

Análise EOF dos Padrões espaço-temporais dos campos de velocidades superficiais do Estuário da Lagoa dos Patos – RS para análise de Escala de Tempo de Transporte

Paulo Victor Lisboa¹, Jean Marcel de Almeida Espinoza¹

¹ Instituto Federal do Rio Grande do Sul, Câmpus Rio Grande – IFRS
Caixa Postal 474- CEP: 96201-900 – Rio Grande - RS, Brasil
paulovictor.oceano@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho executou a análise dos padrões espaço-temporais dos campos de velocidade superficial para região do Estuário da Lagoa dos Patos (ELP) através da geração de Funções Ortogonais Empíricas (EOFs) com o objetivo de caracterizar os padrões de circulação superficial ao longo da área do ELP, RS. Esta análise sobre dados de intensidade de corrente mostrou uma contribuição de 90%, 6% e 4% para as três primeiras EOFs, enquanto a mesma análise EOF executada sobre dados de direção de corrente mostrou uma contribuição de 86%, 8% e 6% para as três primeiras EOFs, respectivamente. A partir destes dados, traçou-se subsídios para analisar as diferentes Escalas de Tempo de Transporte ao longo da área de estudo, tendo por base métodos de modelagem numérica e geoprocessamento para cumprir seus objetivos.

Palavras-chave: Lagoa dos Patos, Tempo de Residência, Análise EOF, Modelagem Numérica

1. INTRODUÇÃO

Lagoas, lagos e corpos semi-fechados comumente estão sujeito à intervenção antrópicas, comprometendo tanto o estado trófico, quanto a saúde do ambiente. A capacidade intrínseca de limpeza desses ambientes pode ser representada em dois diferentes processos: processos biogeoquímicos e processos físicos. Nesses processos, a maioria dos contaminantes e massas de nutrientes liberados no sistema aquático são transportados num estado suspenso ou dissolvido através de um fluxo médio. Com isso, essa capacidade de limpeza é dependente principalmente dos processos hidrodinâmicos, que transportam massas de água com os seus constituintes para fora da bacia (RODHE, 1992).

A descrição dos processos de transporte pode ser expressa pela definição de uma escala de tempo (MONSEN *et al.*, 2002). O tempo gasto para que cada partícula de água saia do interior da laguna nos dá uma ideia da eficiência do transporte no processo de limpeza desse corpo de água. Esses fatos exibem a relevância do cálculo do tempo de retenção de água ou escala de tempo de transporte (ETT), e principalmente do Tempo de Residência (TR) na gestão em ambientes de lagoas e bacias costeiras (BALEO *et al.*, 2001).

Para a Lagoa dos Patos, Régis *et al.* (2004) verificaram que esse parâmetro é muito dependente da descarga fluvial e do vento. A variabilidade no regime de ventos da região altera a direção das trajetórias das partículas, sendo assim difícil determinar a possível trajetória preferencial, o que para o estudo da hidrodinâmica é de suma importância. Para suprir essa ausência a análise realizada por Funções Ortogonais Empíricas (EOF) aparece como uma ótima sugestão na determinação espaço-temporal probabilística desses parâmetros, exibindo os padrões espaciais de distribuição das trajetórias para as partículas.

A análise por EOF tem sido utilizada com frequência em estudos relacionados com recursos naturais, tais como Salinidade e Temperatura Superficial do Mar (TSM) (ZANOTTA *et al.*, 2013). Desta forma, o uso de EOFs para análise dos padrões espaço-temporais constitui um importante subsídio para análise de variáveis oceanográficas, como a corrente superficial, variável de interesse desse trabalho.

Objetivos

O presente trabalho busca implementar a análise EOF como subsídio para determinar uma estimativa das trajetórias preferenciais de partículas no Estuário da Lagoa dos Patos, aplicando a modelagem numérica associada à análise EOF, e definindo assim os padrões espaço-temporais relacionados ao campo de velocidade de corrente superficial.

2. METODOLOGIA DE TRABALHO

Área de Estudo

A Lagoa dos Patos fica localizada na costa Sul do Brasil (31°S , 51°O), sendo sua desembocadura dada por um canal estreito, formando uma região estuarina conhecida como Estuário da Lagoa dos Patos (Fig. 1). A profundidade média é de 5 m, o que a faz ser classificada como uma lagoa do tipo rasa, onde a circulação é controlada pelo vento e pela descarga fluvial. Sua conexão com o mar se dá através de um canal estreito no estuário, com largura variando entre 1 e 2 km e comprimento de 22 Km (MÖLLER, 1996).

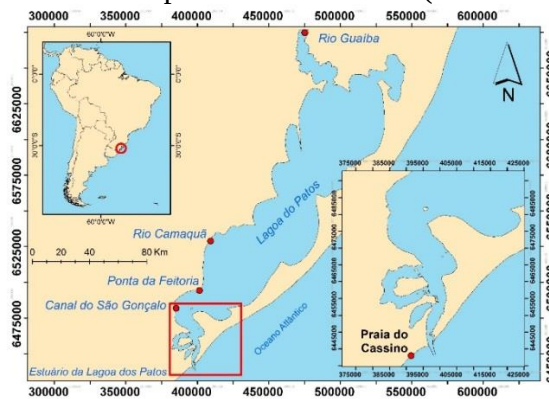


Figura 1: Localização da área de Estudo.

