

# SIMULAÇÃO DE UM VASO SEPARADOR HORIZONTAL TRIFÁSICO COM DEFLETOR EM FORMATO L

*Data de submissão: 08/08/2024*

*Data de aceite: 26/08/2024*

### **Jéssica Barbosa da Silva do Nascimento**

Universidade Estadual de Santa Cruz  
Ilhéus - BA  
<http://lattes.cnpq.br/9140642864690654>

### **Severino Rodrigues de Farias Neto**

Universidade Federal de Campina Grande  
Campina Grande -PB  
<http://lattes.cnpq.br/5029314237107938>

### **Boniek Evangelista Leite**

Instituto de Química – Universidade de  
Brasília, Brasília -DF  
<http://lattes.cnpq.br/4452415926170275>

### **Alysson Dantas Ferreira**

Universidade Federal de Campina Grande  
Campina Grande -PB  
<http://lattes.cnpq.br/3415847633690777>

**RESUMO:** Os separadores são equipamentos utilizados para separar a mistura multifásica proveniente dos poços produtores na etapa de processamento primário. Portanto, é de fundamental importância possuir modelos matemáticos capazes de representar seus fenômenos, de modo a possibilitar a otimização desses processos. Neste contexto, o presente

estudo teve como objetivo simular o comportamento do fluido multifásico no interior de um separador com um defletor com geometria em formato L, na qual tanto a haste vertical, quanto a haste horizontal fossem perfuradas e modeladas como meio poroso. Para tanto, empregou-se uma abordagem euleriana-euleriana, sendo representado pelo modelo multifásico Volume de Fluido (VOF) em fluidodinâmica computacional (CFD) para descrever o comportamento e a interação das fases. Simulou-se cenários em que se variou a presença do defletor, bem como a velocidade de entrada do fluido. Os resultados numéricos obtidos mostraram o comportamento da fase gasosa, da água e do óleo nos cenários estudados. Portanto, os resultados representaram de forma satisfatória o comportamento da fluidodinâmica do gás, óleo e da água no processo de separação das fases no vaso separador. A utilização de um defletor perfurado em L, sem a presença de placas perfuradas, contribuiu na redução da presença de líquidos na região de separação do vaso separador horizontal trifásico.

**PALAVRAS-CHAVE:** CFD, VoF, Projeto, Separação

## SIMULATION OF A HORIZONTAL THREE-PHASE SEPARATOR WITH AN L-SHAPED DEFLECTOR

**ABSTRACT:** Separators are equipment used to separate the multiphase mixture from production wells during the primary processing stage. Therefore, it is crucial to have mathematical models capable of representing their phenomena to optimize these processes. In this context, the present study aimed to simulate the behavior of the multiphase fluid inside a separator with an L-shaped baffle, where both the vertical and horizontal baffles were perforated and modeled as a porous medium. To achieve this, a Eulerian-Eulerian approach was employed, represented by the Volume of Fluid (VOF) model in computational fluid dynamics (CFD) to describe the behavior and interaction of the phases. Scenarios were simulated with varying baffle presence and fluid inlet velocity. Therefore, the results satisfactorily represented the behavior of the fluid dynamics of gas, oil and water in the process of phase separation in the separator vessel. The use of an L-shaped perforated deflector, without the presence of perforated plates, contributed to the reduction of the presence of liquids in the separation region of the three-phase horizontal separator vessel.

**KEYWORDS:** CFD, VoF, Design, Separation

### INTRODUÇÃO

Segundo os dados da BP (2021) o petróleo continua na liderança da matriz energética mundial, e contribui significativamente para a produção dos derivados combustíveis e não combustíveis visando atender as demandas da sociedade. Para que esse recurso energético seja processado, ele passa por etapas de exploração, produção e transporte, até chegar nas Refinarias.

Durante a produção se faz necessário a separação primária dos fluidos provenientes dos reservatórios, que ocorre em separadores multifásicos. Os vasos separadores de pressão são localizados imediatamente após a cabeça do poço, e podem ser verticais ou horizontais, assim como bifásicos ou trifásicos. Os Separadores horizontais que operam na separação das fases óleo, gás e água são denominados de trifásicos e são bastante utilizados principalmente em função de apresentarem a seu comprimento horizontal que permite uma maior área interfacial de separação, contribuindo para decantação dos fluidos, quando comparado a separadores verticais (Mokhatab et al., 2006).

