

HIDRODINÂMICA E INUNDAÇÃO NA REGIÃO COSTEIRA ENTRE UNA E BELMONTE (BAHIA, BRASIL)

Raquel Toste^{1,3}, Luiz Paulo de Freitas Assad¹, Adriano Vasconcelos², Luiz Landau¹

1. Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia - LAMCE – COPPE – UFRJ. Av. Athos da Silveira Ramos, 149, Sala I-214. Cidade Universitária, Rio de Janeiro – RJ.

2. Laboratório de Sensoriamento Remoto por Radar Aplicado à Indústria do Petróleo. Av. Athos da Silveira Ramos, 149, Sala I-114. Cidade Universitária, Rio de Janeiro – RJ.

3. rtoste@gmail.com

RESUMO

Com o objetivo de compreender a hidrodinâmica marinha na costa sul da Bahia e identificar a extensão das áreas sujeitas à inundação nos estuários do rio Una, Pardo e Jequitinhonha, o Regional Ocean Modeling System (ROMS), foi integrado em modo barotrópico em uma grade regional para o ano de 2013 e em três grades estuarinas, para um período crítico em relação à inundação simulado na grade regional. A partir dos resultados observou-se o fluxo praticamente unidirecional das correntes oceânicas no eixo norte-sul, com forte diferenciação sazonal, e o aumento das áreas inundadas do período de vazante para o de enchente. A maior inundação costeira durante a enchente foi observada em Canavieiras e durante a vazante em Belmonte.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da hidrodinâmica costeira é de suma importância para a gestão ambiental da zona costeira, principalmente em áreas próximas a campos de produção de petróleo no mar. Além disso, a zona costeira é a região mais vulnerável às oscilações do nível do mar. Assim, o estudo dos aspectos relacionados às inundações costeiras se torna estratégico, já que a população costeira se torna vulnerável e que muitos ambientes naturais fornecem serviços ambientais importantes para a manutenção da resiliência da costa, como é o caso do litoral sul da Bahia, que possui extensas áreas de manguezais.

A área de estudo corresponde à região costeira entre os municípios de Una e Belmonte, localizados ao sul do Estado da Bahia. Nesta região, a morfologia costeira e o relevo submarino são fatores que influenciam de forma significativa na circulação marinha adjacente. A principal feição oceanográfica que rege a dinâmica oceânica local corresponde à Corrente do Brasil (CB), que flui para sul ao longo da costa brasileira. A CB é originada a partir da bifurcação da Corrente Sul Equatorial, cuja posição varia latitudinalmente próximo a 15°S (Stramma et al., 1990). Próximo a sua região de origem, a CB é uma corrente rasa transportando principalmente a Água Tropical (AT) (Cirano et al., 2007). A partir dos 20°S, a CB se torna mais profunda ao receber a contribuição da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (Silveira et al., 2000).

A maré na região possui regime semidiurno, com amplitudes que podem alcançar 2,4 m acima do nível médio. O papel da maré é bastante relevante na costa da área de estudo, contribuindo para o aparecimento da ACAS nas proximidades do Banco Royal-Charlotte (Pereira et al., 2005), o que influencia a dinâmica da plataforma continental.

OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo obter o padrão de circulação marinha na área de estudo e verificar a extensão das áreas sujeitas à inundação costeira a partir das oscilações naturais dos níveis de água nos estuários do rio Una, Pardo e Jequitinhonha.

METODOLOGIA

O modelo hidrodinâmico utilizado para as simulações foi o *Regional Ocean Modeling System* (ROMS), que resolve um modelo de equações primitivas através de um sistema de coordenadas horizontais curvilíneas e de coordenadas verticais que acompanham o terreno (Marchesiello et al., 2003). Para o presente experimento foram realizadas duas etapas. Na primeira etapa, foi considerada uma grade numérica com resolução horizontal de 150 m, localizada entre os municípios de Una e Belmonte (Grade 1). O modelo foi integrado em modo barotrópico para o ano de 2013 e utilizou como condições iniciais e de contorno laterais os resultados do MyOcean (*Global Ocean 1/12° Physics Analysis and Forecast*). Também foram consideradas as vazões fluviais, calculadas a partir de dados sazonais obtidos nos rios Una, Pardo e Jequitinhonha. As vazões foram consideradas como constantes em cada estação do ano. Para o rio Una, as vazões utilizadas variaram de 15,2 a 32,5 m³/s da estação seca para a estação chuvosa, para o rio Pardo, variaram de 9,0 a 58,8 m³/s, e para o rio Jequitinhonha, de 29,7 a 140,4 m³/s. O modelo foi forçado com a maré, obtida através do modelo do TPXO7.2 (Egbert et al., 1994). Como condições de contorno de superfície, foram utilizados os campos de tensão de cisalhamento do vento na superfície oceânica do ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts – ERA-Interim Reanalysis*), com resolução temporal de 3 horas. Na segunda etapa do experimento, a dinâmica de alagamento na zona costeira foi avaliada nos estuários dos rios Una (Grade 2), Pardo (Grade 3) e Jequitinhonha (Grade 4). As grades numéricas, com resolução horizontal de 20 m, foram integradas para o período entre 27 de novembro e 25 de dezembro de 2013. Este período correspondeu ao de maior extensão de áreas inundáveis, de acordo com os resultados para a Grade 1, e ao de maior vazão fluvial nos três rios, caracterizando este período como crítico. As simulações para estas grades também foram realizadas em modo barotrópico com a ativação do módulo de alagamento e secamento do ROMS. Foram utilizadas como condições de contorno, os resultados obtidos através da simulação realizada para a Grade 1.

