

6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

ANÁLISE DO PERFIL DA SEPARAÇÃO DE BIODIESEL E GLICERINA EM DOIS DIFERENTES MODELOS DE HIDROCICLONE

AUTORES:

Marina Fontes da Cunha Sousa – Marcos Luciano Barreto – Mikele Cândida Souza Sant’Anna –
Lidiane Costa Macedo – Gabriel Francisco da Silva

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal de Sergipe – Departamento de Engenharia Química – Laboratório de Tecnologias Alternativas

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 6º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 6º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 09 a 13 de outubro de 2011, em Florianópolis-SC. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor (es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 6ºPDPETRO.

ANALISE DO PERFIL DA SEPARAÇÃO DE BIODIESEL E GLICERINA EM DOIS DIFERENTES MODELOS DE HIDROCICLONE

Abstract

Biodiesel is one of the important alternatives to replace fossil fuels, so one studies the possibility to optimize the use of hydrocyclones in the purification of biodiesel and glycerin. The objective of this study is to analyze the profiles of the biodiesel/glycerin separation by using two different types of hydrocyclones: a geometry proposed by our research group and a well known and referenced geometry, the Staimand. The simulation was conducted using ANSYS CFX software package, version 12.0. The results show that those separators can be an alternative to the separation process of the biodiesel/glycerin mixture. The Staimand hydrocyclone showed the best results for the purification of biodiesel and glycerin.

Introdução

A indústria de biodiesel ao longo dos anos vem crescendo como um potencial para a produção de energia, reduzindo assim a dependência das importações do petróleo e aumentando a participação de fontes limpas e renováveis na matriz energética do país.

O biodiesel pode ser obtido a partir de diferentes processos, tais como craqueamento, esterificação e transesterificação,. Esta última, mais utilizada, consiste na reação de um óleo vegetal, ou gordura animal, com um álcool na presença de um catalisador. Desse processo, também se extrai a glicerina, empregada na fabricação de sabonetes e diversos outros cosméticos.

A separação biodiesel/glicerina geralmente é feita através da decantação, utilizando-se um funil de separação, porém às vezes se torna um processo demorado e pouco eficiente. Diante disso, tem-se estudado métodos mais rápidos e eficientes a fim de otimizar essa separação.

Originalmente, os hidrociclones foram desenhados para promover a separação de sólido-líquido (CASTILHO; MEDRONHO, 2000), porém hoje eles são usados para separação sólido-sólido (KLIMA; KIM, 1998), líquido-líquido (SMYTH; THEW, 1996) e gás-líquido (MARTI, 1996).

Segundo Barrozo et al. (1992) o princípio de separação dos hidrociclones é o mesmo das centrífugas, proporcionado pela sedimentação centrífuga, por meio da qual as partículas em suspensão são submetidas a um campo centrífugo que provoca sua separação do fluido. De forma distinta das centrífugas, os hidrociclones não apresentam partes móveis, requerendo baixo custo de instalação e manutenção e são simples de operar.

A separação das partículas (fase dispersa) do líquido (fase contínua) tem por base a diferença de densidade entre as fases, e a separação depende profundamente do tamanho das partículas.

Segundo Grady et al. (2003), a geometria básica de um hidrociclone consiste em quatro partes: seção de entrada da alimentação, seção cônica de redemoinho, tubo de overflow, tubo de underflow. O fluido entra no hidrociclone tangencialmente girando com intensidade na seção cônica. Esse redemoinho, combinado com a diferença de densidade entre as duas fases, causa a separação da fase dispersa da fase contínua. A fase menos densa migra para o eixo do hidrociclone, onde o gradiente de pressão reverso provoca a saída deste fluido através do overflow. A fase mais densa migra em direção à parede do hidrociclone, onde eventualmente sai através do underflow.

Conforme Svarovsky (1984), o uso de hidrociclones para a separação líquido-líquido tem sido testado com experimentos e estudado há algum tempo. Devido ao regime turbulento transiente conduzir à tensão cisalhante máxima, mudanças no projeto do hidrociclone padrão têm sido feitas no sentido de adequar a geometria a diferentes tipos de condições na operação.

Pela dificuldade técnica de monitoramento dos parâmetros do processo, uma opção viável é a utilização de programas de simulação. Segundo Maliska (1995), a fluidodinâmica computacional (CFD) é capaz de prever comportamentos de escoamento de fluidos, de transferência de calor e de massa, das reações químicas e dos fenômenos relacionados, resolvendo as equações matemáticas que governam estes processos a partir de um algoritmo numérico. CFD trabalha resolvendo as equações de escoamento do fluido sobre uma região de interesse, com condições iniciais e de contorno conhecidas.

