

Caracterização da Rede Maregráfica Nacional de Angola

Characterization of the National Maregraphic Network of Angola

Fernão Manzambi Guilherme¹

RESUMO:

O presente artigo tem como objectivo caracterizar a Rede Maregráfica Nacional de Angola (RMN). Para tal, analisou-se a forma como a actual RMN está constituída, como funciona e com recurso à recomendações indicou-se determinadas alterações para o seu aperfeiçoamento. Assim, foi problematizada a eficiência da actual RMN, partindo da hipótese de que, ela não corresponde ainda às necessidades que a costa angolana apresenta, do ponto de vista do seu monitoramento das variações do nível médio da água do mar. Afim de alcançar o objectivo proposto, recorreu-se a técnica de pesquisa documental e bibliográfica, bem como recurso ao método dedutivo com uma abordagem quantitativa. Após a análise dos dados recolhidos em campo, foi concluído que a actual RMN não corresponde ainda às necessidades, e para que ela se possa firmar como um sistema eficiente de monitoramento precisará ser aperfeiçoada com base em algumas recomendações apresentadas neste artigo.

PALAVRAS-CHAVE: Aperfeiçoamento; Marés; Rede Maregráfica; Marégrafos.

¹ Docente do Departamento de Marinha da Academia Naval da MGA. E-mail: manzambi.hidrografo@gmail.com

ABSTRACT:

This article aims to characterize the National Seaboard of Angola (RMN). To this end, we analyzed the way in which the current NMR is constituted, how it works and, using recommendations, certain changes were indicated for its improvement. Thus, the efficiency of the current NMR was problematized, based on the hypothesis that it still does not correspond to the needs that the Angolan coast presents, from the point of view of its monitoring of variations in the average sea water level. In order to achieve the proposed objective, the documentary and bibliographic research technique was used, as well as the deductive method with a quantitative approach. After analyzing the data collected in the field, it was concluded that the current NMR does not yet meet the needs, and in order for it to establish itself as an efficient monitoring system, it will need to be improved based on some recommendations presented in this article.

KEYWORDS: Improvement; Tides; Tidal network; Tide gauges

INTRODUÇÃO

O objecto de estudo deste artigo é actual e pertinente, na medida em que, Angola possui uma extensa orla marítima com cerca de 1650 km que, se não for devidamente monitorada do ponto de vista das alterações do nível da água do mar, diminui significativamente a segurança da navegação portuária; dificulta a execução de projectos de engenharia como a construção de pontes, docas e quebra-mares; dificulta também o apoio à levantamentos hidrográficos, e tantas outras dificuldades são encontradas quando não se conhece o comportamento da maré nem as suas previsões. Por outro lado, para Angola, o mar apresenta-se como um elemento indispensável para o seu desenvolvimento socioeconómico uma vez que, mais de 90% das exportações e importação de mercadorias diversas é feito pelo mar (CNC, 2016). Em termos demográficos, mais de 50% da população Angolana vive ao longo da costa (INE, 2018). Para além dos benefícios socioeconómicos associados ao conhecimento do comportamento do mar e das suas previsões, este afigura-se como sendo importante do ponto de vista militar.

Uma das missões da Marinha de Guerra Angolana (MGA), é participar no desenvolvimento dos serviços de hidrografia, oceanografia e hidrometeorologia e assinalamento marítimo, para garantir as unidades de superfície, submarinas e aéreas a segurança de movimento e o emprego eficaz dos seus sistemas de armas (DP n°108/18 de 25/04). Porém, sem marés não há hidrografia, e sem hidrografia não há cartas náuticas actualizadas e na ausência destas últimas não se pode falar em segurança da navegação, impossibilitando deste modo o cumprimento duma das missões mais importante atribuída à MGA. Por outro lado, o mar constitui para a MGA o principal Teatro de Operações² e portanto, conhecer o mar apresenta-se como um imperativo para este Ramo das Forças Armadas Angolana (FAA).

Por estes e outros motivos, torna-se óbvio que monitorar a maré à nível da costa angolana representa uma importante tarefa.

² Parte do teatro de guerra necessária à condução ou apoio das operações de combate.

Marés

A superfície da água dos oceanos, não são fixa num único nível, mas alternativamente sobe e desce. *Maré* é a subida e descida do nível das águas devida principalmente à atração gravitacional exercida pelo Sol e pela Lua sobre a Terra, mas também a efeitos meteorológico e sazonais de periodicidade mal definida (TM do IH, A-6).

Quando o nível da água atinge uma elevação máxima, ocorre uma *preia-mar* (PM), e quando atinge a elevação mínima, ocorre uma *baixa-mar* (BM). Em função da quantidade de preia-mares e/ou baixa-mares por dia, as marés classificam-se em semidiurnas, diurnas e mistas.

