



VII SEMINÁRIO E WORKSHOP EM ENGENHARIA OCEÂNICA

Rio Grande, de 23 à 25 de Novembro de 2016

OSCILAÇÕES MAREAIS E SUBMAREAIS NA PLATAFORMA CONTINENTAL INTERNA NO SUL DO BRASIL

Mauro Michelena Andrade¹, Elírio E. Toldo Jr.², José Carlos R. Nunes³

^{1,2,3} Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Av. Bento Gonçalves, n° 9500. Porto Alegre, RS, Brasil

¹ Programa de Pós-Graduação em Geociências
e-mail: mauromichelena@gmail.com

^{2,3} Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica

² e-mail: toldo@ufrgs.com

³ e-mail: jose.nunes@ufrgs.br

RESUMO

O entendimento das oscilações do nível do mar causadas por forçantes meteorológicas e astronômicas é muito importante para navegação, engenharia costeira e portuária e para o estudo do balanço de sedimentos. As marés meteorológicas são muito frequentes e possuem uma grande amplitude vertical nas praias oceânicas localizadas no sul do Brasil, entretanto o mecanismo dessas oscilações é pouco estudado. A pequena amplitude de maré, a configuração quase retilínea da linha de costa, a larga e rasa plataforma continental fornecem as condições necessárias para o estudo das forçantes meteorológicas nas oscilações do nível do mar. Descrever e classificar as variações relativas do nível d'água em escala de curto prazo associadas as amplitudes das marés astronômica e induzidas por ventos, assim como determinar as principais componentes e parâmetros da maré, são os principais objetivos do presente trabalho. Para isso foi fundeado um perfilador de ondas e correntes com sensor de nível na porção norte do litoral do RS. Os resultados encontrados demonstram uma grande variabilidade do nível do mar e uma resposta significativa deste parâmetro à componente longitudinal do vento à costa.

PALAVRAS-CHAVE: maré astronômica, maré meteorológica, nível do mar, plataforma interna, AWAC.

1. INTRODUÇÃO

As marés astronômicas são as maiores ondas nos oceanos e são caracterizadas pelo movimento vertical rítmico de subida e descida do nível do mar em um período de meio dia ou um dia (The Open University, 1999). O regular e previsível padrão de oscilação das marés astronômicas é modificado em maior ou menor medida por fatores irregulares, os principais são a pressão atmosférica e a troca de *momentum* entre a atmosfera e o oceano (Pugh, 1987). Em geral, estima-se que os efeitos devidos somente à ação da pressão atmosférica, são responsáveis por 10% das variações observadas no nível do mar, sendo o restante devido exclusivamente à tensão do vento na superfície do mar (Marone e Camargo, 1994). Estas oscilações do nível do mar geradas pelas forçantes meteorológicas são rotineiramente chamadas de maré meteorológica, que é definida como a diferença entre e o nível observado e a maré astronômica (Pugh, 2004). Dessa forma, grandes variações do nível do mar ocorrem devidas a fatores

meteorológicos como o vento e a pressão atmosférica e são a causa de marés meteorológicas muito significantes na costa. Esses fenômenos são mais importantes quando os valores são muito maiores ou muito menores daqueles previstos pela maré astronômica, por exemplo: quando maiores causam intrusão de água salgada onde usualmente não ocorre, produzem inundações e danos a construções civis; quando ocorrem níveis extremamente baixos, podem impossibilitar a navegação em canais de portos; além de impactos ecológicos negativos (Clara et al., 2015; Williams, 2013). As marés meteorológicas associadas com ventos muito intensos mostram-se muito erosivos, causando erosão em praias e retração de dunas que pode chegar a dezenas de metros (Siegle e Calliari, 2008).

Na costa brasileira e especialmente na costa do estado do Rio Grande do Sul (Fig. 1), existe um déficit de séries temporais longas de dados oceanográficos (Costa e Möller, 2011; Zavialov et al., 2002). Além disso, a variabilidade do nível médio do mar, tanto na frequência mareal quanto na sub-mareal, também carece de estudos (Valentim et al., 2013). Não há registros na bibliografia de medições de longo prazo deste parâmetro em praias oceânicas do RS.

A Plataforma Continental do estado do Rio Grande do Sul localizada entre os paralelos 29° S e 34° S (Hartmann, 1996), se estende desde a margem continental até a isóbata de 180 m e possui na parte norte uma largura em torno de 110 km e ao sul, 170 km (Calliari et al., 2009). A declividade do fundo, entre 0,03° e 0,08°, é considerada suave (Toldo et al., 2006a). A antepraia é ampla e rasa com limite externo entre 10 e 15 m de profundidade, apresentando grandes bancos arenosos (Toldo et al., 2006b). O assoalho da antepraia consiste principalmente de sedimentos arenosos, no sistema praial é encontrado um material bem selecionado, areia fina (Martins, 1967, apud Calliari et al., 2006). A linha de costa do RS é caracterizada por uma barreira arenosa com aproximadamente 615 km de extensão, levemente ondulada, geralmente com orientação NE-SO e sem reentrâncias (Dillenburg et al., 2004). É composta por uma faixa contínua de praias oceânicas arenosas com largura variando entre 50 e 100 metros e declividade entre 3 e 5 graus, sendo considerada uma das mais longas praias arenosas no mundo, apresentando apenas duas discontinuidades permanentes, as barras de Tramandaí e da Lagoa dos Patos (Fachin, 1998; Dillenburg et al., 2004).