Os métodos de simulação para hidrociclones são baseados em dados experimentais, modelos teóricos ou uma combinação dos dois. Esses modelos são formados por um conjunto de equações de projeto, que têm suas limitações próprias para cada sistema específico no desenvolvimento do modelo usual.

O atual trabalho tem como objetivo modelar, simular e comparar dois modelos de hidrociclones, assim como analisar o perfil de separação biodiesel/glicerina provenientes de um processo de transesterificação.

Metodologia

Realizaram-se simulações para analisar o perfil de separação de biodiesel e glicerina em dois diferentes modelos de hidrociclones.

O software comercial utilizado foi o ANSYS CFX 12.0, que utiliza o método dos volumes finitos para a simulação numérica. Nesta técnica, a região de interesse é dividida em pequenas sub-regiões, chamadas de volumes de controle. As equações de conservação são discretizadas e resolvidas iterativamente para cada volume de controle, obtendo-se como resultado uma aproximação do valor de cada variável em pontos específicos do domínio (MIRANDA et al, 2010).

As simulações foram realizadas em um computador com configuração básica de processador de dois núcleos de 2,10 GHz da Intel (Core i3) e memória RAM de 3 Gb.

Foram desenhadas duas geometrias, uma proposta pelo grupo de pesquisa e um modelo conhecido na literatura.

A) Hidrociclone proposto

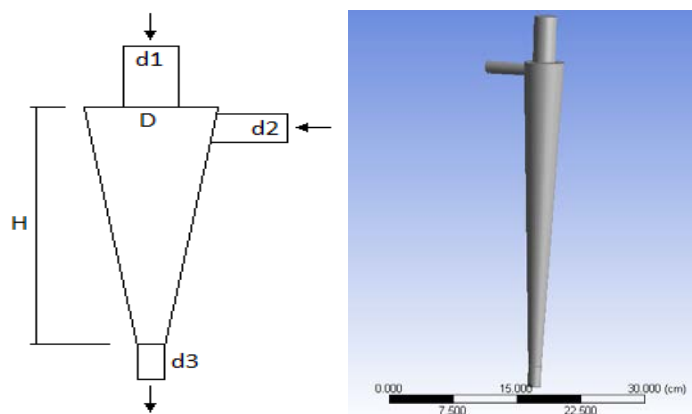


Figura 1: Geometria do hidrociclone proposto

As dimensões utilizadas foram (cm): $D = 4,75$, $H = 38$, $d_1 = 2,67$, $d_2 = 1,52$ e $d_3 = 1,57$.

B) Hidrociclone Staimand

As dimensões utilizadas na construção desta geometria foram citadas por Miranda *et al*, 2010.

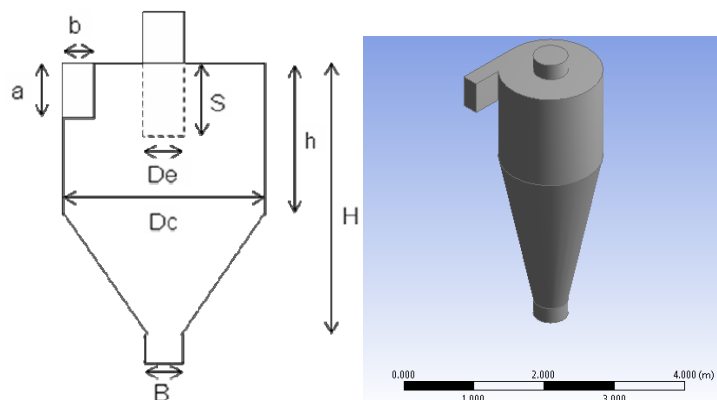


Figura 2: Geometria do Staimand

Os dados da glicerina já são cedidos pelo banco de dados do ANSYS. Sendo que a massa molar média do biodiesel foi 305,03 g/mol e a densidade 0,87 g/cm³ (BUENO *et al*, 2007). A viscosidade utilizada foi de 52,6 Pa.s. A corrente de alimentação foi composta de 90% de fração volumétrica de biodiesel e 10% de fração volumétrica de glicerina. A velocidade de entrada da mistura foi de 5 m/s e a temperatura do sistema foi 30°C.

Foi utilizada uma malha de estrutura tetraédrica com prismas nas paredes do domínio. Foram realizados testes da independência da malha utilizando três malhas com níveis de refinamento crescente. Diz-se que há independência de malha quando os resultados obtidos com refinamento numérico não apresentam diferenças significativas em relação a resultados obtidos por uma malha ainda mais refinada.

