

CONEM-2022-0343

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE ADITIVADOS COM LÍQUIDOS IÔNICOS

Hugo Vinicius Silva dos Santos, vinicius.santos.017@ufrn.edu.br¹

Márcio Segundo Medeiros, marcio.segundo.091@ufrn.edu.br¹

José Josemar de Oliveira Júnior, josemar@ect.ufrn.br¹

Salete Martins Alves, saletealves@ect.ufrn.br¹

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Av. Sen. Salgado Filho, Lagoa Nova, Natal/RN 59072-970, Brasil.¹

Resumo. O estudo sobre líquidos iônicos tem uma grande importância no desenvolvimento de lubrificantes, pois melhoram a estabilidade térmica, melhoram a formação de tribofilme, promovem menor emissão de resíduos, etc., quando utilizados como lubrificantes ou aditivos para lubrificantes. Este artigo tem como objetivo avaliar a adição de líquidos iônicos a óleos lubrificantes e sua influência nas características físicas e químicas. Para entender as mudanças nessas características, foram estudados um óleo base (óleo de soja epoxidado), e misturas de dois líquidos iônicos, Cloreto de 1-Etil-3-Metilimidazólio [EMIC] e Octil Sulfeto de 1-Butil-3-Metilimidazólio [BMIM OSU], em diferentes porcentagens em peso (0,5, 1,0 e 1,5% p/p%). As propriedades investigadas foram viscosidade, condutividade térmica, caracterização química (determinada em espectroscopia FT-IR), molhabilidade (através do ângulo de contato do líquido iônico com uma superfície de aço SAE 1045) e acidez (medição de pH). Com essas informações, é possível ter um direcionamento primário para a aplicação na indústria de manufatura. A principal hipótese do estudo é uma melhora nas propriedades relacionadas ao desempenho dos lubrificantes de acordo com o aumento da concentração de líquidos iônicos no óleo base. Os resultados mostraram que os lubrificantes com líquidos iônicos são uma alternativa eficiente para a indústria, pois para as proporções dos dois aditivos estudados, verificou-se pouca variação em suas características térmicas e reológicas, mantendo as boas características do lubrificante base. A análise dos espectros de FT-IR também revelou um produto mais estável. Já a acidez apresentou uma característica mais ácida, o que desfavorece sua aplicabilidade primária. Contudo, houve um aumento da molhabilidade em aço com o aumento da proporção de líquidos iônicos, com o óleo base apresentando um ângulo de contato médio de 30,56°, enquanto o EMIC mostrou valores que partiram de 29,37° e chegando a 28,86°, e o BMIM obteve valores que foi de 29,75 a 28,88° para concentrações que iam de 0,5 a 1,5% (p/p%) em óleo, o que favorece o processo de lubrificação em contatos metálicos.

Palavras-chave: Líquidos Iônicos, Eficiência, Lubrificantes, Propriedades, Indústria de Petróleo

1. INTRODUÇÃO

Os lubrificantes são indispensáveis em diversos setores econômicos, amplamente utilizados em atividades de engenharia e manufatura. Sua importância é tão grande que, de acordo com Sonnichsen (2021) a demanda global por líquidos lubrificantes em 2019 foi de 36,8 milhões de toneladas.

A indústria tem buscado constantemente novas tecnologias em lubrificantes, que buscam alinhar seu desempenho com as agendas ambientais. Por exemplo, nos processos de fabricação, os fluidos utilizados são chamados de fluidos de trabalho em metais ou MWFs, abreviação para o termo inglês “Metal Working Fluids”, e tem como principais funções lubrificar, formar uma camada protetora entre superfícies, e resfriar, pois a interação entre a ferramenta de corte e a peça de trabalho gera calor excessivo, reduzindo a vida útil da ferramenta e prejudicando o acabamento da superfície. A solução sugerida para esses desafios é usar líquidos iônicos na próxima geração de lubrificantes (Somers et al., 2013).

Os Líquidos Iônicos (LIs) são sais orgânicos e inorgânicos ou ânions orgânicos. Eles despertaram considerável interesse em diferentes campos com suas propriedades físicas, químicas, térmicas e de mistura, como não-inflamabilidade, não volatilidade, baixo ponto de fusão, excelente estabilidade térmica e altamente miscível em compostos orgânicos. As propriedades dos líquidos iônicos são únicas e os credenciam a serem aplicados aos lubrificantes (Amiril et al., 2017).

Algumas propriedades devem ser consideradas para a seleção correta do lubrificante. A viscosidade, que age como uma resistência ao escoamento do fluido quando exposto a tensões de cisalhamento, é uma das propriedades mais importantes de um lubrificante líquido. A escolha do lubrificante é baseada na viscosidade adequada para a aplicação em particular. A viscosidade varia dependendo da temperatura, pressão e taxa de corte; diminui com o aumento da temperatura. O ideal é fazer com que a faixa de temperatura de uso seja restrita (Cai et al., 2020).

Além da viscosidade, pode-se mencionar a condutividade térmica, que é a taxa em que o calor flui através dele respondendo a um gradiente de temperatura causado. Quanto maior a condutividade térmica, maior a velocidade de condução do calor; (Macfarlane et al., 2017). A condutividade térmica pode depender da temperatura e da pressão, mas de acordo com Tomida et al. (2007) a condutividade térmica dos LIs dependem pouco desses parâmetros, mostrando que são termicamente estáveis.

Outra vantagem dos líquidos iônicos é a possibilidade de alterar suas propriedades variando a natureza do cátion/ânion do casal; adição ou combinação de cátion-ânion, mudanças simples no comprimento da ligação ou as cadeias do cátion são usadas para modificar as propriedades físicas dos fluidos iônicos (Moumene et al., 2014).

Sempre que existir uma interface sólido-líquido (por exemplo, sistemas de lubrificação), a capacidade de molhabilidade do sistema deve ser levada em conta (Blanco et al., 2016). Ela é definida como a tendência de um fluido tem de aderir ou se espalhar sobre uma superfície sólida, e é outro aspecto que deve ser avaliado quando se fala principalmente de MWFs, pois de acordo com Brinksmeier et al. (2015) uma boa molhabilidade parece indicar uma alta eficiência do fluido.

A oxidação quando exposto ao ar dos óleos lubrificantes é agravada pela alta temperatura, presença de água, etc. A acidez dos LIs é ajustável e determinada de acordo com a escolha do ânion (Amiril et al., 2017). Mostrando assim a necessidade de avaliar a variação do pH das amostras com a adição das concentrações das LIs estudadas.

