

RISCO GEOTÉCNICO EM TALUDES MARINHOS, ASSOCIADO AO HIDRATO DE GÁS, NO TRAÇADO DE DUTOVIAS

Wagner José Oliveira de Menezes
Maria Esther Soares Marques
José Renato Moreira da Silva de Oliveira
Instituto Militar de Engenharia
Pós Graduação em Engenharia de Transportes

RESUMO

Este artigo apresenta os estudos que estão sendo conduzidos para a compreensão da influência da dissociação do hidrato de gás na estabilidade de taludes submarinos. Para o traçado de dutovias submarinas é necessário o conhecimento das características geológico-geotécnicas do subsolo marinho, bem como a sua variação com o tempo em função da dinâmica marinha, a exemplo da migração dos fluidos. Entretanto há poucos estudos sobre a influência da dissociação do hidrato de gás, no comportamento dos taludes submarinos, onde a dutovia será lançada. Nesta fase dos estudos está sendo proposta uma metodologia para análise de risco geotécnico, com a utilização das equações de avaliação do excesso de poro-pressão gerada na dissociação do hidrato de gás, que está sendo utilizada para a verificação do fator de segurança de taludes submarinos pelo método de equilíbrio limite.

ABSTRACT

This paper presents the studies that are being carried out in order to understand the influence of dissociation of gas hydrate in the submarine slope stability. For the design of subsea pipelines is necessary to understand the geological and geotechnical characteristics of the seabed, as well as its variation over time depending on the sea bottom dynamics, like the migration of fluids. However, there are few studies on the influence of dissociation of gas hydrate in the behavior of submarine slopes, where the pipeline will be launched. A methodology for geotechnical risk analysis is being proposed, using the equations for evaluating the excess pore pressure generated in the dissociation of gas hydrate, which is being used to verify the safety factor of submarine slopes by the method of limit equilibrium.

1. INTRODUÇÃO

Do ponto de vista da dinâmica ambiental da Terra os deslizamentos submarinos são eficientes mecanismos de transferência de sedimentos das plataformas continentais e da parte superior dos taludes submarinos para as bacias mais profundas, integrado ao sistema de transporte de sedimentos dos processos geológicos naturais, ocorrendo com grande frequência e criando condições, por exemplo, para o equilíbrio da distribuição de sedimentos acumulados nos deltas de rios. No entanto, também podem causar graves danos às instalações assentadas sobre o leito submarino, ou mesmo levar a geração de grandes ondas, tais como Tsunamis, que se constitui em risco para as economias e populações de zonas costeiras.

A evolução das operações offshore sobre a Plataforma Continental Brasileira tem levado a construção de diversas instalações em águas cada vez mais profundas. Com o aumento da profundidade de operação há alterações nas condições de pressão e temperatura, nas formações geológicas e nas características geotécnicas dos sedimentos. Em muitos casos, o leito marinho pode ser instável e arriscado para a instalação das estruturas necessárias ao trabalho de prospecção, exploração e transportes de hidrocarbonetos, necessitando, desde a fase dos estudos de viabilidade, de uma análise de risco para escolha das locações e traçados.

Dutovia é a designação genérica da instalação constituída por tubos ligados entre si para o transporte de diversos tipos de produtos de um ponto a outro (Figura 1). No início das prospecções petrolíferas sobre a Plataforma Continental Brasileira a espessura de lamina d'água era 124 m. Com o desenvolvimento de novas tecnologias, a busca por hidrocarbonetos

(óleo e gás) foi atingindo profundidades cada vez maiores e há, atualmente, operações de prospecção e extração em profundidades de lamina d'água acima de 2.000m e, na exploração da camada do pré-sal, poderão superar camadas de perfuração da ordem de 6.000m de profundidade.



Figura 1. Visão geral das dutovias submarinas um sistema submarino de produção.
(<http://www.google.com.br/imgres?imgurl=http://diariodopresal.files.wordpress.com/>,
acessado em 16/04/11).

