologia na indústria como um todo, significa que as companhias têm a possibilidade de antever aqueles aspectos que a 'indústria de fornecedores' vai precisar investir

para acompanhar o desenvolvimento da tecnologia proposta. Neste sentido, estes projetos cooperativos são fontes potenciais para o estabelecimento de novas interações, mais cooperações. A lógica das cooperações é aquela que, uma vez que se aprende os benefícios de cooperar, elas se tornam um fenômeno emergente no sistema. Diferentes redes de interação dispersas pelo setor industrial; redes que se formam e se dissolvem; redes que mesclam diferentes atores; que compartilham diferentes conhecimentos. Este é o cenário da 'criação coletiva do conhecimento'.

Quanto mais redes de interação puderem ser erigidas, mais rapidamente as tecnologias poderão ser desenvolvidas. Segundo o *Senhor X* :

"(...) a única forma de você ganhar competitividade com as tecnologias é usando-as rapidamente ... e não ficar um longo tempo investindo para entender como ela pode ser usada ... uma vez entendido o suficiente sobre uma tecnologia, nós estamos aptos à usá-las".

Acelerar o desenvolvimento das tecnologias implica em difundir a informação mais rapidamente no setor industrial. Entretanto, não é uma difusão 'desincorporada', ou associada a suportes físicos, mas sim aquela informação que se torna conhecimento na prática da interação entre os atores, que se recombina e se transforma pelo compartilhamento na prática da comunicação, e se difunde pelo setor industrial, possibilitando explorar todo o potencial de novos artefatos tecnológicos. É neste sentido que a difusão da informação dá lugar à '*socialização da informação*' (Braga & Christovão, 1994; 1995) onde, ao longo do processo de difusão, novos *sentidos/meanings* vão sendo adicionados, *sentidos* que são produtos da negociação e participação de vários atores, que nascem embebidos na cultura, nas visões e na prática da interação.

Esta filosofia de 'compartilhar o conhecimento' e difundir rapidamente a informação não é prática só estimulada pela Companhia, mas é uma que é dita perpassar todo o setor industrial no Mar do Norte: a voz que se sobressai no *milieu* inovativo do setor expressa um profundo interesse pela cooperação, a única forma segura para recuperar mais rapidamente os investimentos feitos em pesquisa. O *Senhor X* explica:

"(...) Quanto mais pessoas souberem sobre a tecnologia, mais opções de uso são encontradas, mais necessidades de aprimorar também... Acreditem-me ou não, em relação ao desenvolvimento de tecnologias, nós realmente queremos que nossos concorrentes saibam sobre uma tecnologia tanto quanto nós sabemos ... isto significa que é mais provável que eles a usem, e experiência em uso é vital. Este é um 'negócio' (business) estranho..."

É importante enfatizar que é ingênuo pensar que estes projetos de pesquisa cooperativos que dão os contornos de uma 'criação coletiva de conhecimento' se traduzem por tarefa de fácil implementação. Se o quadro acima descrito passa uma imagem de concordância fácil, é instrutivo pensar que esta é uma prática que já vem de vinte anos atrás. Foram anos de aprendizagem de 'como cooperar', e foi preciso uma *consciência estratégica* de que o setor industrial corria riscos com a estabilização do preço do petróleo, para que as restrições à cooperação começassem a ser vencidas. As cooperações viabilizam o futuro enquanto redesenham o curso do desenvolvimento tecnológico.

Entretanto, é também ingenuidade assumir que *todas* as tecnologias são deliberadamente negociadas na esfera pública. Existem informações que são 'generosamente guardadas', e estas são tecnologias que representam uma vantagem competitiva para adquirir direitos à explorar em novas

áreas⁶⁰. Para ter 'acesso' a este conhecimento, a Companhia vai além das fronteiras do *milieu*, e garimpa mundo afora para encontrar a *expertise* que ela precisa, e os 'acordos de tecnologia' são os mais comuns para manter *algum* grau de sigilo nestas transações com conhecimento.

Neste sentido, sob o ponto de vista das grandes companhias de petróleo, a globalização sempre foi um fato consumado. Segundo a visão de um político britânico, a indústria do petróleo não tem pátria (Harvie, 1994), ela se desloca para onde as oportunidades mais rentáveis emergem. Foi por conta de seus interesses em novas províncias no Oeste da África que a Companhia X (e seu parceiro Y) cruzaram o Atlântico para propor um 'acordo de tecnologia' à Companhia Z, a qual já detinha um *know-how* prévio que poderia ser útil para operar naquelas províncias africanas.

A lógica que permeia estes 'acordos' é similar aquela que ocorre no empreendimento científico (Collins, 1974), segundo a qual laboratórios e pesquisadores fazem escolhas conscientes e cuidadosas sobre que *know-how* pode ser revelado, e a quem especificamente. A escolha de um parceiro depende do conhecimento que ele pode dar em troca. Entretanto, não é esta competência prévia que determina o 'sucesso' de uma interação. Ao longo de encontros preliminares, interesses comuns vão ganhando corpo, e uma orientação mútua dá início a uma interação.

Esta é prática comum destes 'acordos de tecnologia' que existem entre as companhias de petróleo no Mar do Norte. Eles nascem das trocas informais, dos encontros que acontecem nos 'clubes informais', nos congressos, nos inúmeros eventos em que os atores estão continuamente se encontrando. Em geral, eles envolvem pontos de confidencialidade, mas são principalmente fundados na confiança mútua entre os atores.

⁶⁰ Dependendo das políticas governamentais dos países onde as companhias de petróleo operam, o direito à uma licença para operar depende da competência técnica das mesmas, e do domínio sobre certas áreas tecnológicas.

Esta 'atmosfera' de confiança que perpassa estes acordos é explicável pela lógica das interações passadas, e a expectativa de interações futuras, ou seja, a lógica dos encontros que podem se suceder no futuro (Axerold, 1984). Em termos absolutos, as grandes companhias de petróleo formam um pequeno número de organizações que, no geral, se movem em bloco para explorar novas províncias. Ao longo dos anos, inúmeros encontros já ocorreram (em diferentes lugares ao redor do globo), e há uma grande probabilidade que novos 'encontros' ocorram no futuro. Neste sentido, elas estão não só mais aptas a cooperar, mas especialmente aptas a punir qualquer situação de oportunismo. A reputação é fonte de reciprocidade, obrigação e confiança.

Entretanto, a Companhia Z estava, de certa forma, isolada desta prática de encontros continuados das grandes companhias que operam internacionalmente, e mais especificamente do '*milieu*' do Mar do Norte. No tabuleiro da indústria, ela era ainda um jogador novato, e precisava ser cooptada; um 'encontro' precisava ser arranjado para que um interesse pudesse ser compartilhado. Esta foi uma operação difícil e longa, e que redundou em um acordo de tecnologia 'não usual' entre as companhias. Nas palavras do Senhor X:

" o inusitado neste acordo é ter um programa de trabalho para cumprir (...) eventos agendados, visitas... porque a Companhia Z é tão geograficamente remota do resto da indústria, que nós temos que fazer esforços especiais para estabelecer relações".

Um contrato de confidencialidade foi assinado, onde as partes se comprometiam a manter sob sigilo, por dez anos, as informações que fossem compartilhadas. Esta confidencialidade deveria ser submetida a toda e qualquer terceira parte (consultores, *contractors*, etc.) que, de alguma forma, tomasse ciência desta informação. Um calendário de

atividades, especificando datas de visitas, tipos de eventos a serem realizados, e números de pessoas envolvidas em cada atividade, foi acertado. Todo o esforço feito tinha um só objetivo: ganhar a confiança da *Companhia Z*, e propiciar que os atores se encontrassem com mais frequência. Dentro da 'filosofia' do *Senhor X*, os encontros entre atores é essencial:

' (...) aqui [no contexto do Mar do Norte] nós encontramos as pessoas todo o tempo ... nos encontramos nos clubes informais, nos congressos, nos JIPs ... nós raramente encontramos pessoas da Companhia Z, e sempre as mesmas pessoas...!'