Nesse contexto, este artigo tem como objetivo apresentar a preparação e caracterização de óleo vegetal modificado com dois LIs. O óleo de soja epóxi (ESO) foi escolhido como o óleo base, segundo Saremi et al. (2012), é um dos mais importantes óleos vegetais epóxi, com uma produção mundial de cerca de 200.000 toneladas por ano, além de ter um aspecto ecologicamente correto e de baixo custo quando comparado aos produtos petrolíferos. O efeito da adição de LIs nas propriedades do lubrificante foi analisado em termos de viscosidade, condutividade térmica, Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), molhabilidade e pH. Foram investigadas três concentrações de aditivos 0,5, 1,0 e 1,5% em peso de dois líquidos iônicos diferentes, Cloreto de 1-Etil-3-Metilimidazólio [EMIC] e Octil Sulfeto de 1-Butil-3-Metilimidazólio [BMIM OSU].

2. MÉTODOS EXPERIMENTAIS

O Octil Sulfeto de 1-Butil-3-Metilimidazólio e o Cloreto de 1-Etil-3-Metilimidazólio, com suas estruturas químicas representadas na Fig. 1 e Fig. 2, respectivamente, foram adquiridos pela Sigma-Aldrich Brasil Ltda e utilizados como aditivo de óleo; seus dados são mostrados na Tab. 1.

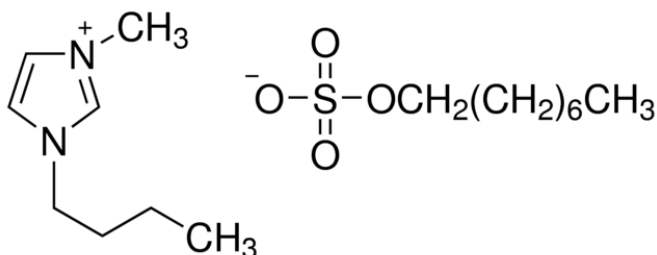


Figura 1. Estrutura Química do [BMIM OSU].

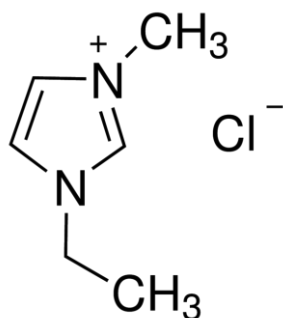


Figura 2. Estrutura Química do [EMIC].

Tabela 1. **Folha de dados dos líquidos iônicos utilizados no estudo.**

Nome do produto	Sinônimos	Fórmula Empírica	Peso molecular
Octil Sulfeto de 1-Butil-3-Metilimidazólio	BMIM OSU	C ₁₆ H ₃₂ N ₂ O ₄ S	348,50 g/mol
Cloreto de 1-Etil-3-Metilimidazólio	EMIC	C ₆ H ₁₁ ClN ₂	146,62 g/mol

2.1 Preparação das amostras

As misturas de lubrificantes foram preparadas a partir da pesagem das quantidades especificada em peso de líquidos iônicos para um peso conhecido de óleo de soja epoxidado, para alcançar as misturas com concentrações de 0,5%, 1% e 1,5% (p/p%). Em seguida, a mistura foi mantida, a temperatura ambiente, sob agitação magnética por 15 minutos a fim de garantir a sua homogeneidade; na sequência, as amostras foram colocadas no banho ultrassônico por mais 15 minutos, assegurando que todas as misturas estivessem completamente homogêneas. Com isso, após verificar a miscibilidade do [BMIM OSU] e do [EMIC] no óleo base, pudemos realizar os ensaios para avaliar as propriedades físico-química das misturas.

2.2 Ensaio de viscosidade

O ensaio de viscosidade foi realizado no Reômetro Brookfield, Fig. 3, instrumento analítico rotacional capaz de medir a viscosidade de fluidos não pressurizados, utilizando 6,7 ml de cada mistura estudada, e com suas respostas processadas pelo software Rheocalc. As medições foram tomadas de forma uniforme e automática a partir de uma programação criada no software, em diferentes temperaturas (30, 40, 50 e 100 °C), para que seja observado a variação da viscosidade com o aumento da temperatura.

A programação criada para realizar a medição a 30 °C de cada amostra respeitou inicialmente um tempo de estabilização da mistura de 10 segundos, após isso seleciona a haste (SC4-18), a velocidade (9 RPM), a temperatura e a variação de temperatura tolerada (0,2 °C), ao atingir a temperatura indicada é novamente respeitado um tempo de 5 minutos para estabilização da temperatura e selecionado o número de voltas para coleta de dados (10), onde a cada volta é feita uma medição, após isso as informações são coletadas e o ciclo chega ao fim.

Esse mesmo ciclo é repetido para as medições a 40, 50 e 100 °C. Contudo, a velocidade utilizada para as medições de 100 °C é aumenta para 40 RPM, pois nas instruções do equipamento é recomendo que o torque gerado por essa interação não seja interior a 10% e nem superior a 90%, com o risco de danificar seus sensores e molas do conjunto.

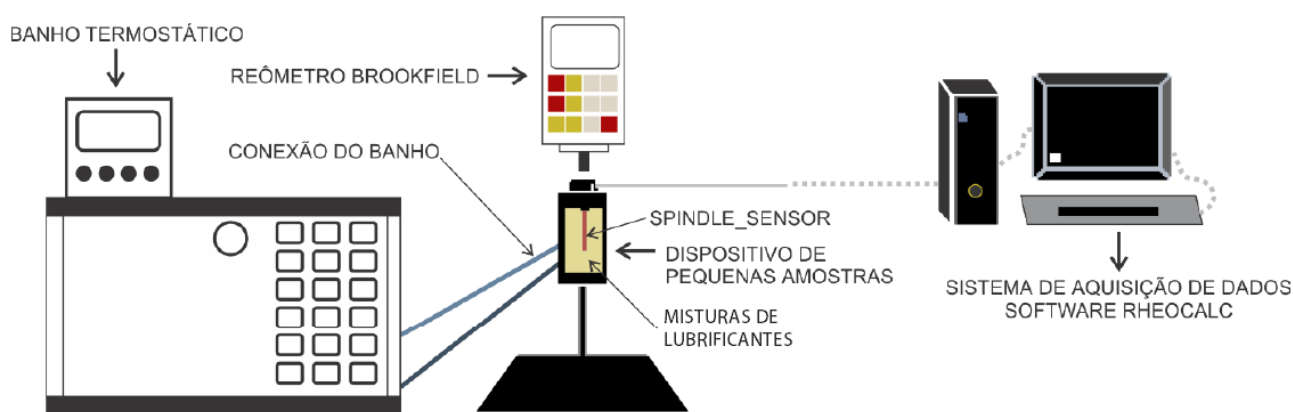


Figura 3. **Projeto esquemático do conjunto de equipamentos utilizados nos testes de viscosidade.**

Fonte: Adaptado de Cavalcanti (2021).