Modelagem Numérica Hidrodinâmica

As simulações hidrodinâmicas foram realizadas com o sistema de modelagem numérica TELEMAC, desenvolvido pelo *Laboratoire National d’Hydraulique* da *Compagnie Electricité de France (EDF)*. Para fins de simulação, foram utilizados a maré, nível, velocidade de corrente e vazão para forçar as fronteiras líquidas do modelo. Como condição inicial foram prescritos dados de temperatura e salinidade obtidos do Projeto OCCAM. Na superfície, o modelo foi forçado com dados de vento e temperatura do ar do Projeto NCEP/REANALYSIS. As simulações foram realizadas para o período de um ano, e a grade batimétrica utilizada estende-se desde as latitudes de 28°S até 36°S e as longitudes de 45°W e 54°W , atingindo profundidades superiores a 3700m (Fig. 2). Este modelo já se encontra calibrado e validado (MARQUES, *et al.* 2009) para a região de estudo.

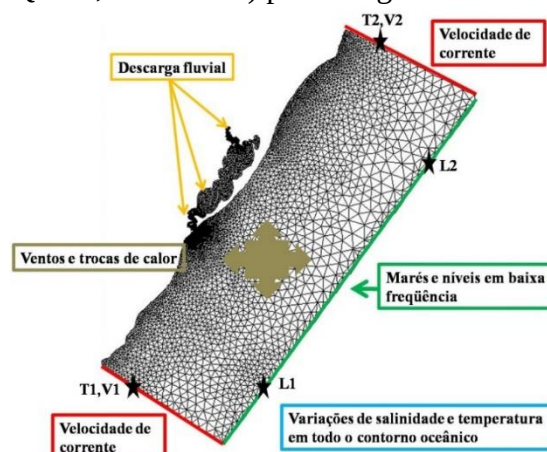


Figura 2: Contornos líquidos e superficiais e grade numérica considerados nas simulações.

A simulação retrata a configuração atual os molhes assim como a batimetria. As demais forçantes citadas acima são dinâmicas no tempo e no espaço. O modelo ainda fornecerá previsões dos valores de velocidade, salinidade e temperatura para cada ponto da grade e ao longo de 14 níveis sigmas.

Análise EOF do Campo de Velocidade Superficial

A análise EOF foi empregada objetivando identificar os padrões espaço-temporais para a velocidade superficial do Estuário da lagoa dos Patos. A partir dos dados especializados de intensidade e direção de corrente, obtidos para cada passo de simulação, foram gerados arquivos *raster* contendo cada uma das variáveis de interesse especializadas.

O arquivo de inicialização da análise EOF utilizado foi formatado matricialmente, onde cada linha representou um passo de simulação (*i.e.*, passo de tempo simulado) e cada coluna representou uma certa posição espacial onde a variável foi simulada ou aferida. A partir deste arquivo de inicialização foi determinado o conjunto de funções lineares ortogonais (*i.e.*, não correlacionadas) que associadas são capazes de compor o dado inicial. Em outras palavras, através da associação linear de um conjunto de N funções EOF é possível compor o dado de entrada utilizado na análise EOF.

Havendo um ou mais padrões espaciais para a variável de interesse, a análise EOF agregará os padrões mais significativos junto as primeiras funções EOF obtidas, permitindo descartar as demais funções geradas. A significância dos padrões de cada função EOF (cada *auto-função*) foi determinada pela importância estatística desta *auto-função* na reconstrução dos dados originais analisados, no que conhecemos como *auto-valor*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado da modelagem numérica, foi gerada uma simulação de um ano, onde foi possível obter dados do campo de velocidade em período horário, para todos pontos da malha batimétrica. A partir desses dados de corrente para o Estuário da Lagoa dos Patos, foram calculadas as EOFs de intensidade e de direção para o período analisado. As Figuras 3 e 4 exibem as três primeiras EOFs para a intensidade e a direção de corrente superficial geradas. As taxas de contribuição das três primeiras EOFs de intensidade são 90%, 6%, 4%, respectivamente.

A partir da análise das imagens, percebe-se que há um padrão bem definido dos valores de intensidade na região que compreende o canal de navegação, representado pelas cores quentes. Sendo assim nessa região, de acordo com a EOF, é onde menos sofre variação dos valores de intensidade na área analisada durante todo o período de um ano. Com isso nas demais regiões a variabilidade desse parâmetro pode ser controlada por outros fatores como vento e batimetria.

