

O diabásio nas bacias paleozóicas amazônicas - herói ou vilão?

The diabase in the amazonian palaeozoic basins - hero or villain?

Joaquim Ribeiro Wanderley Filho | Walter Antônio Silva Travassos | Daisy Barbosa Alves

Palavras-chave: diabásio | mecanismo de intrusão | geração de petróleo | velocidade sísmica | salto de soleira

Keywords: *diabase / intrusion mechanism / petroleum generation / seismic velocity / sill jump*

resumo

As soleiras de diabásio podem ocorrer por centenas de quilômetros em uma bacia sedimentar. A sua trajetória pode ser facilitada por materiais físseis ou perturbada por variações laterais de fácies, por falhas e, também, caso a encaixante seja um arenito, elas

saltam abruptamente sem um padrão constante, influenciando fortemente na pesquisa exploratória de uma bacia. As bacias paleozóicas do Amazonas e Solimões, no conjunto, têm uma área de quase 1 000 000 km², separadas pelo Arco de Purus, sobre o qual ainda ocorrem soleiras de diabásio com pequena espessura, pois a tendência de corpos ígneos na forma de soleiras é migrar pelas camadas mergulho abaixo. Inúmeros trabalhos já foram feitos na tentativa de entender o mecanismo de intrusão, a idade, a variação em sua composição química, sua influência na geração de petróleo e, também, para mapear com segurança cada uma delas, pois a definição prévia da geometria dos corpos ígneos é fundamental no processamento sísmico para uma adequada conversão tempo - profundidade.

introdução e desenvolvimento

As bacias paleozóicas do Amazonas, Solimões e Parnaíba (fig. 1) possuem intrudidas em seus sedimentos aproximadamente 240 000 km³ de diabásio, principalmente na forma de soleiras. A espessura máxima atravessada por poço na Bacia do Amazonas foi de 915 m, e na Bacia do Solimões de 1 038 m. Tais rochas ígneas são constituídas essencialmente por plagioclásio, piroxênio, quartzo, biotita e hornblenda, apresentam textura subofítica dominante, e foram reunidas sob a denominação Episódio Penatecaua (Issler *et al.* 1974).

Vários trabalhos foram feitos na tentativa de se entender o comportamento, a idade, o mecanismo de intrusão e a variação na composição química dessas soleiras, (Linsser, 1958; Aires, 1984, Caputo, 1984; Silva, 1987; Nunn e Aires 1988; Misuzaki *et al.* 1990; Wanderley Filho, 1991; Alves, 2000). As análises químicas, em elementos maiores e elementos-traço, não mostram diferença entre as soleiras. A textura também é semelhante nas duas bacias. Apenas o posicionamento dentro das seqüências estratigráficas que é diferente. Na Bacia do Solimões, as soleiras estão permeando a seqüência evaporítica e, na Bacia do Amazonas, elas estão intrudidas nas seqüências clástica e evaporítica (fig. 2).

Analisando-se os mapas de isólitais nota-se que há um certo controle do magmatismo em

relação aos grandes altos estruturais edificados antes da intrusão das soleiras, no Triássico. No Arco de Purus, por exemplo, há uma diminuição da espessura, enquanto no depocentro da bacia há um forte espessamento (fig. 3). Francis (1982), estudando as feições ígneas do Norte da Inglaterra, demonstrou que quando o diabásio ainda está fluido ele migra mergulho abaixo, por gravidade, para o depocentro estrutural e, caso haja alguma mudança litológica e/ou estrutural, ele “procura o caminho mais fácil” para continuar o seu fluxo em direção à calha estrutural (fig. 3a).

As soleiras das bacias do Amazonas e Solimões foram analisadas quimicamente tanto por elementos maiores quanto menores e elementos-traço, e não se observa uma diferença significativa para se poder afirmar que são de fontes diferentes. Todas as soleiras têm a mesma composição com base nos elementos analisados. A única diferença notada foi com relação aos teores de Cr e Ni (fig. 4): na soleira mais inferior da Bacia do Solimões, assim como nas mais inferiores da Bacia do Amazonas, há um aumento significativo do teor desses elementos com a profundidade, crescendo de 40 ppm no topo para 200 ppm na base. Essa informação foi importante para explicar o “salto de soleira” que ocorre entre os campos de São Mateus e do Urucu.