2.3 Teste de condutividade térmica

O método de análise aplicado neste estudo foi o fio quente transiente do Analisador de Propriedades Térmicas KD2 Pro, da fabricante Decagon. O equipamento utilizado possui uma sonda (KS-1) indicada para fluidos, onde é equipada de aquecedor e um sensor de temperatura interno, no qual uma corrente elétrica passa pelo sensor, modificando sua temperatura que é monitorada ao longo do tempo. O tempo de coleta de dados foi de 1 minuto. O teste foi realizado de forma automatizada com 3 leituras de dados para cada solução e a cada 15 minutos, a uma temperatura ambiente de 24°C.

2.4 Caracterização química

Alterações na caracterização química nas misturas foram investigadas através da Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR); esta técnica é amplamente utilizada para caracterizar ligações químicas e grupos funcionais em amostras. O experimento consiste na emissão de radiação infravermelha através da amostra; a quantidade de radiação absorvida gera um espectro. A faixa de comprimento de onda medido durante o teste foi de 599 a 4000 cm^{-1}].

2.5 Molhabilidade

A molhabilidade é a propriedade de materiais que avaliam a tendência de um líquido se espalhar sobre uma superfície. Um dos métodos mais utilizados e o escolhido para esta análise é a medição do ângulo de contato através da gota de sésil. A partir dos resultados obtidos, é possível caracterizar os diferentes graus de molhabilidade de acordo com o comportamento das gotas na superfície em questão. Para o ângulo de contato, sua diminuição significa melhor disseminação do fluido na superfície e, portanto, melhor capacidade de molhabilidade.

O experimento seguiu ASTM D7334 e usou como superfície de amostra um disco de aço SAE 1045 usinado e retificado, de dureza e rugosidade média aritmética (Ra) de 175 HV e 0,357 μm , respectivamente; acoplado, posicionado e nivelado em um dispositivo plano iluminado. Três medições foram feitas para o óleo base e para cada concentração dos dois líquidos iônicos a uma temperatura de 25°C, com um volume da gota de aproximadamente 10 μl .

As imagens das amostras foram capturadas por um smartphone ligado ao dispositivo iluminado 5 segundos após a gota se depor na superfície do disco. Após a captura das imagens, os ângulos de contato foram medidos utilizando-se um software de processamento e análise de imagens, Imagem J. Este cálculo é feito através de uma análise goniométrica, onde uma linha tangente ao perfil de queda é traçada em relação à superfície de contato.

2.6 Acidez (pH)

O caráter ácido dos lubrificantes foi analisado por medição de pH no equipamento de Tecnopon Luca-210p. Este instrumento tem uma faixa de medição de -2,000 a 20,000, com resolução máxima de $\pm 0,001$ pH, e uma precisão de leitura de $\pm 0,005$ pH. Os dados foram coletados após o período de estabilização a temperatura média de 24°C.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Viscosidade dinâmica

A Figura 4 representa uma comparação da viscosidade com o aumento da temperatura de todas as misturas e óleo de base. Mostra uma ligeira diferença nos valores de viscosidade de misturas de diferentes proporções de LIs no óleo base em comparação com o óleo base. De maneira similar o estudo de Wang et al. (2014), que desenvolveu formulações de lubrificantes com óleo vegetal e líquidos iônicos à base de imidazólio, porém seus resultados mostraram melhores características de viscosidade-temperatura dos sistemas projetados com ao aumento da proporção do líquidos iônicos nas misturas do que apresentado no presente trabalho.

Para aplicações tribológicas, a resistência à deformação proporcionada por mudanças na viscosidade pode interferir minimamente no desempenho dos contatos entre superfícies. Seus valores não podem ser muito baixos, causando formação ineficiente de lubrificar filme e aumentar o desgaste, nem tão alto pode prejudicar o movimento dos mecanismos. Estando então estabelecendo um resultado satisfatório.