A praia de Tramandaí apresenta na maioria das vezes duas ou mais linhas de arrebentação, os bancos arenosos apresentam-se dispostos longitudinalmente à linha de praia (Ma, 2013). A praia de Imbé, vizinha à Tramandaí e localizada ao norte do canal da Lagoa de Tramandaí, foi caracterizada no trabalho de Toldo et al. (1993) através de aspectos morfodinâmicos como intermediária a dissipativa.

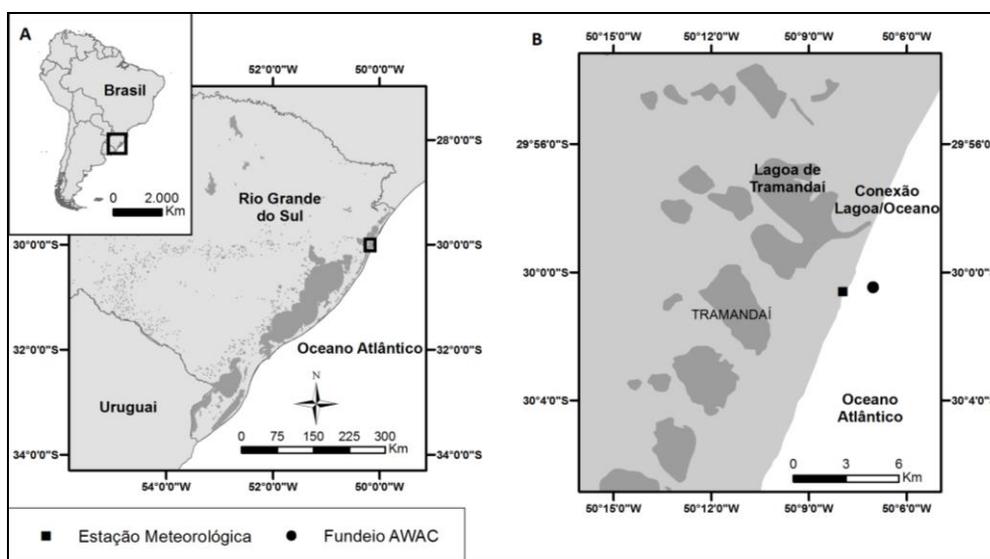


Figura 1. Área de estudo. A) Localização aproximada com destaque para o estado do Rio Grande do Sul; B) Plataforma Interna ao largo de Tramandaí. Círculo e quadrado pretos indicam o local do fundeio do AWAC e da Estação Meteorológica, respectivamente.

A maré astronômica é mista com predominância semi-diurna, com amplitude média de 0,3 m (Almeida et al., 1997), a qual é classificada como um regime de micromaré. Essa pequena amplitude de maré ocorre por causa da proximidade com um ponto anfidrômico (para M2) no Atlântico Sul e também pela configuração retilínea da linha de costa, sem irregularidades que poderiam amplificar por efeitos de ressonância ou convergência as amplitudes das marés (Villwock e Tomazelli, 1995; Möller et al., 2007). No entanto, as forçantes meteorológicas podem fazer com que o nível se eleve em até 1 m acima daqueles gerados pela maré astronômica (Almeida et al., 1997). Na praia do Cassino (300 km ao sul de Tramandaí), sobre elevações do nível de 1,9 m relacionadas às forçantes meteorológicas

já foram medidas (Parise et al., 2009). Entretanto, estes valores encontrados no trabalho citado se referem a medições realizadas na praia, e que levaram em conta os efeitos de *set up* das ondas.

Significativa tendência de aumento do nível médio do mar em diversos pontos ao redor do mundo, incluindo locais na costa brasileira, e uma intensificação de eventos de nível do mar altos vem sendo observados (Mawdsley et al., 2014). O entendimento e a dissociação das oscilações do nível do mar causadas por forçantes meteorológicas ou astronômicas é muito importante para navegação, engenharia costeira e portuária e para o estudo do balanço de sedimentos (Clara et al., 2015). As marés meteorológicas são muito frequentes e possuem uma grande amplitude vertical nas praias oceânicas localizadas no sul do Brasil, entretanto o mecanismo dessas oscilações é pouco entendido. Durante eventos de passagem de frentes frias mais comuns em meses de inverno, fortes ventos de SO, com intensidades médias de 8 m/s, resultam em níveis altos do mar na costa (Siegle e Calliari, 2008).

A pequena amplitude de maré devido a proximidade com um ponto anfidrômico para a componente astronômica M2 (Möller et al., 2007), a configuração aproximadamente retilínea da linha de costa que impede a amplificação das ondas de maré (Villwock e Tomazelli, 1995), a larga e rasa plataforma continental permitem o estudo das forçantes meteorológicas nas oscilações do nível do mar.

