

SISTEMA ESPECIALISTA DE CLASSIFICAÇÃO DE RESERVAS DE PETRÓLEO, UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS

KELLERMAN ANTONIO NOVAES¹

SAUL BARINISK SUSLICK²

¹DEP - Universidade de Campinas
Caixa Postal 96 - 13416-000 - Campinas - SP, Brasil
kanovaes@dep.fem.unicamp.br

²IG - Universidade de Campinas
Caixa Postal 96 - 13416-000 - Campinas - SP, Brasil
Suslick@ige.unicamp.br

Abstract. This paper describes the G.I.S. application that was developing considering the necessity and complexity of classification and evaluation of petroleum reserves dealing with the strategic planning and management portfolio companies. It was used as stimulus to elaborated such specialist system of reserves classification using artificial intelligence and geoprocessing techniques integrating technologies innovation with knowledge of professional.

Keywords: petroleum, classification, reserves, artificial intelligence, geoprocessing.

1. Introdução:

Fator fundamental e estratégico no desenvolvimento contínuo das economias mundiais e uma das principais fontes de energia mundial, o petróleo é essencial para o planejamento futuro. A avaliação das quantidades disponíveis e que podem tornar-se disponíveis é fundamental para governos, agências internacionais, economistas, banqueiros, e a indústria de energia internacional. Para alcançar tal avaliação é necessário que a indústria adote metodologias e nomenclaturas consistentes para quantificar as reservas atuais e futuras de petróleo que podem ser recuperadas da natureza. Na classificação dos recursos e reservas petrolíferas utilizam-se informações de sísmica, mapas geológicos, poços, sondagens, testemunhos, dados de produção, perfuração, taxas econômicas, grau de desenvolvimento, infraestrutura, entre outros. A diversidade, subjetividade, conhecimento e experiência a que o processo está submetido, além da flexibilidade que o sistema de classificação deve possuir para integrar novas informações que irão fazer parte do sistema de acordo com o desenvolvimento de novas tecnologias e avanços na indústria do petróleo torna o problema difícil de se tratar com técnicas de computação tradicionais. O uso do geoprocessamento, em particular dos sistemas geográficos de informação, vem ocupando um espaço cada vez maior nas atividades de gestão de informações e oferece ferramentas precisas e ágeis quando o assunto é multidisciplinar e exige a sua representação espacial através de produtos cartográficos. Sistemas especialistas oferecem possibilidades de organizar e executar funções e rotinas de trabalhos em que o conhecimento e a experiência são adquiridos ao longo dos anos através da especialização de mão de obra para prestar determinados serviços. Este trabalho é o resultado da sinergia das técnicas de geoprocessamento e de inteligência artificial na elaboração e desenvolvimento de um sistema especialista em classificar reservas petrolíferas, oferecendo uma ferramenta prática e de gestão de informações.

2 – Sistema Especialista de Classificação de Reservas de Petróleo

A terminologia utilizada na classificação dos recursos petrolíferos e as várias categorias de reservas foram por muitos anos assunto de estudo e discussão. Tentativas para unificar a terminologia de reservas começaram desde 1930 quando o Instituto de Petróleo Americano desenvolveu uma classificação para o petróleo e definiu várias categorias de reservas. Desde então, a evolução das tecnologias rendeu métodos mais precisos para determinar reservas e intensificou a necessidade por uma nomenclatura mais sólida que alcança-se consistência entre os profissionais que trabalham com a questão. Logo após a publicação dos primeiros trabalhos sobre o assunto, ficou claro que um único sistema de classificação apresentaria uma oportunidade maior para aceitação e significaria uma posição comum e sem igual ao assunto técnico e profissional que enfrenta a indústria de petróleo internacional. Em fevereiro de 2000 três das maiores organizações, SPE (*Society Petroleum Engineers*), WPC (*World Petroleum Congress*) e AAPG (*American Association of Petroleum Geologists*) publicaram um documento significativo intitulado de “*Petroleum Resources Classification and Definitions*”, (SPE 2000) agregando qualidade e consistência sobre o assunto, atualizando e acrescentando parâmetros quanto a incertezas na classificação dos recursos de petróleo e gás natural. Embora a definição de reservas de petróleo não deve de qualquer maneira ser interpretado como compulsório ou obrigatório, deveriam ser encorajadas por países e organizações a usá-