RESULTADOS

Os resultados da simulação para o ano de 2013 representaram de forma satisfatória os padrões sazonais de circulação, de acordo com o conhecimento atual acerca da dinâmica local. De forma geral, observa-se o fluxo para sul durante os meses de verão e para o norte durante o inverno. A fim de verificar o desempenho do modelo numérico, os resultados obtidos para a Grade 1 foram comparados com os dados oriundos de um perfilador acústico, fundeado em 15.56°S e 38.81°W. Na Fig. 1, é possível observar a componente meridional de velocidade ao longo do tempo de integração. Observa-se que o modelo hidrodinâmico representou de forma satisfatória o escoamento oceânico no ponto de fundeio, representando as oscilações no eixo Norte-Sul em conformidade com o observado. As duas séries apresentaram uma alta correlação (0,849, $p < 0.05$) e um erro médio da ordem de 0,09 m/s. Apesar da diferença de intensidade entre as séries, o sentido preferencial de deslocamento é representado da mesma forma que o dado medido em todos os meses considerados.

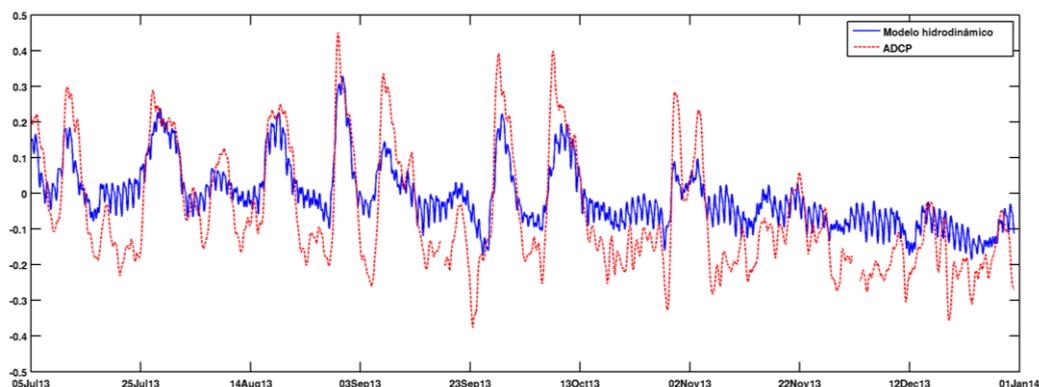


Fig. 1: Série temporal do componente meridional de velocidade, em m/s, medido pelo ADCP (vermelho) e calculado pelo modelo hidrodinâmico para a Grade 1 (azul).

Considerando as séries temporais de elevação e velocidade nas grades estuarinas, foi possível observar as oscilações dos fluxos que entram e saem dos estuários caracterizando períodos claros de sizígia e quadratura, em três pontos localizados na calha dos rios. Na Grade 2 e 3 (Pontos 1 e 2), observou-se a maior intensidade da componente meridional, devido à orientação norte-sul do trechos dos rios, em relação à zonal.

Na Grade 4, foram observadas maiores magnitudes de velocidade em relação aos fluxos nos outros rios. Como esperado, foram observados fluxos positivos (de vazante) mais intensos que os fluxos negativos, já que corresponde tanto ao fluxo fluvial quanto ao fluxo de vazante. No Ponto 3, apenas foram registradas elevações positivas do nível de água, o que favoreceu o alagamento das células de grade. Esse comportamento pode ser justificado pela maior vazão fluvial calculada para o período de dezembro, fazendo com que um maior volume de água se tornasse disponível, o que adicionado ao prisma de maré, favorece a inundação das áreas adjacentes aos canais fluviais.

