



Hidratos de Gás no Leque Submarino do Amazonas: Ocorrência e Formação

*Felipe Ferreira de Melo¹, Cleverson Guizan Silva¹ & Antonio Tadeu dos Reis², 1 - LAGEMAR-Uff, 2 - Oceanografia/Uerj

Copyright 2008, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no III Simpósio Brasileiro de Geofísica, Belém, 26 a 28 de novembro de 2008. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do III SimBGF, mas não necessariamente representa a opinião da SBGF ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGF.

Abstract

In Foz do Amazonas Basin, the occurrence of gas hydrates was mapped and associated to structures formed by gravitational tectonics, related to overpressured shales. The results show some coincidence between the occurrences of gas hydrates and the fold-and-thrust belt compressional structures. The identification was done observing the seismic attributes of the gas hydrates, *Bottom Simulating Reflections* and *Blanking*, and by an analysis to determine the stability conditions based in informations of the bottom-water temperature and geothermal gradient.

Introdução

Hidratos de gás são formados por cristais de gelo contendo em seu interior moléculas de gás. São estáveis a altas pressões e baixas temperaturas, exponencialmente dependentes da temperatura e linearmente dependentes da pressão (Sloan, 1998). A estabilidade também depende da composição das moléculas de gás e do fluido dos poros (Zatsepina & Buffet, 1998). Na natureza esses hidratos encontram-se nos poros intersticiais dos sedimentos (Kvenvolden, 1993; Kvenvolden & Lorenson, 2001).

A forma molecular mais comum encontrada nos sedimentos oceânicos é o hidrato de metano. Quanto à origem, podem ser termogênicos ou biogênicos, de acordo com Tanaka (2003).

Os hidratos são considerados uma fonte potencial de energia, com volumes extraordinários, uma vez que cerca de 1 m³ de hidratos pode se tornar 164 m³ de gás nas condições normais de temperatura e pressão (Kastner, 2001). Estima-se que o volume de metano presente nos hidratos seja 3000 vezes maior do que a quantidade presente na atmosfera e que represente duas vezes a mais a quantidade de combustíveis fósseis na Terra (Paull & Dillon, 2001).

Na Bacia da Foz do Amazonas, as ocorrências de hidratos de gás foram mapeadas e associadas às estruturas derivadas da tectônica gravitacional relacionada à mobilidade de folhelhos superpressurizados (Tanaka, 2003). O mapeamento estrutural da tectônica gravitacional no leque submarino do

Amazonas caracterizou a deformação do conjunto de seqüências sedimentares marinhas da bacia sobre um nível basal de destacamento, e permitiu a definição dos principais domínios estruturais (Oliveira 2005; Oliveira et al., 2005; Oliveira et al., 2004a; Oliveira et al., 2004b): uma faixa proximal de falhamentos normais e cinturões compressivos distais; e dois compartimentos estruturais *Noroeste* e *Sudeste*, cuja evolução foi associada ao desenvolvimento de dois depocentros principais da cobertura sedimentar sob ação gravitacional (um depocentro principal a *Noroeste* e um depocentro secundário a *Sudeste*).

No presente trabalho, os hidratos foram reconhecidos entre profundidades aproximadas de lâmina d'água de 720 – 2.600 m e os resultados indicam que há certa coincidência entre as ocorrências de hidratos de gás mapeadas e as estruturas do domínio compressivo. As ocorrências mapeadas situam-se entre 240 – 800 m abaixo da superfície do fundo submarino.

O mapeamento foi feito com base em dois atributos sísmicos, em geral associados: *BSR* (*Bottom Simulating Reflection*) e *Blanking* ("branqueamento"). No entanto, em regiões com poucas estruturas deformacionais, onde os refletores sísmicos são paralelos ao fundo submarino, fica bastante difícil a identificação dos BSR's. Desta forma, foi feita uma análise para determinação das condições de estabilidade dos hidratos de gás com base nas informações de temperatura da água de fundo e do gradiente geotérmico local. Os dados de temperatura da coluna d'água são derivados do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) e os dados de gradiente geotérmicos foram compilados dos poços do Ocean Drilling Program (ODP) e de informações de um poço exploratório fornecidas pela Agência Nacional de Petróleo. Com estas informações foi possível determinar a área potencial de ocorrência de hidratos de gás.

