

# **AVALIAÇÃO DO RISCO DE GALGAMENTO EM CENÁRIOS DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS EM ANGOLA: APLICAÇÃO AO LITORAL DE CACUACO**

**José Mateus da Silva**

**Biólogo e Mestre em Gestão e Governança Ambiental jo.ma.silva@hotmail.com**

**Instituto Nacional de Investigação Pesqueira – I N I P menavelho@gmail.com**

## **RESUMO**

A ocupação desordenada, o crescimento e a expansão urbana trazem, em seu próprio processo constitutivo, riscos e perigos que se expressam pela falta de ajuste e aderência da produção do espaço urbano aos sistemas naturais. Esta situação se agrava quando o próprio sítio é naturalmente frágil, como é o caso das áreas costeiras do litoral de Luanda. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o risco de galgamento em cenários de alterações climáticas em Angola: aplicação ao litoral de Cacuo. O 4º Relatório do International Panel for Climate Changes (IPCC, 2007) aponta para que, ao longo do século XXI, as alterações climáticas expectáveis se façam expressar não só sob a forma de uma aceleração da subida do nível médio da superfície da água do mar, mas também sob a forma de sobrelevação meteorológica e de uma maior frequência de fenómenos extremos, entre outras. Estes efeitos irão agravar os já graves problemas que resultam do generalizado défice sedimentar das zonas costeiras, essencialmente associado à redução de sedimentos provenientes dos rios e retenção em estruturas portuárias e de defesa costeira. De acordo com a maior ou menor vulnerabilidade e o respetivo grau de exposição, as zonas costeiras sentem os efeitos das referidas instabilidades e alterações, pelo que se torna importante identificar as consequências que daí resultam, a fim de permitir avaliar o risco da zona costeira sujeita à acção energética do mar. O conhecimento do grau de risco de exposição das frentes

urbanas, e mesmo dos territórios vizinhos, às ações energéticas do mar, bem como a respetiva representação na forma de mapas podem ser um instrumento fundamental nas tomadas de decisão, no que diz respeito à gestão e planeamento das zonas costeiras. Este estudo procedeu a um levantamento de diferentes abordagens existentes de classificação de vulnerabilidades e riscos costeiros. A aplicação da metodologia de classificação de risco adoptada neste trabalho reforça a conclusão de que todo o trecho costeiro do litoral da região de Cacuo merece elevada preocupação. Nos resultados obtidos, destacam – se com vulnerabilidade alta o trecho sul entre as arribas e antiga Escola da Cefopescas, devido à forte ocupação urbana, sobressai por alta exposição à acção da agitação do mar. Por fim, quase toda a costa em estudo é de elevado risco, com realce para os trechos entre e a parte norte da baía entre a zona balnear e a bomba de combustível das embarcações de pesca, próximo do estuário do rio Bengo. Os resultados obtidos apontam ainda para que, num futuro próximo, em relação com os efeitos das alterações climáticas, e em particular à subida do nível médio do mar, se assista a um aumento muito significativo do risco costeiro em toda a zona estudada.

**Palavras – Chave:** Ocupação desordenada, alterações climáticas, subida de nível, vulnerabilidade e exposição, classificação de risco, gestão ordenamento, litoral de Cacuo.

# 1 INTRODUÇÃO

A problemática da erosão é considerada uma das mais importantes questões da época contemporânea. Hoje em dia num período quente (ótimo climático), de subida gradual do nível médio do mar (NMM), o problema da erosão é tema de investigação em todo o mundo, considerando que o recuo da Linha de Costa ameaça não só o Litoral, mas também todas as actividades humanas que dependem dos recursos costeiros e mesmo a própria população. A erosão costeira, associa-se não só à subida do NMM mas também com as actividades antrópicas, que são responsáveis pela artificialização do Litoral, contribuindo desta forma para o agravamento do processo e, conseqüentemente, para o recuo da Linha de Costa. A determinação e cartografia da perigosidade associada à erosão de praias e ao galgamento oceânico são fundamentais para o ordenamento e gestão do espaço e risco costeiros, com expressão nos Planos de Ordenamento da Orla Costeira. Constituem “planos especiais de ordenamento do território que visam a salvaguarda de objectivos de interesse nacional com incidência territorial e estabelecem regimes de salvaguarda de recursos e valores naturais e o regime de gestão compatível com a utilização sustentável do território.” Para tal, impõe-se a avaliação e a monitorização da evolução e dinâmica do Litoral, nomeadamente no que respeita à erosão, traduzida por tendência de recuo da Linha de Costa (e perda de área emersa), pelo galgamento e inundação costeira (implicando submersão temporária ou permanente de território) ou pela variação espacial da Linha de Costa associada à morfodinâmica sazonal de praias; as unidades de território susceptíveis a estes fenómenos são frequentemente designadas por “áreas de risco” e “faixas de risco”.