No entanto, mesmo diante das vantagens apresentadas pelos separadores horizontais é possível problemas operacionais, que podem reduzir a eficiência de separação, tais como a formação de regiões de recirculação e mistura, que se propagam para a região de separação e reduzem a eficiência de separação do equipamento, pois favorece o arraste de líquidos (água e óleo) pelo gás, ou da água pelo óleo, por exemplo.

Para dimensionar adequadamente um separador trifásico, se faz necessário o conhecimento dos processos que envolvem a separação multifásica, o comportamento do escoamento dos fluidos, as propriedades da corrente de alimentação, assim como as condições operacionais (Ahmed et al., 2017; 2019). Ainda, têm-se que o dimensionamento

de um vaso separador horizontal baseia-se tanto na estimativa do seu comprimento e diâmetro externos, assim como no dimensionamento e definição do arranjo estrutural dos dispositivos internos. A literatura científica aponta métodos semi-empíricos (Monnery e Svrcek, 1994; Arnold e Stewart, 2008) que calculam as dimensões externas do equipamento. Já de acordo Yu et al. (2012) e Oshinowo et al. (2014) para melhorar a eficiência de separação e ao mesmo tempo reduzir as dimensões gerais do vaso, diferentes dispositivos internos podem ser selecionados e instalados para promover a separação gás/líquido e líquido/líquido, uma vez que possuem uma grande influência nos aspectos omitidos pela modelagem semi-empírica. Dispositivos internos são equipamentos ou partes estruturais que compõem a configuração geométrica interna do vaso separador, e podem possuir diferentes design estrutural e posicionamento dentro do equipamento. São exemplos de dispositivos internos, os defletores do tipo placa plana, os ciclônicos (cyclonic momentum breakers), placas coalescedoras (coalescing plates), chicanas/placas defletoras sólidas e perfuradas, chicanas/placas para quebrar espuma ou ondas, chicanas entre as saídas de óleo e água (*weirs*), extratores de névoa (Nascimento, 2023).

Considerando que as zonas de recirculação e a turbulência são problemas que podem afetar a eficiência de separação, analisar a dinâmica interna dos fluidos é muito relevante. E, entendendo que as maiores velocidades são observadas durante a entrada dos fluidos no equipamento, a inserção de dispositivos internos de entrada é uma solução já conhecida no estudo de separadores. No entanto, dentre os internos existentes, se faz necessário avaliar quais melhores configurações geométricas, posicionamento, tamanho, entre outros aspectos podem promover uma melhor atenuação da velocidade dos fluidos e impedir a propagação da mistura para a região de decantação do vaso. Os estudos apresentados por Lu et al. (2007), Efendioglu et al. (2014), Yayla et al. (2017, 2018), Nascimento (2017); Ghaffarkhah et al. (2018 a, b), Yu et al. (2012) e Kharoua et al. (2013, 2012 a, b) avaliaram o posicionamento e influência de distintos defletores, tais como os dos tipos placa plana, defletores semicírculo, em forma de palhetas (vane), placas perfuradas e com uso de ciclones. No entanto, nos trabalhos ora reportados não foi avaliado a influência de um defletor com geometria em formato L, na qual tanto a haste vertical, quanto a haste horizontal fossem perfuradas e modeladas como meio poroso. Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar de forma qualitativa a influência do defletor em L na dinâmica do escoamento trifásico em um vaso separador horizontal, usando Fluidodinâmica Computacional (CFD).

## **METODOLOGIA**

As etapas do desenvolvimento do trabalho consistiram na definição e construção da geometria, e da malha numérica, definição da modelagem matemática, simulação dos casos usando Fluidodinâmica Computacional (CFD) e análise dos resultados.

## Geometria e Malha

Para construção da geometria e malha do separador horizontal trifásico tomou-se como base o equipamento estudado por Kharoua et al. (2013). Foi realizada uma adaptação na geometria interna do equipamento com o objetivo de avaliar especificamente a influência do defletor em formato L na dinâmica do escoamento, mantendo-se assim apenas o *weir* da geometria original. Neste sentido, a geometria do separador em estudo possui um defletor em formato L invertido com porosidade de 70% tanto em sua haste vertical, quanto em sua haste horizontal e um *Weir* como pode ser observado na Figura 1. A malha numérica está representada nas 2 e 3. Na Figura 3 é possível observar o destaque do defletor em L na região de entrada e o *weir* na região de separação água/óleo.



