

# Análise de Escoamentos Não Isotérmicos com o Solver viscoelasticFluidFoam

Autor: Carolina Sehnem Festugatto

Orientador: Nilo Sérgio Medeiros Cardozo



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
Laboratório de Simulação - LASIM

## Introdução

A simulação por mecânica de fluidos computacional (CFD) de escoamentos de fluidos viscoelásticos constitui uma ferramenta fundamental na área da engenharia, permitindo auxiliar no desenvolvimento e otimização de etapas de processos de transformação de polímeros.

O solver viscoelasticFluidFoam foi desenvolvido em trabalho anterior do grupo(1), no pacote OpenFOAM, e permite a análise de escoamentos viscoelásticos isotérmicos. Em um posterior trabalho (2), esse solver foi utilizado para análise de escoamento não isotérmico de fluido newtoniano generalizado (FNG), considerando a viscoelasticidade somente para o cálculo das tensões a partir dos perfis de velocidade calculados com o FNG.

## Objetivo

O trabalho tem como objetivo implementar uma versão solver viscoelasticFluidFoam para análise de escoamentos não isotérmicos, tendo como base equações constitutivas viscoelásticas calculadas paralelamente.

## Metodologia

### Modelagem:

- forma diferencial do balanço de energia:

$$\frac{dT}{dt} + \nabla \cdot (\varphi T) - \nabla^2 (DT, T) + \frac{1}{\rho C_p} [\underline{\sigma} : (\nabla \vec{u})] = 0$$

(1) (2) (3) (4)

- (1) Variação da Temperatura
- (2) Termo advectivo
- (3) Termo difusivo
- (4) Termo da dissipação viscosa

### Implementação em duas etapas:

- 1ª etapa: desconsiderando o termo da dissipação viscosa;
- 2ª etapa: considerando o termo da dissipação viscosa.

### Estratégia numérica:

- Algoritmo PISO, método implícito de resolução;
- É aplicado um loop à equação da quantidade movimento, para resolução de um campo de velocidades;
- Esse resultado é utilizado para o cálculo das pressões;
- O campo de velocidades é novamente calculado, para correções;
- Repetição arbitrária destes passos, para melhor convergência.

## Resultados

### Códigos Implementados

- Para cálculo da Temperatura, no arquivo viscoelasticFluidFoam.C :

```
fvScalarMatrix TEqn
(
    fvm::ddt(T)
  + fvm::div(phi, T)
  - fvm::laplacian(DT, T)
  - (visco.tau() && fvc::grad(U))/(rho*cp)
);

TEqn.solve();
```

- Para cálculo da Temperatura, no arquivo createFields.H :

```
Info << "Reading field T\n" << endl;
volScalarField T
(
    IOobject
    (
        "T",
        runTime.timeName(),
        mesh,
        IOobject::MUST_READ,
        IOobject::AUTO_WRITE
    ),
    mesh
);
```

### Resultados Numéricos Parciais:



Figura 1: análise da temperatura em simulação de escoamento não isotérmico do polietileno.



Figura 2: análise da velocidade em simulação de escoamento não isotérmico do polietileno.

- Nas condições propostas, o tempo aproximado de simulação foi de oito dias;
- Os resultados para todos campos analisados (temperatura, tensão e velocidade) convergiram, apresentando coerência com a teoria.

## Conclusões

Os resultados apresentaram convergência, contudo, os testes até então realizados não são suficientes para determinar qualitativamente a eficiência da nova versão do solver. Sendo assim, testes adicionais serão analisados para avaliar o gradiente de temperatura em condições de dissipação de energia e isolamento térmico.

### Referências:

- (1) FAVERO, J.L. ; Secchi, A.R. ; Cardozo, N.S.M. ; JASAK, H. . Viscoelastic flow analysis using the software Open FOAM and differential constitutive equations. Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics (Print), v. 165, p. 1625-1636, 2010.
- (2) OLIVEIRA, J. A. P. *Análise numérica de tensões induzidas pelo escoamento não isotérmico de um polímero no preenchimento de cavidades de paredes finas*. 2012. 108 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.)