

CICLOS DE CARGA E DESCARGA EM UM VASO DE ARMAZENAMENTO DE GÁS NATURAL ADSORVIDO

M. R. Amora JR¹. (Universidade Federal do Ceará), D. C. S. Azevedo². (Universidade Federal do Ceará), A. E. B. Torres (Universidade Federal do Ceará), C. L. Cavalcante JR. (Universidade Federal do Ceará), Flávio B. Campos (Cenpes - Petrobras) e Benjamim N. Carrasco (G&E - MC / TDM)

¹marcelo@gpsa.ufc.br

²diana@gpsa.ufc.br

Uma das dificuldades atuais para uso mais disseminado do Gás Natural (GN) no Brasil é transportá-lo para regiões distantes do ponto de disponibilidade em gasodutos, devido às dimensões continentais do nosso país. Apesar disso, no Brasil, o uso do GN está em franca expansão, percebendo-se um grande aumento de estações de serviços no País, de motores a gasolina que são convertidos, e o lançamento, pela indústria automotiva, de motores com opção de escolha do combustível, em que um deles é o GN. Um dos fatores que dificulta a distribuição mais disseminada do GN é sua densidade energética em condições normais de temperatura e pressão. Uma alternativa para a transferência de Gás Natural para regiões remotas é transportá-lo adsorvido em materiais porosos, o GNA, geralmente utilizando carvão ativado (CA). A tecnologia GNA pode prover a densidade energética do GN próxima da tecnologia de gás natural comprimido ($P = 20$ MPa, T ambiente) em pressões moderadas, de cerca de 3,5 MPa, e temperatura ambiente. A capacidade de armazenamento de um adsorvente é correntemente expressa em termos de volume de GN disponibilizado por unidade de volume do vaso de armazenamento que contém o adsorvente, medido em condições padrões ($P = 0,1$ MPa, $T = 273$ K). Vários fatores afetam a capacidade de armazenamento de um adsorvente. O mais importante é a natureza do sólido microporoso. A estrutura microporosa do carvão ativado define a capacidade de adsorção por unidade de massa de adsorvente. O segundo é a densidade de empacotamento do adsorvente que define a capacidade de armazenamento por unidade de volume. O terceiro aspecto diz respeito ao desenho do vaso de armazenamento. O desenho do vaso deve facilitar a troca de calor entre o vaso e o ambiente. Finalmente, o último aspecto está relacionado com a influência da composição do GN durante os ciclos de carga e descarga. Infelizmente, na literatura, existem poucos estudos experimentais quantificando e analisando a evolução do desempenho de um vaso de armazenamento de GNA durante a operação continuada de carga e descarga. O propósito do presente trabalho é investigar esse último aspecto. A evolução da capacidade de adsorção, em decorrência da carga e descarga continuada em um vaso de 30 dm³, preenchido com CA da MeadWestvaco (Estados Unidos) foi medida experimentalmente. A performance total do armazenamento foi avaliada em função do número de ciclos. Para cada ciclo, a composição da fase gasosa no vaso de armazenamento foi determinada por cromatografia gasosa. A influência dos diferentes constituintes que compõem o GN sobre a performance do sistema foi também investigada. Foram medidas também as seletividades relativas dos vários constituintes do GN em relação ao metano e observado o efeito da pressão sobre esta seletividade.

Adsorção, carvão ativado, gás natural, armazenamento.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de fontes de energia alternativas em função de problemas econômicos e ambientais possibilitou o aumento do uso do gás natural (GN) no cenário mundial, que é um recurso natural não-renovável, está disponível em grandes quantidades, é subutilizado em seu potencial energético e tem uma combustão mais limpa em relação aos demais combustíveis fósseis. Métodos alternativos de armazenamento de GN com a finalidade de transportá-lo de forma econômica e segura para regiões não servidas por meio de gasodutos, utilizando-se leitos recheados de CA, têm demonstrado grande potencial para o armazenamento do GN na forma adsorvida (GNA), visto que combinam pressões mais moderadas que aquelas requeridas para a forma comprimida (GNC) a temperatura ambiente, ao contrário da forma liquefeita (GNL). Vários estudos têm sido realizados considerando o GN como metano puro, o que facilita metodologias e cálculos, mas não representa bem os verdadeiros efeitos envolvidos no seu processo de armazenamento (Bastos-Neto, 2005). Sendo o GN uma mistura de hidrocarbonetos, faz-se necessário observar a influência dos demais componentes dessa mistura na eficiência de um sistema GNA. Neste trabalho, pretende-se desenvolver métodos e procedimentos que permitam avaliar a quantidade armazenada e disponibilizada de GN num vaso de armazenamento de 30 dm³ em processos estáticos (isotérmicos) e dinâmicos de carga e descarga em uso continuado. Pretende-se ainda avaliar a desativação do CA após vários ciclos de carregamento com o auxílio de um aparato adequado. Uma vez que os

componentes mais pesados do GN têm uma maior tendência de serem adsorvidos, em relação ao metano, a capacidade de adsorção do adsorvente em uso prolongado é prejudicada, devido à grande quantidade adsorvida desses componentes mesmo em baixas pressões. Isto está de acordo com os resultados obtidos, pois a eficiência do sistema de armazenamento com o decorrer dos ciclos de carga e descarga tem diminuído como resultado da contínua saturação do CA com esses componentes. Observou-se que há variação da composição do GN disponibilizado durante os ciclos em relação ao armazenado, o que pode comprometer o poder calorífico do GN transportado e descarregado.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Fundamentos da adsorção e materiais adsorventes