Figura 1- Geometria do vaso separador trifásico com defletor em L

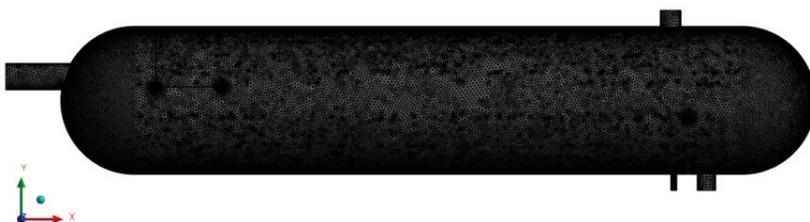


Figura 2 - Malha do vaso separador trifásico com defletor em L

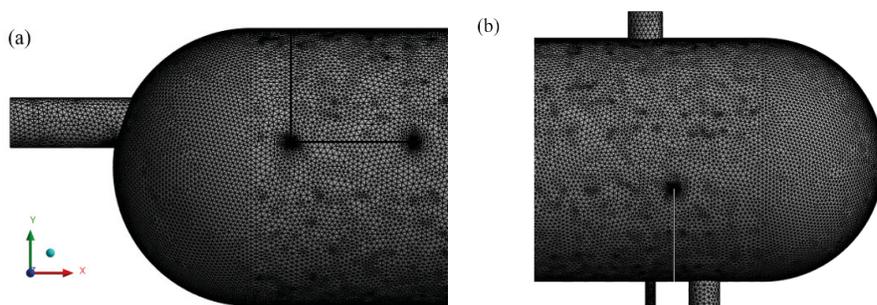


Figura 3- (a) Destaque do defletor em L na região de entrada e (b) o *weir* na região de separação água/óleo

A Tabela 1 indica o dimensionamento externo do separador trifásico.

Região	Valores [mm]
Diâmetro do vaso (D)	3400
Comprimento do vaso (L)	14000
Diâmetro do bocal de entrada	610
Diâmetro do bocal de saída - gás	482,6
Diâmetro do bocal de saída – óleo	431,8
Diâmetro do bocal de saída – água	139,5

**Tabela 1** Dimensionamento externo do vaso separador horizontal

Fonte: Adaptado de Kharoua et al., 2013

## Modelagem matemática e simulação

O escoamento trifásico turbulento tridimensional no interior do vaso separador horizontal trifásico é baseado na abordagem euleriana-euleriana, sendo representado pelo modelo multifásico Volume de Fluido (VOF) e pelo modelo de turbulência padrão. As equações governantes são a Equação da Continuidade (Equação 1) e a equação da quantidade de movimento (Equação 2) para a mistura.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial (\rho \mathbf{u})}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u} \mathbf{u}) = -\nabla p + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau} + \rho \mathbf{g} + \mathbf{T}_\alpha + \mathbf{S}_{gs} \quad (2)$$

onde  $\rho$ , e  $\mathbf{u}$  são, respectivamente, a densidade e a velocidade da mistura. A força gravitacional é representada por  $\mathbf{g}$ , e  $p$  é a pressão.

### *Condições de Contorno, propriedades dos fluidos e casos analisados*

Como condição inicial, estabeleceu-se que metade do vaso estava preenchido com líquido e a outra metade com gás. As condições de contorno, propriedades dos fluidos e as principais características dos casos analisados são indicados nas Tabelas 2, 3 e 4, respectivamente.

Fluido	Fração de volume das fases	Pressão na saída (bar)
Gás	0,92	17,2
Óleo	0,06	17,26
Água	0,02	17,38

**Tabela 2-** Condições de contorno

Fonte: Kharoua et al., 2013b

Fluido	Densidade [kg/m <sup>3</sup> ]	Viscosidade [kg/ms]	Tensão Superficial [N/m]
Gás	17.58	1.1e-5	2.1e-2
Óleo	813.46	2.3e-3	6.5e-2
Água	1015.10	1.1e-3	4.1e-3