Vários pontos importantes podem ser ressaltados. A formalidade de um 'programa de trabalho' atuou como um mecanismo para estimular encontros entre pessoas que estão geograficamente distantes. Isto enfatiza a importância não só dos contatos pessoais para trocas de informação, mas especialmente da frequência com que as mesmas ocorrem. Encontros esporádicos não são capazes de fortalecer interesses comuns. Somado a isto, este depoimento expressa, por um lado, a importância da participação de diferentes atores de uma mesma organização nestas interações. Por outro lado, enfatiza também que não são quaisquer atores que conseguem viabilizar uma troca 'adequada'. Aqui, o ponto importante não está relacionado *somente* a complexidade de tecnologias específicas, nem a capacidade de integrar conhecimentos díspares, mas principalmente a habilidade com que um ator consegue estabelecer relações sociais com seu parceiro, e dar corpo a um espaço de confiança e reciprocidade.

Na mesa do *Senhor X*, são dispersas diversas fotos, e ele fala com entusiasmo:

"(...) após os esforços iniciais para estabelecer contato, eu agora posso pegar o telefone e perguntar "no que você anda trabalhando?" ... nós agora estabelecemos uma rede ... isto nos custou muito dinheiro, mas nós tivemos uma série de benefícios difíceis de avaliar".

Os benefícios mais tangíveis que o *Senhor X* consegue enumerar vão desde o compartilhamento de experiências passadas (ponto este que a Companhia X tem um apreço particular), a promessa de cooperações tecnológicas futuras, e muito '*food-for-thought*'. Um dos pontos mais importantes recuperados pelo *Senhor X* foi ter podido presenciar uma 'operação prática', ou seja, fazer uma visita a uma instalação da Companhia Z, e assistir como operar certos equipamentos, como 'fazer certas coisas'. Este ponto recupera a faceta 'visual' do conhecimento tecnológico apontado pelos historiadores da tecnologia: para aqueles que são, de fato, praticantes de uma arte, em bom português, 'qualquer pingão é letra'. Mas como apontado pelo *Senhor X*, tirar vantagens competitivas deste 'acordo' é algo que leva tempo; ele está seguro que aprendeu várias coisas, mas não está certo de como poderá operacionalizá-las no futuro.

Esta também é uma rede que está em seus primeiros estágios de desenvolvimento. Todo o esforço da Companhia (e seu parceiro Y) é em muito direcionado a ensinar a introduzir a Companhia Z nas regras do jogo da interação e da cooperação; é como um 'processo de socialização' de um novo membro. Como bem explorado na literatura de administração (Ciborra, 1992), cooperação e participação envolvem uma *arte*, e só pela prática, só participando, só cooperando é possível aprender como cooperar. O *interesse* em compartilhar conhecimento com a Companhia Z justifica todo este esforço para que novos encontros se realizem.

Um último ponto interessante a explorar é a operacionalização do quesito de confidencialidade deste acordo, aquele que procura assegurar que a informação não se difunda com rapidez pelo setor industrial. Pelo quadro que foi descrito ao longo deste estudo de caso, não colocar o 'conhecimento em prática', não testá-lo de alguma forma, é algo que foge à lógica financeira e estratégica das companhias de petróleo. E é porque a prática sempre recria conhecimento, que a confidencialidade é, em tese, desnecessária. O que a Companhia Z sabe fazer, só ela própria consegue fazer, e no contexto específico que ela opera. O que a Companhia X vai fazer é recriar, adaptar, adicionar novos *bits* de conhecimento àquelas informações 'sigilosas'. O significado real do acordo de confidencialidade pode ser melhor interpretado como um mecanismo que atua, indiretamente, como estímulo para que estas companhias trabalhem em conjunto, e estreitem ainda mais suas relações.

Em meio a negociações, conflitos e cooperações, a Companhia X segue na sua estratégia de tentar compartilhar conhecimento pela prática das interações, pela busca em colocar pessoas em contato, pelo estímulo à difusão da informação, na expectativa que interesses comuns possam dar forma a uma ação coletiva que guie um caminho preferencial para o desenvolvimento tecnológico. A solidariedade (por exemplo, em compartilhar informação com aqueles 'colegas de clube' que não puderam participar dos JIPs) e a sua 'política' de estímulo à 'socialização da informação' em nada se aproximam de altruísmo, mas se fundam na necessidade de auferir lucros de forma mais rápida. As cooperações são estrategicamente idealizadas, mas à elas é imprescindível um elemento social, único capaz de gerar confiança e reciprocidade, as quais só podem ser conseguidos pela prática das interações. De certa forma, a autonomia que o *Senhor X* goza dentro da Companhia, e sua habilidade de juntar o técnico ao social e ao econômico, se constitui em uma das principais armas para tecer estas 'redes de conhecimento', que favorecem não só a

ela própria, mas que repercutem também em parte do setor industrial. A cada interação a Companhia aprende um pouco mais, aprende até mesmo, e principalmente, dos próprios erros que comete.

O valor conferido ao conhecimento é essencialmente pragmático: o conhecimento, para ser capaz de gerar lucros, tem que ser traduzido, com rapidez, em novos artefatos tecnológicos. É só pela *aplicação* do conhecimento, pela experimentação, pela instrumentalização, que o futuro pode ser melhor antevisto, e que os riscos dos investimentos podem ser minimizados. É só pelo compartilhamento deste conhecimento com outras organizações que é possível acelerar a aplicação do mesmo. No Mar do Norte, a competição entre as companhias de petróleo acaba quando uma licença para exploração é conseguida; a partir daí, a lógica da 'criação coletiva' passa a ser preferencial.

A Companhia define de forma singular o 'valor' de seu conhecimento privado, aquele que soma aspectos organizacionais, experiência de 'saber-fazer', e *skills* :

"(...) capacidade para reagir a mudanças externas, capacidade para correr riscos, e capacidade para fazer o trabalho com rapidez ...".

Para realizar todo o potencial destas 'capacidades', a Companhia não deixa de investir em sua 'mentes científicas brilhantes', tampouco enfraquece sua aprendizagem interna. Ao contrário, antes de ser capaz de simplesmente reagir às mudanças do ambiente externo, ela *negocia* tentando criar as condições de possibilidade das futuras tecnologias, o que só pode ser conseguido através da cooperação, de uma 'criação coletiva de conhecimento'. O interesse é o ingrediente básico; a negociação, a etapa indispensável, e uma prática comunicativa, o *processo* que tem o potencial de desenhar e sancionar novas tecnologias.

No próximo Capítulo, a presente autora retorna à Ciência da Informação, o berço onde toda esta viagem começou.

6. Conclusões

Os mestres sempre dizem aos discípulos que uma pesquisa não é como uma 'resolução de problemas': mais do que respostas ou soluções, ela deve ser capaz de colocar novos problemas, ampliar as perspectivas de análise. A tarefa mais difícil que um discípulo tem que aprender é que existem *limites*, e que uma pesquisa nunca é ou está completa. Aceitar e conviver com os limites é, ao mesmo tempo, tracejar uma linha tênue entre o conhecimento e a ignorância, e entre um suposto 'mais pertinentes' e 'menos pertinentes' pontos a abordar. Chegar as conclusões de um projeto de pesquisa implica não só olhar para o futuro e sugerir novas perspectivas de olhar um objeto de estudo, mas também em olhar para o passado e assumir os 'esquecimentos' voluntários e involuntários de alguns pontos que se sabe serem também importantes.

Dentre estes pontos, a falta de rigor na definição e uso dos termos informação e conhecimento foi um esquecimento voluntário e, até certo ponto, necessário, para manter inalterada a estrutura do 'discurso' da literatura que circunda as análises relacionadas à tecnologia e ao desenvolvimento tecnológico. Mais do que isto, esta foi uma decisão pessoal da presente autora na tentativa de estabelecer um diálogo com aquelas tradições de pesquisa que, pelo maior interesse e esforço analítico no estudo do desenvolvimento tecnológico, têm quase que um domínio intelectual sobre este objeto de estudo.

Como uma viajante da área de Ciência da Informação, o objetivo não foi propor uma interdisciplinaridade ao estudo das tecnologias, no sentido de buscar uma metodologia e terminologia uniformes para abordar o desenvolvimento tecnológico sob a perspectiva do conhecimento. O 'problema' da perspectiva econômica não se situa no uso indiferenciado dos termos informação e conhecimento, mas sim no fato de negligenciar

os aspectos sociais inerentes ao desenvolvimento tecnológico e, para o interesse do presente estudo, aquele social que é indissociável das trocas informacionais e do processo de criação do conhecimento na interface das esferas pública/privada de uma empresa produtiva.

