

BREVES COMUNICAÇÕES, DEBATES, ANÁLISES, REFLEXÕES

NOTES, DISCUSSION, ANALYSIS, REFLECTIONS

Esta seção destina-se à reflexão, ao pensamento geocientífico, a breves comunicações. É o espaço reservado para a discussão menos formal da matéria geológica e geofísica. Nela, os geocientistas poderão expor seus pontos de vista a respeito de temas polêmicos, estimulando o salutar e necessário debate científico em nossa comunidade especializada; apresentar, através de breve comunicação, resultados relevantes obtidos em trabalhos ou pesquisas em desenvolvimento; analisar algum importante artigo surgido na literatura; apresentar retrospectivas históricas e reflexões em torno de matéria específica; discorrer sobre alguma obra recém-editada e julgada interessante para a Geologia do Petróleo; comentar criticamente, eventos ocorridos no Brasil ou no exterior; discutir, dos pontos de vista geocientífico e geopolítico, as tendências das diversas áreas da Geologia do Petróleo. Publica, também, resumos de teses de interesse da linha da Revista.

This section is reserved for geoscientific thoughts and ideas, informal discussions on geology and geophysics, and technical notes. Here geoscientists can help stimulate vital and profitable scientific debate within our specialized community by sharing their points of view on controversial issues. This space is also where readers will find notes on significant results from current studies of research, analyses of major articles from the technical literature, presentations of historical retrospects and reflections on specific topics, comments on recently published works linked to the field of petroleum geology, critical assessments of the latest events in Brazil or abroad, plus geoscientific an geopolitical discussion of trends within petroleum geology. Pertinent theses and dissertation abstracts also appear in this section.

ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR E EPISTEMOLÓGICA SOBRE AS EVIDÊNCIAS DO LIMITE CRETÁCEO-TERCIÁRIO, COM BASE EM LEITURAS EFETUADAS NO REGISTRO SEDIMENTAR DAS BACIAS DA COSTA LESTE BRASILEIRA

INTERDISCIPLINARY AND EPISTEMOLOGICAL APPROACHING OF THE CRETACEOUS-TERTIARY BOUNDARY EVIDENCES, BASED ON READING THE SEDIMENTARY RECORD OF THE EASTERN MARGINAL BRAZILIAN BASINS

Gilberto Athayde Albertão¹

O trabalho de Alvarez *et al.* (1980), que renovou o

interesse no estudo das descontinuidades do registro geológico e também biológico da Terra, propõe que a extinção em massa da biota que ocorreu no limite entre os períodos Cretáceo e Terciário (limite K-T) foi provocada pelo impacto de um asteróide de grandes dimensões com a Terra. A principal evidência apresentada pelos autores foi o enriquecimento anômalo de elementos químicos raros (em particular o irídio), que são comumente depletados na crosta terrestre, exatamente no limite K-T de seqüências sedimentares na Itália, Dinamarca e Nova Zelândia.

Pesquisas mais recentes têm avançado no estudo e caracterização do limite K-T. Elas indicam peculiaridades presentes na camada-limite em localidades dispersas por todo o globo terrestre, além das anomalias de irídio: quartzo com feições de metamorfismo de impacto, microesferulas, microtektitos, fuligem e identificação de tsunamitos e crateras de impactos, estes dois últimos relacionados ao limite K-T, têm reforçado sobremaneira a hipótese do impacto.

A despeito da inexistência de estudos com o detalhe requerido para a identificação de uma seção completa com a passagem K-T nas bacias sedimentares brasileiras, algumas áreas (afloramentos) e poços (subsuperfície) foram selecionados com base em dados da PETROBRAS. Selecionaram-se, para o presente estudo, afloramentos da

¹ - E&P-BC/GERET/GEREV-C - Avenida Elias Agostinho, 665, Imbetiba, 27913-350, Macaé, RJ, Brasil.

- Dissertação de Mestrado, Janeiro de 1993, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.

Bacia de Pernambuco/Paraíba (Sub-bacia Olinda) e os poços* RJ-1 e RJ-2 (Bacia de Campos), ES-1 e ES-2 (Bacia do Espírito Santo) e SE-1 (Bacia de Sergipe).

Além dos estudos de campo (afioramentos), amostras de afioramentos e poços foram coletadas e analisadas pelos seguintes métodos:

- 1) - análises petrográficas (utilização de lupa, microscópio petrográfico e microscópio eletrônico - MEV);
- 2) - análises micropaleontológicas através de foraminíferos planctônicos e palinóforos (principalmente pólenes, esporos, algas e dinoflagelados);
- 3) - análises de difratometria de raios X (DRX) em rocha total e argilominerais;
- 4) - análises isotópicas (isótopos estáveis - carbono e oxigênio), resíduo insolúvel (RI) e carbono orgânico total (COT);
- 5) - análises geoquímicas especiais ("microquímica" e por meio de espectrômetro de energia dispersiva (EDS), ligado ao MEV));
- 6) - análise de ativação neutrônica instrumental (AANI), que forneceu concentrações para 46 elementos químicos, inclusive irídio (conduzida pelo Laboratório Nacional de Los Alamos, Estados Unidos).

Os dois tipos distintos de amostragem (de subsuperfície e de afioramentos) exigiram tratamentos diferenciados.

As análises petrográficas e os dados de micropaleontologia indicam que as litologias das amostras de calha (dados de subsuperfície) relativas aos poços estudados compreendem predominantemente folhelhos de talude. Resultados de DRX e AANI foram submetidos a um tratamento matemático: análises estatísticas simples (médias, variâncias, testes *T* e *F* etc.), análise fatorial e análise discriminante canônica. O resultado da análise fatorial permitiu a definição de um grupo de elementos químicos mais representativos dos vários perfis químicos para os poços estudados; ficam bastante evidentes um caráter local para as tendências de comportamento dos elementos químicos e minerais estudados (por exemplo, a correlação entre concentração e profundidade), e conspíquas ciclicidades de caráter inter-regional. A análise discriminante mostrou forte descontinuidade não apenas dos dados químicos mas também dos de mineralogia entre os períodos Cretáceo e Terciário.

Os afioramentos estudados na Bacia de Pernambuco/Paraíba (em especial aqueles da Pedreira Poty, perto do Recife, e da área da Ponta do Funil, perto de Goiana, ambas as áreas localizadas no Estado de Pernambuco), propiciaram maior detalhamento da caracterização petrográfica e paleoambiental. A Formação Gramame (biomicritos margosos de ambiente batial superior a nerítico profundo) encontra-se subjacente à Formação Maria

Farinha (intercalações entre calcários - compostos por biomicritos, biosparitos e calcilutitos - e folhelhos depositados em ambiente nerítico médio a profundo) num contato geológico erosivo. As estruturas sedimentares (estratificação cruzada *hummocky*, granodecrescência ascendente e estratificação ondular) caracterizam ambiente de rampa carbonática dominada por tempestades, num processo de regressão marinha progressiva (interpretação reforçada por dados geoquímicos, paleontológicos, mineralógicos e de icnofósseis). A base da Formação Maria Farinha, particularmente a camada denominada **D**, neste trabalho, é um depósito sedimentar formado por processo de mais alta energia que o das outras camadas.

O limite K-T está situado numa camada contínua de marga que é encontrada somente na Pedreira Poty (camada denominada **I** neste trabalho); o limite foi definido com base nas análises micropaleontológicas, no local onde ocorrem as principais extinções da biota. No mesmo nível, as análises geoquímicas revelaram anomalias de irídio e COT. Embora os dados de isótopo de carbono e oxigênio revelem algumas tendências, as mesmas parecem estar parcialmente influenciadas por diagênese.

As características distintas da camada **D** (granulometria, combinação e fragmentação de fósseis, abundância de fragmentos fosfatizados de granulometria grossa e estruturas sedimentares) e a ocorrência de anomalias geoquímicas bem acima de seu topo, no mesmo nível onde se posiciona o limite K-T definido bioestratigraficamente (camada **I**), fundamentaram a condução de um teste de hipótese considerando os processos sedimentares que teriam atuado na deposição, por meio de modelagem semi-quantitativa. Os resultados obtidos mostraram a plausibilidade de um processo de tsunami como responsável pela deposição da camada **D**.