A maré diz-se diurnal, quando apresenta uma preamar e uma baixa-mar por dia, semidiurna, quando apresenta duas preamares e duas baixa-mares por dia, e misto quando se observar que parte do mês diurna e parte semidiurna. A Figura 1 apresenta um diagrama esquemático com indicação dos diferentes tipos de maré ao redor do planeta. Como vemos, a costa angolana apresenta marés semidiurnas.

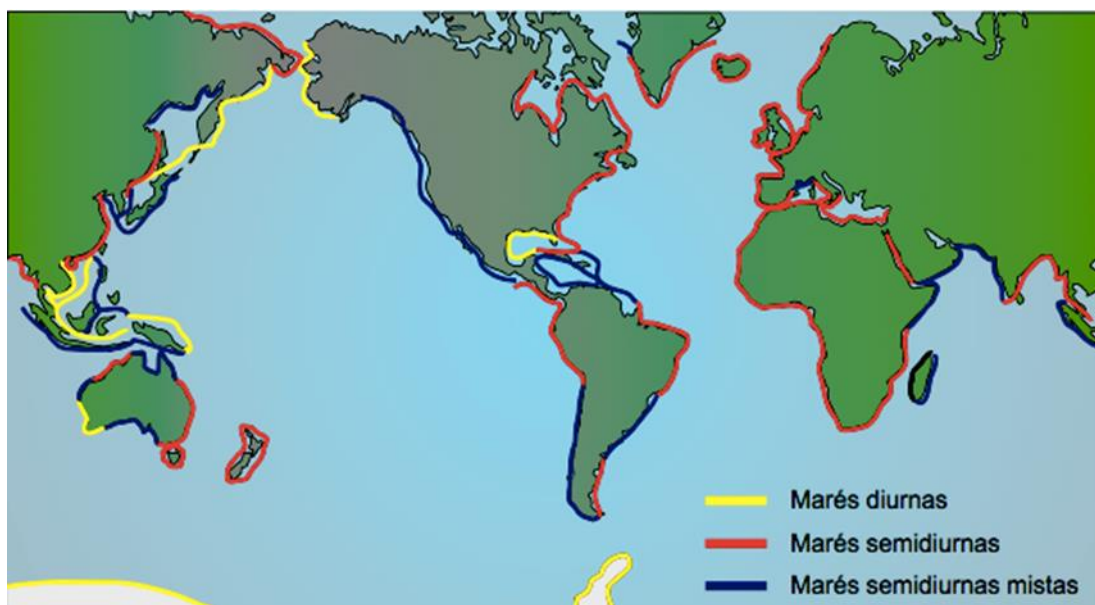


Figura 1. Tipos de maré em função dos períodos dominantes de oscilação.
(Fonte: R. De Camargo e J. Harari)

Marégrafos

Os aparelhos que medem a maré, denominam-se por *marégrafos*. Na costa, podem ser de flutuador, de pressão ou de radar, enquanto no oceano aberto são utilizados marégrafos de pressão ou medições de altímetros a partir de satélites ou aviões.

A Figura 2 mostra o esquema de um *marégrafo de flutuador*. O flutuador opera dentro de um tubo (ou poço) com orifício, move-se verticalmente com a variação do nível do mar, girando uma roda que, por sua vez, arrasta uma roda menor concêntrica e solidária, movimentando um fio ligado a uma pena registradora. Essa pena registra a maré num papel que envolve um tambor, o qual gira acionado por um relógio. O movimento alternativo da pena produzido pela oscilação do flutuador, aliado à rotação das rodas, reproduz sobre o papel a curva de maré ou maregrama³. Para que uma estação maregráfica possa ser recuperada em qualquer época, é imprescindível que, mediante um nivelamento geométrico, o zero da régua seja referido a uma marca fixa em terra, chamada Referência de Nível (RN). (J.P. Castello e C.Krug, 2017).

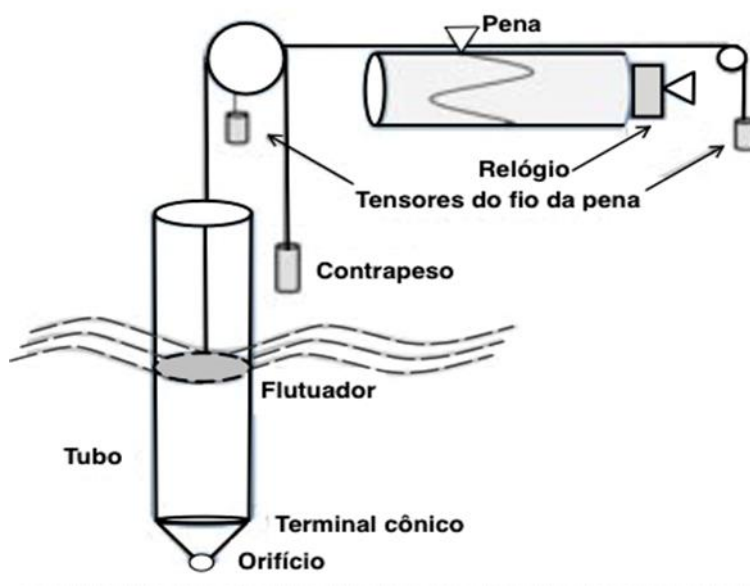


Figura 2. Esquema do marégrafo de flutuador.
(Fonte: Adaptado de J. Harari, 2021)

³ Gráfico das diferenças de nível da água do mar provocadas pelas marés que é registrado automaticamente pelo marégrafo.