A adsorção é um fenômeno que consiste na concentração de um ou mais componentes de um fluido em uma região interfacial sólido-fluido (Ruthven, 1984), sendo a quantidade adsorvida diretamente proporcional à área superficial do sólido (Rouquerol *et al.*, 1999). É desejável que o adsorvente tenha elevada capacidade de adsorção (que determinará a quantidade, e conseqüentemente o custo do gás transportado). As características texturais do material adsorvente influenciam fortemente na capacidade de adsorção por unidade de massa e são fundamentais no desenvolvimento da tecnologia de armazenamento de GN. Este é um fator extremamente importante, pois pode definir ou não a viabilidade do negócio de GNA. Quanto maior for a capacidade de adsorção do material adsorvente, maior será a quantidade de produto com valor agregado (GN) transportado.

O CA tem sido indicado (Cook *et al.*, 1999) como o material mais adequado para armazenar GN por adsorção, visto que possui afinidade química com substâncias de caráter orgânico, é hidrofóbico, geralmente tem elevado volume de microporos e alta área superficial (Do, 1998).

2.2 Tecnologia de armazenamento de gás natural por adsorção.

Um importante aspecto relacionado ao armazenamento de GNA é o desenho adequado do vaso no sentido de contornar os efeitos térmicos envolvidos durante os processos de carga e descarga. O projeto do vaso deve facilitar a troca de calor entre o vaso e o ambiente. Um procedimento simples e eficiente para reduzir os efeitos térmicos é permitir que o fluxo do gás no leito seja essencialmente radial (Chang and Talu, 1996). Isso pode ser conseguido fazendo-se com que a alimentação ou descarga do vaso seja realizada através de um pequeno cilindro perfurado, concêntrico ao vaso de armazenamento.

Finalmente, o aspecto que é motivo de estudo neste artigo, está relacionado com a influência da composição do GN durante os ciclos de carga e descarga. Infelizmente, na literatura, existem poucos estudos experimentais (Pupier *et al.*, 2005) quantificando e analisando a evolução do desempenho de um sistema de GNA durante a operação continuada de carga e descarga. Porém, estima-se que ocorra diminuição da capacidade de armazenamento com o decorrer dos ciclos de carga e descarga de GN em um cilindro de armazenamento GNA.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Equipamentos

Para realização dos ensaios de carga e descarga de GN, utilizou-se um cilindro protótipo de aço carbono de 3,08 mm de espessura e 30 dm³ de capacidade nominal, preenchido com CA comercial (MeadWestvaco WV1050), que foi devidamente caracterizada quanto às suas características texturais (área superficial, volume de poros, distribuição de tamanho de poros, etc.) por meio de ensaios de adsorção de gás nitrogênio a 77 K (Autosorb-1 MP da Quantachrome, USA). A alimentação e a descarga do vaso foram feitas através de um cilindro concêntrico de 2,54 cm de diâmetro interno com 40 furos de diâmetro de 3 mm distribuídos por toda a sua extensão, permitindo-se que o escoamento no leito fosse radial, o que reduz os efeitos térmicos associados ao processo de adsorção / dessorção (Chang and Talu, 1996). As Figuras 1 e 2, respectivamente, ilustram o detalhe interno do protótipo e mostram o equipamento AUTOSORB. O protótipo foi equipado com instrumentos para medida de pressão e da distribuição radial de temperatura no interior do sistema. Para isso fez-se uso de dois transdutores de pressão (ASHCROFT - Transmissor K1) distantes de 63,5 cm e situados em duas posições axiais extremas, e de três sensores de temperatura do tipo Pt100 distribuídos através do vaso, distantes um do outro de 12,7 cm. Um ponto para realização de amostragem da fase gasosa foi instalado, constando de um filtro conectado em série a um engate rápido. Todos estes dispositivos foram conectados aos 6 flanges de 6 mm NPTF existentes no vaso protótipo. A quantidade de gás carregada foi medida por uma balança industrial de plataforma de 50 x 50 cm (Toledo modelo 2090) ideal para pesagens de até 50 kg com precisão de 10.000

divisões. Um indicador digital (Toledo modelo 9091) foi conectado à plataforma de pesagem. Todos os instrumentos para medida de temperatura, pressão e massa citados estão comunicados com um sistema de aquisição de dados em tempo real. Por questão de segurança, uma válvula de segurança foi instalada na cabeça do cilindro calibrada em torno de 5,0 MPa. Na Figura 3, mostra-se um desenho esquemático de todo o sistema. Para análise da fase gasosa utilizou-se um cromatógrafo (Varian modelo CP4900), mostrado na Figura 4.

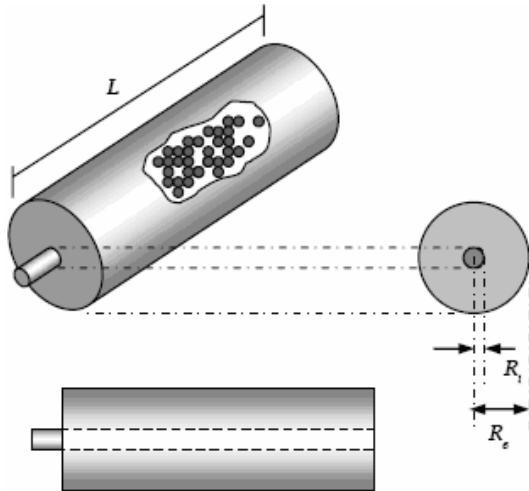


Figura 1. Detalhe interno do protótipo.