Os principais objetivos do presente trabalho são descrever e classificar as variações relativas do nível do mar em escala alta e baixa frequências associadas as amplitudes das marés astronômica e induzidas por ventos, respectivamente; assim como determinar as principais componentes harmônicas da maré.

A fim de responder estas questões foi instalado no leito marinho um sensor para coletar dados de nível do mar. Foram encontradas uma grande variabilidade e uma resposta significativa do nível do mar às forçantes meteorológicas, tais como o vento.

2. MATERIAS E MÉTODOS

Um perfilador acústico de ondas e correntes, modelo AWAC, da marca Nortek, com frequência de 1 MHz, foi fundeado à 11 m de profundidade na plataforma continental interna e registrou dados horários de nível do mar, através do sensor de pressão, os quais compõe os dois bancos de dados utilizados nas análises. Os dados foram coletados em dois fundeios distintos no tempo. O primeiro registro foi realizado entre 17 de dezembro de 2013 e 13 de março de 2014. O segundo período teve início em 24 de junho de 2014 e término em 28 de abril de 2015. Ao longo do texto esses bancos de dados serão chamados de “fundeio 1” e “fundeio 2”. Além de nível d’água, o equipamento registrou dados com os parâmetros das ondas, velocidade e direção de correntes e temperatura da água, aqui não considerados, visto este trabalho ter como objetivo apenas o estudo dos padrões de oscilação do nível do mar.

Uma estação meteorológica automática da marca Vaisala, modelo MAWS 301, instalada e mantida pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), forneceu os dados de direção e intensidade do vento, utilizados neste trabalho. Esta estação está localizada a pouco mais de 2 km do local de fundeio, em uma área livre de obstáculos com sensores posicionados a 10 m de altitude em relação ao terreno. Os dados de vento foram amostrados a cada minuto e integralizados para um período horário.

Com o objetivo de remover as oscilações de alta frequência, utilizou-se um filtro de passa baixas do tipo Lanczos-Cosseno (Thompson, 1983), que remove 95% das oscilações com frequências menores que 1/40 h. O resultado são as chamadas oscilações de baixas frequências ou sub-mareais. As oscilações de alta frequência foram obtidas pela subtração da série bruta pela série sub-mareal, e são chamadas aqui de frequências mareais.

As análises espectrais realizadas seguiram o método proposto por Welch (1967). No presente trabalho foi aplicada uma janela do tipo Hanning, com sobreposições de 50%, procedimento que resulta em uma estimativa de densidade espectral média, calculada a partir da estimativa de cinco segmentos. Através do uso do “janelamento”, perde-se resolução espectral; entretanto, aumenta-se a confiabilidade estatística da análise.

Correlações cruzadas foram realizadas para avaliar o quanto uma variável está diretamente relacionada a uma segunda variável. Dessa maneira obtiveram-se os coeficientes de correlação e a diferença de fase em horas para a maior correlação entre as variáveis. O coeficiente de correlação negativo representa uma relação inversa e valores positivos uma relação direta, sendo que os valores próximos a 1 e -1 representam a maior correlação. Valores próximos de zero não demonstram uma relação linear.

A análise harmônica é baseada na transformada rápida de Fourier e utiliza as constantes harmônicas da maré para o cálculo das amplitudes e fases de todos os harmônicos da maré. Assim, é possível avaliar a importância de cada constituinte. Os resultados desta análise foram obtidos através do programa computacional denominado T-tide, seguindo o método desenvolvido por Pawlowicz et al. (2002).

Com os resultados obtidos nas análises harmônicas, é calculado o *número de forma* (F) através da divisão da soma das componentes diurnas O1 e K1, pelas componentes semidiurnas M2 e S2. O F determina a importância relativa dos componentes diurnos e semidiurnos. Assim, é possível classificar o regime de marés atuante em determinada região seguindo a classificação proposta em Defant (1961).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A oscilação máxima de nível observada ao longo do tempo e considerando as duas séries temporais foi de 1,61 m. No entanto, quando removidas as oscilações de alta frequência (mareal) foi encontrada uma variação máxima de 1,12 m e quando se analisou as oscilações causadas pela maré, foi encontrado uma variação entre o menor nível e o maior de 0,92 m.

Nas figuras 2 e 3 são apresentadas as séries temporais do nível do mar sem o filtro (Fig. 2A e 3A), as séries com as oscilações submareais (Fig. 2B e 3B), ou seja, frequências menores que 40 horas e também as Fig. 2C e 3C são mostradas oscilações mareais, em outras palavras, oscilações de alta frequência, as quais são o resultado da subtração dos dados filtrados pelos dados brutos de nível do mar. Inicialmente, pode-se observar o predomínio das grandes oscilações de nível na série submareal e a influência dos ciclos lunares de sizígia e quadratura no registro da série mareal.