Na esfera pública de um setor industrial, onde várias organizações interagem, a criação coletiva de conhecimento é/está fundada essencialmente nas trocas informais entre comunidades de praticantes/tecnólogos. Aqui, o conhecimento é um fenômeno emergente dentro de um processo de interação entre profissionais 'mutuamente suscetíveis' que, através da negociação, procuram encontrar interesses comuns. Compartilhar cognição na prática de um processo comunicativo se traduz por um processo onde a troca de informações está associado um potencial para a criação do conhecimento, para a construção de novos significados, de novas possibilidades de aplicação do conhecimento que conduzam a novos artefatos tecnológicos.

Sobressaindo-se sobre um processo de competição econômica, a cooperação emerge como um mecanismo essencial para *estimular* a constante recriação e recombinação de conhecimento que é indispensável ao aparecimento do *novo*. Deixado por si só, este processo de expansão deste corpo de conhecimento genérico segue seu curso 'normal' através de um comércio informal de *know-how*. Entretanto, para explorar todas as potencialidades deste processo, é importante que as organizações *participem* ativamente deste esforço coletivo de criação deste conhecimento, até mesmo como forma de *moldar* /guiar o crescimento deste conhecimento mais próximo daquilo que elas 'sabem-fazer'. A participação neste processo coletivo, antes de enfraquecer a base privada de conhecimento de uma empresa em particular, ou permitir a fuga de um conhecimento 'valioso' por parte de uma empresa produtiva, amplia

suas possibilidades de explorar novas alternativas tecnológicas, expandindo sua capacidade de e para a ação.

Dentro de um setor industrial, cooperar é uma prática que só pode ganhar corpo se as organizações alcançarem o pleno entendimento que conhecimento não se transfere ; que conhecimento não é um 'pacote', uma forma abstrata que viaja de um contexto para outro, e pode ser aplicado de forma universal. Mais que um substantivo, conhecimento é um verbo, um processo, algo que nasce no desempenho de uma atividade, de uma prática, o que delinea os contornos da interdependência entre conteúdo e contexto no desenvolvimento tecnológico.

Ao buscar iluminar as práticas sociais que permeiam as tentativas de uma 'construção coletiva de conhecimento' no ambiente industrial, o objetivo do presente estudo foi enfatizar a importância de uma abordagem sócio-comportamental no processo de transferência de informação entre os atores. Somando àquela perspectiva cognitiva que define a informação como uma mensagem que tem o potencial de alterar estados mentais, a perspectiva social ao processo de transferência de informação pleiteia que as 'ligações' entre os indivíduos *afetam* as transformações que produzem o estado de ser informado, ou, afetam a forma, o se e o como o conhecimento *poderá* ser gerado (Ingwersen, 1992). O processo de *knowing* é, obviamente, pessoal e individual e, ainda que na perspectiva adotada no presente estudo '*knowing*' e '*doing*' sejam processos tomados como indissociáveis, só através do julgamento feito pelos indivíduos envolvidos na interação é possível avaliar a veracidade deste pressuposto.

Dentro desta perspectiva social sobre o processo de transferência de informação, as metas individuais, organizacionais e sócio-econômicas; as preferências; os valores e as estratégias adotadas são alguns dos muitos fatores que, dentro do estudo de caso descrito no Capítulo anterior,

influenciam a forma como os atores interagem e como a informação é transferida entre os atores, fornecendo indícios da influência dos mesmos na forma como este 'conhecimento coletivo' é construído. Esta descrição 'quebra' um suposto privilégio dos aspectos técnicos e econômicos envolvidos no estudo das tecnologias. As tecnologias, tanto como artefatos e mentefatos, estão intrinsecamente ligadas à cultura/contexto onde foram geradas, e se igualam àquelas práticas sociais que permeiam qualquer manifestação humana.

E é por esta dimensão social e humana que a Ciência da Informação pode acolher as tecnologias como objeto de estudo, e somar esforços com outras áreas de pesquisa que compartilham interesses sobre o desenvolvimento tecnológico. Guardadas as particularidades do setor industrial analisado no presente trabalho, e dentro das limitações claras que qualquer estudo de caso coloca para possíveis generalizações, a linha teórica desenvolvida ao longo do presente trabalho coloca alguns pontos que podem servir de *insights* para as políticas públicas e empresariais dirigidas ao estímulo do desenvolvimento tecnológico.

Dos pontos importantes que podem ser realçados, um deles diz respeito à gestão da informação (também chamado gestão do conhecimento) para inovação. Inúmeras iniciativas na área de políticas públicas colocam na *disponibilidade* de informação um dos fatores fundamentais para estímulo à inovação. Como já concluíram os próprios economistas, a informação assimétrica não é o fator principal que determina o grau de inovatividade de uma empresa, mas sim a capacidade que ela detém para *traduzir* informação em conhecimento. Principalmente em uma sociedade onde as novas tecnologias de informação desenham teias de comunicação digital que transformam o mundo em uma pequena aldeia, a informação, teoricamente, deixa de ser um 'bem' escasso. A incerteza nos processos

decisórios muda de um polo à outro, da ausência da informação ao excesso da mesma.

Dentro do pressuposto que durante o processo de inovação o que uma empresa demanda do ambiente externo é um 'conhecimento incremental' e específico, e que as principais fontes de conhecimento estão principalmente localizadas dentro do próprio setor industrial, a perspectiva fornecida pela análise de 'fluxos de conhecimento' se apresenta como um instrumento potencial para guiar tais políticas de gestão da informação para inovação. Tanto a nível de uma empresa em particular, como dentro de um setor industrial no geral, é possível mapear os principais fluxos de informação que ligam as diferentes organizações e, a partir de um quadro genérico, ganhar subsídios para traçar políticas que atuem como estímulo para que as organizações façam melhor uso das fontes de conhecimento reais e potenciais que estão disponíveis no ambiente externo.

Entretanto, esta perspectiva pragmática deve e pode ser enriquecida pela abordagem sócio-comportamental do processo de transferência de informação, onde as trocas informais entre os atores se tornam o principal objeto de estudo. No momento em que a informação é tomada como uma atividade social, um dos principais objetivos da área de Ciência da Informação é buscar mecanismos que facilitem a comunicação efetiva da informação *desejada* entre um gerador humano e um usuário humano (Saracevic, 1992). Este é um objetivo que está muito longe de ser trivial, não só porque não existem 'receitas de bolo' a serem seguidas para identificar mecanismos que possam mediar estes processos sociais de trocas de informação, mas especialmente pela singularidade e particularidade das diferentes práticas sociais envolvidas nos processos de construção de conhecimento.

A ênfase na expressão informação desejada como aquela essencial para mediar uma prática comunicativa eficiente e eficaz coloca em evidência a necessidade de um *processo participativo* entre os atores, até para definir o que seja uma informação desejada. O conceito de 'socialização da informação'(Braga & Christovão, 1994, 1996) procura realçar a importância de se buscar mecanismos que propiciem esta prática comunicativa participativa, uma que procura estimular que os diferentes atores sejam, ao mesmo tempo, emissores e receptores de informações; que à voz de cada ator seja somada a sua capacidade de ouvir um outro ator. É esta participação que abre um espaço potencial para que o processo de comunicação seja fonte de geração de conhecimento.

Este processo participativo na prática da comunicação é especialmente importante no que diz respeito ao impacto das tecnologias na sociedade. Como realçado ao longo do presente estudo, o desenvolvimento das tecnologias envolve uma série de escolhas, que são feitas ao longo dos diferentes estágios por meio dos quais conhecimento e artefato são tecidos juntos. O convite feito pelo olhar social sobre o desenvolvimento tecnológico, no sentido de 'democratizar' as decisões e as escolhas tecnológicas (discutido no Capítulo 3) frequentemente esbarra na retórica que a sociedade e os usuários das tecnologias não detém competência cognitiva para participar dos processos decisórios, que são permeados por 'conhecimentos e linguagens esotéricas'.

Neste contexto, a socialização da informação traz uma proposta inovadora de buscar metodologias e mecanismos que tenham o potencial de permitir que, através de uma prática participativa, o processo de comunicação seja capaz de 'traduzir' *significados* entre os atores. Somando forças às propostas do interacionismo, o conceito de socialização da informação sugere e *aposta* que modelos mentais, crenças e sentidos/significados podem ser articulados e compartilhados por

diferentes atores que, *a priori*, pertencem a mundos diferentes, desde que exista um *interesse genuíno* de investir na prática da participação e da cooperação. É esta participação e este compartilhamento de cognição que têm o potencial de gerar novos conhecimentos, aprimorando (ou mesmo criando) a capacidade de e para ação de/em diferentes atores e organizações.