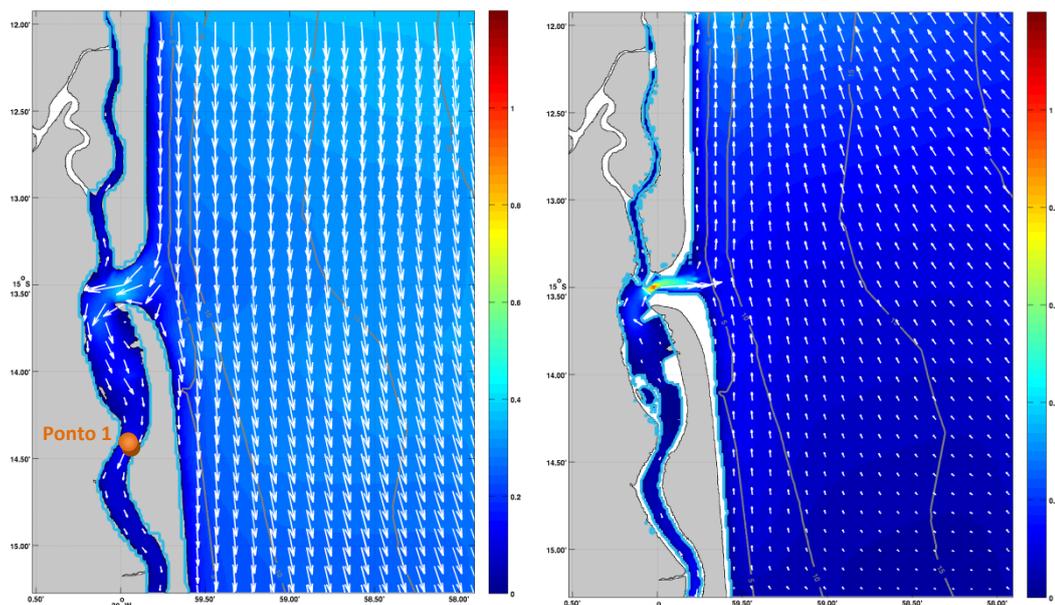


Fig. 2: Escoamento calculado durante a enchente e vazante para a Grade 2. As setas e a escala de cores indicam a direção e a intensidade do fluxo, em m/s. A linha azul corresponde ao limite máximo alcançado pelo nível de água no referido instante.

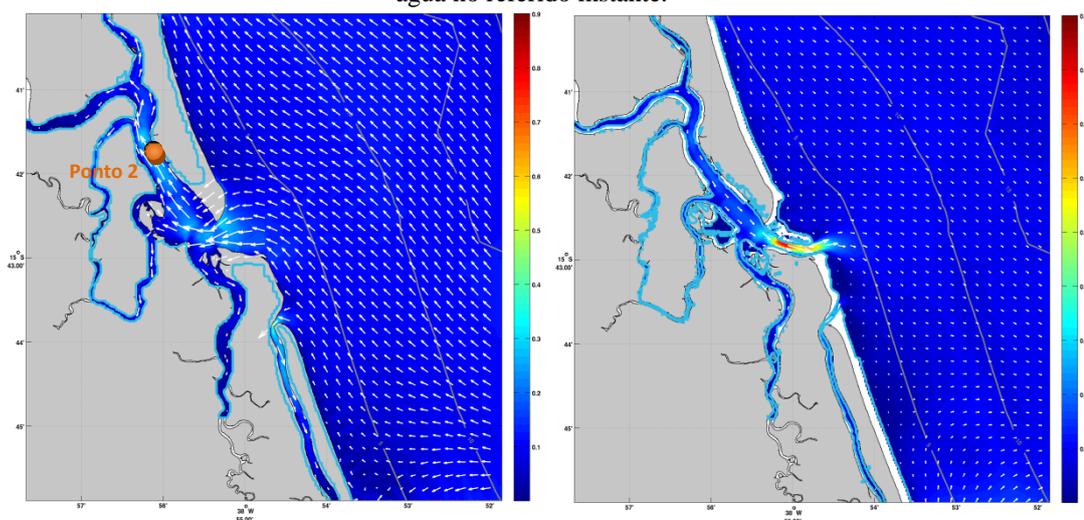


Fig. 3: Escoamento calculado durante a enchente e vazante para a Grade 3. As setas e a escala de cores indicam a direção e a intensidade do fluxo, em m/s. A linha azul corresponde ao limite máximo alcançado pelo nível de água no referido instante.