Marégrafos de pressão servem para medir variações do nível da água, em águas profundas, em alto-mar. em termos práticos, estes marégrafos, registaram o “peso” da coluna de água que está acima dele e a sua variação. são constituídos por sensores de pressão colocados no fundo do mar e que medem a pressão (ou a altura) da coluna de água. A medida de pressão é realizada através de uma membrana que sofre a pressão. Esta alteração é transformada em sinais eléctricos permitindo a sua leitura. Quando utilizados na linha de costa, os marégrafos de pressão são acoplados com barógrafos, o que facilita a subtração da pressão atmosférica evitando a realização de operações de fundeio e recuperação.

Marégrafos de radar são aqueles que operam fora da água e enviam impulsos eletromagnéticos para baixo, os quais voltam refletidos na superfície do mar. O intervalo de tempo entre a emissão dos impulsos e a recepção dos ecos indica a distância do emissor à superfície do mar, da qual se obtém a informação sobre o nível da superfície do mar (ver Figura 3). $\text{Nível da superfície do mar} = H \text{ (Constante)} - h \text{ (medição do sensor)}$

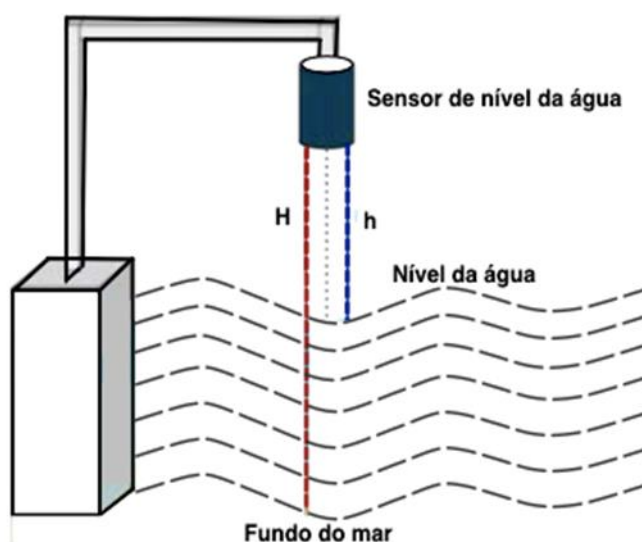


Figura 3. Esquema do marégrafo de radar

A medição do nível do mar por *Satélites com sensor altímetros*, operam-se através de sensores colocados em satélites ou aviões, que enviam sinais eletromagnéticos e os recebem refletidos. O intervalo de tempo para a recepção do eco, a intensidade e a forma do mesmo indicam o nível da superfície do mar, a intensidade do vento e a altura significativa das ondas de superfície. A concepção da medição de nível do mar pelo altímetro é similar à do marégrafo de radar. (ver Figura 4).