las, de acordo com as condições locais e circunstâncias especiais. Reservas derivadas destas definições confiam na integridade, habilidade, e julgamento do avaliador e são afetadas pela complexidade geológica, fase de desenvolvimento, grau de exploração dos reservatórios, incertezas e quantidade de dados disponíveis. O uso destas definições deve enfatizar a distinção entre as várias classificações e prover informações mais consistente sobre as reservas. A figura 1 representa o diagrama de classificação e seus diferentes estágios de desenvolvimento. Maiores informações sobre critérios de classificação são encontrados em *SPE/WPC/AAPG 2000*.

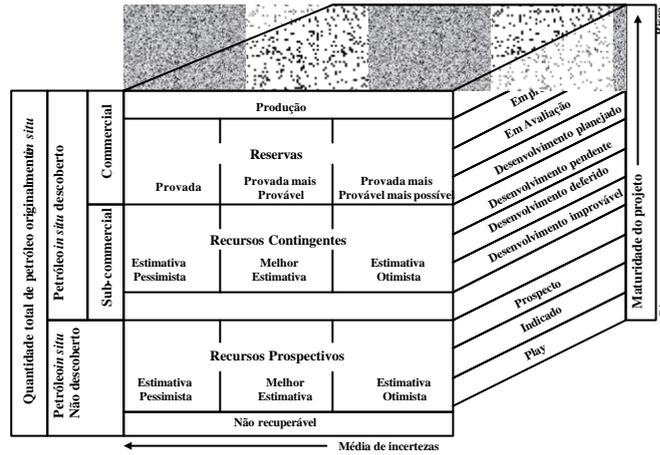
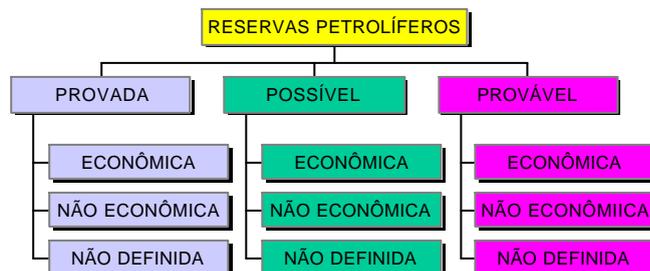


FIGURA 1 – Diagrama de Classificação (adaptado de Gross 2000)

2.1 – Organização do conhecimento

A aquisição do conhecimento é a fase mais difícil no desenvolvimento de sistemas especialistas, envolve tanto aspectos pessoais como técnicos e nem sempre esta parceria é objetiva a resultados. O conhecimento foi extraído do código de reserva e do manual de procedimentos da Petrobrás, além da experiência de um grupo de pesquisadores, sendo todos profissionais com larga experiência na indústria do petróleo, que desenvolveram um protótipo de um sistema especialista de classificação de reservas de petróleo, (Unicamp 1991). Conforme a figura 1 demonstra o sistema classifica os recursos e reservas em função do desenvolvimento do projeto e do número de informações existentes em cada caso. Com o objetivo de simplificar a aplicação para atuar num primeiro momento somente na classificação de reservas de petróleo, tendo como base o código de reserva e o manual de procedimentos da Petrobrás identificam-se nove (9) classes distintas conforme o grau da incerteza da existência e da economicidade distribuídas da seguinte maneira:



Basicamente o que difere um volume provado do provável ou possível é se a área foi avaliada. Uma área é avaliada quando uma das hipóteses abaixo for verdadeira:

- Tem poço produzindo
- Tem poço testado
- Tem poço testado com alto grau de saturação de óleo
- Poço com boa correlação com poços em produção ou testados

Assim sempre que uma área for avaliada ela terá um volume provado. O volume será possível se for uma área mapeada e circunvizinha a um reservatório já avaliado ou então é uma área não avaliada com cota inferior de hidrocarbonetos constatado no poço. Um volume será provável se for uma área não avaliada, mapeada, que pertença a uma área pacote de reservatório ou que o perfil corrido tenha boa correlação com o poço testado no mesmo intervalo. Uma vez definida o grau da incerteza da descoberta, passa-se a análise de sua economicidade. Uma classe será econômica se:

- Se possuir um estudo de viabilidade técnico econômico concluído e a sua taxa de atratividade for superior que a taxa de atratividade da empresa, ou;
- É uma área não avaliada com facilidade de produção que não deixam dúvidas quanto a sua explotabilidade

Uma descoberta será não econômica se:

- A área foi avaliada e sua taxa de atratividade é inferior a da empresa, ou
- A área é não avaliada e o reservatório é formado por uma zona portadora de gás livre não associado que inviabiliza a completação de poços para produção de óleo, ou
- A área é não avaliada, a zona tem pequena espessura e contatos água/óleo e gás/óleo são próximo;

Uma descoberta será Não definida se:

- A área é não avaliada e não tem facilidade de produção próxima que possam viabilizar a sua produção ou;
- A área é avaliada porem não existe tecnologia disponível para a sua exploração, ou
- A área é avaliada e ainda não tem estudo de viabilidade técnica concluído.

De posse das condições de cada categoria, criou-se uma lista de parâmetros, (Figura 2), utilizados para a criação das regras de cruzamento para o desenvolvimento do sistema.

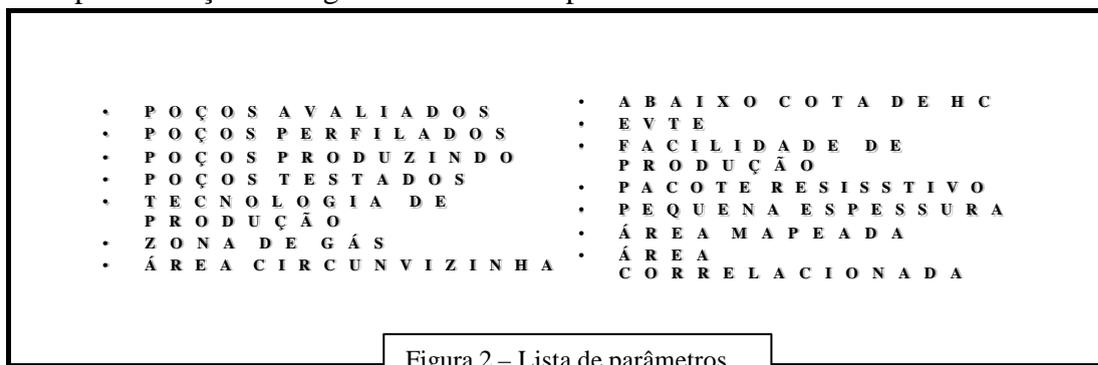


Figura 2 – Lista de parâmetros

2.2 Shell – Sistema geográfico de Informação – SGI

Um sistema especialista pode ser desenvolvido utilizando-se linguagens próprias da área da inteligência artificial, por uma linguagem convencional ou ainda com a utilização de programas já desenvolvidos restando ao profissional implementar a base de conhecimento.

Estes programas são conhecidos como “*SHELLS*”. Neste trabalho foi utilizado como SHELL o programa SPRING, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, em conjunto com o Nexpert. O Nexpert é um sistema para o desenvolvimento de aplicações ou sistemas baseados em conhecimento (KBS – Knowledge based systems), possui um conjunto de ferramentas para o desenvolvimento de aplicações na área de sistemas especialistas. O Nexpert foi o ambiente utilizado para a criação das regras de cruzamento entre os parâmetros encontrados no manual e no código de procedimentos da Petrobrás para a classificação das reservas. Uma desvantagem do Nexpert com relação ao Spring é a não possibilidade de visualizar mapas e dados espacializados, além da não capacidade de gerar produtos cartográficos como relatórios para consulta. Sendo assim a solução foi implementar as regras de cruzamento no Spring e utiliza-lo como o sistema de gestão das informações. O *geoprocessamento* é o conjunto de técnicas computacionais relacionadas com a coleta, armazenamento e tratamento de informações espaciais ou georreferenciadas, para serem utilizadas em sistemas específicos a cada aplicação que, de alguma forma, utilizam-se do espaço físico geográfico. Estes sistemas são mais comuns e conhecidos como **Sistemas de Informação Geográfica (SIG)**. O SIG é um sistema computacional composto de softwares e hardwares que permitem a integração entre bancos de dados alfanuméricos (tabelas) e gráficos (mapas), para o processamento, análise e saída de dados georreferenciados. Os produtos criados são arquivos digitais contendo mapas, gráficos, tabelas e relatórios convencionais. O Spring é um SIG e suas principais características são:

- Integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno.
- Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise e para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados;

Como um sistema de geoprocessamento o Spring não é um software para fazer mapas, é uma ferramenta de análise que auxilia na tomada de decisões, baseado num modelo de dados orientado a objetos, integrado em um banco de dados relacional e que através de um SGBDR (Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional) – modelo “geo-relacional”, onde componentes espaciais e descritivas do objeto geográfico são armazenados separadamente. Os atributos convencionais são guardados no banco de dados (na forma de tabelas) e os dados espaciais são tratados por um sistema dedicado. A conexão é feita por identificadores (id) de objetos. Para recuperar um objeto, os dois subsistemas devem ser pesquisados e a resposta é uma composição de resultado. A **figura 3** mostra o relacionamento entre os módulos, assim como os possíveis caminhos que o usuário pode seguir ao realizar uma consulta sobre seus objetos. Observe que as setas indicam as possibilidades de combinação de consultas. (Manual do Spring).

2.2 Desenvolvimento do Sistema

Utilizando as ferramentas e possibilidades do sistema o primeiro passo foi a introdução da base de dados geográfica para a representação espacial das reservas e suas respectivas áreas de contorno. Como base geográfica foi utilizada a carta-náutica da região sul/sudeste da costa brasileira tendo como limites o Mar Del Plata até o município de Regência-ES. A **figura 4** mostra toda a base utilizada. Nesta fase, cuidados especiais são tomados na transformação de dados analógicos para o formato digital, existem diferentes maneiras de realizar este processo de acordo com a disponibilidade tecnológica do executor. Planos de informação como

batimetria, plataforma continental, costa brasileira, principais cidades, linhas magnéticas, e outros integram o sistema da base cartográfica.

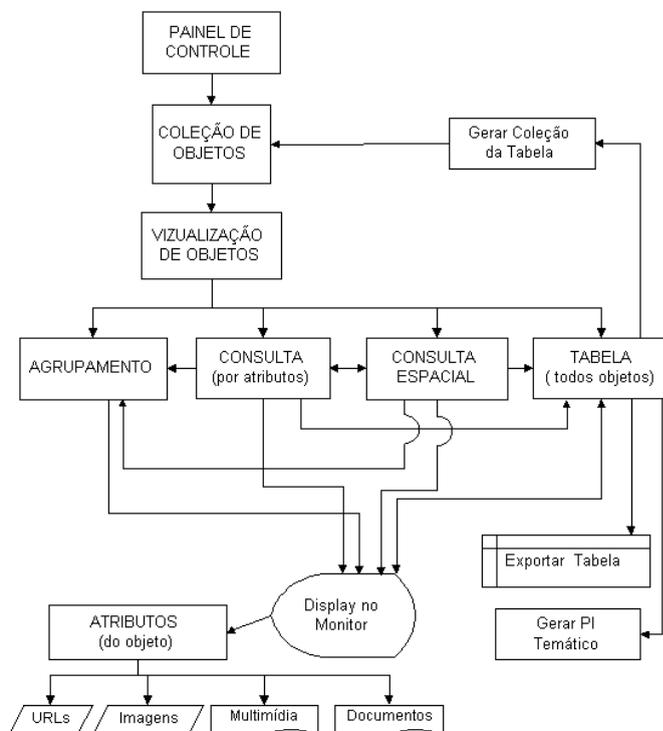


Figura 3 – Modelo de relacionamento (Arquitetura Geral do Sistema)