A Fig. 2 corresponde aos instantes de máxima enchente e vazante selecionados para a Grade 2, a Fig. 3 corresponde à Grade 3 e a Fig. 4 à Grade 4. Observa-se a maior intensidade das correntes de enchente no rio Jequitinhonha (Fig. 4) e que a maior área inundada foi observada durante a enchente no rio Pardo (Fig. 3).

Assim como esperado, observa-se a maior intensidade do fluxo durante a vazante ao longo dos trechos fluviais. Durante a vazante foi observado que o maior alagamento ocorreu em Belmonte, e que em Una e Canavieiras foram observadas menores extensões de áreas inundadas devido à diminuição do nível de água, havendo a exposição de bancos de areia e outras feições mais rasas.

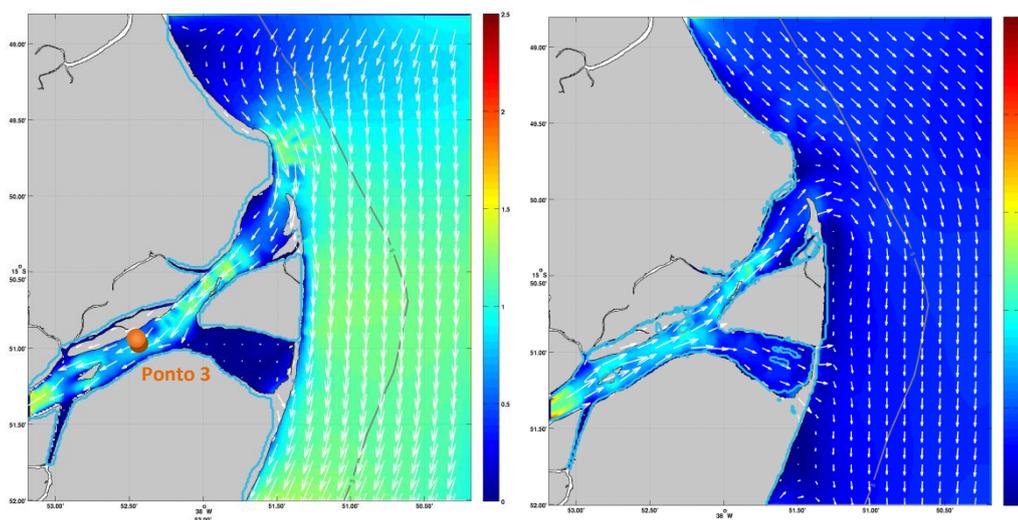


Fig. 4: escoamento calculado durante a enchente e vazante para a Grade 4. As setas e a escala de cores indicam a direção e a intensidade do fluxo, em m/s. A linha azul corresponde ao limite máximo alcançado pelo nível de água no referido instante.

CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos, observou-se um padrão sazonal na hidrodinâmica da região de estudo, com fluxos em direção ao norte durante os meses de inverno e ao sul durante o período de verão. Adicionalmente, é possível concluir que há uma variação na extensão da inundação nas regiões de interesse, principalmente em decorrência das amplitudes das oscilações do nível do mar resultantes da maré local. Contudo, ressalta-se a importância da vazão fluvial na extensão das áreas alagáveis, significando o maior impacto nas margens fluviais durante as estações chuvosas. A sazonalidade da vazão parece alterar de modo representativo os padrões de inundação costeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CIRANO, M., LESSA, G.C., 2007. Oceanographic Characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. *Rev. Bras. Geof.* 25(4): 363-387.
- Egbert, G.D., Bennett, A.F., Foreman, M.G.G., 1994. TOPEX/POSEIDON tides estimated using a global inverse model. *J. Geophys. Res.* 99(C12): 24821-24852.
- Marchesiello, P., McWilliams, J.C., Shchepetkin, A., 2003. Equilibrium structure and dynamics of the California Current System. *J. Phys. Oceanogr.* 33: 753-783.
- PEREIRA, A.F., BELÉM, A.L., CASTRO, B.M., GEREMIAS, R., 2005. Tide-topography interaction along the eastern Brazilian shelf. *Cont. Shelf Res.* 25: 1521-1539.
- STRAMMA, L., IKEDA, Y., PETERSON, R.G., 1990. Geostrophic transport in the Brazil Current region North of 20°S. *Deep-Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers* 37(12): 1875-1886.
- SILVEIRA, I.C., SCHMIDT, A.C.K., CAMPOS, E.J.D., GODOI, S.S., IKEDA, Y., 2000. A corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. *Rev. Brasil. Ocean.* 48(2): 171-183.