A obtenção do refino das malhas foi devida à utilização de recursos como inflation boundary, que refina a malha próximo às paredes e *body spacing* que aumenta o número de elementos no hidrociclone.

A) Refinamento da malha do hidrociclone proposto:

A Figura 3 apresenta o refino das malhas do hidrociclone proposto. Os dados estatísticos das malhas refinadas geradas no simulador são apresentados na Tab. 1.

Tabela 1: Estatística das malhas

Malha	Volumes de controle	Tetraedro	Pirâmide	Prisma	Numero Total de Elementos
1	21143	31937	516	27576	59959
2	49491	88730	439	61415	150584
3	134618	333007	29	140345	473381

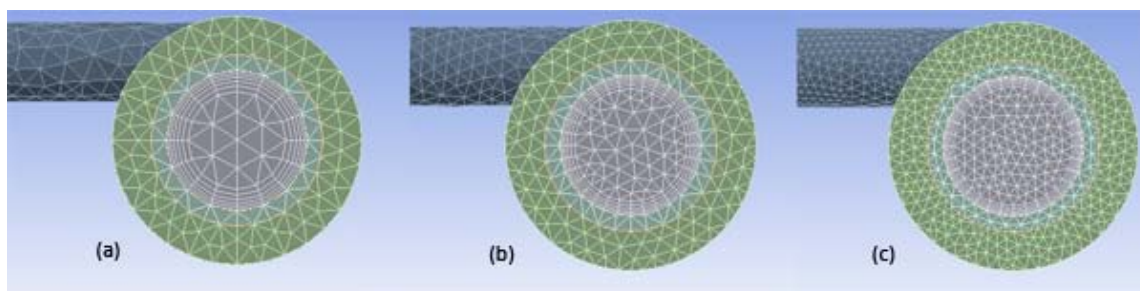


Figura 3: Desenho demonstrativo do refino das malhas: (a) malha 1; (b) malha 2; (c) malha 3.

Para analisar a melhor malha, foi observado o perfil de velocidade tangencial da entrada da mistura no meio do tubo ao longo da direção radial, já que essa velocidade determina o campo centrífugo no interior do hidrociclone, ou seja, o poder de mistura do equipamento.

A Figura 4 ilustra o gráfico da velocidade tangencial em função do raio do hidrociclone, para as diferentes malhas testadas. As curvas dos testes 2 e 3 estão bem próximas, quase coincidentes. Optou-se, então, pela malha 2 em virtude de a mesma apresentar um menor número de elementos.

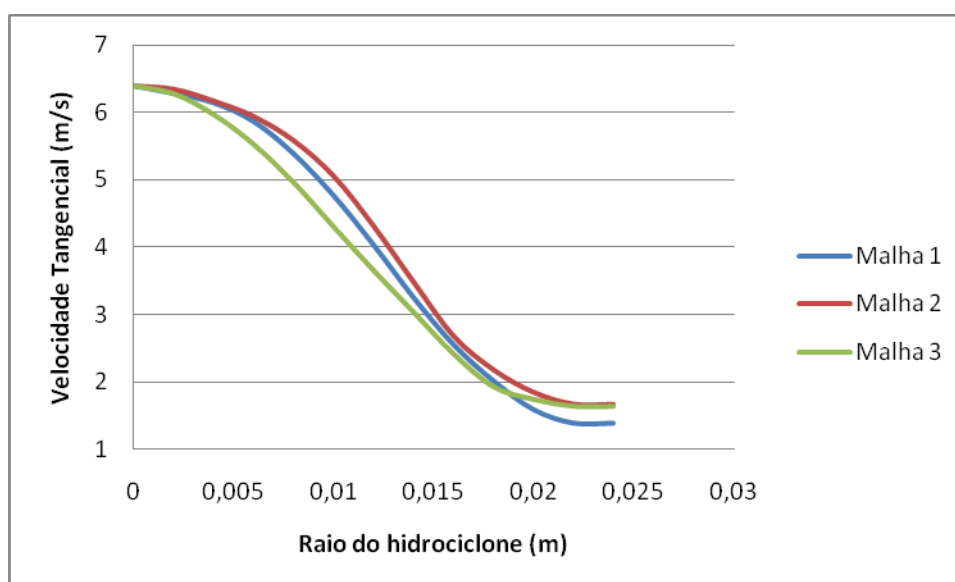


Figura 4: Gráfico da velocidade tangencial da entrada da mistura em função do raio.

