

Recuperação Avançada de Petróleo

Ana Paula S. Musse, Cristina M. Quintella

Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, Campus de Ondina, Salvador - BA - Brasil, CEP 40170-290
(anmusse@ufba.br)

Objetivo

Um dos objetivos desse trabalho é analisar as potencialidades, características e evolução das competências tecnológicas, traduzidas através de dados estatísticos de patentes, no que se refere aos métodos de recuperação avançada de petróleo (“*Enhanced Oil Recovery*” - EOR). Para tanto, serão apresentados os resultados empíricos obtidos relacionando, sempre que possível, com aspectos econômicos, políticos, e tecnológicos da indústria do petróleo.

Aspectos tecnológicos

No início da produção, muitos campos de petróleo possuem certa quantidade de energia suficiente para que os fluidos contidos sejam produzidos. Essa energia é denominada de energia primária, e está relacionada com os mecanismos de produção original tais como: gás em solução, influxo de água e capa de gás. Esta energia sofre um processo de depletação natural, devido à retirada e descompressão dos fluidos contidos no reservatório, e pelas resistências associadas às forças viscosas e tensões interfaciais durante o escoamento no meio poroso. Isso será refletido basicamente em dois aspectos: decréscimo de pressão e redução de produtividade.¹

Para minimizar os efeitos da dissipação de energia do reservatório, são empregados métodos de recuperação que podem atuar em duas linhas gerais: suplementar a energia através da injeção de fluidos em determinados poços; reduzir as resistências viscosas e/ou capilares por métodos especiais.

Historicamente, os métodos de recuperação de petróleo têm sido subdivididos basicamente em três estágios: primário, secundário e terciário, transmitindo uma idéia cronológica de intervenção da produção do reservatório. No entanto, essa seqüência cronológica não é

necessariamente aplicada, desejada ou mesmo eficiente. Por exemplo, a eficiência da recuperação primária é geralmente baixa, ou mesmo nula dependendo do mecanismo de produção, propriedades dos fluidos e interações rocha - fluido [Rosa, 2006; Schumacher, 1978; Babadagli, 2003]. Em alguns reservatórios, principalmente os de óleos pesados, altamente viscosos, pode ser que a energia primária não seja suficiente ou economicamente viável para a produção e, freqüentemente, não são susceptíveis a métodos convencionais.

Por tais situações, o termo recuperação terciária foi sendo substituído por recuperação avançada. Na literatura em inglês são comuns os termos “*enhanced oil recovery*” (EOR) e “*improved oil recovery*” (IOR), sendo que o segundo é empregado em um contexto mais amplo, englobando além de EOR, atividades de gerenciamento. Neste trabalho, nós estamos contemplando apenas os EORs.

A literatura, tradicionalmente, classifica os métodos de recuperação avançada em quatro grandes grupos: métodos térmicos, métodos miscíveis, métodos químicos e métodos microbiológicos.

A escolha do método depende de fatores como as características do reservatório, natureza do óleo, quantidade de óleo “*in place*”, evolução do campo de acordo com a produção passada. Essas diversidades, levam ao desenvolvimento de diferentes processos de EORs, que devem ser considerados para implementação.

Embora alguns métodos de recuperação avançada tenham sido aplicados com sucesso em campos de petróleo [van Poolen, 1980], a sua aplicabilidade tem sido pesadamente penalizada pelos altos custos de investimentos com produtos químicos injetados e equipamentos. A redução desses custos é uma das principais metas para a ampla aplicação dessa tecnologia.

Escopo*Levantamento dos dados*

Os dados referentes às patentes utilizadas neste trabalho foram obtidos através dos endereços eletrônicos dos institutos de propriedade intelectual, e escritórios de patentes específicos. Nestas bases de dados, a visualização das patentes é disponibilizada mediante preenchimento dos critérios de busca, tais como: palavras - chaves, inventores, classificações, número do depósito da patente, data de depósito e país. A pesquisa foi conduzida utilizando os registros dos documentos depositados em três das principais bases de dados para identificação de patentes: Escritório Americano de Patentes (United States Patent and Trademark Office - USPTO) dos Estados Unidos [USPTO, 2007], a base do Escritório Europeu de Patentes (European Patent Office - EPO) [EPO, 2007], e Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) [INPI, 2007] do Brasil. Essas fontes foram selecionadas pela abrangência do acervo e gratuidade de acesso.

Observa-se que cada base de patentes fornece “online” documentos de um dado período. Estes não apresentam restrições a consultas, no entanto documentos anteriores a essas datas são possíveis através da consulta aos bancos de patentes privados ou na biblioteca do próprio órgão.

Acesso a bases de dados

Após definição das bases de dados, a segunda etapa de desenvolvimento do trabalho consistiu na elaboração dos critérios de busca.

Com objetivo de realizar o mapeamento tecnológico das técnicas de recuperação de petróleo através dos métodos de injeção foram avaliados os documentos depositados a partir de 1890.

Quanto à identificação dos campos tecnológicos, vale uma ressalva. A literatura específica sobre identificação de competências tecnológicas em corporações, através da análise de patentes, ⁸ de modo geral define primeiramente os campos tecnológicos da Classificação Internacional de Patentes (IPC) a serem utilizados, e em seguida iniciam o levantamento das patentes relacionadas ao tema. Neste trabalho, a escolha desse campo ocorreu de maneira inversa, por dois motivos:

- Visando superar os problemas associados à elevada desagregação das classificações, mencionado anteriormente.