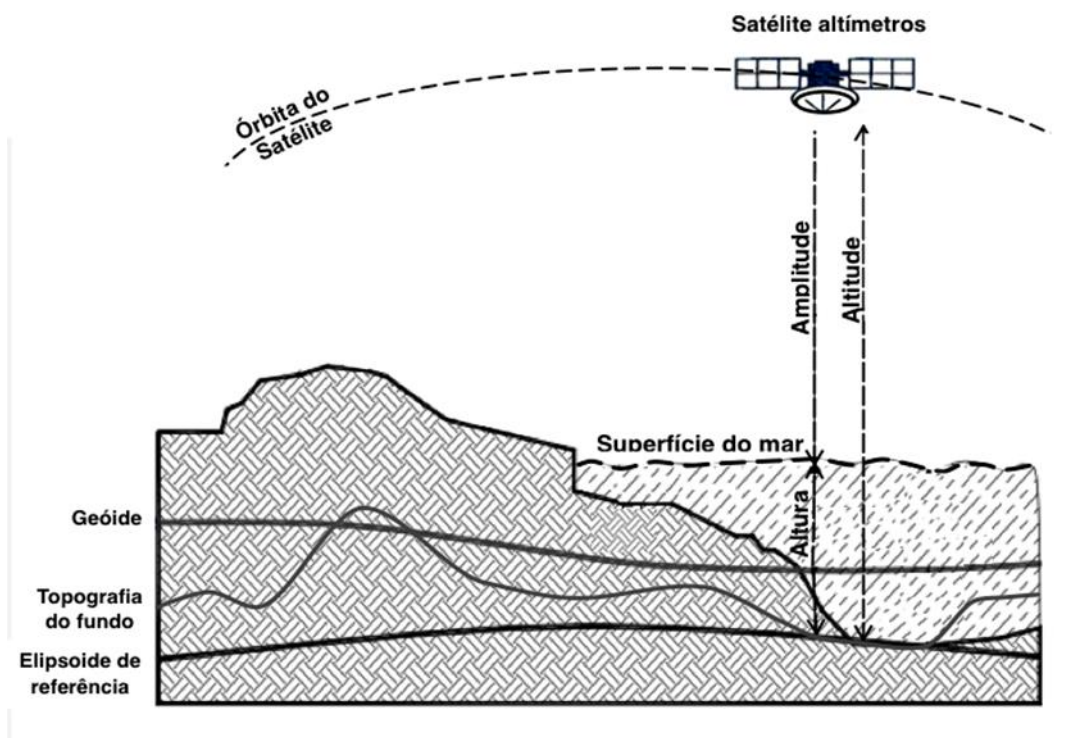


Figura 4. Esquema da medição do nível do mar por Satélites com sensor altímetros.

De modo geral, os marégrafos registam, o quanto a coluna de água dos oceanos aumenta ou diminui. Os marégrafos costumam a constituir as estações maregráficas, que devem ser compostas por:

- a) Equipamentos de registo de níveis de água – marégrafos - que por sua vez podem ser compostos por sensores de medição e sistema de controlo e registo das aquisições ou mais frequentemente denominados por *data loggers*;
- b) Rede de marcas de nivelamento, para controlo das medições relativamente a um determinado *datum*;

- c) Estrutura para abrigo dos componentes da estação;
- d) Sempre que possível, um sistema de comunicações instalado para envio dos dados por via remota, caso não seja possível os dados são descarregados no local;

Rede Maregráfica Nacional de Angola

Uma rede maregráfica é um conjunto de estações maregráficas que funcionam de forma sistemática com objectivo de monitorar a maré.

Caracterização geográfica do mar angolano

Angola localiza-se na região ocidental da África Austral, a sul do Equador. Seu território compreende-se entre os paralelos 4°22' e 18°02' latitudes Sul e os meridianos 11°41' e 24°05' longitudes Este de Greenwich. Possui uma superfície de 1.246.700 km² e uma fronteira terrestre de 4.837 km, sendo um dos maiores países desta região do Continente Africano. O país tem fronteiras a norte com a República do Congo e a República Democrática do Congo, a leste com a República da Zâmbia e a República Democrática do Congo e a sul faz fronteira com a República da Namíbia; a oeste a fronteira é marítima, banhada pelo Oceano Atlântico.

A costa marítima de Angola possui uma extensão de aproximadamente 1.650 km, situando-se entre as latitudes 5°00' e 17° 17' S, estendendo-se desde a foz do rio Cunene até à foz do rio Zaire.

Nº	Província	Localização	Coordenadas Geográficas
1	Cabinda	Porto de Cabinda	5°33'7.981"S 12°11'40.286"E
2	Zaire	Base do Kwenda (Soyo)	6°7'34.961"S 12°20'11.49"E
3	Luanda	Base Naval de Luanda	8°47'57.466"S 13°13'25.003"E
4	Benguela	Base Naval de Lobito	12°20'0.989"S 13°33'40.244"E
5	Namibe	Porto de Namibe	15°7'32.959"S 12°8'26.704"E

Caracterização da Rede Maregráfica Nacional de Angola

A Rede Maregráfica Nacional de Angola (RMN), actualmente integra 5 estações maregráficas distribuídas nas províncias de Cabinda, Zaire, Luanda, Benguela e Namibe. Estes marégrafos estão sob a responsabilidade da Comissão Interministerial para a Delimitação e Demarcação dos Espaços Marítimos de Angola (CIDDEMA), em colaboração com a Agência Marítima Nacional (AMN) e Direção de Hidrografia e Navegação (DHN) da MGA. A Tabela 1 e a Figura 5 espelham a localização dos marégrafos que compõem a actual RMN de Angola.

Tabela 1 Localização dos marégrafos da RMN de Angola.



Figura 5. Localização dos marégrafos da RMN de Angola.

Em cada uma destas estações, existe um Marégrafo de tecnologia Radar, especificamente, medidor do nível de radar VRS-20. O VRS-20 é um sensor de nível de radar de banda-K pulsante desenvolvido para trabalhar de forma integrada com o Veleport TideMaster, operar de modo autónomo com telemetria GPRS integrada opcional à internet ou interligado directamente para uma base de dados ou computador.

Princípio de funcionamento

O princípio de funcionamento destes marégrafos baseia-se numa tecnologia simples, porém com considerável nível de precisão, no que diz respeito a medições do nível do mar (Precisão de 1mm, segundo o Manual de Instruções dos marégrafos). Através de um microprocessador é transmitida uma série de impulsos eléctricos emitidos por um sensor para um transdutor. O transdutor, por sua vez, converte os impulsos eléctricos em impulsos acústicos e envia-os para a superfície do mar, através de um poço. A técnica de medição é baseada na determinação do tempo que o impulso demora a percorrer a distância entre o transdutor até à superfície do mar. A função do poço é de proteger os impulsos acústicos de factores atmosféricos, tais como o vento e chuva. Como espelha a Figura 6, os marégrafos de tecnologia Radar são instalados acima da superfície da água, e medem a distância a esta superfície através de frequências radar.