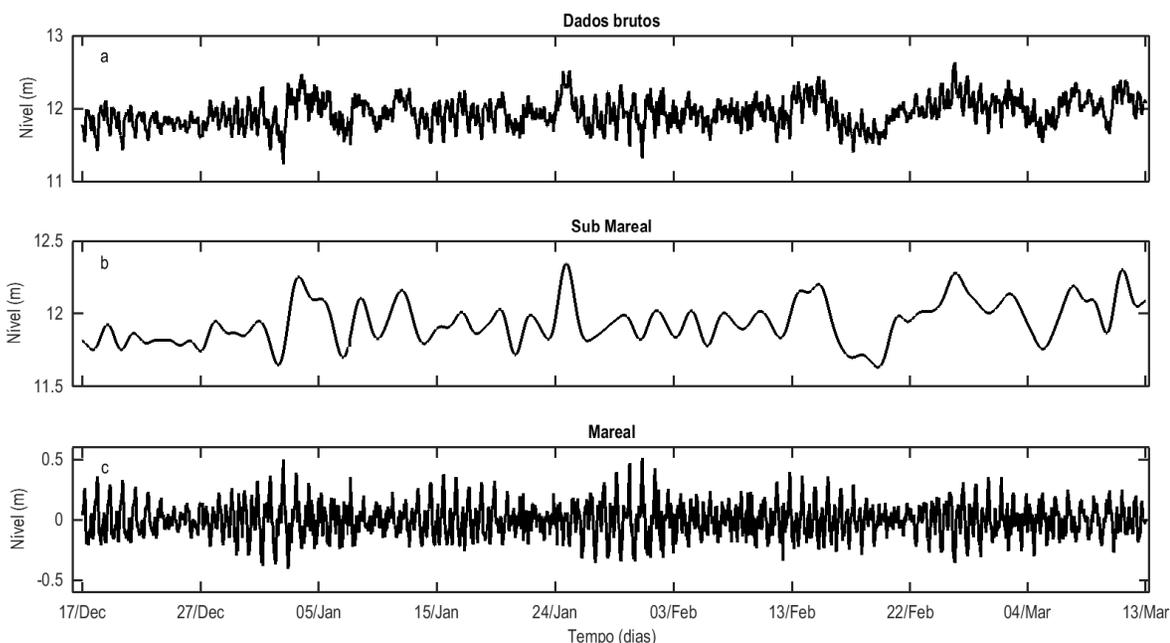


Figura 2. Série temporal de nível do mar registrada no fundeio 1. A) Dados brutos. B) Frequência sub-mareal. C) Frequência mareal.

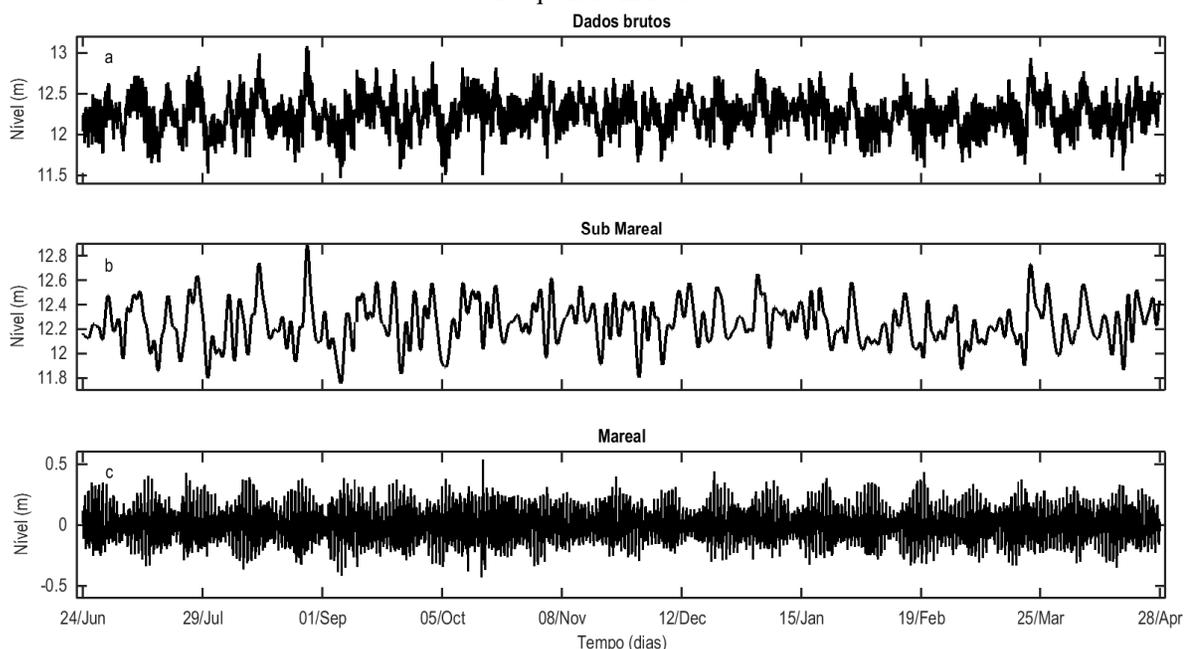


Figura 3. Série temporal de nível do mar registrada no fundeio 2. A) Dados brutos. B) Frequência sub-mareal. C) Frequência mareal.

A fim de facilitar a comparação dos dados dos dois fundeios, o fundeio 2 foi dividido de acordo com as estações do ano, ou seja, inverno, primavera do ano de 2014 e verão de 2015.