- Buscas inicialmente realizadas através dos códigos IPC, somadas às limitações das bases de dados (ao que se refere aos operadores para refino da busca), apresentaram uma quantidade de documentos operacionalmente inviáveis para análise, considerando as ferramentas disponíveis. Apenas para exemplificar, a Tabela 1 apresenta alguns dos resultados preliminares obtidos.

Desse modo foi efetuada uma extensiva busca por palavras chaves no “*abstract e full text*” usando sinônimos para petróleo em combinação com palavras associadas à recuperação, e injeção. Inicialmente foi realizada uma busca com: *recover* and (petrol* or crude-oil) and inject**

Tabela 1: Resultados obtidos a partir da busca utilizando código IPC.

<i>Código IPC</i>	<i>Resultado da Busca</i>
E21B43/16	13553
E21B43/20	2304
E21B43/18	949
E21B43/14	2121
E21B43/24	5207
E21B43/30	2560

Isso restringiu a análise para 915 patentes. Foram analisados, o resumo (*abstract*) de cada patente ocorrendo em alguns casos a leitura do documento na íntegra.

Quanto às limitações de acesso, os campos foram especificados na medida do possível, os documentos repetidos foram eliminados de modo a não ocorrer dupla contagem. Também foram desconsiderados no levantamento dos documentos de patentes relacionados a outras áreas. Ao final, o número de patentes restantes após essa análise preliminar limitou-se a 519 documentos. Entretanto, diante da quantidade e complexidade dos dados, a metodologia adotada não elimina completamente a

possibilidade de que a busca e a conferência apresentem algum equívoco.

Os campos tecnológicos que foram determinados com base nos resultados desta busca, ou seja, as patentes obtidas através da “*query*” citada tiveram sua classificação analisada. A Tabela 2 mostra a descrição dos principais campos tecnológicos obtidos nesse levantamento [Cantwell, 1999].

Para a análise estatística, esses campos foram agregados de forma a termos na análise global dos principais inventores, firmas e países líderes em tecnologia de recuperação de petróleo, o número anual de patentes depositadas e demais avaliações.

Tabela 2: Classificação dos principais campos tecnológicos referentes a recuperação de petróleo, obtidos nesse trabalho.

<i>Código</i>	<i>Descrição do Campo</i>
E21B43/00	Métodos ou aparelhos para obter óleo, gás, água, matérias solúveis ou fundíveis ou de lama minerais de poços.
E21B43/16	Métodos intensificados de recuperação para obtenção de hidrocarbonetos.
C09K8/58	Composição para perfuração de poços; composição para tratamento de poços, para completação ou para tratamento.
E21B43/24	Utilizando calor, por ex., injeção de vapor.
C09K8/584	Caracterizado pelo uso de surfactante.
C09K8/60	Composição para produção estimulada de formações
E21B43/22	Emprego de produtos químicos ou de atividade bacteriana.
E21B43/20	Deslocamento pela água.
E21B43/30	Distribuição específica de poços, por ex., otimização do escapamento de poços.
C09K8/588	Caracterizado pelo uso de polímero específico.

Na contabilização das patentes depositadas por cada empresa foram incluídas as patentes obtidas por suas subsidiárias. Assim, as empresas que possuem “subsidiárias” para sua área de P&D têm os resultados destas atividades inovativas incluídas em suas estatísticas.

Os dados a seguir representam a consolidação das informações coletadas nas diferentes bases de patentes, utilizando a metodologia de busca apresentada nas seções anteriores. Foram

analisadas patentes depositadas no período de 1945 a 2005 pelas empresas privadas, instituições de pesquisa e independentes neste campo tecnológico.

A evolução do depósito anual de patentes em recuperação de petróleo (Figura 1) é um dos inúmeros fatores, que nos permite avaliar o cenário de desenvolvimento das pesquisas dessa tecnologia no mundo, e obviamente está relacionado não só a aspectos técnicos, mas a fatores políticos e econômicos.

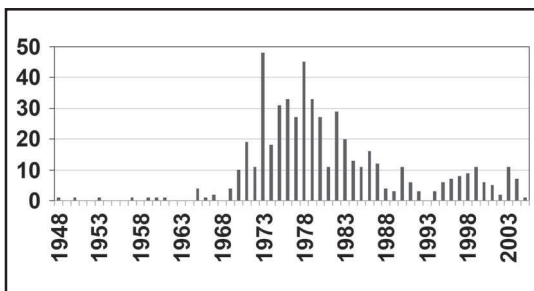


Figura 1: Evolução anual do número de patentes de recuperação avançada de petróleo depositadas por ano de prioridade.

Pode-se observar que até 1970 a média de patentes depositadas era aproximadamente de 2,2 patentes anuais. Neste período as grandes indústrias petrolíferas, de modo a atender a demanda mundial, concentravam todos os esforços nas bacias de petróleo do Oriente Médio, cujo óleo era essencialmente o petróleo árabe leve, de altíssimo grau API, com elevada produção e baixíssimo custo de produção.

Nas décadas de 70 e 80, verifica-se um aumento significativo no número de depósitos de patentes em recuperação de óleo. Em 1973, o indicador de patentes anuais cresceu de maneira quase que exponencial, alcançando um pico de 48 patentes, o que representou um aumento de 130% comparado à média da década anterior.