2. RISCOS DE RUPTURA DE DUTOVIAS DEVIDO À DISSOCIAÇÃO DO HIDRATO

Diversos são os mecanismos de acionamento dos deslizamentos em taludes submarinos e o conhecimento e estudo mais aprofundado desses mecanismos pode conduzir a análises mais precisas quanto ao nível de risco para construção de dutovias, e outras instalações, em áreas sujeitas a deslizamentos.

Entre os riscos passíveis, sob o aspecto geológico e geotécnico, as operações offshore estão sujeitas aos chamados geohazards, que é o termo usado para descrever qualquer processo geológico e hidrológico associado que cause perigo ou uma situação de risco descontrolado. Entre os diversos tipos de riscos geológicos, há os relacionados à migração de fluidos, tais como: fluxo de águas rasas, solos gasosos, vulcões de lama e hidratos de gás.

Entre os possíveis mecanismos disparadores dos movimentos de massa em ambientes marinhos, há os efeitos relacionados às instalações e atividades do campo petrolífero. O assentamento de diversas instalações, ancoramentos, expansões de tubulações e atividades de exploração e perfurações do leito marinho, assim como as solicitações de esforços cíclicos das forças de ancoragem e das forças de expansão dos dutos, podem ser um adicional sobre as forças gravitacionais atuantes sobre a massa de solo e levá-lo à ruptura.

Os sedimentos do leito marinho, junto à plataforma continental em regiões deltaicas, são geralmente carregados de matéria orgânica que se decompõem e produzem gases. Esses

gases, normalmente biogênicos, contêm alto teor de metano em sua composição química. O acúmulo das camadas de sedimentos umas sobre as outras em um dado tempo geológico e, dependendo de um conjunto de fatores, faz com que tais gases se acumulem sob camadas subjacentes e migrem para a superfície do leito marinho de diversas formas. O diagrama de fase, apresentado na Figura 2, apresenta as condições de temperatura e pressão adequadas para a estabilidade termodinâmica de hidratos de gás. Em determinadas condições de temperatura e pressão, encontradas nas regiões mais profundas do leito marinho, esses gases podem ser aprisionados em gaiolas de águas congeladas nos interstícios do solo - conhecido por hidratos de gás ou hidrato de metano, ou ainda clatratos de metano – e, em alguns casos, podem funcionar como um cimento para o sedimento, mas de baixa resistência as variações de temperatura e pressão.

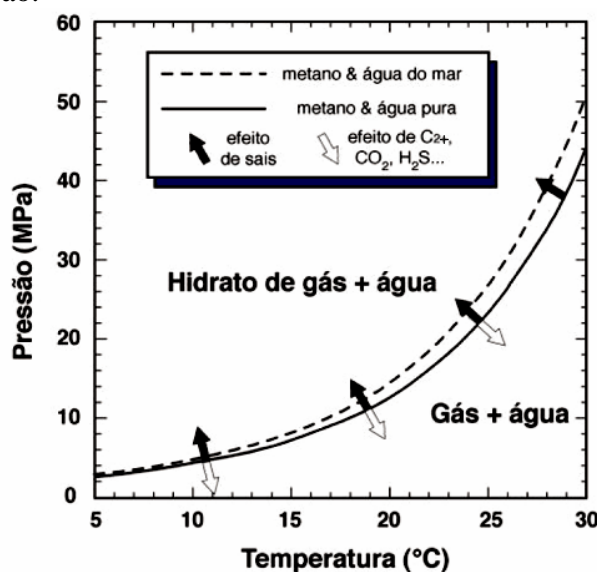


Figura 2. Curva de Estabilidade do Hidrato de Gás – (Clinnell, 2000).

