

VITOR EMANOEL SIQUEIRA SANTOS

**Campo-Escola São Paulo: Estudo das Condições Necessárias
para o Estabelecimento de um Campo para Atividades Didáticas de
Exploração e Produção**

São Paulo

2012

VITOR EMANOEL SIQUEIRA SANTOS

**Campo-Escola São Paulo: Estudo das Condições Necessárias
para o Estabelecimento de um Campo para Atividades Didáticas de
Exploração e Produção**

Trabalho de Formatura em Engenharia de
Petróleo do curso de graduação do
Departamento de Engenharia de Minas e de
Petróleo da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Cabral de
Azevedo.

São Paulo

2012

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao incentivo da minha família durante essa jornada que se chamou Poli, em especial ao meu pai, Emanuel Vitorino dos Santos, minha mãe, Valéria Aparecida Siqueira, meus irmãos Youri e Vinicius, e meus avós Wagner e Vincenza.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Ricardo Cabral de Azevedo, pelo apoio durante toda a iniciação científica e durante este trabalho. À equipe do PRH04/ANP na USP e ao apoio financeiro dos órgãos ANP, FINEP e MCTI, através do qual participei de eventos importantes, colecionando momentos inesquecíveis, e sem o qual a pesquisa não seria possível. Também expresso gratidão à equipe do Campo-Escola da UFBA, pela atenção e apoio durante a visita técnica e cujo material de produção científica foi de grande contribuição para este trabalho.

Agradeço à minha segunda família: Rodrigo e Angeline, os veteranos que me adotaram no começo desta jornada, e aos calouros que eu adotei e que dividiram as agonias e alegrias da Poli ao meu lado: Giovani, Alan, Rafael e Marcelo.

RESUMO

O aquecimento do mercado de petróleo e gás coloca uma pressão sobre a capacidade do país em fornecer profissionais e tecnologia capazes de lidar com os desafios nos prazos exigentes. Se a Academia puder adiantar parte do treinamento realizado por empresas, principalmente na ambientação e relação prática-teoria, já estará dando um grande passo para responder à pressão do mercado. Sugere-se que o Campo-Escola seja essa contribuição.

Um sistema desse tipo apresenta benefícios para os alunos, que são capacitados em habilidades que somente são desenvolvidas em campo, e para a universidade e sociedade, que agregam valor à região e à produção científica. Além disso, o sistema chama atenção para os campos maduros e marginais do Brasil, um mercado com potencial já bem estudado e explorado na Bacia do Recôncavo.

O objetivo do trabalho é analisar de sistemas de produção para fins acadêmicos e mostrar que estudos de aproveitamento normal ou alternativo de reservatórios na Bacia do Paraná podem servir de base para a instalação de um desses sistemas. A análise de casos bem desenvolvidos de projetos de ambientação (tanto com poços reais quanto alternativas e simuladores virtuais), estabelece precedente para esse estudo e sua motivação.

Diversas pesquisas permitem admitir que a Bacia do Paraná pode abrigar o projeto Campo-Escola, seja para produção de hidrocarbonetos, ou para injeção de gás natural (estocagem). O projeto de instalação deve levar em conta fatores ambientais, locais e técnicos. Em se tratando de uma exploração acadêmica a viabilidade econômica não é fator crítico, dado que parcerias com órgãos e empresas do governo são fundamentais para o projeto e garantem a manutenção do mesmo.

PALAVRAS-CHAVE: engenharia de petróleo, treinamento, campos marginais, Bacia do Paraná.

ABSTRACT

The growth of the oil and gas industry pushes the country's capacity to provide human and technological resources able to deal with the challenges in the demanding deadlines. If the Academy can advance part of the training conducted by companies, especially the Field

training and theory-practice relationship, will go a long way to respond to the industry pressure. The educational oil field is this contribution.

Such a system has benefits for students, who are trained in skills that are developed only in the field, and for the university and society, that add value to the region and to the scientific research. Furthermore the system puts a spotlight on the marginal and mature fields in Brazil, a potential market already well studied and explored in the Recôncavo Basin.

This research objectives the analysis of oil production systems for academic purposes and to show that studies of normal or alternative use of reservoirs in the Paraná Basin can be the basis for the instalation of one of those systems. The analysis of cases of well developed practical projects (both real wells and alternatives like virtual simulators) motivates this research, establishing precedent it.

Several researches allow us to ensure that the Paraná Basin can house the educational oil field project, either for production of oil and/or gas, or natural gas injection (storage). The installation design must take into account environmental, local and technical factors. In this academical approach, economic viability is not critical, since partnerships with government agencies are essential to the project, ensuring its maintenance.

KEY WORDS: petroleum engineering, training, marginal fields, Paraná Basin.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
1.1 Objetivo	5
1.2 Panorama do Mercado e Motivação da Pesquisa	6
2. METODOLOGIA	8
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
3.1 Ensino e Treinamento em Engenharia de Petróleo	9
3.2 Alternativas	11
3.3 EXPLORAÇÃO EM CAMPOS MADUROS E CAMPOS MARGINAIS	11
3.4 BACIA DO PARANÁ	13
3.4.1 Histórico de Prospeção	13
3.4.2 Geologia da Bacia do Paraná	16
3.5 ESTOCAGEM SUBTERRÂNEA DE GÁS NATURAL.....	17
3.5.1 Conceituação	17
3.5.2 Cenário Brasileiro de Gás Natural e Potencial da Bacia do Paraná	20
4. CAMPO-ESCOLA UFBA	23
5. INSTALAÇÃO DO CAMPO-ESCOLA	28
6. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS BENEFÍCIOS	34
7. CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	36

1. INTRODUÇÃO

A idéia deste trabalho nasceu na necessidade verificada, no Brasil, em se formar mais e melhores recursos humanos para o setor de petróleo, devido ao grande crescimento deste nos últimos anos. Nesse contexto a Academia deve pensar sobre formas complementares de educar os futuros profissionais e aprimorar assim a formação dos seus alunos. Considerando especialmente o aumento da competitividade causado pela quebra do monopólio da Petrobras, que incentivou aumento dos investimentos em pesquisa e formação de profissionais. Aqui é sugerida uma dessas formas complementares de educação, com exemplo real e bem sucedido de implantação, e os principais meios para obter o mesmo desempenho em ações futuras, bem como evidências de que o mercado está respondendo de forma similar a essa pressão, criando oportunidade para interação positiva entre empresas e universidades. Uma das consequências da conjunção desses fatores é a atenção ao potencial dos campos marginais de petróleo no Brasil.

1.1 Objetivo

Esta é uma pesquisa sobre os benefícios do ensino de engenharia de petróleo, geologia e geofísica com o apoio de poços reais de petróleo em comparação com os métodos habituais. Também é escopo da pesquisa analisar os tipos de treinamento realizados por empresas e as características geológicas da Bacia do Paraná, criando um plano de metas para a instalação de um sistema composto por um ou mais poços produtores ou injetores, constituindo um simulador didático de atividades de exploração e produção de petróleo. Este tipo de sistema é chamado Campo-Escola e um exemplo dele é o Campo-Escola da Universidade Federal da Bahia (UFBA), administrado pela universidade em parceria com a Petrobras e Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP), entre outros órgãos. O campo localizar-se-á preferencialmente próximo a centros de ensino da área, mas podendo também ser instalado em regiões distantes de pólos produtores. O aspecto prático introduzido pelos elementos do Campo-Escola nos cursos de engenharia de petróleo, geofísica e geologia é precioso para o aprendizado e muitas das habilidades e conhecimentos exigidos pela indústria são desenvolvidos somente durante a operação do poço.

1.2 Panorama do Mercado e Motivação da Pesquisa

O mercado de petróleo e gás está aquecido e a capacidade do país em fornecer material humano e tecnológico para suprir a demanda, principalmente após a divulgação da descoberta do óleo da camada pré-sal, será testada nos próximos anos. Uma abordagem mais prática é o caminho para formar profissionais que dêem suporte ao ritmo crescente de produção e desenvolvimento de tecnologia. As figuras 1 e 2 a seguir evidenciam esse crescimento com gráficos de produção:

● Produção média por dia

EM MILHÕES DE BARRIS DE PETRÓLEO

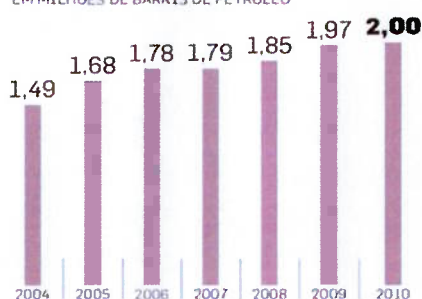


Figura 1 – Produção Média Diária de Petróleo na Última Década. Fonte: PETROBRAS.

Histórico de produção de petróleo



Figura 2 – Produção de Petróleo no Último Ano. Fonte: ANP.

Devido ao crescimento econômico da última década, à abundância de oportunidades e aos efeitos da recente crise econômica que atingiu mais drasticamente os Estados Unidos da América (EUA) e a Europa, o Brasil vem sofrendo um assédio de capital estrangeiro, tanto de investimento quanto humano (mão-de-obra). A figura 3 a seguir mostra a evolução do número de vistos de trabalho concedidos a estrangeiros. De acordo com o Ministério do Trabalho, mais de 55.000 autorizações foram concedidas em 2012 (até outubro), das quais cerca de 30% foram absorvidas pelo setor de petróleo e gás.

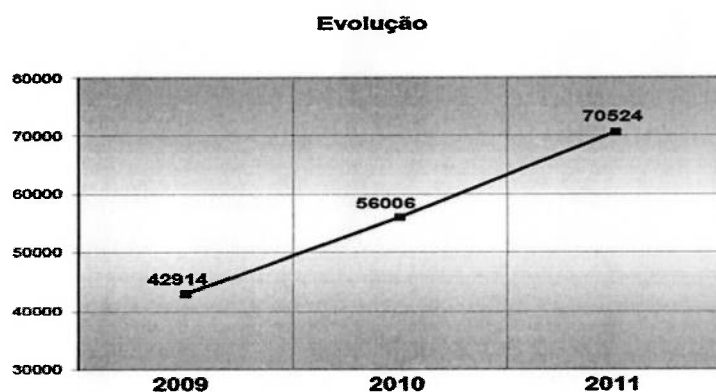


Figura 3 – Vistos de Trabalho Concedidos a Estrangeiros. Fonte: MTE.

