

ATUAÇÃO DO LÍQUIDO IÔNICO EM ETANOL NO PROCESSAMENTO DE EMULSÕES DE PETRÓLEOS PESADOS VIA MICRO-ONDAS

Milson Barbosa¹

Elisângela Silva²

Mayara Brito³

João Henrique Bernardo Amaral Filho⁴

Elton Franceschi⁵

Cláudio Dariva⁶

Regina Guimarães⁷

Bianca Ferreira⁸

Ricardo Guarnieri⁹

Engenharia de Processos



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

RESUMO

O uso de líquidos iônicos e irradiação micro-ondas como desemulsificante de emulsões de petróleo tipo água/óleo representa um novo campo de estudo. O principal objetivo deste trabalho é investigar o efeito do par líquido iônico/etanol no processo de desemulsificação de emulsões de petróleo pesado via micro-ondas. Os resultados indicam a seleção de um solvente adequado pode facilitar a mistura do líquido iônico no petróleo bruto, produzindo melhores resultados de desemulsificação em menores concentrações.

PALAVRAS-CHAVE

Petróleo. Emulsões. Micro-ondas. Líquidos Iônicos.

ABSTRACT

The utilization of ionic liquids and microwaves radiation as demulsifier of water/oil emulsions represents a new exciting field of study. The main objective of this paper is to analyze the effects of a mixing – ionic liquid/ethanol – in the process of demulsification of heavy oil emulsions. The results show that the selection of a properly solvent can make the mixing of ionic liquid in an pure oil easier, producing better results in the demulsification in smaller concentrations.

KEYWORDS

Oil. Emulsions. Microwaves Radiation. Ionic Liquids.

1 INTRODUÇÃO

Durante a produção de petróleo, existe uma co-produção de água, sedimentos e gás. Devido ao cisalhamento imposto pelo fluxo desses fluidos (água, óleo e gás) a partir do reservatório para as unidades de produção e a presença de agentes tensoativos na composição do petróleo, as emulsões tipo água/óleo (A/O) são formadas (FERREIRA ET AL. 2013; BORGES ET AL. 2009). As emulsões altamente estáveis se tornam problema para o ramo petrolífero. Apresentando viscosidade elevada, elas afetam o sistema de bombeio e transferência, comprometem algumas operações nas refinarias, representam volume ocioso na transferência e tancagem do petróleo e geram problemas de incrustação e corrosão nos oleodutos de exportação.

A radiação micro-ondas tem sido empregada no desenvolvimento de tecnologias nas mais diversas áreas, tornando-se largamente utilizada na produção de materiais não metálicos (JIN ET AL., 2011), indústria de alimentos (BOTHÁ ET AL., 2012; HEREDIA ET AL. 2012), síntese orgânica, tratamento de biomassa (BUDARIN ET AL. 2011; CHEN ET AL. 2011) dentre outras. O processamento de emulsões de petróleo via radiação micro-ondas tem sido apresentado na literatura como uma alternativa eficaz às técnicas comumente utilizadas.

Para aumentar a eficiência do aquecimento via micro-ondas, uma opção empregada é a alteração da composição do sistema por meio do uso de compostos específicos que possuam propriedades dielétricas vantajosas, favorecendo a absorção da radiação pela amostra. Além disso, estes compostos podem ser selecionados de forma a intervir não unicamente no aquecimento do sistema, como também nos mecanismos envolvidos no processo. Neste sentido, líquidos iônicos (LI's) têm sido bastante utilizados como aditivos em processos, envolvendo aquecimento via micro-ondas. Os LI's são uma classe específica de sais fundidos, compostos de cátions orgânicos combinados com ânions de natureza orgânica ou inorgânica.

Alguns líquidos iônicos reduzem a tensão interfacial (TIF) de sistemas água/óleo e, conseqüentemente podem contribuir para a desestabilização do sistema. Ademais, a capacidade destes compostos para absorver as micro-ondas e posicionar na interface das gotículas pode aumentar a eficiência de desemulsificação. Estes resultados sugerem que a combinação de líquido iônico e micro-ondas é uma técnica promissora para separação de emulsões estáveis de petróleo pesado (SILVA ET AL., 2013; LEMOS ET AL., 2010).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 EMULSÕES DE PETRÓLEO

A indústria de petróleo tem interesse específico na desestabilização de emulsões de água em petróleos, com sua desejada separação de fases, para evitar problemas associados à corrosão e custo de transporte de volumes excessivos de água (COUTINHO, 2005). Essa água gerada pode estar presente no petróleo sob a forma de água livre e/ou emulsionada.

