
GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À CARTOGRAFIA COSTEIRAE SUAS ESTIMATIVAS DE CUSTOS E BENEFÍCIOS PARA PROJETOS DE PESQUISAS

HEITHORALEXANDRE DE ARAÚJOQUEIROZ

RODRIGO MIKOSZGONÇALVES

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Centro de Tecnologia e Geociências - CTG

Departamento de Engenharia Cartográfica, Recife, PE

Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação

heithorqueiroz@gmail.com, rodrigo.mikosz@ufpe.br

RESUMO - A zona costeira é composta por várias feições e formas tanto naturais como artificiais, que em conjunto produzem uma dinâmica peculiar a cada região do planeta. Monitorar e mapear esse ambiente é uma tarefa desafiadora para as ciências geodésicas. Atualmente existem uma série de técnicas e equipamentos para obtenção de observações costeiras temporais entre elas encontram-se: videogrametria, batimetria, fotogrametria, imagens de satélite artificiais, LIDAR, GNSS, entre outros. O objetivo deste trabalho é apresentar as características principais de cada uma destas técnicas avaliando desta forma os benefícios e custos estimados tendo como alvo aplicações para projetos de pesquisa. Como resultado foi apresentado uma classificação referente aos seguintes elementos: feições mapeadas da zona costeira, resolução espacial, temporal e o custo estimado associado, sendo este classificado em baixo, médio e alto. Como conclusões, foi possível verificar que o mapeamento costeiro é uma atividade de grande interesse para os cientistas podendo ser realizado para diversos fins por meio do uso de geotecnologias que podem ser consideradas de baixo a alto custo e sofisticação, de acordo com o propósito de cada estudo tornando fundamental o conhecimento e distinção entre cada um para o gerenciamento de projetos.

ABSTRACT –The coastal zone comprises several features and shapes both natural and artificial, together produce a peculiar dynamic in each region of the planet. Monitoring and mapping this environment is a challenging issue in the field of geodetic sciences. Nowadays there are several techniques and equipment to obtain temporal coastal data, among them are videogrametry, bathymetry, photogrametry, satellite images, LIDAR, GNSS, etc. The aimed of this paper is to present the main characteristics of each selected technic evaluating the benefits and estimated costs considering the target applied to research projects. The results showed a classification based on characteristics as these elements: coastal features, human resources, spatial and temporal resolutions and general coast, which is classified into low, medium and high. As conclusion, it was possible to check that coastal mapping is one activity of great interest for scientists and could be developed for many applications, using geotechnologies, which can be considered low to high cost and sophistication, according to the purposes of the research, making fundamental knowledge and distinction between each for project management.

1 INTRODUÇÃO

Existem várias definições para a ciência denominada Cartografia, mas todas estão norteadas pela ideia de ciência que se ocupa do estudo das mais adequadas formas de representação da superfície, tanto da Terra, como de outros corpos celestes, e dos aspectos ligados à obtenção, organização e seleção dos dados utilizados na elaboração de produtos como mapas e cartas. (ROBINSON et al. 1995; GASPAR, 2005; MENEZES e FERNANDES, 2013).

Ao longo da história é possível identificar a evolução e expansão da Cartografia, tanto no aprimoramento das técnicas e tecnologias utilizadas no cumprimento do seu objetivo, como na aplicação em várias áreas do conhecimento. Deve-se levar em consideração que as ciências como matemática, física, computação entre outras tiveram e tem um papel fundamental nesse processo, como também a evolução da instrumentação utilizada na obtenção e geração dos produtos finais da cartografia (ROBINSON et al. 1995), podendo ser ela aplicada para a zona costeira.

A partir do século XV, o aprimoramento das formas de representação estava voltado ao apoio à navegação, ao mapeamento das linhas de costa, dos cursos d'água e povoações litorâneas, muito devido ao período intenso da chegada dos europeus ao continente americano (GASPAR, 2005).