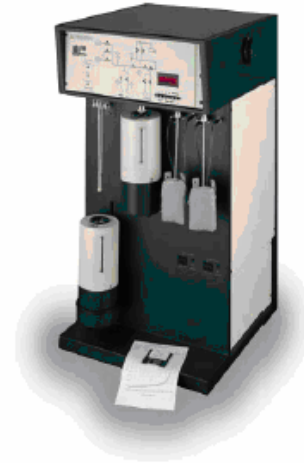


Figura 2. Medidor de área superficial e volume de poros, AUTOSORB-1 MP (Quantchrome, USA).

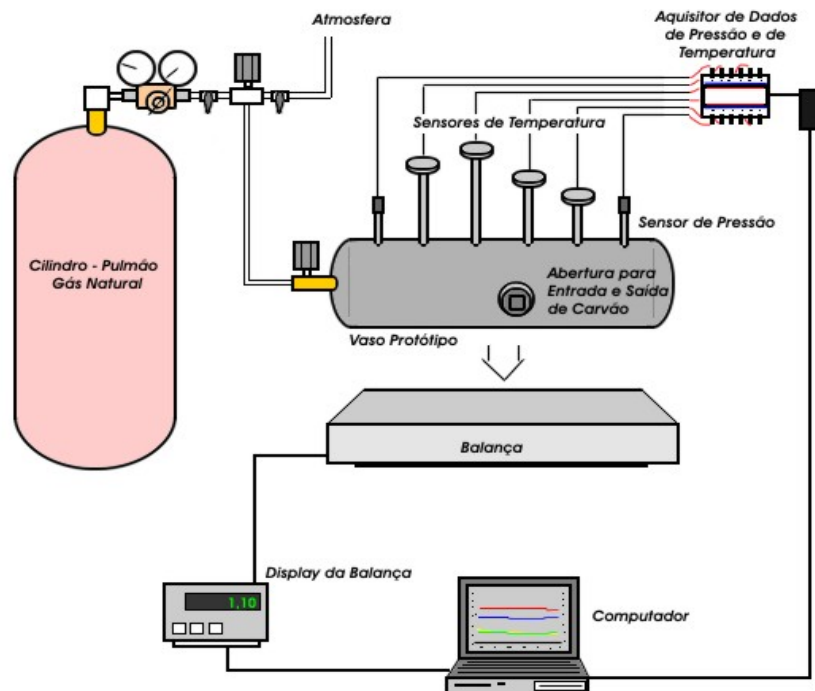


Figura 3. Ilustração esquemática do aparato experimental.

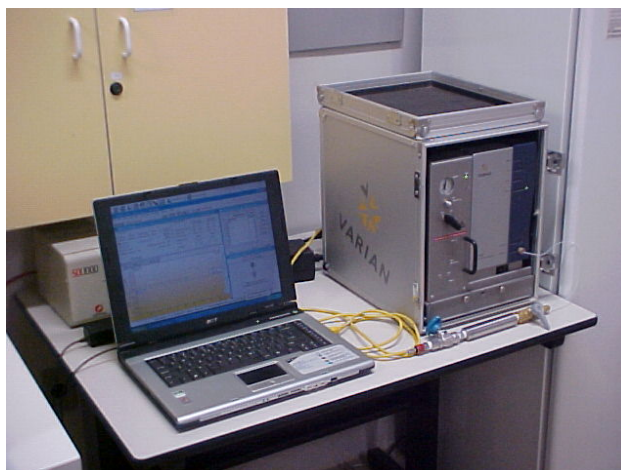


Figura 4. Cromatógrafo a gás (Varian CP4900) e amostrador.

3.2 Regeneração e Ensaio com Nitrogênio e Hélio.

Foi realizada a determinação do volume real do cilindro protótipo (V_s) por um método gravimétrico utilizando-se N_2 . O vaso foi alimentado com cargas sucessivas de N_2 , deixando-se a cada degrau de pressão, uniformizar a temperatura em 25 °C; os degraus de pressão se sucederam até uma pressão cerca de 3,5 MPa; neste procedimento foi registrada, para cada pressão, a massa carregada. O cálculo do coeficiente angular da Figura 6 indica o volume interno do cilindro. Fez-se uso da equação de estado de Bender para substâncias puras, Equação 1, no formato de uma equação virial truncada no sexto termo (Herbst and Harting, 2002) para o cálculo da massa específica do N_2 .

$$p = RT \cdot \rho_m^2 + b \cdot \rho_m^3 + D \cdot \rho_m^4 + E \cdot \rho_m^5 + F \cdot \rho_m^6 + (G + H \cdot \rho_m^2) \cdot \rho_m^3 \cdot \exp(-a_{20} \cdot \rho_m^2) \quad (1)$$

ρ_m é a densidade molar do fluido; T é a temperatura; R é a constante universal dos gases; B, C, D, E, F, G e H são os coeficientes da equação de estado dependentes da temperatura e a_{20} é um parâmetro não-linear.