De acordo com Salager (1999) emulsão é um tipo de dispersão que apresenta uma fase fragmentada (fase dispersa) dentro de uma fase contínua. Em muitos casos, as emulsões podem apresentar aproximadamente 60% da água total, devendo ser separada em separadores de produção e tratadores de óleo, de modo a atingir valores inferiores a 1%, porcentagem máxima aceita pelas refinarias. A estabilidade das emulsões de água em petróleo tem se configurado como um dos maiores problemas na separação primária do petróleo (SJÖBLOM ET AL., 2003).

As emulsões quando formadas, apresentam-se como uma única fase, entretanto, são termodinamicamente instáveis e por este motivo tendem a se separar retornando a condição original de duas fases. A estabilidade das emulsões depende de vários fatores, sendo a presença de tensoativos naturais nas interfaces o principal fator de estabilização das emulsões, reduzindo assim a probabilidade de coalescência entre as gotas (AUFLEM, 2002).

2.2 MICRO-ONDAS

A energia micro-ondas tem encontrado uma variedade de aplicações na química e setores industriais, em particular no processamento de alimentos, secagem e indústria de polímeros. Outras aplicações são na química analítica (extração e digestão micro-ondas), na bioquímica (hidrólise de proteínas e esterilização), patologia e tratamentos médicos (KINGSTON; HASWELL 1997). Esta radiação é considerada um método de aquecimento muito mais eficiente comparado ao método convencional. Neste sentido, devido à eficiência desses aparelhos em aquecer rapidamente meios reacionais, estes

têm sido muito utilizados em diversas transformações orgânicas, reduzindo seus tempos de reações, muitas vezes de dias e horas para minutos ou segundos (SILVA ET AL. 2006).

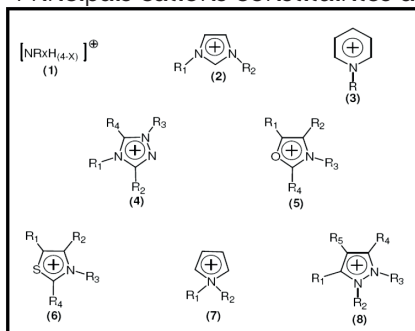
Pode-se concluir que as principais vantagens da utilização da energia por micro-ondas são: altas taxas de aquecimento, aumento do ponto de ebulição dos solventes, aquecimento volumétrico, economia de tempo, maior limpeza, facilidade de manipulação, redução do tamanho de aquecimento, aquecimento rápido, homogêneo e seletivo. Com relação ao aquecimento seletivo é vantajoso à medida que se objetiva acelerar reações ou buscar seletividade a um determinado produto. Segundo Coutinho e outros autores (2005), isso ocorre quando a radiação eletromagnética é aplicada a sistemas multifásicos ou a sistemas constituídos por compostos polares em solventes apolares, podendo resultar na presença de pontos quentes.

2.3 LÍQUIDOS IÔNICOS

Os líquidos iônicos são definidos como sais orgânicos que geralmente apresentam-se líquidos a temperatura ambiente ou que fundem a 100°C. A maioria dos líquidos iônicos descritos na literatura é constituída por cátions geralmente volumosos, orgânicos e com baixa simetria (OLIVEIRA, 2004). Os principais cátions descritos na literatura são: amônio, imidazolíneo, piridínio, triazolíneo, oxazolíneo, tiazolíneo, pirrolidíneo e pirazolíneo, com diferentes substituintes (FIGURA 1). Quanto aos ânions são tipicamente inorgânicos e poliatômicos, entre os mais comuns estão: PF_6^- , BF_4^- , CF_3SO_3^- , $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}^-$, halogênios (FIGURA 2), e alguns orgânicos como RCO_2^- .