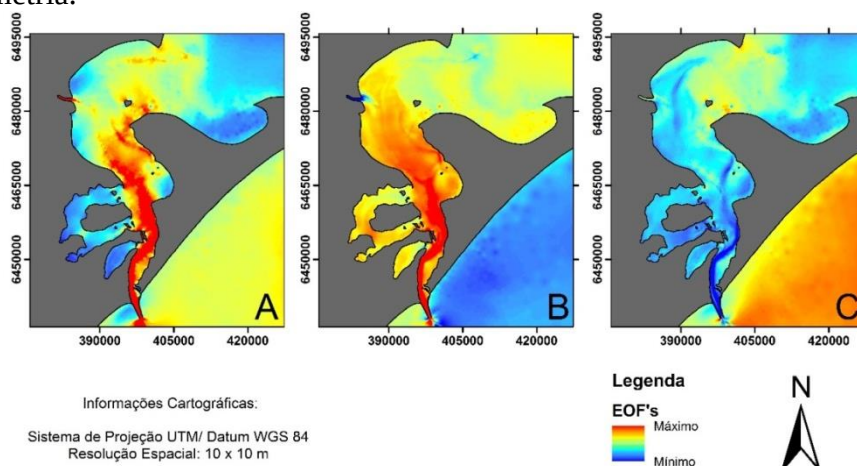


Figura 3: Primeiras 3 Eofs geradas para os dados de corrente superficial ao longo do ELP.

Quanto a EOF da direção, vemos um padrão mais variável no espaço se comparado com o de intensidade. Percebe-se que na porção central do estuário, próximo ao canal do São Gonçalo, a variabilidade é muita baixa, devido a profundidade relativamente alta para a região. Outras regiões onde se pode evidenciar esse fato é na desembocadura do estuário, assim como no canal do porto novo.

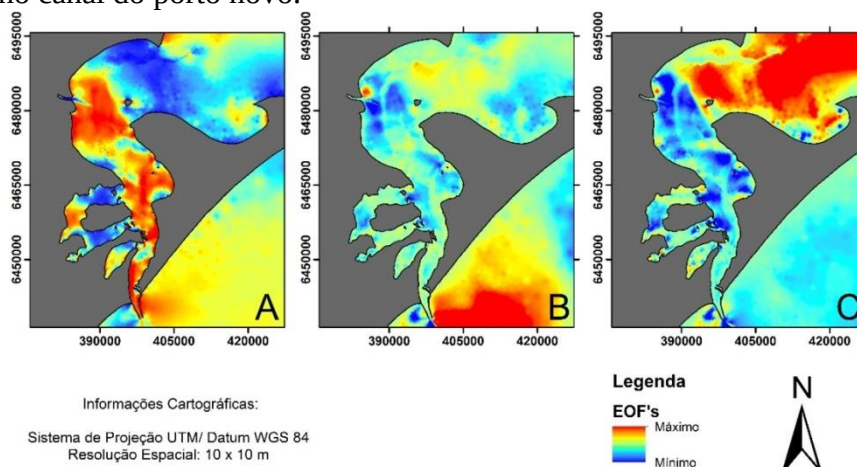


Figura 4: Primeiras 3 Eofs geradas para os dados de direção de corrente superficial ao longo do ELP.

4. CONCLUSÃO

Utilizando dados modelados de corrente, a variação horária desse parâmetro foi investigada. Verificou-se que o campo de velocidade para o Estuário da Lagoa dos Patos tanto para as EOFs de intensidade quanto de direção segue um padrão espaço-temporal bem definido. Pode concluir-se que a primeira EOF de intensidade corresponde à um padrão que é delimitado pela presença do canal de navegação refletindo variações relacionadas à batimetria.

Esta técnica permitiu isolar as diferentes variabilidades encontradas nos dados de interesse, h uma melhor associação destas com os fenômenos físicos observados. É importante ressaltar que a técnica de análise de séries temporais espacializadas por EOFs se mostra robusta, ao propiciar a determinação da quantidade da variabilidade do dado original que está representada pelas primeiras componentes principais, além de reduzir a redundância dos dados ao descartar as demais componentes principais não representativas.

5. REFERÊNCIAS

- BALEO, J.N., HUMEAU, P., CLOIREC, P.L., 2001. Numerical and experimental hydrodynamic studies of a lagoon pilot. *Water Research* 35 (9), 2268–2276.
- MÖLLER, O. O., 1996. Hydroinamique de La Lagune dos Patos, Mésures et Modelisation. *DSc. Thesis, Université Bordeaux I*, France.
- MONSEN, N.E., CLOERN, J.E., LUCAS, L.V., 2002. A comment on the use of flushing time, residence time, and age as transport time scales. *Limnology and Oceanography* 47 (5), 1545–1553.
- PEREIRA, R. S., NIENCHESKI, L.F.H., 2004. Simulação Do Tempo De Residência DA Lagoa Dos Patos. *XXI Congresso Latinoamericano de Hidráulica*. São Pedro, Estado De São Paulo, Brasil
- RODHE, H., 1992. Modeling Biogeochemical Cycles. *Academic Press*, pp. 55–71.
- TAKEOKA, H., 1984. Exchange and transport time scales in the Seto Inland Sea. *Continental Shelf Research* 3 (4), 327–341.
- ZANOTTA, D. C.; ESPINOZA, J. M. A.; SHIMABUKURO, Y. E., 2013. Padrão de variabilidade anual dos campos de temperatura superficial da Lagoa dos Patos – RS por análise EOF. *Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil., pp. 1595 – 1601.