**Tabela 3-** Propriedades dos fluidos

Fonte: Kharoua et al., 2013b; Ghaffarkhah et al., 2018b

Casos	Descrição
Caso 1 (Nascimento, 2023)	Geometria com ausência de dispositivo de entrada Modelo Multifásico: VOF com captura de interface <i>sharp-dispersed</i> Porosidade das placas perfuradas: 40% Velocidade de entrada: 7,49 m/s Regime Permanente
Caso simulado 2	Geometria com defletor em formato L Porosidade do defletor: 70% Modelo Multifásico: VOF com captura de interface <i>sharp-dispersed</i> Ausência de placas perfuradas Velocidade de entrada: 7,49 m/s Regime Permanente
Caso simulado 3	Geometria com defletor em formato L Porosidade do defletor: 70% Modelo Multifásico: VOF com captura de interface <i>sharp-dispersed</i> Ausência de placas perfuradas Velocidade de entrada: 10,49 m/s Regime Permanente

**Tabela 4** - Casos analisados

## RESULTADOS

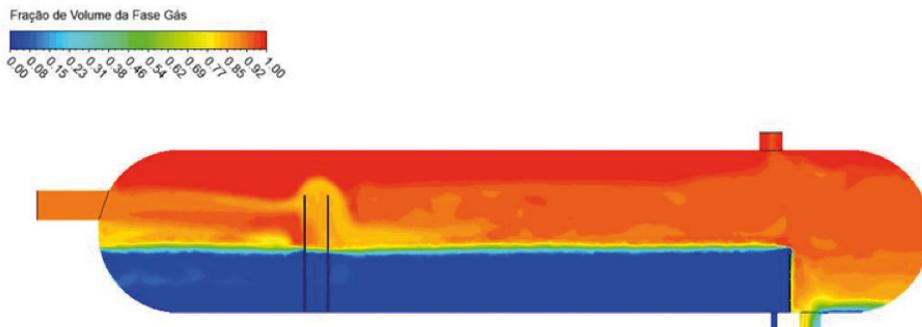
Na etapa de pós-processamento os resultados foram visualizados mediante o uso de gráficos de contornos de fração de volume das fases, sobre o plano longitudinal xy. A partir dos gráficos de contornos realizou-se uma análise qualitativa do comportamento interno dos fluidos no separador horizontal trifásico.

Na região de mistura, que corresponde a região de entrada no equipamento, os fluidos apresentam maiores velocidades e consequentemente, provocam mais zonas de recirculação e turbulência ao longo do equipamento quando não atenuadas. Para favorecer a decantação dos líquidos os fluidos devem escoar com o mínimo de turbulência, sem zonas de recirculação, pois elas intensificam a mistura (Nascimento, 2023). Ainda, como exposto por Nascimento (2022), os dispositivos internos inseridos na região de entrada podem atenuar essas velocidades de distintas maneiras, a depender de seu formato geométrico, posição e/ou ação conjunta com outros internos, tais como as placas perfuradas (chicanas perfuradas). Portanto, a título de análise, o resultado obtido no caso 1 foi comparado com o caso 2 a fim de compreender a influência unicamente do defletor em L na dinâmica do escoamento, sem a ação conjunta com as placas perfuradas.

No caso 1 foi avaliado por Nascimento (2023), o funcionamento do vaso separador horizontal trifásico sem defletor de entrada, com duas placas perfuradas (porosidade de 40%) e o dispositivo tipo *weir*. O vaso se encontra metade cheio de líquido e metade cheio de gás (Figura 4).

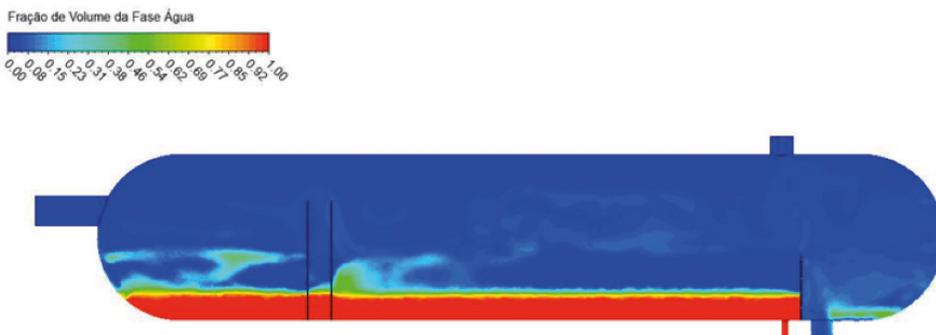
O comportamento do nível inicial do escoamento interno dos fluidos pode ser visto nas Figuras 4, 5 e 6 que ilustram, respectivamente, os contornos de fração de volume das fases gás, óleo e água.