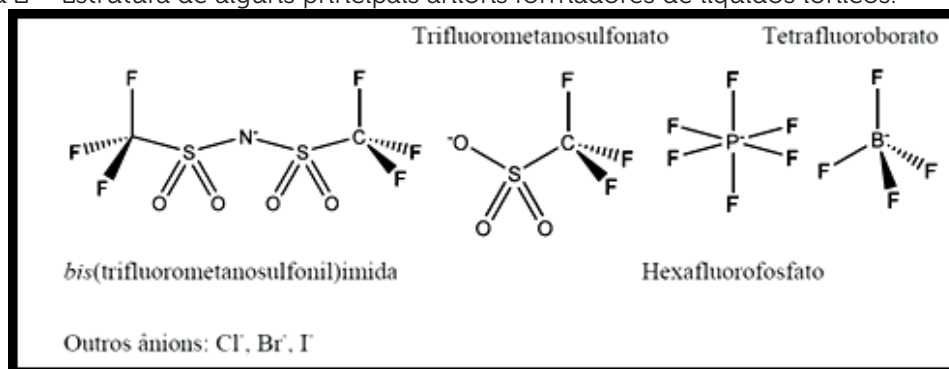
Cabe ressaltar que o etanol foi o solvente escolhido por ser um solvente constituinte no desemulsificante industrial. Além disso, Budarin e Chen (2011) observaram que o sistema LI + etanol apresenta forças de interação intermoleculares elevadas. Com relação à solubilidade destes sistemas foi observado por Domanska e Macianiak (2007) que álcool de menor cadeia alquílica e líquido iônico baseado em cátion imidazólio e ânion NTf2 proporciona maior solubilidade. Destaca-se que a concentração utilizada das soluções e do LI e etanol puros foi de 2,79 $\mu\text{mol/g}$ da emulsão.

Figura 1 – Principais cátions constituintes de líquido iônicos



Fonte: Rodrigues (2010).

Figura 2 – Estrutura de alguns principais ânions formadores de líquidos iônicos.



Fonte: Rodrigues (2010).

Os líquidos iônicos à temperatura ambiente (RTILs) têm sido analisados e testados como alternativa para a substituição dos tradicionais solventes que normalmente são utilizados na indústria química (BRENNECKE; MAGINN, 2001). Isso se dá porque os líquidos iônicos apresentam propriedades muito atrativas, tais como: baixa densidade e viscosidade, alta estabilidade térmica, miscibilidade e baixa pressão de vapor, que permitem a diminuição dos custos e da poluição causada pelo uso de solventes voláteis normalmente usados (REBELO ET AL., 2005).

Outra vantagem que vale a pena ressaltar é quanto a sua estrutura química, que é formada por ânions e cátions com alta variedade de combinações, possibilitando o ajuste das suas propriedades para aplicações específicas. Com isso, a análise das propriedades físico-química dos RTILs permite conhecer diversas informações úteis que podem ajudar a tornar mais eficiente e menos poluente os processos químicos (AUFLEM, 2002).

Os líquidos iônicos mais empregados em estudos, envolvendo diversas aplicações são os sais baseados no cátion imidazólio, mas estudos na literatura podem também ser encontrados baseados na utilização de sais de amônio quaternário.

3 METODOLOGIA

Na etapa experimental foi utilizado um petróleo “pesado” oriundo da Bacia de Campos (RJ), o qual impõe desafios para os segmentos de produção e refino devido à estabilidade da emulsão formada. As técnicas experimentais aplicadas na caracterização de propriedades do petróleo e das emulsões sintéticas, assim como a caracterização e investigação das propriedades dos líquidos iônicos utilizados estão descritos nas seções a seguir.

O petróleo brasileiro utilizado, denominado de P2 foi caracterizado em laboratório, visando avaliar alguns parâmetros básicos relacionados à composição do petróleo em espécies tensoativas e ácidas, além do grau API^o e densidade. Estas informações

são necessárias para um melhor conhecimento sobre o comportamento do petróleo estudado. A Tabela 1 ilustra algumas propriedades físicas e químicas das fases envolvidas na amostra avaliada em laboratório.

TABELA 1 – Principais parâmetros de caracterização e normas utilizadas na análise da amostra

Densidade (°API)	Densimetria	ASTM D-5002	16,8
Densidade relativa (20/4°C)	Densimetria	ASTM D-5002	0,9506
Índice de Acidez Total (IAT, mg KOH/g)	Titulação Potenciométrica via reação ácido-base	ASTM D-664	3,35
Hidrocarbonetos (%m/m)		Metodologia desenvolvida no CENPES	Saturados 44,8
			Aromáticos 31,3
			Resinas 21,6
			Asfaltenos 2,3

Fonte: Silva (2014)

