



Copyright 2004, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO PROCESSO DE CARGA PARA O ARMAZENAMENTO DE GÁS NATURAL POR ADSORÇÃO

Souza, S. O.¹, Lima Filho, N. M.², Abreu, C. A. M.³

^{1,2,3} Departamento de Engenharia Química, Laboratório de Processos Catalíticos-LPC
Universidade Federal de Pernambuco, Rua Arthur de Sá, S/N, Cidade Universitária, Recife-
PE, ¹ossidney@yahoo.com.br, ²nelel@uol.com.br, ³cesar@ufpe.br

Resumo – Na última década a tecnologia de Gás Natural Adsorvido (GNA) vem surgindo como uma alternativa promissora para a estocagem de gás natural, oferecendo vários benefícios com relação ao GNC (Gás Natural Comprimido) e o GNL (Gás Natural Liquefeito). A adsorção de gás natural em materiais porosos a pressões relativamente moderadas traz várias vantagens, como maior flexibilidade para o projeto, conformação e arranjo do tanque de armazenamento, aumento da segurança e redução dos custos com relação ao GNC e GNL. No presente trabalho está sendo avaliada a performance de uma unidade semi-piloto para estudo do armazenamento de gás natural usando carvão ativado (MeadWestvaco) como meio adsorvente. Foram realizados dois tipos de experimentos, sendo o primeiro referente ao carregamento de metano a diferentes vazões – faixa de 1,225 L/min até 9,8 L/min nas CNTP, para a mesma pressão de carga e o segundo tipo referente ao carregamento para diferentes pressões de carga – faixa de 10 bar até 65 bar, para a mesma vazão de alimentação.

Palavras-Chave: adsorção, carvão ativado, gás natural, armazenamento.

Abstract – In the last decade, a promising alternative for the natural gas storage is the Adsorbed Natural Gas (ANG), offering many benefits compared to Compressed Natural Gas (CNG) and Liquefied Natural Gas (LNG). The adsorption of natural gas in porous media at moderate pressures bring some advantages, like project flexibility and storage tank arrangement, safety increasing and reduce of costs relative to CNG and LNG. In the present working, the performance of a semi-pilot unit is studied for the storage of natural gas in MeadWestvaco activated carbon. It was achieved two types of experiment. The first one were carried with the methane loading in the storage tank at different rate values – range of 1,225 L/min to 9,8 L/min at normal conditions, holding a constant charge pressure. The second one is referred to the loading of the storage tank at different pressure charges – range of 10 bar to 65 bar, holding the rate charge.

Keywords: adsorption, activated carbon, natural gas, storage

1. Introdução

O aumento significativo da utilização do gás natural como combustível alternativo para uso veicular em frotas de ônibus, veículos de carga, táxis e carros particulares, bem como para transporte e armazenamento a granel para localidades desprovidas de gasodutos, exige seu armazenamento a elevadas pressões para assegurar uma boa densidade energética.

Várias maneiras são utilizadas para se armazenar gás natural, com destaque para a liquefação, a compressão e a adsorção (Matranga et al., 1992). Para veículos de passeio, o uso do gás natural comprimido (GNC) sob pressões de 20 MPa é a tecnologia atualmente empregada. As pesquisas para substituição do GNC pelo sistema de gás natural adsorvido (GNA) vêm avançando cada vez mais, aproximando-se dos níveis de estocagem do GNC (Wegrzyn & Gurevich, 1996) com a vantagem de utilização de pressões menores (3 a 4 MPa), o que reduz custos de confecção do tanque combustível e aumentam sua segurança.

Entre os vários adsorventes disponíveis, são os carvões ativados que apresentam as maiores capacidades adsorptivas para o gás natural devido a seus valores elevados de área superficial, boa densidade de empacotamento, ampla variedade de matérias-primas disponíveis e possibilidade de obtenção de carvões ativados com elevado volume de microporos.

Tendo em vista o estabelecimento de condições operacionais de armazenamento de metano (constituente majoritário no gás natural) em reservatório contendo carvão ativado, busca-se avaliar a influência dessas condições operacionais sobre o tempo de carregamento do cilindro reservatório, considerando os feitos térmicos que atuam elevando a temperatura do sistema durante o processo de carregamento (Basumatary et al., 2005).