Sob pressão apropriada os hidratos podem existir a temperaturas significativamente acima do ponto de congelamento da água. A temperatura máxima que o hidrato de gás pode existir depende da pressão e da composição do gás. Segundo Makogon (2010) a estabilidade do hidrato também pode ser influenciada através de outros fatores, tais como: a salinidade da água, a mistura de gases hospedados, a temperatura da água e do assoalho marinho e o gradiente de temperatura dos sedimentos.

Com o aumento da salinidade da água, a espessura da camada de sedimento onde é possível a existência de hidratos diminui. Também, em ambientes offshore, há dependência, fortemente, da temperatura do fundo do mar e do gradiente de temperatura nos sedimentos, sendo que, um aumento nessas temperaturas esse tamanho da camada de existência dos hidratos também diminuirá (Figura 2).

Quanto à composição dos gases de formação do hidrato, o CO₂, o H₂S e o C₂+ servem para aumentar a temperatura de formação do hidrato, enquanto que o metano puro, ou em maioria na concentração, reduz a temperatura de formação dos hidratos, conforme exemplo da equação a seguir:

METANO + ÁGUA (600 psi) = HIDRATO DE GÁS a 5° C

METANO + ÁGUA (600 psi) + PROPANO = HIDRATO DE GÁS a 9.5° C

Em áreas com a presença de hidratos de gás a redução das condições de pressão e/ou aumento da temperatura levam à dissociação do hidrato de gás, resultando em expansão do gás confinado no hidrato. Esse processo de infiltração do gás na massa do solo, ascendendo para área de menor pressão, levará ao aumento de poro-pressão e a conseqüente redução das forças resistentes da massa de solo e da tensão efetiva. Este fenômeno conduz à instabilização dos taludes submarinos e conseqüentes rupturas, que podem danificar todo o sistema de prospecção inclusive as dutovias submarinas.

5. CONCLUSÕES

A poro-pressão dos sedimentos é uma das variáveis fundamentais no comportamento geomecânico dos solos. Apesar da importância do excesso de pressão nos poros dos sedimentos, a capacidade de medir, monitorar e prever essas pressões em sedimentos marinhos a grandes profundidades é limitado. Recentes avanços em avaliação e análise de risco associado aos deslizamentos submarinos fazem recomendações sobre os procedimentos a serem adotados nessas avaliações. Também modelos numéricos para análise do impacto da dissociação do hidrato de gás sobre a estabilidade de taludes marinhos têm sido apresentados e mostram que a dissociação do hidrato sobre a resistência e tensão efetiva da matriz do solo tem efeito devastador sobre a estabilidade de taludes marinhos.

Desse modo, pretende-se unificar uma metodologia de análise de risco determinística a uma equação de avaliação de estabilidade de taludes submarinos como conseqüência da dissociação do hidrato de gás, apresentando um modelo de análise de risco geotécnico relacionada à dissociação do hidrato de gás para testar a variação de parâmetros que afetem o fator de segurança de taludes submarinos, com aplicação na análise do traçado de dutovias, na instalação de estruturas submarinas, entre diversas outras análises possíveis.

No trabalho de dissertação em andamento, é proposta uma metodologia para análise de risco geotécnico, com a utilização das equações de avaliação do excesso de poro-pressão gerada na dissociação do hidrato de gás, que está sendo utilizada para a verificação do fator de segurança de taludes submarinos pelo método de equilíbrio limite.

Um estudo de caso com a aplicação prática da metodologia proposta está sendo conduzido com dados geológicos-geotécnicos do cone submarino da foz do rio Amazonas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Ricardo Garske e ao CENPES/Petrobras, pelo apoio às pesquisas de riscos a dutovias por dissociação do hidrato de gás que estão sendo conduzidas no IME.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Makogon, Y. F. (2010). Natural Gas Hydrates – A Promising Source of Energy. *J. Natural Gas Science and Engineering, February*.
- Michael B. Clennell (2000). Hidrato de gás submarino: natureza, ocorrência e perspectivas para exploração na margem continental brasileira. *Brazilian Journal of Geophysics, Vol. 18(3)*.