

## DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA SOLUBILIDADE DO FERTILIZANTE URÉIA EM SOLVENTES PUROS

F. M. A. S. COSTA<sup>1</sup>, A. P. SILVA<sup>1</sup>, M. R. FRANCO JÚNIOR<sup>1</sup> e R. A. MALAGONI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Química  
E-mail para contato: malagoni@feq.ufu.br

**RESUMO** – Existem várias referências onde a solubilidade da ureia e seu comportamento em solução influenciam o sistema. Assim, o levantamento de dados de solubilidade contribui para a promoção de diversos estudos científicos. Neste trabalho foi determinada experimentalmente a solubilidade da ureia em água, etanol, isopropanol e metanol, em temperaturas de 278,2 a 333,2 K à pressão atmosférica constante. Para obtenção dos dados experimentais, utilizou-se o método gravimétrico. O experimento foi realizado em temperatura constante com 2 horas de agitação seguido de 2 horas de decantação. Realizou-se uma coleta de dados e posteriormente fizeram-se os cálculos da solubilidade da ureia, os quais são baseados no método gravimétrico. Garantiu-se que o método gravimétrico é satisfatório para a determinação de solubilidade da ureia, já que os desvios experimentais foram baixos.

### 1. INTRODUÇÃO

A solubilidade é definida como sendo a concentração de soluto em uma solução saturada. Esta é formada quando uma dada quantidade de solvente permite a solubilização de uma quantidade máxima de soluto a uma dada temperatura (Derenzo, 2003). As forças intermoleculares entre o soluto e o solvente são fatores que influenciam na solubilidade (Maia, 2007). A solubilidade, ou condição de saturação, é experimentalmente determinada pelo aquecimento da suspensão e observando-se em qual temperatura todo o sólido se dissolve (NÝVLT *et al.*, 2001).

O fertilizante ureia é um produto sólido que se apresenta na forma de grânulos brancos, contém 46% de nitrogênio, sendo higroscópico e solúvel em água, álcool e benzina e com uso na agricultura. A ureia é um sólido não inflamável, mas corrosivo (PETROBRAS, 2014).

A utilização da ureia possibilita a complementação da quantidade necessária de nitrogênio no solo, para que se obtenha melhor produtividade nas culturas. A ureia também reduz os custos de adubação, transporte, armazenagem e aplicação, é menos acidificante que outros fertilizantes nitrogenados e possui grande eficiência em aplicações foliares (PETROBRAS, 2014).

O estudo da solubilidade da ureia é relevante para a aplicação desta no solo, para o projeto de equipamentos industriais, estudos de cristalização e nucleação, além de ser usado para aperfeiçoar os processos de separação já existentes.

O comportamento da ureia em solução é um tópico de extrema importância em estudos biológicos e ambientais, devido ao seu envolvimento como um produto residual em nossa vida diária. As interações de solutos pouco solúveis em soluções aquosas de ureia são de interesse contemporâneo, tanto a nível teórico como prático (KUMARAN et al., 2006).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Unidade Experimental

O aparato utilizado para realização dos experimentos foi constituído por dois vasos encamisados de vidro pyrex, com 50 mL de volume interno, conectados em série, nomeados de células de equilíbrio. Mangueiras de látex interligavam as células e as conectavam a um banho termostaticado. O banho tinha como função manter constante a temperatura dentro da célula. A camisa externa das células, por onde circulava água advinda do banho, foi responsável por fornecer a termostatização da mistura. As células eram apoiadas em dois agitadores magnéticos e com o auxílio de uma barra magnética promovia a agitação da solução. As células eram vedadas com rolhas de tecnyl, as quais serviram como suporte para os termopares. Foram utilizados dois indicadores digitais acoplados aos termopares para aferir a temperatura dentro da célula. Esses termopares foram fixados nas rolhas de tecnyl e introduzidos pela parte superior da célula de forma que os termopares ficassem no seio da mistura. A Figura 1 mostra a unidade experimental.

Figura 1 – Unidade Experimental.



### 2.1. Procedimento Experimental

As células foram colocadas sobre os agitadores magnéticos e conectadas em série com o banho termostático através de mangueiras de látex. O banho termostaticado foi ligado na temperatura desejada a fim de se estabilizá-la. As células foram vedadas com rolhas de tecnyl com termopares acoplados de forma que ficassem no seio da célula.

Foi introduzido nas células o solvente previamente preparado. Em seguida, as barras magnéticas foram adicionadas e a agitação foi ligada. Quando os termopares marcaram uma temperatura próxima a desejada, a ureia foi introduzida em excesso até que se obtivesse corpo de fundo na célula.