As terminações de soleiras e o tipo de rocha que elas intrudem têm uma importância significativa quando se analisa uma bacia com interesse para petróleo. A terminação de uma soleira pode formar uma trapa, dependendo do mergulho regional das camadas (fig. 5). Essa feição pode ser observada tanto em afloramentos quanto em seções sísmicas na Bacia do Parnaíba, outra importante área de rochas paleozóicas do Norte do Brasil. Também, quando a soleira é intrudida próximo a uma rocha-reservatório homogênea, ela pode provocar um forte fraturamento (fig. 6), aumentando a permeabilidade da rocha, como, por exemplo, no arenito da Formação Cabeças, em afloramento próximo à cidade de Picos (PI).

O fraturamento associado a soleiras de diabásio pode ser um aspecto positivo para o processo exploratório, ao mesmo tempo em que traz algumas dificuldades. Na Bacia do Solimões, no Campo do Rio Urucu, há um grande baixo

Figura 1

Mapa de localização das bacias do Solimões e Amazonas.

Figure 1

Localization map of the Solimões and Amazonas basins.



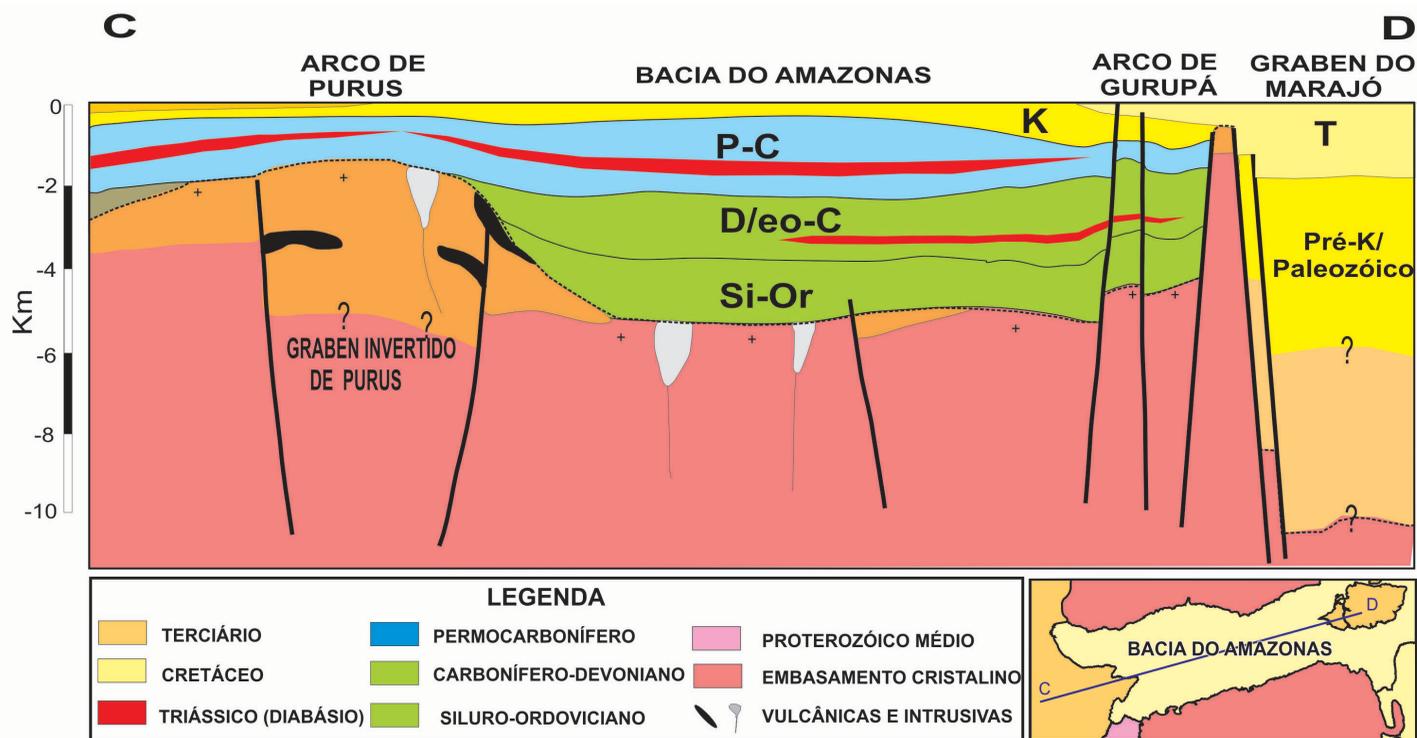
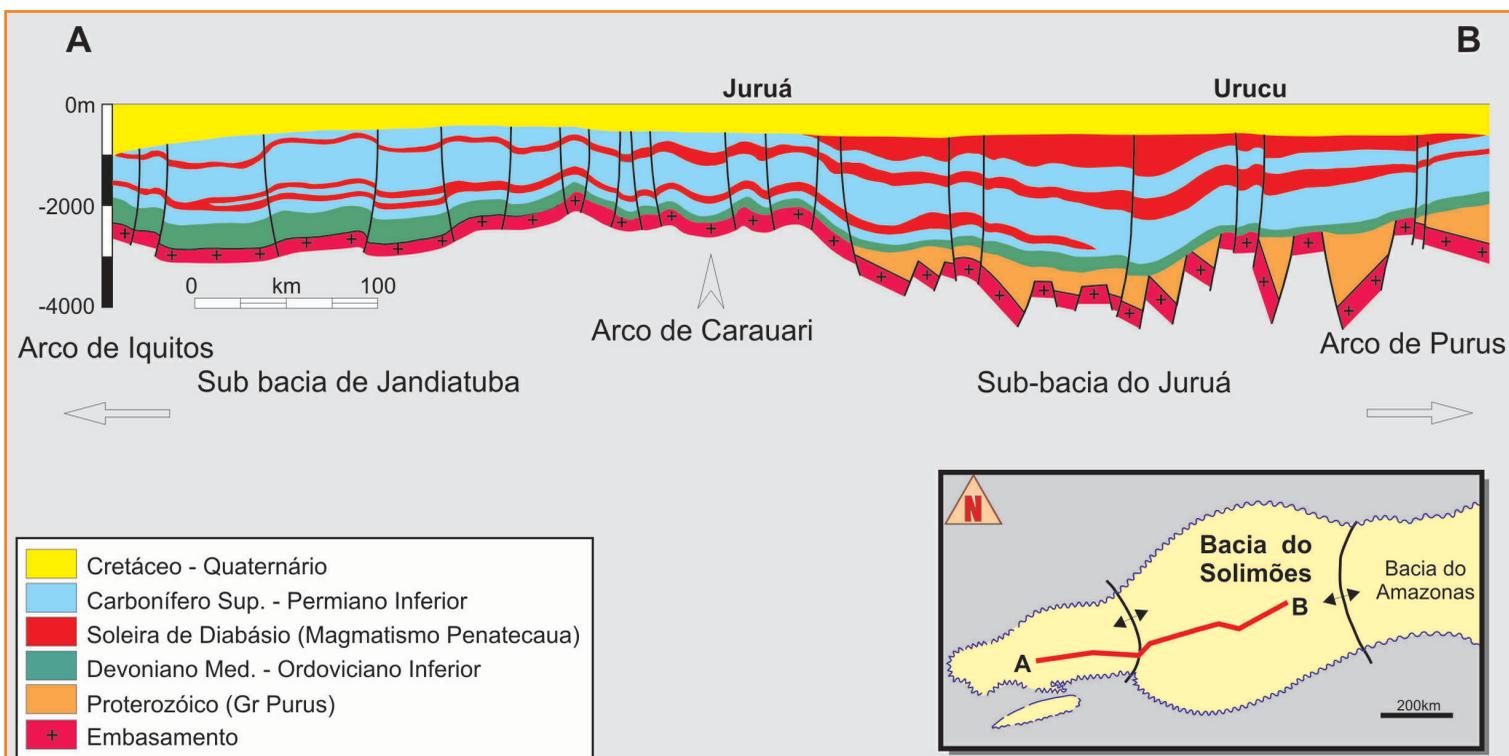


Figura 2 – A-B - As soleiras (em vermelho), na Bacia do Solimões, estão essencialmente na seqüência evaporítica; C-D - As soleiras (em vermelho), na Bacia do Amazonas, ocorrem tanto na seqüência evaporítica quanto na clástica.

Figure 2 – A-B - The sills (in red) in the Solimões Basin emplaced chiefly in the evaporitic sequence; C-D - The sills (in red) in the Amazonas Basin occur in the evaporitic sequence as well as in the clastic sequence.

