



## MEDIDAS DE TRANSIÇÃO DE FASES USANDO O MÉTODO SINTÉTICO/ESTÁTICO PARA O SISTEMA DIÓXIDO DE CARBONO E LÍQUIDO IÔNICO

Thaís Raiana de Campos Lima (1), Murilo Leite Alcântara (2), Silvana Mattedi (2), Lúcio Cardozo-Filho (1), e-mail: lucio.cardozo@gmail.com.

(1) Universidade Estadual de Maringá /Departamento de Engenharia Química /Maringá, PR. (2) Universidade Federal da Bahia / Departamento de Engenharia Química /Salvador, BA.

**Área e subárea de avaliação: Engenharia II /Engenharia Química (Operações de Separação de Mistura).**

**Palavras-chave:** equilíbrio líquido-vapor, líquido iônico prótico, alta pressão.

### Resumo:

Líquidos iônicos (LI) têm sido cada vez mais estudados devido as suas propriedades de solvatação, baixa volatilidade, baixa toxicidade e sua capacidade de serem projetados, além de baixo custo e estabilidade térmica. Entretanto, devido à grande quantidade disponível, muitos LI ainda não foram propriamente caracterizados. Sendo assim, nesse estudo, objetivou-se a validação de um equipamento para a realização do método sintético/estático de observação de transição de fase em misturas binárias de LI e CO<sub>2</sub>, para que se possa realizar um estudo termodinâmico desses líquidos, permitindo sua futura aplicação em processos industriais.

### Introdução

O interesse pelo estudo de líquidos iônicos (LI) tem crescido expressivamente nos últimos anos, isso se deve ao fato desses compostos apresentarem significativo valor econômico devido a suas possíveis aplicações como substitutos de solventes orgânicos comuns, tendo ótima seletividade, além de diversos outros usos possíveis (DA SILVA, 2016 e WASSERSCHIED; WELTON, 2002). A ampla aplicação de LI se deve à capacidade desses de obterem características distintas, através da mudança da natureza dos íons que os compõem. Sendo considerados sais com baixo





ponto de fusão, LI podem ser sintetizados pela combinação de um cátion e um ânion, que podem apresentar uma infinidade de características e assim, atribuir uma variedade de propriedades físicas e químicas para os mesmos (WASSERSCHIED; WELTON, 2002).

Apesar de serem vistos com grande otimismo para diversas aplicações industriais, ainda não há significativa quantidade de informações disponíveis sobre a caracterização de muitos dos LI existentes, como os LI práticos por exemplo (CARVALHO; COUTINHO, 2011). Visando uma melhor compreensão das características do LI práticos, esse estudo tem como objetivo a determinação do equilíbrio líquido-vapor através da observação da transição de fase de uma solução binária de  $\text{CO}_2$ /líquido iônico, para a futura modelagem termodinâmica das propriedades dos LI estudados. Com esse propósito, nesse trabalho, foi apresentada a validação do equipamento e metodologia, para aplicação do método sintético/estático, com a utilização de gás metano ( $\text{CH}_4$ ) e Propionato de N-metil-2-hidroxietil amônio (m2HEAPr).

## Materiais e Métodos

O líquido iônico utilizado para esse estudo de validação foi sintetizado na Universidade Federal da Bahia, de acordo com métodos já descritos na literatura (CARVALHO; COUTINHO, 2011 e OLIVEIRA, 2016). O método para determinação da transição visual foi o sintético/estático, previamente descrito em outros estudos (CARVALHO; COUTINHO, 2011 e MAZZER, 2012). Nesse estudo, foram utilizadas pressões de aproximadamente 14MPa, com frações de  $\text{CH}_4$  variando de 0,01 até 0,07, sob mudança de temperatura de  $10^\circ\text{C}$  em  $10^\circ\text{C}$ , para o intervalo de  $40^\circ\text{C}$  a  $80^\circ\text{C}$ , em cada fração. Para a leitura dos pontos, simplificada, foram adicionados o m-2HEAPr e  $\text{CH}_4$  em uma célula de aço especial e a mistura foi pressurizada, sob agitação intensa, até a total solubilização do gás no líquido. Em seguida, a pressão foi reduzida a uma taxa de 2,5bar/min até se observar o ponto de transição de fase, sendo todos os dados tomados em triplicata.