Antes do início dos ensaios dos ciclos de carga e descarga com GN, o leito do vaso de armazenamento foi regenerado. O CA contido no vaso foi regenerado à temperatura de 120 °C e vácuo, usando-se uma bomba de alto vácuo (EDWARDS), até que não seja mais observado decaimento de massa do sistema durante um período de 1 h. A massa de CA regenerada foi calculada pela diferença entre a massa do vaso com carvão não regenerado e a massa do vaso vazio e o decréscimo de massa durante a regeneração, segundo a Equação 2. Terminada a regeneração, esperou-se que a temperatura do cilindro atingisse a temperatura ambiente de 25 °C.

$$m_{ca} = m_r - m_s - \Delta m \quad (2)$$

onde m_{ca} : massa de carvão ativado regenerado; m_r : massa do cilindro preenchido com carvão ativado não-regenerado; m_s : massa do cilindro vazio e Δm : perda de massa durante a regeneração.

Após a temperatura ser uniformizada no interior do vaso, fez-se uma corrida com He com pureza de 99,995%, para determinar o volume de vazios (V_v) do leito. Esse dado foi importante para estudar a seletividade de adsorção dos constituintes do GN durante a realização da carga 1 com o GN, avaliar a quantidade adsorvida no sistema e caracterizar uma importante propriedade do leito adsorvente: a densidade de empacotamento (ρ_b). Como o He não é apreciavelmente adsorvido a pressões inferiores a 10 MPa, a variação de massa registrada pela balança deve ser linear em relação à pressão de gás no vaso (Bastos-Neto, 2005). O cilindro foi, então, carregado com cargas sucessivas de He até uma pressão de aproximadamente 4,0 MPa fixando-se a temperatura em 25 °C. Neste procedimento foi registrada, para cada pressão, a massa carregada. Para determinação da massa específica do He utilizou-se a equação virial, Equação 3, recomendada devido à sua relativa simplicidade (Smith *et al.*, 2000).

$$Z = 1 + B^0 \cdot \frac{P_r}{T_r} + \omega \cdot B^1 \cdot \frac{P_r}{T_r} \quad (3)$$

Não havendo massa adsorvida, o cálculo do coeficiente angular da Figura 7 representa o valor do volume de vazios do leito adsorvente. Com os dados obtidos, constrói-se, então, uma curva para determinação desse volume de vazios, de acordo a Equação 4:

$$\Delta m = \rho_{He} \cdot V_v \quad (4)$$

Concluída essa etapa, descarrega-se o He e regenera-se novamente o CA do vaso para dar seqüência aos ciclos com GN.

3.3 Ciclos de Carga e Descarga

Na carga 1 com GN, o procedimento foi similar ao utilizado para determinar (V_s) e (V_v). Porém, para cada degrau de pressão até 3,5 MPa, foi colhida uma alíquota da fase gasosa para análise cromatográfica, para se determinar a massa adsorvida e calcular a seletividade de adsorção dos constituintes do GN. Em seguida despressurizou-se o vaso até a pressão de 0,1 MPa, esperando-se que a temperatura atingisse 25 °C; ao final, colheu-se uma alíquota da fase gasosa para análise cromatográfica. Concluído o ciclo 1, iniciaram-se os demais ciclos, pressurizando-se o cilindro com GN até a pressão 3,5 MPa e analisando-se a fase gasosa por cromatografia após a temperatura ter alcançado 25 °C. Este procedimento foi repetido em ciclos sucessivos. A Figura 5 ilustra um esquema do resumo da metodologia.

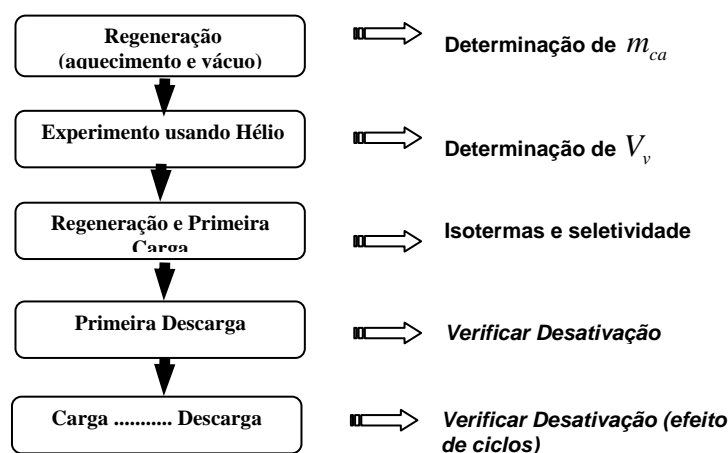


Figura 5. Descrição simplificada da metodologia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Materiais

Na Tabela 1, estão resumidos os dados texturais do carvão utilizado nos experimentos de carga e descarga. Pode-se observar que se trata de um material de elevada área superficial, bastante microporoso e com diâmetro de poros adequado a adsorção de metano.

Tabela 1: Propriedades da amostra de carvão ativado WV1050.

AMOSTRA	Área Superficial Específica (m ² /g)	Volume de Microporos (cm ³ /g)	Volume Total de Poros (cm ³ /g)	Diâmetro Médio de Poros (Å)
WV1050	1615	0,76	1,038	25,5

4.2 Regeneração

Na tabela 2, estão resumidos os dados para o cálculo da massa de carvão regenerado presente no vaso protótipo, que foi de 9,320 kg.

Tabela 2: Massa de CA Regenerado.

m_T	m_S	Δm	m_{ca}
36,655 kg	29,785 kg	0,550 kg	9,320 kg

4.3 Determinação do Volume do Cilindro (V_s)

Para se determinar o volume do cilindro (V_s), construiu-se a curva representada na Figura 6. O volume do sistema é equivalente ao valor do coeficiente angular, sendo igual a 27,691 dm³.