Com a temperatura estabilizada, começava a contagem do tempo de agitação. A agitação ocorria durante duas horas, seguida por duas horas de decantação. Terminado o tempo de decantação, realizava-se a amostragem com o auxílio de uma seringa de vidro de 10 mL. Esta seringa foi mantida em um béquer que estava dentro do banho termostatizado, a fim de que não houvesse precipitação de ureia dentro da seringa. Foram retiradas de cada célula 4 amostras com cerca de 5 mL cada. As amostras foram retiradas da parte de cima da célula para que não fossem amostrados traços de ureia que estavam no fundo das células.

Os béqueres, previamente limpos e secos, foram identificados e pesados vazios para que fossem utilizados nas amostragens. Após a retirada do líquido sobrenadante de cada célula, os béqueres com as amostras foram quantificados em uma balança analítica com precisão de 0,0001g e colocados por 24 horas em uma estufa a 338,2 K. Decorrido este tempo, eram retirados da estufa e mantidos por 30 minutos dentro de um dessecador com sílica gel. Em seguida foram quantificados. Tal procedimento foi repetido até que a massa da ureia se mantivesse constante, cerca de 4 dias.

Para cada temperatura foi feita a média aritmética dos valores de solubilidade encontrados nas amostras, para isto utilizou-se a Equação 1. Todo este procedimento foi realizado para cada faixa de temperatura. Com isto, determinou-se a solubilidade do composto em diferentes temperaturas.

$$S = \frac{m_{ureia\ seca}}{m_{solvente}} \times 100 \quad (1)$$

Sendo,  $m_{ureia\ seca}$  a massa da ureia seca expressa em gramas e  $m_{solvente}$ , a massa do solvente também expressa em gramas.

O procedimento experimental adotado neste trabalho foi baseado nos procedimentos já reportados nos trabalhos de Silva *et al.* (2014), Maionchi *et al.* (2014) e Lee e Lahti (1972).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

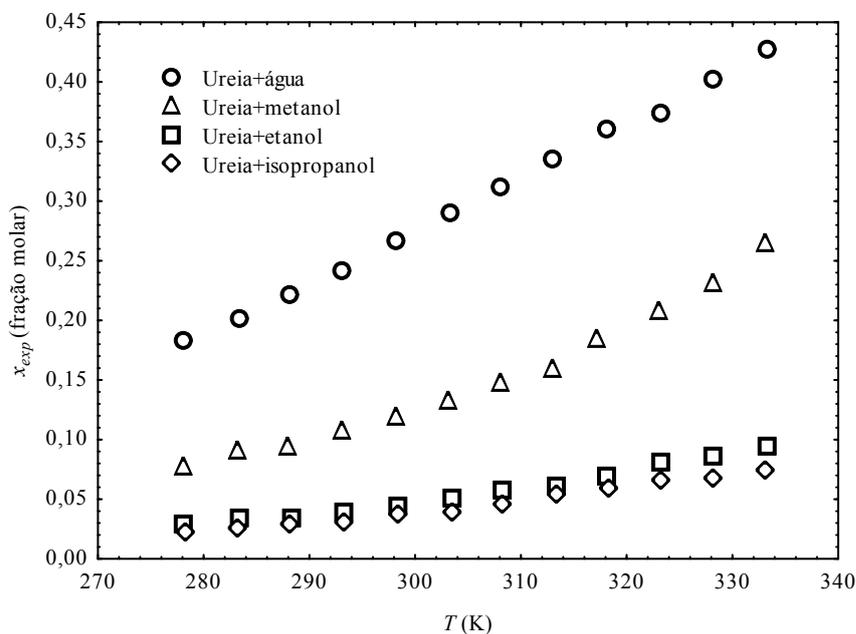
Os dados de solubilidade obtidos com o auxílio do método gravimétrico para os sistemas ureia + água, ureia + etanol, ureia + isopropanol e ureia + metanol, juntamente com os desvios padrões para cada temperatura são apresentados pela Tabela 1. Os valores de solubilidade e dos desvios estão expressos em fração molar da ureia na solução. A temperatura está expressa em Kelvin. As curvas de solubilidade da ureia nos quatro solventes em função da temperatura estão representadas na Figura 2.

Tabela 1 – Dados experimentais da solubilidade da ureia em água, etanol, isopropanol e metanol.