A justificativa para esse aumento tão expressivo do número de depósitos nesse período está associada, muito provavelmente, às duas grandes crises do petróleo. No primeiro grande choque do petróleo levou, em outubro de 1973 (quando eclodiu a guerra entre Israel, Egito e Síria), os países exportadores do Oriente Médio a aumentarem o preço do barril do petróleo árabe leve de 2,48 para 3,29 dólares. Em dezembro desse mesmo ano ocorreu um novo aumento elevando o preço do barril para 11,65 dólares.

O segundo choque foi provocado essencialmente por motivos políticos. A revolução islâmica, com a deposição do Xá Reza Pahlevi e ascensão do Aiatolá Khomeini, retirou do mercado 6 milhões de barris de petróleo iraniano, o que impulsionou o aumento do petróleo árabe leve de 14,02 dólares em 1978 para 31,61 dólares em 1979 no auge da crise [OMPI, 1999]. Neste

mesmo ano foram depositadas 45 patentes em recuperação de óleo cru.

O lucro da indústria petrolífera mundial que até então se concentrou no processamento do óleo barato do Oriente Médio em refinarias dos países desenvolvidos, e sua distribuição para os países importadores de derivados, que pagavam preços elevados por esses produtos, tiveram sua margem de lucro comprometida tanto pelos sucessivos aumentos do petróleo árabe leve, como pela estatização das empresas de petróleo atuantes nos países da OPEP. Nesse contexto, as grandes corporações passaram a investir em tecnologia para a extração/produção de petróleo em regiões promissoras, bem como o aumento da produção de petróleos mais pesados e de menor valor comparados ao petróleo árabe. Portanto, verifica-se que nos anos de maior turbulência no mercado internacional, com conseqüente aumento do preço do barril de petróleo, foi o momento dos maiores saltos no número de patentes depositadas anualmente (Figura 2). Os esforços nesse segmento colaboram para a tese de que as altas de preço do petróleo é um dos fatores que incentivaram o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos projetos de recuperação [BP,2007] e de que muitas inovações representam à resposta a necessidade do mercado, resultando em novos projetos e produtos [Archibugi, 1996].

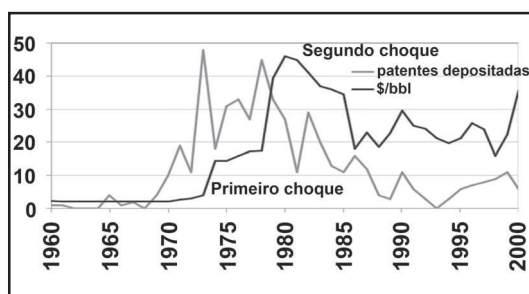


Figura 2: Comportamento anual do preço do petróleo versus o número de patentes depositadas.

Em 1986, a Arábia Saudita passou a adotar os contratos “netback” para estipular o preço do barril de petróleo, ou seja, o valor do petróleo era determinado pela diferença entre o preço dos derivados no mercado e o custo de refino.

Com isso, a produção de petróleo desse país aumentou significativamente, forçando a queda do preço do óleo árabe leve no mercado. Essa fase ficou conhecida como pós - choque, e podemos observar na Figura 2, que nesse período houve uma diminuição do número de patentes depositadas em métodos de recuperação. O pós-choque comprometeu os campos de petróleo cujo custo de desenvolvimento era mais elevado e de maior risco, como os campos do mar do Norte.

No final da década de 80 ocorreu uma “estabilização” do número de documentos depositados, com uma média de 6 patentes anuais. Essa tendência pode ser entendida como um reflexo das crises do petróleo, que foram responsáveis por uma mudança drástica no padrão estratégico da indústria do petróleo, e marcam uma reorientação em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias nesse setor: disputa entre as “sete irmãs” ou “majors” pelas reservas de petróleo representativas mundialmente, inclusive em regiões onde o custo de produção era mais elevado, e principalmente o direcionamento dos investimentos para exploração “offshore”, desenvolvimento de campos produtores pelos países importadores de petróleo visando diminuir a vulnerabilidade nesse segmento, busca de outras fontes de energia, principalmente gás natural e o desenvolvimento de fontes de energias renováveis.

É possível ainda estabelecer uma discriminação considerando o panorama de desenvolvimento tecnológico. Foram identificados os principais atores envolvidos no processo de desenvolvimento dos métodos

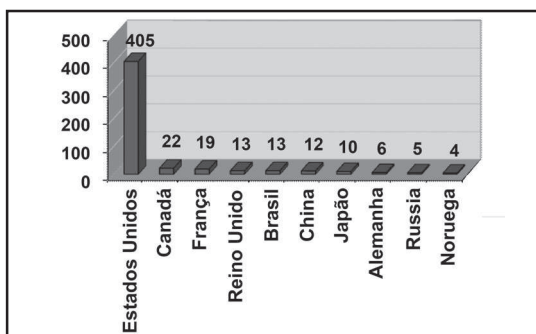


Figura 3: Evolução do número de patentes apropriadas pelos principais países depositantes no período de 1945 - 2005.

de recuperação de petróleo e realizada a comparação entre os mesmos. O gráfico da Figura 3 apresenta o número de patentes com direitos apropriados, ou seja, cujos “royalties” e demais direitos estão assegurados pelos dez principais países depositantes dessa tecnologia. Os Estados Unidos detêm o maior número de patentes em métodos de recuperação com 405 patentes, seguido pelo Canadá com 22 patentes. Em percentuais, a participação dos Estados Unidos equivale a 79%.