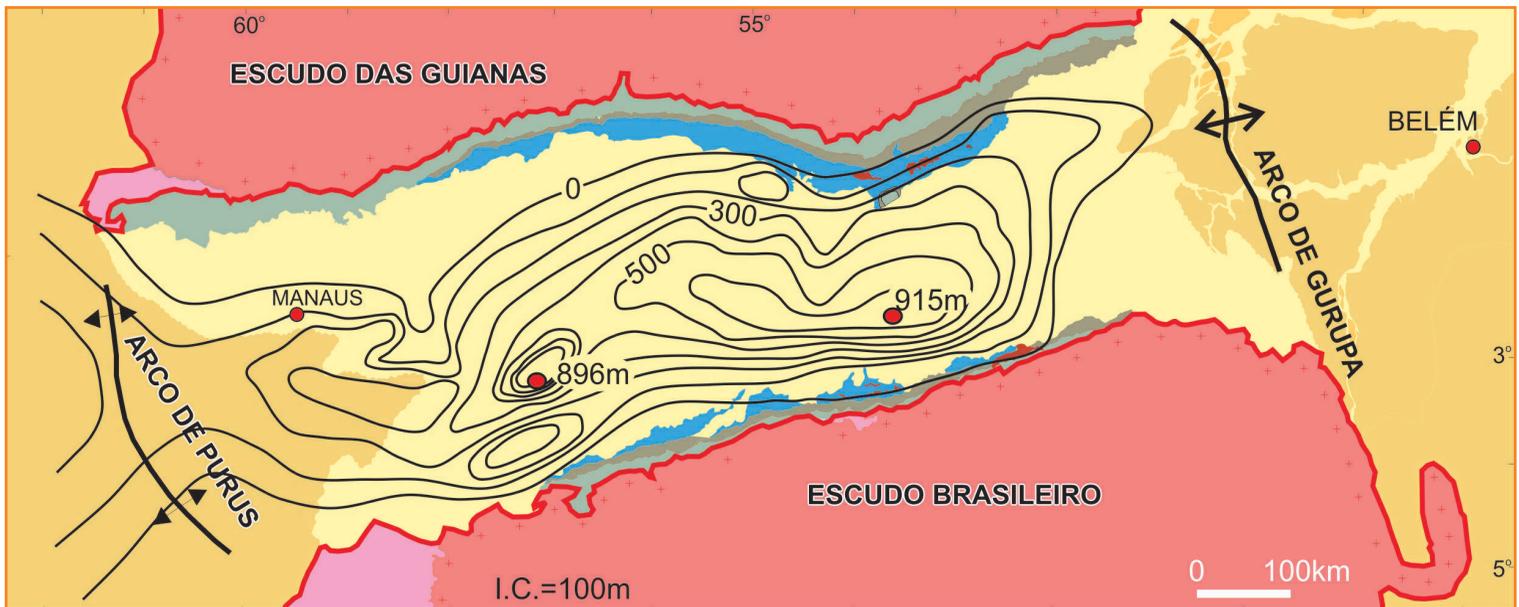


Figura 3 – Mapa de isólicas de diabásio dentro da seqüência permocarbonífera.

Figure 3 – Isolith map of diabase inside the Permian-Carboniferous sequence.

estrutural no mapa sísmico, mas quando foi perfurado o poço nessa área, descobriu-se que, na verdade, era a continuação da estrutura do referido campo e que os diabásios atravessados estavam muito fraturados, falseando a velocidade sísmica. Prinzhofer e Santos Neto (2002), estudando os gases nobres desse campo, verificaram que nesta área há um grande escape de gás que pode também ter contribuído para a baixa velocidade intervalar da soleira.

Na Bacia do Solimões as soleiras são bastante uniformes e três corpos principais são verificados, como pode ser visualizado na figura 2. O posicionamento estrutural da soleira está diretamente relacionado à presença de óleo ou gás. Quanto mais profunda, conseqüentemente mais próxima das rochas geradoras e reservatórios, tem-se a presença do gás como nos campos descobertos na região do Rio Juruá. Se a soleira é mais rasa, menor efeito térmico sobre o gerador e se tem, então, óleo, como nos campos da Província do Rio Urucu.

Ainda na Bacia do Solimões observa-se que os valores de vitrinita não seguem o padrão das demais bacias. Nas porções mais rasas, os valores são extremamente altos e diminuem com a profundidade para, em seguida, aumentarem novamente, indicando que a maior fonte de calor foi proveniente de uma fonte acima da geradora, no caso, as soleiras que entraram com temperaturas em torno de 1 000°C. Como a bacia é muito rasa, dificilmente haveria calor suficiente para a geração de óleo e gás.