As análises espectrais realizadas para os dados brutos de nível (Fig. 4A e C, Fig. 5A e C) apresentaram de forma geral maiores energias em torno de 14 dias (frequência de 0.0025 cpd). Esse comportamento também foi observado nos dados de vento longitudinal à costa (Fig. 4B e D, Fig. 5B e D, em preto), o que indica uma relação entre essas variáveis. Além desta grande variância em 14 dias, foi encontrado nos dados de nível um pico de energia em torno das oscilações de 24 e 12 horas (frequência de 0.04 e 0.08 cpd, respectivamente), o que está relacionado com as oscilações da maré astronômica.

Entretanto, no período do inverno de 2014 (Fig. 4B) nota-se que existe uma menor energia das oscilações de alta frequência em relação às de baixa frequência. Esse predomínio das oscilações de baixa frequência no período do inverno indica uma maior frequência de ocorrência de variações do nível do mar ligadas aos fatores meteorológicos (vento) nesta estação do ano. Os trabalhos de Barros et al., 2002 e Piola et al., 2005 descrevem uma maior ocorrência de passagem de sistemas meteorológicos, ou frentes frias, nos meses de inverno e outono. Isto leva ao entendimento de que esse comportamento sazonal do nível do mar está ligado à variabilidade sazonal do vento.

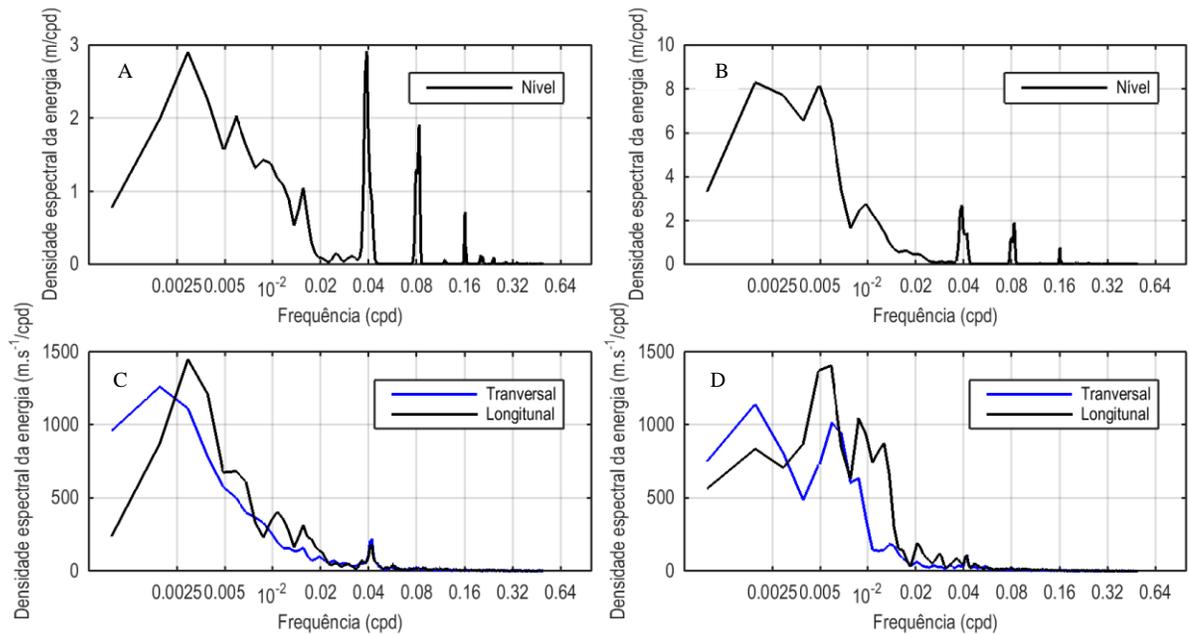


Figura 4. Estimativa de densidade espectral. A) Nível do mar (Verão 2014); B) Nível do mar (Inverno 2014); C) Vento, componente longitudinal em preto e componente transversal em azul (Verão 2014). D) Vento, componente longitudinal em preto e componente transversal em azul (Inverno 2014).