Com base em todos os resultados obtidos, considera-se que os afioramentos da Pedreira Poty representam, entre todas as áreas pesquisadas neste trabalho, a mais completa seqüência sedimentar ao longo do limite Cretáceo-Terciário, situado a aproximadamente 60cm acima da base da Formação Maria Farinha. Há evidências de um evento catastrófico no Cretáceo Terminal (provavelmente um impacto de bólido extraterrestre): extinção em massa da biota, anomalias de irídio (detectada pela primeira vez em baixas latitudes do Hemisfério Sul, particularmente na América do Sul) e de COT, e um possível tsunamito, gerado pelo impacto, representado pela camada **D**.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ALVAREZ, L. W., ALVAREZ, W., ASARO, F., MICHEL, H. V. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science*, Washington, v. 208, n.4448, p. 1095-1108, jan. 1980.

*Os poços estão identificados apenas por um código simbólico, e não pelo seu código de referência real.

**ARQUITETURA SEDIMENTOLÓGICA,
ESTRUTURA DA PERMEABILIDADE
E CARACTERÍSTICAS FRACTAIS
DE DEPÓSITOS FLUVIAIS
BRAIDED, FORMAÇÃO AÇU,
CRETÁCEO DA BACIA POTIGUAR,
NORDESTE BRASILEIRO**
*SEDIMENTOLOGIC
ARCHITECTURE, PERMEABILITY
STRUCTURE AND FRACTAL
CHARACTERISTICS OF BRAIDED
FLUVIAL DEPOSITS, CRETACEOUS
AÇU FORMATION, POTIGUAR
BASIN, NE BRAZIL*

Mauro Roberto Becker¹

O objetivo deste estudo é a quantificação e predição da variabilidade deposicional de propriedades de reservatório em rochas fluviais entrelaçadas (*braided*) na escala interpoços. O método de investigação consiste na descrição, em afloramentos, da arquitetura litofaciológica, da estrutura de permeabilidade e de atributos fractais, e na aplicação destas características para simular um reservatório análogo. Afloramentos e um reservatório de óleo no Arenito Açú (Cretáceo), Bacia Potiguar, NE Brasil, consistiram nos laboratórios naturais para esta pesquisa. Rápida subsidência local, altas taxas de agradação e avulsões episódicas preservaram fácies selantes e de baixa permeabilidade neste sistema deposicional dominado por sedimentos grosseiros.

Heterogeneidades de megaescala incluem três níveis hierárquicos de elementos deposicionais: (1) nível de lençol de arenito (*sandstone sheet*) e camada de lamito, (2) nível de *storey* e (3) nível de conjunto de camadas (*bedset*) e camada (*bed*). Na megaescala, quanto maior a posição hierárquica da superfície limitante entre estes elementos, mais espesso, contínuo e, conseqüentemente, mais efetiva a restrição ao fluxo dentro do reservatório. Na escala macroscópica, a heterogeneidade é determinada por ambos os controles: limites de elementos e variações internas de litofácies.

O arranjo de elementos deposicionais dentro dos lençóis de arenito definem dois estilos de arquitetura

sedimentológica: (a) lençóis de arenito contínuos e com granodecrescência ascendente (afloramento km 98) e (b) lençóis de arenito truncados por superfícies de avulsão, sem variação textural definida (afloramento km 99). O laboratório de subsuperfície é composto por empilhamento de lençóis de arenito com estes dois estilos definidos nas exposições da rodovia.

O relacionamento de arquitetura litofaciológica e estrutura de permeabilidade é confirmada por flutuações decorrentes de variações litológicas nos semi-variogramas da permeabilidade em escala de lençóis de arenitos e *storeys*. Os dados de permeabilidade obtidos nos afloramentos possibilitam a categorização de dois grupos de litofácies que caracterizam dois grupos de unidades de reservatório (fluxo) estatisticamente distintos. As médias de porosidade e permeabilidade, em termos **absolutos**, são significativamente mais baixos em subsuperfície que nas exposições. No entanto, em termos **relativos**, contrastes semelhantes entre os grupos de litofácies são também observados em subsuperfície.

A geometria da distribuição das duas unidades-reservatório nas exposições (painéis quadratizados), que mimifica a ocorrência de óleo em condições de reservatórios, mostra características fractais. As exposições do km 99 tem dimensão fractal em torno de 1,70, enquanto as exposições do km 98 alcançam 1,94. Algoritmos de simulações fractal são usados para transferir a complexa heterogeneidade do reservatório para condições análogas não-quantificadas em subsuperfície. Simulações fractais condicionadas se mostram aplicáveis para prever a arquitetura das unidades de reservatório em rochas depositadas em ambiente fluvial entrelaçado. Análises qualitativas e quantitativas indicam que o condicionamento é essencial para obter simulações geologicamente aceitáveis.

¹ - Setor de Integração de Geologia e Engenharia de Reservatórios (SIGER), Divisão de Engenharia de Reservatórios (DIGER), Centro de Pesquisas (CENPES), Avenida 1, Quadra 7, Cidade Universitária, 21949-900, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

- Tese de Doutorado, Maio de 1996, Department of Geology, The University of Texas at Austin.

CALCÁRIOS DE ÁGUAS RASAS E CALCÁRIOS PALUSTRES DA SEQÜÊNCIA DAS COQUINAS, FORMAÇÃO LAGOA FEIA, BACIA DE CAMPOS

SHALLOW WATER AND PALUSTRINE LIMESTONES OF THE COQUINA SEQUENCE, LAGOA FEIA FORMATION, CAMPOS BASIN

Uyara Mundim Praça¹

A Seqüência das Coquinas da Formação Lagoa Feia da Bacia de Campos, de idade Neojiquiá, representa uma bacia lacustre complexa, com expressiva deposição carbonática de águas rasas. Os carbonatos desta seqüência foram estudados em sete perfurações submarinas e agrupados em três associações de fácies, para as quais foram reconhecidos os dois tipos de fisiografia de margem de lago: margens de alto gradiente (*bench* ou plataforma) e margens de baixo gradiente (rampa). Essas associações permitiram caracterizar também três subambientes: 1) - litoral palustre, em margens de baixo gradiente e alta energia; 2) - litoral de baixa energia em margens de baixo gradiente (rampa); 3) - litoral de alta energia em margens de alto gradiente (*bench*) ou de baixo gradiente (rampa).

O subambiente de litoral palustre apresenta fortes evidências de exposição subaérea, com intenso desenvolvimento de fábricas secundárias, tais como nodulação e brechação *in situ*; pseudomicrocarste tem ocorrência localizada.

No subambiente litoral de baixa energia predominam *mudstones* e *wackestones* bioclásticos, sem laminação, dada a intensa bioturbação, o que sugere a deposição em ambiente de águas rasas, oxigenadas e sem estratificação permanente.

O litoral de alta energia é identificado pela presença de espessas camadas de *packstones/grainstones* de bivalvíos com estratificação cruzada, gradação normal e contatos erosivos. Dois tipos de margens de alta energia são inferidos: 1) - margens de alto gradiente, onde se observam *packstones/grainstones* de bivalvíos, localmente com estratificações cruzadas de alto ângulo, em contato basal abrupto com folhelhos bioclásticos (feição de "caixote" no perfil de raios gama); 2) - margens de baixo gradiente, onde os *packstones/grainstones* de bivalvíos apresentam estratificação cruzada de baixo ângulo e base gradacional

(feição de "sino" no perfil de raios gama).

A deposição da Seqüência das Coquinas ocorreu em uma bacia do tipo *rift* continental, podendo esses diversos subambientes ocorrer associados às bordas de lago propriamente ditas, assim como aos altos internos.

Os modelos de fácies propostos para a Seqüência das Coquinas são úteis para o entendimento de deposição carbonática lacustre de água rasa em setores isolados de sistemas *rifts*.