Do século XX para os dias atuais, são inúmeros os avanços ocorridos nas ciências geodésicas onde o sensoriamento remoto e o posicionamento por satélites, vieram revolucionar os estudos das técnicas envolvidas no

processo de produção cartográfica, alterando de maneira, sem precedentes, como se obter informações de lugares acessíveis e inacessíveis ao homem (GASPAR, 2005).

É possível identificar uma imensa variedade de atividades de mapeamento que podem ser realizadas para diversos fins, como o gerenciamento ambiental e o ordenamento do uso do solo. Estas podem ser aplicadas a diversos ambientes e localidades, destacando neste trabalho-se: o mapeamento costeiro. Distinguem-se algumas feições, estruturas e processos existentes na paisagem costeira, passíveis de mapeamento, tais como: linhas de costa, dunas, vegetação, vida marinha, fundo dos oceanos, ventos, ondas, nível médio dos mares, relevo e o transporte de sedimentos. Além do uso do solo tais como: portos, áreas de lazer, residências e indústrias.

Boake Turner (2005) fizeram uma revisão acerca das técnicas de obtenção de dados para o mapeamento da linha de costa. São abordados, por exemplo, o uso de fotografias terrestres, cartas topográficas, fotografias aéreas, posicionamento por satélites, e o sensoriamento remoto por imagens multi e hiper-espectrais. Já, os *drones*, *laser scanning*, sensores de micro-ondas e videogrametria são algumas alternativas abordadas neste artigo.

O objetivo do presente trabalho é gerar uma classificação que contenha as principais características e benefícios das técnicas de mapeamento costeiro, assim como, apresentar os custos estimados associados às aplicações em projetos de pesquisas.

2 SENSORIAMENTO REMOTO

O termo Sensoriamento Remoto engloba várias técnicas e tecnologias como *laser scanning*, sensores micro-ondas, imagens de satélites, videogrametria, *drones* entre outros, que basicamente partem do princípio da obtenção de dados sem contato com o alvo (ROSA, 1990).

2.1 Drones

Para Turner et al. (2016) os *drones* são uma novidade para o mapeamento costeiro que trazem praticidade e agilidade à execução das atividades costeiras, além de poderem ser utilizados para diferentes tipos de estudos, tais como análises de desastres naturais, vulnerabilidade costeira, mapeamento da linha de costa, geração de perfis, entre outros. Atualmente é comum encontrar aplicações de *drones* fazendo uso do sensoriamento remoto nos mais diversos lugares. Seja para realizar filmagens de eventos, filmes e matérias (reportagens), seja no combate a agentes causadores de doenças, ou até mesmo nos parques e praças, proporcionando diversão para as pessoas. É evidente que esses equipamentos não apresentam as mesmas especificidades daqueles utilizados na aquisição de imagens para estudos costeiros, como por exemplo a Fotogrametria. Estes devem prover o posicionamento e estabilidade na tomada de imagens, e armazenar dados de orientação para controle geométrico das imagens. Ressalta-se que além do custo-benefício, o uso de *drones* oferece rápido pós-processamento dos dados o que auxilia em estudos como à prevenção de desastres e segurança de vidas.

Cita-se aqui algumas referências de aplicações de *drones* à estudos na zona costeira, como o caso de Turner et al. (2016) utilizando para a avaliação de danos e condições após a ocorrência de tempestades ocorridas no litoral de Nova Gales do Sul, Austrália e Luccier et al. (2013) combinando uma série temporal de imagens obtidas por *drones* com modelos digitais de elevação para o monitoramento de encostas na Tasmânia, Austrália.