7 Bibliografia

- ABB. Subsea Developments in Very Deep Water. In: DEEP OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, Rio de Janeiro, 1995.
- AOKI, M. *Economic analysis of japanese firms*. New York : Elsevier Science Publishers, 1984.
- ARROW, K. J. *The Limits of organization*. New York, W. W. Norton & Co., 1978.
- _____. Technical information and industrial structure. *Industrial and corporate change*, v.5, n.2, p.645-652, 1996.
- _____. The Production and distribution of knowledge. In: SILVERBERG, G., SOETE, L. (Eds.) *The Economics of growth and technical change*. Hants : Elgar Publish. Ltd, 1994.
- AXELROD, R. *The Evolution of Co-operation*. London : Penguin Books, 1984.
- BADARACCO, J. L. *The Knowledge link: how firms compete through strategic alliances*. Boston: Harvard Business School Press., 1994.
- BARBER, B. *Science and Social order*. New York : Collier Books, 1970.
- BARRETO, A. de A. *As tecnologias de informação e comunicação e o reposicionamento dos atores no setor*. Rio de Janeiro, julho 1997. Mimeo.
- BARNES, B. *The Elements of social theory*. London : UCL Press Ltd., 1995.
- BECKER, H. *Sociological work: method and substance*. London : Allen Lane, 1970.
- BELL, M. e OLDHAM, P. *Oil companies and the implementation of technical change offshore operations: experience in development drilling and the design and operation of production facilities in the North Sea*. Brighton: University of Sussex, Science Research Unit, 1988a. (Report N. 2 on A study of Technology Transfer to China's Offshore Oil Industry).
- _____. *The role of oil companies in technological innovation for the oil industry's upstream operations: A preliminary analysis of the US patent data*. Brighton University of Sussex, Science Research Unit, 1988b. (Report N. 1 on A Study of Technology Transfer to China's Offshore Oil Industry).
- BERNAL, J. D. *Science in History*. Cambridge : The MIT Press, 1954. v. 2.
- BIJKER, W.E. Do not despair: there is life after constructivism. *Science, Technology and Human Values*, v.18, n.1, p.1113-1138.
- BIJKER, W.E., LAW, J. General introduction. In: _____. *Shaping technology, building societies*. Cambridge : The MIT Press, 1992. p. 1-14.
- BLACKER, F. Knowledge, knowledge work and organizations: An overview and Interpretation. *Organization Studies*, v.16, n.6, p.1021-1046, 1995

- BOWER, D. J., KEOGH, W. Changing patterns of innovation in a process - dominated industry. *Int. J. Technology Management*, v.12, n.2, p. 209-220, 1996.
- BRAGA, G. e CHRISTOVÃO, H. T. *Socialização da Informação: desenvolvimento de metodologias para a sua efetivação. Estudo aplicado às áreas de Ciência da Informação e de Saúde*. Rio de Janeiro, julho de 1994. 19p. Projeto Integrado de Pesquisa, CNPq 523272/94-4(NV).
- _____. Relatório de atividades; solicitação de renovação. Rio de Janeiro, 1996. 28p. PIP/CNPq 522943/96-9(NV).
- BROWN, J. S. e DUGUID, P. Organizational learning and communities of practice: Toward a unified view of working, learning and innovation. *Organization Science*, v.2, p. 40-57, 1991.
- BROWN, J. S. *et al.* Situated cognition and culture of learning. *Educational Researcher*, v.18, p.32-42, 1989.
- BUCHANAN, R. Declaration by design: rethoric, argument and demonstration in design practice. In: MARGOLIN, V. *Design discourse*. Chicago : The University of Chicago Press., 1989. p. 91-110.
- BUNGE, M. Technology as applied science. *Technology and Culture*, v.7, p.329-347, 1966.
- CALLON, M. Techno-economic networks and science and technology policy. In: OECD. *Science, Technology and Industry Review*. Paris, 1994. n.14, p.60-115.
- _____. Techno-economic networks and irreversibility. In: Law, J. (Ed.) *A sociology of monsters. Essays on power, technology and domination*. London : Routledge, 1991. p. 132-164.
- _____. The sociology of an Actor-Network : the case of electric vehicle. In: Callon *et al.* (Eds.) *Mapping the dynamics of science and technology*. Basingstoke : Macmillan, 1986.
- CALLON, M., LAW, J. On interests and their transformation, enrollment and counter-environment. *Social Studies of Science*, v. 12, p. 615-625, 1982.
- CAMAGNI, R. Local 'milieu', uncertainty and innovation networks: towards a new dynamic theory of economic space. In: _____. (Ed.) *Innovation networks : spatial perspectives*. London : Belaven Press, 1991. p. 121-143.
- CARDWELL, D. S. L. *From Watt to Clausis*. New York : Cornell University Press, 1971.
- CHRISTOVÃO, H. T. e BRAGA, G. *Ciência da Informação e Sociologia do Conhecimento Científico: a intermaticidade plural*. Rio de Janeiro, 1997. (artigo submetido à publicação)
- CIBORRA, C. Alliances as learning experiments: cooperation, competition and change in hightech industries. In: MYTELKA, L. K. (Ed.) *Strategic partnerships: states, firms and international competition*. London : Pinter Publisher, 1992.

- CLARK, N. Similarities and differences between scientific and technological paradigms. *Futures*, p. 54-63, 1985.
- CLEGG, S. *Frameworks of power*. London : Sage, 1989.
- COHEN, W. E. , LEVINTHAL, D. innovation and learning: The two faces of R&D. *Economic Journal*, September 1989, p. 67-89.
- _____. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, n. 35, p. 128-152, 1990.
- COLLINS, H. M. *Changing order*. Chicago : The University of Chicago Press, 1985.
- _____. Tacit knowledge and scientific networks. In: BARNES, B. , EDGE, D. *Science in context: readings in the sociology of science*. Milton Keynes : The Open University Press, 1982. p. 44-64.
- _____. The TEA Set: Tacit knowledge and scientific networks. *Science Studies*, v.4, n.2, p. 123-156, 1974.
- COLLINS, R. *Weberian Sociological Theory*. Cambridge : Cambridge University Press, 1986.
- CONSTANT, E.W., II. *The Origins of the turbojet revolution*. Baltimore : John Hopkins University, 1980.
- COOMBS, R. *et al. Economics and technological change*. London : Macmillan Education, 1987.
- CRANE, D. *Invisible Colleges*. Chicago : The University of Chicago Press, 1972.
- _____. Social Structure of a group of scientists: A test of the Invisible College Hypothesis. *American Sociological Review*, v.34, p.335-352, 1969.
- DOSI, G. The Nature of innovative process. In: DOSI, G. et al. (eds.) *Technical change and economic theory*. London: Pinter, 1988.
- DOSI, G.,*et al. . Technology and enterprise in a historical perspective*. Oxford : Clarendon Press, 1992.
- DOSI, G. e EGIDI, M. Substantive and procedural uncertainty. An exploration of economic behaviour in changing environment. *J. Evol. Economics*, v. 1, p.145-168, 1991.
- DURKHEIM, E. *The elementary forms of religious life*. 2nd. ed. London : Unwin, 1976.
- ELLUL, J. *The Technological Society*. New York : Vintage, 1967.
- FAULKNER, *et al. Knowledge frontiers: public sector research and industrial innovation in biotechnology, engineering ceramics and parallel computing*. Oxford: Clarendon Press, 1995.