B) Refinamento da malha do hidrociclone Staimand:

Os dados estatísticos das malhas refinadas geradas no simulador são apresentados na Tab. 2.

Tabela 2: Estatística das malhas refinadas

Malha	Volumes de controle	Tetraedro	Pirâmide	Prisma	Numero Total de Elementos
1	4664	8807	188	5198	14193
2	12624	31500	219	12385	44104
3	82932	302127	386	54616	377129

Para o hidrociclone Staimand também optou-se pela malha 2 em virtude de a mesma apresentar um menor número de elementos, o procedimento para a escolha da malha foi igual ao já descrito para o hidrociclone proposto.

A simulação foi realizada a fim de verificar os perfis de separação desses dois modelos de hidrociclone. Todas as simulações foram realizadas seguindo as mesmas condições, estas estão descritas na Tabela 3. As simulações foram do tipo escoamento em regime permanente. Foram adotadas 1000 iterações, a fim de obter uma convergência para RMS (Root Mean Square) menor que 10^{-4} . O tempo médio das simulações foi de 5 horas.

Tabela 3 - Condições das Simulações

Configuração	Valor
Regime	Turbulento
Modelo de Turbulência	Shear Stress Transport
Resíduo	10^{-4}

Resultados e Discussão

Após a análise das simulações, foi observado que a separação foi satisfatória nos dois modelos de hidrociclone. Logo o hidrociclone pode ser utilizado para a separação de biodiesel e glicerina, para que esta separação seja mais eficiente é necessário fazer um estudo mais detalhado revendo a possibilidade de alterar os valores das dimensões.

a) Para o hidrociclone proposto

Os resultados podem ser visualizados através das Figuras 5, a qual ilustra a saída diluída (biodiesel) e a saída concentrada (glicerina), respectivamente. Na Saída diluída a velocidade do biodiesel foi de 1,30749 [m/s] e a fração volumétrica foi de 0,980815, para a saída concentrada a velocidade da glicerina foi de 3,28176 [m/s] e a fração volumétrica foi de 0,0617486.

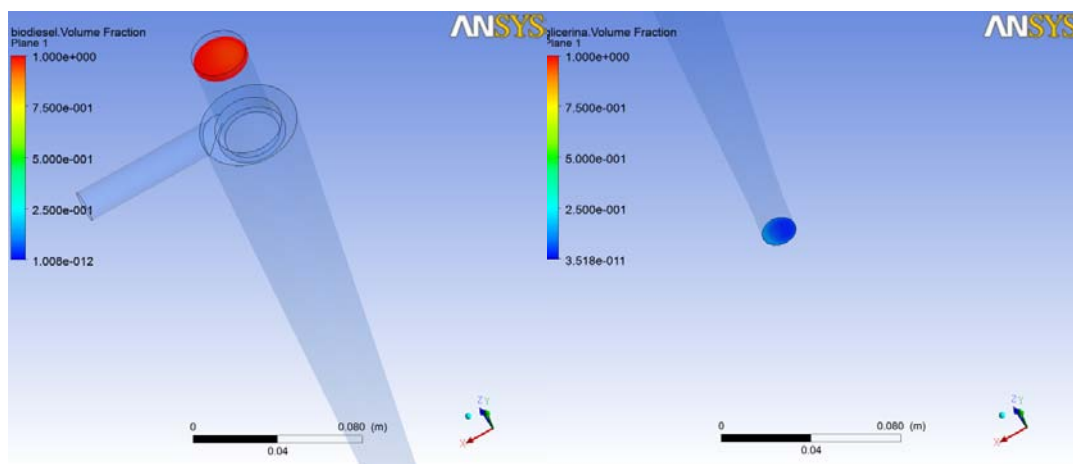


Figura 5: Saída diluída e saída concentrada, respectivamente.

b) Para o hidrociclone Staimand

A Figura 6 ilustra a saída diluída (biodiesel) e a saída concentrada (glicerina), respectivamente. Na saída diluída a velocidade do biodiesel foi de 1,89288 [m/s] e a fração volumétrica foi de 0,913778, para a saída concentrada a velocidade da glicerina foi de 1,52748 [m/s] e a fração volumétrica foi de 0,10043.