2.2 LIDAR

Segundo Brilakis et al. (2011), o *laser scanning* é um sistema de imagem terrestre a *laser* que permitem a geração de imagens tridimensionais da superfície com alta acurácia. O *Light Detection and Ranging* (LiDAR) é um exemplo de *laser scanner*. Essa tecnologia pode ser utilizada para o mapeamento costeiro, como por exemplo no delineamento da linha de costa, mapeamento de dunas, e geração de modelos digitais de elevação, porém de certa forma pode-se considerar que o processamento, equipe, *softwares* e equipamentos envolvidos nesta tecnologia têm custo relativamente elevado (YANG et al. 2012).

Diversos trabalhos na área costeira já foram desenvolvidos usando o LIDAR, dentre estes pode-se citar Quan et al. (2012), que utilizaram esta tecnologia a fim de analisar processos erosivos na Baía de Monterey, na Califórnia, Chust et al. (2008) aplicando observações altimétricas para auxiliar no mapeamento dos habitats costeiros no Nordeste da Espanha e Sicard et al. 2006 avaliando a variação topográfica ao longo da costa de Barcelona, na Espanha.

2.3 Videogrametria

A videogrametria se beneficia de técnicas fotogramétricas aplicadas em vídeo câmeras que permitem capturar milhões de pixels a cada tomada de cena em determinado intervalo de tempo. Bio et al. (2015) apresentam alguns métodos utilizados no monitoramento costeiro. Um deles é a videogrametria para o mapeamento das feições terrestres. A aplicação é realizada numa faixa de areia do estuário de Douro, na Europa, com o equipamento acoplado a um quadriciclo, dentre as feições mapeadas estão o relevo (geração do modelo digital do terreno) e a vegetação presente na área.

Há também as vídeo-imagens capturadas por equipamentos instalados em estações, como pode ser visto em Pereira et al. (2011) podendo serem utilizadas para fins de obtenção de perfis de praia assim como na modelagem para descrever a dinâmica de deposição de sedimentos ao longo da costa.

2.4 Imagens de Satélites

As imagens de satélites são produtos de sensores orbitais muito comuns nos estudos costeiros, tendo em vista as aplicações possíveis, como também ao fato que há vários sensores – como o *TM Landsat 5* e o *OLI Landsat 8* – que têm seus produtos disponibilizados gratuitamente nos servidores *onlinedos* órgãos ou instituições responsáveis, como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do Brasil e o Serviço Geológico Americano (USGS). Contudo há imagens de outros sensores que são pagas, tendo assim um custo associado à sua aquisição.

Dentre as possíveis aplicações e estudos utilizando imagens de satélites para áreas costeiras, encontra-se Shalaby e Tateishi (2007) que utilizaram imagens multiespectrais para o mapeamento e o monitoramento das mudanças da cobertura vegetal e do uso do solo na costa oeste do Egito. Já Almeida (2009) avaliou a morfodinâmica da praia do município de Cabo do Santo Agostinho, em Pernambuco, utilizando imagens de alta resolução. Enquanto Luczkovich et al. (1993) estudaram os recifes decorais e algas marinhas da República Dominicana, fazendo uso de imagens multiespectrais.

2.5 Fotogrametria

Bezerra et al. (2007) afirmam que há inúmeros estudos que utilizam imagens de sensores orbitais e fotografias aéreas para o mapeamento costeiro. A fotogrametria, permite a medição de objetos em duas ou três dimensões sobre produtos cartográficos, como fotografias aéreas, produtos de *scanners* e câmeras CCD (BRILAKIS et al. 2011).

Como exemplo destaca-se uma série temporal de fotografias aéreas utilizadas por Oliveira et al. (2003) a fim de monitorar a linha de costa nas imediações do Forte Novo, em Portugal.

2.6 Batimetria

Quando se deseja obter informações subaquáticas de profundidade, é comumente utilizada a batimetria, que geralmente faz uso de sonares de varrimento que permitem tanto a captação de ondas acústicas para a medição das alturas, bem como a captura de imagens acústicas do fundo do oceano. Dentre várias possibilidades de aplicações citam-se o estudo do relevo do fundo dos oceanos, capacidade de armazenamento e monitoramento de assoreamento de reservatórios.

