**Introdução**

Em uma sociedade globalizada, a tecnologia da informação tem contribuído cada vez mais para a melhoria da interpretação dos dados que nos cerceiam. Muitas vezes, somos incapazes de julgar o que estamos vendo devido a diversas interferências relacionadas ao meio ambiente e limitações inerentes de cada indivíduo.

Em virtude do avanço computacional recente, é possível extrair informações e valores que caracterizam o mundo através do processamento de imagens. Com isso é possível enaltecer atributos específicos de uma imagem visando a uma interpretação perfeita do conteúdo.

O processamento de imagem é, certamente, uma área em constante crescimento. Por conseguinte, o reconhecimento automático de propriedades em imagens é de suma importância para o desenvolvimento de áreas e disciplinas como, medicina, engenharia e química, dentre outras.

Neste contexto, este trabalho visa à automação de um método de análise química quantitativa em microfluídica mediante o desenvolvimento de aplicativo para smartphone. Tal dispositivo responde pelo controle da plataforma analítica e pela análise das imagens capturadas das amostras.

O método de análise quantitativa supracitado baseia-se no fenômeno da microemulsificação. Designado como MEC (microemulsification-based method), ele foi desenvolvido no Laboratório de Microfabricação (LMF/LNNano/CNPEM) em 2014.

Destaca-se a importância da automação do método MEC, caracterizado como o fenômeno de estabilização termodinâmica de dispersões, pois sistemas *point-of-use* têm se tornado uma área importante no campo das ciências analíticas quantitativas.

Desta formar, é esperado que a automação do método seja uma alternativa promissora para o desenvolvimento de tecnologias *point-of-use*, respondendo como uma plataforma eficiente, com altos níveis de reprodutibilidade, exatidão e sensibilidade, contribuindo para um melhor desempenho analítico.

**Microemulsification-based Method**

*Microemulsification-based method*, MEC, idealizado no ano de 2014 no Laboratório de Microfabricação – LMF, tem como objetivo contribuir para o desenvolvimento de tecnologias *point-of-care* – PoC.

As tecnologias PoC, são de suma importância para o campo das ciências analíticas quantitativas, pois possibilitam testes rápidos, baratos e portáteis. Além disso, ela permitir determinações *in situ*, sem a necessidade de operadores qualitativos.

# Dispersões

Dispersão pode ser definida como uma mistura de duas substâncias imiscíveis, em que partículas de uma estão dispersas na outra (1). Elas podem ser sistemas homogêneos ou heterogêneos.

Sistemas heterogêneos, são constituídos de dispersões termodinamicamente instáveis, pois a tensão interfacial é demasiada grande. Um exemplo são as emulsões, estáveis apenas cineticamente e apresenta coloração turva.

Já um sistema homogêneo, são termodinamicamente estáveis e isotropicamente translúcido. Descoberto por Hoar e Shulman no ano de 1943, eram representados como sistemas que possuíam características transparentes água em óleo, mais tarde seriam descritos como microemulsões (2). Este aspecto é somente possível devido adição de um filme interfacial de tensoativos, em outras palavras um surfactante.

Quando comparadas, é possível evidenciar aspectos fundamentais que as diferem. Uma emulsão é constituída por dispersões com diâmetro que variam entre 1 e 10 µm, sua coloração é visualmente turva. Na microemulsão, estas dimensões se mantêm em torno de 0.01 e 0.001 µm, e são opticamente transparentes (3).

Estas diferenças são resultantes da absorção gradual do surfactante – anfifílico, pelas interfaces polares – água e apolares – óleo, que gera um aumento na pressão superficial contribuindo para a expansão das gotículas presentes nas dispersões, o que implica na redução da tensão interfacial. Por conseguinte, ocorre a geração da estabilidade termodinâmica das dispersões (4). Este efeito é dado pela formula:

Onde é tensão interfacial final, tensão interfacial inicial e é dado pela somatória das pressões resultantes das interações entre os grupos das substâncias de caráter polar e apolar na fase do anfifílico (4).

Com a redução da pressão interfacial, o sistema saia de uma emulsão para uma microemulsão, resultando na estabilização do sistema pela redução da energia livre de Gibbs – representa o quanto de energia um processo dispõe, em temperatura e pressão constante, para realizar um trabalho útil. Como mostra a equação:

Em que o resultante é, dada pela multiplicação da tensão interfacial pela área interfacial .

# MEC

*Microemulsification-based method,* MEC, consiste na utilização do fenômeno da microemulsificação como técnica de análise quantitativa para determinações precisas ou preliminares, mediante detecção óptica (4).

As microemulsões são constituídas por meio do efeito da variação do analito – substância alvo em um ensaio, sobre a entropia das dispersões. Assim a formação de uma microemulsão está diretamente ligada ao volume mínimo de um anfifílico necessário para a estabilização da solução.

A fração volumétrica mínima de anfifílico necessária para a estabilização do sistema expressa a resposta analítica do MEC, também chamado de ΦME. Esta medida é caracterizada por uma informação binária, sendo a transição turvo-transparente.

Esta característica peculiar das dispersões, conversão emulsão para microemulsões, permite determinações analíticas precisas, por meio de detecção óptica, uma vez que o sistema passa de um estado visual turvo/branco para transparente/translúcido.

# Rotina analítica

O protocolo experimental do MEC pode variar dependendo da natureza do solvente das amostras reais, de forma que o analito pode estar presente em quaisquer fases.