Detecção geofísica de hidratos de gás

Para o mapeamento dos hidratos de gás foram utilizadas linhas sísmicas já mapeadas por Tanaka (2003) e novas linhas sísmicas cedidas pela FUGRO e linhas do projeto LEPLAC.

Dois padrões de reflexão, em geral associados, permitem a determinação das ocorrências de hidratos de gás: o *BSR* (*Bottom Simulating Reflection*) e o *Blanking* ("clareamento" ou "branqueamento").

O BSR (Fig.1) corresponde a um refletor bastante pronunciado que marca a interface entre a alta velocidade sísmica, camada de hidratos, e a baixa velocidade, gás livre nos sedimentos. A reflexão sísmica da base dos hidratos é geralmente caracterizada por uma inversão de polaridade resultando em um coeficiente de reflexão negativo. A reflexão acompanha a topografia do fundo marinho, freqüentemente aumentando a profundidade sedimentar com o aumento da profundidade da lâmina d'água (Shipley et al., 1979).

O *Blanking* é um intervalo onde ocorre atenuação muito grande da amplitude do sinal, devido à alta velocidade sísmica, o que imprime um aspecto "blindado" na região onde ocorre, não sendo possível visualizar qualquer sinal correspondente à estratigrafia encontrada no local. Constitui um efeito produzido ao se penetrar na zona cimentada pelos hidratos, que reduz o contraste de impedância sísmica entre camadas de sedimentos de textura diferente.

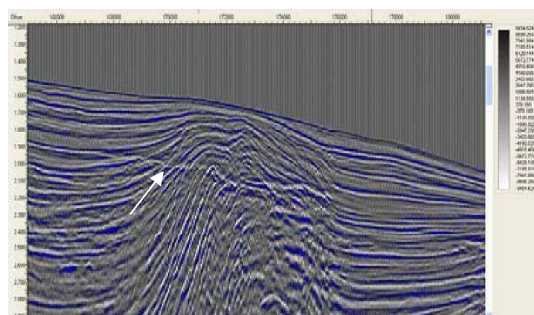


Figura 1 – Identificação do BSR com base na inversão de polaridade do sinal em relação ao fundo submarino. Escala horizontal em metros e vertical em segundos. O BSR acompanha o fundo submarino e corta indiferentemente as estruturas formadas pelas falhas de empurrão do sistema compressivo.

Em regiões com poucas estruturas deformacionais, onde os refletores sísmicos são paralelos ao fundo submarino, fica bastante difícil a identificação dos BSR's e por outro lado sabendo-se que a ausência de BSR's, por si só, não é indicativa da inexistência de hidratos (Holbrook, 2001), foi feita uma análise para determinação das condições de estabilidade dos hidratos de gás na região do leque submarino do Amazonas, com base nas informações de temperatura da água de fundo na região de ocorrência dos hidratos, entre 3 e 3,6° C, e do gradiente geotérmico local, 30,13°C/Km.

Resultados

Com os dados de temperatura da água de fundo e do gradiente geotérmico foi possível determinar as condições de estabilidade de hidratos de gás na área do Leque Submarino do Amazonas (Fig.2). De acordo com

Kvenvolden & Lorenson (2001), em sedimentos oceânicos, hidratos de gás podem ocorrer em profundidades de lâmina d'água de até 300 m e temperatura da água de fundo em torno de 0°C. As curvas de estabilidade de hidratos de gás biogênico e termogênico foram extraídas de Tanaka (2003). As temperaturas da água do mar foram extraídas do BNDO e ODP – Leg 155 (Flood et al., 1995). Os dados do gradiente geotérmico (linha verde), plotados nas profundidades onde os hidratos foram mapeados, foram compilados de ODP – Leg 155 (Flood et al., 1995). A figura 2 mostra que, para o gás termogênico, a partir de 380 m de lâmina d'água, em temperaturas de 11,3° C já há condições de se formar hidratos e para o gás biogênico esses valores são a partir de 588m de lâmina d'água e temperaturas de 7°C.