3.1 ADIÇÃO DO LÍQUIDO IÔNICO ($C_{12}MIMNTF_2$) EM ETANOL

O líquido iônico 1 dodecil-3-metilimidazólio [$C_{12}mim$]+[NTf_2]⁻ foi escolhido para este trabalho por possuir propriedades físico-químicas que poderiam se enquadrar à proposta do trabalho, como alta estabilidade térmica, elevado grau de hidrofobicidade e propriedade dielétrica ideal para favorecer rápido aquecimento via radiação micro-ondas. O mesmo foi adquirido da *Ionic Liquids Technologies* (Iolitec) com grau de pureza de 99%. Foram preparadas quatro soluções de líquido iônico (LI) em etanol (EtOH) nas seguintes proporções: 25% LI : 75% EtOH, 40% LI : 60% EtOH, 50% LI : 50% EtOH, 75% LI : 25% EtOH. As soluções foram preparadas com objetivo de facilitar a mistura do LI na emulsão. Foram, também, realizados ensaios com LI e EtOH puros, a fim de mostrar um comparativo da eficiência de separação nos três sistemas, sob distintos modos (multímodo e monomodo) de irradiação micro-ondas.

3.2 SÍNTESE DAS EMULSÕES

Foram preparadas emulsões estáveis do tipo água em óleo, utilizando salmoura (conc. 50 g/l de NaCl) e o petróleo brasileiro (P2). Para cisalhamento e dispersão da fase aquosa nas emulsões, utilizou-se a agitação via homogeneizador Ultra Turrax T25 Basic (fabricado pela IKA). A faixa de operação da velocidade de rotação do homogeneizador é de 0 a 24.000 rpm distribuídas em cinco velocidades selecionáveis. Nos ensaios realizados foi utilizada a velocidade de 6.500 rpm. As emulsões sintetizadas possuíam teor de água aproximado variando entre 35%-45% e diâmetro de gota

médio entre 8 e 14 μm . Com o intuito de promover a separação das fases água e óleo, foram realizados testes de quebra via aquecimento micro-ondas monomodo e multimodo. Este estabelecimento de síntese foi baseada em técnicas descrita por Silva e outros autores 2013 e Silva e outros autores 2014.

3.3 CARACTERIZAÇÕES DAS EMULSÕES

As emulsões empregadas nos ensaios de desmulsificação foram caracterizadas em termos de teor de água e distribuição de diâmetro de gota (DTG) antes e depois de cada teste. O teor de água (TA) foi medido via titulação potenciométrica, empregando o reagente de Karl Fischer, de acordo com a norma ASTM D-1744. Estas determinações foram conduzidas no titulador Titrand 836 da Metrohm. A DTG das emulsões foi determinada via difração a laser, empregando o Mastersizer 2000 da Malvern. Informações adicionais sobre estas caracterizações podem ser encontradas em Fortuny e outros autores (2007).

3.4 TESTE DE QUEBRA DE EMULSÕES VIA MICRO-ONDAS

Os experimentos para quebra de emulsão na presença de líquidos iônicos e etanol foram conduzidos todos em batelada, empregando aquecimento micro-ondas, e em dois reatores, um do tipo multimodo (ANTON PAAR) e outro monomodo (CEM). Os ensaios de desmulsificação foram conduzidos sob temperatura constante fixada em valores 120°C e tempo de processo de 15min. Todos os frascos foram preenchidos com uma massa de emulsão de 20g e uma quantidade conhecida da solução (líquido iônico/etanol), líquido iônico e etanol. Ensaios resultando na formação de água livre, a fase óleo e/ou emulsão não resolvida foi completamente recuperada e caracterizada em termos de teor de água após homogeneização. A partir dos teores de água da emulsão sintetizada (TA_0) e da emulsão não resolvida (TA_f) foi determinada a eficiência da separação (EF) a partir da Equação 1:

$$EF = \frac{TA_0 - TA_f}{TA_0} \quad (1)$$

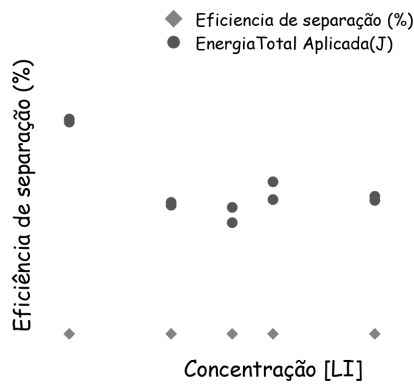
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3 mostra as eficiências obtidas e energia total aplicada (J) para distintos ensaios conduzidos sob aquecimento micro-ondas no sistema multimodo em função da proporção do LI em etanol. Já na Figura 4 relacionam-se as eficiências obtidas e a energia total aplicada para distintos ensaios conduzidos sob aquecimento micro-ondas no sistema monomodo em função da proporção do LI em etanol. Vale ressaltar que para ambos os sistemas (multimodo e monomodo) foram realizados ensaios em duplicata apresentando um desvio máximo nos valores de eficiência de aproximadamente $\pm 2,5\%$.