Na Figura 4 é possível observar que a ausência de um defletor de entrada, as placas perfuradas são os primeiros dispositivos internos que os fluidos irão chocar-se ao entrarem no vaso separador. No entanto, embora tenham o objetivo de atenuar a velocidade desses fluidos, sem um dispositivo de entrada atuando de forma conjunta, é evidenciado uma grande dispersão de líquido na região de gás.



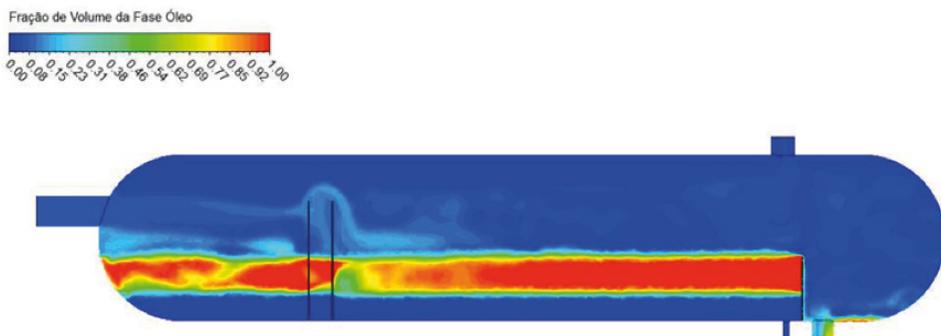
**Figura 4-** Campo de fração de volume da fase gás (Caso 1)

Fonte: Nascimento, 2023



**Figura 5-** Campo de fração de volume da fase água (Caso 1)

Fonte: Nascimento, 2023

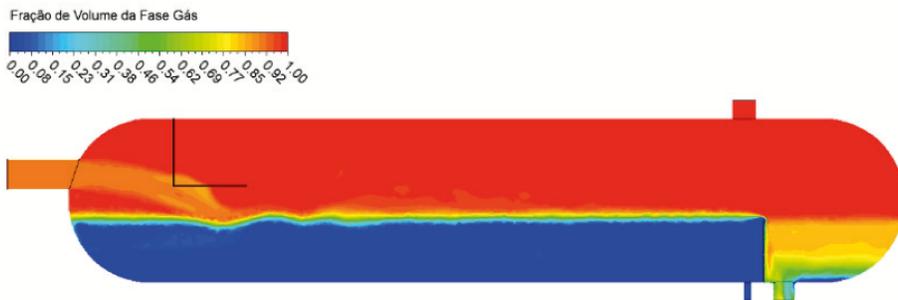


**Figura 6-** Campo de fração de volume da fase óleo (Caso 1)

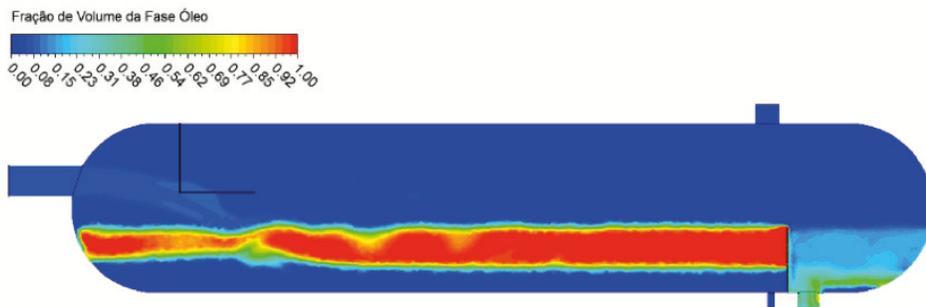
Fonte: Nascimento, 2023

Assim como no caso 1, o nível de gás encontra-se na metade superior do vaso no caso 2 (Figura 7). O nível de líquido é dividido em duas camadas, uma de óleo (menos denso) e outra de água (mais densa), como pode ser visualizado nas Figuras 8 e 9. Neste sentido, por diferença de densidade e em função da ação da força gravitacional, a camada de óleo encontra-se acima da água livre (Figuras 8 e 9). Na ausência das placas perfuradas, o defletor em L será o único dispositivo presente antes da região de separação e na medida que se chocam com ele na entrada, os fluidos atravessam inicialmente a haste vertical, e posteriormente, a haste horizontal, ambas modeladas como meio poroso com uma porosidade de 70%. Essas zonas porosas têm a função de estabelecer uma resistência ao escoamento dos fluidos, reduzindo a velocidade dos fluidos e evitando que a zona de mistura provocada na entrada, se prolongue para a região de separação (zona superior de gás). Isso é importante, pois a mistura entre as fases na região de entrada, quando não dissipada na região de separação, atua na redução das eficiências de separação líquido/gás e líquido/líquido, uma vez que mais líquido poderá sair na saída de gás, assim como água na saída de óleo e óleo na saída de água.