Esse fato evidencia que o aquecimento do setor não está mais completamente atrelado à capacidade do país em fornecer essa mão-de-obra. Se o Brasil não tem condições de atender à demanda, as oportunidades serão exploradas por quem pode. Nesse contexto, as empresas buscam formas de pular etapas na complementação da formação de seus profissionais. Para conseguir cumprir prazos e atender à demanda, muitos profissionais sem o tempo de treinamento adequado e sem experiência são colocados na linha de fogo, o que acaba agregando um risco adicional e desnecessário, isso porque as universidades poderiam adiantar parte desse treinamento, criando cenários de ambientação e introduzindo conhecimento prático, encurtando assim o tempo de treinamento necessário nas empresas.

2. METODOLOGIA

Este é um trabalho de revisão bibliográfica, apoiado pelo Programa de Recursos Humanos da ANP (PRH04/ANP). Serão expostos casos de sucesso de sistemas de ambientação conhecidos e suas alternativas que serviram de base para a motivação da pesquisa. Também serão expostos alguns dos resultados de dois estudos sobre implantação de sistemas de exploração e produção (um de produção, outro de injeção). Tais estudos servem de base para a locação e desenvolvimento do campo escolhido.

Após a conceituação do trabalho, foi realizada uma intensa revisão bibliográfica sobre os temas: ensino e treinamento com poços reais; locais favoráveis à instalação, com exposição de dados e estudos disponíveis; alternativas para ambientação; e revisão do projeto de instalação.

A etapa seguinte consistiu em uma análise crítica do material pesquisado, seguida das conclusões.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Ensino e Treinamento em Engenharia de Petróleo

Foi realizado um estudo dos projetos de campos educacionais existentes e seu efeito na região (universidades, centros de treinamento e mercado de trabalho). Estudando os métodos de treinamento de empresas do setor, identificamos as habilidades e conhecimentos que só podem ser devidamente adquiridos com treinamento em campo. A engenharia de petróleo pode ser dividida em projeto e operação. A área de projeto é mais teórica e depende da aquisição e processamento de dados, lidando principalmente com engenharia de reservatórios. Nessa área, onde atuam os engenheiros de reservatório, é comum o uso de ferramentas avançadas de simulação para previsão de comportamento do reservatório no tempo, de acordo com a produção e/ou estimulação. A área de operação concentra mais de 60% dos investimentos (vide figura 4 com dados da *Energy Information Administration* EIA). Nessa área atuam principalmente os engenheiros de perfuração, completação e produção. Sendo essa uma área extremamente prática, as grandes empresas do setor passam de dois meses a dois anos treinando novos profissionais para a operação, com foco conjunto em segurança.

As barreiras dos dados sigilosos devem cair e a indústria deve comunicar à Academia o que espera dos futuros profissionais. Apenas com parcerias é possível aumentar a competitividade e melhor preparar os alunos para o mercado (CUNHA, 2005).

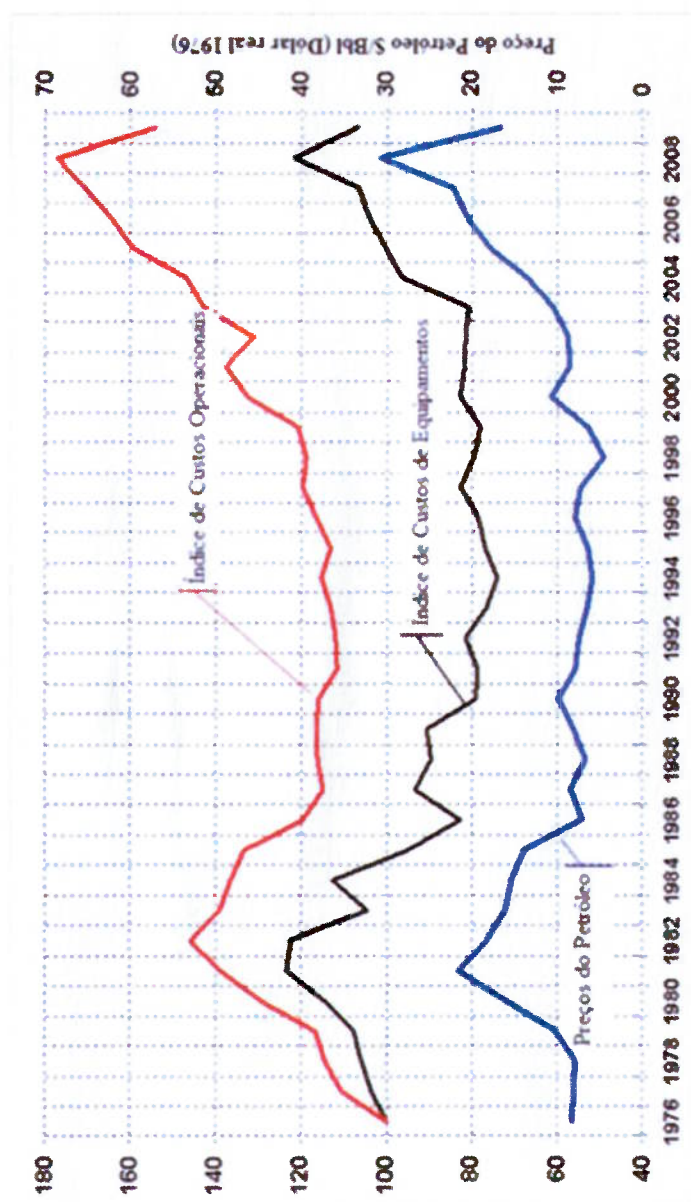


Figura 4 – Índice de Custos Operacionais, de Equipamentos e Preço do Barril.

Os principais treinamentos são realizados pelas próprias empresas (operadoras e prestadoras de serviço) e às vezes são terceirizados. As áreas de segurança e controle de poço são as mais críticas em todas as empresas e centros de treinamento pesquisados. Destacam-se dois cursos com aspecto prático:

- Perfuração e perfuração direcional pela Norwegian Petroleum Academy (NPA). Em fase de desenvolvimento. Será o primeiro curso presencial da empresa.

- Cimentação e Completação pela Petroleum Skills. Além destes, outros temas relevantes de cursos são brocas e fluidos de perfuração e testes de poço.

Verificou-se uma diferença grande no ensino em engenharia de petróleo quando comparados cursos que contam com o apoio do setor privado e cursos que não tem esse apoio. As universidades líderes na formação de profissionais para o setor são as americanas, com uma abordagem bastante prática. Algumas universidades possuem convênios com empresas ou até poços próprios, o que permite atividades em campo de forma regular.

3.2 Alternativas

As alternativas a um Campo-Escola físico encontradas são sistemas de ambientação virtual ou sistemas já existentes com adaptação de escopo. O primeiro exemplo a ser citado é o da plataforma P1 da Petrobras, que será rebocada para a costa e adaptada para ser campo de treinamento em perfuração. Essa iniciativa pode ser considerada uma criação de Campo-Escola offshore com foco em perfuração.

Há também o exemplo dos simuladores de operações do SENAI, que utilizam tecnologias de ponta, como cavernas 3D e realidade aumentada, para garantir maior imersão no ambiente. Um dos seus clientes é a Petrobras e um dos treinamentos executados é o de soldagem offshore. Um laboratório de realidade virtual está nos planos do CENPEG-BS, o centro de pesquisas da Petrobras que será construído em Santos (SP).

Outro exemplo é o da Sonda-Escola. O SENAI, em parceria com a Petrobras, criou na Bahia o Centro Móvel de Treinamento de Perfuração e Produção para operadores de sonda de petróleo. Iniciativas como essa podem ser ampliadas para abranger aspectos da formação do engenheiro de petróleo também em outras regiões.

3.3 Exploração em Campos Maduros e Campos Marginais

Pela definição de NOVAES (2010), campos maduros são aqueles que já superaram o pico de produção, isto é, o volume de hidrocarbonetos extraído reduziu a energia interna do reservatório ocasionando a queda na produção. Esse campos podem voltar a produzir com

altas vazões à medida que métodos de recuperação secundária são aplicados. Esses métodos visam incrementar a energia natural do reservatório (quando essa já não é mais capaz de suportar a vazão) para aumentar a vazão de produção e ampliar assim o fator de recuperação. Os principais métodos de recuperação secundária envolvem injeção de fluido (água ou gás) com a finalidade de deslocar o óleo para fora dos poros da rocha reservatório (THOMAS, 2001). Ainda pela definição de NOVAES (2010), acumulações marginais são caracterizadas por possibilidade de produção limitada de hidrocarbonetos, beirando a viabilidade econômica.

Após a flexibilização do monopólio estatal em 1995 (Emenda Constitucional 9, regulada na Lei nº 9.478 – Lei do Petróleo) foi aberta a possibilidade de exploração de campos maduros por empresas além da Petrobras. Porém as grandes empresas do setor concentram esforços em áreas de grandes acumulações, com alto risco e chances de grandes volumes de produção por longos períodos. Destas zonas as mais assediadas são a Bacia de Campos e a Bacia de Santos.

A exploração de campos maduros fica mais aberta a pequenas empresas, com planos de negócios mais modestos porém com menor risco. Segundo dados da Associação de Empresas Produtoras de Petróleo e Gás Natural Extraídos de Campos Marginais (APPOM), o investimento necessário para a reativação de um poço em terra se encontra na mesma ordem de grandeza da construção de um edifício de padrão médio numa grande cidade brasileira.

Os principais campos marginais brasileiros, ordenados por volume de óleo produzido (ZAMITH e SANTOS, 2007), estão nos Estados de Bahia, Rio Grande do Norte, Espírito Santo e Sergipe. As regiões produtoras encontram-se dentro de zonas rurais, muitas vezes em pequenas cidades do interior desses Estados. O desenvolvimento dessa atividade econômica traz benefícios às populações locais. A movimentação de pessoal, bens e equipamentos gera empregos, movimenta a economia local e há arrecadação de royalties para prefeituras e governos locais.

De acordo com FERREIRA (2009), a alta dos preços do barril contribui para manter o setor de campos marginais atrativo. E o aumento de áreas oferecidas pela ANP é um fator crítico para dar porte ao setor e estabelecer um mercado competitivo. Embora o volume de óleo produzido em campos marginais seja muito pequeno quando comparado com o total produzido no país, os ganhos sociais (imensuráveis) e econômicos indiretos são de grande significância para a região.

