



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

FACULDADE DE ENGENHARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS

# **COMPÓSITOS POLIMÉRICOS PARA IMAGEAMENTO ÓPTICO E POR RAIOS-X EM TANQUES DE SIMULAÇÃO HIDRÁULICA**

**MARIA HELENA DA SILVA REIS**

**QUÍMICA INDUSTRIAL**

**DISSERTAÇÃO PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM  
ENGENHARIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS**

**Porto Alegre**

**Março, 2014.**



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

FACULDADE DE ENGENHARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS

## **COMPÓSITOS POLIMÉRICOS PARA IMAGEAMENTO ÓPTICO E POR RAIOS-X EM TANQUES DE SIMULAÇÃO HIDRÁULICA**

**MARIA HELENA DA SILVA REIS**

QUÍMICA INDUSTRIAL

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

Trabalho realizado 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**

**Março, 2014.**



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS

## COMPÓSITOS POLIMÉRICOS PARA IMAGEAMENTO ÓPTICO E POR RAIOS-X EM TANQUES DE SIMULAÇÃO HIDRÁULICA

**CANDIDATA: MARIA HELENA DA SILVA REIS**

Esta Dissertação de Mestrado foi julgada para obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

**DRA. NARA REGINA DE SOUZA BASSO - ORIENTADORA**

### BANCA EXAMINADORA

**DR. MARCO ANTONIO SCHREINER MORAES - DA SUPERINTENDENCIA DE PESQUISA EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO - DO CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO LEOPOLDO AMÉRICO MIGUÊZ DE MELLO**

**DR. ROGÉRIO VESCIA LOUREGA - DO PGETEMA - PUCRS**

**DR. RICARDO MEURER PAPAEO - DO PGETEMA/FENG - PUCRS**

**PUCRS**

Campus Central  
Av. Ipiranga, 6681 - Prédio 30 - Sala 103 - CEP: 90619-900  
Telefone: (51) 3353.4059 - Fax: (51) 3320.3625  
E-mail: engenharia.pg.materiais@pucrs.br  
www.pucrs.br/feng

## SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>4</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>6</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2. CONCLUSÕES.....</b>	<b>10</b>
<b>3. PROPOSTAS PARA FUTUROS TRABALHOS .....</b>	<b>11</b>
<b>4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>12</b>

## RESUMO

REIS, Maria Helena S. **Compósitos Poliméricos para Imageamento Óptico e por Raios-X em Tanques de Simulação Hidráulica**. Porto Alegre, Brasil. 2014. Dissertação/Tese. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais, PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL

Este trabalho de pesquisa está relacionado com a investigação de novas abordagens de imageamento não-invasivo que permitam registrar a arquitetura interna de depósitos sedimentares gerados em tanques de simulação hidráulica. Estas simulações são realizadas para melhor compreensão do comportamento das correntes de densidade, que constituem uma das principais responsáveis pela deposição de sedimentos em águas oceânicas profundas. Para isto foi proposta deste trabalho o preparo de compósito polimérico com carga inorgânica para ensaios não destrutivos, com as propriedades e características semelhantes ao Carvão 205, material atualmente utilizado nas simulações. Os compósitos preparados apresentaram valores de peso específico e velocidade de queda comparáveis com os do Carvão 205 e observou-se que a incorporação de corante e carga não influencia significativamente as características desejadas. Desta forma, os compósitos preparados se mostram com potencial para uso nas simulações de correntes de densidade não conservativas.

Palavras-chave: compósitos poliméricos, correntes de densidade.

## ABSTRACT

REIS, Maria Helena S. **Polymer Composites for Optical Imaging and X-rays in Hydraulic Simulation Tanks** Porto Alegre, Brasil. 2014. Master/PhD Thesis. Graduation Program in Materials Engineering and Technology, Pontifical Catholic University of Rio Grande do Sul.