4.4 Determinação do Volume de Vazios (V_v)

Para se determinar o volume de vazios (V_v) do leito, construiu-se a curva representada na Figura 7. O coeficiente angular corresponde ao valor do volume de vazios que foi de 21,262 dm³.

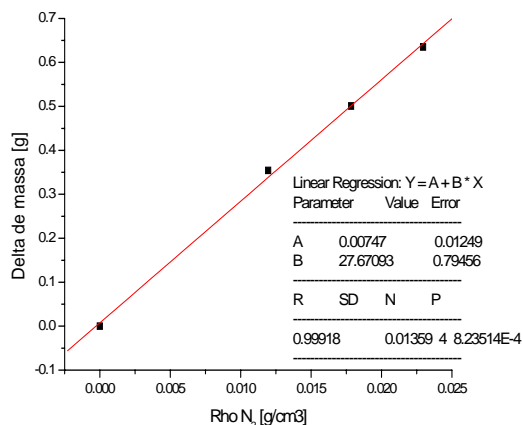


Figura 6. Gráfico para determina o volume cilindro.

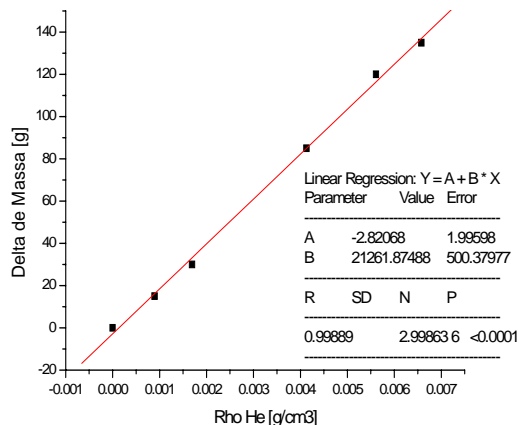


Figura 7. Gráfico para determinar o volume vazios.

4.5 Determinação das Propriedades do leito (ρ_b)

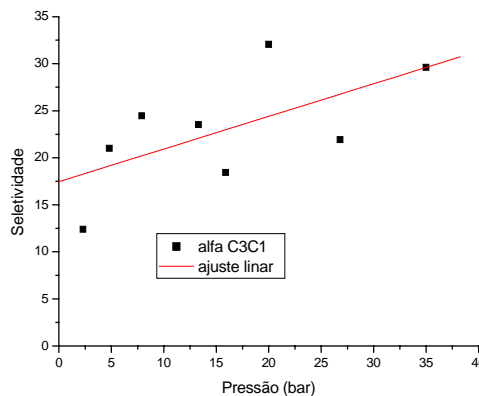
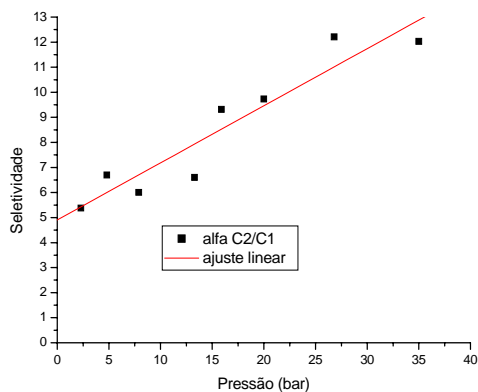
A densidade de empacotamento (ρ_b) é o quociente entre a massa de carvão regenerado carregada no cilindro protótipo e o volume interno do mesmo.

$$\rho_b = \frac{m_{ca}}{V_{cilindro}} \quad (5)$$

Sendo, então, o seu valor de 0,337 g/cm³.

4.6 Análise da Seletividade de Adsorção dos Constituintes do Gás Natural

A determinação das seletividades dos diversos constituintes do GN em relação ao metano permitiu verificar a adsorção preferencial, de modo geral, dos constituintes mais pesados.



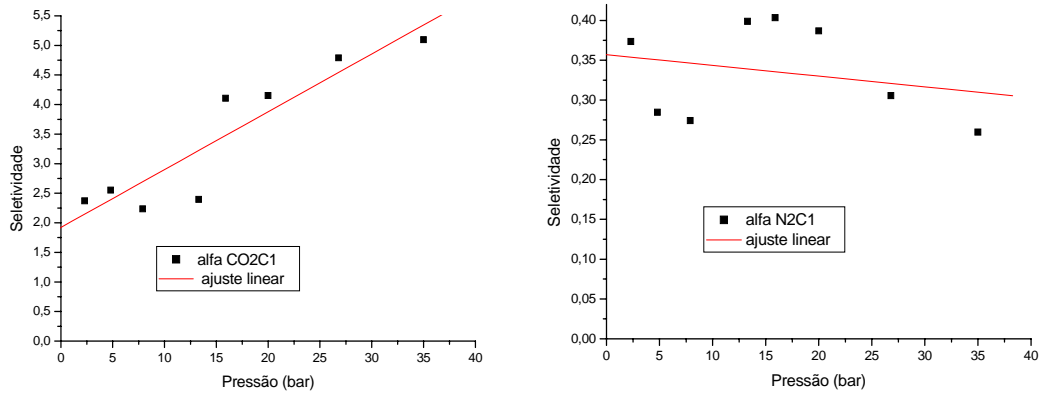


Figura 8. Gráficos de seletividade de C₂H₆, C₃H₈, CO₂ e N₂ em relação ao CH₄, respectivamente, em função da pressão.