CARACTERIZAÇÃO DE RESERVATÓRIO POR MEIO DE TÉCNICAS ESTATÍSTICAS MULTIVARIADAS E MODELAGEM ESTOCÁSTICA NO CAMPO DE BAIXA DO ALGODÃO, BACIA POTIGUAR

RESERVOIR CHARACTERIZATION BY MULTIVARIATE STATISTICAL ANALYSIS AND STOCHASTIC METHODS IN THE BAIXA DO ALGODÃO FIELD, POTIGUAR BASIN

Ana Beatriz Fanha¹

A modelagem das heterogeneidades de um reservatório tem sido amplamente realizada na indústria de petróleo. Métodos tradicionais de mapeamento (contornos a mão, técnicas de interpolação determinística, métodos poligonais) dão uma representação aproximada dos parâmetros que controlam estas heterogeneidades. As técnicas de modelagem estocástica se propõem a dar uma descrição mais realista do reservatório, já que representam modelos numéricos baseados na Teoria da Probabilidade. São usadas principalmente para mapear feições geológicas que afetam o comportamento do fluxo de um reservatório (variações de fácies e litologias, barreiras de transmissibilidades, fraturas etc) e para mapear variações petrofísicas. Este estudo se propõe a obter uma modelagem geoestatística do reservatório que permita a interpolação/extrapolação dos dados disponíveis numa validação do modelo geológico. As heterogeneidades são controladas pela distribuição das fácies arenosas interca-

¹ - Setor de Geologia de Reservatórios (SEGRES), Divisão de Geologia e Engenharia de Reservatórios (DIGER), Centro de Pesquisas (CENPES), Avenida 1, Quadra 7, Cidade Universitária, 21949-900, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

- Dissertação de Mestrado, Maio de 1996, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

¹ - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

- Dissertação de Mestrado, Dezembro de 1994, Universidade Estadual de Campinas.

ladas às fácies pelíticas, onde as suas freqüências e geometrias são fatores críticos que afetam a conectividade dos reservatórios.

Foram usadas técnicas estatísticas multivariadas para quantificar as heterogeneidades internas dos reservatórios do Campo de Baixa do Algodão, Bacia Potiguar. Os parâmetros descritivos das heterogeneidades foram obtidos a partir de registros de perfis de poços e análises de testemunhos. Por meio de seções geológicas, mapas faciológicos (texturais, geométricos e de variabilidade vertical) e mapas de isoproporção de eletrofácies foi possível conhecer a morfologia dos corpos arenosos, suas dimensões e relações externas. As variáveis categóricas representadas pelas eletrofácies foram simuladas numa malha regular, testando-se as técnicas geoestatísticas: Gaussiana Truncada e Simulação Seqüencial da Indicadora. As diferenças nas respostas dos algoritmos foram validadas com o conhecimento do modelo geológico do reservatório, e escolhido aquele mais apropriado. Com os resultados da simulação geoestatística, uma simulação de fluxo bidimensional foi realizada com o objetivo de avaliar o impacto das imagens da simulação estocástica, acessando as incertezas relacionadas à forma e à conectividade dos corpos.

CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL E EVOLUÇÃO TECTÔNICA DA ÁREA DE UBARANA, PORÇÃO SUBMERSA DA BACIA POTIGUAR, BRASIL

STRUCTURAL CHARACTERIZATION AND TECTONIC EVOLUTION OF UBARANA AREA, OFFSHORE POTIGUAR BASIN, BRAZIL

Oscar Antonio Cremonini¹

Por meio da análise e interpretação de dados sísmicos e de poços é proposto um modelo evolutivo para a porção submersa da Bacia Potiguar, localizada próxima ao campo petrolífero de Ubarana. O estudo foi realizado através da elaboração de mapas estruturais, de isópacas e seções geológicas evolutivas.

1 - E&P-RN/CE/GEXP/GEINT - Avenida Interventor Mário Câmara, 2783, 59074-600, Nazaré, Natal, RN, Brasil.
- Dissertação de Mestrado, Dezembro de 1993, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.

O *Rift* Potiguar, na área estudada, foi originado no Cretáceo Inferior (Neocomiano) por ruptura crustal gerada por esforços distensivos de direção aproximada WNW-ESE. Foi reconhecida uma zona de transferência de direção subparalela à extensão máxima, denominada Zona de Transferência de Ubarana, responsável pelo balanceamento mecânico dos blocos durante o Estágio *Rift*.

O Estágio pós-*Rift* foi marcado por uma reativação tectônica de idade Mesocampaniana, responsável pela formação da Zona Transcorrente da Ubarana, que aproveitou a descontinuidade estrutural gerada pela zona de transferência implantada durante o Estágio *Rift*. A Zona Transcorrente de Ubarana formou-se em condições transtracionais, apresentando pequeno deslocamento direcional dextral.

É proposto um modelo para a origem da Discordância pré-Ubarana, formada no Cretáceo Superior, imediatamente após o desenvolvimento da Zona Transcorrente. A gênese dessa discordância está provavelmente relacionada a um soerguimento termal causado pela passagem do centro de espalhamento oceânico ao longo da Margem Equatorial Brasileira.

A área estudada sofreu novo pulso tectônico durante o Terciário, quando foram formados, por esforços compressivos, dobramentos de grande comprimento de onda, orientados segundo a direção aproximada NNE-SSW.

CORRELAÇÃO ESTRATIGRÁFICA DE ALTA RESOLUÇÃO APLICADA AO PERMIANO INFERIOR NA REGIÃO DE CANDIOTA, BACIA DO PARANÁ, RIO GRANDE DO SUL

HIGH RESOLUTION STRATIGRAPHIC CORRELATION OF THE LOWER PERMIAN IN THE CANDIOTA REGION, PARANÁ BASIN, RIO GRANDE DO SUL

Renato Gonzales Alves¹

Utilizou-se a metodologia de Estratigrafia de Seqüências na análise estratigráfica do Permiano Inferior, na região de Candiota, Sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

A análise do conjunto de dados geológicos

1 - E&P-GEREX/GEIEST - Avenida República do Chile, 65, 20035-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Dissertação de Mestrado, Junho de 1994, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

(afioramentos, testemunhos de sondagens e perfis elétricos) possibilitou tanto a visualização das variações laterais de fácies, num mesmo período de tempo, como o entendimento da evolução paleoambiental dos sistemas deposicionais no tempo geológico. Isto se tornou possível pela identificação de seis parasseqüências de quarta ordem que, em uma escala maior, estão contidas numa seqüência de terceira ordem (Seqüência Alfa).

Estas parasseqüências se distribuem em três tratos de sistemas: no de mar baixo (parasseqüência A), no transgressivo (parasseqüências B, C, D e E) e no de mar alto (parasseqüência F).

Na base desta seqüência de terceira ordem, registrou-se uma sedimentação fluvial que preencheu um vale inciso. Com a subida relativa do nível do mar, este transformou-se numa planície costeira, dominada pelo sistema barreira/laguna, onde se desenvolveram extensos pântanos *back barrier*, que deram origem a diversas camadas de carvão.

Com a continuidade de sua ascensão relativa, o mar cobriu toda a região, afogando completamente o sistema anterior.

O topo da Seqüência Alfa é caracterizado por uma superfície associada à queda relativa do nível do mar, que originou um limite de seqüência do tipo 2, insuficiente para fazer retornar a sedimentação costeira, mas capaz de expor parte do topo desta seqüência.

Tendo como base a análise palinológica realizada em rochas do pacote estudado, pode-se atribuir uma idade eopermiana (andares Artinskiano/Kunguriano) para a Seqüência "Alfa" definida nesta dissertação.

O DEGELO FINAL PERMIANO E SEU REGISTRO GEOLÓGICO NA BORDA SUDESTE DA BACIA DO PARANÁ (PALEOVALE DE CANDIOTA - RS)

THE GEOLOGICAL RECORD OF THE FINAL PERMIAN DEGLACIATION AT THE SOUTHEASTERN BORDER OF THE PARANÁ BASIN (CANDIOTA PALEOVALLEY - RS - BRAZIL)

Marco Antônio Pinheiro Machado¹

1 - E&P-GEREX/GEIEST - Avenida República do Chile, 65, 20035-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

- Dissertação de Mestrado, Maio de 1994, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

O Paleovale de Candiota, localizado no Sudeste da Bacia do Paraná, é um prolongamento da Fossa de Camaquã, que se aprofunda em direção ao Uruguai. Foi preenchido basicamente por depósitos glácio-continentais da unidade litoestratigráfica Itararé (Eopermiano).