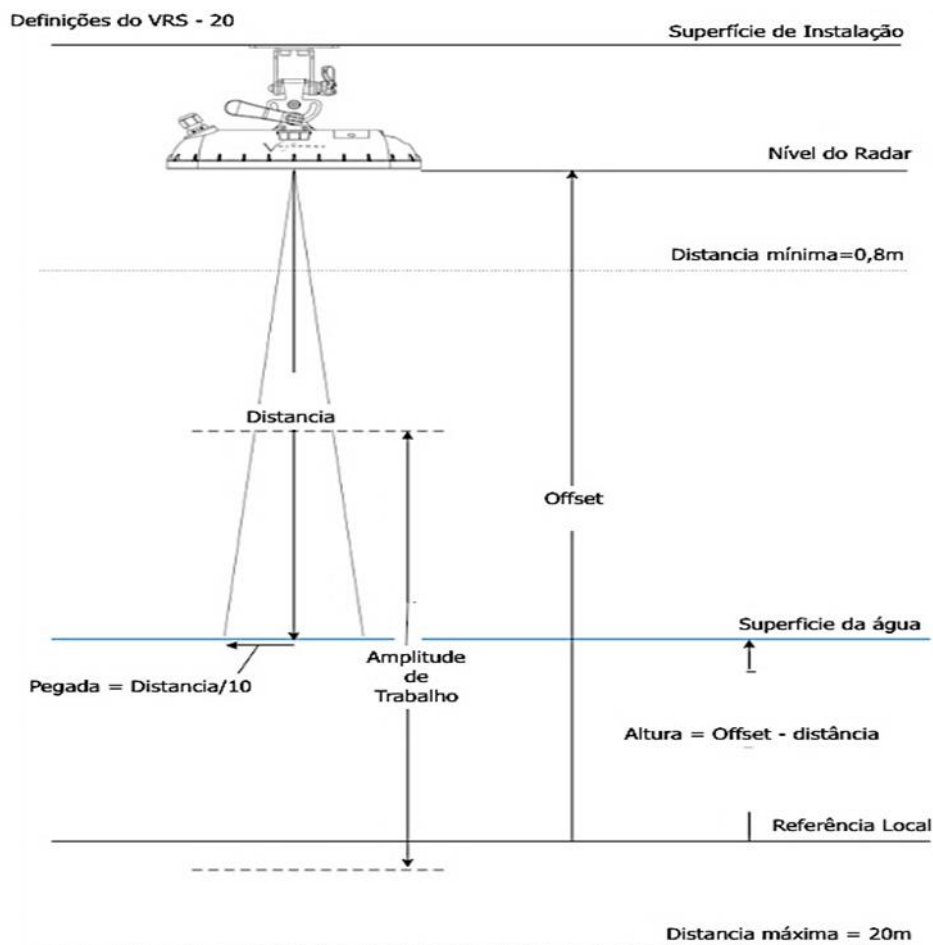


Figura 6. Princípio de funcionamento do VRS – 20

Estrutura das Estações

Os marégrafos com sensores radar são instalados acima da superfície da água, e medem a distância a esta superfície através de frequências radar. Estes equipamentos apresentam uma boa relação custo-benefício, e tem a grande vantagem de praticamente não precisarem de manutenção.



Figura 7 a) Estação maregráfica de Luanda. b) transdutor c) Datalogger aberto

O radar é instalado em conjunto com um *Data logger* (Fig. 3-c), para armazenamento e envio de dados. O conjunto destes equipamentos permite ter uma estação automatizada, que faz o envio de dados para o servidor em tempo real (servidor localizado no CIDDEMA), através de um modem que utiliza a rede móvel GPRS.

