



# I SIMPÓSIO MULTIDISCIPLINAR SOBRE GERAÇÃO DE ENERGIA

05 A 07 DE NOVEMBRO  
SÃO LUÍS - MA

## DESENVOLVIMENTO DE BIOCOMBUSTÍVEIS MICROEMULSIONADOS COM 2-ETIL-BUTANOL A BASE DE ÓLEOS VEGETAIS DO ESTADO DO MARANHÃO

Adryele Gomes Araujo<sup>1</sup>

Kátia Simone T. da S. de La Salles<sup>2</sup>

**Palavras-chave:** Microemulsão Livres de Surfactantes; Óleo Vegetal; Combustível Alternativo.

### 1. Introdução

O uso de combustíveis fósseis remonta à primeira Revolução Industrial, que teve início com a exploração do carvão e se expandiu para a adoção do gás natural e do petróleo, viabilizando, entre outras aplicações, o funcionamento de automóveis (SMITH; JOHNSON, 2023). No entanto, as crescentes preocupações relacionadas ao agravamento do efeito estufa, juntamente com a demanda por alternativas que sejam tanto economicamente viáveis quanto sustentáveis, têm levado a comunidade científica a explorar a substituição dos combustíveis fósseis por fontes renováveis. Nesse contexto, os óleos vegetais emergem como uma alternativa promissora, passíveis de serem utilizados em motores de ciclo diesel, contribuindo para uma matriz energética mais sustentável.

Para viabilizar a utilização de óleos vegetais como alternativa em motores de ciclo diesel, é essencial reduzir a viscosidade desses óleos. Tradicionalmente, essa redução é alcançada por meio de reações de transesterificação, que, embora eficazes, apresentam um custo elevado e um processo complexo. Em contrapartida, a aplicação de microemulsões (ME) surge como uma abordagem mais promissora e acessível (MAT et al, 2018). Conforme definido por Da Silva (2015), microemulsões são sistemas termodinamicamente estáveis, opticamente transparentes, isotrópicos e de baixa viscosidade, compostos por gotículas de dimensões nanométricas dispersas em uma fase contínua de um solvente que é imiscível com a fase dispersa.

Os combustíveis microemulsionados possuem uma combustão mais limpa e eficiente do que as outras aplicações para diminuição da viscosidade dos óleos vegetais (BALCAN et al, 2014), e dentro desse campo, destacam-se os combustíveis microemulsionados livres de surfactantes, que utilizam um solvente anfifílico no lugar de um tensoativo convencional. Cientistas definem solvente anfifílico como uma substância capaz de solubilizar fases polares e apolares, atuando como surfactante em microemulsões (ERENCIA et al, 2014). Nesse contexto, álcoois são classificados como solventes anfifílicos. Um álcool em particular, atualmente avaliado para o desenvolvimento de MELS, é o 2-etyl-butanol, que é obtido como subproduto da síntese de 1-butanol pela reação de Guerbet (CUCHEN et al, 2014). Esse álcool se destaca por ser derivado de biomassa, o que confere à formulação das MELS um maior potencial de sustentabilidade e caráter ambientalmente amigável.

<sup>1</sup> Graduação em Química Industrial, Universidade Federal do Maranhão, [adryele.gomes@discente.ufma.br](mailto:adryele.gomes@discente.ufma.br)

<sup>2</sup> Doutorado, Professora do Departamento de Tecnologia Química, Universidade Federal do Maranhão, [katia.salles@ufma.br](mailto:katia.salles@ufma.br)

### REALIZAÇÃO E APOIO





# I SIMPÓSIO MULTIDISCIPLINAR SOBRE GERAÇÃO DE ENERGIA

05 A 07 DE NOVEMBRO  
SÃO LUÍS - MA

Para a análise dos sistemas emulsionados, serão elaborados diagramas ternários, os quais permitem identificar as composições ótimas para a formação desses sistemas (FURLANETTO, 2011). A partir desses diagramas, é possível determinar as faixas de composições que resultam em microemulsões miscíveis e as regiões em que essa miscibilidade não ocorre. Assim, os diagramas ternários fornecem uma visão abrangente das condições necessárias para a estabilização das microemulsões, facilitando a escolha das combinações mais adequadas para o desenvolvimento de sistemas eficazes.