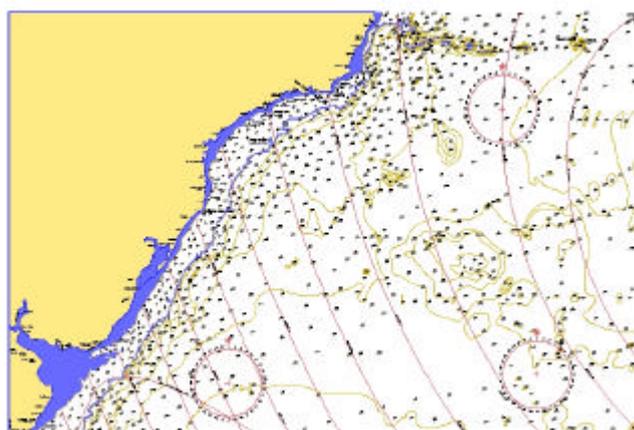


Figura 4 – Base cartográfica

Em seguida a digitalização da base novos planos de informações foram criados com os limites das reservas a serem classificadas, mapas geológicos, dados geofísicos 2 e 3D, poços, entre outros. No trabalho foram realizados nove exemplos de classes de acordo com as nove classificações possíveis no sistema, conforme descrito no capítulo 2.1. Uma tabela de atributos foi criada e associada com as áreas de contorno de cada reserva e equacionadas conforme as regras de cruzamento realizada no Nexpert, utilizando os parâmetros da **figura 2**. Este procedimento possibilita a consulta por atributos dos dados espaciais. Após a associação de todas as reservas e seus devidos atributos a classificação fica automática de acordo com a expressão lógica criada com os atributos através do módulo de consulta. Dessa maneira após

o preenchimento e associação dos atributos, não é preciso nenhuma expertise para poder realizar a classificação das reservas, as equações terá como solução somente as entidades espaciais e tabulares que satisfazem suas condições de contorno.

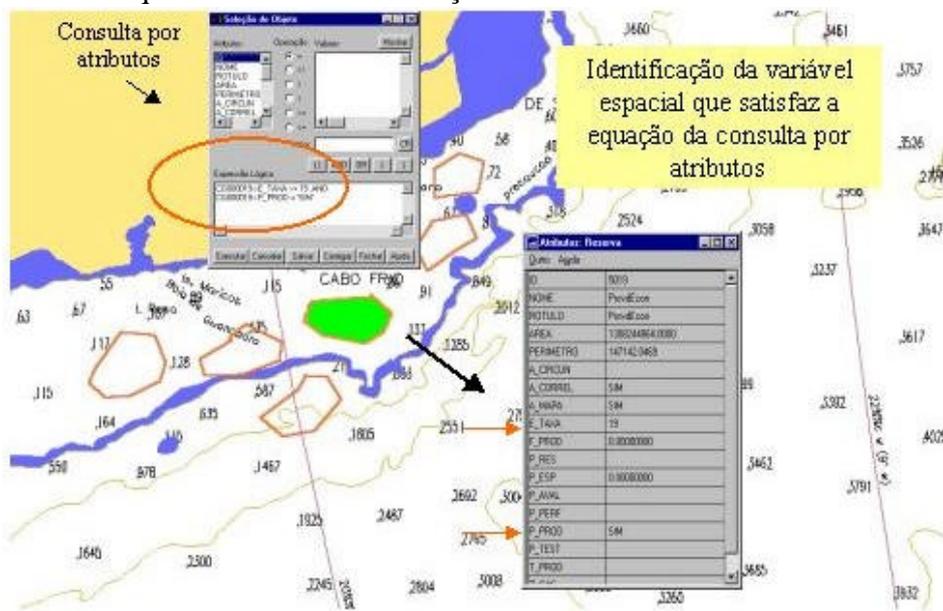


Figura 5 – Classificação por atributos

A figura 5 ilustra o procedimento de classificação.

3 – Resultados e Discussões

Após a introdução das regras de cruzamento os resultados foram apresentados com nove exemplos, um de cada classe, para verificar o funcionamento do sistema. A ferramenta mostrou-se eficiente na realização das regras assim como flexível para novas informações que posteriormente possam ser integradas.