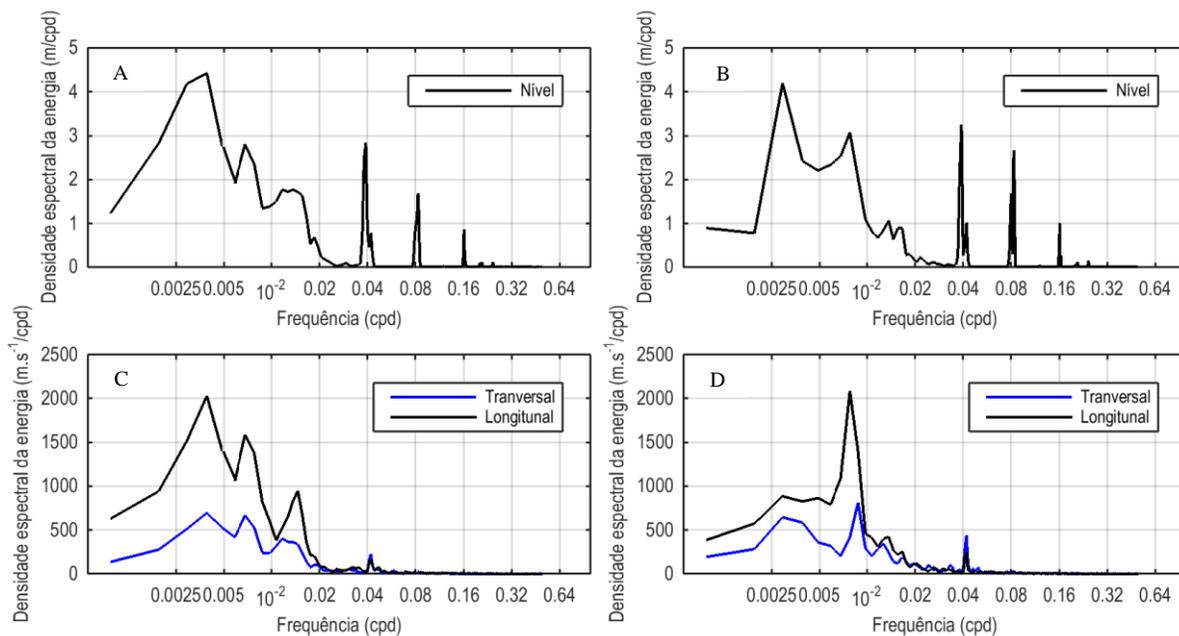


Figura 5. Estimativa de densidade espectral. A) Nível do mar (Primavera 2014); B) Nível do mar (Verão 2015); C) Vento, componente longitudinal em preto e componente transversal em azul (Primavera 2014). D) Vento, componente longitudinal em preto e componente transversal em azul (Verão 2015).

As correlações cruzadas entre os dados de nível e da componente longitudinal do vento para todos os períodos em estudo (Figura 6A, B, C e D) resultaram em valores de coeficientes de correlação maiores que 0,7. A defasagem entre o início da ação do vento e uma resposta do nível do mar foi calculada entre 8 e 13 h. Os valores positivos de correlação encontrados são explicados da seguinte forma: ventos de N (negativos) rebaixam o nível na costa, e ventos de S (positivos) elevam o nível. A influência do vento longitudinal nas oscilações de baixas frequências já tinha sido observada em trabalhos anteriores sobre os aspectos da direção e velocidade das correntes (Costa e Möller, 2011; Andrade et al., 2016), entretanto, não há relatos na bibliografia local quantificando a importância das forças meteorológicas, no caso em estudo do vento, nas oscilações do nível da água na costa.

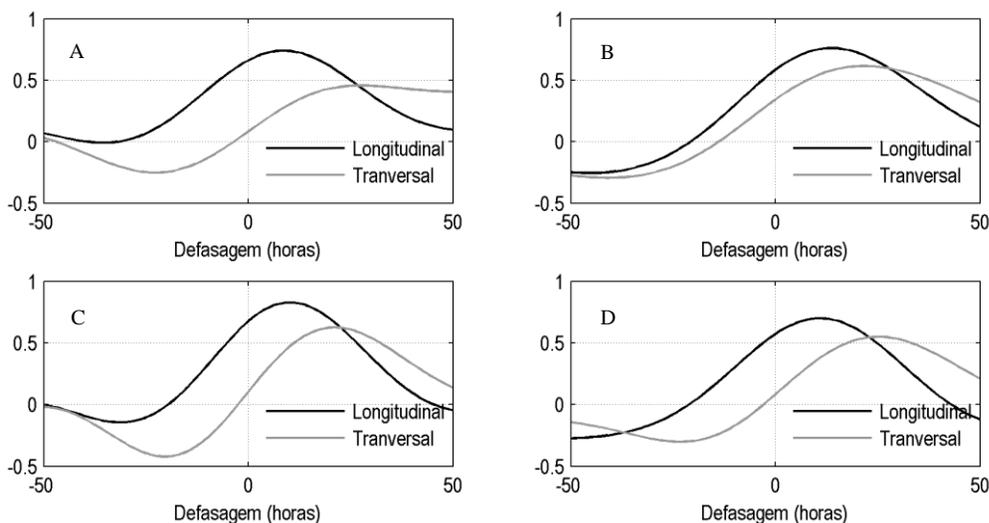


Figura 6. Correlação cruzada entre os dados de nível do mar e as componentes longitudinal (preto) e transversal (cinza) do vento à costa. A) Verão 2014; B) Inverno 2014; C) Primavera 2014; D) Verão 2015.

A Tabela 1 apresenta os principais constituintes harmônicos e suas amplitudes e fases para cada período analisado. Não foi encontrada diferença significativa entre as amplitudes de cada constituinte da maré astronômica, exceto no período do inverno de 2014, no qual o Q1 (Lunar elíptica maior) apresentou uma maior amplitude em relação aos outros períodos.