Conclui-se que a instalação de um Campo-Escola em um campo maduro ou numa área de acumulação marginal não causa entraves econômicos indesejados, pois a atividade nesse setor é modesta e o mercado é ainda nascente. Mais que isso, os impactos na formação de profissionais (tanto os que estudam o Campo-Escola como os que de fato trabalham nele) e nas populações locais são benéficos já no curto prazo.

3.4 Bacia do Paraná

3.4.1 Histórico de Prospeção

A pesquisa bibliográfica sobre as bacias sedimentares que cobrem o Estado de São Paulo revelou que a Bacia do Paraná surge como candidata a abrigar o projeto, devido ao seu potencial conhecido. Há mais de um século há prospecção de petróleo na região. De acordo com a ANP, o primeiro poço de exploração de petróleo no Brasil foi perfurado em Bofete (SP), entre 1882 e 1897. Meio século depois, de 1953 a 1978, a Petrobras perfurou cerca de 60 poços encontrando apenas acumulações denominadas subcomerciais à época. Lembra-se aqui que, para fins acadêmicos tais acumulações podem ser adequadas, levando-se em conta também que a realidade econômica é diferente e um preço do barril alto contribui para aproximação da viabilidade econômica dessas reservas. De 1979 a 1983 a Paulipetro e a British Petroleum (BP) perfuraram 33 poços e realizaram estudos sísmicos na região. Nesse período são feitas descobertas subcomerciais de gás em Cuiabá Paulista e Chapéu de Sol. De 1986 a 1998 a Petrobras empreende campanha sísmica na bacia e perfura 7 poços exploratórios, descobrindo o campo de gás de Barra Bonita. De 1999 a 2001 a ANP oferta blocos em rodadas e licitações, porém nem todos foram arrematados.

Concluindo, algumas reservas não comerciais são comprovadas e há formações (Irati e Ponta Grossa) com potencial gerador de hidrocarbonetos, ambas com folhelhos negros. O Campo da Barra Bonita, no Paraná abriga uma jazida de gás natural descoberta pela Petrobras. A exploração em forma de pesquisa sísmica e poços pioneiros e exploratórios feitos pela Petrobras e pelo Consórcio CESP/IPT (Paulipetro) revelou reservatórios subcomerciais no interior do Estado de São Paulo, principalmente na formação Rio Bonito e no Grupo Itararé, que para níveis de exploração acadêmica podem ser adequados. Os principais grupos petrolíferos da bacia são: Ponta Grossa-Itararé, Ponta Grossa-Rio Bonito, Irati-Rio Bonito e Irati-Pirambóia. As figuras 9 e 10 a seguir, extraídas do mapa BDEP-ANP mostram

os poços perfurados no Estado de São Paulo e as linhas sísmicas 2D executadas até a data deste trabalho, respectivamente.

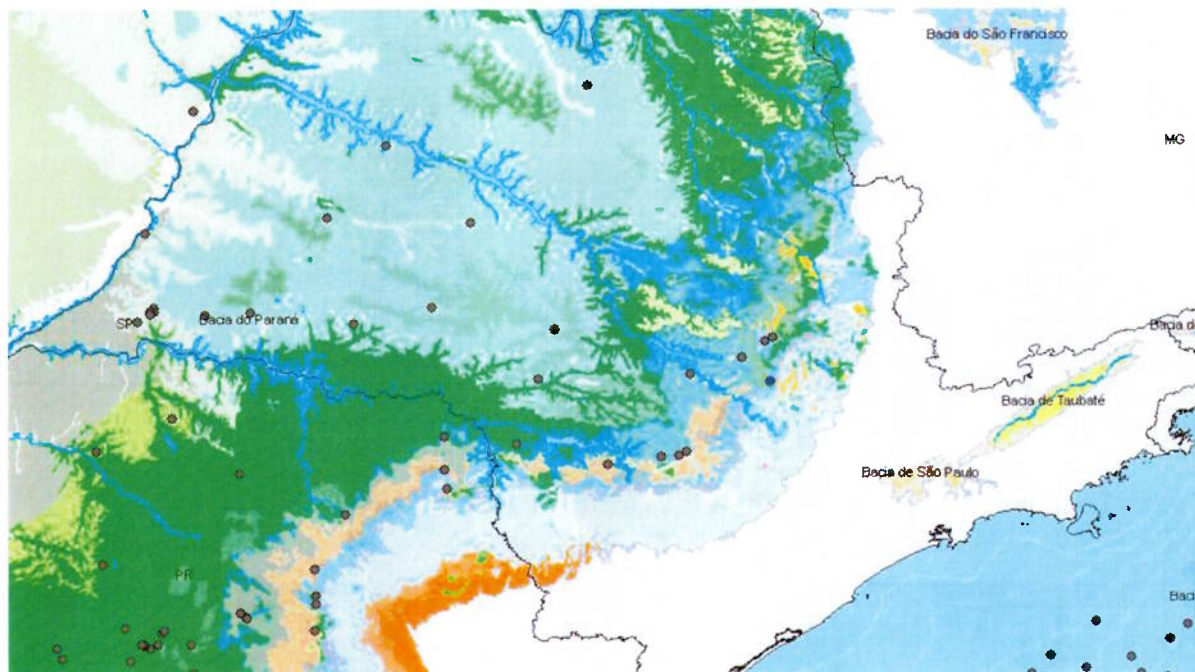


Figura 9 – Poços Terrestres no Estado de São Paulo.

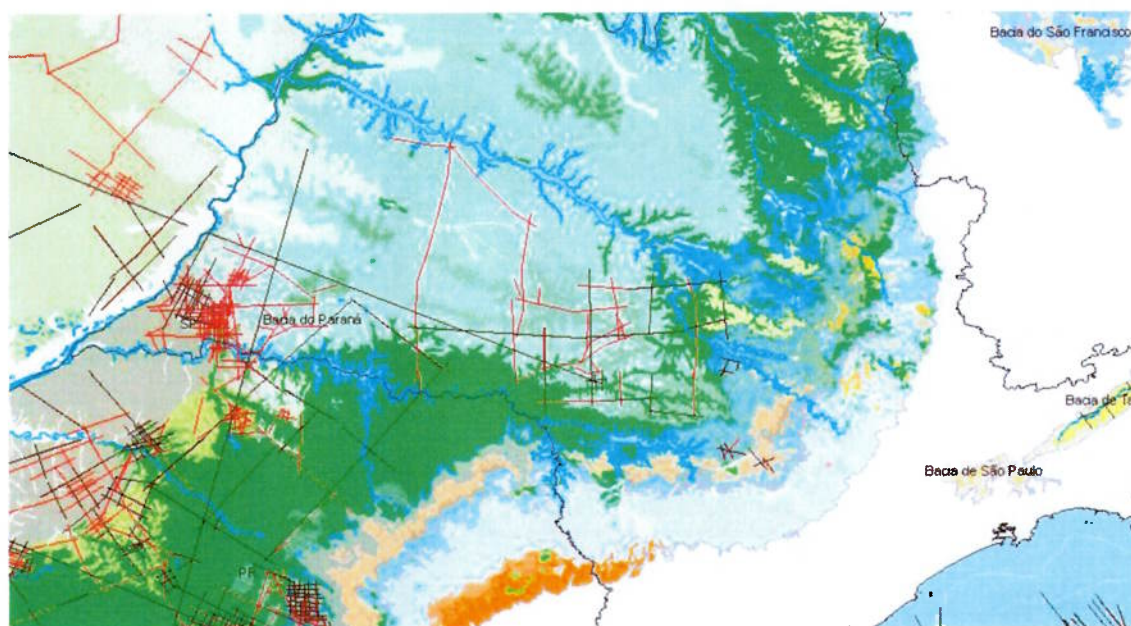


Figura 10 – Linhas Sísmicas 2D Terrestres Realizadas no Estado de São Paulo.

Há um histórico de prospecções e perfurações, que é de grande utilidade para a escolha de regiões favoráveis. A análise do que já foi feito por Paulipetro, Petrobras e ANP revela a necessidade da análise dos dados de sísmica com ferramentas mais atualizadas e até novas linhas sísmicas para definição real do potencial petrolífero da área. A região de Cuiabá Paulista apresenta características adequadas para localização de um poço produtor. De acordo com os registros de perfuração e produção do consórcio CESP/IPT, um poço produtor foi classificado como não comercial e fechado na década de 80. As figuras 11 e 12 a seguir (IPT, 2005) apresentam informações geológicas simplificadas sobre a Bacia do Paraná.