2. Metodologia Experimental

Para a avaliação do processo não-isotérmico de carga do cilindro de armazenamento com metano operou-se uma unidade semi-piloto instalada no Laboratório de Processos Catalíticos do Departamento de Engenharia Química da UFPE (Figura 1), composta de cilindro de armazenamento com capacidade de 500 cm³, transdutores de pressão e medidores-indicadores de temperatura conectados a um microcomputador, banho termoestático, controlador-medidor mássico de vazão (máxima de 24500 cm³/min) de metano nas CNTP e cilindro de gás metano (99,5% de pureza).

Procede-se numa primeira série de experimentos estabelecendo-se uma determinada pressão máxima de carregamento, garantindo-se a alimentação de metano no cilindro de armazenamento a uma vazão de carga constante até uma pressão estipulada. Na sequência essa vazão é interrompida e deixa-se que o sistema entre em equilíbrio após um total de 240 minutos de experimento. Repete-se o processo de carga para a mesma pressão de carga a uma diferente vazão de alimentação. Numa segunda série de experimentos, realizada de forma similar à primeira série, fixa-se uma determinada vazão de carga com variação das pressões de carregamento.

Para os dois tipos de experimento coleta-se o valor da pressão manométrica e temperatura do cilindro de armazenamento ao longo do tempo até o total de 240 minutos.

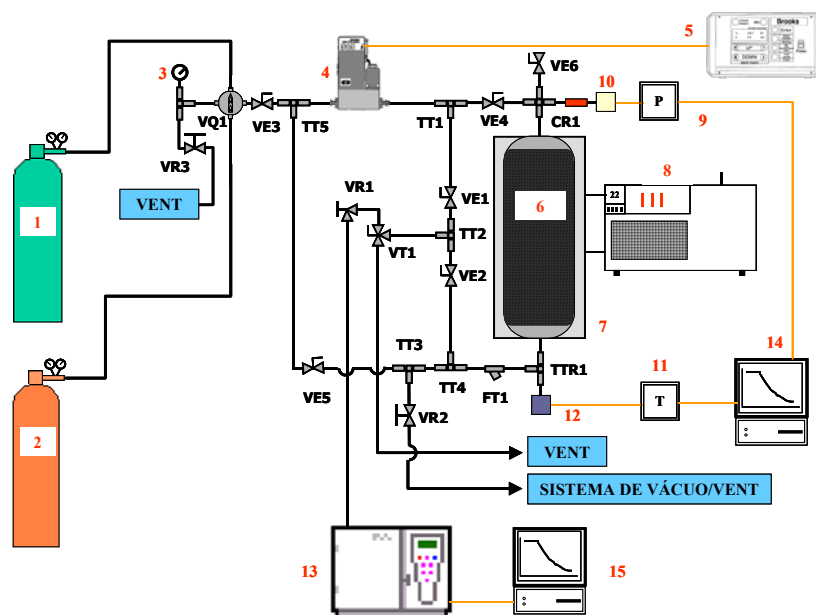


Figura 1. Unidade semi-piloto de armazenamento adsorptivo do metano . Avaliação operacional do processo de carga e descarga de metano em carvão ativado MeadWestvaco.

3. Resultados e Discussões

Os perfis de pressão e temperatura representados nas Figuras 2 e 3, respectivamente, para uma pressão máxima de carregamento de 35 bar a diversas vazões, sob condições não-isotérmicas, demonstram a adsorção do metano no carvão ativado MeadWestvaco. À medida que se aumenta a vazão de carregamento, mais rápido se alcança no tanque de armazenamento a pressão máxima de carga estabelecida e maiores são também os efeitos térmicos. Entretanto, a quantidade de metano adsorvida no carvão ativado praticamente não sofre efeito desta velocidade de carga. Influências ocorrem sobre as quantidades armazenadas que incluem as parcelas adsorvidas e acumuladas nos microporos.