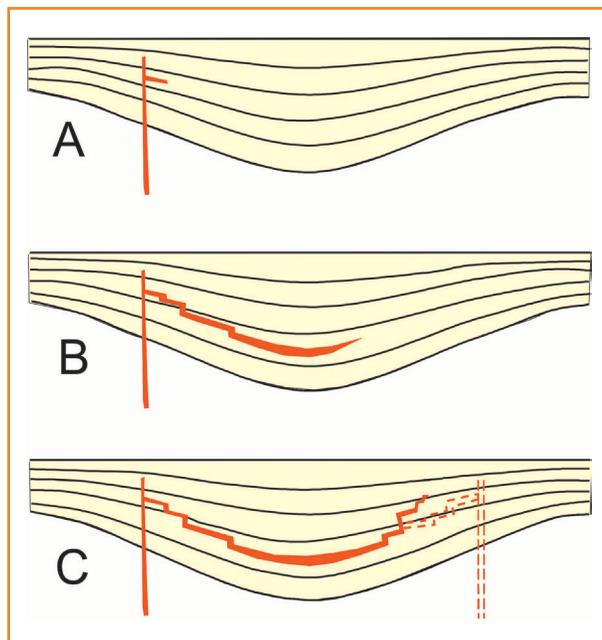
O diabásio foi analisado também com relação à sua idade pelos métodos K/Ar e Ar/Ar para se tentar identificar a ordem de intrusão das soleiras. Essa informação seria utilizada na modelagem termal das bacias paleozóicas. O resultado foi

Figura 3a

Diagrama ilustrando o mecanismo de intrusão de uma soleira de diabásio (Francis, 1982).

Figure 3a

Diagram illustrating the mechanism of intrusion of a diabase sill (Francis, 1982).