Destacam-se algumas pesquisas que têm o fundo dos oceanos como área de estudo, e, buscam avaliar as profundidades ou condições de transporte de sedimentos neste ambiente. Parsons e Sclater (1967) avaliaram a profundidade oceânica do Oceano Pacífico Norte e do Atlântico Norte e Bio et al. (2015) utilizaram dados de batimetria para a implementação de um modelo de propagação de ondas, enquanto as imagens acústicas (também obtidas pelo equipamento de batimetria) permitiram a identificação de afloramentos rochosos e de manchas na areia do fundo do mar de Vila Nova de Gaia e do estuário de Douro, em Portugal.

3 GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM

O *Global Navigation Satellite System* (GNSS) é o termo utilizado para se referir aos sistemas de posicionamento global por satélites existentes na atualidade, isto inclui o sistema americano GPS e o russo GLONASS, entre outros. Existem alguns métodos para se realizar um levantamento GNSS, que inicialmente podem ser agrupados em duas categorias: estáticos e relativo. A partir destes, dependendo do receptor utilizado, das portadoras, da finalidade, entre outros fatores, alguns métodos podem ser definidos como por exemplo *Real Time Kinematic* (RTK), Posicionamento por Ponto Preciso (PPP), levantamento relativo cinemático pós-processado, entre outros.

Existe a possibilidade de integrar o GNSS com as outras técnicas de sensoriamento remoto, assim como aplicações diretas no mapeamento costeiro. Nos trabalhos de Rocha et al. (2008) e Rocha et al. (2009) foram produzidos Modelos Digitais de Elevação (MDE) através de interpolação dos dados obtidos por GPS, por meio da realização da redução das altitudes geométricas ao nível de referência do mar, para identificação do comportamento da linha de costa no litoral norte do estado de Alagoas. O delineamento da linha de costa também pode ser feito através de levantamento GNSS como pode ser visto em (KRUEGER et al. 2009; TANAJURA et al. 2011; KRUEGER et al. 2011; GONÇALVES et al. 2012a; GONÇALVES et al. 2012b; MENDONCA et al. 2014; GONÇALVES 2010).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Através da revisão de literatura apresentada nos itens 2 e 3 foi elaborada uma tabela contendo uma coluna com as técnicas citadas entre elas encontram-se: *drones*, LIDAR, Videometria, Fotogrametria, Imagens de Satélites e GNSS. Feito isso foi reconhecido e resumido, entre as aplicações pesquisadas, quais seriam as possíveis feições costeiras capazes de serem mapeadas com a técnica em questão, por exemplo: relevo, linha de costa, vegetação, entre outros.

Características principais das técnicas como a resolução espacial e a resolução temporal fazem parte dos critérios selecionados para análise. Por fim destacam-se os recursos materiais e humanos envolvidos no processo de aquisição dos dados costeiros.

Para avaliação final proposta foi classificado o *custo estimado* em três níveis: *baixo, médio, alto*. Aqui o custo foi definido como “esforço que se emprega com o fito de se obter algo” não necessariamente monetário, mas sendo um somatório dos critérios analisados. A estimativa não levou em consideração vários fatores como, por exemplo, área a ser mapeada, localização, etc. Mas sim uma forma da variação da estimativa final para uma proposta genérica de gerenciamento de um projeto de pesquisa que poderia ser aplicado dentro de um departamento em uma universidade considerando recursos de pesquisa por órgãos de fomento através de editais ou da própria instituição.

5 RESULTADOS OBTIDOS

Como resultados obtidos desta pesquisa é apresentada a tabela 1 contendo a classificação do custo referente aos seguintes critérios: feições mapeadas da zona costeira, resolução espacial, temporal, recursos materiais/humanos.

Tabela 1 – Classificação de geotecnologias aplicadas ao mapeamento costeiro.