This research is related to the investigation of new approaches for noninvasive imaging that allow registering the internal architecture of sedimentary deposits generated in hydraulic simulation tanks. The simulations are conducted to better understand the behavior of turbiditic currents, one of the principal process responsible for the deposition of sediments in deep oceanic waters. For this reason it is purpose of this work the preparation of polymer nanocomposite with inorganic filler for non-destructive testing, with properties and characteristics similar to Coal 205, material currently used in these simulations. The prepared composites presented specific weight and settling velocity speed values similar to Coal 205 and it was observed that the incorporation of the filler and the different dyes did not affected significantly the desired characteristics.

Key-words:                    polymer                    composites,                    density                    currents.

## 1. INTRODUÇÃO

Correntes de densidade são fluxos granulares induzidos pela gravidade, cuja densidade global do fluido afetado é maior do que a do fluido envolvente (Dias, 2004). Em outras palavras, define-se correntes de densidade como o movimento relativo que ocorre entre camadas de fluidos que possuem uma diferença de peso específico. As correntes de densidade são governadas pelas equações de transferência de quantidade de movimento, continuidade e conservação de volume, incluindo também, funções forçantes, condições de contorno e regiões localizadas de mistura (Barbosa, 1999). Entre os anos 1950 e 1960 as características físicas destes processos foram intensamente estudadas através de inúmeros trabalhos com destaque para os de Ph. H. Kuenen e de Gerard V. Middleton, que estruturaram boa parte da teoria utilizada até hoje.

As correntes de densidade despertam o interesse de muitos campos da ciência e são consideradas como as principais formas de transporte e deposição de material em meio subaquoso, sendo também responsáveis pela formação de cânions submarinos e depósitos em águas profundas. O assunto é estudado pela geofísica, hidráulica, engenharia civil entre outras ciências e suas aplicações no campo ambiental apresentam destaque pelo seu potencial de impacto ambiental e pela formação de reservatórios de hidrocarbonetos (Singh, 2008).

Correntes turbidíticas ou correntes de turbidez são um tipo específico de correntes de densidade não conservativas, nas quais os turbiditos, são mantidos em suspensão por fenômenos turbulentos e, destacam-se entre as principais responsáveis pela deposição de sedimentos em águas oceânicas (Khodabakhsh, 2006). Turbidito é um termo que foi inicialmente utilizado para denominar rochas sedimentares depositadas em ambiente

marinho profundo através de uma corrente de turbidez, um tipo específico de corrente de densidade, em que a diferença de densidade entre o fluxo e o fluido envolvente é caracterizada pela suspensão de sedimentos em seu interior (Del Rey, 2006).

Com a necessidade de estudar e melhor entender as correntes de densidade é possível simular seu comportamento em tanques de sedimentação, proposta que está sendo realizada no Núcleo de Estudos em Correntes de Densidade (NECOD) situado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), assim como em outros centros de pesquisa espalhados pelo mundo. Observações feitas a partir de dados coletados nas simulações indicam a necessidade de utilização de outro material diferente do Carvão Mineral Cardiff 205 (Carvão 205), comumente utilizado neste tipo de ensaio por apresentar comportamento deposicional adequado para as simulações e também devido ao baixo custo. Este material alternativo deve possuir, preferencialmente, diferentes colorações e que possa ser detectado por técnicas de imageamento não-invasivo.

O desenvolvimento de material que possa ser utilizado nas simulações faz parte das atividades propostas no Projeto Investigação de Novas Abordagens de Imageamento Não-Invasivo da Arquitetura Interna de Depósitos Sedimentares Gerados em Tanques de Simulação Hidráulica, realizado em parceria entre a PUCRS e a PETROBRAS, iniciado em 2011. Para a complementação dos resultados obtidos até o momento foi proposto este trabalho, que visa a síntese e caracterização de novo material que possa substituir o carvão utilizado na simulação de correntes de densidade não conservativas e a inserção de carga inorgânica neste material para imageamento por Raios-X. O desafio está na obtenção de uma boa dispersão da carga na matriz polimérica, capaz de proporcionar uma melhora nas propriedades físicas do material. Isto possibilitará a realização de ensaios não destrutivos para a obtenção de imagens da estrutura interna e o estudo do comportamento da amostra sem alterar sua estrutura inicial.