Os gráficos da Figura 8 sugerem que à medida que a pressão é aumentada ocorre uma substituição do metano pelos componentes mais pesados, já que a seletividade cresceu com o aumento da pressão. Dessa forma, a competição relativa da adsorção dos componentes da mistura pôde ser analisada. O gráfico da Figura 9 permite avaliar a influência da adsorção multicomponente no sistema de armazenamento em relação a uma situação de adsorção de gás metano puro. Observou-se a diminuição da quantidade de gás metano adsorvido na mistura.

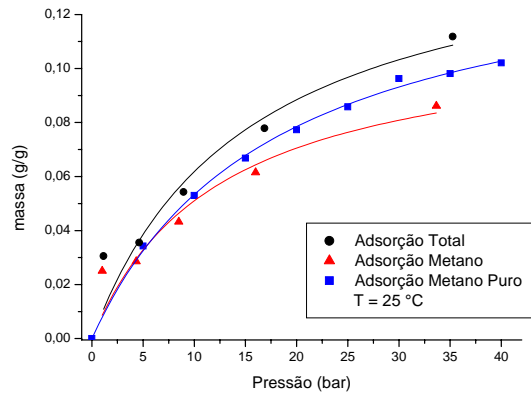


Figura 9. Comparativo de isotermas de metano puro, metano no GN e massa total adsorvida.

4.7 Ciclos de Carga e Descarga

De acordo com a Figura 10, a capacidade de armazenamento do um sistema GNA diminuiu com os ciclos de carga e descarga. O mesmo comportamento foi observado para a quantidade disponibilizada de GN.

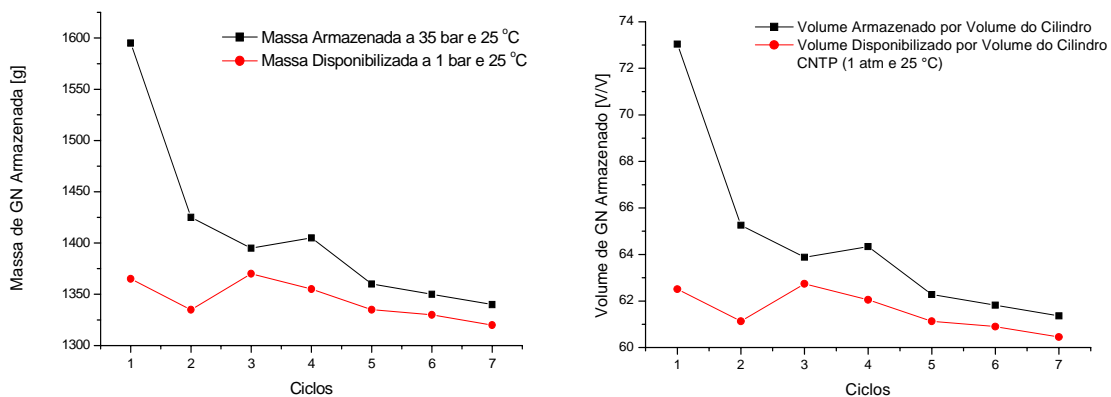


Figura 10 Gráficos da perda de capacidade de armazenamento e diminuição da quantidade disponibilizada em massa e em volume de GN com os ciclos.

A Figura 11 mostra a diminuição da eficiência do sistema GNA de acordo com a Equação 6.

$$\eta = \frac{Q_n}{Q_1} \tag{6}$$

Q_n é a massa armazenada ou disponibilizada em um ciclo qualquer. Q_1 é a massa armazenada ou disponibilizada no primeiro ciclo.

Dois cálculos de eficiência foram realizados: em (i) tomou-se como referência a massa armazenada, e em (ii) a massa disponibilizada. Para o caso (i), observou-se uma diminuição abrupta do primeiro ciclo para o segundo. Por ter sido realizado o primeiro carregamento a partir do vácuo, a massa retida no sistema até a pressão de 0,1 MPa é contabilizada no primeiro ciclo, mas nos demais, em que o sistema no início da carga já estava pressurizado de 0,1 MPa, essa massa não é mais contabilizada. A Figura 10 indica os valores de volume armazenado calculados a partir da conversão dos dados experimentais de massa armazenada para volume de gás nas CNTP de acordo com a equação 7.