É nítida a vantagem tecnológica dos Estados Unidos ao que se refere aos métodos de recuperação comparada aos demais países detentores de patentes nesse segmento. Essa superioridade apresentada é decorrente da própria origem e evolução da indústria petrolífera. Vale ressaltar que as grandes indústrias de exploração e produção eram originalmente americanas, e essas corporações dominaram o mercado de combustíveis e demais derivados por mais de meio século, portanto, estando à frente da corrida tecnológica em várias linhas da cadeia do petróleo, sendo as mais afetadas com os choques, visto que o do Oriente Médio já não estava disponível a baixos custos de produção e foram obrigadas a investir em novos campos em regiões onde a exploração era mais cara, como Alasca, e na produção de óleos pesados como dos Estados Unidos, Venezuela, e Canadá. Essa observação pode ser verificada na Figura 4, onde é evidenciado o aumento de depósitos de patentes em métodos de recuperação de petróleo com direitos apropriados pelos Estados Unidos, justamente no período correspondente as duas grandes crises do petróleo.

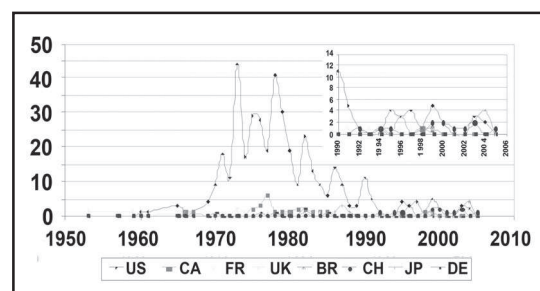


Figura 4: Evolução do número de depósito de patentes em recuperação de petróleo, pelos principais países depositantes.

Quanto à natureza da titularidade, nesse trabalho foram identificados 155 detentores de patentes distintos, representados por 15 países, apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Detentores de patentes em métodos de recuperação de petróleo.

País	Detentores	Nº de Patentes
Estados Unidos	86	405
Canadá	12	22
França	8	19
Reino Unido	11	13
Brasil	3	13
China	12	12
Japão	7	10
Alemanha	2	6
Rússia	5	5
Noruega	2	4
Hungria	2	2
México	2	2
Espanha	1	1
IPO EUA/África	1	1
Suécia	1	1

Tabela 4: Universidades e Institutos de P&D detentores de patentes em métodos de recuperação de petróleo.

Instituição	Origem	Nº Patentes
Institute Francais Du Petrol	França	9
University of Southern California	EUA	2
Agency of Industrial Science and Technology	EUA	1
IIT Research Institute	EUA	1
Gas Technology Institute	EUA	1
University of California	EUA	1
Board of Trustees of the Leland Stanford Junior University	EUA	1
Instute of Geology Science Shengl	China	1
Universidade Estadual de Campinas	Brasil	1

São caracterizadas como titulares as empresas particulares, pessoas físicas, universidades e institutos de pesquisa e desenvolvimento. Na Figura 5 é apresentado o perfil da titularidade em patentes relacionadas a métodos de recuperação.



Figura 5: Detentores de patentes em métodos de recuperação de petróleo.

Verifica-se um percentual elevado de participação de independentes comparadas a Universidades e instituições de pesquisa, o que pode estar relacionado, de modo geral, à maior tendência de publicação de artigos científicos por parte dos pesquisadores [Gordon, 2000]. Foram oito as instituições de P&D encontradas como detentoras de patentes nesse segmento. Entre as universidades e Institutos de pesquisa, destaque para o Institute Francais Du Petrol e para as universidades dos Estados Unidos (EUA), como pode ser observado na Tabela 4.

Entre as empresas estrangeiras, sobressai-se a liderança dos Estados Unidos. Doze dos quatorze maiores depositantes de patentes em métodos de recuperação são empresas privadas de origem nos EUA (Figura 6).

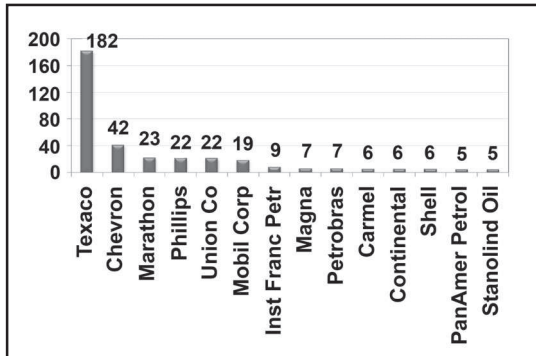


Figura 6: Principais detentores de patentes em métodos de recuperação de petróleo.

Interpretando o número de patentes depositadas como indicador de inovação, nitidamente a Texaco é a empresa com maior contribuição inovativa (182 patentes). Vale ressaltar que Texaco, Chevron, Shell e Mobil eram constituintes das “sete irmãs”, portanto, estando à frente dos processos de desenvolvimento nas áreas de exploração e produção de petróleo. A Petrobras aparece em sétimo lugar ao lado da Magna Co.