## Resultados e Discussão

**Tabela 1**– Dados da transição de fase m2HEAPr e  $\text{CH}_4$  segundo Carvalho e Coutinho (2011)





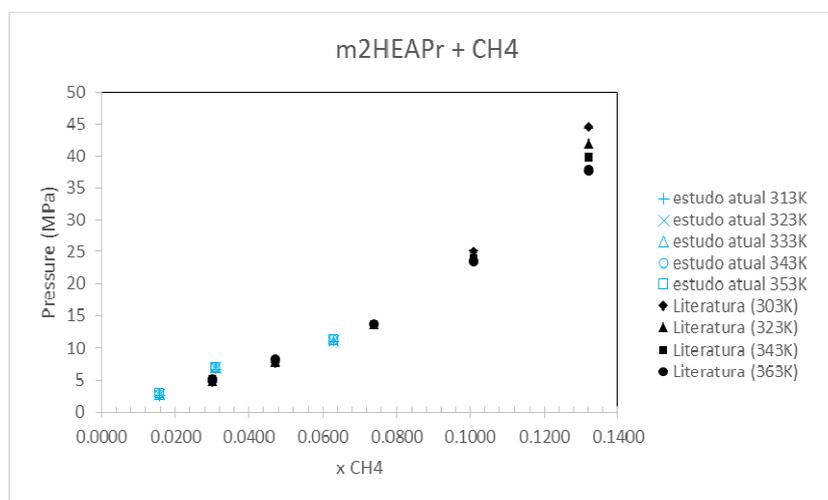
| Dados Literatura    |                      |                      |                      |                      |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Temperatura         | 303K                 | 323K                 | 343K                 | 363K                 |
| <i>Fração Molar</i> | <i>Pressão (MPa)</i> | <i>Pressão (MPa)</i> | <i>Pressão (MPa)</i> | <i>Pressão (MPa)</i> |
| 0.030               | 4.65                 | 4.78                 | 4.94                 | 5.04                 |
| 0.047               | 7.79                 | 7.92                 | 8.08                 | 8.18                 |
| 0.074               | 13.72                | 13.73                | 13.75                | 13.78                |
| 0.101               | 25.17                | 24.49                | 24.00                | 23.47                |
| 0.132               | 44.59                | 42.00                | 39.82                | 37.82                |

**Tabela 2-** Dados experimentais da transição de fase m2HEAPr e CH<sub>4</sub>

| Dados Experimentais |                      |                      |                      |                      |                      |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Temperatura         | 313K                 | 323K                 | 333K                 | 343K                 | 353K                 |
| <i>Fração Molar</i> | <i>Pressão (MPa)</i> |
| 0.0158              | 2.500                | 2.620                | 2.662                | 2.746                | 2.779                |
| 0.0311              | 6.760                | 6.796                | 6.812                | 6.830                | 6.839                |
| 0.4570              | 9.201                | 9.172                | 9.107                | 9.054                | 9.002                |
| 0.0629              | 11.014               | 11.088               | 11.124               | 11.181               | 11.198               |

Apesar das diferenças entre as temperaturas e composições analisadas, ambos os dados apresentaram comportamento similares, indicando que os dados experimentais são consistentes com os relatados na literatura (CARVALHO; COUTINHO, 2011), como se observa no gráfico abaixo.

**Gráfico 1-** Dados da literatura versus dados experimentais





## Conclusões

A partir da realização dos testes de validação, pode-se concluir que o equipamento e a metodologia tiveram resultados coerentes com os da literatura e, portanto, o estudo pode ser continuado para soluções de outros líquidos iônicos com o CO<sub>2</sub>, o que é o objetivo principal desse estudo.

## Agradecimentos

Agradeço ao financiamento da Capes para o desenvolvimento desse projeto.

## Referências

CARVALHO P. J.; COUTINHO J.A.P. **The polarity effect upon the methane solubility in ionic liquids: a contribution for the design of ionic liquids for enhanced CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> and H<sub>2</sub>S/CH<sub>4</sub> selectivities.** Energy Environ. v.4, p. 4614-4619, ago. 2011.

DA SILVA, T. B. **Líquidos iônicos – alguns aspectos sobre as propriedades, preparação e aplicações.** Monografia de conclusão de curso, Instituto de Química e Neociências Universidade Federal de Pelotas, 2004. Disponível em: < <http://wp.ufpel.edu.br/wwverde/files/2014/12/Líquidos-lônicos.pdf>> Acesso em: 28 jul. 2016.

MAZZER H. R. et al. **Phase Behavior at High Pressure of the Ternary System: CO<sub>2</sub>, Ionic Liquid and Disperse Dye.** Journal of Thermodynamics. v. 56, p.1-6, 2012.

OLIVEIRA L. M.C.et al. **High pressure vapor-liquid equilibria for binary methane and protic ionic liquid based on propionate anions.** Fluid Phase Equilibra. apr. 2016. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378381216301637>> Acesso em: 28 jul. 2016.

WASSERSCHIED P; WELTON T (Eds). **Ionic Liquids in Synthesis.** Wiley-VCH Verlag Gmb & Co. KGaA. p. 68-73. 2002.