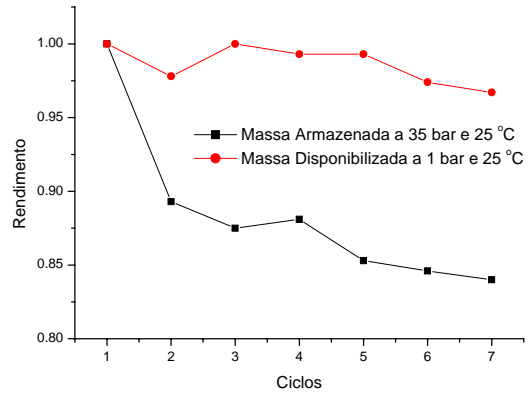
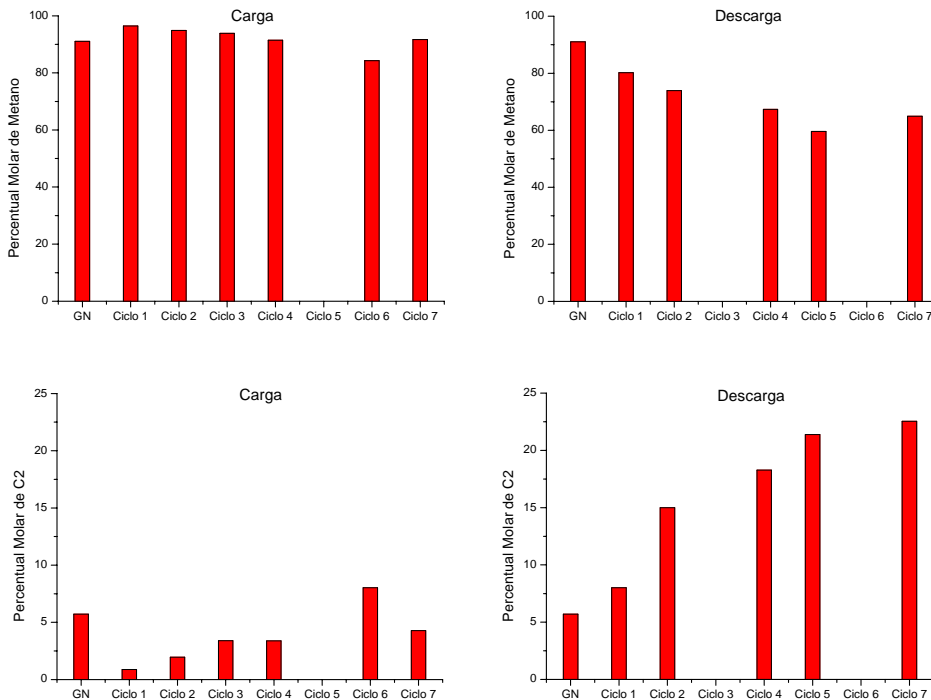


Figura 11. Gráfico da eficiência da quantidade armazenada e disponibilizada com os ciclos.

$$V_{arm}(p, T) = \frac{R \cdot T_0}{M \cdot p_0} \cdot m_{arm}(p, T) \cdot \rho_b \tag{7}$$

Para avaliar como a composição dos constituintes do gás natural influencia na perda de eficiência demonstrada na Figura 11, após cada ciclo foi realizada a análise da fase gasosa em equilíbrio. Os dados obtidos são apresentados na Figura 12.



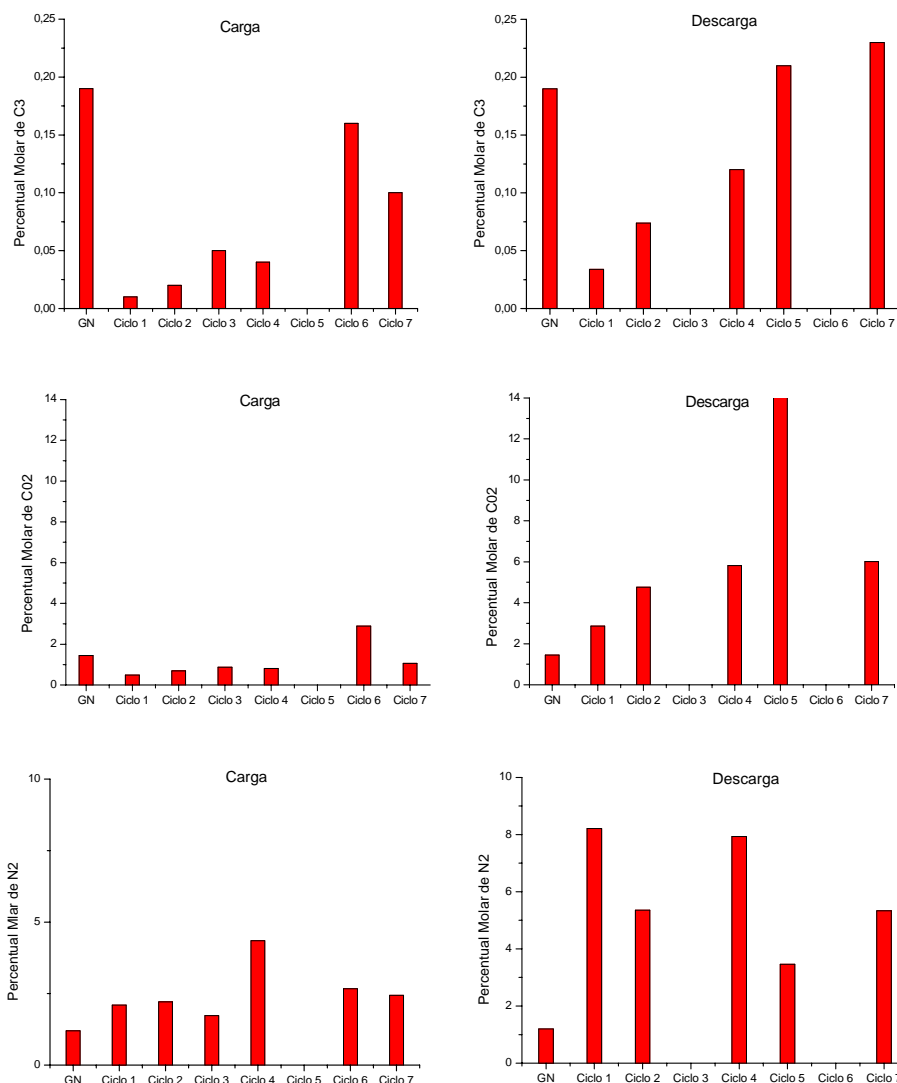


Figura 12: Gráfico de barras com a variação da composição com os ciclos.