Técnica	Feições	Resoluções Espacial (RE) e Temporal (RT)	Recursos Materiais e Humanos	Custo Estimado
<i>Drones</i>	Relevo terrestre, linha de costa, vegetação, construções.	Geralmente um RE próxima a 1 metro com uma RT variável, de acordo com a aplicação e escolha dos especialistas.	Veículo Aéreo, receptor GNSS, <i>Inertial Measurement Unit</i> (IMU), E <i>Hardwares</i> para o controle do veículo e armazenamento dos dados. Uma a duas pessoas para operação em campo.	Médio.
LIDAR	Relevo terrestre e subaquático, linha de costa, vegetação, construções.	Apresenta uma RE abaixo de 1 metro e RT variável, de acordo com a aplicação e escolha dos especialistas.	Radar, Veículo Terrestre ou Aéreo, dentre outros <i>Hardwares</i> . Piloto somado à uma equipe técnica para aquisição, controle de campo e processamento dos dados.	Alto
Videogrametria	Ondas, Relevo terrestre, linha de costa, construções, vegetação, dunas, transporte de sedimentos.	RE próxima a 1 metro e RT constante conforme a taxa de gravação selecionada.	Veículo terrestre (caso seja transportado, receptor GNSS e IMU)	Médio
Fotogrametria	Relevo terrestre, linha de costa, construções, vegetação, dunas.	RE abaixo de 1 metro e a RT pode ser considerada como variável, porém o custo de um voo é alto, o que faz essa resolução variável em alguns casos anuais ou em períodos mais longos.	Aeronave ou Veículo Terrestre, e equipamento para aquisição das imagens, controle de campo e pós-processamento, entre outros. Uma equipe especializada podendo variar o número de pessoas para a realização das atividades.	Alto
Imagens de Satélites	Relevo terrestre, linha de costa, construções,	Depende do sensor escolhido a RE varia de menos de 1	Imagens adquiridas de algum servidor. (tratando-se de	Imagens Gratuitas(Custo Baixo) e Imagens

	vegetação, dunas	metros até alguns Quilômetros e a RT varia de dias a meses.	usuário)	Pagas(Custo Médio).
GNSS	Linha de costa, relevo, entre outros elementos da paisagem.	Em se falando de GNSS a RE, (abaixo de 1 metro), depende do receptor e do método de levantamento adotados. E RT variável de acordo com as necessidades e campanhas do projeto, porém simples de operar e treinar uma equipe.	Receptor(es) GNSS e equipamentos de apoio como tripés e balizas. Entre uma e três pessoas, variando de acordo como método utilizado.	Custo Médio. Receptores L1 têm custo menor que L1/L2. Há ainda preço adicional se o receptor realiza RTK, entre outros.

Pode-se observar que quando se trata da estimativa de custos utilizando imagens de satélites há uma variação que depende do tipo de imagem a ser adquirida. Foi apresentado que há servidores *online* de instituições governamentais que disponibilizam gratuitamente os seus produtos de sensoriamento, porém também há empresas que comercializam suas imagens, podendo ser de média a alta resolução espacial.

No caso de um equipamento para realização de levantamentos por meio do posicionamento por satélites, por exemplo, o preço pode variar de acordo com as características do receptor, tais como, quantidade de canais disponíveis, as constelações que podem ser recebidas (GPS, GLONASS ou ambos bem como as em desenvolvimento), as portadoras (L1 ou L1/L2), disponibilidade de antena e sistema de comunicação para RTK, tipo de coletora, entre outros.

5 CONCLUSÕES

Diversos trabalhos e artigos científicos foram analisados com o propósito de se obter as informações acerca das técnicas de mapeamento costeiro, com certeza existem vários outros que poderiam ter sido incluídos nesta pesquisa, deixando assim a recomendação da necessidade de pesquisas referentes ao estado da arte sobre o tema. As feições cartográficas costeiras são complexas e sugeitas a variações temporais porém estas são passíveis de mapeamento. As geotecnologias podem ser utilizadas e as mesmas oferecem custos estimados e equipamentos dos mais variados preços e tipos, além de capacidade técnica para a execução das atividades. As técnicas selecionadas variam de acordo com aplicação e o objetivo do estudo. Vai desde a observação do fundo dos oceanos, análise da dinâmica das dunas, ondas, vegetação, linha de costa entre outros elementos naturais e antrópicos.