- FAULKNER, W. *Conceptualising knowledge used in innovation : a second look at science technology distinction and industrial innovation*. 43 p. mimeo. 1994a
- _____. *Understanding industry-academic research linkages: Towards an appropriate conceptualisation and methodology*. Edinburgh PICT Working Paper, n. 35, 1992.
- FERGUSON, E. The Mind's Eye : Non-verbal thought in technology. *Science*, v. 197, p. 827-836, 1967.
- FREEMAN, C. Networks of innovators: a synthesis of research issues. *Res. Pol.*, n. 20, p. 499-514, 1994.
- GEORGE, D. Revival! *Offshore*, p.32-106, 1996.
- GOFFMAN, E. *Encounters; two essays on the sociology of interaction*. Indianapolis: Bobbs-Merrill, 1961.
- GRANOVETTER, M. S. The Strength of weak ties. *American Journal of Sociology*, v. 78. p. 1360-80, 1973.
- HALLWOOD, C. P. *Transaction costs and trade between multinational corporations. A study of offshore oil industry*. Boston: Unwin Hyman, 1990.
- HAMILTON, A. *North Sea impact offshore oil and the british economy*. London : International Institute for Economic Research, 1978.
- HANKANSSON, H. *Industrial Technological Development. A network approach*. London : Croom Helm, 1987.
- HARVIE, C. *Fool's Gold. The story of North Sea Oil*. London : Penguin, 1994.
- HEINER, R. The origin of predictable behavior. *The American Economic Review*, v. 73, n. 4, p.560-595, 1983.
- HENSEN, R. L. ,*et al.* Evolution of subsea production systems: .a worldwide overview. ANNUAL OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, 26, Houston, 1994.
- HESSE, M. *The structure of scientific inference*. London: Macmillan, 1974.
- HODGSON, G. *Economics and institutions.: a manifesto for a modern institutional economics*. London : Polity Press, 1988.
- _____. *Economics and Evolution*. London : Polity Press, 1993.
- IMAI, K. J. *Globalization and cross-border networks of Japanese firms*. Artigo Apresentado na conferência "Japan in a Global Economy", Estocolmo, 1991.
- INGWERSEN, P. Conceptions of Information Science. In: VAKKARI, P e CRONIN, B. (Eds.) *Conceptions of Library and Information Science*. London : Taylor Graham, 1992.

- JOHNSTON, R. D. The Internal structure of technology. *The Sociological Review Monography*, n.18, p. 117-130
- KHAN, K. I. I. *Petroleum resources and development: economic, legal and policy issues for developing countries*. London : Belhowsen Press, 1987.
- KLINE, S. J. e ROSENBERG, N. An overview of innovation. In: National Academy of Engineering . *The positive sum strategy: harnessing technology for economic growth*. Washington : The National Academy Press, 1986.
- KNORR-CETINA, K. The micro-sociological challenge of macro-sociology: towards a reconstruction of social theory and methodology. In: KNORR-CETINA, CICOUREL, A. V. *Advances in social theory and methodology*. Boston : Routledge & Kegan Paul, 1980. p. 1-47.
- KROHN, W. *et al.* *The Dynamics of science and technology*. Boston : Reidel Publishing Company, 1978.
- KUHN, T. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: Chicago University Press, 1962.
- LANDAU, R. (Ed.) *The Nature of technological knowledge: are models of scientific change relevant?* Dordrecht : D. Reidel, 1984.
- LATOURETTE, B. *Aramis or the love of technology*. London : Harvard University Press, 1996.
- _____. Technology is society made durable. In: Law, J. (Ed.) *A sociology of monsters*. London : Routledge, 1991
- _____. *The Pasteurization of France*. Cambridge : Harvard University Press, 1988.
- LAVE, J. The Practice of learning. In: CHAIKLIN, S., LAVE, J. (Eds.) *Understanding practice: perspective on activity and context*. Cambridge : Cambridge University Press, 1993.
- LAW, J. Introduction: monsters, machines and sociotechnical relations. In: _____. (Ed.) *A sociology of monsters*. London : Routledge, 1991.
- LAW, J. Technology and heterogeneous engineering: the case of portuguese expansion. In: Bijker, W.E. *et al.* (Eds.) *The social construction of technological systems*. Cambridge: The MIT Press, 1989
- LAYTON, E. Technology as knowledge. *Technology and Culture*, n. 15, p. 31-41, 1974.
- _____. Conditions of technological development. In: Spiegel-Rosing, I. e Solla Price, D. *Science, Technology and Society. A cross-disciplinary perspective*. London : Sage, 1977, p.197-222.
- LUNDEVALL, B.A. *National systems of innovation*. London : Pinter, 1992.
- _____. Innovation as an interactive process. In: Dosi, G. *et al.* (Eds.) *Technical change and economic theory*. London : Pinter, 1988.

- MACDONALD, S. Formal collaboration and informal information flow. *Int. J. technology management: special issue on strengthening corporate and national competitiveness through technology*, v. 7, n. 1/2/3, p. 49-60, 1992.
- MACKAY, D. I., MACKAY, G. A. *The Political economy of North Sea oil*. London : Martin Robertson, 1975.
- MACKENZIE, D. "Micro" versus "macro" sociologies of science and technology. Edinburg : University of Edinburg, 1988. 15 p. (PICT Working Paper 2).
- MACKENZIE, D. e WAJCMAN, J. (Eds.) *The social shaping of technology*. Milton Keynes : Open University Press, 1985.
- MALERBA, F. Learning by firms and incremental technical change. *The Economic Journal*, n. 102, p. 845-59, 1992.
- MATERIALS ADVISORY BOARD, *Report of the Ad Hoc Committee on Principles of Research -engineering Interaction*. Washington : National Academy of Sciences, 1966.
- MATURANA, H. e VARELA, F. *Autopoieses and Cognition: The realisation of life*. Dordecht: D. Reidel, 1980.
- MAYR, O. the science-technology relationship as a historigraphic problem. *Technology and culture*, v.17, p. 663-672, 1976.
- METCALFE, J. S. Technology systems and technology policy in an evolutionary frame work. *Cambridge Journal of Economics*, v. 19, p. 25-46, 1995.
- METCALFE, J. S. e BODEN, M. Evolutionary epistemology and the nature of technology strategy. In: COOMBS, R. *et al.* (Eds.) *Technological Change and Firms strategy: economics and sociological perspectives*. London : Academic Press, 1992.
- MILLER, R. et al. Innovation in complex systems industries: the case of flight simulation, *Industrial and Corporate Change*, v. 4, n. 2, p. 23-48, 1995.
- MINAYO, M. C. S. *O desafio do conhecimento*. São Paulo : Hucitec, 1993.
- MORGAN, R. E. Cost reduction - The UK experience. *COST REDUCTION SEMINAR AND MISSION*. Rio de Janeiro, 1995.
- NELSON, R. The role of firms in technical advance: a perspective form evolutionary economics. In: DOSI *et al.* *Technology and enterprise in a historical perspective*. Oxford : Clarendon, 1992.
- NELSON, R. , WINTER, S. G. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge: Harvard University Press, 1982.
- _____. In search of a useful theory of innovation. *Research Policy*, v.6, p.36-76, 1977.
- NONAKA, I. e TAKEUCHI, H. *The knowledge-creating company*. New York : Oxford University Press, 1995.

- NORENG, O *The oil industry and government strategy in the North Sea*. London: Croom Helm, 1980.
- OECD. *Technology and the economy: the key relationships*. Paris, 1992.
 _____. *The conditions for success in technological innovation*. Paris, 1971.
- PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Res. Pol.*, v.1, n. 3, p. 343-73, 1984.
- PEREIRA, M. N. F. *Luz, câmera ... tecnociência em ação, natureza e sociedade em fabricação*. Rio de Janeiro, 1997. Tese de Doutorado em Sociologia. IUPERJ. Orientador: Simon Schwartzman
- PILE, J. F. *Design: purpose, form and meaning*. New York : W. W. Norton, 1979.
- PINCH, T. J.. e BIJKER, W.E The social construction of facts and artifacts: or how sociology of science and sociology of technology might benefit each other. BIJKER, W. E. *et al. The social construction of technological systems*. Cambridge : The MIT Press.
- POLANYI, M. *Personal knowledge*. Chicago : The University of Chicago Press, 1958.
 _____. *The tacit dimension*. London : Routledge & Kegan Paul, 1966.
- POPPER, K. *The logic of scientific discovery*. New York : Harper Torchbooks, 1968.
- PRICE, D. de S. *Little science, big science*. New York : Columbia University Press, 1963.
 _____. On the origin of the clockwork, perpetual motion devices and the compass. U.S. National Museum *Bulletin* 218, p. 81-112, 1959.
- PSTI. *Research and technology development for petroleum exploration and production : Asset challenges and RTD priorities*. Edinburgh, 1995.
- ROSENBERG, N. *Exploring the black box. Technology, economics and history*. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
 _____. *Perspectives on technology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1976.
 _____. Science, invention and economic growth. *The Economic Journal*, v.84, p.90-108, 1974.
- ROTHWELL, R. *Issues in user-producer relations: role of government*. In: Six Countries Programme Conference on User Producer Relations in the Innovation Process, Dipoli Congress Centre, Espoo, Finland, November 26-27, 1992.
- ROTHWELL, R. Industrial innovation: success, strategy, trends. In: DODGSON, M. , ROTHWELL, R. (Eds.) *The handbook of industrial innovation*. London : Edward Elgar, 1994.
- RURUP, R. Historians and modern technologies. *Technology and Culture*, v.15, p.

