

ANÁLISE POR MICROSCOPIA ÓTICA DE SEÇÃO DE TESTES PARA ESTUDO DA DEPOSIÇÃO DE PARAFINA UTILIZANDO IMAGEM POR RESSONÂNCIA NUCLEAR MAGNÉTICA

Aluno: Carlos Augusto Mariano da Silva
Orientador: Luis Fernando Alzuguir Azevedo

Introdução

Um dos problemas encontrados na produção de petróleo em águas profundas é a deposição de parafina em linhas de produção e transporte. Devido à perda de calor para o ambiente marinho frio que estabelece um gradiente de temperatura entre o fluido e a parede do tubo, e ao fato que a solubilidade da parafina é uma função decrescente da temperatura, parafina pode sair de solução e depositar-se nas paredes dos dutos, levando à perda de produção ou mesmo à perda total da linha. O presente trabalho faz parte de um programa de pesquisa em andamento voltado para o estudo dos mecanismos de deposição de parafina. Em particular, o trabalho focaliza no estudo do mecanismo de deposição por difusão molecular da parafina líquida, o soluto, no óleo, o solvente.

Objetivos

O objetivo do presente experimento é a obtenção dos perfis de concentração da solução do solvente n-Heptano (C_7H_{16}) com o soluto n-Docosano ($C_{22}H_{46}$), quando submetidos a um gradiente térmico axial. Para tal, será utilizada a técnica de aquisição de imagem por ressonância magnética nuclear (IRMN), obtendo a evolução temporal dos perfis de concentração. Para uma análise da influência do campo magnético na evolução temporal do processo de cristalização, um primeiro estudo por microscopia ótica foi realizado.

Metodologia e Resultados

A solução de trabalho terá como solvente o n-Heptano (C_7H_{16}) e como soluto o n-Docosano ($C_{22}H_{46}$). Nesta solução, quando submetida a um resfriamento, ocorre o fenômeno do aparecimento de cristais, que avançam por todo o recipiente da solução. Para realização dos testes foi projetada a cavidade mostrada na **Figura 1**. A principal característica que uma seção de testes deve possuir para possibilitar os estudos de ressonância magnética é ausência total de partes metálicas na sua fabricação. Assim, a cavidade projetada será formada por duas metades coladas de acrílico, com dimensões internas de 1 x 10 x 80 mm, que será preenchida com a solução (n-Heptano / n-Docosano). Nas extremidades da cavidade serão instaladas duas placas cerâmicas de Nitreto de Alumínio (1 x 10 x 80 mm), que serão usadas como elemento de condução de calor para dentro da cavidade.

Nas extremidades da seção, os dois recipientes cubóides, serão preenchidos por solução refrigerante proveniente de banhos termostático que manterão as temperaturas em torno de $0^{\circ}C$ em um lado, e $24^{\circ}C$, no outro. Deste modo, será estabelecido um gradiente axial de temperatura na amostra de solução que induzirá a formação dos cristais de parafina.