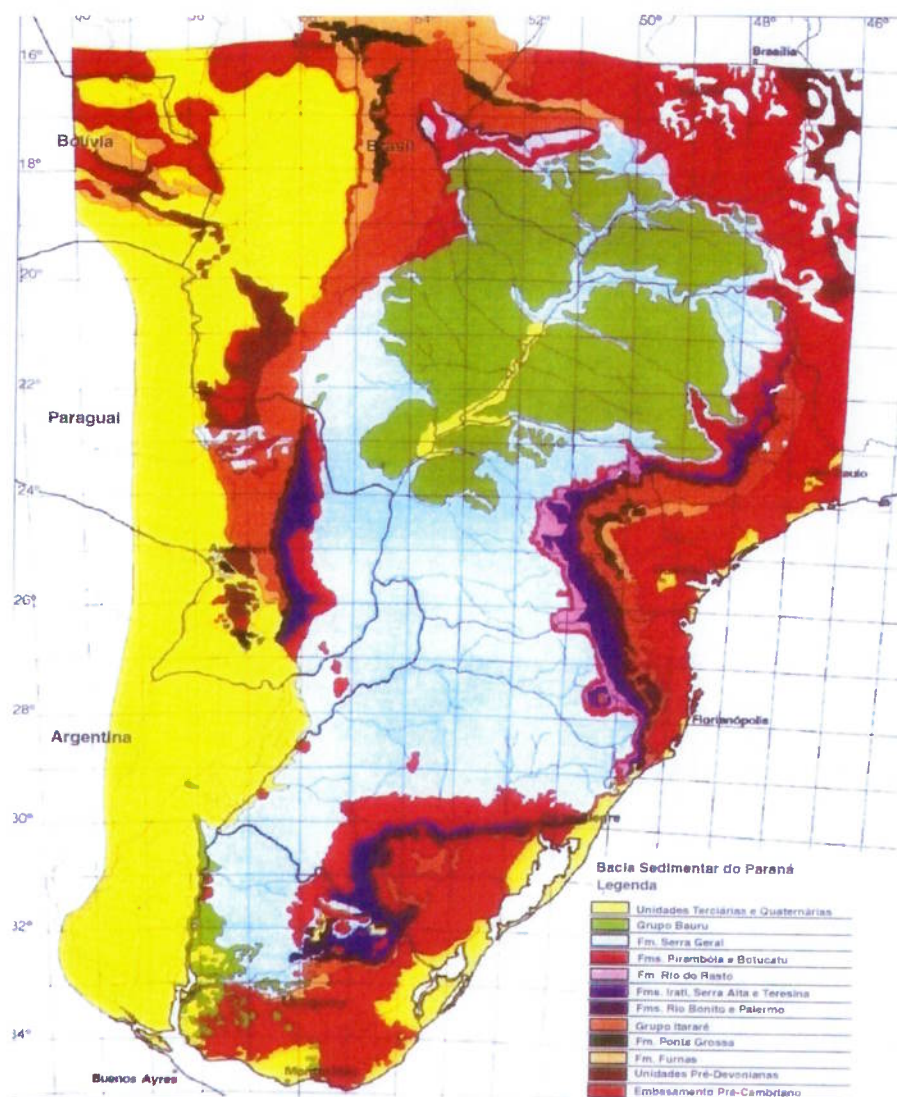


Figura 11 – Mapa Geológico Simplificado da Bacia do Paraná.

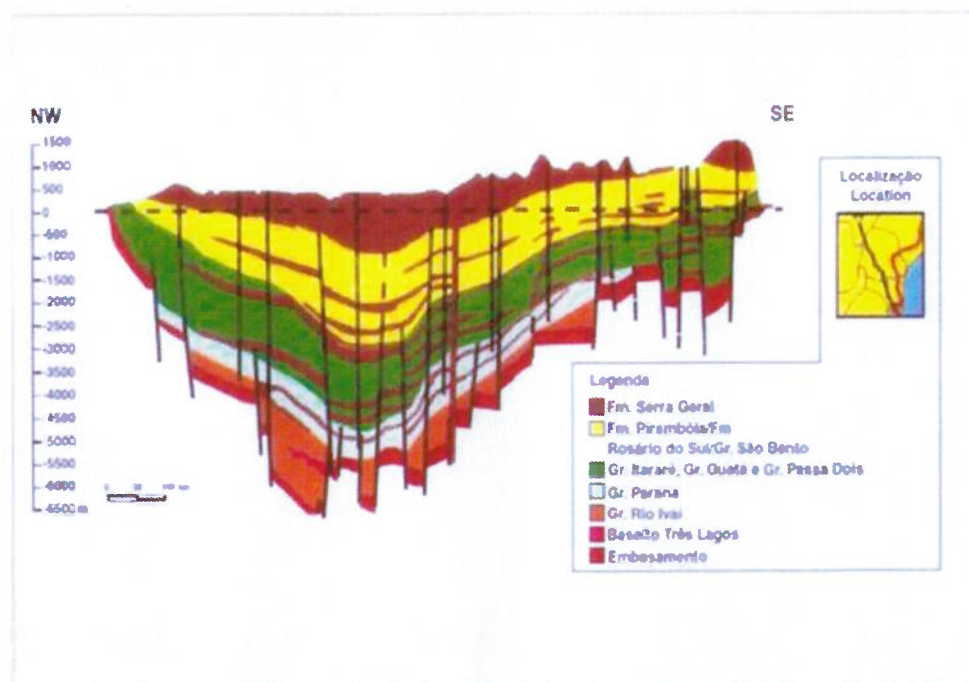


Figura 12 – Seção Estrutural Regional da Bacia do Paraná.

Em estudo recente (GALHANO, 2006) é confirmado o potencial para geração e acumulação de hidrocarbonetos através do reprocessamento de dados sísmicos.

3.4.2 Geologia da Bacia do Paraná

As rochas sedimentares da bacia são essencialmente siliciclásticas, depositadas durante o Paleozóico e o Mesozóico, com algumas ocorrências de rochas carbonáticas permianas. Dependendo da subdivisão estratigráfica que se adota, a mesma sequência pode ter diferentes atribuições de períodos. No Bloco Bauru são predominantes rochas da sequência Gondwana I, englobando os Grupos Itararé, Guatá e Passa Dois.

De acordo com alguns autores, o Grupo Itararé constitui a base da Sequência Permocarbonífera da bacia. Esse grupo registra ocorrência de diamictitos, arenitos e folhelhos de origem associada ao degelo e ressedimentação em ambiente glácio-marinho. Possui ainda unidades flúvio-deltáicas capeadas por lamitos seixosos. Há autores que consideram esse

Grupo como o berço dos melhores reservatórios da bacia. Registram-se porosidades médias efetivas de 8% a 13%. Esse é o grupo mais relevante para geração de armadilhas estratigráficas.

Sobre o Grupo Itararé se encontra a Formação Rio Bonito, base do Grupo Guatá. Essa formação apresenta espessura média de até 150 metros na maior parte da bacia. A porção superior dessa formação, composta por arenitos finos, folhelhos carbonosos e leitos de carvão, apresenta ótimos reservatórios, com indícios de petróleo gerado na Formação Irati. Esses arenitos foram retrabalhados por ondas, ficando quartzosos e bem selecionados, o que resulta numa porosidade de até 25% e permeabilidade de até 5300 mD (IPT, 2005).

O Grupo São Bento engloba a Formação Botucatu, capeada por derrames e soleiras de rochas ígneas básicas. As Formações Pirambóia e Botucatu possuem arenitos aluviais e eólicos que agregam à Formação Botucatu as melhores características permoporosas de toda a Bacia do Paraná. Além disso, essa última abriga o Aquífero Guarani.

A evolução tectônica influenciou na geração de armadilhas estruturais (trapas) e foi fortemente controlada por direções e estruturas herdadas do embasamento. Acredita-se que as descontinuidades estruturais foram as principais dissipadoras de esforços intraplaca, causando movimentações verticais e horizontais de blocos. Esses esforços intraplaca foram responsáveis pela deformação intratectônica que gerou algumas das armadilhas estruturais. Além disso a geração de armadilhas está associada a eventos como reativação de falhas, deformação distensiva e deformação transcorrente (no Paleozóico) .

Os estudos geológicos e modelos mais aceitos sobre a Bacia do Paraná indicam que houve períodos de formação de rochas geradoras e rochas reservatório bem definidos. Porém, os mecanismos de maturação e migração foram pouco eficientes, resultando em reservatórios pequenos.

3.5 Estocagem Subterrânea de Gás Natural

3.5.1 Conceituação

A estocagem subterrânea de gás natural (ESGN) é prática comum em países do hemisfério norte. Ela ajuda a manter a oferta durante picos, existentes devido à sazonalidade,

regula oscilações de preços (também sazonais) e serve de reserva estratégica, protegendo o consumidor contra falhas no transporte ou abastecimento. A tabela I a seguir (IPT, 2005) mostra, em números, quantidades e volumes de estocagens no mundo.

País	Número de Estocagens	Volume de Gás Útil (Bilhões de m³)
EUA	410	107
CEI	46	126
Alemanha	42	19,1
Canadá	42	12,5
Itália	8	15,1
França	15	10,8
Outros	50	18
Total	613	308,5

Tabela I – Quantidade de Estocagens no Mundo até 2003 e Respetivos Volumes.

A ESGN, na maioria dos casos, consiste em injeção de gás natural a alta pressão em estruturas geológicas constituídas por rochas sedimentares de alta porosidade e permeabilidade. Sendo assim, é natural que campos de hidrocarbonetos abandonados ou já depletados sejam utilizados ou adaptados para tal fim. De fato, 76% dos armazenamentos subterrâneos mais utilizados no mundo são realizados em campos exauridos e 15% em aquíferos (IPT, 2005). Quando necessária, a extração é feita por poços produtores pelo mecanismo de diferença de pressão (expansão do gás pressurizado). Há dois gases que caracterizam esse sistema: gás de base, que não pode ser totalmente recuperado e atua para manter a pressão do reservatório em épocas de alívio (produção); e gás útil, que é o gás injetado para produção quando esta se fizer necessária. A figura 13 a seguir (dados da EIA) mostra as três principais formas de armazenamento e a capacidade de cada uma nos EUA.

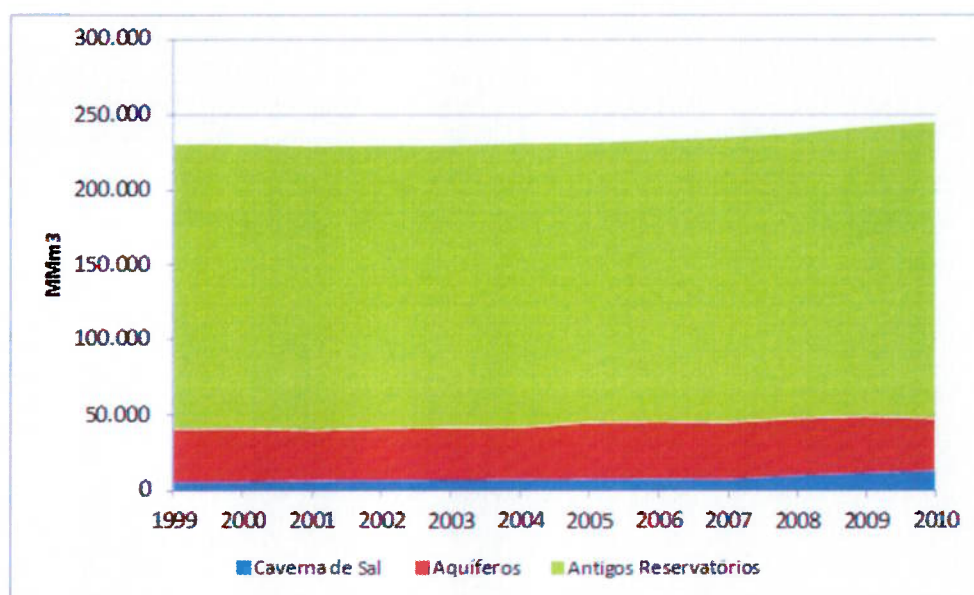


Figura 13 – Capacidade de Estocagem por Tipo de Sistema na última década nos EUA.