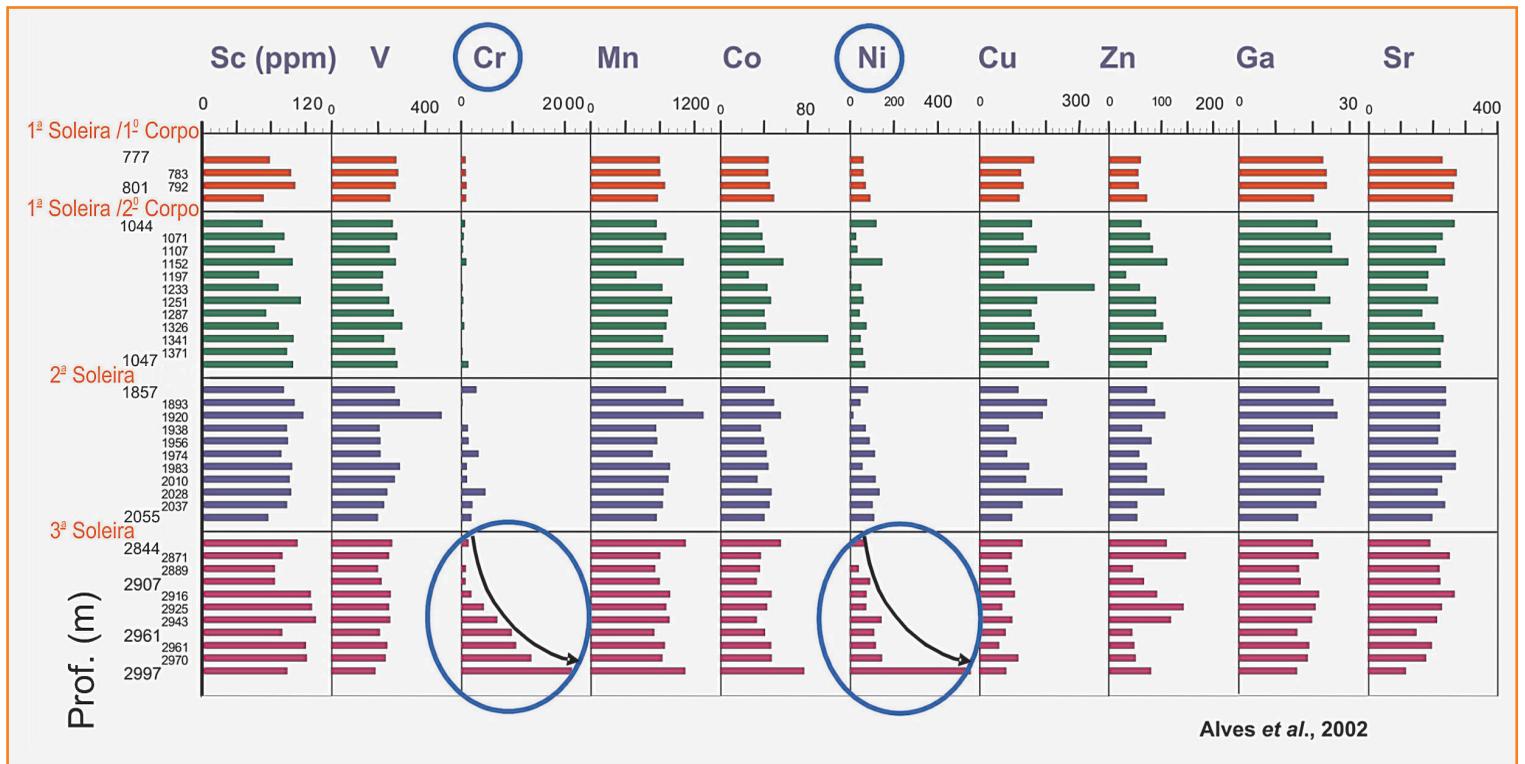


Figura 4

Análises químicas em relação com a profundidade das três soleiras de diabásio na Bacia do Solimões.

Figure 4

The three sills: chemical analyses x depth in the Solimões Basin.



Figura 5 – Afloramento de diabásio alterado mostrando o soerguimento do arenito da Formação Cabeças, na terminação da soleira.

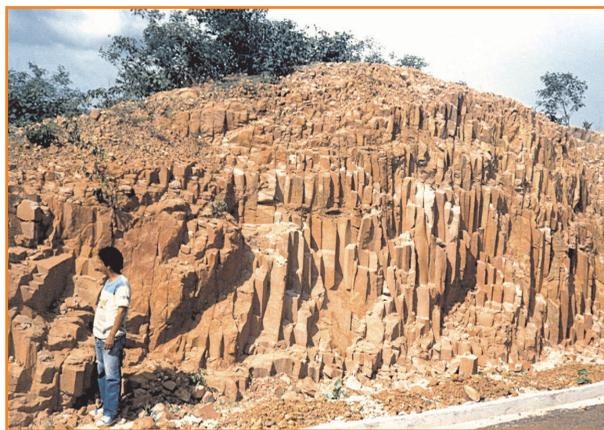
Figure 5 – Outcrop of diabase showing the uplift of Cabeças Formation sandstone at the end of the sill.

Figura 6

Afloramento de arenito fraturado da Formação Cabeças, possivelmente associado à presença de soleira subaflorante.

Figure 6

Outcrop of fractured Cabeças Formation sandstone, possibly associated with the presence of underlying sill.



negativo. Não se observou uma variação da idade com a profundidade e, considerando-se apenas as idades Ar/Ar, pode-se sugerir que o evento ígneo foi de curta duração e com vários pulsos.

