

## **ABORDAGEM MATEMÁTICA DA DISPERSÃO DE POLUENTES EM MEIO AQUÁTICO**

**ALINE DE OLIVEIRA SCHONARTH<sup>1,2\*</sup>, DÉBORA BARBOSA PAVÃO<sup>1,2</sup>, JANICE TERESINHA REICHERT<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Cerro Largo; <sup>2</sup>Grupo de Pesquisa em Matemática Aplicada e Computacional; \*Autor para correspondência: Aline de Oliveira Schonarth(alineschonarth@otmail.com)

### **1. Introdução**

A questão ambiental vem adquirindo importância à medida que cresce a conscientização dos indivíduos sobre a extensão e gravidade dos problemas advindos de alterações ambientais de causas humanas. Devido essa adversidade, justifica-se a necessidade de estudos e monitoramento de cenários ambientais, empregando simulações numéricas e computacionais para descrever os impactos causados pelos poluentes.

É este o contexto do foco deste trabalho, cujo propósito voltou-se para a análise da dispersão de poluentes na água em um sistema de represamento. Como forma de aplicação, é utilizada a situação evolutiva do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) São José, no rio Ijuí, região noroeste do Rio Grande do Sul, para análise, simulação numérica e computacional da problemática. O estudo do deslocamento do poluente foi considerado na direção horizontal apenas, para isto, levou-se em consideração um domínio retangular, onde as simulações são realizadas, retratando a perda de poluente para a margem.

### **2. Objetivo**

Analisar a dispersão de poluentes na água em um sistema de represamento por meio de modelagem matemática, para determinar o comportamento desta substância, ao longo do tempo e espaço.

### **3. Metodologia**

Estudou-se, detalhadamente, a região atingida pelo reservatório da Usina Hidrelétrica São José,

buscando identificar as características do meio físico e climático dos locais, a nomenclatura do corpo d'água, contextos históricos e da vegetação e, principalmente, as características dos contaminantes presentes na região de estudo.

Assim, relacionou-se, a Matemática com a área da Engenharia Ambiental, aplicando os conceitos para a compreensão do fenômeno da dispersão dos poluentes. Adaptando a modelagem do problema proposto através da equação diferencial parcial de Difusão-Advecção, MARCHUCK (1986), com, a utilização das condições de contorno e de fronteira que caracterizavam a região. Ademais, para determinarmos a equação diferencial, os parâmetros adotados da constante de difusibilidade e decaimento foram referentes a dissertação de Cajas (2015), devido a semelhança da características da problemática. O transporte advectivo foi definido pelo estudo da direção do vento e da velocidade média da região.

Sendo assim, estudou-se os principais métodos numéricos de resolução das equações diferenciais parciais, discretizando o domínio de estudo. A implementação deste método numérico foi realizada no software Matlab, onde obteve-se resultados de comportamento do poluente.

#### 4. Resultados e Discussão

Com base nos estudos de referência e na aplicação da equação diferencial parcial de Difusão-Advecção, se obteve o comportamento evolutivo da mancha de poluente em um domínio regular.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \underbrace{\alpha \Delta C}_{\text{Difusão}} - \underbrace{\mathbf{V} \cdot \nabla C}_{\text{Transporte}} - \underbrace{\sigma C}_{\text{Decaimento}} + \underbrace{f}_{\text{Fonte Poluidora}}$$

Para a constante de difusibilidade foi usado o valor de 0,046 km<sup>2</sup>/s de acordo com Cajas (2015), referente a pesquisas semelhantes das características do local de estudo, tendo em vista as condições ambientais reais. O transporte advectivo é a direção preferencial do movimento das partículas no meio e no nosso estudo foi de acordo com a velocidade e a direção vento, utilizando os parâmetros obtidos na Estação Meteorológica de São Luiz Gonzaga do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Sendo assim, com a velocidade do vento calculou-se a média e utilizou-se a equação de Ekman  $V_{\text{vento}} = 0,28 \text{ km/h}$ , e em

relação as direções predominantes Norte, Nordeste e Norte-Nordeste.

Para o decaimento foi utilizado o valor de  $0,00001\text{h}^{-1}$ , pois, segundo Cajas (2015) é utilizado devido a semelhança dos contaminantes e para o termo fonte foi estabelecido apenas uma fonte de poluição pela entrada na área de estudo.