Fonte: MARCELO COLOMMER, 2012.

A figura 14 a seguir (dados da EIA) evidencia o fenômeno sazonal de demanda acima citado (nesse caso nos EUA), onde há picos de retirada líquida (diferença entre volume injetado e volume retirado).

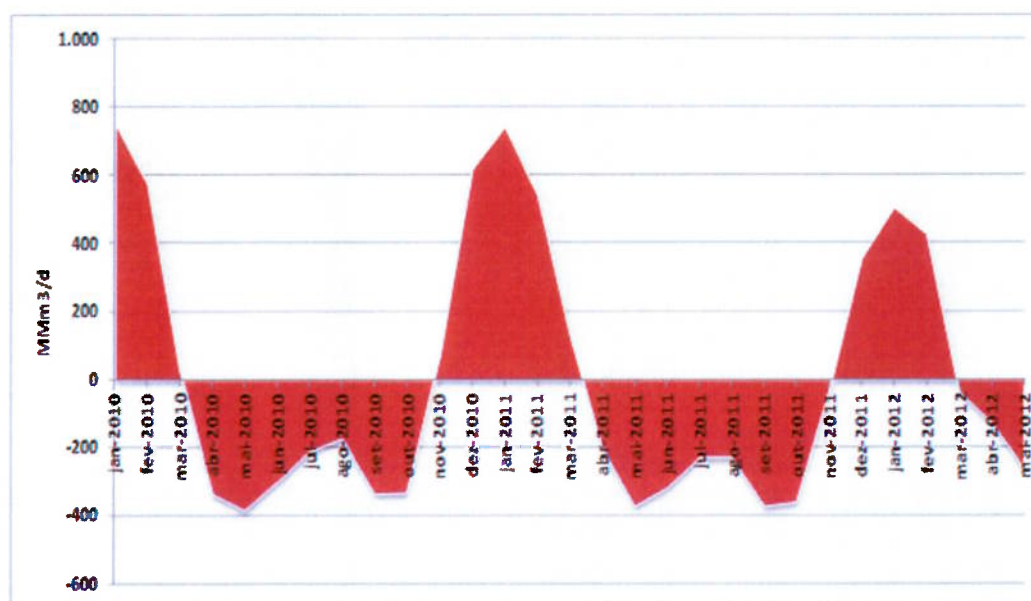


Figura 14 – Retirada Líquida de Gás Natural nos EUA.

Dois parâmetros básicos definem uma instalação de estocagem subterrânea: capacidade útil e taxa máxima de retirada. A razão destes parâmetros determina o número de dias de reserva disponível para fluxo máximo de retirada. O tipo de instalação varia de acordo com a demanda a ser atendida, porém um projeto pioneiro pode se adequar às características do reservatório, levando-se em conta os benefícios indiretos da empreitada: apoio a atividades educacionais e estabelecimento de precedente para futuras instalações.

Um fator crítico na avaliação do desempenho de reservatórios subterrâneos de gás natural é o monitoramento da migração. A pressão no reservatório está relacionada com a quantidade de gás, logo esta pode ser usada para monitorar a existência de vazamentos, os quais refletem diretamente nos limites das taxas de retirada, além de representar riscos no caso de escapes para a atmosfera. São três os métodos de verificação e monitoramento mais utilizados: método volumétrico (exame direto da pressão do reservatório); análise gráfica de dados da pressão; e dados de desempenho do reservatório. De acordo com (IPT, 2005), os fatores mais críticos que contribuem para a movimentação do gás fora do horizonte de estocagem são: gradiente de pressão, permeabilidade e integridade da rocha selante, geometria do reservatório e fronteiras, e presença de fraturas, falhas e outras descontinuidades geológicas. Entre as principais causas dos maiores escapes estão: rompimento da rocha selante, excesso de pressão de injeção e manuseio indevido ou mau funcionamento dos equipamentos.

3.5.2 Cenário Brasileiro de Gás Natural e Potencial da Bacia do Paraná

A crescente pressão por diminuição de emissões de poluentes exige uma maior participação de energia limpa na matriz energética dos países. Hoje as grandes empresas do setor do petróleo se declaram como empresas de energia e estão investindo em fontes alternativas. BP, Statoil e Petrobras são exemplos de empresas com esse perfil, atuando em biocombustíveis, estocagem de hidrocarbonetos, ou *carbon capture and storage* (CCS) e células a combustível de hidrogênio, entre outras.

Nesse sentido o gás natural tem um papel importante como fonte de energia fóssil nessa fase de transição. Além de diversificar a matriz energética, importante por motivos estratégicos, a baixa taxa de emissão de poluentes é mais um ponto positivo para o gás, e a abundância de reservas naturais de gás permite que a produção acompanhe a demanda,

aumentando anualmente. A figura 15 a seguir mostra dados da ANP que evidenciam esse aumento.

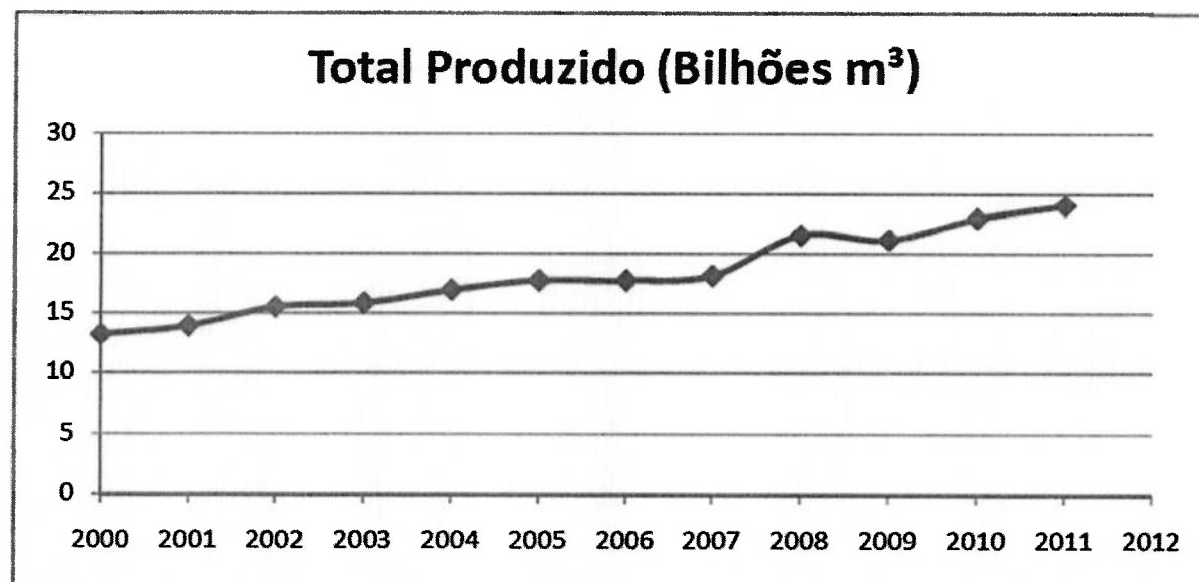


Figura 15 – Produção Brasileira de Gás Natural na Última Década.

A ESGN tem função de estabilizar flutuações na oferta e no preço, garantindo um fluxo constante em períodos de alta no preço ou baixa oferta. E nesse cenário o Campo-Escola pode ser mais um beneficiado, abrigando um ou mais poços ESGN (injeção e produção). As dificuldades técnicas associadas ao pioneirismo vêm ao encontro da vontade da Academia em entender e aperfeiçoar os processos.

De acordo com estudo recente (IPT, 2005), a Bacia do Paraná possui potencial para existência de estruturas que podem vir a abrigar projetos de ESGN. Uma análise preliminar indicou áreas com intervalos rochosos passíveis de abrigarem trapas adequadas para ESGN. Constatou-se grande complexidade de elementos estratigráficos e estruturais, que requerem melhor investigação e reinterpretação de dados obtidos por antigos operadores (GALHANO, 2005). Com a interpretação da recente linha sísmica feita pela empresa Georadar no interior do Estado de São Paulo e do Paraná a serviço da ANP, espera-se que esse potencial seja comprovado, pois a baixa resolução dos dados existentes não permite conclusões exatas.

A prospecção de sistemas de acumulação, armadilhas, falhas e reservatórios para ESGN utiliza os mesmo elementos que compõem um reservatório de petróleo. Deve-se atentar para as qualidades das rochas selantes e para o condicionamento estrutural das armadilhas. E na abordagem para estocagem de gás desconsideram-se os fatores relacionados à geração e migração de hidrocarbonetos. Dessa forma, levando-se em conta o que já foi discutido sobre a Bacia do Paraná, tem-se que dentro do Bloco Bauru da referida bacia há maior probabilidade de armazenamento em armadilhas estruturais ou estratigráficas nos reservatórios Itararé-Rio Bonito, Tietê-Tatuí e Pirambóia-Botucatu, com rocha selante pelítica ou ígnea básica (derrames, diques e soleiras).

Como mencionado anteriormente, as características estruturais adequadas para um reservatório de ESGN são similares às de um reservatório de petróleo e/ou gás, isto é, arenitos com boa porosidade e permeabilidade arranjados em camada anticlinal localizada em alto estrutural com boas rochas selantes (geralmente folhelho). Modelos de armadilhas para exploração de petróleo podem ser utilizados em projetos de estocagem. As trapas efetivas são evidenciadas por acumulações conhecidas de hidrocarbonetos (Barra Bonita, Mato Rico, Cuiabá Paulista, etc)

4. CAMPO-ESCOLA UFBA

Um exemplo brasileiro bem sucedido é o Campo-Escola da UFBA. Com o apoio da Petrobras e da ANP, a universidade transformou poços abandonados em laboratórios ao ar livre. As operações envolvendo o campo-escola da UFBA contribuíram para o desenvolvimento de vários departamentos na universidade, cada um com projetos pertinentes. Um exemplo é o Laboratório de Elevação Artificial (LEA), com atividades voltadas para bombeio mecânico e bombeio centrífugo submerso. Em 2009, durante visita às instalações do Campo-Escola foi constado o benefício gerado pelo mesmo.

O projeto surgiu com o objetivo de promover transferência de tecnologia para a instituição federal e contribuir para a capacitação de mão-de-obra para o setor. É importante entender o contexto econômico dos campos marginais para compreender essa motivação. Para tanto sugere-se ler o item seguinte, sobre campos marginais.