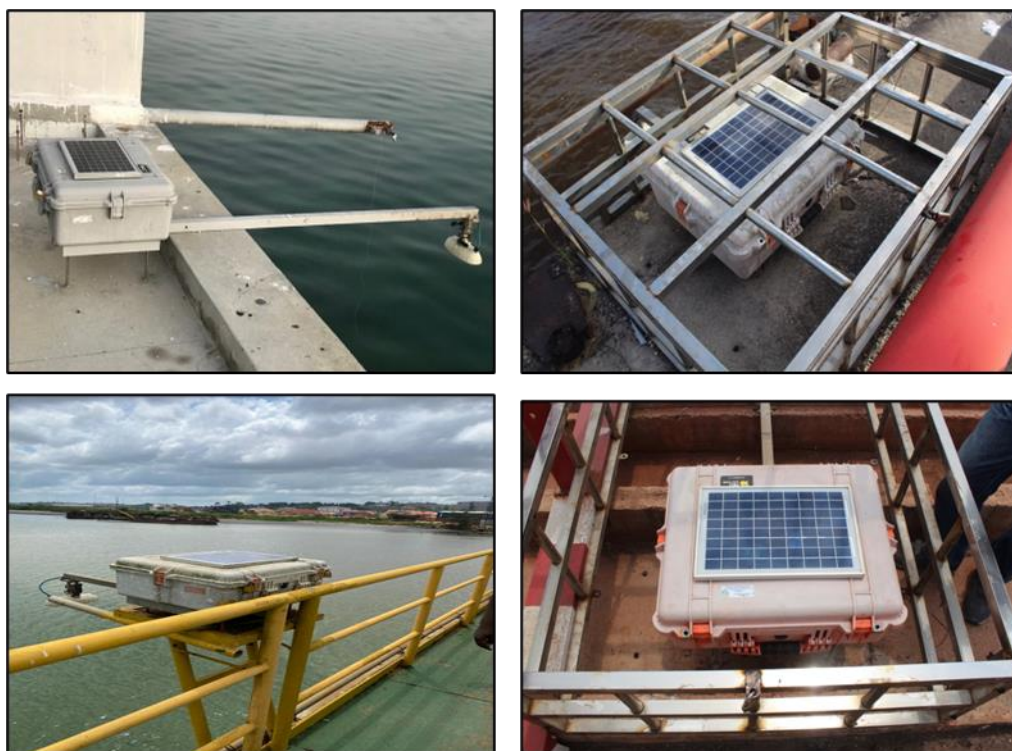


Figura 8 Datalogger das Estações maregráficas a) de Benguela b) Zaire c) Cabinda d) do Namibe

Transmissão dos Dados

Formato dos Dados

Os dados transmitidos para o servidor (FTP que se encontra no CIDDEMA) são em formato ASCII. O nome do arquivo é construído a partir do número de identificação da unidade de telemetria seguido hora/data da recolha de dados.

Nº	Estação	Formato dos Dados
1	Cabinda	ID:01,01122019,034600,Vin,12.49,Vrtc, 3.19
2	Zaire	ID:02,01122019,002100,Vin,12.61,Vrtc, 3.05
3	Luanda	ID:03,01122019,004700,Vin,12.22,Vrtc, 3.07
4	Benguela	ID:04,01122019,004600,Vin,12.49,Vrtc, 3.16
5	Namibe	ID:05,01122019,011800,Vin,12.67,Vrtc, 3.07

Tabela 2 Formato dos dados das estações maregráficas da RMN de Angola.

Nos termos da Tabela 2, para a província de Luanda por exemplo, temos: Identificador de Estação: ID:03. Data: 01/12/2019 . Hora: 00h 47m 00s. Identificador de voltagem: Vin. Voltagem de entrada: 12.22. Identificador de voltagem RTC: Vrtc. Voltagem RTC: 3.19

O formato de saída, é do estilo NMEA com a adição de campos de data/hora, conforme os exemplos na tabela a seguir.

Nº	Estação	Formato de saída
1	Cabinda	\$PVTM0,01,01122019,000047,-5.235,0.096,1,6.3,0*2c
2	Soyo	\$PVTM0,02,01122019,000047,-1.872,0.010,1,6.4,0*2b
3	Luanda	\$PVTM0,03,01122019,000047,-1.971,0.033,1,6.5,0*28
4	Lobito	\$PVTM0,04,01122019,000047,-2.365,0.018,1,6.5,0*2a
5	Namibe	\$PVTM0,05,01122019,000047,-4.099,0.047,1,6.4,0*26

Tabela 3 Formato de saída dos dados

Nos termos da Tabela 3, para a Estação de Luanda por exemplo temos: \$PVTM0 – identificador de mensagem, 03 – ID Estação, 01122019 – data em formato dia/mês/ano, 000047– hora em formato hora/minuto/segundo, 1.971 – Alcance, 0.033 – Nível, 1 – desvio padrão, 6.5 – estado, 0 – unidade, 28 – dados somados.

Tratamento dos Dados

Os dados dos marégrafos são tratados matematicamente, através de constituintes harmônicas, para cada porto, ou outros estudos. Os dados depois de trabalhados e analisados permitem a elaboração e a Publicação da Tabela de Marés.

Neste artigo, com recurso à aplicação `zz_Filtro_Mare`, apresenta-se o gráfico referente ao tratamento dos dados da estação maregráfica do Namibe para um período de observação de 2 dias.