## 1.1 Objectivos

A presente dissertação tem como objectivo a avaliação do risco de galgamento em cenários de alterações climáticas na costa angolana. Pesquisar e

apresentar uma metodologia de avaliação do risco de galgamento, bem como dos impactos sociais atuais e futuros no Litoral aos órgãos de decisão. Como objetivos específicos destacam-se: a) identificação do principal ponto de ocorrência de galgamento e inundação na costa; b) avaliação dos impactos das alterações climáticas na modificação do potencial de galgamento. Neste contexto, considerando que o presente trabalho é o primeiro do género na costa nacional, não se pretende abranger já a dimensão da mesma na sua plenitude mas, definir-se uma porção costeira que reflita as características da Zona Costeira de Angola, com semelhanças as da costa de Luanda. Assim sendo, foi demarcado para Área de Estudo a zona costeira do Município de Cacuaco com os limites seguintes: no Norte o rio Bengo e no Sul o promontório da Cimangol.

## 2 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O desenvolvimento sustentável das zonas costeiras de Angola assume grande importância em termos económicos, ambientais e sociais, uma vez que são as zonas mais densamente povoadas e que mais contribuem para o PIB e desenvolvimento do país. Estas zonas estão sujeitas a pressões naturais mas, sobretudo antrópicas e que se têm vindo a intensificar com o aumento da sua procura a nível local e os efeitos decorrentes dos processos globais resultantes das alterações climáticas. Assim, é essencial a compreensão dos factores que concorrem para a identificação do risco devido à acção do mar e do próprio Homem para fundamentar opções na área do desenvolvimento urbano e no ordenamento do território e bem assim em planos de acção necessários a uma adequada proteção, prevenção e socorro da população afectada.

Existe hoje consenso de que o nível médio do mar (NMM) experimentou modificações significativas ao longo do século XX e que essas modificações se prolongarão no futuro. Porém, não existe consenso na literatura quanto a magnitude da variação expectável até 2100 (e.g., IPCC 2001; IPCC, 2007; Rahmstorf, 2007; Pfeffer *et al.*, 2008; Church *et al.*, 2008a; Church *et al.*, 2008b). De acordo com um novo relatório sobre as alterações climáticas, desta vez a partir do grupo de reflexão sobre o desenvolvimento (CGD), foram citadas as seguintes 20 cidades onde o maior número de pessoas estará em maior risco devido à subida do nível do mar e às ondas de tempestade nos países em desenvolvimento: *Manila Filipinas, Alexandria Egipto, Lagos Nigéria, Monróvia Libéria, Karachi Paquistão, Áden Iémen, Jakarta Indonésia, Porte Said Egipto, Khul na Bangladesh, Kolkata India, Bangkok Tailândia, Abidjan Cote d'Ivoir, Cotonou Benim, Chitagong Bangladesh, Ho Chi Minh Vietnam, Yangon Myanmar, Conacri Guine, Luanda Angola, Rio de Janeiro Brasil e Dakar Senegal*. Os pressupostos básicos do relatório foram: a) um metro de elevação do nível do mar; b) Aumento de 10% na intensidade de uma tempestade de 1 em cada 100; c) Projeções populacionais médias da ONU.