Os refletores que caracterizam os BSRs encontram-se sob lâminas d'água que variam entre 0,96 – 3,47s TWT (*Two Way Time*; Tempo Duplo). Admitindo-se uma velocidade de 1.492 m/s para a velocidade das ondas acústicas na água, calculou-se os valores de profundidade aproximados da ordem de 720 – 2.600 m.

Os BSRs puderam ser mapeados como ocorrências descontínuas ocorrendo em profundidades de 1,15 – 4,09s (TWT), com espessuras médias variando, em tempo, em torno de 0,19 - 0,62s (TWT). Ao atribuir-se o valor de 2.550 m/s como sendo a velocidade sônica média dos sedimentos contendo hidratos de gás (Tanaka, 2003) calculou-se as espessuras médias aproximadas variando entre 240 – 800 m.

A partir da análise dos dados do ODP – Leg 155 (Flood et al., 1995) (Fig. 3) foi também possível constatar a presença de metano em alguns testemunhos, mas ao efetuar a interpretação sísmica de áreas próximas a esses testemunhos nenhuma evidência de hidratos de gás foi observada.

Assim como Tanaka (2003), os hidratos foram mapeados (Fig.3) em dois compartimentos estruturais *Noroeste* e *Sudeste*, que também foram reconhecidos por Oliveira 2005; Oliveira et al., 2005; Oliveira et al., 2004a e Oliveira et al., 2004b.

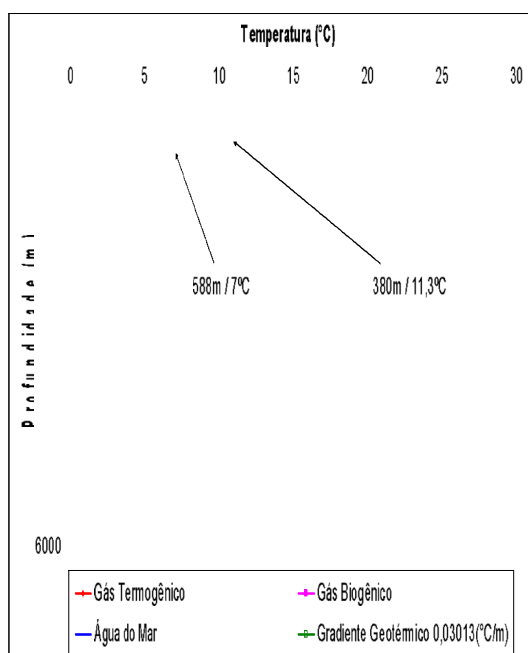


Figura 2 - Condições de estabilidade de hidratos de gás na área do Leque Submarino do Amazonas.

Discussão e Conclusões

As novas ocorrências de hidratos de gás mapeadas através da sísmica de reflexão situam-se preferencialmente associadas às estruturas do domínio compressivo (*fold-and-thrust belts*) da tectônica gravitacional, que ocorrem na província fisiográfica do leque superior do Amazonas, entre profundidades de lâmina d'água de 720 – 2.600 metros, e em profundidades de 240 – 800 metros abaixo da superfície do fundo submarino.

Esta coincidência pode ser associada somente à maior facilidade de identificação dos BSR's em regiões onde os estratos estão deformados, mas no entanto, pode também estar associada à origem termogênica do gás tendo as falhas reversas como rota de migração para superfície até atingir a zona de estabilidade dos hidratos.

De acordo com a análise dos dados de temperatura da água e gradiente geotérmico local (Fig.2) há condição de estabilidade de hidratos apenas até 380 m abaixo do fundo marinho, somente para gás termogênico. No entanto foram encontradas ocorrências até 800 m abaixo do fundo. Como as ocorrências de hidratos mapeadas estão restritas ao domínio estrutural compressivo (*thrust-and-fold belts*) da tectônica gravitacional, pode-se sugerir que variações na pressão-temperatura causadas pela deformação gravitacional possam mudar as condições locais favorecendo a estabilidade dos hidratos nas regiões de compressão. Mecanismo semelhante foi

proposto por Kastner (2001) para explicar a formação de hidratos em regiões de soerguimento tectônico. Isto talvez explique a ausência de hidratos de gás em grande parte do Leque Submarino do Amazonas.