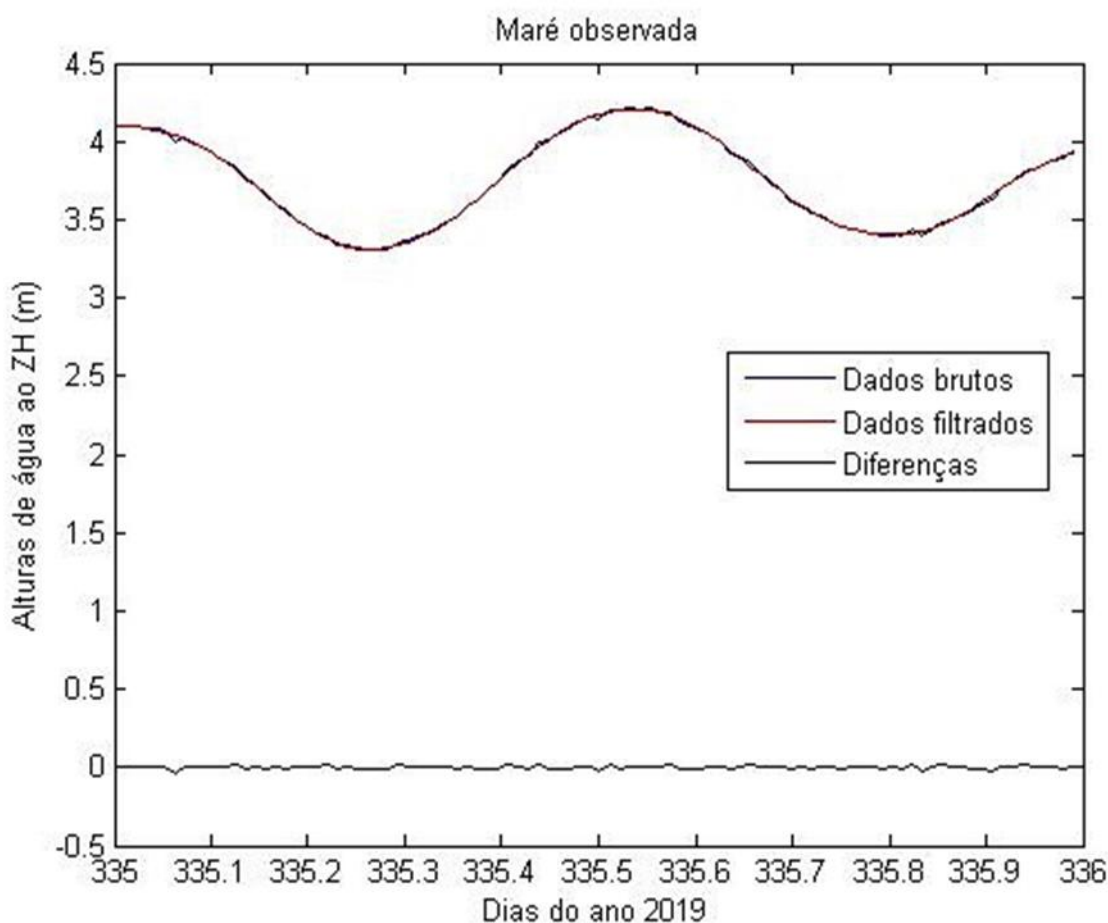


Figura 9. Dados referente a Estação Maregráfica do Namibe.

Marcas de Nivelamento

Uma rede de marcas de nivelamento é uma parte integrante de qualquer estação de medição de níveis de água. Uma marca de nivelamento é um objecto físico fixo ou monumento para ter estabilidade e utilizado como referência para os dados verticais. As marcas de nivelamento nas proximidades das estações maregráficas são utilizadas como a referência para os dados de marés locais reduzidos ao Zero Hidrográfico a partir dos dados de níveis de água. As medições dos marégrafos estão referidas às marcas de nivelamento, por isso a qualidade dos dados é parcialmente dependente quer da qualidade da instalação das marcas de nivelamento. Por esta razão, sempre que se instalar um marégrafo, realiza-se nivelamento geométrico.

O nivelamento geométrico consiste na determinação das sucessivas diferenças de altitude de pequenos troços em que se divide o circuito a medir, utilizando um nível e duas miras, nas quais se efectua a leitura correspondente a uma visada horizontal, depois de ter o eixo horizontal do nível perpendicular à vertical do lugar (PT.HI.20).

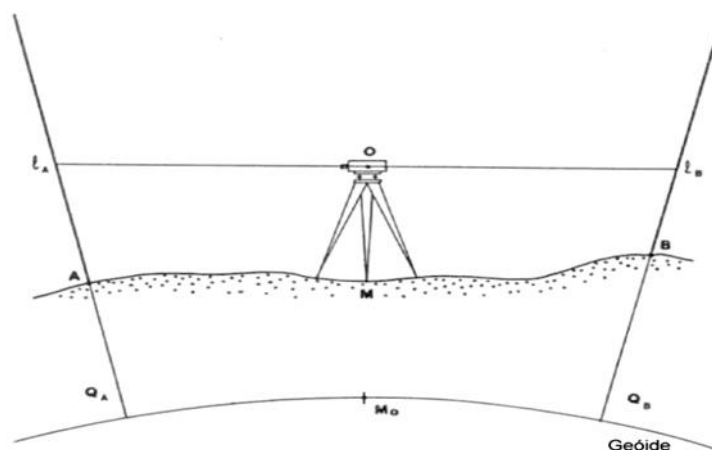


Figura 10. Nivelamento geométrico

(Fonte: Manual de Hidrografia, 1ª Edição, Maio de 2005)

Os nivelamentos geométricos são feitos com origens nas marcas de nivelamento principais (NP), que são da responsabilidade do IGCA (Instituto Geográfico e Cadastral de Angola), terminando nas marcas de localizadas nas proximidades dos marégrafos.