Nota-se que nos ensaios realizados com etanol puro a energia total aplicada foi superior para ambos os modos de irradiação, comparativamente com os demais ensaios. Isso pode ser explicado pelo fato do meio isento de líquido iônico demandar uma potência maior para alcançar a temperatura do processo (120 °C). Vale ressaltar que nestes ensaios as eficiências de separação foram inferiores aos demais, atingindo valores equivalentes a 0,9%, 13,05% e 9,7%, nas potências de 100W, 300W e 1400W, respectivamente.

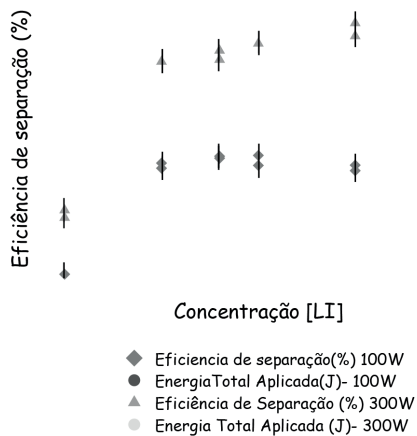
Observa-se que o ensaio de maior eficiência foi o multimodo com 25% de LI; nas demais proporções os valores de eficiência foram superiores apenas ao comparar com o sistema monomodo a 100W. Destaca-se que no sistema monomodo a 300W os valores de eficiências obtidos foram superiores ao monomodo a 100W e ao multimodo (com exceção do 25% LI).

Figura 3 – Eficiências obtidas e energia total aplicada para distintos ensaios conduzidos sob aquecimento micro-ondas no sistema multimodo em função da proporção do LI em etanol



Fonte: Próprio autor

Figura 4 – Eficiências obtidas e energia total aplicada para distintos ensaios conduzidos sob aquecimento micro-ondas no sistema monomodo em função da proporção do LI em etanol.