## 2. Objetivos

Desenvolver microemulsões formuladas a partir de óleo vegetal e etanol, estabilizadas com 2-etyl-butanol, visando sua aplicação como combustível em motores de ciclo diesel. A pesquisa busca explorar a viabilidade dessas microemulsões como uma alternativa sustentável aos combustíveis convencionais, otimizando suas propriedades físico-químicas para garantir eficiência e estabilidade no desempenho dos motores.

## 3. Metodologia

### 3.1. Construção do Diagrama de Fases Ternário

Para obtenção dos sistemas, foram utilizados os óleos vegetais de buriti e licuri, enquanto o 2-etyl-butanol (“anfi-solvente”), um solvente anfifílico, desempenhou um papel essencial na compatibilização e estabilização das duas fases, promovendo a formação da microemulsão.

A construção dos diagramas de fases baseou-se na titulação volumétrica com pesagem analítica das proporções volumétricas, a fim de se obter as respectivas proporções mássicas.

A metodologia experimental para construção dos diagramas de fases consistiu em se preparar várias misturas nos binários etanol/óleo vegetal, em diferentes composições, previamente estabelecidas. Tais soluções foram mantidas à temperatura controlada (variações de 25°C, 20°C e 15°C), em banho ultratermostatizado. As misturas foram tituladas com 2-etyl-butanol, permitindo a observação da transição de uma solução imiscível para uma solução monofásica. As misturas foram então pesadas, e, por balanço de massa, determinou-se a nova composição do sistema, a qual representa um ponto (transição de fase) no interior do diagrama.

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1. Construção dos Diagramas de Fases Ternário

Os diagramas apresentados na Figura 1 ilustram a zona de miscibilidade dos sistemas compostos por óleos vegetais (buriti e licuri), 2-etyl-butanol e etanol a 25°C. As regiões

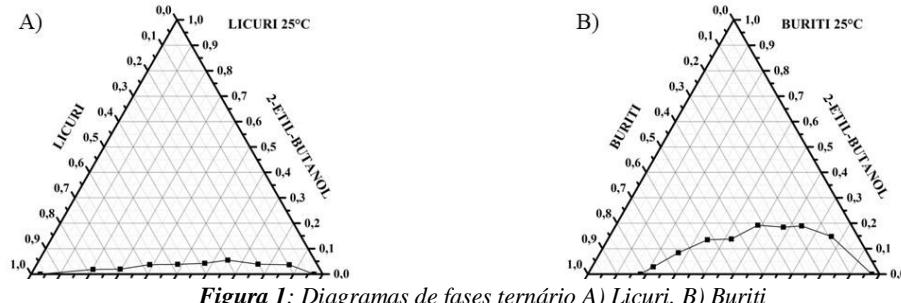


Figura 1: Diagramas de fases ternário A) Licuri, B) Buriti

REALIZAÇÃO E APOIO



PPGE

Programa de Pós-graduação em  
Energia e Ambiente

PPGDSE

PPGQUIM

FAPEMA

CAPES



# I SIMPÓSIO MULTIDISCIPLINAR SOBRE GERAÇÃO DE ENERGIA

05 A 07 DE NOVEMBRO  
SÃO LUÍS - MA

miscíveis, identificadas como microemulsões, são caracterizadas por formarem fases límpidas, translúcidas e estáveis, indicando a formação de sistemas homogêneos e termodinamicamente equilibrados.

Ao observar a figura 2, percebe-se que a maior área do diagrama representa uma região homogênea, onde ocorre a miscibilidade entre os componentes óleo, água e solvente anfifílico. Nota-se que a zona de miscibilidade do óleo de licuri é superior à do óleo de buriti. No entanto, a miscibilidade do óleo de buriti, especialmente com o 2-etyl-butanol, também se apresenta em níveis satisfatórios, superando resultados obtidos por Santos (2022). Isso permite o desenvolvimento de combustíveis microemulsionados eficazes. Essa característica indica que ambos os óleos têm potencial para aplicação em formulações de microemulsões, com propriedades adequadas para uso como combustíveis alternativos.

## 4.2. Efeito da Temperatura

Os diagramas apresentados na figura 2 ilustram a influência da temperatura (25, 20 e 15°C) na região de formação das microemulsões contendo óleo de buriti.