Avaliando com mais detalhes a evolução dos depósitos de patentes pelas principais empresas (Figura 7), o maior número de depósitos em métodos de recuperação ocorre justamente entre os dois grandes choques da indústria petrolífera. O que confirma a hipótese de que, nos momentos de incerteza e desequilíbrio, surgem oportunidades para as empresas obterem vantagens competitivas através de inovações.

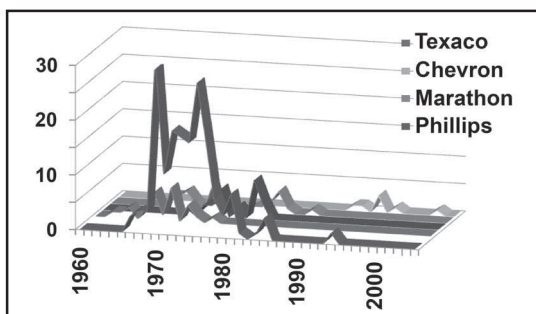


Figura 7: Número de patentes depositadas em recuperação de petróleo pelas principais empresas.

O gráfico de patentes totais acumuladas por empresa (Figura 8) demonstra que existe uma grande heterogeneidade, entre as principais empresas depositantes no que se refere aos esforços nas atividades inventivas desse ramo da tecnologia.

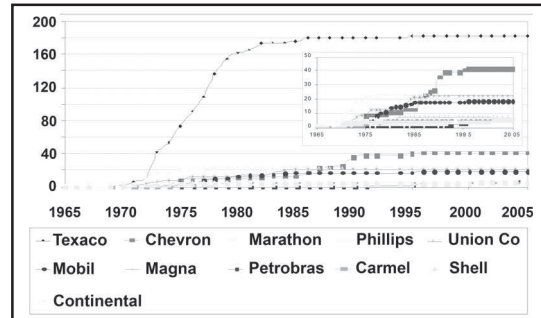


Figura 8: Número de patentes acumuladas em recuperação de petróleo.

Embora a Marathon Co tenha iniciado o processo de registro de patentes nessa atividade, não conseguiu sustentar a liderança estagnando o número de depósitos de patentes a partir de 1973, justamente no período em que suas concorrentes Chevron e Texaco, investiam consideravelmente em tecnologias de recuperação.

A Texaco, maior licenciadora de tecnologia de recuperação avançada de petróleo, destaca-se por ter começado o patenteamento anual apenas em 1970, assumindo a liderança no número de patentes depositadas em 1973, mantendo um ritmo de crescimento anual do número de depósitos de 16 patentes anuais na década de 70. Tal fato indica que a Texaco obteve um número anual de patentes em recuperação avançada muito superior as suas concorrentes, em um período de mudanças nos paradigmas tecnológicos do setor, o que colabora com a suposição de que esta empresa lidera a corrida tecnológica neste setor.

A Phillips, Union e Continental começam a patentear também no início da década de 70, muito provavelmente incentivadas pela alta do preço do petróleo e conseqüente possibilidade de lucros extraordinários com a produção de óleos “menos nobres” do que o árabe leve. No entanto, o crescimento no número de depósitos foi pouco expressivo e nos primeiros anos da década de 80 essas

empresas não continuaram com o desenvolvimento inovativo nesse segmento. A Petrobras começou a registrar patentes no que se relaciona com as atividades de recuperação de óleo cru a partir de 1992, tendo por isso acumulado um número de patentes muito baixo nesse ramo tecnológico (7 patentes). Essa entrada tardia ocorreu muito provavelmente por dois motivos. O primeiro trata-se da própria trajetória de desenvolvimento da indústria petrolífera brasileira, recente comparada à história da indústria do petróleo. No período dos choques do petróleo, embora o Brasil importasse óleo cru e derivados para suprir a demanda do mercado interno, produzia basicamente petróleo do Recôncavo Baiano, um óleo altamente parafínico (alto grau API) cujo reservatório não havia, se quer, atingido o estágio de maturidade. E o segundo aspecto, possivelmente está atrelado aos esforços governamentais brasileiros nas décadas de 70 e 80, terem sido direcionados a redução da importação de petróleo e derivados, através de programas como o Proálcool, e ao aumento da produção de petróleo pela estatal, investindo basicamente na exploração e produção *offshore* (descoberta da Bacia de Campos), o que foi determinante para os desenvolvimentos tecnológicos da Petrobras na fase de exploração e produção de petróleo em águas profundas.

Na verdade até a década 70 principalmente, as “sete irmãs” sempre se inter-relacionaram de modo a criarem uma barreira à entrada de novas competidoras nas atividades de exploração e produção de petróleo. No entanto, baseado nos dados obtidos nesse trabalho, essas empresas depositaram as patentes em recuperação de avançada de petróleo, sozinhas não em conjunto com alguma outra firma.

O controle das atividades petrolíferas pelas “majors” sofreu um incontestável declínio a partir de 1975. Daí em diante a indústria do petróleo apresenta uma característica crescente de desintegração. O gráfico da Figura 9 mostra a evolução da presença dos “entrantes” nesse segmento. Nesse trabalho,

consideramos como “entrantes” as empresas privadas que apresentaram um número de depósitos de patentes com frequência acima de 2 em recuperação de petróleo.