Em um processo convencional de batelada, levando em consideração que o agente dispersante da amostra é o anfifílico, a mistura das fases polar e apolar são preparadas com razões volumétricas específicas em tubos Eppendorf®. Em seguida são adicionados, com o auxílio de micropipetas, frações de anfifílico até formar uma microemulsão.

A quantidade mínima de anfifílico para gerar uma microemulsificação é chamada ΦME, que representa a resposta analítica do método MEC. Este valor refere-se ao monitoramento da turbidez do sistema, a transparência implica em microemulsificação.

# Aplicações

O método MEC pode ser aplicado para quantificar as mais diversas espécies em uma amostra.

Neste tópico serão apresentados algumas das aplicações deste método no âmbito comercial.

## Diagnóstico de monoetilenoglicol em gás natural liquefeito

O MEC foi usado para determinar o teor de monoetilenoglicol – MEG, em amostras de gás natural liquefeito.

Quando o Gás Natural Liquefeito – GNL é extraído dos poços submarinhos e transportados para as plataformas ou navios offshore, alguns resíduos sólidos são gerados nas tubulações. Estas substâncias são chamadas de hidratos, e se não removidas podem entupir os dutos.

Para evitar que os tubos se danifiquem com a formação dos hidratos, são adicionadas porções de MEG no combustível. Entretanto, este produto é um contaminante e precisa ser retirado do gás. A Petrobras, por meios de processos químicos faz a remoção do MEG presente no GNL.

O problema situa-se nos processos que quantificam a eficiência dos processos que retiram o MEG do GNL. As análises convencionais duram horas e utilizam diversos reagentes químicos, o MEC é capaz de realizar a mesma análise em menos de 10 minutos.

O MEG é um produto que fica dissolvido em um meio líquido composto por água, ácidos e outros. Com a adição do ácido oleico, na fase polar que contém amostras de MEC, é gerado uma dispersão. Como visto nos tópicos supracitados, para que haja uma interação entre fases opostas é preciso incorporar um surfactante, neste caso o etanol. Desta forma, é acrescentado à mistura o etanol sob agitação vigorosa até obter a estabilização das fases. A quantidade de MEG é determinada a partir da quantidade de etanol acrescentada para obtenção da microemulsificação.

## Etanol em vinho de cana de açúcar

Atualmente o etanol é um dos combustíveis mais produzidos no mundo, ele é um álcool derivado de fontes renováveis como a cana de açúcar, milho e beterraba. É fabricado a partir do processo de fermentação, sendo que esta etapa é fundamental para a produção de biocombustível, pois qualquer alteração neste procedimento implica em interferências na ação das leveduras.

Em virtude disto, o monitoramento das concentrações de etanol em amostras de caldo fermentado de cana de açúcar, é de suma importante para detectar resultantes insatisfatórias durante o processo de fabricação (4). No entanto, amostras de caldo de fermentação e vinho são complexas, o que requer geralmente o uso de métodos indiretos.

Como um novo desafio, foi aplicado o método MEC para diagnósticos de etanol em caldo fermentado de cana de açúcar, os resultados obtidos foram precisos e satisfatórios.

## Automatização do MEC em microfluídica

A microfluídica pode ser definida como a ciência e tecnologia de sistemas que processam e manipulam pequenos conjuntos de fluidos – 10-9 a 10-18 litros, em canais com dimensões que variam de dez a cem micrometros (WHITESIDES, 2006).

Nos primórdios das análises com o método MEC, para a obtenção de uma microemulsão eram utilizados micropipetas e tubos Eppendorf® em processos de batelada, entretanto, não era possível o monitoramento contínuo e automático. Neste ínterim, foram incorporados *chips* microfluídicos aos procedimentos de execução do MEC.

Com auxílio do dispositivo microfluídico, além de gerar as requeridas microemulsificações e manter um processo contínuo, é possível realizar a mistura das substâncias por meio de processos turbulentos.

## Microfabricação dos *chips*

Estes dispositivos são produzidos com polímeros elastoméricos, geralmente PDMS. O processo de fabricação é constituído de duas etapas: polimerização e remoção do scaffold.

Para a construção do *chip* é utilizado uma molde de alumínio com três orifícios em um lado e um no outro. Dentro desses três furos são inseridos fios de nylon, fixados em agulhas que servem de suporte, estes se unem no orifício contraposto, após serem trançados manualmente até alcançar aproximadamente 15 mm de comprimento.

O motivo pelo qual os fios foram enrolados, é para que os simples canais que conduzem o fluido se transformem misturadores eficientes, causando uma maior turbulência para a mistura das fases.

Depois de construída a estrutura prévia, o PDMS juntamente com o agente de cura, são despejados sobre a peça de alumínio até a borda. Em seguida, o *chip* é levado para a estufa a 95 °C por 40 minutos – tempo necessário para a cura do PDMS.

Nesta fase para que o nylon se descole das paredes da estrutura de PDMS é aplicada uma leve tensão sobre o fio, seguida de movimentos de rotação e translação para retirada do nylon do PDMS.

Finalmente, após a remoção dos fios e da estrutura de alumínio, o *chip* é levado novamente para à estufa a 120 °C por 20 minutos para completar as reações de *crosslinking* do PDMS.

Por ser um dispositivo de peça única, a força de adesão é extremamente elevada, logo, é possível gerar um regime turbulento aplicando vazões elevadas, que são alcançados por meio de bombas seringas.

**Referências**

1 - <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/12535/12535_3.PDF>

2 – <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/Cien_Farm/article/viewFile/1420/1048>

3 - <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/12535/12535_3.PDF>

4 – Relatório fapesp Renato