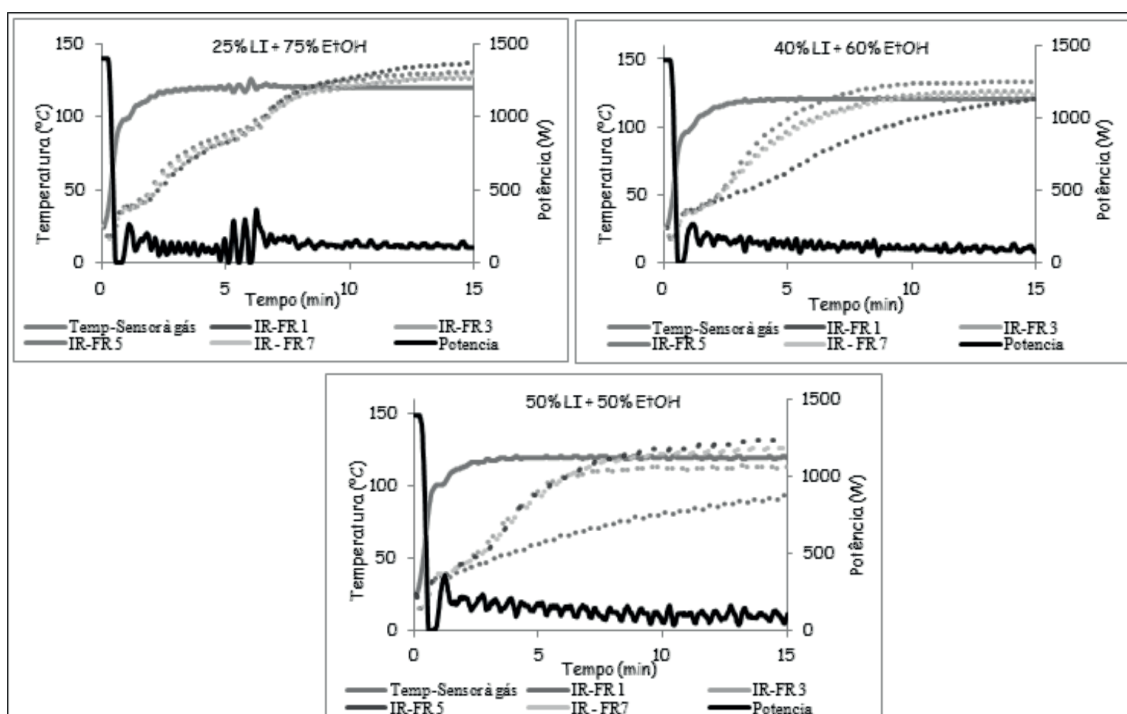


Fonte: Próprio autor

Outro fato observado neste estudo é que a quantidade de energia despendida e a eficiência de separação tanto no sistema monomodo como multimodo foi semelhante para as distintas condições, com exceção do ensaio realizado com a solução de 25% LI: 75% EtOH no sistema multimodo, o qual favoreceu maior eficiência, atingindo percentual próximo a 60% de remoção de água. Isso pode ser explicado pelo fato que houve um aumento na temperatura medida via sensor IR (infravermelho) em ambos os tubos, indicando a presença de maior quantidade de água livre no fundo do frasco.

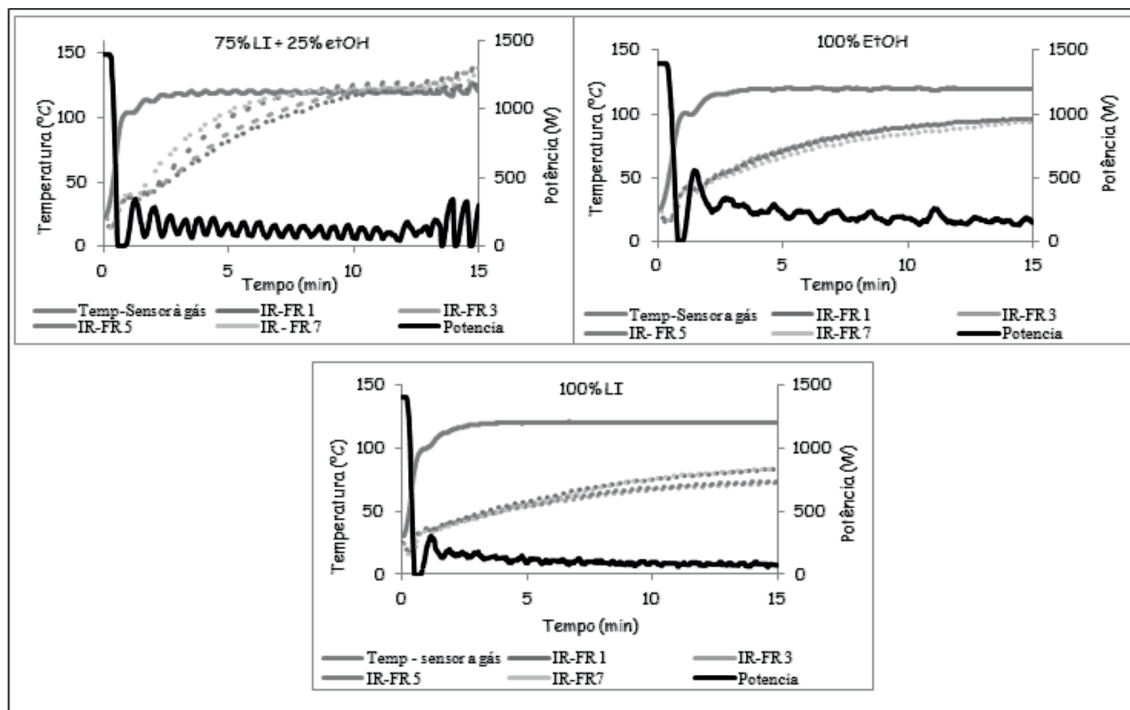
À medida que a formação de água livre acontece no sistema, esta água se acumula no fundo do frasco absorvendo uma quantidade significativa de radiação micro-ondas que será transformada em calor com o consequente aumento da temperatura da água separada. Estes aumentos de temperatura e as respectivas potências aplicadas são mostrados nas Figuras 5 e 6 ao longo de cada teste.