Tabela 1. Constituintes harmônicas para cada estação do ano.

| | Período (h) | Verão 2014 | | Inverno 2014 | | Primavera 2014 | | Verão 2015 | |
|-----------|-------------|---------------|-------|---------------|-------|----------------|-------|---------------|-------|
| | | Amplitude (m) | Fase | Amplitude (m) | Fase | Amplitude (m) | Fase | Amplitude (m) | Fase |
| Q1 | 26.8 | 0.029 | 73.5 | 0.033 | 53.6 | 0.025 | 66.3 | 0.026 | 68.4 |
| O1 | 25.8 | 0.116 | 99.8 | 0.115 | 84.6 | 0.118 | 87.7 | 0.115 | 85.3 |
| K1 | 23.9 | 0.059 | 179.6 | 0.073 | 170.9 | 0.053 | 148.7 | 0.056 | 158.3 |
| N2 | 12.6 | 0.046 | 256.5 | 0.046 | 233.9 | 0.037 | 225.3 | 0.045 | 232.2 |
| M2 | 12.4 | 0.058 | 166.4 | 0.052 | 131.3 | 0.052 | 129.3 | 0.060 | 137.7 |
| S2 | 12 | 0.077 | 146.5 | 0.079 | 116.9 | 0.072 | 96.9 | 0.080 | 113.2 |

Através dos resultados das análises harmônicas, foi possível calcular o *número de forma* (F). Os resultados encontrados para todos os períodos estiveram entre 1,22 e 1,44 classificando assim a região, segundo Defant (1961), sob influência de uma maré mista com predominância semi-diurna. Essa classificação já tinha sido apresentada no trabalho de Almeida et al. (1997), no entanto os dados utilizados tinham sido adquiridos no canal de acesso a Lagoa de Tramandaí, o qual poderia ter agido como um filtro natural as oscilações das marés.

4. CONCLUSÕES

Ao longo do período da série temporal analisada foram observadas amplitudes máximas de 1,6 m entre o menor e o maior nível do mar no litoral norte do RS, nas quais estão incluídas as oscilações de origem astronômica e meteorológica. Isoladamente, a maré astronômica produziu variações de cerca de 0,9 m, enquanto que o vento provocou uma oscilação máxima de 1,1 m.

Os resultados das análises espectrais e das correlações cruzadas entre os dados de nível do mar e da componente longitudinal do vento a costa, apontam para um entendimento que esta variável é a principal forçante das oscilações em frequências submareais sobre a costa e a plataforma continental interna norte do RS. Sendo assim, pode-se afirmar que sob condições de ventos provenientes do N foi registrado um rebaixamento do nível d'água na costa, e um fenômeno contrário ocorreu quando incidiram ventos do S sobre a costa.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão do auxílio financeiro através do Edital Ciências do Mar para a realização das campanhas oceanográficas, bem como pela Bolsa de Doutorado ao primeiro autor. Finalmente, agradecemos ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelo fornecimento dos dados de vento. Este trabalho é parte da Tese de Doutorado do primeiro autor junto ao Programa de Pós-graduação em Geociências da UFRGS.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, L. E. S. B., Rosauero, N. M. L. & Toldo Jr., E. E. 1997. Análise Preliminar das Marés na Barra do Rio Tramandaí, RS - Brasil. XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, Anais..., Vitória, ES. v.1, p.560-566.
- Andrade, M. M., Toldo, E. E. e Nunes, J. C. R. 2016. Variabilidade das correntes na plataforma interna ao largo de Tramandaí, RS durante o verão de 2014. *Pesquisas em Geociências*, 43 (3): 289-298.
- Barros, V. R., Grimm, A. M., Doyle, M. E. 2002. Relationship between temperature and circulation in Southwestern South America and its influence from El Niño and La Niña events. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 80:21-32.
- Calliari, L.J. & Fachin, S. 1993. Laguna dos Patos. Influência nos depósitos lamíticos costeiros. *Pesquisas*, 20(1): 57-69.