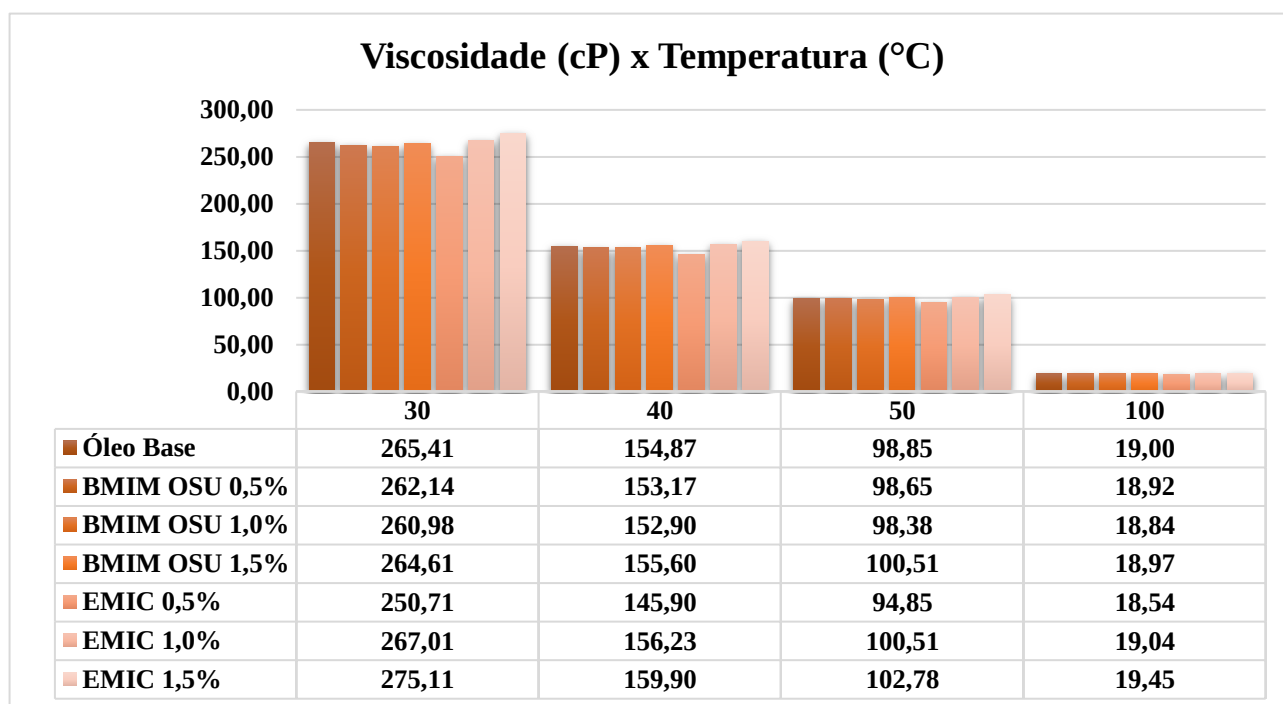


Figura 4. Viscosidade dinâmica para óleo base e todas as misturas de EMIC e BMIM OSU.

3.2 Coeficiente de condutividade térmica

Os valores do coeficiente de condutividade térmica foram calculados e apresentados na Fig. 5. Pode-se observar que o valor médio de k para o óleo base foi de 0,174 W/mK, seguido pelas amostras de BMIM OSU 0,5 % e EMIC 1,0%, com valores de 0,167 e 0,159 W/mK, respectivamente. Todos os valores encontram-se a uma distância média inferior a duas vezes o desvio padrão. Esses resultados se mostraram positivos quanto a manter os valores de condutividade térmica constante apesar do aumento das proporções dos aditivos.

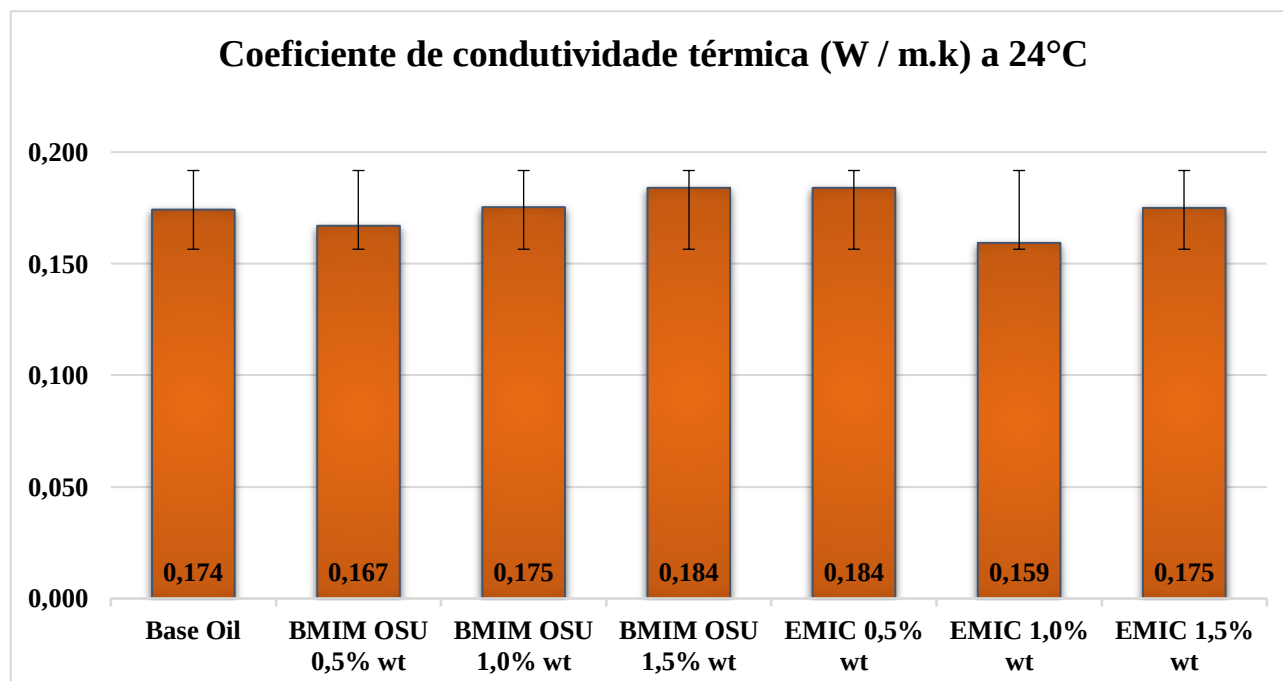


Figura 5. Coeficiente de condutividade térmica para óleo base e todas as misturas de EMIC e BMIM OSU.

As amostras de BMIM OSU apresentaram um aumento proporcional em seus coeficientes de condutividade térmica em relação às suas concentrações, com uma diferença de 10,17% da menor (concentração de 0,5% e $k = 0,167$) para a

maior (com concentração de 1,5% de BMIM OSU e $k = 0,184$). Esta análise também foi realizada para amostras de diferentes concentrações EMIC. Elas apresentaram uma variação não proporcional no valor de condutividade térmica em relação ao aumento da concentração de LI.

Kumar et al. (2021) notaram um aumento da condutividade térmica em seu óleo vegetal à base de óleo de pinhão-manso com a adição de 1% de líquido iônico à base de imidazólio, em seu estudo esse aumento foi atribuído pelo comprimento da cadeia de alquila e por sua natureza iônica, promovendo a formação de camadas finas eletricamente condutoras, que são adsorvidas molecularmente, levando a um aumento no fluxo de elétrons, resultando em um aumento da capacidade de transferência de calor do fluido.

3.3 Caracterização Química

A análise realizada para caracterização química inicia-se a partir do óleo base, para melhor comparação com as adições estudadas. Algumas bandas características foram atribuídas ao grupo epóxi existente no óleo base, um dos quais pode estar entre 865 - 785 cm^{-1} , outra aparece entre 950-860 cm^{-1} , e por último em torno de 1250 cm^{-1} . (Pires et al., 2005). Na Figura 6, é possível detectar as respectivos bandas mencionadas em 750, 875 e 1240 cm^{-1} .