Figura 6. Marca de Nivelamento junto às Estações maregráfica a) de Luanda b) de Benguela

Resultados e Discussões

Resultados

A Rede Maregráfica Nacional de Angola tem como objectivo principal, recolher, analisar e fornecer informação de marés para as mais diversas finalidades, nomeadamente: segurança à navegação, estabelecimento de níveis de referência em Hidrografia, execução de projectos de engenharia costeira, investigação científica, pesca e actividades recreativas. Ela está composta por 5 estações maregráficas que actualmente encontram-se sobre a responsabilidade da Comissão Interministerial para a Delimitação e Demarcação dos Espaços Marítimos de Angola (CIDDEMA), em colaboração com, o Instituto Hidrográfico e de sinalização Marítima de Angola e ainda a Marinha de Guerra Angolana (MGA).

Os marégrafos instalados são do tipo “Sensor de Radar”, e junto ao marégrafos instalado em Luanda existe uma estação meteorológica. O acesso as estações é em tempo real. Para cada estação, naturalmente está associada uma marca de nivelamento. Estas estações fazem envio automático dos dados de acordo a programação.

Discussões

Contributo da RMN

Face ao expendido e por dedução do desenvolvimento, pode-se concluir que a actual RMN, apesar das limitações, tanto em termos de quantidade de estações maregráficas distribuídos ao longo da costa, tanto e termos de softwares actualizados para o processamento dos dados de marés, pode efectivamente contribuir para a segurança da navegação portuária; facilitar a execução de projectos de engenharia, pode ainda apoiar na realização de levantamentos hidrográficos.

Abrigos das estações maregráficas não apropriados

O marégrafo deve estar abrigado num edifício de modo a proteger o equipamento de condições adversas e a manter um ambiente seco e que minimize a humidade, variações de temperatura e depósitos de sal.

Tendo em consideração que as estações maregráficas que compõem a actual rede, são de carácter permanente, isto é, tratam-se de estações maregráficas instaladas em locais estratégicos da região costeira, cujo intuito é uma medição contínua dos níveis de água, principalmente da maré, recomenda-se estruturas para abrigo dos seus componentes em alvenaria ou betão – as denominadas “casas” ou “abrigos” dos marégrafos.

Deficiência no controlo de qualidade

Recomenda-se a instalação de pelo menos 2 sensores de mediação ou marégrafos em cada estação, permitindo deste modo a redundância de dados. Instalações de marégrafos de campanha, que teriam o objectivo não só de auxiliar no controlo de qualidade dos dados obtidos dos marégrafos principais, como também para um determinado objectivo específico, geralmente associado a um trabalho limitado no tempo. Por outro lado, recomenda-se softwares actualizados para o devido processamento dos dados e uma equipa de técnicos capacitados para tal.

Referências Bibliográficas

- APEL, J. R.. Principles of Ocean Physics, *International Geophysics series*, Volume 38.
- CALDWELL, P.C. (1991) *Sea Level Data Processing Software on IBM PC Compatible Microcomputers*, University of Hawaii, TOGA Sea Level Center, Honolulu.
- DEFANT, A., Physical Oceanography, Vols. I and 11, Pergamon Press, New York, N.Y. (1961).
- Dorin Y.P. Física do Okeana, S.Petersburg (2010).
- IH, Procedimento de trabalho, Nivelamento geométrico, 2020.
- IH, *Manual de Hidrografia*, Maio 2005.
- IH, Tabela de Marés – Vol.II, 2021.
- IOC. *Manual on Sea Level Measurement and Interpretation*, vol. I, UNESCOI Intergovernmental Oceanographic Commission, Paris, 1985.
- HARARI, Joseph. *Noções de Oceanografia*, 1a Ed. S. Paulo, 2021.
- Manual of Hydrography*, Publication M-13, 1st Edition, May 2005.
- LEICA GEO OFFICE. *Manual do utilizador do programa*, Dezembro 2008, Suíça.
- N.D. Kolomitchuk, Hidrografia, 1988.
- Pugh D., Woodworth P.. *Sea-Level Science*, CUP (2014).
- SSR. *Regras de trabalhos hidrográficos n°4*,1984.
- Valeport Limited. *Manual do utilizador do marégrafo Valeport*, Agosto 2001, UK.
- In-Situ Inc.. *Manual do utilizador do Level TROLL*, Setembro 2007, USA.

Autor 1 – Fernão Manzambi Guilherme

E-mail: manzambi.hidrografo@gmail.com

Recebido em: **03/10/2022**

Aprovado em: **04/11/2022**