Figura 5 – Curvas de aquecimento da emulsão e potência aplicada no sistema multimodo para os ensaios com 25% LI:75% EtOH, 40% LI: 60% EtOH e 50% LI:50% EtOH



Fonte:Próprio autor

Figura 6 – Curvas de aquecimento da emulsão e potência aplicada no sistema multimodo para os ensaios com 75% LI:25% EtOH, 100% EtOH e 100% LI



Fonte:Próprio autor

Cabe destacar que o sensor a gás está imerso no seio da emulsão do frasco de quartzo localizado na posição 1 e o sensor IR fornece a temperatura do fundo exterior de cada frasco de quartzo. Devido às elevadas espessuras do frasco de quartzo existem diferenças significativas entre as medidas de ambos os sensores.

Com base em experiência prévia e em relatos da literatura, a temperatura medida pelo sensor a gás pode ser cerca de 30°C acima da temperatura determinada pelo sensor IR, quando o sistema não apresenta formação de água livre. Por fim, cabe enfatizar que na condição de 25% de LI a Figura 3 revela uma intensa sedimentação de água livre para os quatro frascos, conforme se pode inferir pelo cruzamento das curvas de temperatura do sensor IR em relação ao sensor a gás. Este desempenho foi superior ao sistema com 100% de LI e 100% de Etanol, refletindo assim a importância da boa dispersão do LI em um solvente, capaz de facilitar a mistura com a emulsão.

5 CONCLUSÕES

Nota-se que nos ensaios realizados com etanol puro a energia total aplicada foi superior para ambos os modos de irradiação, comparativamente com os demais ensaios. Isso pode ser explicado pelo fato do meio isento de líquido iônico demandar

uma potência maior para alcançar a temperatura do processo (120°C). Cabe enfatizar que na condição de 25% de LI proporcionou uma intensa sedimentação de água livre para os quatro frascos. Esse desempenho foi superior ao sistema com 100% de LI e 100% de Etanol, refletindo assim a importância da boa dispersão do LI em um solvente, capaz de facilitar a mistura com a emulsão. A seleção de um solvente adequado pode facilitar a mistura do líquido iônico no petróleo bruto, produzindo melhores resultados de desemulsificação em menores concentrações.

REFERÊNCIAS

AUFLEM, I. H. **Influence of Asphaltene Aggregation and Pressure on Crude Oil Emulsion Stability**, Department of Chemical Engineering, Norwegian University of Science and Technology - Trondheim, 2002.

BORGES, B.; RONDÓN, M.; SERENO, O.; ASUAJE, J. Breaking of Water-in-Crude-Oil Emulsions. 3. Influence of Salinity and Water-Oil Ration on Demulsifier Action. **Energy & Fuels**, v.23, 2009. p.1568-1574.

BOTHA, G. E.; OLIVEIRA, J. C.; AHRNÉ, L. Microwave assisted air drying of osmotically treated pineapple with variable power programmes. **Journal of Food Engineering**, v.108, 2012. p.304-311.

BRENNECKE, J. F.; MAGINN, E. J. Ionic liquids: Innovative Fluids for Chemical Processing. **AIChE J.**, 47, 2001. p.2384-2389,

BUDARIN, V. L. *et al.* Microwave-mediated pyrolysis of macro-algae. **Green Chemistry**, v.13, 2011. p.2330-2333.

CHEN, W-H.; TU, Y-J.; SHEEN, H-K. Disruption of sugarcane bagasse lignocellulosic structure by means of dilute sulfuric acid pretreatment with microwave-assisted heating. **Applied Energy**, v.88, 2011. p.2726-2734.

COUTINHO, R. C. C. **Estudo da Estabilidade de Emulsões de Água em Petróleo**. 2005. Dissertação (Mestrado) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro-RJ, 2005.

DOMANSKA, U. and MARCINIAK, A. Phase behaviour of 1-hexyloxymethyl-3-methyl-imidazolium and 1,3-dihexyloxymethyl-imidazolium based ionic liquids with alcohols, water, ketones and hydrocarbons: The effect of cation and anion on solubility. **Fluid Phase Equilibria**, v.260, 2007. p. 9-8,

FERREIRA, B. M. S., RAMALHO, J. B. V. S., and LUCAS, E. F. Demulsification of Water-in-Crude Oil Emulsions by Microwave Radiation: Effect of Aging, Demulsifier Addition, and Selective Heating. **Energy Fuels**, v.27, n.2, 2013. p.615-621.