Agradecimentos

Os autores agradecem às empresas GAIA_PGS e FUGRO e ao BDEP-Banco Nacional de Dados/ANP pela disponibilização das linhas sísmicas de reflexão multicanal utilizadas no trabalho. O primeiro autor agradece à Faperj pela bolsa de iniciação científica.

Referências

Flood, R. D.; Piper, D. J. W.; Klaus, A.; et al., 1995. Proc. ODP, Init. Repts., 155: College Station, TX (Ocean Drilling Program).

Holbrook, W.S., 2001. Seismic studies of the Blake Ridge: Implications for Hydrate Distribution, Methane Expulsion, and Free Gas Dynamics. In: Paull, C.K & Dillon, W.P., 2001, Natural Gas Hydrates: Occurrence, Distribution, and Detection. American Geophysical Union, Geophysical Monograph 124: 235-256.

Kastner, M., 2001. Gás Hydrates in Convergent Margins: Formation, Occurrence, Geochemistry, and Global Significance. In: Paull, C.K & Dillon, W.P., Natural Gás Hydrates: Occurrence, Distribution, and Detection. American Geophysical Union, Geophysical Monograph 124: 67-86.

Kvenvolden, K.A., 1993. Gas Hidrates: Geological perspective and global change, *Rev. Geophys.*, 31, 173-187.

Kvenvolden, K.A., 2000. Natural Gas Hydrates Introduction and History of Discovery. In: Michael D. Max. (eds.): Natural Gas Hydrate in Oceanic and Permafrost Environments. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 105-122.

Kvenvolden, K.A. & Lorenson, 2001. Global occurrences of gas hydrate. In: Chung-Jin-S; Sayed-Mohamed; Saeki-Hiroshi; Setoguchi-Toshiaki (eds.): The Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference. 11, v. 1; Stavanger, Norway, 9-16.

Oliveira, V., 2005. A tectônica gravitacional no Cone do Amazonas: compartimentação estrutural e mecanismos controladores. Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha, Universidade Federal Fluminense, Dissertação de Mestrado.

Oliveira, V.; Reis, A. T. & Silva, C. G., 2005. Fatores condicionantes da tectônica gravitacional do Cone do Amazonas. In: Ninth International Congress of the Brazilian Geophysical Society, 2005, Salvador. Ninth International Congress of the Brazilian Geophysical

Society. Rio de Janeiro : Sociedade Brasileira de Geofísica -SBGF, 2005. v.CD. p. 1-6.

Oliveira, V.; Reis, A. T. & Silva, C. G., 2004a. Processo de argilocinese e estruturação do pacote sedimentar da região do cone do Amazonas: resultados preliminares. In: Rio Oil & Gas 2004 - Expo and Conference, Rio de Janeiro. Technical papers, v. CD, p.1-8.

Oliveira, V.; Reis, A. T. & Silva, C. G., 2004b. Análise estrutural do pacote sedimentar do cone do Amazonas: processo de argilocinese. In: XLII Congresso da Sociedade Brasileira de Geologia, Anais do XLII Congresso da SBG - Recursos Minerais e Desenvolvimento Socioeconômico, v. CD, p. 1-1.

Paull, C.K & Dillon, W.P., Natural Gás Hydrates: Occurrence, Distribution, and Detection. American Geophysical Union, Geophysical Monograph 124.

Shibley et al. (06 co-authors), 1979. Seismic reflection evidence for the widespread occurrence of possible gas-hydrate horizons on continental slopes and rises, *AAPG Bulletin*, 63, 2204-2213.

Sloan, E.D. Jr., 1998. Clathrate Hydrates of Natural Gases (second edition), New York, Marcel Dekker, 730p.

Tanaka, M.D., 2003. Reconhecimento das Ocorrências de Hidratos de Gás no Cone do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha, Universidade Federal Fluminense, Dissertação de Mestrado, xii, 78 pp.