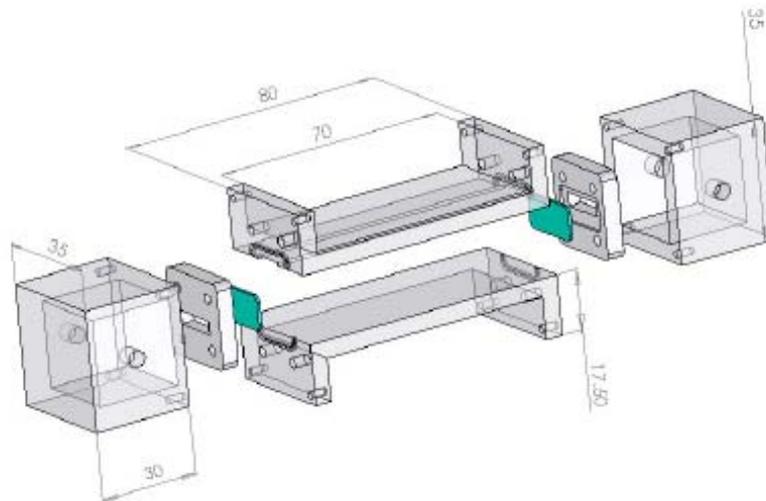


Figura1: Vista explodida da seção de testes projetada e construída

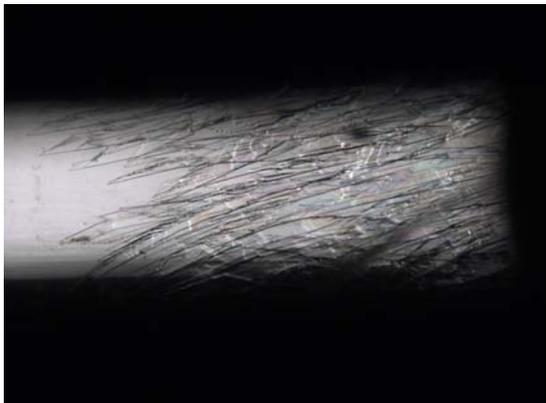
A imposição de um gradiente de temperatura, nas extremidades da cavidade, gera um gradiente de concentração (soluto / solvente). Além deste gradiente de concentração ocorre o fenômeno do aparecimento de cristais (Figura 2), culminado no surgimento de uma frente de cristalização (solidificação), que avança por todo o recipiente da solução.

Foram realizadas diversas rampas de resfriamento para o circuito hidráulico responsável pela parte de baixa temperatura do gradiente térmico. Rampas de resfriamento de 24⁰C a 0⁰C foram controladas para terem duração temporal de 5, 15, 30 minutos e 1, 2, 3, 4 horas.

Nas diversas rampas de resfriamentos, as imagens de cristalização foram analisadas por microscopia ótica e as componentes bidimensionais da velocidade (V_x , V_y) de crescimento dos cristais, e as espessuras destes foram calculadas. Estes dados serão comparados com os valores encontrados pela técnica de IRMN, como um modo de certificações que os gradientes de concentração mensurados foram obtidos em condições experimentais semelhantes com a da técnica ótica, e que a presença do campo magnético utilizado pela técnica de IRMN não afetou significativamente a velocidade de crescimento e a espessuras dos cristais.

A concentração da solução n-Docosano/n-Heptano utilizada foi de 0,4g/ml.

Na figura 2 são apresentados os resultados dos processos de cristalização para a rampa de resfriamento de 24⁰C a 0⁰C que foram controladas para terem duração temporal de 15, 30 minutos e 1, 3, 4 horas,