Outras bandas foram possíveis de identificar e estão presentes na estrutura do material, como a ligação C-O, característica do éster, que pode ocorrer entre 1300 – 1000 cm^{-1} e situada em 1100 cm^{-1} ; a dobra de CH_2 , cadeia de carbono também existente no composto e localizada a 1500 cm^{-1} ; a 1750 cm^{-1} uma banda foi observada diretamente conectada ao carbonil de ligação éster a um carbono ligado a um radical, e a atribuição também da ligação carbono-hidrogênio localizada a 3000 cm^{-1} .

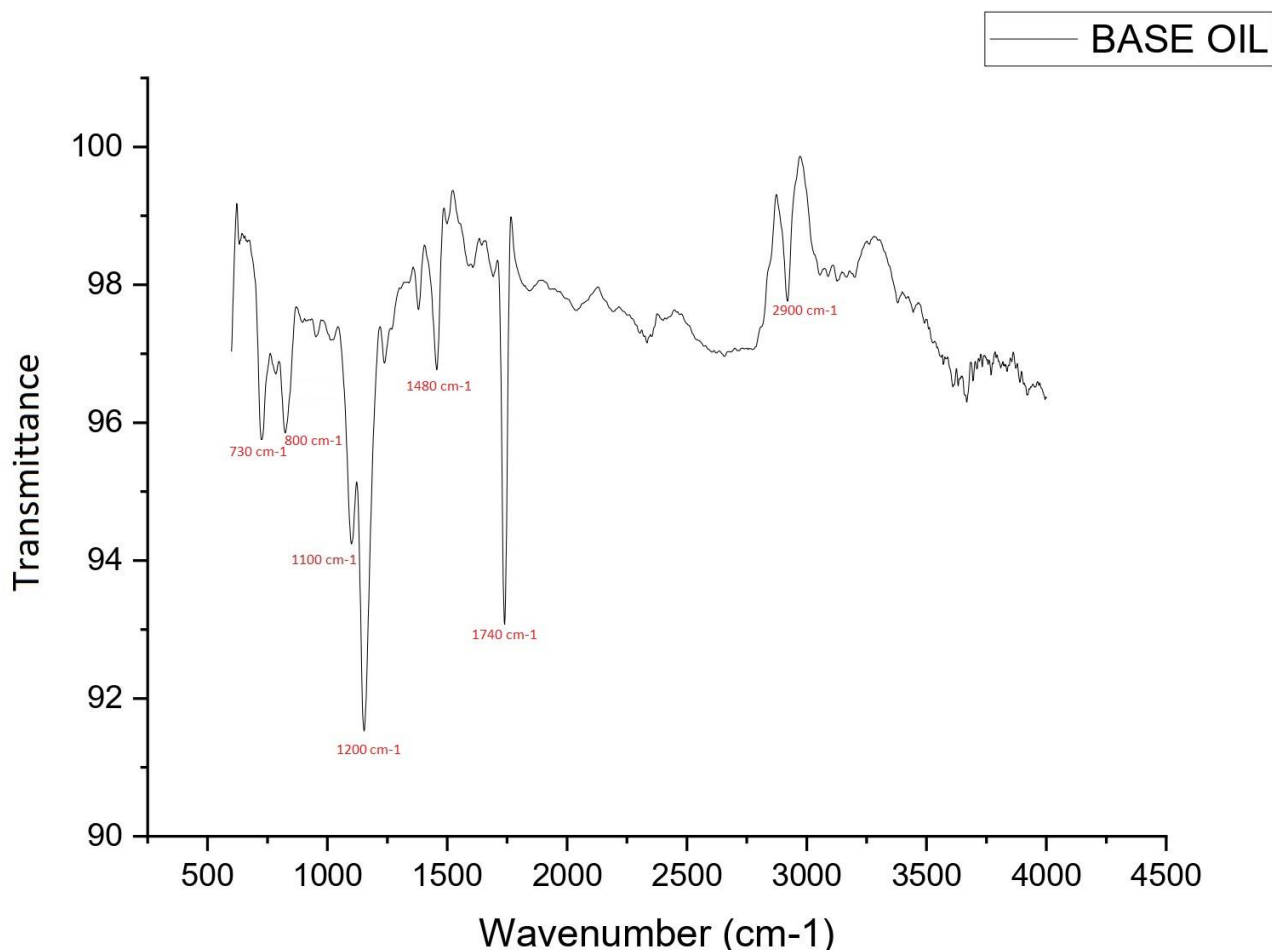


Figura 6. Espectro FTIR do óleo base na faixa espectral [599 - 4000] cm^{-1} .

Observou-se que, pela sobreposição das espectroscopias, mostrado na Fig. 7, pode-se notar que já há uma distância considerável da base, o que significa que a adição das LIs tanto o EMIC quanto o BIMIM OSU não modificaram significativamente a caracterização química do óleo base. Pode-se verificar que o LI BMIM OSU teve maior interação líquido e óleo, pois observa-se o aumento das intensidades das bandas e o deslocamento de algumas delas, e para o EMIC nota-se que as bandas aparecem na mesma faixa.