Através da classificação gerada nesta pesquisa foi possível traçar um orçamento genérico para projetos de pesquisas em instituições, a fim de subsidiar o planejamento e auxiliar na tomada de decisões, quanto às características gerais e o custo estimado para a aquisição de determinados equipamentos. Ressalta-se que para fins de gerenciamento de um projeto um orçamento com profissionais específicos da área em questão deve ser efetuado e que várias outras variáveis podem fortalecer a escolha ideal para um determinado projeto. Além disso o estudo aqui realizado não considerou diferenças entre marcas de equipamentos e preços em valores monetários.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao suporte dos seguintes projetos: Universal/CNPq14/2012, nº do Processo: 482224/2012-6, PQ/nível 2/CNPq nº do Processo 310412/2015-3/PQ. Ao programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação e ao Laboratório de Cartografia Costeira (LACOST) ambos da UFPE assim como a bolsa de mestrado do primeiro autor concedida pela CAPES.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H. et al. Avaliação da morfodinâmica praia no município do Cabo De Santo Agostinho-PE através de imagens suborbitais e orbitais de alta resolução espacial. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 6, n. 1, 2009.

BEZERRA, M.O., PINEHIRO, L. AND MORAIS, J.O. 2007. Shoreline Change of the Mucuripe Harbour Zones (Fortaleza-Ceará, Northeast of Brazil) 1972 - 2003. **Journal of Coastal Research**, SI 50 (Proceedings of the 9th International Coastal Symposium), 1163 – 1167. Gold Coast, Australia, ISSN 0749.0208.

BIO, A. Methods for coastal monitoring and erosion risk assessment: two portuguese case studies/Métodos de monitorização e análise de risco de erosão costeira: dois casos de estudo portugueses. 2014./*Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 15(1):47-63. DOI: 10.5894/rgci490.

BOAK, E.H. AND TURNER, I.L., 2005. Shoreline Definition and Detection: A Review. **Journal of Coastal Research**, 21(4), 688–703. West Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208.

BRILAKIS, I.; FATHI, H.; RASHIDI, A. (2011) - Progressive 3D reconstruction of infrastructure with videogrammetry. **Automation in Construction**, 20(7):884-895. DOI:10.1016/j.autcon.2011.03.005

GASPAR, J. A., **Cartas e Projeções Cartográficas**, 331. Portugal: Lidel, 2005.

GONÇALVES, R. M. Modelagem de tendência a curto-prazo da linha de costa através de dados geodésicos temporais utilizando regressão linear, estimativa robusta e redes neurais artificiais. Tese de Doutorado em Ciências Geodésicas, UFPR, 2010. 152p.

GONÇALVES, R. M.; AWANGE, J. ; KRUEGER, C. P. . GNSS-based monitoring and mapping of shoreline position in support of planning and management of Matinhos/PR (Brazil). *Journal of Global Positioning Systems (Print)*, v. 11, p. 156-168, 2012.

GONCALVES, R. M. et al. A comparison between three short-term shoreline prediction models. **Ocean & Coastal Management**, v. 69, p. 102-110, 2012.

KRUEGER, C. P. ; GONÇALVES, R. M. ; HECK, B. . Surveys at the Coast of Paraná, Brazil, to Determine the Temporal Coastal Changes. *Journal of Coastal Research JCR*, v. I, p. 632-635, 2009.

KRUEGER, C. P. ; SOARES, C. R. ; HUINCA, S. M. ; LEANDRO, D. ; GONÇALVES, Rodrigo Mikosz . Satellite positioning on the coast of the Parana, Brazil. *Journal of Coastal Research JCR*, v. SI(64), p. 1352-1356, 2011.