Por meio da análise estratigráfica, baseada em dados de subsuperfície (testemunhos e perfis) de 88 poços perfurados em uma área de 1 500 km² e alguns afloramentos próximos, o pacote sedimentar foi dividido em quatro associações de fácies:

- 1) - Associação de Fácies I (AFI): tilitos;
- 2) - Associação de Fácies II (AFII): depósitos de fluxos gravitacionais;
- 3) - Associação de Fácies III (AFIII): depósitos glácio-lacustres;
- 4) - Associação de Fácies IV (AFIV): depósitos flúvio-deltaicos.

A maioria das associações de fácies foi originada com o degelo final que ocorreu no Permiano. Os sedimentos que ficaram preservados são relíquias de eventos episódicos que aproveitaram as depressões descobertas pelo gelo. O tectonismo exerceu controle sobre a sedimentação pelo reativamento periódico de antigas lineações do embasamento cristalino.

Crítérios para a diferenciação de diamictitos produzidos por fluxos gravitacionais daqueles depositados diretamente pelo gelo (tilitos), são discutidos. Como resultado da pesquisa dos tilitos de alojamento são apresentadas importantes feições microscópicas diagnósticas do processo de cominuição. A distribuição geral das fácies, de maneira geral, mostrou uma continuidade horizontal de sistemas *outwash*, deltaicos e lacustres. Os depósitos glácio-lacustres, em sua grande maioria, são descritos como ritmitos várvidos e interpretados como equivalentes distais dos outros sistemas.

Durante dezenas de milhões de anos, a glaciação nesta porção da bacia possuiu caráter polar, de base seca. Com a migração do Gondwana para latitudes mais elevadas, evoluiu para o tipo temperado, de base úmida, quando então expôs um relevo acidentado e produziu o maior volume de sedimentos atualmente preservados. Foram detectadas incursões marinhas pelo Sudoeste numa pequena seção estuarina, quando a configuração do paleovale mais se assemelhava a um fiorde. Posteriormente, com a conjugação de fenômenos eustáticos e isostáticos, foi estabelecido o ambiente continental, marcado por raros e rápidos avanços de geleiras. No final do Eopermiano, grande parte dos sedimentos glaciogênicos foram retrabalhados e erodidos por severo regime fluvial.

Foi elaborado modelo deposicional para o preenchimento do paleovale sob a ótica da Estratigrafia de Seqüências. Este modelo apregoa que a deposição da maior parte

dos sedimentos ocorreu durante a subida do nível do mar. O degelo deixou o vestígio de duas seqüências deposicionais de terceira ordem. Apesar de o registro estar incompleto, foi possível identificar a presença dos tratos de sistemas de mar baixo, transgressivo e mar alto, correspondentes às Associações de Fácies I&II, III e IV, respectivamente.

EVOLUÇÃO DAS SEQÜÊNCIAS MISTAS (SILICICLÁSTICAS E CARBONÁTICAS) SOB A INFLUÊNCIA DA HALOCINESE DURANTE O ALBO-APTIANO DA PLATAFORMA DE REGÊNCIA, BACIA DO ESPÍRITO SANTO *EVOLUTION OF MIXED SILICICLASTIC AND CARBONATE SEQUENCES UNDER THE INFLUENCE OF HALOKINESIS DURING THE ALBIAN AND APTIAN IN THE REGÊNCIA PLATFORM, ESPÍRITO SANTO BASIN*

Cláudio Vinícius Tagliari¹

A área de estudo abrange a porção Centro-Leste da Plataforma de Regência, situada entre os Paleocânions de Fazenda Cedro e Regência, e a área marinha adjacente.

O intervalo estudado compreende a seção albo-aptiana de água rasa. Esta seção foi dividida em três seqüências deposicionais, segundo o paradigma da Estratigrafia de Seqüências, e foram informalmente denominadas de Seqüências A, B e C, da mais antiga para a mais nova.

A Seqüência A (pelo menos os Tratos de Sistemas de Nível Baixo e Transgressivo) foi depositada sob um mar epicontinental que propiciou a deposição de evaporitos e carbonatos em condições ambientais restritas. Os estratos tendem a se correlacionar lateralmente por grandes extensões.

Durante a fase que caracterizou a deposição entre

o Trato de Sistemas de Nível Alto da Seqüência A e a base da Seqüência B, a área correspondente à Plataforma de Regência, antes uma plataforma epicontinental, gradou para uma plataforma com morfologia de rampa.

As Seqüências B e C são compostas pela alternância cíclica entre siliciclásticos e carbonatos. Variações eustáticas orbitalmente induzidas (excentricidade e precessão), na escala dos Ciclos de Milankovitch (quarta e quinta ordens), constituem, provavelmente, o controle principal desta intercalação.

Nas Seqüências B e C, ao contrário da Seqüência A, os carbonatos e siliciclásticos ocorrem simultaneamente, mas com uma tendência geral à exclusão mútua. Os siliciclásticos ocupam, preferencialmente, as áreas mais proximais e os carbonatos as áreas mais distais, existindo uma área de transição entre ambos os membros. O desenvolvimento dos carbonatos está associado à disponibilidade de espaço de acomodação fornecido pelo recuo dos siliciclásticos em direção à área fonte com o levantamento eustático. Durante o rebaixamento do nível do mar, ou durante sua manutenção, ou mesmo durante uma subida lenta quando a taxa de suprimento for suficientemente alta e capaz de possibilitar o preenchimento do espaço de acomodação, os siliciclásticos programam sobre os carbonatos depositados anteriormente.

Por outro lado, o tectonismo responsável pela mudança no ângulo de mergulho da superfície de descolamento (seção evaporítica) dos falhamentos lítricos, ocorrido durante a deposição da Seqüência A, foi condicionante importante no sentido de deslocar grande quantidade de sal para a zona de menor declive. A remobilização deste sal influenciou sobremaneira a sedimentação durante o topo da Seqüência A e ao longo de toda a deposição das Seqüências B e C, produzindo reflexos, inclusive, até o Eoceno.

O deslizamento de sal bacía adentro, talvez associado com a dissolução do mesmo, deve ter sido o principal fator de geração de espaço de acomodação durante o Albiano, ao nível de terceira ordem, na Plataforma de Regência.

EVOLUÇÃO TERMOMECÂNICA DA BACIA DE MARAJÓ, ESTADO DO PARÁ, BRASIL *THERMOMECHANICAL EVOLUTION OF THE MARAJÓ RIFT BASIN, NORTHERN BRAZIL*

Marcos Vallério Gonçalves Galvão¹

¹ - E&P-GEREX/GEIEST - Avenida República do Chile, 65, 20035-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Dissertação de Mestrado, Maio de 1993, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

¹ - E&P-BC/GEXP/GEINT - Avenida Elias Agostinho, 665, Imbetiba, 27913-350, Macaé, RJ, Brasil.
- Tese de Mestrado, Dezembro de 1991, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.

A Bacia de Marajó, caracterizada por espessa seção sedimentar siliciclástica, constitui uma bacia sedimentar formada pelo estiramento da litosfera durante a atuação dos esforços tectônicos responsáveis pela abertura do Oceano Atlântico Equatorial no Eocretáceo.

Foram investigados, por meio de modelagem termomecânica direta, os possíveis mecanismos responsáveis pela subsidência tectônica da Bacia de Marajó. A litosfera foi simulada como uma placa elástica bidimensional que possui rigidez flexural, tanto durante quanto após a fase de estiramento. Processos como erosão, compactação e preenchimento sedimentar, não diretamente relacionados com o processo de rifteamento, também foram modelados.

