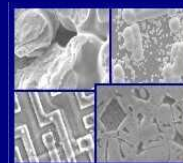




PUCRS

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E
TECNOLOGIA DE MATERIAIS**

Faculdade de Engenharia
Faculdade de Física
Faculdade de Química



PGETEMA

COMPÓSITOS POLIMÉRICOS PARA MODELAGEM DE CORRENTES DE DENSIDADE NÃO CONSERVATIVAS EM TANQUES DE SIMULAÇÃO HIDRÁULICA

ANA PAULA GRAEBIN
QUÍMICA INDUSTRIAL

ORIENTADOR: PROF(a). DR(a). Nara Regina de Souza Basso

Dissertação realizada no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais (PGETEMA) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Tecnologia de Materiais.

Trabalho vinculado ao Projeto Investigação de novas abordagens de imageamento não invasivo de arquitetura interna de depósitos sedimentares gerados em tanques de simulação hidráulica.

**Porto Alegre
Fevereiro, 2011**

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
AGRADECIMENTOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
SUMÁRIO	2
LISTA DE FIGURAS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
LISTA DE TABELAS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
LISTA DE SÍMBOLOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
RESUMO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
ABSTRACT	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
1. INTRODUÇÃO.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2. OBJETIVOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.1. Objetivo Geral.....	Erro! Indicador não definido.
2.2. Objetivos Específicos	Erro! Indicador não definido.
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.1. Petróleo	Erro! Indicador não definido.
3.2. O sistema petrolífero.....	Erro! Indicador não definido.
3.3. Bacias Sedimentares	Erro! Indicador não definido.
3.4. Fluxos Sedimentares	Erro! Indicador não definido.
3.4.1. Correntes Turbidíticas.....	Erro! Indicador não definido.
3.5. Sedimentação	Erro! Indicador não definido.
3.6. Materiais utilizados na simulação de correntes de densidade	Erro! Indicador não definido.
3.7. Materiais a serem testados na simulação hidráulica	Erro! Indicador não definido.
3.7.1. Polímeros.....	Erro! Indicador não definido.
3.7.2. Compósitos	Erro! Indicador não definido.
3.7.3. Compósitos Poliméricos.....	Erro! Indicador não definido.
3.7.4. Cargas	Erro! Indicador não definido.
3.7.4.1. Grafite	Erro! Indicador não definido.
3.7.4.1.1 <i>Tipos de Grafite</i>	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
3.7.4.1.1.1 Grafite Natural	Erro! Indicador não definido.
3.7.4.1.1.2 Grafite Intercalado	Erro! Indicador não definido.
3.7.4.1.1.3 Grafite Expandido	Erro! Indicador não definido.

3.7.4.1.1.4 Nanolâminas de grafite	Erro! Indicador não definido.
3.7.4.2. Argila Montmorilonita	Erro! Indicador não definido.
3.7.5. Polietileno	Erro! Indicador não definido.
3.7.5.1. Propriedades Físicas do Polietileno	Erro! Indicador não definido.
3.7.6. Catalisadores para a produção de poliolefinas	Erro! Indicador não definido.
3.7.7. Obtenção dos compósitos poliméricos.....	Erro! Indicador não definido.
3.7.8. Morfologia dos compósitos poliméricos	Erro! Indicador não definido.
4. MATERIAIS E MÉTODOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.1. Preparação do grafite.....	Erro! Indicador não definido.
4.1.1. Expansão do grafite	Erro! Indicador não definido.
4.1.2. Obtenção das nanolâminas de grafite.....	Erro! Indicador não definido.
4.2. Preparação da argila montmorilonita	Erro! Indicador não definido.
4.2.1. Saturação por sódio	Erro! Indicador não definido.
4.3. Obtenção dos compósitos poliméricos	Erro! Indicador não definido.
4.3.1. Compósitos de Polietileno e Grafite	Erro! Indicador não definido.
4.3.2. Compósitos de Polietileno e Argila.....	Erro! Indicador não definido.
4.3.3. Tratamento com MAO das nanolâminas de grafite e da argila montmorilonita.....	Erro! Indicador não definido.
4.3.4. Atividade catalítica	Erro! Indicador não definido.
4.3.5. Processamento dos corpos de prova.....	Erro! Indicador não definido.
4.3.6. Técnicas de caracterização	Erro! Indicador não definido.
4.3.6.1. Densidade dos compósitos poliméricos	Erro! Indicador não definido.
4.3.6.2. Velocidade de Queda.....	Erro! Indicador não definido.
4.3.6.3. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	Erro! Indicador não definido.
4.3.6.4. Espectroscopia de Impedância Elétrica	Erro! Indicador não definido.
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
5.1. Preparação da carga de grafite	Erro! Indicador não definido.
5.2. Preparação da carga de argila montmorilonita	Erro! Indicador não definido.
5.3. Morfologia dos compósitos sintetizados	Erro! Indicador não definido.
5.4. Densidade dos compósitos sintetizados	Erro! Indicador não definido.
5.5. Velocidade de queda dos compósitos sintetizados	Erro! Indicador não definido.
5.6. Impedância elétrica dos compósitos sintetizados	Erro! Indicador não definido.
5.6.1. Impedância elétrica da matriz polimérica de PE puro	Erro! Indicador não definido.