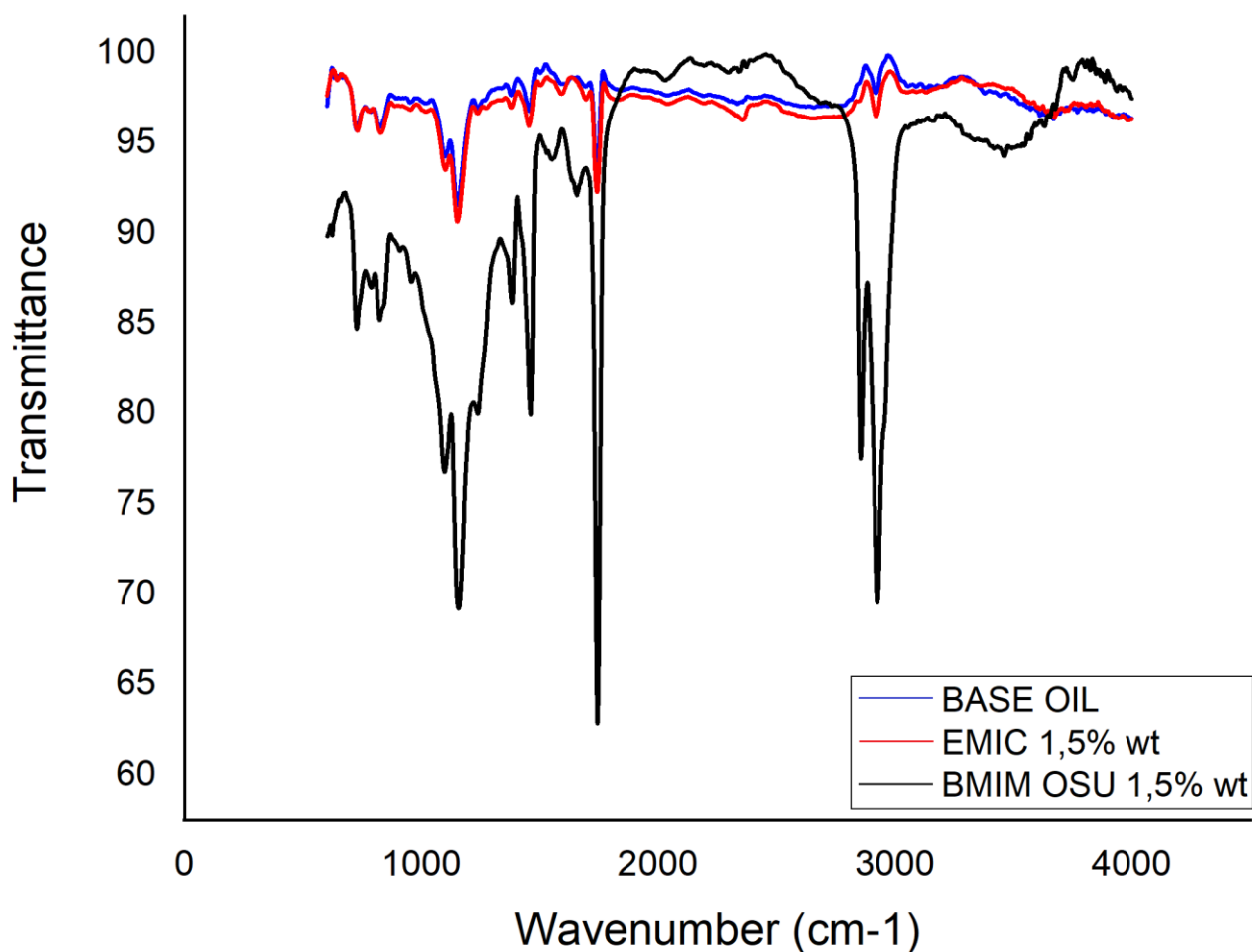


Figura 7. Espectro FTIR de óleo base, EMIC e BMIM OSU 1,5% na faixa espectral [599 – 4000] cm^{-1} .

3.4 Molhabilidade

A Figura 8 mostra imagens obtidas 5 segundos após a deposição da gota na superfície, o fluido é bem aderido à superfície de contato, definitivamente caracterizado como hidrofílico, apresentando uma boa capacidade de molhabilidade. Os resultados foram consistentes com a expectativa de aplicação como lubrificantes ou aditivos lubrificantes, nos quais é essencial para a aplicação estudada.

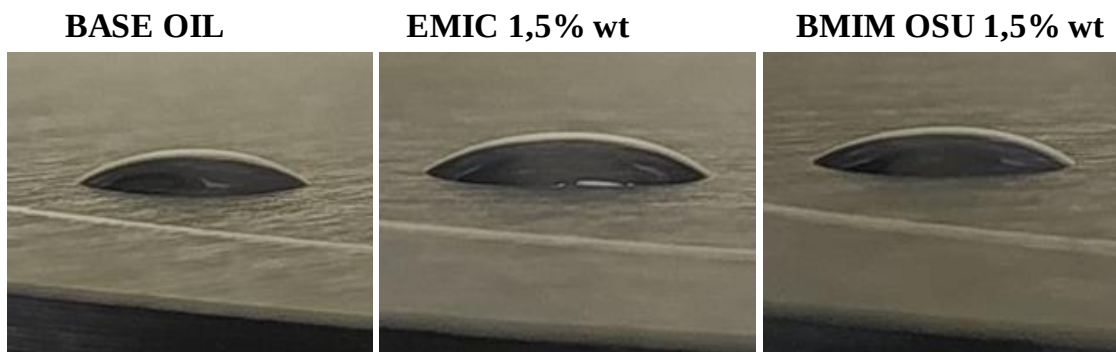


Figura 8. Registro das gotas obtidas nas amostras de óleo base, EMIC 1,5% e IMC OSU%, 5 segundos após o fluido tocar a superfície sem contato com a pipeta, e no momento de equilíbrio entre as forças da interface.

Na Figura 9, é possível identificar que o ângulo de contato da amostra de óleo base foi o maior obtido, e as amostras das concentrações de líquidos iônicos apresentaram um comportamento inversamente proporcional quando em relação

ao aumento de suas concentrações, como esperado. seus valores estão contidos a uma distância média inferior a duas vezes o desvio padrão