Os estudos efetuados indicaram que a subsidência mecânica inicial da bacia foi sucedida pela contração térmica da litosfera na fase pós-*rift*, que ocorreu como consequência do impingimento de forte e ampla anomalia térmica durante a fase *rift*. A modelagem direta atestou a ausência de qualquer contribuição flexural significativa, provocada pela sobrecarga sedimentar do Cone do Amazonas na subsidência pós-*rift* da Bacia de Marajó.

Esta interpretação explica com sucesso todas as principais características do arcabouço estrutural-estratigráfico da Bacia de Marajó. Entretanto, alguns problemas ainda persistem, tendo em vista a dificuldade em simular adequadamente o comportamento gravimétrico e os índices de maturidade orgânica observados. A falta de correlação entre as previsões teóricas e os dados observados sugere que os cálculos efetuados não simularam adequadamente os contrastes gravimétricos herdados do embasamento, nem a circulação de fluidos dentro da bacia.

FÁCIES, AMBIENTES E SEQÜÊNCIAS DEPOSICIONAIS DO ANDAR ARATU NA PORÇÃO SW DO GRABEN DE UMBUZEIRO, BACIA POTIGUAR *FACIES, DEPOSITIONAL ENVIRONMENTS AND SEQUENCES OF THE ARATU STAGE IN THE SW PORTION OF THE UMBUZEIRO GRABEN, POTIGUAR BASIN*

Leodilson Góes da Silva¹

A Formação Pendência representa a sedimentação ocorrida durante a fase *rift* da Bacia Potiguar. Essa formação é composta de conglomerados, arenitos, siltitos e folhelhos que foram depositados durante o Neocomiano, e que se encontram contidos em um intervalo médio de 3 000m de espessura de sedimentos.

A seção sedimentar analisada possui espessura aproximada de 900m. Essa seção abrange os sedimentos depositados durante o Andar Aratu, da Bacia Potiguar.

A partir da análise sedimentológica de 634,2m de testemunhos obtidos em 18 poços situados na porção Sudoeste do *Graben* de Umbuzeiro, aliada à correlação rocha x perfil, foram reconhecidas e definidas onze litofácies, de acordo com suas características texturais, as estruturas sedimentares presentes e suas relações com as litofácies adjacentes. Essas litofácies foram agrupadas, considerando-se a análise do empilhamento vertical, bem como suas relações genéticas, em duas sucessões, denominadas sucessão de fácies lacustres perenes e sucessão de fácies lacustres marginais. Na primeira sucessão ocorrem complexos de canais e diques marginais associados a leques turbidíticos, além de uma sedimentação predominantemente pelítica, representada por folhelhos várvidos, ritmitos de silte e argila, além de ritmitos de silte e areia. A sucessão de fácies lacustres marginais, por sua vez, é composta por depósitos oriundos de planície deltaica, canais distributários, barras de embocadura e prodelta, pertencentes a sistemas de deltas e sistemas de *braid* deltas.

A utilização dos conceitos e das técnicas da estratigrafia de seqüências permitiu o reconhecimento, dentro do intervalo estudado, de três seqüências

1 - E&P-RN/CE/GERET/GEREV-I - Avenida Interventor Mário Câmara, 2783, 59074-600, Nazaré, Natal, RN, Brasil.

- Dissertação de Mestrado, Março de 1993, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.

deposicionais de 3ª ordem (0,5 - 5 M.a.), assim como de limites entre elas e, ainda, dos seus respectivos tratos de sistemas. Desse modo, procura-se ressaltar a efetividade da abordagem dos processos sedimentológicos em testemunhos quando utilizados em conjunto com os perfis geofísicos na definição de um arcabouço cronoestratigráfico de alta resolução, a fim de melhorar a correlação em subsuperfície e, ao mesmo tempo, o mapeamento do pacote de rochas incluso no intervalo de estudo.

FALANDO E COMUNICANDO TALKING AND COMMUNICATING

Flávio Juarez Feijó¹

É muito comum assistirmos com interesse a palestras e apresentações preparadas por geocientistas da PETROBRAS. Em congressos, em seminários como o SINTEX e até mesmo em propostas de locações, os geólogos e geofísicos da Companhia têm a oportunidade de externar ao vivo os resultados de seu trabalho. Uma característica que se tornou marcante ao longo dos anos é a extraordinária qualidade do material projetado. Desde a época em que tudo era feito manualmente nos setores de desenho, até os tempos modernos do Geomap, do Auto Cad e do Corel Draw, os *slides* e transparências têm sido mantidos em alto nível. Contudo, o mesmo não pode ser dito sobre o desempenho de parte dos palestrantes.

Um número expressivo de apresentações técnicas mostra falhas de concepção, de planejamento e de execução. Trata-se de uma questão crucial, pois se o palestrante não conseguir informar adequadamente a platéia, sua presença terá sido inútil. Resumir um ano de trabalho em quinze minutos não é tarefa fácil, mas algumas providências simples, tomadas antecipadamente, podem trazer grandes benefícios. Existem várias publicações especializadas que ensinam técnicas para se apresentar oralmente um trabalho técnico. O que se pretende nesta breve comunicação é resumir as principais recomendações de Freed (1986) e de Heron (1986), que editou um manual especificamente voltado para as geociências.

A Geologia é uma ciência gráfica, onde a arte do convencimento é de importância fundamental. Sua comunicação se dá por meio de diagramas, fotografias,

cartas, gráficos, seções e mapas. Ora, é importante que estas ilustrações, quando projetadas, sejam apresentadas por um palestrante bem treinado, confiante e eloquente.

A prática traz a perfeição - este velho provérbio certamente se aplica às apresentações orais. Poucas pessoas são oradores natos. É preciso treinar frase por frase, tanto a sós quanto diante de alguns colegas (as populares *prévias*).

Procedimento terrível é ler um manuscrito, seja no treinamento ou durante a palestra propriamente dita. É uma das melhores maneiras de induzir a platéia ao sono ou de expulsá-la da sala. Em uma palestra bem proferida, o palestrante não se socorre dos originais escritos, nem de anotações. As ilustrações projetadas é que servem de guia para seus comentários, mantendo a palestra em um ritmo cadenciado. Uma seleção bem feita de *slides* tem dois propósitos: ajudar a audiência a entender o assunto abordado, e ajudar o palestrante a desenvolver sua explanação.

Muitas sessões de treinamento, no trabalho ou em casa, ajudarão o comunicador a se familiarizar com a organização da palestra. Praticar em condições reais, com o uso dos *slides*, pode melhorar a seleção dos tópicos abordados, ou até levar à conclusão que um certo *slide* não é realmente necessário, ou que o número de *slides* está exagerado para o tempo de apresentação estipulado.

A prática é valiosíssima para se adequar aos limites de tempo. É desconcertante descobrir que restam apenas dois minutos e que o ponto crucial de seu trabalho ainda está muito distante. Normalmente, a apresentação formal é mais longa que as sessões de treinamento. O ambiente é estranho, a tela está em local diferente, e em geral se reduz o ritmo para se ter certeza de nenhum comentário ser esquecido. Assim, é conveniente conduzir os treinos com 2 - 3 minutos de folga.

Durante a apresentação formal, normalmente é necessário solicitar ao operador que passe o próximo *slide*. Este detalhe deve fazer parte das sessões de treinamento. E o treino deve ser feito em voz alta, simulando o melhor possível as condições reais. A imitação oral é tão importante quanto as informações visuais projetadas. Seu desempenho será mais profissional se ensaiar seu papel até não mais precisar de anotações. Não se trata de memorizar tudo, mas de familiarizar-se tanto com o material apresentado a ponto de torná-lo parte integrante do apresentador.

É importante identificar-se com a platéia, e ela está ali para ouvi-lo. Dirija-se diretamente às pessoas, olhe-as nos olhos, e não para um ponto perdido no teto ou na parede dos fundos. Fale para a audiência, e não para a tela. Posicione-se ao lado de suas ilustrações projetadas. Assim a visão delas não será obstruída por sua augusta presença, e o narrador se integrará com a narrativa. Palestrante e

¹ - Serviço de Recursos Humanos (SEREC), Centro de Treinamento do Sul e Sudeste (CEN-SUD), Área de Geologia, Rua General Canabarro, 500, 20271-900, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

assunto abordado podem e devem compor um audiovisual.