O projeto Campo-Escola surgiu em 2003 e com a renovação vai até 2013. O valor total é da ordem de R\$12.000.000,00 e contempla cinco campos na Bacia do Recôncavo: Quiambina, Fazenda Mamoeiro, Caracatu, Bela Vista e Riacho Sesmaria. À época da visita apenas o campo de Quiambina estava produzindo. Além do campo de Quiambina (figuras 5 e 6), foi visitado o campo de Fazenda Mamoeiro (figura 7) que se encontrava em fase de testes.



Figura 5 – Instalações do Campo-Escola Quiambina. Fonte: Arquivo Pessoal.



Figura 6 – Instalações do Campo-Escola Quiambina. Fonte: Arquivo Pessoal.



Figura 7 – Instalações do Campo-Escola Fazenda Mamoeiro. Fonte: Escola Politécnica, UFBA.

O projeto Campo-Escola da UFBA se tornou praticamente auto-sustentável. A verba proveniente do óleo produzido é usada para manter as viagens ao local, os trabalhadores e as intervenções necessárias. Alunos de graduação podem participar das pesquisas envolvendo as atividades do campo-escola e este permite a interação com a indústria na forma de teste de novas tecnologias. Além disso, o projeto chama a atenção para o desenvolvimento de campos marginais, mostrando que há condição de estímulo da produção por pequenas e médias empresas do setor petrolífero, principalmente em campos marginais e campos maduros.

A parceria da UFBA com o Instituto Brasileiro do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP) garantiu a realização de um curso de especialização em engenharia e geologia de reservatórios e outros cursos de curta duração nas áreas de gás natural e exploração e produção de campos marginais. Para o futuro, essa parceria prevê a criação de mais cursos de curta duração e até um curso de mestrado em engenharia industrial.

O poço visitado do Campo de Quiambina produz óleo e pouca água. Não há gás. O óleo produzido é pesado e há problema de parafina de vez em quando. O tanque da superfície é preto, pois assim absorve calor suficiente para esquentar o óleo pesado e diminuir sua viscosidade. A configuração do campo é muito simples. O óleo produzido vai a um tanque que descarrega em um caminhão-tanque. E a receita, logicamente, varia com o preço do barril, sendo que na data da visita, a receita mensal era de R\$15.000,00. Isso é suficiente para o projeto se auto-sustentar, sendo que qualquer intervenção (são raras, e com a finalidade de liberar o poço da parafina) é feita pela Petrobras em conjunto com a UFBA. Foi comentado que no ano de 2008, nos meses em que o preço do barril passou de U\$100,00 a receita chegou a R\$60.000,00. A figura 8 (dados da Escola Politécnica da UFBA) a seguir mostra a produção desse campo.

	2004		2005		2006		2007		2008		2009	
	Óleo (m³)	Água (m³)	Óleo (m³)	Água (m³)	Óleo (m³)	Água (m³)	Óleo (m³)	Água (m³)	Óleo (m³)	Água (m³)	Óleo (m³)	Água (m³)
Janeiro	41,35	11,89	58,46	13,00	61,97	1,32	41,16	3,80	33,85	0,49	19,37	14,90
Fevereiro	105,80	8,87	55,68	8,80	58,55	0,59	65,91	1,54	34,25	0,05	34,35	0,65
Março	96,22	7,90	52,16	26,50	63,21	0,76	30,25	0,87	33,94	0,48		
Abril	79,81	3,18	60,41	0,70	30,64	0,14	31,84	1,01	67,62	1,14		
Maio	104,93	9,89	37,92	18,20	62,69	0,95	33,92	0	33,51	0,46		
Junho	60,68	8,14	50,72	11,60	31,22	1,29	21,87	0,53	33,46	0,86		
Julho	62,75	5,04	53,53	7,00	51,40	2,54	0	0	56,94	11,74		
Agosto	58,89	3,70	44,23	15,50	57,12	0,99	32,00	0,96	14,83	19,40		
Setembro	91,64	3,48	57,66	11,50	24,64	1,30	0	0	51,73	16,72		
Outubro	61,34	1,62	58,71	9,20	61,00	2,97	64,37	5,16	32,95	1,31		
Novembro	72,72	1,64	63,93	13,40	56,44	6,68	33,64	0,77	30,90	3,44		
Dezembro	95,31	3,59	32,86	0,00	26,07	5,74	33,79	0,90	29,43	4,82		
TOTAL (m³)	931,22	68,95	626,26	135,40	584,96	25,28	388,76	15,55	453,41	28,45	53,72	15,55

Figura 8 – Produção do Campo de Quiambina.

Esse campo foi descoberto em 07/04/1983 e produziu de 1983 a 1989 e 1995 a 1997. A área de influência é de aproximadamente 1,2 Km². Os reservatórios são arenitos da Formação Candeias. Os volumes in situ estimados totalizam 990.000 barris de óleo e 3.140.000 de m³ de gás. O fluido principal é óleo leve (28,4° API). A produção acumulada para esse campo é de 44.000 barris de óleo (fator de recuperação de 4,5%) e 136.000 m³ de gás (fator de recuperação de 4,3%).

Como exemplo da produção científica associada a esse empreendimento e das oportunidades para participação de alunos de graduação, tem-se o estudo (NETO ET. AL., 2012) da elevada produção de água registrada em um dos poços do Campo de Quiambina (poço 01-QB-04A-BA). Analisando a evolução da razão água/óleo após uma intervenção no poço foi admitida a possibilidade de dano à formação causado durante a intervenção. Outro parâmetro estudado foi a formação de cones de água, que podem ser identificados através de cálculo da vazão crítica. Por fim, também foi investigada a existência de falhas na cimentação e/ou furos no revestimento como causas da elevada produção de água. Para tanto foi estudada a possibilidade de atuação de agentes corrosivos na cimentação e/ou no revestimento e o impacto na vedação. Este trabalho concluiu que a provável causa da elevada produção de água é a elevação natural do contato óleo/água e/ou a perda do isolamento hidráulico entre zonas próximas do intervalo produtor.

Alguns projetos propostos para o Campo-Escola da UFBA envolvem:

- Análise de BSW, salinidade, ponto de fluidez, viscosidade e densidade em petróleo, utilizando normas padronizadas;
- Análise de gás natural para determinação da composição de hidrocarbonetos e contaminantes;
- Operacionalização do gasoduto virtual em Fazenda Mamoeiro;
- Automação do Campo de Quiambina;
- Injeção de bio-polímeros;

5. INSTALAÇÃO DO CAMPO-ESCOLA

As universidades estaduais paulistas possuem diversos grupos de pesquisa ligados à exploração de petróleo e gás e ao estudo de biocombustíveis apoiados pelo Programa de Recursos Humanos da ANP (PRH/ANP). São diversos enfoques, divididos entre os mais de trinta PRHs, desde *upstream* e *downstream* até formação de profissionais em geologia, geofísica e engenharias. A forte conexão com o órgão regulador permite troca de experiências e acesso a oportunidades de pesquisa de interesse para ambos. Esse contato já existente é o melhor caminho para alcançar as parcerias, concessões e permissões necessárias.

A partir do surgimento de um projeto, a proposta deve ser encaminhada para a ANP e as negociações para apoio logístico e escoamento da produção podem começar. O projeto deve ter alguns pontos básicos bem especificados de caráter técnico e econômico, e outros mais gerais, os quais podem ser desenvolvidos nas próximas fases do projeto. As informações básicas para a proposta parceria devem conter:

- Motivação para criação do projeto;
- Levantamento de áreas (ou poços) de interesse;
- Modelo geológico e geofísico preliminar, indicando intervalos de interesse volume recuperável estimado (ou capacidade de armazenamento no caso de ESGN);
- Atribuição de responsabilidades às partes, incluindo departamentos da universidade;
- Estimativa preliminar de investimento necessário para instalação;
- Estimativa do tempo de operação e periodicidade das intervenções;
- Apresentação de parcerias já estabelecidas (se houver) para escoamento e venda da produção.

O planejamento estratégico para o funcionamento do Campo-Escola deve levar em conta o tipo de campo, de instalação (produção de óleo, produção de gás ou injeção), a disponibilidade de recursos e serviços para instalação de equipamentos e rotinas de funcionamento. Como exemplo, são listados os passos seguidos para o funcionamento do Campo de Fazenda Mamoeiro da UFBA (OLIVEIRA JR, ET AL., 2008):

- Licenciamento ambiental e obtenção da Licença de Operação;

- Compra de mídias com informações geo-referenciadas e meta-dados, acompanhados da Declaração de Responsabilidade Técnica (DRT);
- Licitação para serviços de limpeza da área do poço;
- Melhoria da estrada de acesso ao poço;
- Elaboração de contratos para venda de óleo e gás;
- Assinatura de contrato para transporte do óleo e para caminhão sugador;
- Acompanhamento, controle e manuseio da produção, incluindo medição;
- Contratação e treinamento de pessoal para a operação do poço e do compressor;
- Instalação de pluviômetros para monitorar chuvas na localidade;
- Realização de estudos geológicos e geofísicos;
- Instalação de mecanismo remoto de envio de dados;
- Execução de programa de intervenção;
- Manutenção da produção.

No caso do sudeste, devem-se reunir as informações sobre a Bacia do Paraná disponíveis nos estudos realizados por empresas, universidades e instituições de pesquisa. Isso inclui o acervo cartográfico plani-altimétrico e geológico em várias escalas, além de aerofotolevantamentos, imagens de satélite e radar. Não há necessidade de novos levantamentos de dados de superfície e subsuperfície, embora um monitoramento contínuo seja recomendável, para propósito de pesquisas e realização de sísmica 4D futuramente. O material de pesquisa mineral para carvão e água também será útil, contribuindo para estabelecer o modelo geológico completo da região.

No interior do Estado de São Paulo, a região de Cuiabá Paulista apresenta o maior potencial para reabertura de poços e instalação do Campo-Escola. Um estudo de pré-viabilidade do gás nessa região (CONSÓRCIO CESP/IPT, 1982) revelou-se muito abrangente e de grande utilidade para a proposta do Campo-Escola. Esse estudo levantou alternativas ao gás, benefícios diretos e indiretos do investimento e resultou no projeto de instalação do sistema de produção e transporte do gás, com levantamento de custos (para a época) e condições para manutenção da produção.