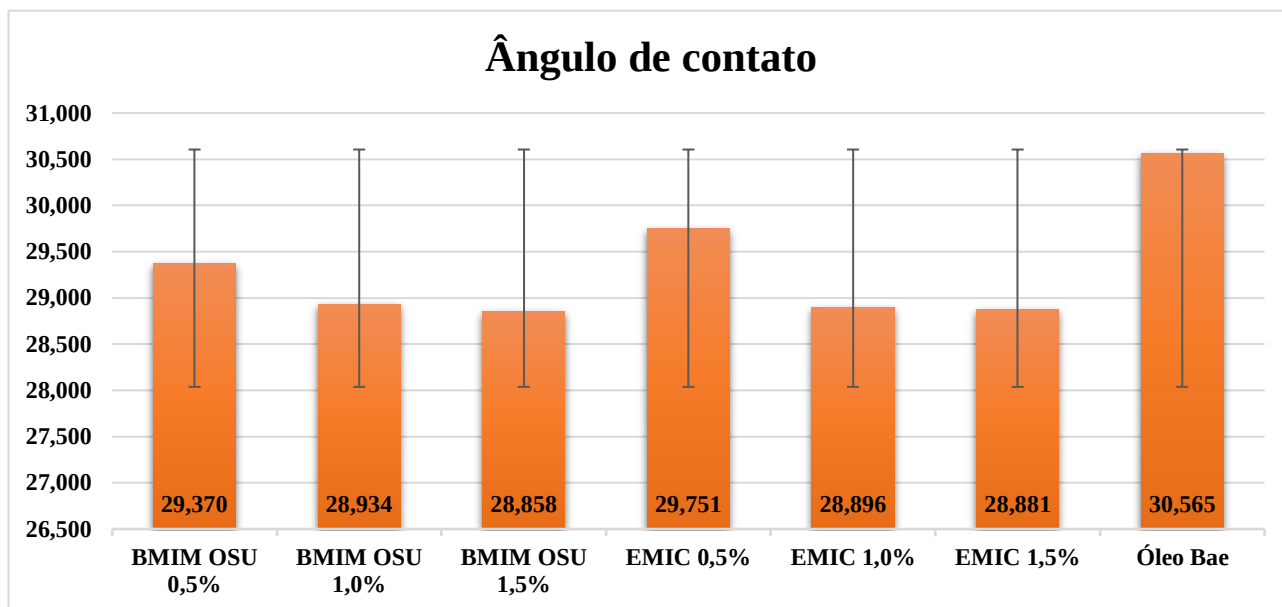


Figura 9. Ângulo de contato (°) de óleo base, EMIC e BMIM OSU 1,5% em peso, aplicado a uma superfície de aço SAE 1045.

Segundo Kumar et al. (2021), os LIs possuem fortes características de adsorção de superfície devido ao seu longo comprimento da cadeia de alquila, que reage prontamente e é adsorvida por superfícies metálicas. Isso, por sua vez, forma uma boa camada espalhando-se bem na superfície, reduzindo assim o ângulo de contato entre o líquido e a superfície.

3.5 Acidez (pH)

De acordo com a Fig. 10, o resultado do estudo de pH mostrou uma redução média de 18,53% no valor do pH em todas as amostras adicionadas de líquidos iônicos com relação ao óleo base, estando a uma distância média inferior a três vezes o desvio padrão. Os fluidos de corte à base de vegetais em comparação com fluidos sintéticos comerciais possuem valores que variavam de 8,92 a 9,18 (Wickramasinghe et al., 2020). Brinksmeier et al. (2015) mostraram que o valor do pH dos MWFs à base de água, tanto para emulsões quanto para soluções, deve estar em uma faixa alcalina moderada, entre 8,0 e 9,5, a fim de evitar a corrosão dos elementos da máquina ferramenta e reduzir a carga microbiana, além de doenças relacionada à pele.

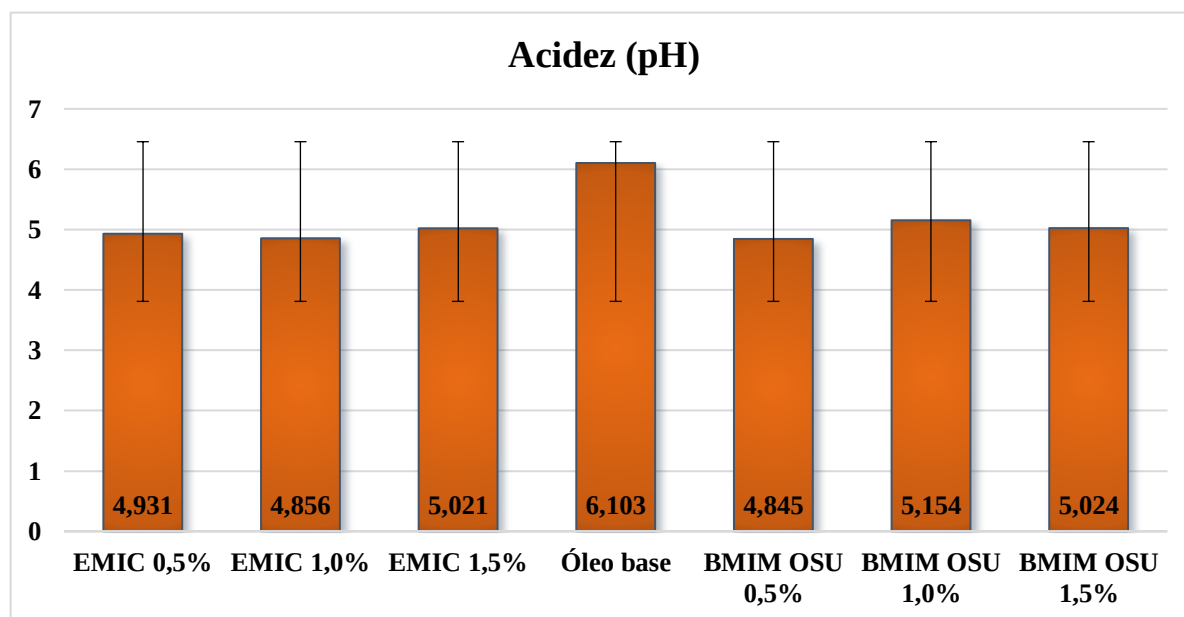


Figura 10. Potencial hidrogênico do óleo base e misturas do EMIC e do BMIM OSU a 24°C.

4. CONCLUSÕES

O estudo das propriedades físico químicas de aditivos com líquidos iônicos se mostrou parcialmente satisfatório para sua utilização como lubrificantes ecologicamente corretos.

Com os resultados obtidos, sempre analisando em relação ao óleo base, observou-se uma pequena variação da viscosidade, dentre às amostras, o EMIC 1,5% mostrou o maior aumento, que para aplicações de tolerância fina, pode impactar no desempenho. Os aditivos também mostraram, como esperado, dentro do erro padrão, estabilidade em seu coeficiente de condutividade térmica, mesmo com a variação em suas proporções. Já a análise qualitativa das bandas obtidas por meio do FTIR, nos mostrou a estabilidade observada na viscosidade e na condutividade térmica, e além do aumento da molhabilidade com o aumento da proporção dos aditivos, ideal para as fluidos de corte e contatos metálicos. Para o pH, a adição dos líquidos iônicos moveu o potencial hidrogeniônico para um caráter mais ácido, que para fluidos de corte uma faixa alcalina seria o mais indicado.

5. RECONHECIMENTO

Os autores desejam se manifestar graças ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) do Brasil, por apoiarem esse trabalho no âmbito da Pesquisa do Projeto CNPq. 311102/2020-4.