As mais recentes previsões realizadas pelo Painel Intergovernamental de alterações climáticas (IPCC 2007) consideram como cenário mais conservador para os próximos 100 anos o aumento da temperatura global entre 1,1 e 2,9° C e a subida do nível do mar entre 0,18 e 0,38 metros; enquanto o pior cenário previsto aponta o aumento da temperatura de 2,4°C a 6,4°C e a subida do nível do mar de 0,26 a 0,59 metros. Esses cenários, que variam de acordo com a estimativa de emissão de CO2 e não consideram o impacto da fusão das regiões polares, resultaram em enorme preocupação com os potenciais impactos destas mudanças em cidades costeiras de todo o mundo, na qual Angola está incluída. Diferentes simulações vêm sendo realizadas para prever os efeitos desta possível subida do nível do mar, em termos de riscos de erosão costeira, inundações por transposição de ondas, obstrução das desembocaduras de canais, redução do gradiente de escoamento, e intrusão salina em corpos hídricos interiores. Os impactos indirectamente associados, mais apontados na literatura são a escassez de água doce, a poluição do lençol freático e a destruição ou modificação ecológica de ecossistemas costeiros. A tabela 1 destaca os sectores socioeconômicos que possivelmente serão afectados pelos efeitos biogeofísicos de uma mudança climática global.

**Tabela 1: Efeitos biogeofísico da subida do nível do mar e sectores afectados**

Setor	Efeitos Bio-geofísicos					
	Frequência de enchentes	Erosão	Inundação	Subida do lençol freático	Intrusão salina	Modificação de ecossistemas
Disponibilidade de água			X	X	X	X
Agricultura	X		X	X	X	
Saúde humana	X		X			X
Pesca	X	X	X		X	X
Turismo	X	X	X			X
Construções humanas	X	X	X	X		

Fonte: Modificado de Klein & Nicholls (1998 apud Klein 2003)

Os riscos associados à inundação e galgamento da zona costeira e estruturas de defesa costeira constituem preocupação na costa nacional, sendo que possíveis situações de grande emergência provocadas pelo mar possam ocorrer, pondo em causa a segurança de pessoas, bens e o próprio património

natural. Para tal, é importante desenvolver uma metodologia que permita avaliar os riscos associados a inundações e galgamentos na zona costeira, evitando assim a sua degradação e perdas irreversíveis. As zonas costeiras assumem uma importância estratégica em termos ambientais, económicos, culturais e recreativos. Por isso, é realçada a necessidade de intensificar as medidas de salvaguarda dos riscos naturais na faixa costeira, designadamente por via de operações de monitorização e identificação de zonas de risco, aptas a fundamentar os planos de acção necessários a uma adequada protecção, prevenção e socorro. A costa angolana é, actualmente considerada, o local de eleição para viver e passar férias da maioria da população do nosso país. Contudo, o crescimento acelerado que estas áreas sofreram nas últimas décadas, além do desenvolvimento socioeconómico, provocou problemas de ordenamento do território para os quais nem sempre houve uma resposta adequada. Na costa da Vila de Cacuaco, mais propriamente na área norte é frequente a ocorrência de galgamentos. A referida zona, com elevada densidade populacional (Figura 1) não apresenta quaisquer estruturas de protecção aderentes com consequentes inundações das áreas residenciais, causando danos materiais e colocando em risco a população (Ferreira, 1999; Ferreira, 2006). De modo a actuar tanto na prevenção de danos em infraestruturas junto à zona costeira é preciso antes de mais compreender os processos que estão na origem do galgamento costeiro de forma a poder equacionar medidas que possam mitigar esses impactos



Fig. 1 Densidade populacional na cidade de Luanda

## 2.1 Antecedentes e revisão bibliográfica

Na realidade existe insuficiente conhecimento em matéria de zona costeira angolana. A bibliografia da Deltares que trabalhou em Angola juntamente com empresas angolanas sobre vários projectos costeiros ao longo da costa nacional, é um dos trabalhos fundamentais para apoiar esta dissertação, Deltares (2013). Para a eficácia de futuros projectos costeiros, torna-se indispensável alargar esta informação.