	
Resfriamento em 15 min	Resfriamento em 15 min
	
Resfriamento em 30 min	Resfriamento em 30 min
	
Resfriamento em 1 hora	Resfriamento em 1 hora

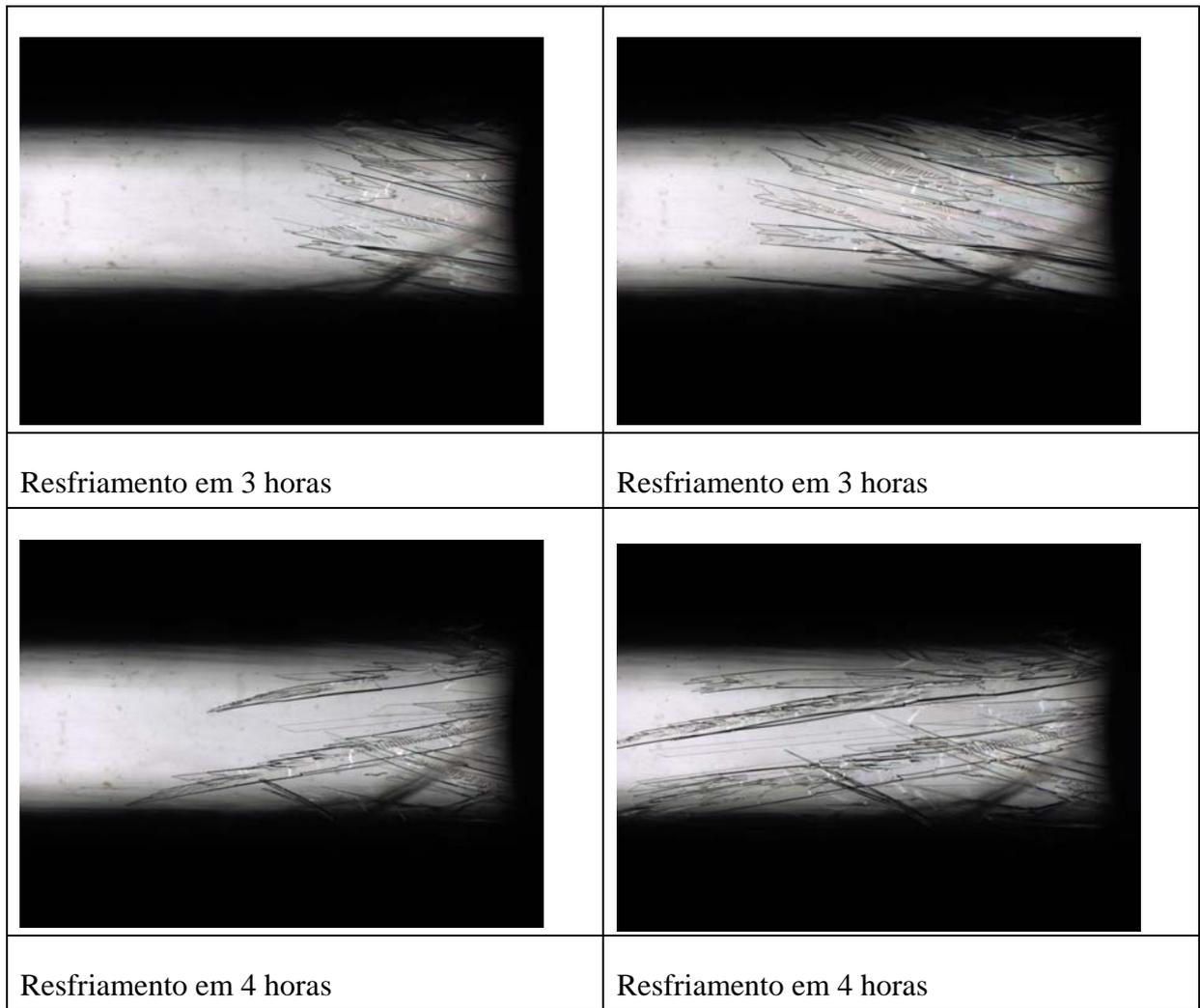


Figura 2: Frente de cristalização em rampa de resfriamento de 24°C a 0°C em 15, 30 minutos e 1, 3, 4 horas.

Nos gráfico 1 e 2 são apresentados os resultados para as componentes da velocidade (V_x , V_y) de crescimento e espessura dos cristais para as rampas de resfriamento de 24°C a 0°C que foram controladas para terem duração temporal de 5, 15, 30 minutos e 1, 2, 3, 4 horas.