LEICK, A. 2004. **GPS Satellite Surveying**. 3ª ed., New Jersey, John Wiley & Sons, 435p.

LUCZKOVICH, Joseph J. et al. Discrimination of coral reefs, seagrass meadows, and sand bottom types from space: a Dominican Republic case study. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 59, n. 3, p. 385-389, 1993.

LOITZENBAUER, E.; MENDES, C.A.B. (2014) – A Faixa Terrestre da Zona Costeira e os Recursos Hídricos na Região Hidrográfica do Atlântico Sul, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, 14(1):81-94. DOI: 10.5894/rgci448.

MENDONÇA, F. J. B. ; GONÇALVES, R. M. ; AWANGE, J.; SILVA, L. M. ; GREGORIO, M. N. . Temporal Shoreline Series Analysis Using Gns. *Boletim de Ciências Geodésicas (Online) JCR*, v. 20, p. 701-719, 2014.

MENEZES P. M. L.; FERNANDES, M. C., **Roteiro de Cartografia**, 288. Brasil: Oficina de Textos, 2013.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, Fundamentos e aplicações**. São Paulo, 2008, 476p. Editora UNESP, 2ª ed.

OLIVEIRA, S. et al. Aplicação de técnicas fotogramétricas e ambientes SIG no estudo do recuo da linha de costa-Área do Forte Novo-Trafal, Algarve. Finisterra: **Revista portuguesa de geografia**, v. 38, n. 76, p. 35-49, 2003.

PEREIRA, P.S.; Calliari, L.J.; Holman, R.; Holland, K.T.; Guedes, R.M.C.; Amorin, C.K.; Cavalcanti, P.G. 2011. Video and field observations of wave attenuation in a muddy surf zone. **Marine Geology**, 279: 210-221.

ROCHA, C. P.; ARAÚJO, T.C.M.; MENDONÇA, F.J.B. (2008) - Aplicação de técnicas de posicionamento GPS tridimensional para localizar linhas de costa: estudo de caso na praia de Boa Viagem, Recife/PE, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, 8(2):127-137, 2008.

ROCHA, C. P.; ARAÚJO, T.C.M.; MENDONÇA, F.J.B. (2009) - Aplicação de metodologia alternativa para localizar e monitorar linhas de costa usando técnicas de posicionamento pelo GNSS: Um estudo de caso na praia de Sauaçui, Nordeste do Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, 9(1):93-108. DOI: 10.5894/rgci151.

ROSA, R. Introdução ao sensoriamento remoto. **Introdução ao sensoriamento remoto**. EDEFU, 1990.

SHALABY, Adel; TATEISHI, Ryutaro. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. **Applied Geography**, v. 27, n. 1, p. 28-41, 2007.

SORENSEN, J.C. AND S.T. MCCREARY. 1990. Institutional Arrangements for Management of Coastal Resources. **Coastal Management Publication** No. 1, (Rev. ed.) U.S.Nat. Pk. Serv./USAID Series. 194 p.

TANAJURA, ELMO LEONARDO XAVIER ; Krueger, Claudia Pereira ; GONÇALVES, Rodrigo Mikosz . Análise da acurácia dos métodos cinemáticos de posicionamento GPS em aplicações costeiras. *Boletim de Ciências Geodésicas (Online)*, v. 17, p. 23-36, 2011.

TURNER, I. L.; HARLEY, M. D.; DRUMMOND, Christopher D. UAVs for coastal surveying. **Coastal Engineering**, v. 114, p. 19-24, 2016.

YANG, B.; HWANG, C.; CORDELL, H. K. Use of LiDAR shoreline extraction for analyzing revetment rock beach protection: A case study of Jekyll Island State Park, USA. **Ocean & coastal management**, v. 69, p. 1-15, 2012.