- 161-193, 1974.
- RUSH, H. *Comunicação informal*, 1997.
- SALOMON, J. J. *Science and politics*. Cambridge : The MIT Press, 1973.
- SARACEVIC, T. Information Science: origin, evolution and relations. In: VAKKARI, P. e CRONIN, B. (Eds.) *Conceptions of Library and Information Science*. London : Taylor Graham, 1992.
- SENKER, J. The contribution of tacit knowledge to innovation. *AI & Soc.*, n. 7, p. 208-224, 1993.
- SHERWIN, C. W. e INSENSON, R. S. Project Hindsight. *Science*, v. 156, 23/06/1967, p.1571-1577.
- SCHUMPETER, J. A. *The theory of economic development*. Cambridge: Harvard University Press, 1934.
- SIMON, H. A behavioral theory of rational choice. *Quartely Journal of Economics*, v. 69, p.99-118, 1955.
- _____. *Administrative Behavior. A study of decision-making processin administrative organization*. New York : Macmillan, 1959.
- _____. *The Sciences of Artificial*. Cambridge : MIT press, 1969.
- STEIER, F. (Ed.) *Research and reflexivity*. London : Sage, 1992.
- SORENSEN, K. H. e LEVOLD, N. Tacit networks, heterogeneous engineers, and Embodied technology. *Science, Technology and Human Values*, v.17, n.1, p.13-35.
- STINCHOMBE, A. L. , HEIMER, C. A. *Organisation theory and project management: administering uncertainty in norwegian offshore oil*. London: Norwegian University Press, 1985.
- VELHO, L. *Indicadores científicos: em busca de uma teoria*. Mimeo, 1989.
- _____. Como medir a Ciência? *Ver. Bras. De Tecnologia*, v.16, n.1, p. 35-41, 1985.
- VINCENT, W. G. *What engineers know and how they know it*. Baltimore : The John Hopkins University Press, 1990.
- von HIPPEL, E. *The sources of innovation*. New York: Oxford University Press, 1988.
- _____. Co-operation between rivals: informal know-how trading. *Research Policy*, v.16, n. 6, p. 34-52, 1987.
- VROMEN, J.K. *Economic evolution. An enquiry into the foundations of new institutional economics*. London : Routledge, 1995.
- WEINGART, P. The structure of technological change: reflections on a sociological analysis of technology. In: Laudan, R. (Ed.) *The nature of technological*

knowledge. Boston : Reidel Publishing, 1984.

WILLIAMS, R. e EDGE, D. the social shaping of technology: a review of recent Research in the UK. *Research Policy* v.25, p. 865-899.

WILLIAMS, R., RUSSELL, S. *Opening the black box and closing it behind you: on microsociology in the social analysis of technology*. Edinburgh : The University of Edinburgh, 1988. 82 p. (PICT Working Paper 3)

WILLIAMSON, O E. *Markets and hierarchies: analysis and antitrust implications*. New York: Free Press, 1985.

WOOMACK, J. P., JONES, D. T. , ROOS, D. *The machine that changed the world*. Oxford: Maxwell Macmillan International, 1990.

YERGIN, D. *The Prize. The epic quest for oil, money and power*. New York : Pocket Books, 1993.

ZEGVELD, W. e ENZING, C. *SDI and Industrial Technology Policy*. London : Francis Pinter, 1987.

8. Anexos

Um exemplo de um projeto de desenvolvimento de uma reserva
petrolífera

THE WEBSITE FOR THE OFFSHORE OIL AND GAS INDUSTRY



Current Projects and Developments

STATOIL

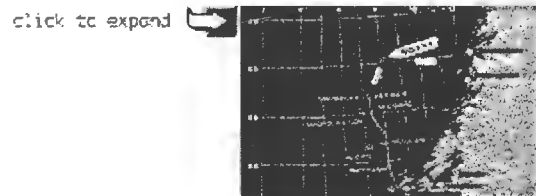
NORNE

The Norne field off mid-Norway ranks as Norway's most cost-effective offshore project to date. This status has been achieved by adopting new strategies for field development, devised by operator Statoil in co-operation with Norwegian industry and approved by the Norne licensees.

Physical construction work began on 10 March 1995, and the field is due to start production at the end of September 1997. Some 450 million barrels of oil will be recovered with the aid of 14 subsea production and injection wells tied back to a specially-designed ship.

Norne is one of the largest oil discoveries made on Norway's continental shelf over the past decade. Measuring roughly two kilometres by 10, the field lies in 380 metres of water some 200 kilometres from the mid-Norwegian coast.

"Norne Field location map."



"Norne Block 6608/10 schematic."



Development work was initiated in 1993, on the basis of two exploration wells drilled in 1991 and 1993 respectively.


Licensees in the field are Statoil (70 per cent - government's direct financial interest 55 per cent), Saga Petroleum a.s (nine per cent), Norsk Hydro Produksjon a.s (nine per cent), Enterprise Oil Norge Ltd (six per cent) and Norsk Agip A/S (six per cent). Statoil is the operator.

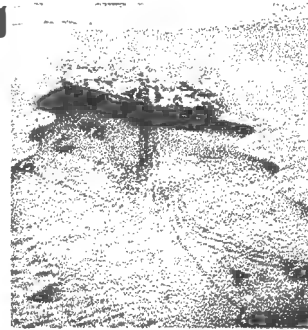
PRODUCTION AND STORAGE SHIP

This vessel is a turret-moored monohull equipped with production, storage and offloading facilities. Based on the Tentech 850 S design, it will weathervane around a turret attached to

the seabed by a 12-point mooring system.

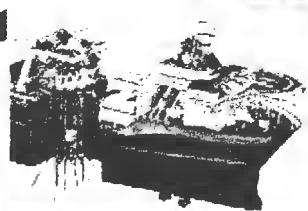
"Norne 6608/10 Floating Production and Storage Vessel (FPSO) and subsea perspective."

click to expand 



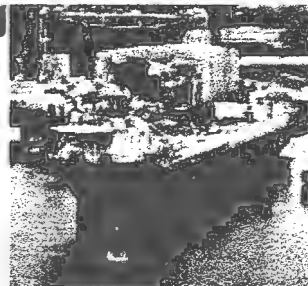
"FPSO Turret detail."

click to expand 



"The Norne FPSO vessel prior to topsides installation."

click to expand 



Processing facilities and power units are installed on deck, while oil will be stored in tanks in the hull before being loaded into shuttle tankers through an offloading system located aft.

The processing and utility systems will be fabricated as skid-mounted units by various suppliers, mainly in Norway.

Topside production systems and equipment are due to be placed on a deck 3.5 metres above the ship's cargo deck to provide an air gap required for safety reasons. These installations comprise the following elements:

- oil separation and produced water treatment
- gas separation and compression
- power generation
- water injection
- export metering
- chemical injection
- heating and cooling medium.

MAIN PROCESSING SYSTEM

The wellstream will be transferred via the swivel mounted in the turret to the inlet separator, operating at 15-20 bar. Oil from this separator is stabilised in a second separation unit operated at 1.5-2 bar before being transferred via a coalescer to a storage tank.

Gas from the second-stage separator is compressed in two stages and then mixed with gas

from the inlet separator. All the gas is then compressed in three stages to 280 bar for reinjection into the reservoir.