Seja vibrante ao mostrar seu trabalho. O entusiasmo é contagiante, e uma platéia animada estará muito mais atenta e participativa.

Faça uma introdução - e apresente o assunto a ser abordado. Explique o problema ou a razão para ter feito a pesquisa. É importante que a audiência tenha uma idéia clara do problema em investigação. Enumere também a finalidade do trabalho e os tópicos que serão apresentados durante a apresentação. Assim, a platéia terá balizas que lhe permitirão antecipar o fluxo de informações. A introdução também deve incluir os créditos a pessoas e organizações que cooperaram com o trabalho.

O cerne da questão - afirmações lúcidas e uma apresentação bem cadenciada são fatores essenciais para a comunicação durante uma apresentação oral. A platéia não pode voltar a página para rever um conceito exposto anteriormente. O palestrante está constantemente acrescentando material novo e a audiência precisa prestar atenção aos comentários que o acompanham.

Não faça mistério. A audiência não deve ser surpreendida ou enganada sobre os resultados e conclusões do seu estudo. Geralmente, o palestrante pode assumir que a platéia conhece o título de sua palestra. Às vezes, nem isso é verdade. Não se envergonhe de repetir o tema crucial de sua palestra não só na introdução, mas também no corpo da apresentação. A familiaridade conduz à compreensão.

Se a introdução cumpriu seu papel, todas as pessoas presentes conhecem o seu tema, foram informadas do problema estudado, sabem como a palestra está planejada, e conhecem balizas que marcarão o desenvolvimento de suas idéias. O corpo da apresentação precisa seguir o curso delineado na introdução. Qualquer desvio deste caminho confundirá totalmente os ouvintes.

A abordagem de métodos e dados precisa ser diretamente relevante para as conclusões finais. Problemas relacionados aos métodos utilizados podem ser interessantes, mas confundem os ouvintes.

De preferência, não projete textos. Se textos forem essenciais, não os leia. A platéia pode ler os textos em silêncio em muito menos tempo do que qualquer locutor esportivo levaria para pronunciá-los. As conseqüências da leitura em voz alta são terríveis: a platéia lê uma frase enquanto o apresentador lê outra, nenhuma delas acaba sendo entendida direito e o resultado é um grande aborrecimento.

Concluindo o show - geralmente, a audiência está mais interessada nas conclusões do que em outros elementos da apresentação. Se a abordagem dos métodos e dados

for dirigida especificamente aos resultados e conclusões, a platéia terá uma visão abrangente e compreensível do tema.

Limitar o número de conclusões fará um favor à audiência. Qualidade é mais importante que quantidade. É mais importante firmar uns poucos pontos que serão lembrados do que deitar falação sobre todo o seu vasto conhecimento do assunto. As melhores palestras são as mais simples. Deixe os detalhes para o texto escrito.

Providências singelas como as aqui enumeradas contribuem em muito para melhorar uma apresentação oral. Os benefícios potenciais desta melhora são enormes, pois será possível compartilhar com maior proveito os inúmeros trabalhos científicos e técnicos desenvolvidos no âmbito da PETROBRAS. E se conhecermos melhor o que os colegas estão fazendo e descobrindo, poderemos melhorar nossas próprias pesquisas e contribuir para o progresso geral da Companhia e da ciência da Geologia.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FREED, R. L. Showmanship: techniques for Giving a Slide Presentation. In: HERON, D. (ed.). *Figuratively speaking*. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 1982. p.92-106.

INVERSÃO ELÁSTICA 1-D UTILIZANDO ALGORITMOS GENÉTICOS

1-D ELASTIC INVERSION USING GENERIC ALGORITHMS

Paulo Ricardo dos Santos¹

O desenvolvimento da pesquisa de hidrocarbonetos exige que se conheça quantitativamente tanto a evolução geológica como as propriedades petrofísicas em subsuperfície. Entre os métodos indiretos de detecção destes parâmetros, o mais importante é a sísmica de reflexão. Cresce, portanto, a importância das técnicas de inversão sísmica. Foram utilizados os algoritmos genéticos, que são métodos de pesquisa global, baseados na mecânica da

1 - E&P-GEREX/GEIEST- Avenida República do Chile, 65, 20035-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Dissertação de Mestrado, Julho de 1994, Universidade Federal da Bahia.

seleção natural e da genética. A grande vantagem desta classe de métodos é que eles não são limitados por restrições sobre o universo de pesquisa, tais como continuidade, existência de derivadas e unimodalidade da função objetivo. Não dependem, tampouco, do ponto de partida, como os métodos lineares. Em contrapartida, são dispendiosos computacionalmente.

O objetivo é a inversão de dados sísmicos sintéticos, com e sem ruídos aleatórios, e de dados sísmicos reais, visando à obtenção da velocidade das ondas P e S, densidade, impedância e razão de Poisson. A modelagem direta, por meio da qual se obtém os dados calculados, que serão comparados aos dados de entrada, assume para subsuperfície um modelo 1-D, constituído por camadas plano-paralelas e isotrópicas. Trabalhou-se no domínio τ - p , onde os cálculos são mais rápidos.

Além dos operadores genéticos tradicionais, reprodução, cruzamento e mutação, foram adotadas as inovações introduzidas por Sen e Stoffa (1991), que são a probabilidade de renovação e o fator temperatura extraído do *simulated annealing*, que visam a evitar a convergência prematura dos AGs (algoritmos genéticos) para um ponto extremo local da função objetivo. Os valores dos operadores foram escolhidos após uma série de testes.

Para a avaliação da performance dos AGs, foram empregadas normas arbitrárias conforme o proposto por Porsani *et al.* 1993. De maneira geral, a norma 1/2 resultou nas menores diferenças entre os dados de entrada e os calculados, no caso dos dados sintéticos. Para os dados reais, onde essa diferença é maior, os resultados foram similares para as normas 1/2, 1 e 2 testadas.

A inversão dos dados sintéticos, sem ruído, foi excelente, apresentando identidade quase perfeita entre os dados de entrada e os calculados, principalmente para a norma 1/2. Com a adição de ruídos aleatórios, a performance não foi tão alta, mas os resultados foram satisfatórios.

Os dados sísmicos reais são provenientes da parte sul do Mar de Barents, na Noruega, e apresentam qualidade excelente. As maiores dificuldades foram a estimativa da assinatura da fonte e a equalização das amplitudes em relação aos dados da modelagem direta. Quando são comparados os dados de entrada aos calculados pelos AGs, observa-se que os eventos principais estão presentes nos traços sintéticos e o resultado da inversão é, portanto, razoável. As principais diferenças devem-se à forma de onda utilizada na modelagem direta e a problemas relacionados à amplitude que não foram totalmente eliminados.

O PAPEL DO ENXAME DE DIQUES RIO CEARÁ MIRIM NA EVOLUÇÃO TECTÔNICA DO NORDESTE ORIENTAL (BRASIL): IMPLICAÇÕES NA FORMAÇÃO DO RIFT POTIGUAR

THE ROLE OF CEARÁ MIRIM DYKE SWARM (NORTHEAST BRAZIL) IN THE REGIONAL TECTONIC EVOLUTION: IMPLICATIONS FOR POTIGUAR RIFT GENERATION

Diógenes Custódio de Oliveira¹

O Enxame de Diques Rio Ceará Mirim (EDCM) constitui uma faixa de ocorrência alongada E-W, situada na borda Sul-Sudeste da Bacia Potiguar (RN e CE) e que se estende por mais de 500km.

Os diques geralmente seccionam, em alto ângulo, a estruturação do arcabouço pretérito e são muito relevantes na caracterização genética e temporal do padrão de fraturamento principal. Desse modo, a análise estrutural nas adjacências dos diques indicou que as fraturas NW-SE são de idade pré-cambriana, enquanto as E-W são sin-tectônicas à intrusão dos referidos diques. Quando cortam as zonas de cisalhamento, os diques são deformados, o que indica processos de reativações dessas estruturas, posteriormente ao seu processo de intrusão.