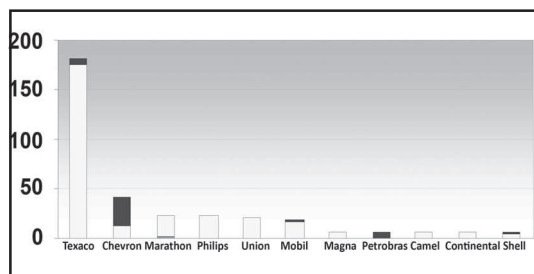


Figura 9: Participação de “entrantes” em métodos de recuperação de petróleo.

Podemos verificar que apenas a Petrobras estaria classificada como um entrante neste contexto, o que possivelmente está associado à crescente produção de petróleo pesado nacional e consequente necessidade de métodos de extração mais eficientes. Analisando com mais detalhes o número de depósitos de patentes entre os anos de 2000 a 2005, não considerando as patentes originadas das grandes corporações, destacam-se as empresas de origem chinesa, mais especificamente sete de trinta e duas patentes (Figura 10), o que corresponderia a uma participação de 24% nesse período.

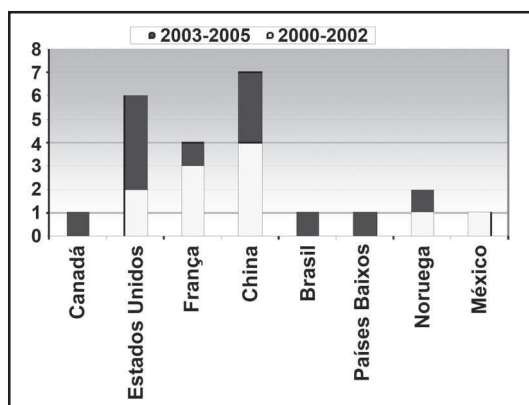


Figura 10: Patentes depositadas por independentes e empresas de menor porte pelo período entre 2000 a 2005.

Essa participação da China pode ser atribuída ao fato do próprio crescimento econômico desse país nos últimos anos. Além disso, atualmente é o segundo maior consumidor de petróleo e possui a segunda maior capacidade

de refino instalada. Sua política nacionalista favorece os investimentos em exploração de petróleo e como, de modo geral, o petróleo chinês é considerado um óleo pesado, isso torna-se um fator propulsor do desenvolvimento de métodos de recuperação avançada.

Foram identificados 552 inventores distintos depositários de patentes, sendo 538 estrangeiros (97%) e 14 brasileiros. Os principais inventores e a proporção quanto ao número de patentes depositadas em recuperação de petróleo são apresentados na Figura 11. Ressalta-se que os quatro maiores depositantes de patentes faziam parte do quadro corporativo da Texaco.

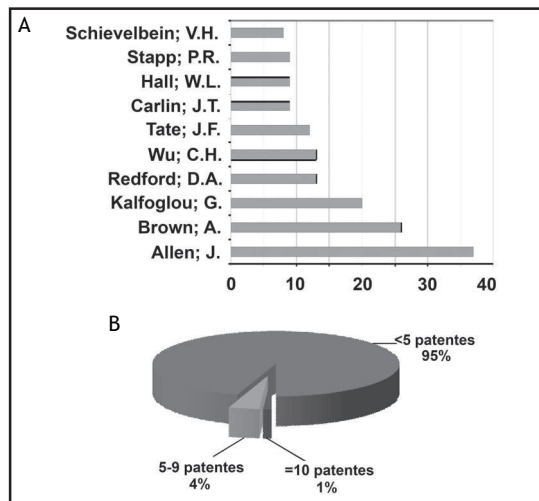


Figura 11: (A) Inventores com maior número de patentes. (B) Percentagem de inventores com número definido de patentes.

Embora o critério de pesquisa adotado nesse trabalho tenha sido baseado inicialmente na utilização de palavras-chaves, faz-se necessário abordar sucintamente os resultados da classificação de patentes referentes a métodos de recuperação obtidos utilizando esta estratégia de busca. A classificação IPC possibilita obter informações a respeito das áreas de pesquisa e aplicações. Pode-se utilizar a classificação internacional limitada nos primeiros 4 dígitos, para termos uma visão geral das diferentes áreas de pesquisa e aplicação, ou utilizar o código internacional com os 8 dígitos o que seria mais preciso. No gráfico 12 (Figura 12), é apresentado o histograma com os principais

códigos identificados nesse trabalho. O código E21B43/16 é o que mostrou uma maior ocorrência e refere-se a especificamente a métodos intensificados de recuperação de hidrocarbonetos. Nesta mesma classe os códigos E21B43/22 e E21B43/24 direcionam-se respectivamente a pesquisas com emprego de produtos químico e calor em recuperação de hidrocarbonetos.

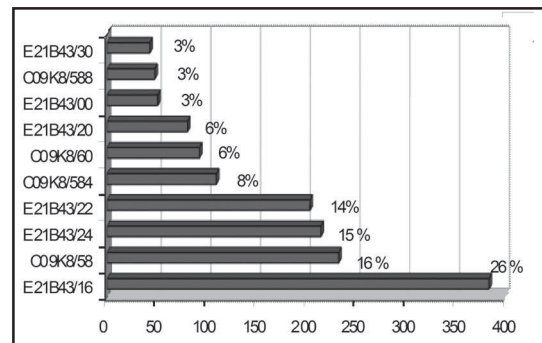


Figura 12: Histograma das principais códigos IPC envolvidos nas patentes selecionadas.