5.6.2. Impedância elétrica dos compósitos de PE e nanolâminas de grafite **Erro! Indicador não definido.**

5.6.3. Impedância elétrica dos compósitos de PE e grafite expandido **Erro! Indicador não definido.**

5.7. Condutividade elétrica dos compósitos sintetizados Erro! Indicador não definido.

5.7.1. Condutividade elétrica da matriz polimérica de PE puro **Erro! Indicador não definido.**

5.7.2. Condutividade elétrica dos compósitos de PE e nanolâminas de grafite **Erro! Indicador não definido.**

5.7.3. Condutividade elétrica dos compósitos de PE e grafite expandido **Erro! Indicador não definido.**

6. CONCLUSÕES..... ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

7. PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.

RESUMO

GRAEBIN, Ana Paula. **Compósitos poliméricos para modelagem de correntes de densidade não conservativas em tanques de simulação hidráulica**. Porto Alegre. 2011. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais, PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL.

O trabalho de pesquisa está relacionado com a síntese de novos materiais com potencial aplicação em tanques de simulação hidráulica. Foram produzidos compósitos poliméricos contendo como cargas inorgânicas o grafite e a argila montmorilonita. As lâminas de grafite em dimensões nanométricas foram obtidas por meio da esfoliação química, tratamento térmico e banho de ultrassom, e foram caracterizadas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), no qual mostraram que esses tratamentos preservam as lâminas de grafite. A síntese dos compósitos poliméricos foi realizada por meio da polimerização *in situ*, utilizando o catalisador metalocênico diclorobis(ciclopentadienil) zircônio IV (Cp_2ZrCl_2) e com diferentes quantidades de carga. Os compósitos sintetizados foram caracterizados por MEV, densitometria, medida de velocidade de queda e espectroscopia de impedância elétrica. As micrografias de MEV indicaram a modificação da morfologia dos compósitos sintetizados quando comparados com a morfologia da matriz polimérica pura. Os resultados das propriedades caracterizadas indicaram baixa densidade e velocidade de queda inadequada para a simulação hidráulica, porém os compósitos apresentaram adequada distribuição de tamanhos de grão. Quanto às propriedades elétricas, os ensaios de impedância elétrica mostraram resultados satisfatórios para a utilização em técnicas de imageamento, indicando que estes materiais podem ser promissores na simulação de correntes de densidade não conservativas, bem como no processo de sedimentação nos tanques de simulação hidráulica.

Palavras-Chaves: compósitos poliméricos – polietileno – grafite – argila montmorilonita - polimerização *in situ*.

1. INTRODUÇÃO

O Núcleo de Estudos em Correntes de Densidade (NECOD) situado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) estuda a simulação de correntes de densidade conservativas e não conservativas em tanques de sedimentação através da utilização do carvão mineral como material depositante. Observações feitas a partir de dados coletados nas simulações sugerem a utilização de outro material diferente do carvão, que possua preferencialmente diferentes colorações e que possa ser detectado por técnica de imageamento não invasivo. Então, foi proposto este trabalho que visa a síntese e caracterização de novos materiais que pudessem substituir o carvão utilizado na simulação de correntes de densidade não conservativas.

Assim, o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de metodologias para a síntese e caracterização de novos materiais poliméricos capazes de serem utilizados nos depósitos sedimentares em tanques de simulação hidráulica. Este trabalho está vinculado ao projeto “Investigação de novas abordagens de imageamento não invasivo de arquitetura interna de depósitos sedimentares gerados em tanques de simulação hidráulica”, que é desenvolvido com parceria da Faculdade de Física da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) e com o Núcleo de Estudos em Correntes de Densidade (NECOD) do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da UFRGS com financiamento da Petrobras.