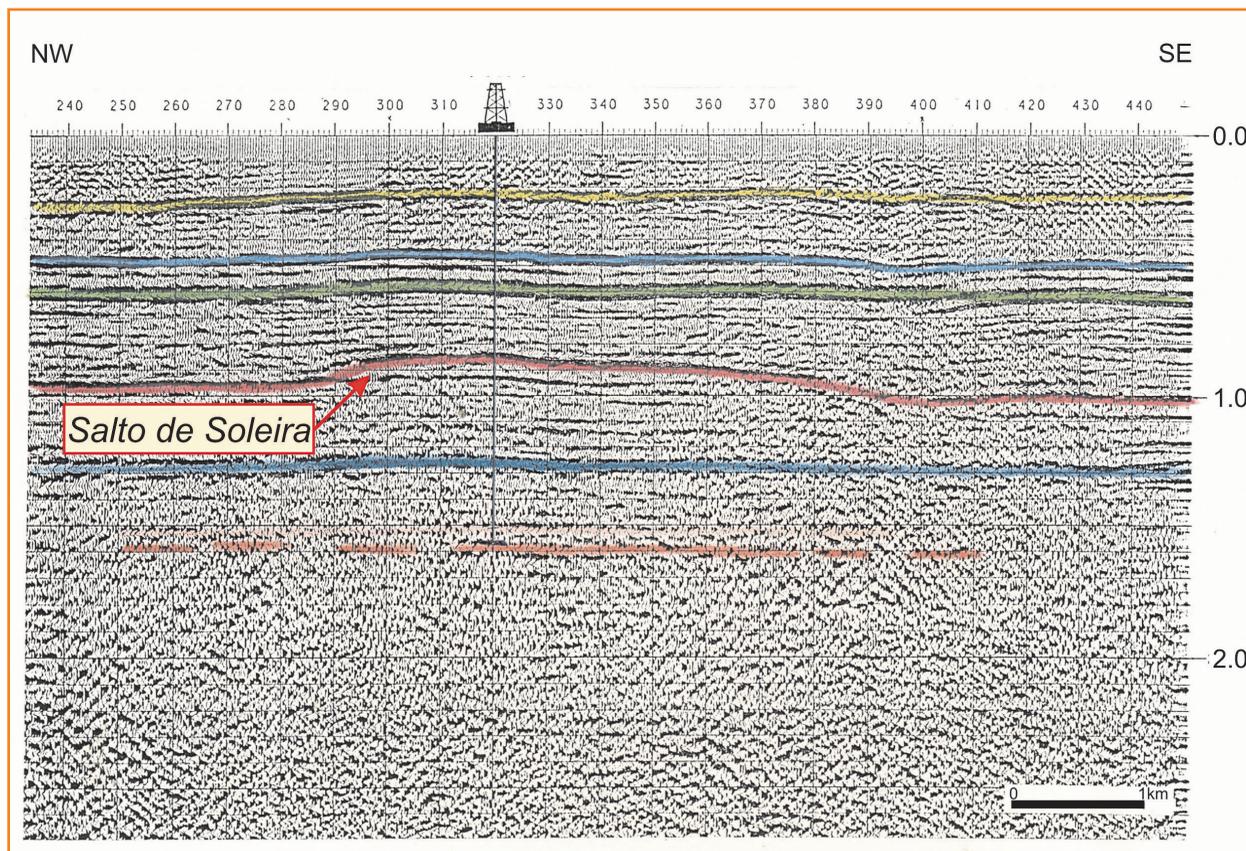
Um outro problema causado pelo diabásio é o chamado salto de soleira, que sugere uma estrutura, como pode ser observado na linha sísmica da figura 7. Caso houvesse uma sísmica que mostrasse com segurança o posicionamento das soleiras, isto é, topo e base, esses saltos seriam bem observados e os erros seriam evitados.

Figura 7

Visualização sísmica 3D exemplificando o corte em planta e vertical de uma soleira em forma de "vitória-régia".

Figure 7

3D seismic visualization exemplifying "vitória-régia" shape sill.



O diabásio, em seus aspectos positivos, foi importante na geração de óleo e gás, assim como no craqueamento de óleo nas duas bacias paleozóicas, pois sem ele não haveria calor para a transformação da matéria orgânica, mas também criou efeitos negativos ao abrir estruturas e craquear a maior parte do óleo da Bacia do Solimões, e continua sendo vilão quando dificulta a penetração das ondas sísmicas, o que implica seções sísmicas de baixa qualidade. Atrapalha muito quando se faz a conversão tempo - profundidade, pois nunca se tem segurança da espessura real das soleiras nas áreas distantes dos poços de controle.

agradecimentos

Aos geólogos Alberto Antônio dos Santos Laranjeira (Ativo de Produção Urucu / Reservatórios - UN-BSOL/ATP-U/RES) e Pekim Tenório Vaz (Unidade de Negócio da Bacia do Solimões / Ativo de Exploração / Sedimentologia e Estratigrafia - UN-BSOL/ATEX/SE) pela revisão e sugestões durante a elaboração deste estudo.

referências bibliográficas

AIRES, J. R. **Estudo do vulcanismo básico da bacia do Amazonas**. Rio de Janeiro : PETROBRAS. CENPES. DIVEX. 1984. 64 p. Relatório Interno.

AIRES, J. R. **Evolução tectônica da bacia do baixo Amazonas, Brasil**. Ouro Preto : Universidade Federal de Ouro Preto, 1985. 116 p. Tese (Mestrado).

ALVES, D. B.; EIRAS, J. F.; WANDERLEY FILHO, J. R. ICP-MS melhora a correlação estratigráfica das soleiras de diabásio da bacia do Solimões. In : RIO OIL AND GÁS EXPO AND CONFERENCE, 10., 2000, Rio de Janeiro. **[Trabalhos técnicos...]** Rio de Janeiro : Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, 2000. 7 p.