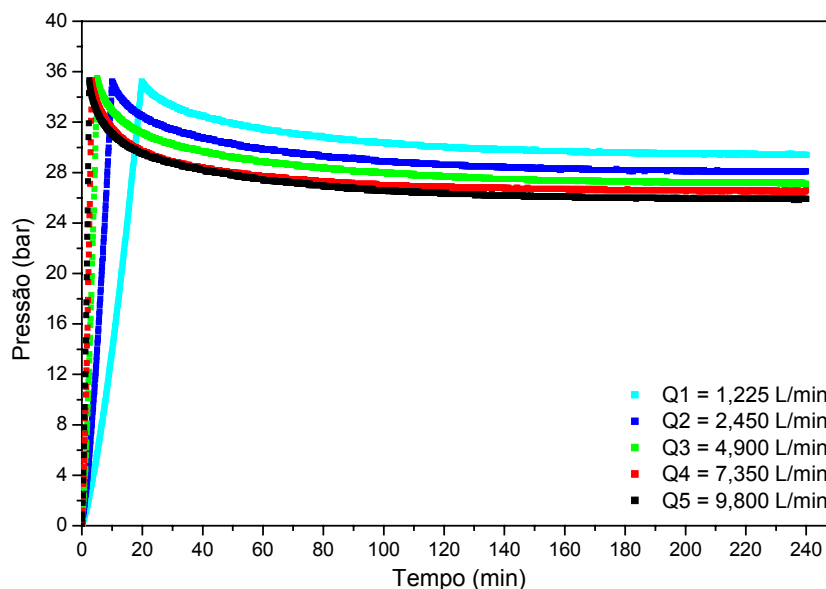


Figura 2. Evolução da pressão com o tempo para a adsorção do metano sob pressão de carga de 35 bar em sistema não-isotérmico e faixa de vazão variando entre 1,225 L/min até 9,8 L/min. Adsorvente carvão ativado MeadWestvaco.

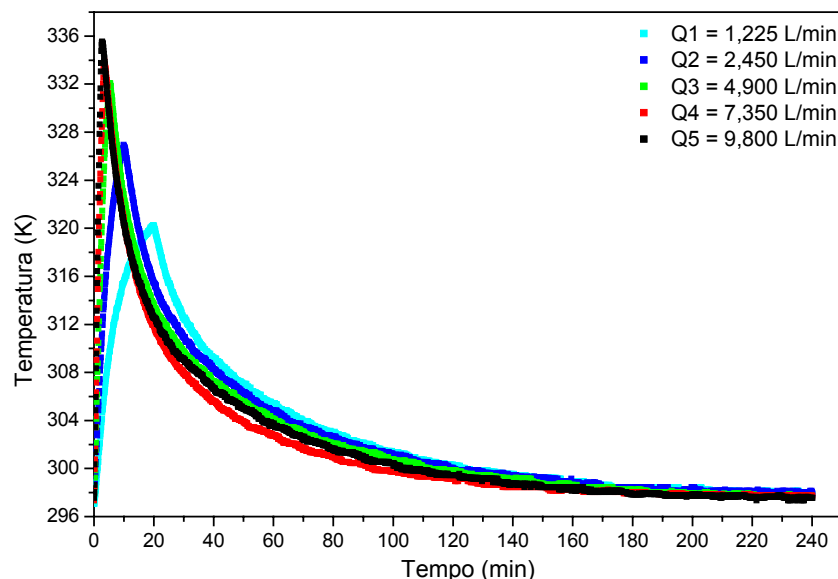


Figura 3. Evolução da temperatura com o tempo para adsorção do metano sob pressão de carga de 35 bar em sistema não-isotérmico e faixa de vazão variando entre 1,225 L/min até 9,8 L/min. Adsorvente carvão ativado MeadWestvaco.

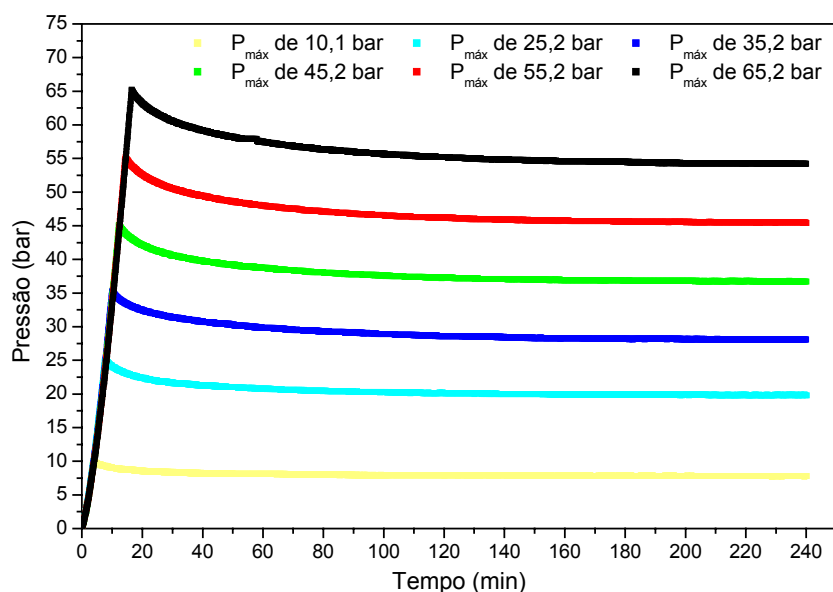


Figura 4. Evolução da pressão com o tempo para a adsorção do metano em uma vazão de alimentação de 2,45 L/min de metano, em sistema não-isotérmico e faixa de pressão de carga variando entre 10 bar até 65 bar. Adsorvente carvão ativado MeadWestvaco.