A análise da literatura referente ao tema deste trabalho indica que as correntes de turbidez são fenômenos hidráulicos e sedimentológicos muito complexos. Em escala natural, um dos principais mecanismos de formação do leito oceânico e, conseqüentemente, de algumas rochas sedimentares em ambiente marinho profundo são as correntes de densidade não conservativas.

Estas correntes são as responsáveis pela formação de depósitos sedimentares.

Também, se compreende que os fluxos de maior interesse para os geólogos são os eventos catastróficos de grandes proporções. Para se ter um melhor entendimento à cerca das correntes turbidíticas naturais utilizam-se simulações físicas para explorar alguns aspectos hidráulicos das correntes de turbidez. Entretanto, apesar dos sucessos obtidos, elas têm sérias limitações quanto ao seu uso para reproduzir a sedimentação de fluxos de sedimentos. O uso de simulação física em modelos reduzidos no campo da sedimentação tem sido uma ferramenta bastante útil para a criação de um sistema capaz de reproduzir o ambiente natural.

Neste trabalho optou-se pela síntese de compósitos à base de polietileno contendo determinada quantidade de material inorgânico como carga, capaz de conferir as características necessárias ao material utilizado como sedimento nos tanques de simulação. Escolheu-se o polietileno, pois trata-se de uma matriz polimérica relativamente barata, inerte e facilmente pode ser colorida através da adição de um pigmento. Junto a essa matriz polimérica, optou-se pela utilização de cargas inorgânicas grafite e argila. O grafite possui propriedade condutora e pode ser capaz de gerar contraste em técnicas de imageamento não invasivo. A argila possui características similares ao material envolvido no processo de sedimentação, o carvão mineral, e é de fácil coloração quando revestido por polímero acrescido de pigmentos.

Ao longo dos capítulos deste trabalho, serão discutidos o petróleo, as bacias sedimentares brasileiras, o sistema petrolífero, as correntes de turbidez, o processo de sedimentação, os materiais atualmente utilizados na simulação de correntes de turbidez, as características destes materiais, a metodologia da simulação das correntes de densidade, a metodologia de síntese e caracterização dos compósitos poliméricos e os resultados obtidos.

O estudo de correntes de densidade não conservativas em modelos físicos busca representar as condições existentes na natureza, com

reproduções do fenômeno no laboratório sob condições controladas. Ao contrário das correntes de densidade conservativas que utilizam basicamente a simulação com água e sal, nas correntes não conservativas é necessário utilizar um material, normalmente granular, que deverá reproduzir a carga em suspensão e gerar depósitos ao longo da evolução das correntes de turbidez.

O primeiro desafio do estudo, então, consiste na escolha do material e das faixas granulométricas mais adequadas para a simulação de correntes de densidade não conservativas.

2. CONCLUSÕES

O trabalho de pesquisa está relacionado com a síntese de novos materiais com potencial aplicação em tanques de simulação hidráulica, onde foram produzidos compósitos poliméricos de PE e argila montmorilonita e PE e grafite. Foram utilizadas cargas de grafite sob duas formas distintas: grafite expandido e lâminas de grafite em dimensão nanométrica. O grafite expandido foi obtido através do processo de evaporação dos ácidos oxidantes provenientes da etapa de intercalação do grafite por meio de tratamento térmico. As nanolâminas de grafite foram obtidas por meio da esfoliação química, tratamento térmico e banho de ultrassom. O processo de polimerização *in situ* mostrou-se eficiente para a preparação dos compósitos sintetizados, pois indicou a formação de compósitos com boa dispersão das cargas inorgânicas na matriz polimérica. O estudo da morfologia por meio de imagens de MEV indicou modificação estrutural dos compósitos em relação à estrutura da matriz polimérica pura, onde compósitos poliméricos de PE com concentração de 15% de grafite expandido apresentaram morfologia estrutural adequada, isto é, morfologia laminar, similar à do carvão mineral 205.

Comparando-se os resultados obtidos dos compósitos sintetizados com as principais características do material utilizado na simulação de correntes de densidade não conservativas, o carvão mineral 205, concluímos que os compósitos poliméricos apresentaram o mesmo formato de partícula do carvão mineral, angular, e adequada distribuição de tamanho de grãos, embora não tenham apresentado densidade e velocidade de queda adequadas para a simulação. Modificações na concentração de carga e/ou morfologia da carga devem contribuir para que valores mais adequados de densidade e velocidade de queda sejam obtidos.

Os resultados de impedância elétrica demonstraram que esses materiais podem ser utilizados como contraste em técnicas de imageamento e, portanto, são promissores na simulação de correntes de densidade não conservativas em tanques de simulação hidráulica.