A atividade magmática do EDCM foi um evento contínuo desde 150 até 120 M.a., com dois pulsos ígneos principais que exibem médias de idades de 145 e 130 M.a. Tal faixa de idade permite correlacionar o referido evento com o tectonismo gerador da abertura do Atlântico Sul e com a formação da fase *rift* das bacias costeiras, em especial com o *Rift* Potiguar.

A análise geodinâmica do padrão geométrico dos diques e das estruturas geneticamente ligadas a eles permitiu estabelecer o campo de *stress* atuante na época da intrusão. Assim, as trajetórias de *paleostress* denotam uma extensão aproximadamente N-S, rotacionando para NW-SE na porção ocidental do Enxame. Em virtude da alta homogeneidade mostrada por essas trajetórias, admite-se que elas representem o padrão de esforços a nível litosférico.

A assinatura geoquímica do magmatismo toleítico do EDCM indica forte afinidade com ambientes tectônicos de

1 - E&P-RN/CE/GEXP/GEINT - Avenida Interventor Mário Câmara, 2783, 59074-600, Nazaré, Natal, RN, Brasil.
- Dissertação de Mestrado, Dezembro de 1992, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.

crosta oceânica. A parametrização geoquímica sugere que o magmatismo estudado foi formado em uma temperatura de 1 100 a 1 300 °C e em uma pressão de 5 a 15kbar bem como por diferentes graus de fusão parcial (2 a 10%). A combinação desses fatores indicou uma profundidade de formação entre 40 e 56km (com espessura de fusão de 0,35km). Petrogeneticamente é provável que o evento ígneo seja oriundo da zona de transição de um granada para um espinélio-peridotito enriquecido em elementos incompatíveis e localizado no topo da astenosfera.

O processo de extensão litosférica que gerou o magmatismo em pauta implicou a reativação das descontinuidades preexistentes no embasamento cristalino, essas, por sua vez, foram responsáveis por nuclear o *Rift* Potiguar. Além disso, o referido processo resultou em uma região topograficamente positiva, refletida na ausência de sedimentos pré-*rift*. Tal topografia pode ser explicada por um mecanismo de extensão não-uniforme, onde o estiramento subcrustal é maior ($\delta > 2$) que o crustal. Tal fato é particularmente sugestivo, visto que a extensão litosférica exigida para gerar o magmatismo do EDCM é capaz de provocar fusão parcial por descompressão adiabática.

SEQÜÊNCIAS CONTINENTAIS DAS FASES PRÉ-RIFT E RIFT DA SUB-BACIA DE ALAGOAS CENTRAL

CONTINENTAL SEQUENCES OF THE PRE-RIFT AND RIFT PHASES CENTRAL ALAGOAS SUB-BASIN

Flávio Juarez Feijó¹

Dez seqüências estratigráficas genéticas de terceira ordem, limitadas por superfícies de inundação, foram identificadas na Sub-bacia de Alagoas Central, a partir de dados de poços e, secundariamente, de informações de afloramentos e de sísmica de reflexão. Duas destas seqüências pertencem à fase pré-*rift* e oito à fase *rift*, estando as duas fases separadas pela Discordância Pré-aratu. Estes conjuntos de rochas sedimentares foram depositados

entre o Neo-titoniano e o Eoaptiano (150-120 M.a.), e representam quase a totalidade do preenchimento sedimentar preservado da Sub-bacia de Alagoas Central. As litofácies analisadas permitiram a identificação dos sistemas deposicionais leque aluvial, fluvial entrelaçado, deltaico, evaporítico e lacustre, incluindo plataforma carbonática e turbiditos. Sua distribuição está essencialmente controlada pela interação dos fatores climático e tectônico. A sub-bacia aprofunda-se de Sudoeste para Nordeste, por mergulho regional e por falhas normais, e conseqüentemente somente as seqüências mais velhas ocorrem em sua faixa Sudoeste, tendo as mais novas sido removidas por erosão. Na porção Nordeste da sub-bacia, apenas as seqüências mais novas foram amostradas em poços exploratórios, estando as demais a grandes profundidades. É possível haver *traps* estratigráficos nas porções mais argilosas das seqüências, mas sua detecção exigirá mapeamentos mais detalhados, com a identificação de seqüências de quarta ou quinta ordem.

A TEORIA DO IMPACTO: UM PARADIGMA EMERGENTE NAS GEOCIÊNCIAS

THE IMPACT THEORY: AN EMERGENT PARADIGM IN THE GEOSCIENCES

Gilberto Athayde Albertão¹

A TEORIA DO IMPACTO E O PARADIGMA VIGENTE NAS GEOCIÊNCIAS

A hipótese do impacto, formalizada por Alvarez *et al.* (1980),* veio de encontro às bases da chamada “geologia moderna”, fundamentadas no paradigma uniformitarista/evolucionista. Dessa forma, a resistência às idéias e conseqüências contidas nessa hipótese revelam, mais que tudo, a resistência dos defensores da “ciência normal”, em um processo típico de “crise” paradigmática, que Kuhn (1978) tão bem caracteriza.

De acordo com Marvin (1990), a atual teoria do impacto, com suas implicações, é mais revolucionária para as geociências que a teoria da tectônica de placas, demolindo os princípios básicos do uniformitarismo e, conseqüentemente, do atualismo estabelecidos ao longo

1 - Serviço de Recursos Humanos (SEREC), Centro de Treinamento do Sul e Sudeste (CEN-SUD), Área de Geologia, Rua General Canabarro, 500, 20271-900, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

- Dissertação de Mestrado, Outubro de 1992, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

1 - E&P-BC/GERET/GEREV-C - Avenida Elias Agostinho, 665, Imbetiba, 27913-350, Macaé, RJ, Brasil.

*Esses autores propuseram que o impacto de um bólido extraterrestre com a superfície da Terra foi o principal responsável pelas extinções em massa da biota constatadas no limite Cretáceo-Terciário (limite K-T); as principais evidências seriam “camadas-limite” enriquecidas em irídio.

dos últimos 200 anos. No entanto, apesar das primeiras observações de corpos extraterrestres que circundam nosso planeta datarem de milênios atrás, apenas após as missões Apollo (do programa espacial norte-americano), na década de 60, estabeleceu-se uma relação definitiva de causa e efeito entre impactos e crateras, particularmente na Lua (Albertão, 1991).

Pode-se sintetizar a importância da teoria do impacto demonstrando seu caráter **preditivo** em relação a diversos outros modelos propostos para explicar as extinções em massa, particularmente no limite K-T. Quando Alvarez *et al.* (1980) propuseram sua hipótese explicativa, trabalhavam com áreas restritas; seu modelo, no entanto, previa uma distribuição da anomalia de irídio, de proporções globais, fato verificado nos últimos 14 anos de extensivas pesquisas. O mesmo pode ser aplicado para outras peculiaridades que reforçam a hipótese do impacto: minerais com feições de metamorfismo de impacto, tektitos, fuligem, magnésio-ferrita, anomalias isotópicas e de outros elementos siderófilos e ainda para a contemporaneidade das extinções em massa no final do Mesozóico.

A hipótese do impacto implica na possibilidade de que um evento completamente estranho aos mecanismos evolutivos propostos por Charles Darwin e seus seguidores possa ser uma das causas de extinções. Além disso, há muito tempo a teoria evolucionista vem sofrendo ajustes, mudando a máxima de que "a natureza não dá saltos" para a idéia de "evolução por explosão" da escola cladista.

Mais familiares aos geólogos são novos conceitos que refutam os princípios uniformitaristas clássicos de Hutton e Lyell, como os conceitos de sedimentação episódica. Turbiditos, tempestitos e diversos outros depósitos sedimentares de caráter episódico são reconhecidos hoje como decorrentes de processos relativamente comuns na história geológica das bacias sedimentares e representam nítida evidência contra a idéia de atuação exclusiva de processos graduais de transformação na natureza.