O resultado da carga do ciclo 5 e os resultados referentes à descarga dos ciclos 3 e 6 não foram apresentados devidos a problemas operacionais, porém, tal fato não impossibilitou a interpretação dos resultados discutida a seguir. Percebeu-se que a fração molar do gás metano a partir do primeiro ciclo em relação a sua composição no gás natural alimentado aumentou. Já a fração molar dos demais componentes da mistura apresentou uma diminuição, como consequência da preferência de adsorção desses componentes, exceto para o gás nitrogênio, pois segundo Pupier et al. (2005), o gás nitrogênio não é adsorvido nos níveis de pressão e temperatura dos experimentos. O gráfico de seletividade de N₂/Metano na Figura 8 sugere que o N₂ não apresenta tendência em ser adsorvido em adsorção competitiva com demais componentes do GN, uma vez que os valores de seletividade são da ordem de 0,35. Espera-se que após um determinado número de ciclos, quando o estado estacionário for atingido, esses percentuais irão se igualar ao da composição do gás natural alimentado.

5. CONCLUSÃO

De um modo geral, o procedimento tem permitido comprovar experimentalmente a perda de capacidade de adsorção de um vaso de armazenamento de GN em função dos ciclos de carga e descarga. Foi possível determinar a seletividade dos diversos constituintes do GN em relação ao seu principal constituinte, o metano. Com o conhecimento das relações de equilíbrio multicomponente, seria possível avaliar como varia o poder calorífico do gás disponibilizado em cada ciclo. Como previsto, a seletividade do etano, propano e CO₂ em relação ao metano, está acima de cinco, aumentando com a pressão. Foi possível notar o fenômeno a adsorção preferencial pelos mais pesados e CO₂, concorrendo, portanto para desativação parcial do CA.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro do FINEP, Petrobras, FUNCAP, CNPq e PRH-31/ANP.

7. REFERÊNCIAS

- BASTOS-NETO, M., **Estudos de Ciclos de Carga e Descarga de Reservatórios para Armazenamento de Gás Natural Adsorvido**, Dissertação de Mestrado, Fortaleza-CE, (2005).
- BASTOS-NETO M., TORRES A E. B., AZEVEDO D. C. S. AND CAVALCANTE JR C. L., A Theoretical and Experimental Study of Charge and Discharge Cycles in a Storage Vessel for Adsorbed Natural Gas (accepted for publication). **Adsorption-Journal of the International Adsorption Society** 11, n. 2 (2005) pp. 147-157.
- CHANG, K.J. AND O. TALU, Behavior and Performance of Adsorptive Natural Gas Storage Cylinders During Discharge. **Applied Thermal Engineering**, 16(5), pp. 359–374 (1996).
- DO D. D., **Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics, Series on Chemical Engineering**, Vol. 2 (Imperial College Press, London 1998).
- HERBST A., AND HARTING P., Thermodynamic Description of Excess Isotherms in High-Pressure Adsorption of Methane, Argon and Nitrogen (Accepted). **Kluwer Academic Publishers**. Manufactured in The Netherlands. **Adsorption** 8: pp. 111–123, (2002).
- O. PUIER, V. GOETZ, AND R. FISCAL, Effect of cycling operations on an adsorbed natural gas storage. **Chemical Engineering and Processing**, 44, pp. 71-79, (2005).
- ROUQUEROL, F., ROUQUEROL, J. AND SING, K., **Adsorption by Powders & Porous Solids, Academic Press**, p.1, San Diego, CA, (1999).
- RUTHVEN, D. M. , **Principles of Adsorption and Adsorption Properties**, **Wiley**, New York (1984).
- SMITH, J.M., VAN NESS, H.C., ABBOTT, M.M., **Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química**, 5ª Ed., LTC, Rio de Janeiro (2000).

Charge and Discharge Cycles in a Storage Vessel for Adsorbed Natural Gas

Natural gas (NG) is a non-renewable natural resource still available in great amounts and not totally used to its full energy potential. It is an attractive fuel for its cleaner combustion, which may potentially reduce CO_x, NO_x and SO_x emissions, for that reason its use has been intensely encouraged around the world. Due to the natural gas expanded use, it is necessary the development of an alternative technology with a purpose of transporting it in an economically viable and safe way to distant areas from the delivery point in gas pipelines, by means of vessels filled with activated carbon, at moderate pressures (about 3.5 to 4.0 MPa), and room temperature. The pressure reached in the reservoir may be considerably lower which means lower costs with vessel construction and compression, besides greater safety. The mainly effects that influence in an ANG storage system are: the microporous solid features. The packing adsorbent scale. The appropriate design of the ANG vessel and the influence of the composition of NG in the deactivation of the adsorbent during successive cycles of charge and discharge (Pupier et al., 2005). The aim of this research work is to survey about the last effect mentioned. This study intends to accomplish experimental loading and delivery tests of GN with a prototype storage vessel filled with microporous activated carbon, MeadWestvaco (United States), to investigate the evolution of the decrease of the adsorption capacity due to the load cycles and discharge. A larger adsorption capacity was observed for the heavier components, in relation to methane, which decrease the adsorbent efficiency in a long-term use due to large adsorbed amounts even in low pressures. It was also measured the relative selectivities of the several constituents of the natural gas in relation to the methane and observed the effect of the pressure on this selectivity.

Adsorption, natural gas, activated carbon, storage

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste artigo.