Tendo em vista a discretização do domínio, com as condições de contorno de Von Neumann homogêneas, sem perda de poluente para a margem, essa problemática foi resolvida pelo método numérico de diferenças finitas, para equações diferenciais parciais, com a utilização do software Matlab.

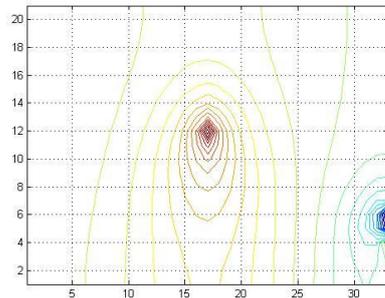
Pela visualização das figuras 1, 2 e 3, pode-se concluir que a direção do vento e o curso d'água influenciam, significativamente, na dispersão do poluente. As intensidades das cores determinam a concentração do poluente, onde o azul, representa a concentração zero e o vermelho a máxima concentração do poluente. Sendo assim, na figura 1 a máxima concentração do poluente se encontra na parte central e nas demais, a concentração desloca-se para a direita, de acordo com a direção do vento.

## **5. Conclusão**

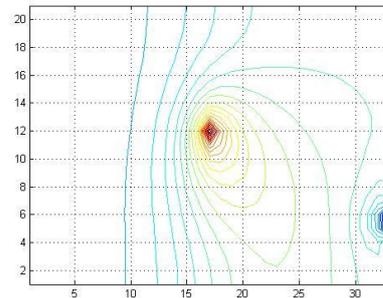
Mediante a modelagem matemática e as simulações, obteve-se a descrição e visualização da dispersão dos poluentes no reservatório da Usina Hidrelétrica São José.

As representações gráficas dos resultados das simulações foram uma ferramenta de acessível leitura e de interpretação, observando-se, como principal influência, a direção do vento e o curso d'água na máxima concentração de poluentes no reservatório da usina. Devido a pesquisa ser feita apenas em domínio regular, sendo este genérico, não foi possível levarmos em consideração o contorno da área de estudo, pelo curto prazo da realização da pesquisa. Mesmo assim, o procedimento adotado foi plenamente satisfatório para um projeto de iniciação científica, visto que, quase na sua totalidade, os conceitos aqui aplicados, são desconhecidos para um estudante de graduação. Para trabalhos futuros podemos analisar o mesmo problema para o domínio específico, não retangular com a utilização de condições de contorno presentes no meio.

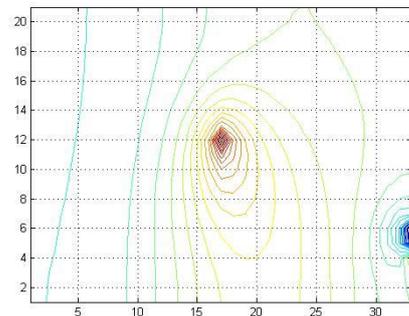
**Figura 1** - Direção do vento Norte



**Figura 2** - Direção do vento Nordeste



**Figura 3** - Direção do vento Norte-Nordeste



**Palavras-chave:** Equação de Difusão-Advecção, Dispersão de Poluentes, Modelo Matemático.

**Fonte de Financiamento**

PRO-ICT /UFFS.

**Referências**

CAJAS GUACA, DENNIS, 1983. **Impacto Ambiental em Meios Aquáticos: Modelagem, Aproximação e Simulação de um estudo na Bahia de Buenaventura Colômbia**. Denis Cajas Guaca. Campinas, SP: 2015.

MARCHUCK, G.I., **Mathematical Models in Environmental Problems, Studies in Mathematics and its Applications**, North Holland, vol.16, Elsevier Science Publishers B.V, 1986. 217 p.

MEYER, J. F. C. A. e Diniz, G. L.. Pollutant dispersion in wetland systems: Mathematical modelling and numerical simulation. *Ecological Modelling*, 200(3-4):360–370, Janeiro 2007.

PRESTES, Manoel Fernando Biagioni. **Dispersão de material impactante em meio aquático: modelo matemático, aproximação numérica e simulação computacional – Lagoa do Taquaral, Campinas, SP**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2011.