- Calliari, L. J., Toldo Jr., E. E., Nicolodi, J. L. 2006. Classificação Geomorfológica. In: Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro – Rio Grande do Sul/Dieter Muehe, organizador. Brasília: MMA. 476 p.
- Calliari, L.J., Winterwerp, J.C., Fernandes, E., Cuchiara, D., Vinzon, S.B., Sperle, M. & Holland, K.T. 2009. Fine grain sediment transport and deposition in the Patos Lagoon–Cassino beach sedimentary system. *Continental Shelf Research*, 29(3): 515-529.
- Clara, M. L., Simionato, C. G., D'onofrio, E., E Moreira, D. 2015. Future Sea Level Rise and Changes on Tides in the Patagonian Continental Shelf. *Journal of Coastal Research: Volume 31, Issue 3*: pp. 519 – 535.
- Costa, R. & Möller, O.O. 2011. Estudo da estrutura e da variabilidade das correntes na área da plataforma interna ao largo de Rio Grande (RS, Brasil), no sudoeste do Atlântico Sul, durante a primavera-verão de 2006-2007. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 11(3): 273-281.
- Defant, A. 1961. *Physical Oceanography*. Pergamon, New York, 1961. vol. 1, 729 pp.
- Dillenburg, S. R., Esteves, L. S., & Tomazelli, L. J. 2004. A critical evaluation of coastal erosion in Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 76(3), 611-623.
- Hartmann, C., 1996. Dinâmica, Distribuição e Composição do Material em Suspensão na Região Sul da Laguna dos Patos, RS. Tese de Doutorado. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Fachin, S. 1998. Caracterização do Perfil de Equilíbrio da Antepraia na Costa do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 105 p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Ma, T. T. M. 2013. Quantificação do transporte longitudinal a partir de dados de concentração de sedimentos em suspensão, Tramandaí-RS. Porto Alegre. 72p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Martins, L. R., 1967. Aspectos deposicionais e texturais dos sedimentos praias e eólicos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Publicação Especial da Escola de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 13, 102 p.
- Mawdsley, R. J., Haigh, I. D., & Wells, N. C. 2014. Global changes in mean tidal high water, low water and range. *Journal of Coastal Research*, 70(sp1), 343-348.
- Marone, E. E Camargo, C. 1994. Marés meteorológicas no litoral do Estado do Paraná: o evento de 18 de agosto de 1993. *Nerítica*, Curitiba. 8 (1-2): 73-85.
- Möller, O. O., Castaing, P., Fernandes, E. H. L., & Lazure, P. 2007. Tidal frequency dynamics of a southern Brazil coastal lagoon: choking and short period forced oscillations. *Estuaries and Coasts*, 30(2), 311-320.
- Pawlowicz, R., Beardsley, B., & Lentz, S. 2002. Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE. *Computers & Geosciences*, 28, 929-937.
- Parise, C. K., Calliari, L. J. And Krusche, N. 2009. Storm Surges and Beach Erosion in Southern Brazil: Atmospheric Conditions and Shore Erosion. *Brazilian Journal of Oceanography*, 57 (3): 175-188.
- Piola, A. R., Matano, R. P., Palma, E., Möller, O. O., Campos, E. J. 2005. The influence of the Plata river discharge on the western South Atlantic Shelf. *Geophys. Res. Lett* 32: 10-29.
- Pugh, D. T. 1987. *Tides, surges, and mean sea level*. 1° ed. Great Britain: Editora Antony Rowe Ltda. 472p.
- Pugh, D. T. 2004. *Changing Sea Levels: Effects of Tides, Weather and Climate*. 1° ed. Cambridge University Press. 265 p. ISBN: 0521532183 9780521532181.
- The Open University. 1999. *Open University Oceanography*, Butterworth-Heinemann, Oxford. Waves, Tides and Shallow-Water Processes. Pages 50-86. ISBN: 9780080363721.
- Siegle, E. & Calliari, L.J. 2008. High-Energy Events and Short-Term Changes in Superficial Beach Sediments. *Brazilian Journal of Oceanography*, 56(2): 149-152.
- Thompson, R. 1983. Low-Pass Filters to Suppress Inertial and Tidal Frequencies. *Journal of Physical Oceanography*, 13: 1077-1083.
- Toldo Jr., E.E., Dillenburg, S.R., Almeida, L.E.S.B., Tabajara, L.L., Martins, R. & Cunha, L.O.B.P. 1993. Parâmetros morfométricos da Praia de Imbé, RS. *Pesquisas*, 20 (1): 27-32.
- [a] Toldo Jr, E.E., Nicolodi, J.L., Almeida, L.E.S.B., Corrêa, I.C.S. & Esteves, L.S. 2006. Coastal dunes and shoreface width as a function of longshore transport. *Journal of Coastal Research*, 390-394.
- [b] Toldo Jr., E. E., Almeida, L. E. S. B., Nicolodi, J. L., Absalonsen, L. E Gruber, N. S. L. 2006. O Controle da Deriva Litorânea no Desenvolvimento do Campo de Dunas e da Antepraia no Litoral Médio do Rio Grande do Sul. *Pesquisas em Geociências*, 33 (2): 35-42.
- Valentim, S. S., Bernardes, M. E. C., Dottori, M., & Cortezi, M. 2013. Low-frequency physical variations in the coastal zone of Ubatuba, northern coast of São Paulo State, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 61(3), 187-193.
- Villwock, J.A. & Tomazelli, L.J. 1995. *Geologia Costeira do Rio Grande do Sul*. Notas Técnicas do CECO-IG-UFRGS, Porto Alegre, 8:1-45.

- Welch, P. 1967. The use of fast Fourier transform for the estimation of power spectra: A method based on time averaging over short, modified periodograms. *IEEE Transactions on audio and electroacoustics*, 15(2): 70-73.
- Williams, S. J., 2013. Sea-level rise implications for coastal regions. In: Brock, J.C.; Barras, J.A., and Williams, S.J. (eds.), *Understanding and Predicting Change in the Coastal Ecosystems of the Northern Gulf of Mexico*, *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 63, pp. 184–196, Coconut Creek (Florida), ISSN 0749-0208.
- Zavialov, P., Möller, O.O.Jr. & Campos, E. 2002. First direct measurements of currents on the continental shelf of Southern Brazil. *Continental Shelf Research*, 22: 1975-1986.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material apresentado neste artigo.