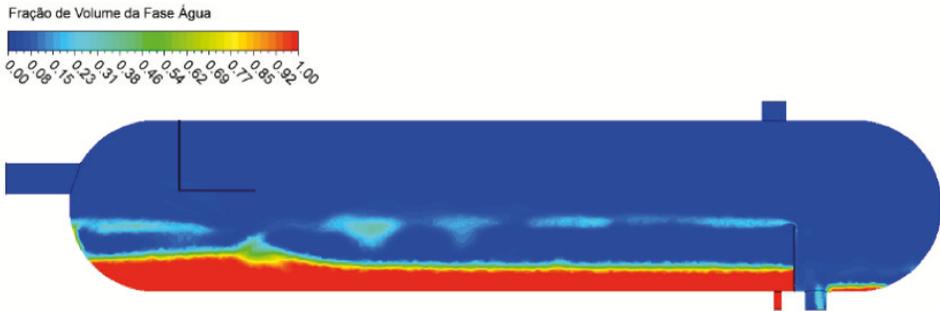
Comparativamente com o caso 1, é possível observar pelos contornos de fração de volume do gás (Figura 7) uma menor presença de líquido na zona superior de gás (região de separação por gravidade), pode contribuir para que menos líquido venha a sair na saída de gás, o que pode favorecer a eficiência de separação gás/líquido.



**Figura 7-** Campo de fração de volume da fase gás (Caso 2)



**Figura 8-** Campo de fração de volume da fase óleo (Caso 2)



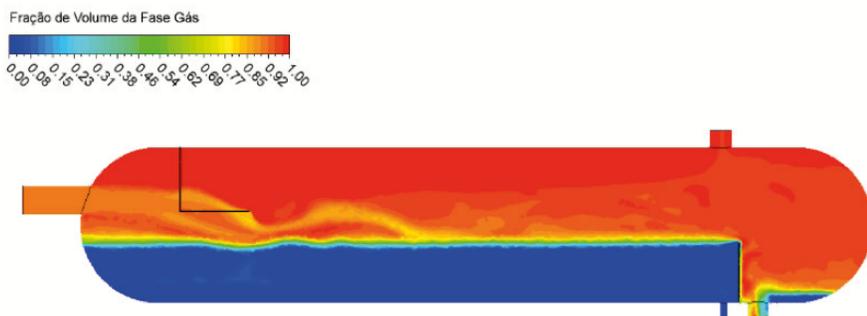
**Figura 9-** Campo de fração de volume da fase água (Caso 2)

A camada de óleo (Figura 8) se apresenta mais uniforme quando comparado ao caso 1. Por outro lado, embora nota-se uma redução da presença de água na parte superior da região de separação (Figura 7), o que pode reduzir a água na saída do gás, é possível constatar pelos contornos de fração de volume da Figura 9 que há presença de água na interface gás/óleo. A água se prolonga em toda interface até chegar no dispositivo *weir*. Isso pode contribuir para que a água venha a descer juntamente com o óleo pelo *weir* e sair na saída de óleo, reduzindo a eficiência de separação óleo/água, como também foi evidenciado em Nascimento (2023).