Planos de Informações foram criados para representar a diversidade dos dados utilizados e seus cruzamentos, a informação geográfica associada ao sistema possibilita a visualização e manipulação de dados espaciais como mapas geológicos, batimetria, geofísica, poços, setores econômicos entre outras possibilidades que tornem a ferramenta mais complexa e eficiente na elaboração de relatórios e na tomada de decisão.

O trabalho não deixa dúvida da potencialidade do SIG como um sistema de classificação de reservas sendo que para isso faz-se necessário otimizar funções e relacionamento entre as possibilidades de introdução, manipulação e representação de dados para que o sistema torne-se simples e específico para desempenhar a função objetiva do sistema.

Dados e informações são essenciais nos negócios do petróleo, é indiscutível a necessidade de representar espacialmente as informações e considerar o local, município, estado e país no qual deseja-se decidir a vida de um projeto, assim como as condições de natureza geográfica e sócio-política, o SIG apresenta-se com muita utilidade neste ponto e sua capacidade de programação e monitoramento temporal fortalece a sua posição como ferramenta e tecnologia na gestão de informações na indústria de exploração e produção de petróleo.

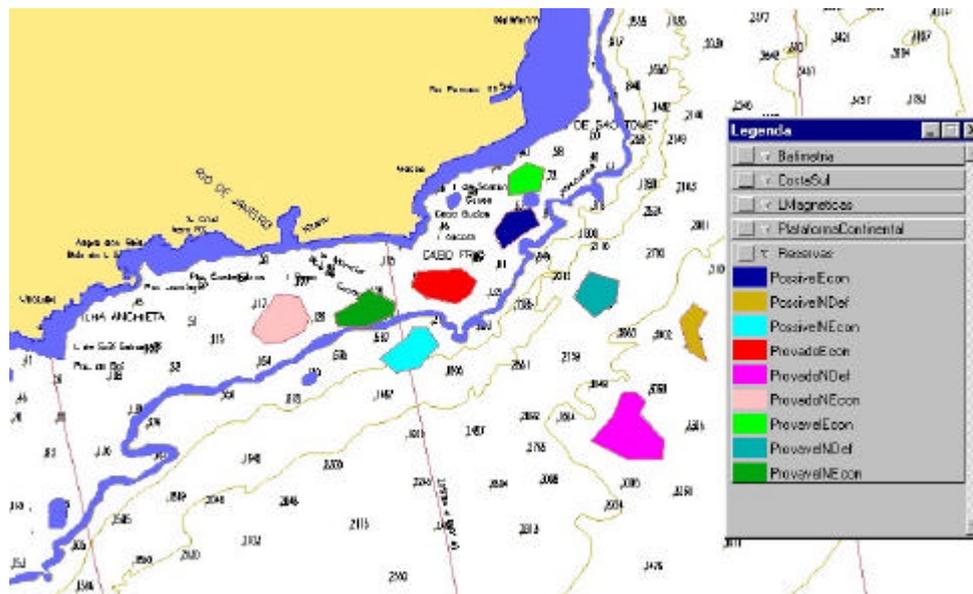


Figura 6 – Classificação das reservas como produto temático

Bibliografia:

Campagnolo, E. A; Lara A O; Guedes S S; Souza C R – Protótipo de um sistema especialista para Identificação de Modelo de reservatório na Interpretação de testes de Pressão em Poços – Relatório CENPES 1059 Maio 1990

Campagnolo, E. A.; de Menezes, F. R - Novo código de reservas da Petrobrás – testemunho 1989

Código de Reservas e Manual de Procedimentos da Petrobrás – Relatório interno da Petrobrás

Holleben C R C; Campagnolo E A; Cisneiro F A A; Lima J L; Vieira P M F - Protótipo de Sistema Especialista para Classificação de Reservas de Petróleo, – Unicamp novembro 1990

Manual do Nexpert

Manual do Spring, <dpi.inpe.br/spring>.

Petroleum Reserves Definitions – Study Group report, 12th, World Congres Petroleum, Houston (1987)

“Petroleum Resources Classification and definitions”, SPE, WPC and AAPG, February 2000.