O potencial do campo de gás de Cuiabá Paulista estava em fase de avaliação na época do estudo. Sendo assim, o trabalho criou cenários potenciais de diversos níveis de produção do campo. (figura 16). Embora de baixa qualidade, devido à idade do documento original, o

gráfico mostra que a melhor opção de aproveitamento do gás para altos volumes de produção seria a conexão com o gasoduto Brasil-Bolívia (Gasbol), com a melhor relação benefício-custo. O projeto para tanto e o levantamento econômico são encontrados na mesma referência, porém não fazem parte do escopo dessa pesquisa, além de estarem desatualizados. A melhor alternativa de aproveitamento do gás varia de acordo com o volume de produção. Embora as reservas encontradas no interior do Estado tenham sido consideradas subcomerciais, a exploração do campo pode ser relevante para níveis acadêmicos.

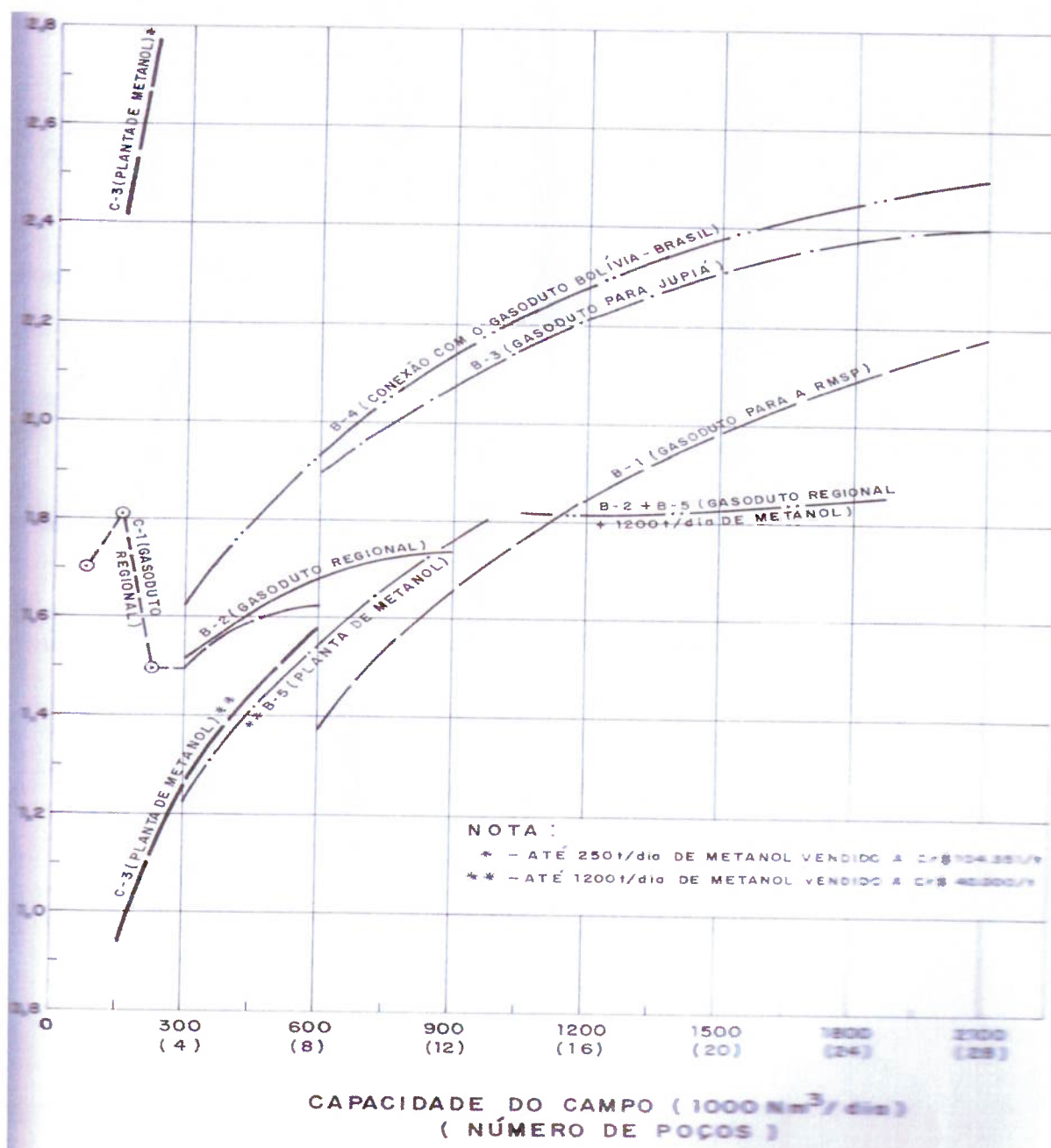


Figura 16 – Relação Benefício/Custo Para as Alternativas Mais Viáveis de Aproveitamento do Gás de Cuiabá Paulista. Fonte: CONSÓRCIO CESP/IPT, 1982.

Dos estudos de viabilidade e simulações de produção verificados, são apontados os elementos mais importantes na exploração especificamente da Bacia do Paraná, listados a seguir:

- Levantamento e aquisição de dados geológicos, hidrológicos e geofísicos;
- Elaboração de mapas preliminares com base no aerofotolevantamento;
- Processamento de dados de gravimetria e aeromagnetometria;
- Análise dos dados de geofísica, atentando para o objetivo do poço;
- Construção de mapas temáticos de atributos;
- Integração dos dados e definição de áreas potenciais;
- Controle de campo nas áreas selecionadas para verificação da existência de registros estruturais de superfície relevantes para análise do reservatório;
- Modelagem e análise qualitativa dos alvos pré-selecionados;
- Modelagem e estimativa preliminar da capacidade de produção/injeção das regiões selecionadas;
- Estimativa dos custos operacionais e das receitas envolvidas.

Uma recente estudo de implantação de sistema de ESGN (IPT, 2005) aponta prováveis alvos (figuras 17 e 18) para dois reservatórios na Bacia do Paraná.

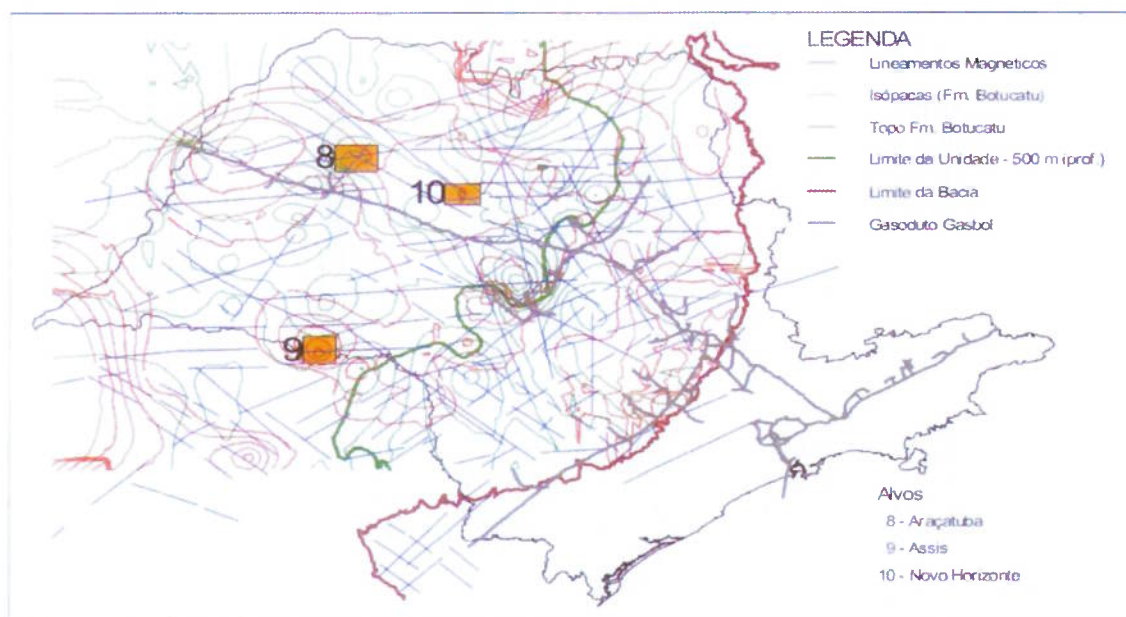


Figura 17 – Alvos Definidos para o Reservatório Botucatu.

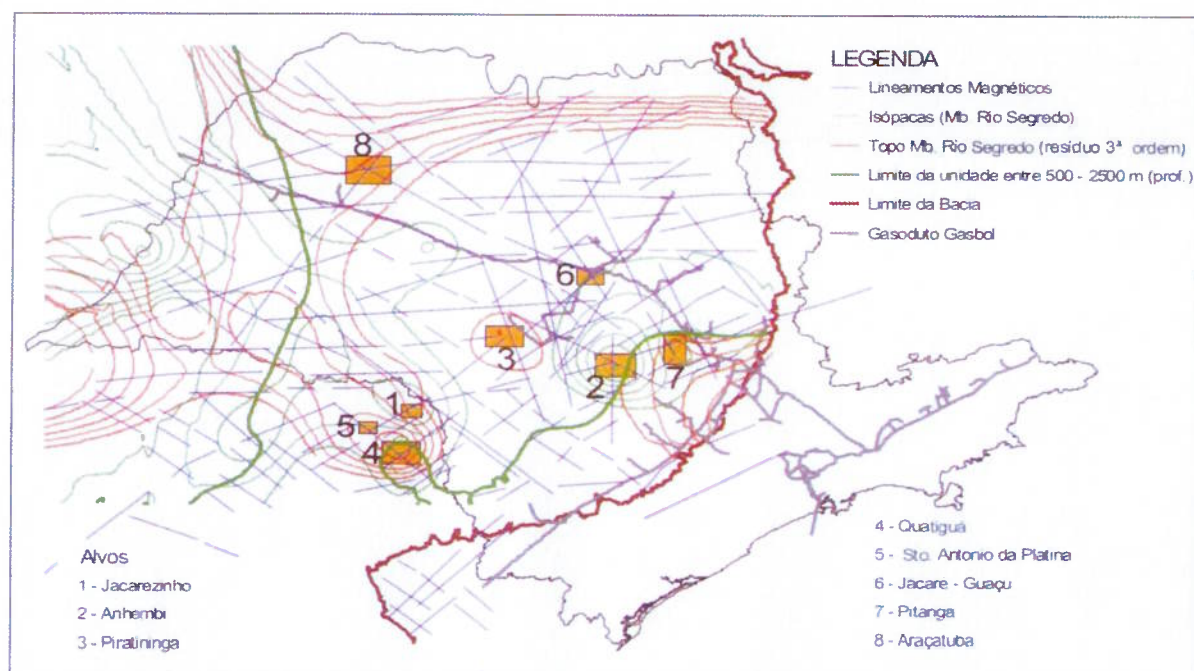


Figura 18 – Alvos Definidos para o Reservatório Itararé.