Desta forma, a eficiente dispersão da carga combinada com o tamanho ideal de partículas resulta na melhora das propriedades físicas e térmicas do sistema (Bala, 2006; Saha, 2007).



O projeto tem como objetivo o desenvolvimento de material polimérico que possa ser utilizado para caracterizar as correntes de turbidez. Este material deve apresentar características semelhantes às do Carvão 205, material comumente utilizado nas simulações hidráulicas. A caracterização será realizada através da correlação entre as propriedades das misturas que compõem essas correntes e seu comportamento hidrodinâmico e deposicional.

Como descrito anteriormente, as correntes de densidade conservativas e não conservativas geralmente são simuladas com carvão mineral e o interesse em novos materiais que o substituam é crescente. É importante que o material desenvolvido neste estudo represente os mecanismos de erosão, transporte, deposição e apresente propriedades que permitam o contraste máximo nas modalidades de imageamento não invasivo. Estas características possibilitarão as simulações nos tanques hidráulicos.

Desta forma, busca-se avançar no entendimento das relações de transporte e deposição das correntes de turbidez. Nos capítulos deste trabalho serão apresentados e discutidos os conceitos de sedimentação e correntes de densidade, os materiais mais comumente utilizados nas simulações, a metodologia de síntese e caracterização dos compósitos poliméricos e resultados obtidos.

## 2. CONCLUSÕES

Este trabalho teve por objetivo o desenvolvimento de material polimérico para imageamento óptico e por raios-X em tanques de simulação hidráulica. A síntese dos compósitos se mostrou viável.

A metodologia utilizada se mostrou eficiente na formação do composto.

Os compósitos preparados também foram caracterizados quanto ao peso específico, velocidade de queda, tamanho e forma dos grãos.

A incorporação da carga em escala nanométrica e dos corantes à matriz não representou alterações significativas nos parâmetros de peso específico e velocidade de queda, características importantes para que o material possa ser utilizado em substituição ao Carvão 205.

O objetivo de produzir compósito polimérico para uso em ensaios não destrutivos foi atingido. O material apresentou boa distribuição embora a dispersão precise ser investigada. Os ensaios de simulação hidráulica foram plenamente satisfatórios.

Os ensaios de caracterização mostraram que o material pode ser usado em substituição ao Carvão 205.

### **3. PROPOSTAS PARA FUTUROS TRABALHOS**

- Otimizar a metodologia de dispersão da carga;
- Otimizar o método de trituração e moagem dos materiais compósitos preparados;
- Simulação hidráulica com compósitos.
- Imageamento dos tanques de simulação por técnicas não invasivas;

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, A. A. **Correntes de Densidade em Reservatórios**. São Carlos. 1999. Doutorado, Escola de Engenharia São Carlos. Brasil.

DEL REY, A. C. **Simulação Física de Processos Gravitacionais Subaquosos: uma aproximação para o entendimento da sedimentação marinha profunda**. Rio Grande do Sul. 2006. Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 229p.

DIAS, J. A. **A Análise Sedimentar e o Conhecimento dos Sistemas Marinhos**. Correntes Turbidíticas. 2004.

KHODABAKHSH, S. H., R. Significance of Fine-grained Sediment Llofting From Melt Water Generated Turbidity Currents for the Ttiming of Glaciomarine Sediment Transport into the Deep Sea. **Sedimentary Geology** 186: 1 - 11. 2006.

SAHA, M. C.; Kabir, Md. E.; Jeelani, S. Enhancement in Thermal and Mechanical Properties of Polyurethane Foam Infused With Nanoparticles. **Materials Science and Engineering A** v. 479, p. 670 - 676. 2007.

SINGH, J. Simulation of Suspension Gravity Currents With Different Initial Aspect Ratio and Layout of Turbidity Fence. **Applied Mathematical Modelling** v. 32, p. 2329 - 2346. 2008.