Zatsepin, O.Y., and Buffet, B.A., 1998. Thermodynamic conditions for the study of gas hydrate in the seafloor, *J. Geophys. Res.*, 103, 24, 127-24, 139.

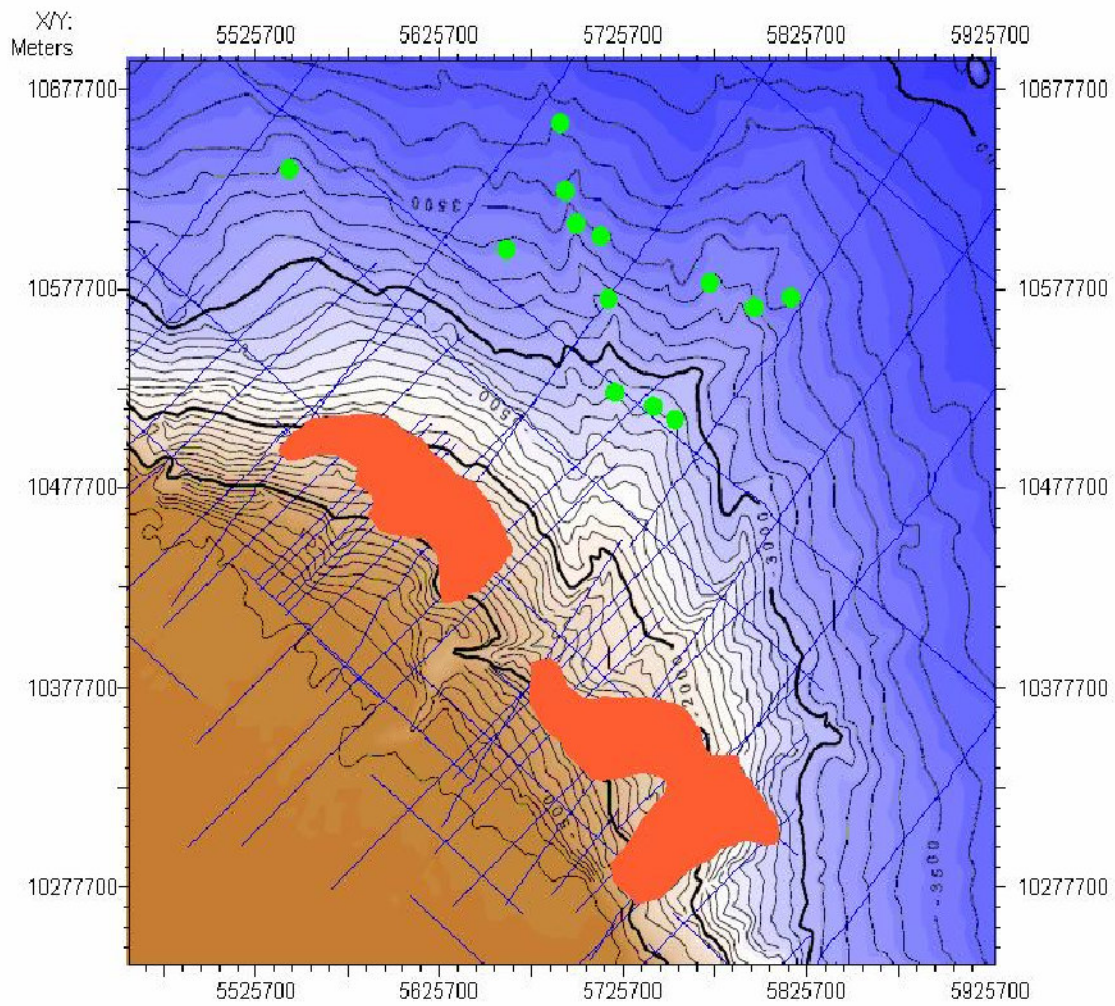


Figura 3 - Ocorrências de hidratos de gás (em vermelho) no leque submarino do Amazonas marcando duas áreas respectivamente a NW e SE do cânion do Amazonas, entre profundidades de 720 – 2.600 m de lâmina d'água. Em verde estão os poços do ODP – Leg155.