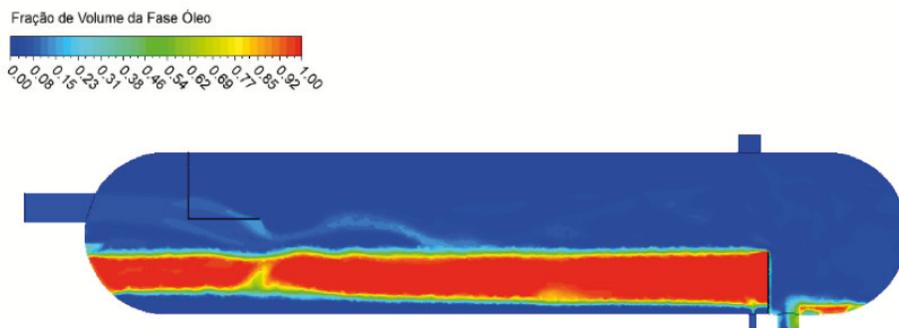
Nos contornos de fração de volume da água e do óleo, resultantes do caso 1 (Figuras 5 e 6), o contato com a borda superior das placas perfuradas provoca o deslocamento tanto da água, quanto do óleo para a região superior do vaso, e após isso, a água tende a se posicionar acima da camada de óleo, na interface óleo e gás. No caso 2, essa maior mistura na região superior de separação, não é observada, o que pode sugerir que a ausência das placas perfuradas tenha favorecido esse comportamento. No entanto, aumentando a velocidade de entrada dos fluidos, observamos nos contornos de fração de volume do gás, da água e do óleo do caso 3 (Figuras 10, 11 e 12), que embora a geometria seja a mesma do caso 2 e não haja placas perfuradas, percebe-se a presença zonas de ondulações e recirculações após a haste horizontal do defletor, levando a uma maior mistura do líquido na zona de gás, assim como no caso 1.

Diante do exposto, leva-se a concluir que em menores vazões, para as condições específicas estudadas, o uso de apenas um defletor em formato L e com ambas as hastes perfuradas, pode contribuir para a atenuação da velocidade dos fluidos na entrada e reduzir a mistura de líquidos arrastados para a zona de gás, conseqüentemente, poderá também evitar uma maior saída de óleo e água pelo bocal de saída de gás. Ainda, o estabelecimento de um escoamento mais uniforme pode reduzir a presença da fase água acima da camada de óleo e, conseqüentemente atuar na redução de sua saída misturada ao óleo. Por outro lado, para a mesma configuração geométrica do separador, dotado apenas dos dispositivos internos tipo defletor em L e *weir*, em maiores vazões, nota-se que os problemas

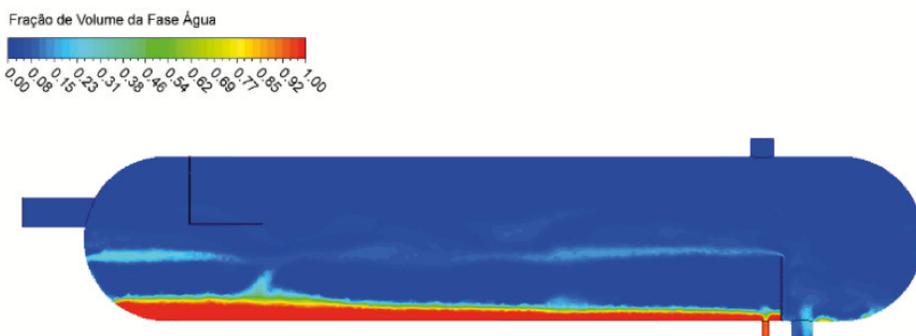
associados à mistura se propagam até a região de separação. De forma similar ao exposto por Nascimento (2023), é possível que a presença dos líquidos na região do gás possa ser minimizada com a ação conjunta entre os internos defletor tipo L e placas perfuradas, desde que seja avaliado também a influência da redução da altura das placas perfuradas, ou mesmo o uso de placas perfuradas de maior espessura e com o comprimento que atinja o topo do equipamento, como estudado por Nascimento (2017).



**Figura 10-** Campo de fração de volume da fase gás (Caso 2)



**Figura 11-** Campo de fração de volume da fase óleo (Caso 2)



**Figura 12-** Campo de fração de volume da fase água (Caso 2)

## CONCLUSÕES

A modelagem matemática utilizando o modelo VOF e o modelo de turbulência  $k-\varepsilon$  padrão descreve fisicamente o comportamento fluidodinâmico do gás, óleo e da água durante o processo de separação das fases no vaso separador horizontal.

A utilização de um defletor perfurado em formato L sem a presença de placas perfuradas contribuiu para reduzir a presença de líquidos na região de separação do vaso separador horizontal trifásico, o que poderá melhorar a eficiência de separação gás-líquido.

Os resultados numéricos indicam que, ao aumentar a vazão de entrada, as zonas de mistura se intensificam e que a inserção de outros internos, tais como as placas perfuradas, poderia ser necessário para que se mantivesse menos zonas de recirculação na região de separação.

Por fim, destaca-se que é importante analisar a ação conjunta do defletor perfurado em formato L e de placas perfuradas em distintos comprimentos no interior do vaso separador horizontal trifásico.