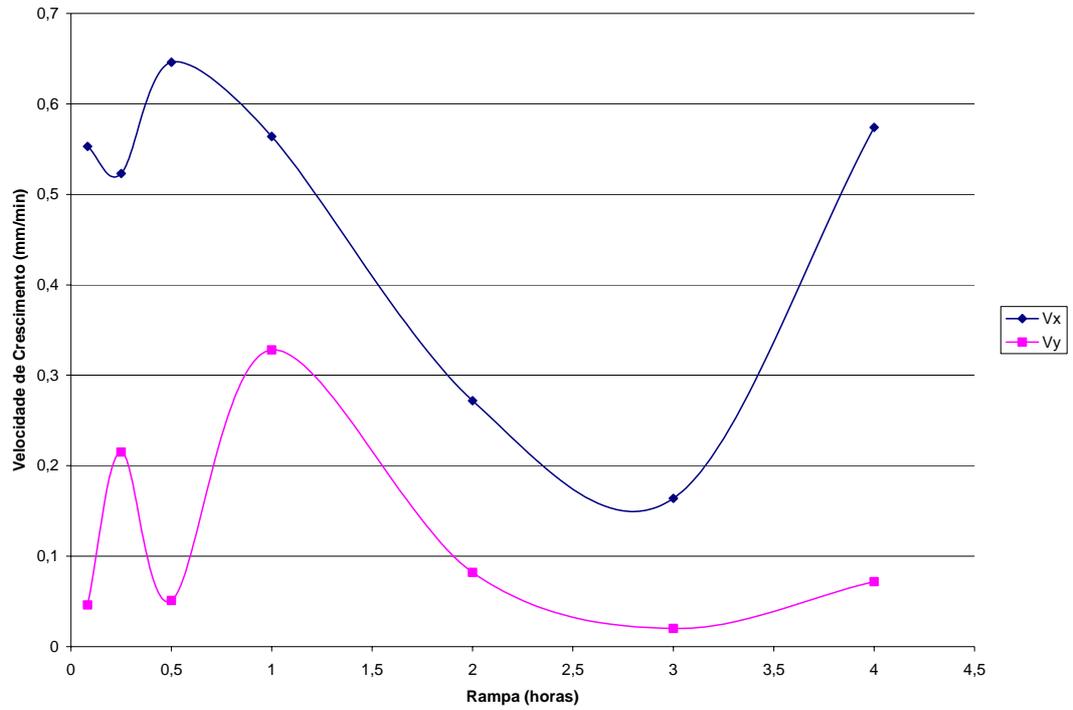


Gráfico 1: velocidade de crescimento X rampa de resfriamento

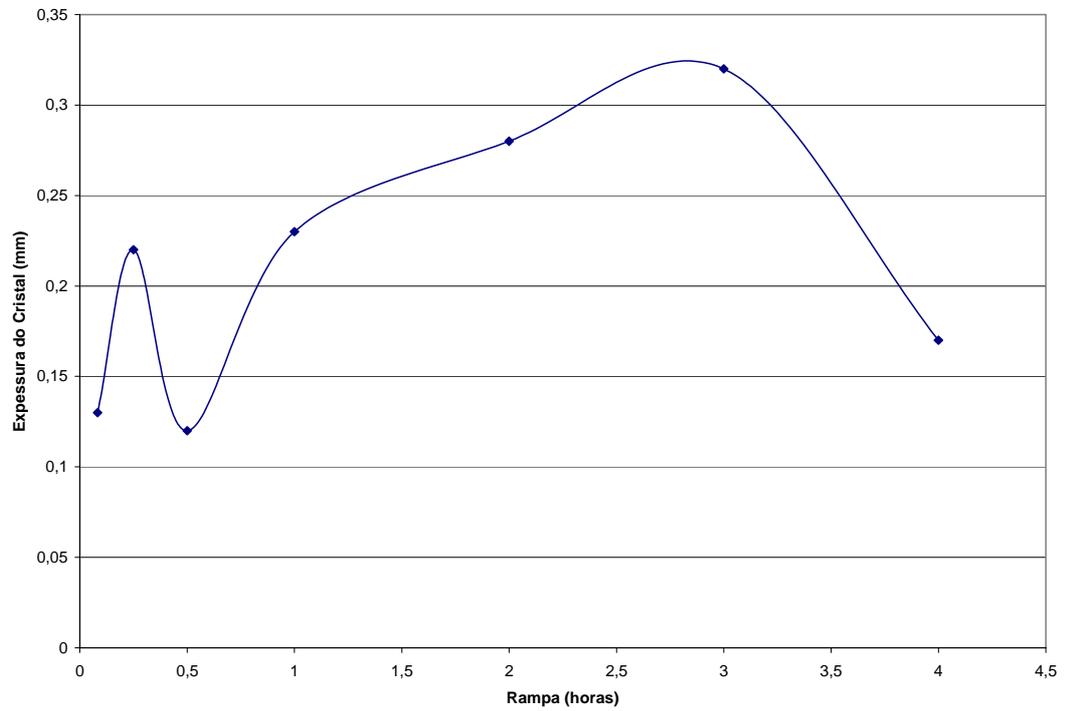


Gráfico 2: espessura do cristal X rampa de resfriamento

Conclusões

Os resultados de velocidade de crescimento e espessura dos cristais, obtidos pela técnica de microscopia ótica, serão correlacionados com os resultados obtidos pela técnica de IRMN, com o intuito de analisar se a presença do campo magnético, inerente a técnica de medição, causou ou não uma influencia significativa no fenômeno de cristalização da solução estudada.

Referências

- Andréa Macedo Teixeira, Estudo sobre a Deposição de Parafina em Linhas de Petróleo, Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Mecânica, PUC-Rio, maio de 2004.

- Mateus José Martins, Desenvolvimento de um Tomógrafo de Ressonância Magnética: Integração e Otimização. Tese de Doutorado. Instituto de Física de São Carlos, USP, 1995.

- Eiichi Fukushima, Nuclear magnetic resonance as a tool to study flow, *Annu. Rev. of Fluid Mechanics*, 1999. 31:95-123.

- Kevin W. Moser, L. Guy Raguin, and John G. Georgiadis, Tomographic study of helical modes in bifurcating Taylor-Couette-Poiseuille flow using magnetic resonance imaging, *Physical Review E*, vol. 64, 016319. 2001.

- Victor M. S. Gil e Carlos F. G. C. Geraldês, *Ressonância Magnética Nuclear: Fundamentos, Métodos e Aplicações*, 2002. 2ª edição. Fundação Calouste Gulbenkian.

- Kevin W. Moser, L. Guy Raguin, and John G. Georgiadis, Synchronized EPI phase contrast velocimetry in a mixing reactor, *Magnetic Resonance Imaging* 21 (2003) 127-133.