Quando avaliamos os dados acumulados da evolução de depósitos de patentes, considerando o código IPC, observa-se que não houve uma mudança do “rumo” tecnológico. A partir de 1970, métodos classificados como E21B43/16 mantiveram-se na liderança do desenvolvimento dessa tecnologia (Figura 13).

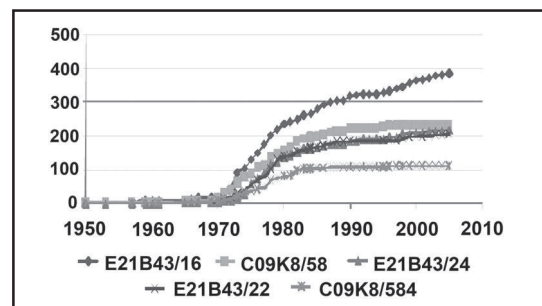


Figura 13: Avaliação de mudança de rumo tecnológico, baseado no código IPC.

Relacionando os principais inventores com a classificação da tecnologia das patentes depositadas, podemos avaliar quais inventores pesquisam o mesmo tema (Figura 14). No levantamento das patentes depositadas no segmento de recuperação de petróleo, um dos aspectos avaliados foi o tipo de óleo a que os documentos referiam-se. Os dados estão

apresentados na Figura 15, onde é possível verificar que a maior parte das patentes estão direcionadas à aplicação generalista, isto é, nos documentos é mencionada apenas a designação de óleo cru.

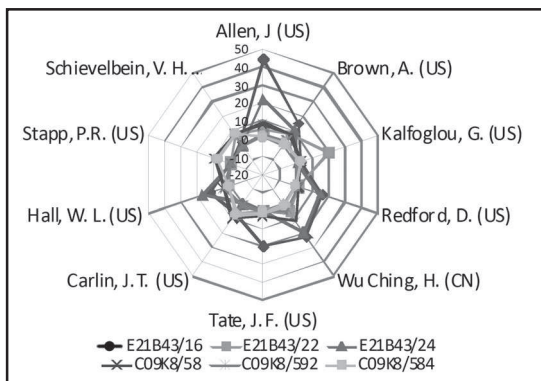


Figura 14: Inventores versus classificação.

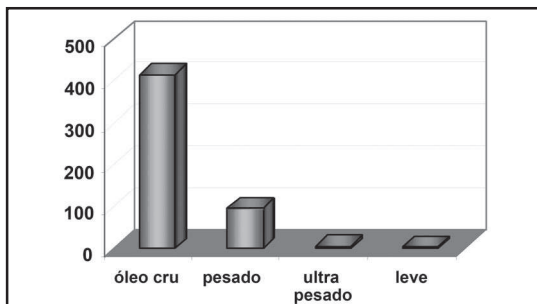


Figura 15: Número de patentes versus o tipo de petróleo.

Quanto à frequência de documentos referentes à recuperação de petróleos pesados, a evolução do registro de patentes desse segmento

tecnológico (Figura 16), colabora com a suposição de que o processo de patenteamento assim direcionado foi incentivado pelas crises do petróleo e conseqüente exploração de campos de petróleo de baixo grau API, como é o caso dos óleos da Venezuela e Canadá.

Avaliando os documentos encontrados, especificamente sob o aspecto das classificações dos métodos de recuperação, verificamos a superioridade do número de depósitos referentes a métodos de recuperação terciária ou métodos especiais de recuperação (Figura 17).

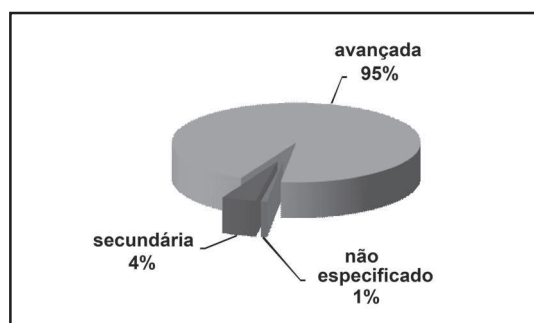


Figura 17: Distribuição percentual de patentes depositadas em função da classificação dos métodos de recuperação.

Esse cenário contribui para a tese de que as crises de energia e a ausência de candidatos a métodos de recuperação convencionais podem ser razões importantes para o desenvolvimento de métodos especiais de recuperação [Rosa, 2006].

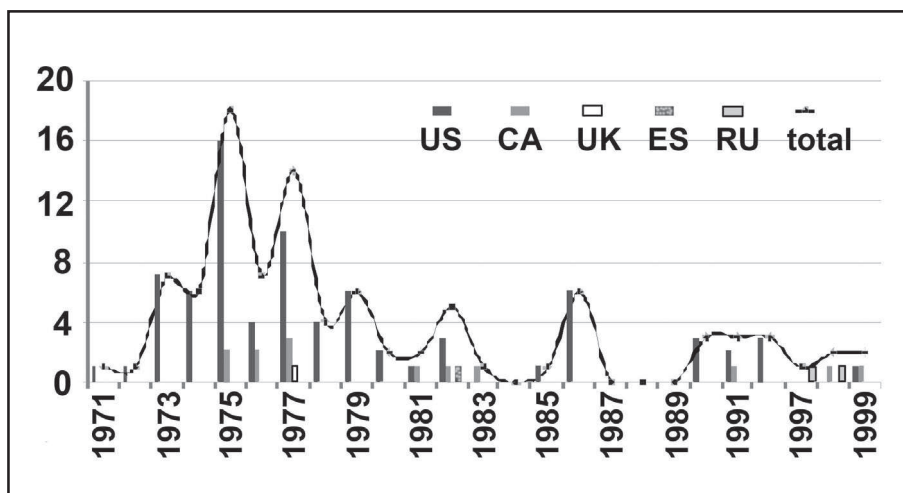


Figura 16: Evolução do número de depósitos de patentes em recuperação de petróleo pesado.