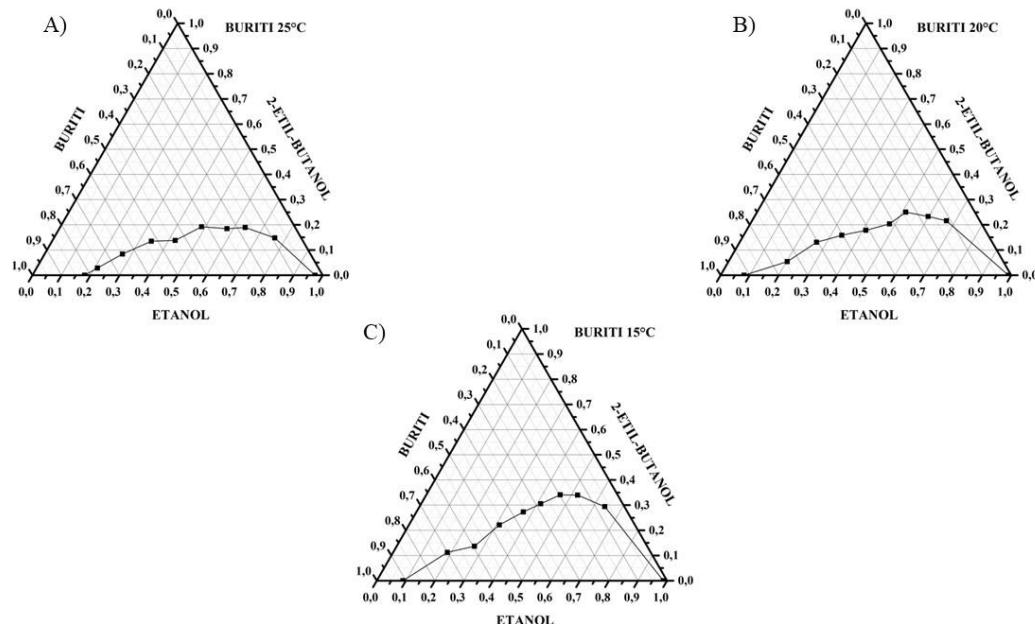


Figura 2: Diagrama de fases ternário A) Buriti 25°C, B) Buriti 20°C, C) Buriti 15°C.

REALIZAÇÃO E APOIO



PPGE

Programa de Pós-Graduação em  
Energia e Ambiente

PPGDSE

PPGQUIM FAPENa

CAPES



# I SIMPÓSIO MULTIDISCIPLINAR SOBRE GERAÇÃO DE ENERGIA

05 A 07 DE NOVEMBRO  
SÃO LUÍS - MA

Os diagramas apresentados na figura 3 ilustram a influência da temperatura (25 e 20°C) na região de formação das microemulsões contendo óleo de licuri.

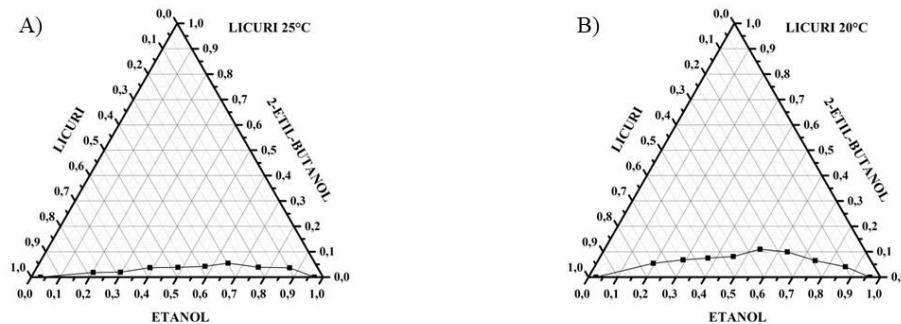


Figura 3: Diagrama de fases ternário A) Licuri 25°C, B) Licuri 20°C.

De acordo com os resultados apresentados na figura 3, observou-se um aumento progressivo na zona de imiscibilidade à medida que a temperatura diminuía. Essa influência é particularmente evidente nas regiões com maior proporção de óleo vegetal, onde o óleo e o etanol se mostraram totalmente imiscíveis às temperaturas de 20°C e 15°C.