O referido estudo modelou a instalação e operação de plantas de ESGN e encontrou bons resultados em termos de capacidade de estocagem. A distribuição seria garantida por gasoduto e os custos de operação foram estimados usando o padrão norte americano, do qual se tem mais informações disponíveis. Em reservatórios exauridos a média mundial de investimento (em US\$) por metro cúbico de gás útil é de 0,025 a 0,05. A pesquisa revela que quanto maior é o volume estocado, menor é o custo por m^3 . Devido a diferenças em processos de investigação geológica, instalação de poços e capacidade de estocagem, os custos em aquíferos são maiores em uma ordem de grandeza. A divisão dos custos médios de projetos de ESGN para campos exauridos é a seguinte:

- 30% na planta de superfície: compressores, unidades de desidratação, filtros, medidores, válvulas, aquecedores, resfriadores, geradores, dutos, sistema elétrico, sistema de automação, controle e monitoramento, construção civil e telecomunicações;
- 30% no gás de base;
- 25% em subsuperfície: perfuração e completção de poços;
- 15% exploração: estudo geológico, análise de dados geofísicos, construção de poços exploratórios e estudos de viabilidade.

Projetos para construções de ESGN devem basear-se nos seguintes princípios:

- Minimização do número de poços, visando redução de riscos;
- Estabelecimento de um regime de gerenciamento de poços com otimização do reservatório, de maneira a tornar possível a utilização da capacidade máxima de estocagem;
- Projeção da melhor completação de poços para flexibilizar os processos e obter o melhor desempenho;
- Taxas reduzidas de manutenção;
- Implantação de um sistema de controle de operações automatizado e seguro;
- Utilização de sistema de monitoramento auxiliado por técnicas sofisticadas (sísmica e simulações computacionais), visando à redução do número de poços de observação.

As principais instalações de superfície que constituem um sítio de estocagem são voltadas para tratamento do gás (compressão, desidratação, etc.), conjunto administrativo e salas de controle automatizado.

No tocante ao escoamento e processamento do gás ou óleo produzidos foram analisados os boletins mensais de acompanhamento da indústria de petróleo e gás natural de São Paulo, documento produzido pela Secretaria de Energia do Estado de São Paulo. Verificou-se que a produção do Estado é predominantemente da Bacia de Santos, em poços offshore. Essa produção vem aumentando e com ela a contribuição dos royalties para o Estado, que passou de R\$12.300.000 em março deste ano, ultrapassando pela primeira vez a barreira dos R\$10 milhões. Tem-se nessa receita mais uma possível fonte de apoio financeiro à instalação do Campo-Escola. Com o aumento da produção, registra-se o aumento na pressão nos sistemas de transporte e refino. As refinarias já operam com um fator médio de utilização maior que 95%.

Conclui-se que o aumento da produção causado por um campo marginal (alvo do Campo-Escola) não contribuiria consideravelmente para a pressão nos sistemas de transporte e refino, pois a adaptação do mesmo ao nível crescente de produção proveniente da Bacia de Santos deve abrigar naturalmente a produção modesta esperada do Campo-Escola.

6. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS BENEFÍCIOS

Há possibilidade de convênios para testes de novas tecnologias. Como já comentado sobre o caso da UFBA, um projeto de exploração sem apelo comercial pode servir de berço para testes de métodos alternativos de monitoramento, intervenção e análise de desempenho. Essas tecnologias podem ser aplicadas em parceria com empresas ou podem ser desenvolvidas pela própria universidade. De uma forma ou de outra, há produção científica considerável na análise dos efeitos e respostas do campo em comparação ao esperado, contribuindo com a formação dos alunos nesse casamento da prática com o conhecimento teórico necessário para dar suporte a essas novas tecnologias.

A região é beneficiada pela movimentação de pessoal. Em nível local, o Campo-Escola gera uma movimentação na região, com as operações de manutenção, visitas técnicas, etc. É provável que haja necessidade de contratação de mão-de-obra fixa para operações, o que é bom para a região. Além disso, profissionais melhor preparados requerem menor tempo de treinamento na empresa e conseguem suprir a demanda por vagas, o que diminui a necessidade de contratação de estrangeiros.

7. CONCLUSÕES

Em uma área que sofre tamanha pressão por prazos e eficiência e mais recentemente uma alta pressão também por mudanças, é vital que seus profissionais sejam bem treinados, flexíveis e adaptáveis. A idéia de aproveitar o Campo-Escola para introduzir experiência prática e ambientar os futuros projetistas e engenheiros de campo contribui para que o setor seja abastecido com profissionais capazes de responder a essa pressão. A antecipação do contato com a prática de campo reduz custos de treinamento e riscos associados à segurança.

Como avaliado, o volume de recursos necessário para instalação e manutenção de um projeto Campo-Escola é alto, porém não se aproxima da quantidade de receita proveniente dos *royalties* que é destinada todos os anos aos ministérios da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e de Minas e Energia, da ordem de bilhões de R\$ (COSTA, 2012) e que deveria, em parte por lei, ser direcionada a projetos de pesquisa e educação, mas é destinada à Reserva de Contingenciamento do governo, para garantia de superávit primário.

A aquisição dos poços, junto com as permissões necessárias e o estabelecimento de parcerias são os primeiros grandes obstáculos a serem superados. Os benefícios mais claros são a movimentação da economia local, a possibilidade de desenvolvimento e testes de novas tecnologias, uma formação prática complementar para os alunos e o estudo de campos marginais e maduros. Estes benefícios justificam a empreitada do Campo-Escola.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). Diversos conteúdos. Disponíveis em: <www.anp.gov.br>. Acesso em 15 jun. 2012;

ANP. 10ª Rodada de licitações da Bacia do Paraná. Disponível em <http://www.anp.gov.br/brnd/round10/arquivos/seminarios/STA_6_Bacia_do_Parana_portugues.pdf>. Acesso em 05 nov. 2012;

CONSÓRCIO CESP/IPT. **Estudos de pré-viabilidade do gás da região de Cuiabá Paulista**. Vol. 1 e 2. São Paulo. 1982;

CONSÓRCIO CESP/IPT. **Geologia da Bacia do Paraná**. São Paulo. 1982;

COSTA, HIRDAN KATARINA DE MEDEIROS. **O princípio da justiça intra e intergeracional como elemento na destinação das rendas de hidrocarbonetos: temática energética crítica na análise institucional brasileira**. 2012. 342f. Tese de doutorado. IEE, USP. São Paulo;

CUNHA, J. C.; CUNHA, L. B. Challenges for petroleum engineering education. **Oil and Gas Business**. 2005;

FERREIRA, DONEIVAN F (org). **Produção de petróleo e gás em campos marginais: um mercado nascente para o Brasil**. Campinas. Komedi. 2007. 512p;

GALHANO, FRANCISCO DE ASSIS PRADO. **Petróleo e gás na Bacia do Paraná**. 2066. 180f. Tese de doutorado. Escola Politécnica, USP. São Paulo;

IPT. **Estocagem subterrânea de gás natural. Tecnologia para suporte ao crescimento do setor de gás natural no Brasil**. São Paulo. 2005;

MARCELO COLOMER. Estocagem de gás no Brasil como solução para o conflito entre a indústria de gás e o setor elétrico. Disponível em <<http://infopetro.wordpress.com/2012/08/20/estocagem-de-gas-natural-no-brasil-como-solucao-para-o-conflito-entre-a-industria-de-gas-e-o-setor-eletrico/>>. Acesso em 05 nov. 2012;

MINISTÉRIO DO TRABALHO (MTE). Dados de imigração. Disponível em <www.mte.gov.br>. Acesso em 11 out. 2012.

NETO, FRANCISCO A. S.; SANTOS, JOÃO PAULO L.; DUARTE, LINDEMBERG J. N.; LOBATO, ANA KATERINE C. L.; SANTOS, LUIZ CARLOS L. **Avaliação da elevada produção de água no poço 01-QB-04ª-BA pertencente ao projeto Campo-Escola da UFBA**. IBP. Rio de Janeiro. 2012;

NOVAES, RICARDO CÉLIO SESMA. **Campos maduros e áreas de acumulações marginais de petróleo e gás natural: uma análise da atividade econômica no Recôncavo Baiano**. 2010. 178f. Dissertação de mestrado. IEE, USP. São Paulo;

OLIVEIRA JÚNIOR, JOSÉ B. de; PACHECO, ALMI CABRAL; SOUZA, THIAGO TEIXEIRA; JÚNIOR, LUIZ MEDEIROS; SANTANNA, VANESSA CRISTINA. **Projeto campo-escola: avanços e perspectivas**. IBP. Rio de Janeiro. 2008;

OLIVEIRA JÚNIOR, JOSÉ B. de; SANTIAGO, CYBÈLE CELESTINO; SANTANNA, VANESSA CRISTINA. **Reflexos do projeto campo-escola no ensino, pesquisa e extensão na universidade federal da Bahia**. IBP. Rio de Janeiro. 2008;

PETROBRAS. Diversos conteúdos. Disponíveis em <www.petrobras.com.br> e <www.investidorpetrobras.com.br>. Acesso em 16 jun. 2012;

SANTOS, VITOR EMANOEL SIQUEIRA. Arquivo pessoal de fotos e documentos da visita técnica realizada ao Campo-Escola UFBA. 2009;

THOMAS, JOSÉ EDUARDO (org). **Fundamentos de engenharia de petróleo**. Rio de Janeiro. Interciência. 2001. 271p;

ZAMITH, REGINA; SANTOS, EDMILSON M. DOS. **Atividades onshore no Brasil. Regulação, políticas públicas e desenvolvimento local**. São Paulo. Annablume 2007. 175p;