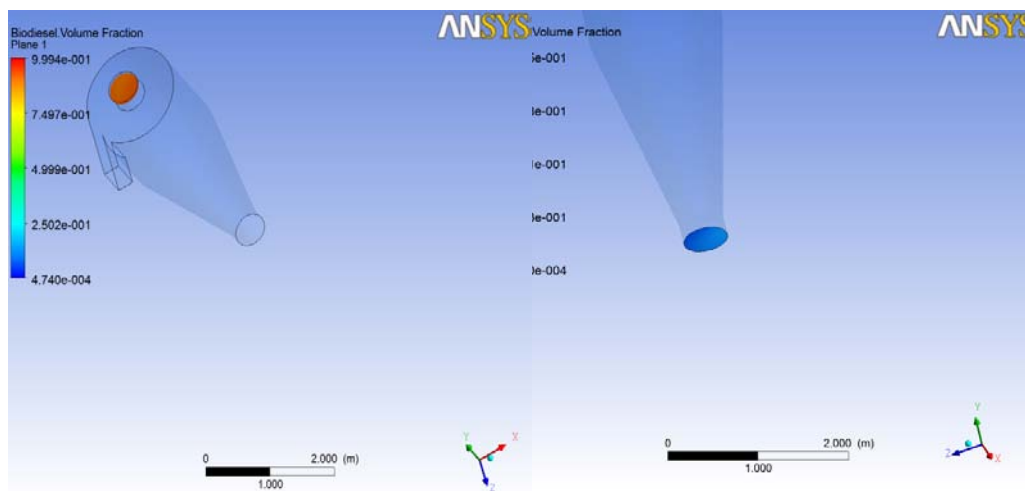


Figura 6: Saída diluída e saída concentrada, respectivamente.

Através dos valores obtidos nas saídas do separador, pode-se observar que a separação no hidrociclone Staimand foi melhor e mais próxima dos valores utilizados para as frações de entrada.

É importante destacar que as simulações utilizaram o modelo de turbulência SSG, pois este é o que melhor representa o escoamento em hidrociclones.

Conclusão

Concluiu-se que os dois modelos de hidrociclones apresentaram uma separação de biodiesel e glicerina satisfatória, porém, para o modelo Staimand, nas condições propostas, a separação foi mais eficiente.

O estudo desses separadores é de fundamental importância para o processo de produção de biodiesel por rota contínua. Novos trabalhos serão propostos com o objetivo de melhorar a geometria e otimizar a separação.

Referências

- BARROZO, M.A.S.; DAMASCENO, J.J.R.; LANNA, A.E. Estudo do desempenho de um hidrociclone filtrante. Revista Ciência & Engenharia, Uberlândia, v.1, p.175-86, 1992.
- BUENO, L. S. R., VELASQUEZ, J. A., MOURA, L. M. Utilização de Modelo Matemático para Estimar Viscosidade de Misturas de Óleo Diesel e Biodiesel. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba/PR, Brasil, 2007.
- CASTILHO, L.R.; MEDRONHO, R.A. A simple procedure for design and performance prediction of Bradley and Rietema hydrocyclones. Minerals Engineering. Amsterdam, v.13, n.2, p.183-191, 2000.
- GRADY, S. A.; WESSON, G. D.; ABDULLAH, M.; KALU, E. E. Prediction of 10mm hydrocyclone separation efficiency using computational fluid dynamics. Filtration & Separation, p 41-46, 2003.

- KLIMA, M.S.; KIM, B.H. Dense-medium separation of heavy- metal particles from soil using a wide-angle hydrocyclone. *Journal of Environmental Science and Health*, London, v.33, p.1325-1340, 1998.
- MALISKA, C. R. Transferência de calor e mecânica dos fluidos computacional. Fundamentos e coordenadas generalizadas, LTC – Livros Técnicos e Científicos, Editora S. A., Rio de Janeiro, 1995.
- MARTI, S. Analysis of gas carry-under in gas-liquid cylindrical cyclones. In: Claxton, D.; Svarovsky, L.; Thew, M.T. (eds.). *Hydrocyclones*. London: London & Bury Saint Edmunds, 1996. p.399-421.
- MIRANDA, C.B.N., Duque , G.W.D., Silva, J.A., Teixeira, F.N., Simulação numérica do escoamento em um ciclone separador usando CFD, in: 9º Simpósio de Mecânica Computacional, Universidade Federal de São João Del-Rei, São João Del-Rei/MG, Brabsil, 2010.
- SMYTH, I.C.; THEW, M.T. A study of the effect of dissolved gas on the operation of liquid-liquid hydrocyclones. In: Claxton, D.; Svarovsky, L.; Thew, M.T. (eds.). *Hydrocyclones*. London: London & Bury Saint Edmunds, 1996. p.357-368.
- SVAROVSKY, L. *Hydrocyclones*. New York: Holt, Rinehart and Winston , 1984.