Na figura 3, não foram apresentados resultados para a variação de temperatura na faixa de 15°C, pois o óleo de licuri solidificou ao ser exposto a essa temperatura. No entanto, a zona de miscibilidade do óleo de licuri foi satisfatória. Conforme esperado, essa mistura também apresentou um aumento na zona de imiscibilidade com a diminuição da temperatura (ATTAPHONG; SABATINI, 2013).

## 5. Conclusão

Com base nos resultados, conclui-se que tanto o óleo de licuri quanto o óleo de buriti zona de miscibilidade do óleo de licuri se mostrou superior à do óleo de buriti, embora este último também tenha exibido miscibilidade satisfatória, indicando a viabilidade de ambos os óleos em formulações de combustíveis alternativos. Assim, esses óleos vegetais representam uma opção viável para formulações de combustíveis sustentáveis, e apresentam potencial promissor para o desenvolvimento de combustíveis microemulsionados.

## 6. Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro do Programa de Formação de Recursos Humanos da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível, para o Setor Petróleo e Gás-PRH/ANP (PRH 54.1-UFMA).

## 7. Referências

- ATTAPHONG, C.; SABATINI, D. A. Phase behaviors of vegetable oil-based microemulsion fuels: The effects of temperatures, surfactants, oils, and water in ethanol. **Energy & Fuels**, v. 32, n. 1, p. 123-135, 2013.
- BALCAN, M.; MIHĂILESCU, F. C.; ANGHEL, D. F.; VĂCĂREŞTEANU, I. C.; ARICOV, L.; VASILESCU, E. L. Microemulsion systems containing diesel and colza oil as alternative fuels: Phase studies, interfacial tension and solubilization. **Fuel**, v. 117, p. 251-258, 2014.

REALIZAÇÃO E APOIO



FAPEMA

CAPES



# I SIMPÓSIO MULTIDISCIPLINAR SOBRE GERAÇÃO DE ENERGIA

05 A 07 DE NOVEMBRO  
SÃO LUÍS - MA

CUSHEN, J. D. et al. Synthesis of amphiphilic naturally-derived oligosaccharide-block-wax oligomers and their self-assembly. **ACS Macro Letters**, v. 3, n. 9, p. 839–844, 16 set. 2014.

ERENCIA, M. et al. Resolving the electrospinnability zones and diameter prediction for the electrospinning of the gelatin/water/acetic acid system. **Langmuir**, v. 30, n. 24, p. 7198–7205, 24 jun. 2014.

FURLANETTO, S.; CIRRI, M.; PIEPEL, G.; MENNINI, N.; MURA, P.; J. Pharm. Biomed. Anal. 2011, 55, 610.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 1. ed. digital, 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. cap. 4. Disponível em: [http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016\\_3\\_19/analiseddealimentosial\\_2008.pdf](http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analiseddealimentosial_2008.pdf). Acesso em: 12 de setembro de 2024.

MAT, Sharzali Che et al. Desempenho e emissões de óleos vegetais puros e suas misturas como combustível em motores diesel: uma revisão. **Revisões de Energia Renovável e Sustentável**, v. 82, p. 808-823, 2018.

SANTOS, A. B. da S. dos; SALLES, K. S. T. da S. de L.; SALLES, W. F. de L. Desenvolvimento de Combustíveis Microemulsionados Livres de Surfactantes a Base de Óleos Vegetais Regionais. In: ANAIS DO 11º CONGRESSO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS, 2022, Belém. Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2022. Disponível em: <<https://proceedings.science/pdpetro-2022/trabalhos/desenvolvimento-de-combustiveis-microemulsionados-livres-de-surfactantes-a-base?lang=pt-br>>. Acesso em: 20 Out. 2024.

SILVA, J. D. F. da; SILVA, Y. P. da; PIATNICKI, C. M. S.; BÖCKEL, W. J.; MENDONÇA, C. R. B. Microemulsões: componentes, características, potencialidades em química de alimentos e outras aplicações. **Quim. Nova**, v. 38, n. 9, p. 1196-1206, 2015.

SMITH, J.; JOHNSON, J. Energy transitions: history, requirements, prospects. 2. ed. Berlin: Springer, 2023.

REALIZAÇÃO E APOIO