$T(K) \pm \sigma$	Ureia + Água	Ureia + Etanol	Ureia + Isopropanol	Ureia + Metanol
	$y_{\text{exp}} \pm \delta$	$y_{\text{exp}} \pm \delta$	$y_{\text{exp}} \pm \delta$	$y_{\text{exp}} \pm \delta$
278,2 ± 0,3	0,1819 ± 0,0005	0,0278 ± 0,0005	0,0217 ± 0,0001	0,0771 ± 0,0005
283,4 ± 0,3	0,2013 ± 0,0002	0,0335 ± 0,0001	0,0259 ± 0,0004	0,0900 ± 0,0004
288,2 ± 0,1	0,2212 ± 0,0006	0,0344 ± 0,0002	0,0288 ± 0,0002	0,0940 ± 0,0001
293,2 ± 0,1	0,2411 ± 0,0003	0,0387 ± 0,0003	0,0308 ± 0,0006	0,1071 ± 0,0005
298,3 ± 0,2	0,2664 ± 0,0004	0,0439 ± 0,0008	0,0373 ± 0,0002	0,1184 ± 0,0001
303,3 ± 0,1	0,2891 ± 0,0007	0,0505 ± 0,0002	0,0393 ± 0,0001	0,1330 ± 0,0004
308,2 ± 0,1	0,3117 ± 0,0008	0,0564 ± 0,0002	0,0451 ± 0,0001	0,1468 ± 0,0003
313,1 ± 0,1	0,3342 ± 0,0071	0,0611 ± 0,0003	0,0530 ± 0,0003	0,1587 ± 0,0019
318,1 ± 0,1	0,3591 ± 0,0014	0,0683 ± 0,0002	0,0593 ± 0,0001	0,1839 ± 0,0014
323,3 ± 0,0	0,3724 ± 0,0038	0,0799 ± 0,0013	0,0658 ± 0,0008	0,2076 ± 0,0011
328,2 ± 0,1	0,4018 ± 0,0033	0,0860 ± 0,0014	0,0671 ± 0,0010	0,2304 ± 0,0015
333,3 ± 0,1	0,4262 ± 0,0173	0,0946 ± 0,0024	0,0735 ± 0,0019	0,2650 ± 0,0021

Analisando a Tabelas 1 e a Figuras 2, observa-se que em todos os sistemas a solubilidade da ureia aumenta em função do aumento da temperatura, como já era esperado, pois o sistema é endotérmico, nesta faixa de temperatura. Percebe-se também que, a solubilidade da ureia é maior em água, seguida do metanol, etanol e é menor em isopropanol. Analisando as propriedades de cada solvente, tem-se que o isopropanol é o menos polar dos solventes utilizados e a água é o mais polar. Então é possível concluir que a solubilidade da ureia é maior em solventes polares, ou seja, a ureia se dissolve melhor em solventes fortemente polares

Figura 2 – Solubilidade da ureia em água, metanol, etanol e isopropanol



#### 4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que todas as curvas de solubilidade foram replicadas com baixos valores de desvios percentuais, o que sugere uma boa reprodutibilidade dos dados experimentais e que o aparato experimental foi eficiente para determinar a solubilidade de ureia em diversos solventes.

A água apresentou os maiores valores de solubilidade para a ureia. Isso se deve ao fato da solubilidade da ureia ser diretamente proporcional à constante dielétrica dos solventes. A água é o solvente com maior constante dielétrica e também o mais polar dentre os solventes utilizados.

#### 5. REFERÊNCIAS

- DERENZO, S. *Cristalização de ácido adípico em diferentes solventes*. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP. 180 p.
- KUMARAN, P.; RAMAMURTHY, P. *PET suppression of acridinedione dyes by urea derivatives in water and methanol*. Journal of Physical Chemistry B, v.110, n. 47, p.23783–23789, 2006.
- LEE, F. M.; LAHTI, L. E. *Solubility of urea in water-alcohol mixtures*. Journal of Chemical and Engineering Data, v. 7, n. 3, p. 304-306, 1972.

- MAIA, G. D. *Contribuição ao estudo termodinâmico das soluções de ácido acetilsalicílico*. 2007. 159 p. Tese de Doutorado. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.
- MAIONCHI, I. A., MOTTA, A. G. A. F., SILVA, A. P.; MALAGONI, R. A. *Ajuste dos dados experimentais de solubilidade da ureia em misturas de isopropanol + água*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 20º, 2014, Florianópolis. Anais do XX COBEQ, Florianópolis: UFSC, 2014.
- NÝVLT, J.; HOSTOMSKÝ, J.; GIULIETTI, M. *Cristalização*. Brasil. Editor da UFSCar, p.160, 2001.
- SILVA, A. P.; ANDRADE, R. A. F.; MALAGONI, R. A. *Ensaio de solubilidade da ureia em etanol + água e metanol + água*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 20º, 2014, Florianópolis. Anais do XX COBEQ, Florianópolis: UFSC, 2014.