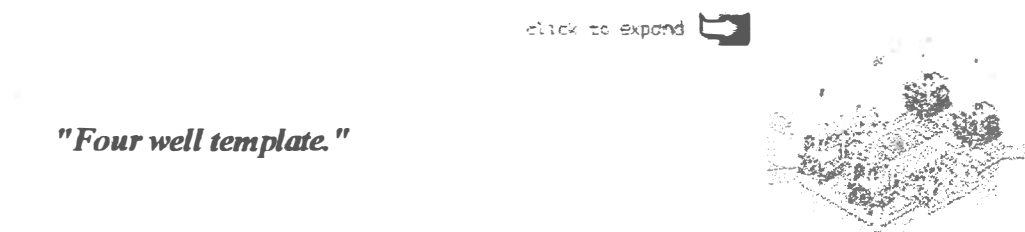
WATER INJECTION

Deaeration of injection water has been eliminated, since the presence of oxygen in the injected seawater is expected to stimulate reservoir productivity. Produced water will also be reinjected into the reservoir. Together with reduced use of chemicals owing to the elimination of deaeration, this solution will help to safe-guard the environment.

Injecting raw seawater together with the produced water has simplified the water injection system, but has required extensive use of high-quality materials.

SUBSEA SYSTEM

Subsea production facilities will comprise five well templates - three for production, one for water injection and one for combined gas and water injection. Each template has four slots and capacity to tie in additional satellite wells. Flexible flowlines and risers are specified.



A multifunctional umbilical will be used to control and monitor the subsea system, to distribute chemicals and hydraulic fluid, and to supply power.

The templates are being installed in northern and southern groups, placed about 4,000 metres apart. Water depth varies between 370 and 390 metres.

One production and one water injection template will make up the northern group. These installations are tied back to the production ship by two nine-inch production lines, one nine-inch water injection line and one control and service umbilical.

The southern group will comprise two production templates and the combined water/gas injection line and two control and service umbilicals.

Wells will be drilled and completed by a semi-submersible rig. The templates in each group are positioned so that the rig can enter all their slots without the need for anchor-handling.

NORNE RESERVOIR

Hydrocarbons in the Norne field are located in Lower to Middle Jurassic sandstones of good reservoir quality.

An oil zone of 110 metres thick and an overlying gas cap make up the hydrocarbon column. The reservoir is a flat structure with its crest about 2,525 metres below mean sea level (MSL).

Reservoir pressure is close to hydrostatic, with formation pressure of 273 bar and a temperature of 98°C at a reference depth of 2,639 metres below MSL. The oil/water contact is defined at 2,688 m.

"Norne Reservoir schematic."



Reserves in place are estimated to one billion barrels (160 million cubic metres) of oil and 29 billion cubic metres of free and associated gas.

Reservoir simulations and risk analysis suggest that the most likely estimate for recoverable reserves is 450 million barrels of oil and 15 billion cubic metres of gas.

Water and produced gas will be injected into the reservoir to maintain pressure. All wells - seven producers, five water injectors and two gas injectors - will run horizontally in the reservoir sections. Production wells are being positioned to delay gas and water breakthrough, thereby minimising gas and water production. Plateau production is expected to persist for about four years.

Should an attractive gas sales agreement be secured, the reservoir can also be drained efficiently with water injection alone.

OPERATION AND MAINTENANCE

The production ship will have a permanent crew of about 35-40 multi skilled employees under normal operating conditions. Experienced offshore personnel will be recruited from other platforms operated by Statoil.

Process and maintenance personnel will work as an integrated team to maintain the technical standard of the production facilities. When necessary, major maintenance work will be carried out by contractors and contracted service personnel.

The Norne vessel will be operated as a production platform in accordance with regulations laid down by the Norwegian Petroleum Directorate.

HEALTH, THE ENVIRONMENT AND SAFETY

Close attention is being paid to health, environmental and safety aspects in the Norne development. Safety studies have concluded that the chosen development concept meets all Statoil and official requirements. Statoil's concern for environmental protection becomes particularly important in northern sea areas with rich fish stocks and large bird populations. Experience from existing oil and gas fields will be combined with available new technology to ensure that Norne is produced in an environmentally-acceptable manner. Examples of health, environmental and safety measures being adopted for Norne include:

- reinjection of produced water
- high-quality materials in all piping systems, reducing the consumption and discharge of

chemicals

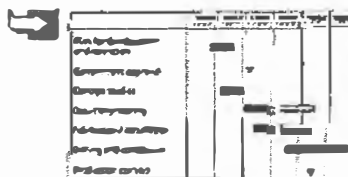
- use of low nitrogen-oxide burners when this technology becomes available
- collecting oil produced during well testing in special ships instead of flaring it
- environmental studies with the focus on climate, ergonomics and noise continuous risk monitoring and analysis on Norne
- installation of an evacuation concept that is considerably more accessible than those on existing production ships.

DEVELOPMENT PLANS

Main data for the production and storage ship:

• Length	260.2 m
• Breadth	41.0 m
• Depth	25.0 m
• Storage capacity (98% filling)	115 150 m ³
• Light weight	29, 510 tonnes
• Topside dry weight	7, 810 tonnes
• Total ship light weight	37, 320 tonnes
• Turret diameter	26.0 m
• Riser pull-in tubes	24
• Mooring lines	12
• Displacement, 18.7 m draft	146, 000 tonnes
• Displacement, 12.3 m draft	90, 050 tonnes
• Accommodation	120 persons
• Capacity	160, 000 b/d (25, 000 Sm ³ /d)
• Loading rate	50, 000 b/h (8, 000 Sm ³ /h)
• Production wells	7
• Water injection wells	5
• Gas injection wells	2

click to expand



"Norne Field Development Plan"

PERSONNEL IN THE INTEGRATED PROJECT ORGANISATION

- Statoil
- Kværner Engineering
- Maritime Tentech
- Aker Stord
- Simrad Norge

STATOIL'S CO-LICENSEES IN THE NORNE FIELD



PROJECT CONTRACTORS AND SUPPLIERS

Maritime Tentech - FPSO Design

Glamox International AS - Lighting Equipment

Kongsberg Offshore - Templates and Wellhead Equipment

Kongsberg Simrad AS - Dynamic Positioning

Alcatel Kabel Norge AS - Dynamic/Static Steel Tube Umbilicals

Oglænd System AS - Cable Support Systems

ABB Norsk Kabel - Dynamic Subsea and Topside Cables

Seatex AS - Navigation and Positioning Equipment

Frank Mohn Flatøy AS - Submerged Pumps and Systems

CRP Marine - Dynamic Bend Stiffeners

Stord Offshore AS - Pipe Workers

JDR Cable Systems - Xmas Tree Workover Umbilical Array

FireSeal Engineering AB - Fire Rated Penetration Seals

Norfass AS - Complete Fire Protection system for Topsides

Remora Electrical Limited - Cable Accessories

Boo Instrument AS - Telemetry Link - FASTLINK4000

Maritime Pusnes AS - Fairleads, Winches and Offloading Equipment

Kværner Process Systems - Complete Separator Train for FPSO

ESAB - Offshore Welding and Cutting Equipment

BuTech Pressure Systems - Valves, Fittings and Tubing

ICARUS - Valves

Pacson Valves Limited - Surface/Subsea Wellheads and Process Valves



Home Page



A-Z
Company
Index



Equipment
and Products



Current
Projects



Exhibitions
and
Conferences



Assoc's,
Gov't etc.

Access Count: 263609

Exemplos de 'Sistemas submersos de produção' (SS)

Fonte: Hansen et al. (1994)