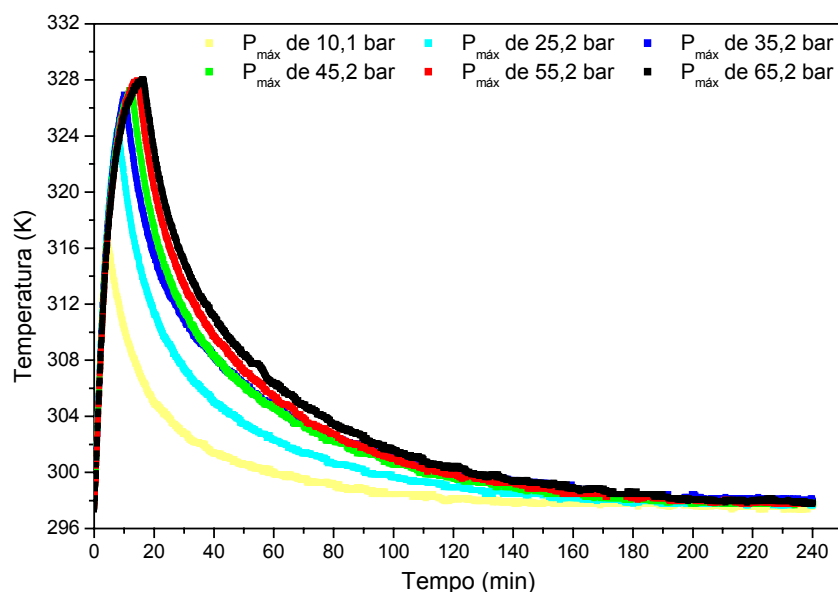


Figura 5. Evolução da temperatura com o tempo para a adsorção do metano em uma vazão de alimentação de 2,45L/min de metano, em sistema não-isotérmico e faixa de pressão de carga variando entre 10 bar até 65 bar. Adsorvente carvão ativado MeadWestvaco.

Nos perfis de pressão e temperatura representados nas Figuras 4 e 5 respectivamente, para uma vazão de alimentação de 2,45 L/min para diversas pressões de carga, sob condições não-isotérmicas, pode-se notar o efeito da pressão de carregamento do sistema, de forma que quanto maior é esta pressão maior será a elevação de temperatura e maior será a quantidade de metano adsorvida no carvão ativado.

4. Conclusões

Os perfis de pressão e temperatura obtidos do processo de carregamento de metano no cilindro de armazenamento evidenciam seus aspectos operacionais. A vazão de alimentação e a pressão máxima de carga influenciam as condições finais de equilíbrio, o tempo de carga e a elevação máxima de temperatura no cilindro.

Nas condições de carga sob pressão de 35 bar em sistema não-isotérmico e faixa de vazão variando entre 1,225 L/min até 9,8 L/min no adsorvente carvão ativado da MeadWestvaco, observa-se que a quantidade de metano adsorvida praticamente não sofre efeito da velocidade de carga. Devem ocorrer influências sobre as quantidades acumuladas nos microporos. Em condições não-isotérmicas, maiores pressões de carregamento acarretam maiores elevações de temperatura, correspondendo a maiores quantidades de metano adsorvida no carvão ativado.

5. Agradecimentos

Agradecimentos são destacados:

Ao Programa de Recursos Humanos para o setor Petróleo e Gás PRH-28 da Agência Nacional do Petróleo pelo fomento da bolsa de estudo de Mestrado;

Ao PPEQ/UFPE pela oportunidade de formação pós-graduada;

Ao Laboratório de Processos Catalíticos do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco pela disponibilização de toda sua infra-estrutura e equipamentos.

6. Referências

- BASUMATARY, R., DUTTA, P., PRASAD, M., SRINIVASAN, K. thermal modeling of activated carbon based adsorptive natural gas storage system, *Carbon*, v. 43, p. 541-549, 2005.
- MATRANGA, K. R., MYERS, A. L., GLANDT, E. D. Storage of natural gas by adsorption on activated carbon, *Chemical Engineering Science*, v. 47, n. 7, p. 1569-79, 1992.
- WEGRZYN, J., GUREVICH, M. Adsorbent storage of natural gas, *Applied Energy*, v. 2, p. 71-83, 1996.