FORTUNY, M. *et al.* Effect of Salinity, Temperature, Water Content, and pH on the Microwave Demulsification of Crude Oil Emulsions. **Energy & Fuels**, v.21, 2007. p.1358-1364.

HEREDIA, A.; PEINADO, I.; ROSA, E.; ESCRICHE, A. I. Volatile profile of dehydrated cherry tomato: Influences of osmotic pre-treatment and microwave power. **Food Chemistry**, v.130, 2012. p.889-895.

JIN, Y.; LI, C.; XU, Z.; CHENG, Z.; WANG, W.; LI, G.; LIN, J. Microwave-assisted hydrothermal synthesis and multicolor tuning luminescence of YP_xV_{1-x}O₄:Ln³⁺ (Ln=Eu, Dy, Sm) nanoparticles. **Materials Chemistry and Physics**, v.129, 2011. p.418-423.

KAPPE, C. O.; DALLINGER, D. The impact of microwave synthesis on drug discovery. **Nature Reviews**, v.5, 2006. p.51-63.

KINGSTON, H. M.; HASWELL, S. J. Microwave-enhanced chemistry. fundamentals, sample preparation and applications. **American Chemical Society**, Washington, 1997.

LEMOS, R. C. B. *et al.* Demulsification of Water-in-Crude Oil Emulsions Using Ionic Liquids and Microwave Irradiation. **Energy Fuels**, v.24, n.8, 2010. p.4439-4444.

OLIVEIRA, E. C. **Estudos dos Compostos Nitrogenados em Frações do Petróleo**. 2004. Tese (Doutorado) – Instituto de Química, Porto Alegre-RS, 2004.

REBELO, L. P. N.; LOPES, C. J. N.; ESPERANÇUA, J. M. S. S.; FILIPE, E. On the Critical Temperature, Normal Boiling Point, and Vapor Pressure of Ionic Liquids. **J. Phys. Chem. B**, v.109, 2005. p.6040-6043.

SALAGER, J. L. Formulación, Composición y Fabricación de Emulsiones para Obtener las Propiedades Deseadas. Estado del Arte Parte B. Propiedades de las Emulsiones y su Medición. **Cuaderno FIRP S747-B**, Mérida, Venezuela, 1999.

SILVA, E. B. *et al.* Demulsification of Heavy Crude Oil Emulsions Using Ionic Liquids. **Energy Fuels**, v.27, n.10, 2013. p.6311-6315.

SILVA, E. B. *et al.* Microwave demulsification of heavy crude oil emulsions: Analysis of acid species recovered in the aqueous phase. **Fuel**, v.128, 2014. p.141-147.

SILVA, F. C.; FERREIRA, V. F.; SOUZA, M. C. B. V. Adaptação de Forno de Micro-ondas Doméstico para Realização de Reações de Transesterificação sob Refluxo e Catálise por Argilas. **Química. Nova**, v.29, n.2, 2006. p.376-380.

SJÖBLOM, J. *et al.* Our Current Understanding of Water-in-Crude Oil Emulsions. Recent Characterization Techniques and High Pressure Performance. **Advances in Colloid and Interface Science**, v.100, n.102, 2003. p.399-473.

Data do recebimento: 10 de novembro de 2015

Data da avaliação: 11 de novembro de 2015

Data de aceite: 13 de novembro de 2015

-
1. Graduando em Engenharia de Petróleo – Universidade Tiradentes, Aracaju-SE. E-mail: barbosamilson@hotmail.com
 2. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos – Universidade Tiradentes, Aracaju-SE. Email: zanelibatista@hotmail.com
 3. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos – Universidade Tiradentes, Aracaju-SE. E-mail: mayarapaes@hotmail.com
 4. Graduando em Engenharia de Petróleo – Universidade Tiradentes, Aracaju-SE. E-mail: joao_sube0@hotmail.com
 5. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos – Universidade Tiradentes, Aracaju-SE. E-mail: franceschi@itp.unit.br
 6. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos – Universidade Tiradentes, Aracaju-SE. E-mail: dariva@hotmail.com
 7. Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello – Petróleo Brasileiro S/A. E-mail: guimaraes@petrobras.com
 8. Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello – Petróleo Brasileiro S/A. E-mail: bianca.ferreira@petrobras.com
 9. Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello – Petróleo Brasileiro S/A. E-mail: guamieri@petrobras.com