Albertão (1993) analisou dados de diversas bacias sedimentares brasileiras no que diz respeito ao limite K-T; segundo o autor, apenas a exposição da Pedreira Poty, na Bacia de Pernambuco/Paraíba (PE/PB), mostrou-se completa, permitindo uma comparação com as várias ocorrências descritas mundialmente. Algumas semelhanças em relação a outras áreas referem-se às anomalias de irídio (e outras peculiaridades do limite) e, principalmente com respeito a áreas de paleoambiente marinho-raso, à presença de um provável tsunamito.

DESDOBRAMENTOS DA TEORIA DO IMPACTO: PROCESSOS GEOLÓGICOS E DEPÓSITOS RELACIONADOS

Depósitos geológicos relacionados a eventos

convulsivos de baixa frequência e grande energia envolvida (impactos, terremotos e erupções vulcânicas de grandes dimensões) são extremamente importantes também em relação às implicações de caráter prospectivo que podem vir a ter (importância econômica). Embora incipientes, pesquisas têm sido desenvolvidas, visando a caracterizar depósitos sedimentares e mineralizações relacionadas a impactos.

Impactos podem provocar eventos como tsunamis, vulcanismo, deslizamentos gigantes, etc.; depósitos sedimentares relacionados são tsunamitos, depósitos de fluxo de detritos e megaturbiditos, por exemplo. Esses depósitos estão comumente intercalados em uma seqüência de rochas pelíticas de origem marinha e podem ser boas rochas-reservatório, em termos de prospecção de hidrocarbonetos. A camada **D** (Formação Maria Farinha) na Bacia de PE/PB (Albertão, 1993) é caracterizada como um provável tsunamito, e dentre alguns dados importantes da forma do corpo está a sua grande continuidade lateral. Além disso, é possível ocorrer a variação faciológica de um tsunamito, em ambiente de plataforma, para um turbidito, em ambiente de talude.

Outro exemplo é o da Bacia de Sudbury (Província de Ontário, Canadá), que tem sido considerada como formada pelo impacto de um grande bólido, há dois bilhões de anos. De acordo com Dietz (1991), apesar de todas as deformações sofridas pela Bacia de Sudbury, sua importância econômica foi selada nos primeiros instantes após o impacto: os minérios de níquel (Ni) e os depósitos ricos em cobalto e elementos do grupo da platina têm origem provavelmente cósmica. Sudbury produz cerca de 75% do Ni do Hemisfério Ocidental e é responsável por quase 20% de toda a riqueza mineral do Canadá.

Ainda segundo Dietz (1991), com exceção da Terra, de Io (satélite de Júpiter) e, possivelmente de Vênus, o processo de formação de crateras é reconhecido hoje como o principal modelador das superfícies dos demais corpos planetários do nosso sistema solar. Observando a proximidade da Lua e as suas inúmeras crateras de impacto, é impossível admitir que a Terra, com suas dimensões muito maiores e seu campo gravitacional mais forte, não tenha sofrido processos semelhantes. Citando Dietz (1991, p. 41):

*"Where are all Earth's craters then? Go ask the wind and waters... once we get better at recognizing "crypto-astroblemes" in the tectonically distorted basement rocks, we can anticipate finding many more. Who knows how many more Sudburys lie buried beneath our feet?***"*

A INEVITABILIDADE DO IMPROVÁVEL

Embora não se possa caracterizar a teoria do impacto como um paradigma estabelecido, em virtude de a

***"Onde estão as crateras da Terra? Pergunte ao vento e às águas... Quando estivermos aptos a reconhecer astroblemas antigos, nas rochas tectonicamente deformadas do embasamento, nós poderemos descobrir muitas (crateras) mais. Quem sabe quantas Sudburys estão soterradas bem abaixo de nossos pés?"

comunidade geológica, em sua maior parte, não aceitar essa teoria ou a desconhecer, pode-se verificar tratar-se de um paradigma emergente que, como tal, apresenta imperfeições que permitem um refinamento gradual à medida que o grau de conhecimento evolui. O fato de diversos cientistas reverem posições inicialmente contrárias à teoria do impacto fortalece a idéia de que está ocorrendo um período de crise nas geociências.

Impactos não são improváveis, todavia grandes impactos, capazes de provocar extinções em massa, o são; para Hsü (1987), os geólogos ainda não têm habilidade para tratar e aceitar o improvável. O improvável não é impossível; ao contrário, pode até mesmo ser inevitável, no decorrer do tempo geológico. Hsü (1987, p. 1), dessa forma, modifica a máxima de Sir Arthur Conan Doyle que, através do personagem Sherlock Holmes, verificava que a verdade científica pode ser obtida pela falsificação do incorreto: "...quando se exclui o impossível, tudo que resta, mesmo que improvável, deve ser verdade".

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTÃO, G. A. Planeta Terra: um sistema aberto dentro do universo. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, Rio de Janeiro, v.5, n.1/4, p. 120 -123, jan./dez., 1991.

ALBERTÃO, G. A. *Abordagem interdisciplinar e epistemológica sobre as evidências do limite Cretáceo-Terciário, com base em leituras efetuadas no registro sedimentar das Bacias da Costa Leste Brasileira*. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 1993. 2v. Dissertação (Mestrado em Geologia).

ALVAREZ, L. W., ALVAREZ, W., ASARO, F., MICHEL, H. V. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science*, Washington, v.208, n.4448, p. 1095-1108, jan. 1980.

DIETZ, R. S. Are we mining an asteroid? *Earth*, v.1, n. 1, p.36-41, 1991.

HSÜ, K. J. *Catastrophic extinctions and the inevitability of the improbable*. Baden: Studiengruss Energieperspektiven, 1987. 29p. (Dokumentation n. 28).

KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1978. 257 p.

MARVIN, U. B. Impact and its revolutionary implications for Geology. In: SHARPTON, V. L., WARD, P. D., *Global catastrophes in Earth history: an interdisciplinary conference on impacts, volcanism and mass mortality*. Boulder: Geological Society of America, 1990. p. 147-154. (Special paper 247.)

UTILIZAÇÃO DE SIMULADOR NUMÉRICO NA ANÁLISE DO PROCESSO DE MIGRAÇÃO SECUNDÁRIA DE PETRÓLEO

THE USE OF NUMERICAL SIMULATOR IN THE ANALYSIS OF PETROLEUM SECONDARY MIGRATION PROCESS

João de Deus Souto Filho¹

A migração secundária de petróleo foi analisada utilizando-se simulador numérico e experimentos de laboratório. Investigou-se o efeito de condicionantes geológicos (nas escalas macro, mega e giga), associados às propriedades físicas das rochas e dos fluidos, nos processos de migração e aprisionamento de hidrocarbonetos líquidos. A modelagem foi realizada com o auxílio de um simulador numérico tridimensional, do tipo *black oil*, considerando-se um fluxo trifásico no sistema permoporoso.

O estudo foi subdividido em três estágios:

No primeiro, foi analisado o processo de migração secundária em escala de laboratório, utilizando-se meios porosos compactados, artificiais. Os experimentos foram realizados em corpos-de-prova verticais e inclinados. Os resultados foram utilizados para avaliar a capacidade do simulador numérico em reproduzir adequadamente o fenômeno.

No segundo, foram construídos modelos em escala de campo (mega-escala) para analisar o impacto das heterogeneidades das rochas carreadoras na migração secundária e quantificar o tempo requerido para o preenchimento de uma acumulação de hidrocarbonetos. Para este propósito, o modelo geológico utilizado foi o Campo de Alto do Rodrigues, localizado na porção emersa da Bacia Potiguar (RN).

No terceiro, o fenômeno da migração foi estudado em escala regional, utilizando-se como cenário geológico a Formação Açú da Bacia Potiguar. Este estágio teve como principais objetivos a quantificação da velocidade de migração do óleo e a análise dos mecanismos que controlam a distribuição de hidrocarbonetos em subsuperfície (rotas de migração).

Os resultados do presente estudo demonstraram que o simulador numérico reproduz bem o fenômeno da migração secundária de petróleo, possibilitando uma compreensão mais efetiva do processo de deslocamento de hidrocarbonetos em bacias sedimentares.

¹ - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

- Dissertação de Mestrado, Dezembro de 1994, Universidade Estadual de Campinas.