6. REFERÊNCIAS

- ASTM. D7334, 2008. “Standard Practice for Surface Wettability of Coatings, Substrates and Pigments by Advancing Contact Angle Measurement”. *Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 08, n. Reapproved 2013, pp. 1–3.
- Amiril, S. A. S., Rahim, E. A. and Syahrullail, S., 2017. “A review on ionic liquids as sustainable lubricants in manufacturing and engineering: Recent research, performance, and applications”. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 168, pp. 1571–1589.
- Blanco, D., Viesca, J. L., Mallada, M. T., Ramajo, B., González, R. and Battez, A. Hernández, 2016. “Wettability and corrosion of [NTf2] anion-based ionic liquids on steel and PVD (TiN, CrN, ZrN) coatings”. *Surface and Coatings Technology*, Vol. 302, pp. 13–21.
- Brinksmeier, E., Meyer, D., Huesmann-Cordes, A. G. and Herrmann, C., 2015. “Metalworking fluids - Mechanisms and performance”. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Vol. 64, n. 2, pp. 605–628, 2015.
- Cai, M., Yu, Q., Liu, W. and Zhou, F., 2020. “Ionic liquid lubricants: When chemistry meets tribology”. *Chemical Society Reviews*, Vol. 49, n. 21, pp. 7753–7818.
- Cavalcanti, B. C., 2021. “Preparação de nanolubrificante POE/CuO/Óxido de grafeno para utilização em refrigerador de pequeno porte”. *Federal University of Rio Grande do Norte, Natal-RN*.
- Kumar, N., Singh, R. and Sharma, V., 2021. “Experimental investigations into thermophysical, wettability and tribological characteristics of ionic liquid based metal cutting fluids”. *Journal of Manufacturing Processes*, Vol. 65, n. March, pp. 190–205.

- Macfarlane, D. R., Kar, M. and Pringle, J. M., 2017. "Fundamentals of Ionic Liquids: From Chemistry to Applications", 248 p.
- Moumene, T., Habib, E., Haddad, B., Villemin, D., Abbas, O. and Khelifa, B., 2014. "Vibrational spectroscopic study of ionic liquids: Comparison between monocationic and dicationic imidazolium ionic liquids". *Journal of Molecular Structure*, Vol. 1065–1066, pp. 86–92.
- Pires, G., Pereira, D.S., Dias Filho, N.L. and Vecchia, G.D., 2005. "Caracterização Físico-Química e Mecânica do Sistema Éster de Silsexquioxano/ Resina Epóxi Dgeba/ Dietilenotriamina". *Revista Matéria*, Vol. 10, n. 2, pp. 317–330, 2005.
- Saremi, K., Tabarsa, T., Shakeri, A. and Babanalbandi, A., 2012. "Epoxidation of Soybean Oil". *Scholars Research Library Annals of Biological Research*, Vol. 3, n. 9, pp. 4254–4258.
- Somers, A. E., Howlett, P. C., MacFarlane, D. R. and Forsyth, M., 2013. "A review of ionic liquid lubricants". *Lubricants*, Vol. 1, n. 1, pp. 3–21.
- Sönnichsen, N. "Global demand for lubricants from 2000 to 2019". Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/411616/lubricants-demand-worldwide/>>. Acesso em: 18 jun. 2021.
- Tomida, D., Kenmochi, S., Tsukada, T., Qiao, K. and Yokoyama, C., 2007. "Thermal conductivities of [bmim][PF 6], [hmim][PF 6], and [omim][PF 6] from 294 to 335 K at pressures up to 20 MPa". *International Journal of Thermophysics*, Vol. 28, n. 4, pp. 1147–1160.
- Wang, A., Chen, L., Jiang, D., Zeng, H. and Yan, Z., 2014. "Vegetable oil-based ionic liquid microemulsion biolubricants: Effect of integrated surfactants". *Industrial Crops and Products*, Vol. 62, pp. 515–521.
- Wickramasinghe, K. C., Sasahara, H., Abd, E. and Perera, G. I. P., 2020. "Green Metalworking Fluids for sustainable machining applications: A review". *Journal of Cleaner Production*, Vol. 257, pp. 120–552.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

CONEM-2022-0343

DEVELOPMENT AND PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF LUBRICANT ADDED WITH IONIC LIQUIDS

Hugo Vinicius Silva dos Santos, vinicius.santos.017@ufrn.edu.br¹

Márcio Segundo Medeiros, marcio.segundo.091@ufrn.edu.br¹

José Josemar de Oliveira Júnior, josemar@ect.ufrn.br¹

Salete Martins Alves, saletealves@ect.ufrn.br¹

Federal University of Rio Grande do Norte, Av. Sen. Salgado Filho, Lagoa Nova, Natal/RN 59072-970, Brazil.¹

Abstract. The study on ionic liquids has a great importance in the development of lubricants, because they improve thermal stability, improve tribofilm formation, promote lower waste emissions, etc., when used as lubricants or additives for lubricants. This article aims to evaluate the addition of ionic liquids to lubricating oils and their influence on physical and chemical characteristics. To understand the changes in these characteristics, we studied a base oil (epoxidized soybean oil), and mixtures of two ionic liquids, Chloride of 1-Ethyl-3-Methylimidazolium [EMIC] and Octil Sulfide of 1-Butyl-3-Methylimidazolium [BMIM OSU], in different percentages by weight (0.5, 1.0 and 1.5% p/p%). The properties investigated were viscosity, thermal conductivity, chemical characterization (determined in FT-IR spectroscopy), wettability (through the contact angle of the ionic liquid with a sae 1045 steel surface) and acidity (pH measurement). With this information, you can have a primary direction for the application in the manufacturing industry. The main hypothesis of the study is an improvement in the properties related to the performance of lubricants according to the increase in the concentration of ionic liquids in the base oil. The results showed that lubricants with ionic liquids are an efficient alternative for the industry, because for the proportions of the two additives studied, there was little variation in their thermal and rheological characteristics, maintaining the good characteristics of the base lubricant. Analysis of FT-IR spectra also revealed a more stable product. On the other hand, the acidity presented a more acidic characteristic, which disfavors its primary applicability. However, there was an increase in steel wettability with the increase in the proportion of ionic liquids, with the base oil presenting an average contact angle of 30.56°, while the EMIC showed values that started from 29.37° and reaching 28.86°, and the BMIM obtained values that went from 29.75 to 28.88° for concentrations that went from 0.5 to 1.5% (w/p%) in oil, which favors the lubrication process in metal contacts.

Keywords: Ionic liquids, Efficiency, Lubricants, Properties, Oil industry