CAPUTO, M. V. **Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of northern basins of Brasil**. Santa Barbara : University of California, 1984. 583 p. Tese (Doutorado).

FRANCIS, E. H. Emplacement mechanisms of Late Carboniferous tholeiite sills in northern Britain. **Journal of the Geological Society of London, London**, v. 139, n. 1, p. 1-20. 1982.

ISSLER, R. S.; ANDRADE, A. R. F.; MONTALVÃO, R. M. G.; GUIMARÃES, G.; SILVA, G. G.; LIMA, M. I. C. Geologia da folha SA.22 Belém. In: BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Projeto RADAMBRASIL. Rio de Janeiro, DNPM. v. 5, p. 1-60. 1974.

LINSSER, H. **Interpretation of regional gravity anomalies in the Amazonas area**. Rio de Janeiro : PETROBRAS. DEPEX, 1958. 8 p. (Relatório Interno).

MIZUSAKI, A. M. P.; ANJOS, S. M. C.; WANDERLEY FILHO, J. R.; SILVA, O. B.; COSTA, M. G. F.; PERES, M. P.; KAWASHITA, K. Datação K/Ar de ilitas diagenéticas. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 3, p. 237-251. 1990.

NUNN, J. A.; AIRES, J. R. Gravity anomalies and flexure of the lithosphere at the middle Amazon basin, Brasil. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 93, n. 1, p. 415-428. 1988.

PRINZHOFER, A.; BATTANI, A.; SANTOS NETO, E. V. **Natural tracing of the accumulated hydrocar-**

bons of the Solimões basin (Brazil) : noble gas isotopic tracing in natural gas. Rio de Janeiro : PETROBRAS. CENPES. PDED. GE. 2002. 17 f. Relatório interno.

SILVA, O. B. **Análise da Bacia do Solimões** : revisão litoestratigráfica, magmatismo e geoquímica. Ouro Preto : Universidade Federal de Ouro Preto, 1987. 177 f. Dissertação (Mestrado).

WANDERLEY FILHO, J. R. **Evolução estrutural da Bacia do Amazonas e sua relação com o embasamento**. Belém : Universidade Federal do Pará, 1991. 125p. Dissertação (Mestrado).

abstract

The diabase sills can occur through hundreds of kilometers in a sedimentary basin. Its trajectory can be facilitated by fissile materials or diverted by lateral variations of facies and by faults. In cases where the intruded rock is a sandstone, they frequently jump abruptly, forming a variety of patterns. These rocks strongly influence the exploratory activities in a basin. The Solimões and Amazonas basins comprise an area of almost 1 000 000 km². These basins are separated by the Purus Arch, also over which diabase sills occur, although with minor expression, since the natural behavior of these bodies is to follow down dip the sedimentary beds. All through the years, several papers have been delivered in an attempt to understand the intrusion mechanism, the age, the variation in the chemical composition of these sills, as well as their influence on the oil generation and also to better map the geometry of these different sills, for this is very important for the time - depth conversion.

autor principal



Joaquim Ribeiro Wanderley Filho

Unidade de Negócio Bacia do Solimões

Ativo de Exploração

Análise de Bacias e Interpretação Geológica

e-mail: jwand@petrobras.com.br

Joaquim Ribeiro Wanderley Filho nasceu em Ipixuna, cidade do Vale do Rio Mearim, no Maranhão. Graduou-se em Geologia pela Universidade Federal do Pará (UFPA), em Belém, em 1978. Ingressou na Petrobras em 1981, cursou o CIGEP, em Salvador (BA), e foi trabalhar no acompanhamento geológico de poços no Distrito de Exploração do Norte (DENOR). A partir de 1983 foi transferido para a Divisão de Interpretação (DINTER), onde desenvolveu trabalhos nas bacias do Amazonas, Solimões, Barreirinhas e Pará-Maranhão. Em 1991 concluiu o mestrado na área de Geologia Estrutural na UFPA, com o título: Evolução estrutural da Bacia do Amazonas e sua relação com o embasamento. De 1992 a 1995 trabalhou no DEXBA (BA), também na área de interpretação de bacias. Atualmente trabalha na UNBSOL, em Manaus, no ATEX, e faz parte do grupo de modelagem geoquímica 3D de bacias, tendo participado de modelagens 3D nas bacias do Solimões e Amazonas.