## REFERÊNCIAS

EFENDIOGLU, A.; MENDEZ, J.; TURKOGLU, H. **The numerical analysis of the flow and separation efficiency of a two-phase horizontal oil-gas separator with an inlet diverter and perforated plates.** *Advances in Fluid Mechanics X*. DOI: 10.2495/AFM140121. 2014.

GHAFFARKHAH, A.; SHAHRABI, A. M.; MORAVEJI, K. M.; ESLAMI, H. **Application of CFD for Designing Conventional Three Phase Oilfield Separator.** *Egyptian Journal of Petroleum*. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejpe.2016.06.003>>. 2017.

GHAFFARKHAH, A.; Shahrabi, A. M.; Moraveji, K. M. **3D Computational-Fluid-Dynamics Modeling of Horizontal Three-Phase Separators: An Approach for Estimating the Optimal Dimensions.** *SPE production & operations*. DOI: 10.2118/189990-PA. 2018 a.

GHAFFARKHAH, A.; DIJVEJIN, A. Z.; SHAHRABI, A. M.; MORAVEJI, K. M.; MOSTOFI, M. **Coupling of CFD and semiempirical methods for designing three-phase condensate separator: case study and experimental validation.** *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*. Disponível em: < <http://doi.org/10.1007/s13202-018-0460-5>>. 2018b.

KHAROUA, N. KHEZZAR, L. SAADAWI, H. **Application of CFD to debottleneck production separators in a major oil field in the Middle East.** *SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Society of Petroleum Engineers, San Antonio, 8–10 October, 2012a.*

KHAROUA N., KHEZZAR, L., SAADAWI, H. **Using CFD to model the performance of retrofit production separators in Abu Dhabi.** *Abu Dhabi international petroleum conference and exhibition. Society of Petroleum Engineers.* 2012b.

KHAROUA, N.; KHEZZAR, L.; SAADAWI, H. **CFD simulation of three-phase separator: effects of size distribution.** *ASME Fluids Engineering Division Summer Meeting – FEDSM*. USA. 2013a.

KHAROUA, N; KHEZZAR, L; SAADAWI, H. **CFD Modelling of a Horizontal Three-Phase Separator: A Population Balance Approach**. American Journal Of Fluid Dynamics, [s.l], v. 1, n. 2168-4707, p.101-118, 2013b.

LU, Y., LEE, J.M., PHELPS, D. et al. Effect of Internal Baffles on Volumetric Utilization of an FWKO -A CFD Evaluation. Paper SPE 109944 presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Anaheim, California, USA, 11–14 November. <http://dx.doi.org/10.2118/109944-MS>. 2007.

MOKHATAB, S.; SPEIGHT, J. G.; POE, W. A. **Handbook of Natural Gas Transmission and Processing**. 2 ed. Elsevier. 2006.

NASCIMENTO, J. B. D. S. D. **Modelagem e Simulação de Um Vaso Separador Horizontal Bifásico**. 107p. Dissertação (mestrado) - Curso Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Campina Grande, 2017.

NASCIMENTO, J. B. D. S. D. **Análise do processo de separação gás-óleo-água em separadores horizontais: aspectos fluidodinâmicos e geométricos**. 219p. Tese (Doutorado) - Curso Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Campina Grande, 2023.

STEWART, M.; ARNOLD, K. **Surface Production Operation: Design of oil Handling Systems and Facilities**. Elsevier. Oxford. 3 ed. 2008.

SVRCEK, W. Y.; MONNERY, W. D. Successfully Specify Three-Phase Separators. Chemical Engineering Progress, p. 29 – 40.1994.

YAYLA, S.; KAMAL, K.; BAYRAKTAR, S.; ORUC, M. **Two Phase Flow Separation in a Horizontal Separator by Inlet Diverter Plate in Oilfield Industries**. International Journal of Mechanical And Production Engineering, ISSN: 2320-2092. 2017.

YAYLA, S.; KAMAL, K. BAYRAKTAR, S. **Numerical Analysis of a Two-Phase Flow (Oil and Gas) in a Horizontal Separator used in Petroleum Projects**. Journal of Applied Fluid Mechanics, 2018.

YU, P.; LIU, S.; WANG, Y.; LIN, W.; XIAO, Z.; WANG, C. **Study on Internal Flow Field of the Three-phase Separator with Different Entrance Components**. International Conference on Advances in Computational Modeling and Simulation. 2012.