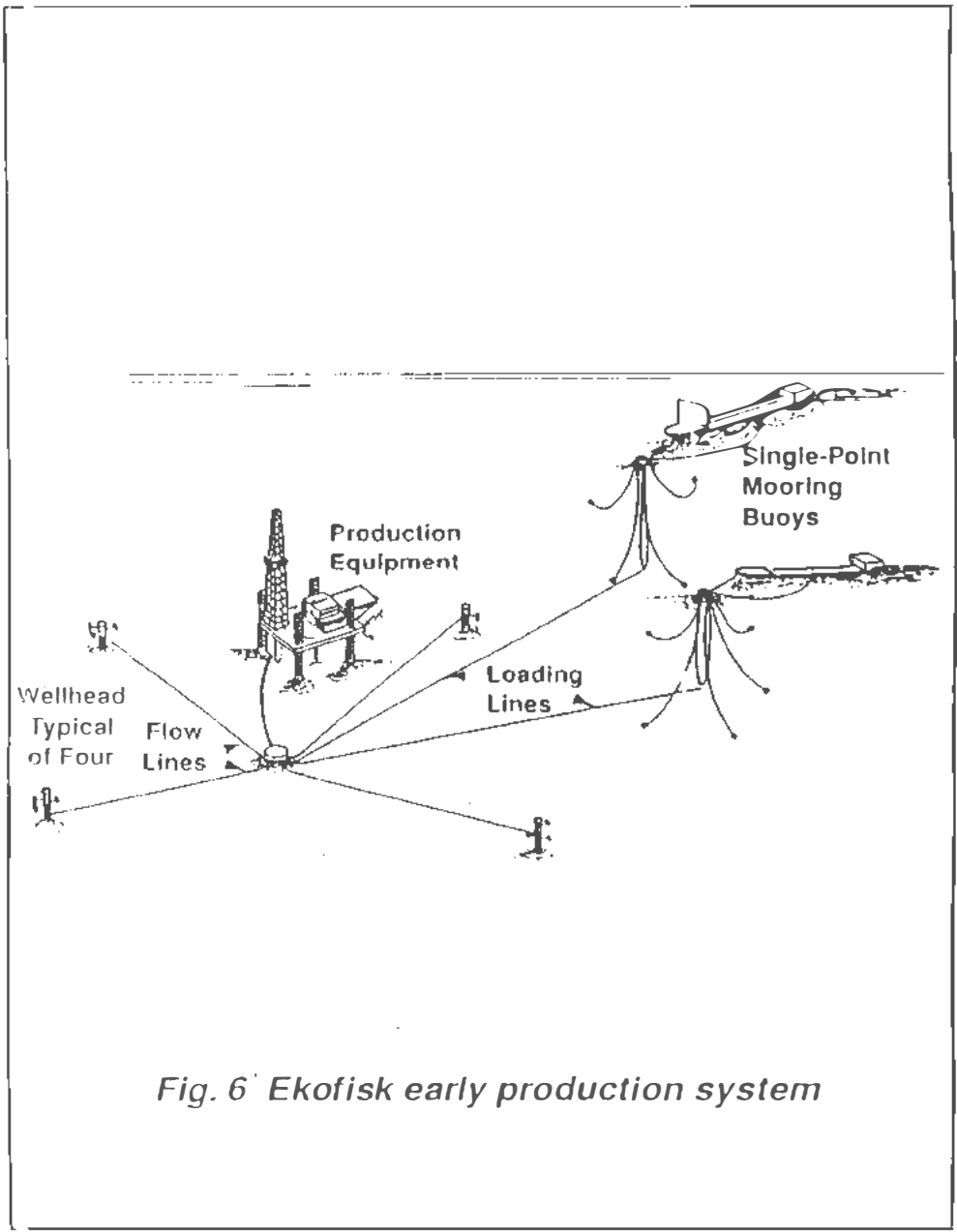


Fig. 6 Ekofisk early production system

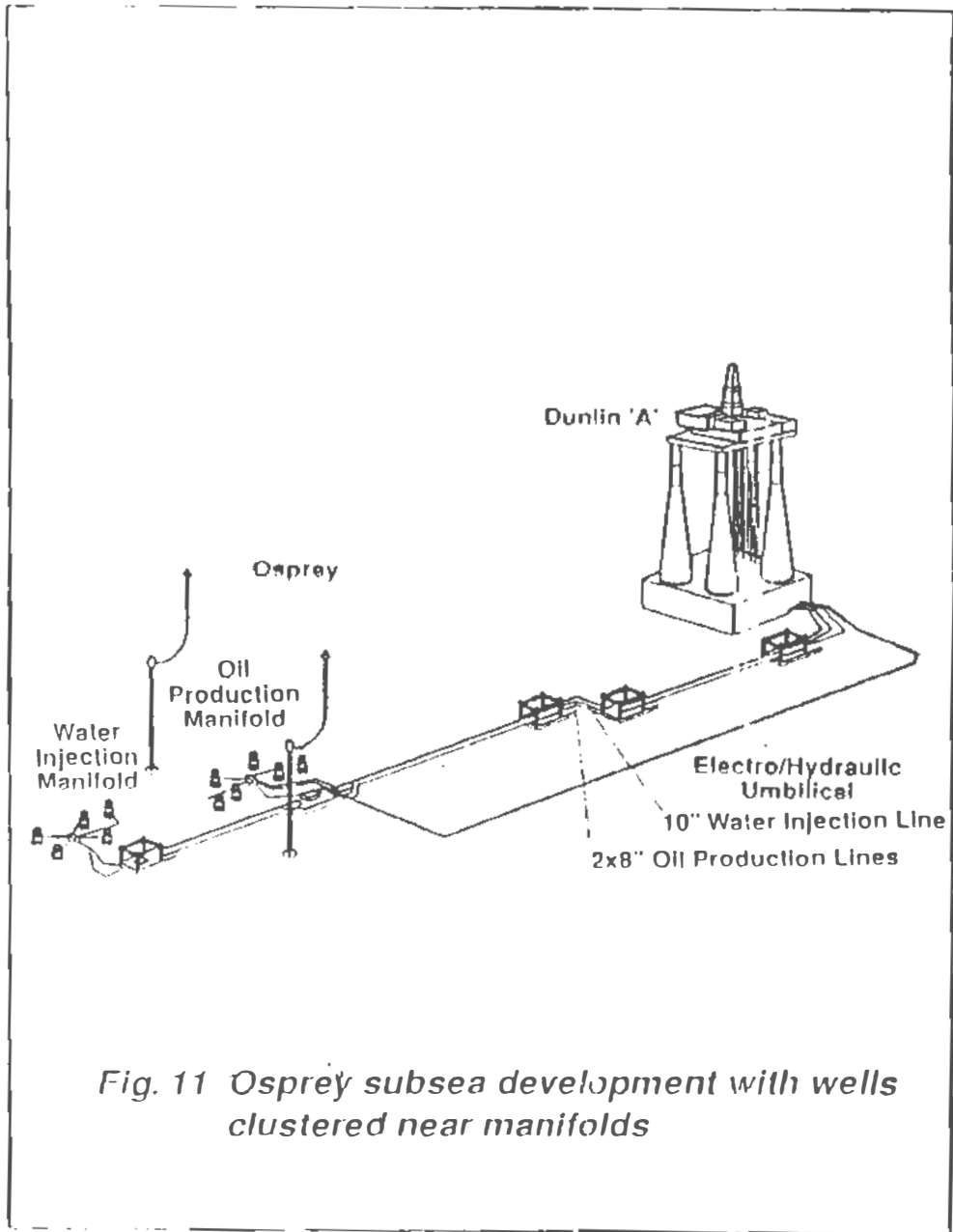


Fig. 11 Osprey subsea development with wells clustered near manifolds

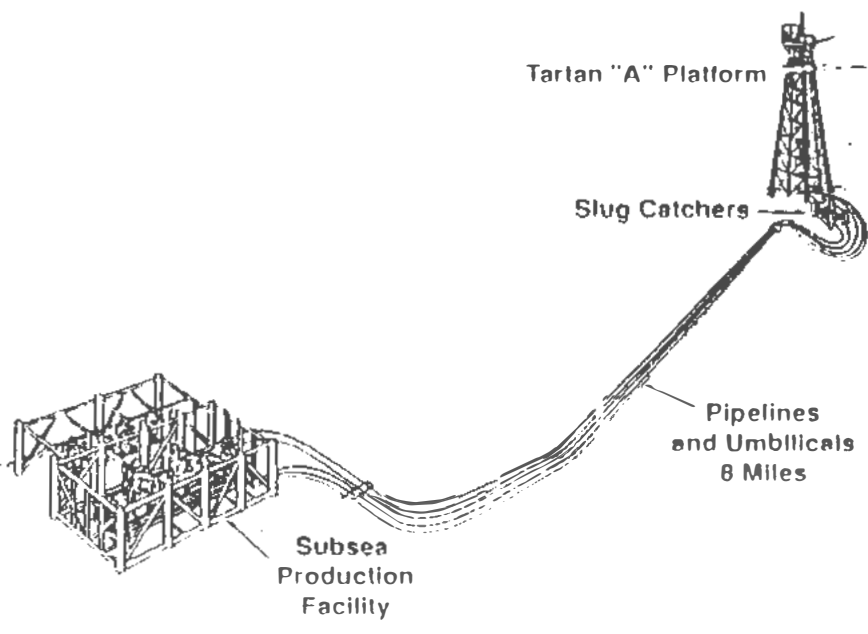


Fig. 9 Highlander subsea development