Dentre os métodos de recuperação avançada, foi verificada a maior participação dos métodos químicos, por exemplo, injeção de surfactantes (Figura 18), seguido pelos métodos miscíveis (19%) e térmicos (14%). A maioria de patentes vinculadas a métodos químicos pode ser atribuída à eficiência de recuperação desses métodos, reportados na literatura [Rosa, 2006; Hou, 2005; Nilson, 1997], além do “leque” de opções de compostos, como polímeros, surfactantes, hidróxidos e suas combinações que podem ser empregados como fluidos de recuperação, influenciando principalmente na razão de mobilidade óleo/água. Questões econômicas que colaboram para o desenvolvimento desses métodos necessitam de um estudo econômico detalhado e que foge ao escopo deste trabalho.

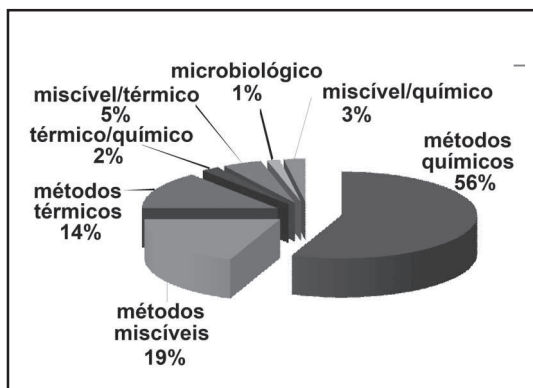


Figura 18: Distribuição percentual de patentes depositadas em função dos métodos de recuperação avançada.

As altas de preço do petróleo são um dos fatores que incentivaram o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos projetos de recuperação avançada, e muitas inovações representam a resposta às necessidades do mercado.

Métodos químicos e miscíveis são os que apresentam uma maior tendência de desenvolvimento, sendo incentivados, principalmente, pela utilização de co-produtos da produção dos biocombustíveis e pelo uso de CO₂, este último com a vantagem de contribuir para mitigação das mudanças climáticas.

Com a recente alta dos preços do barril de petróleo, espera-se o desenvolvimento de novos métodos de recuperação, mais eficientes e economicamente atrativos.

Referências

- [Archibugi, 1996] Archibugi, D., Pianta, M.; *Technovation*, **1996**, 16 (9), 451.
- [BP, 2007] British Petroleum, disponível em: <http://www.bp.com/statisticalreview>. Acesso em janeiro de 2007.
- [Cantwell, 1999] Cantwell, J.; Fai, F.; *J. Evol. Econ.*, **1999**, 9, 331.
- [EPO, 2007] European Patent Office. <http://ep.espacenet.com> acesso entre outubro 2006 a janeiro 2007.
- [Gordon, 2000] Gordon, T.T.; Cookfair, A.S.; *Patents Fundamentals for Scientists and Engineers*, Lewis Publishers, New York, **2000**.
- [Hou, 2005] Hou, J., Liu, Z., et al.; *J. of Petrol. Sci. and Eng.*, **2005**, 47, 219.
- [INPI, 2007] INPI- Instituto Nacional de Propriedade Industrial. <http://www.inpi.gov.br> acesso em julho 2007.
- [OMPI, 1999] OMPI - Classificação Internacional de Patentes, **1999**, sétima edição, vol.10.
- [Nilson, 1997] Nilson, S., Lohne, A., Veggeland, K.; *Coll. and Surf.*, **1997**, 127, 241.
- [Rosa, 2006] Rosa, A.J., Carvalho, R.S., Xavier, J.A.D.; *Engenharia de Reservatórios de Petróleo*, Interciência, Rio de Janeiro, **2006**.
- [Schumacher, 1978] Schumacher, M.M.; *Enhanced Oil Recovery - Secondary and Tertiary Methods*, Noyes Data Corporation, New Jersey, **1978**.
3. Babadagli, T.; *J. of Petrol. Sci. and Eng.*, **2003**, 37, 25.
- [USPTO, 2007] United States Patent and Trademark Office. <http://www.uspto.gov>. acesso em outubro 2006- janeiro **2007**.
- [Van Poolen, 1980] Van Poolen, H.K. and associates; *Fundamentals of enhanced oil recovery*, PennWell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, **1980**.

Ana Paula Santana Musse é aluna de doutorado em Energia e Ambiente da Universidade Federal da Bahia. Este trabalho foi realizado como parte de sua Qualificação de Doutorado. Cristina M. Quintella é professora da Universidade Federal da Bahia e coordenadora da Rede NIT-NE.