## 2.2 Alterações climáticas: passado e futuro em Angola

A questão das alterações climáticas vê-se frequentemente reduzida à quantificação das subidas absolutas ou relativas do nível do mar. Na maioria dos casos, a ênfase na análise das dinâmicas evolutivas está centrada nas variações históricas do nível das águas oceânicas. Confirmando-se que existe aquecimento contínuo da atmosfera, o contacto das massas de ar mais quente com as superfícies oceânicas acentuará o Termo eustatismo, ao mesmo tempo que o degelo das calotes glaciárias da Groenlândia e da Antártida poderá provocar a queda na densidade da água do mar e a sua expansão. O impacto da Corrente Fria de Benguela na costa de Angola manifesta-se pelas condições desérticas da Costa dos Esqueletos e do Namibe, as condições semiáridas ao sul de Benguela e os persistentes nevoeiros ao longo da costa sul de Angola. De acordo com um relatório do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), entre 1960 e 2006 houve um aumento da temperatura superficial na área onde o território angolano está localizado entre 0,33 e 1,5 °C por década. Houve um aumento maior durante a estação fria, 0,47°C, que na estação quente, 0,22°C, por década. Durante o período de 1960 a 2006, houve uma queda na precipitação anual de cerca de 2 mm por mês (2,4%), fundamentalmente nos meses de março, abril e maio e uma queda de 5 mm por mês (5,4%) por década. As observações diárias de temperatura mostram aumentos significativos nas tendências dos dias mais quentes em todas as estações e todas as noites, com excepção dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. As principais tendências para o aumento da temperatura de acordo com o Modelo Climático Global referem-se a 2060 com aumentos entre 1,2 e 3,2°C e 2090 com aumentos de cerca de 1,7 a 5,1°C. As projeções



anuais indicam também para Angola um aumento da temperatura entre 20-40% até 2060 e entre 25-65% até 2090.

### 3 ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO, CLIMÁTICO E OCEANOGRÁFICO

#### 3.1 Caracterização da zona costeira de Angola

A geomorfologia da costa de Angola ocupa uma extensão costeira de aproximadamente 1.650 km estabelecida entre as latitudes S 05° 00' e S 05° 47' (Costa de Cabinda) e entre as latitudes S 06°00' (Foz do Rio Congo) e S 17° 25' (Foz do Rio Cunene) com a plataforma continental a ocupar uma área de cerca de 51.000 km<sup>2</sup>, Bianchi, (1992). A Zona Económica Exclusiva (ZEE) está estabelecida à duzentas milhas náuticas a partir da linha de costa e cobre uma área de 330.000 Km<sup>2</sup>, (World Commission on Environment, 1987; Morais *et al*, 2006). A República de Angola partilha fronteiras a norte com a República do Congo e com a República Democrática do Congo, a leste com a República Democrática do Congo e a República da Zâmbia, a sul com a República da Namíbia e a oeste com Oceano Atlântico.



Fig.2 Administrativa de Angola (fonte MINADER, 2017).

Segundo Morant (2000) no seu estudo de impacto ambiental e enfatizado por Morais *et al*, (2006) a costa de Angola (Fig.2) está subdivida em zonas distintas, com base no critério geomorfológico do recorte da costa e da presença da foz dos principais rios: Da Foz do Rio Congo a Luanda, o litoral geralmente estende-se para o noroeste e é suportado por penhascos baixos (cerca de 30 metros); Na região da cidade de Luanda é notória uma restinga, a Ilha de Luanda, que forma uma baía e para o sudoeste da cidade, uma extensa laguna de pouca profundidade protegida pela restinga do Mussalo;

De Luanda a Porto Amboim, com excepção dos 20 km de praia arenosa a sul da Ponta das Palmeirinhas e das línguas de areia na proximidade das fozes dos rios Cuanza e Longa, a costa entre Luanda e Porto Amboim é caracterizada por penhascos que alcançam, em determinados lugares, 100 metros de altura;

De Porto Amboim ao Lobito, com excepção do promontório elevado da Ponta do Morro, a norte de Porto Amboim, a costa de aproximadamente 70 km até ao Quicombo exhibe um baixo-relevo;

Do sul do Quicombo ao Lobito, a costa encontra-se dominada por penhascos de 50 a 100 metros de altura e a faixa de praia é caracterizada por uma plataforma formada pelas ondas;

De Lobito a Benguela, esta secção curta de costa com cerca de 30 km, coincide com o limite da costa norte do Deserto do Namibe;

A região da foz do Rio Catumbela é notável pelo seu complexo de lagoas que suporta uma variedade de aves aquáticas, por exemplo, pelicanos, garças-reais, corvos marinhos e outras aves costeiras;

De Benguela ao Namibe, a costa é árida e maioritariamente rochosa estendendo-se em direcção sudoeste para o Cabo de Santa Maria e em direcção ao Namibe;

Do Namibe à Foz do Rio Cunene, a costa é constituída por deserto arenoso suportado por dunas de areia que se deslocam, sendo caracterizado por prismas de praias de areia relativamente pequenas, com a ocorrência frequente de afloramentos do substrato rochoso.

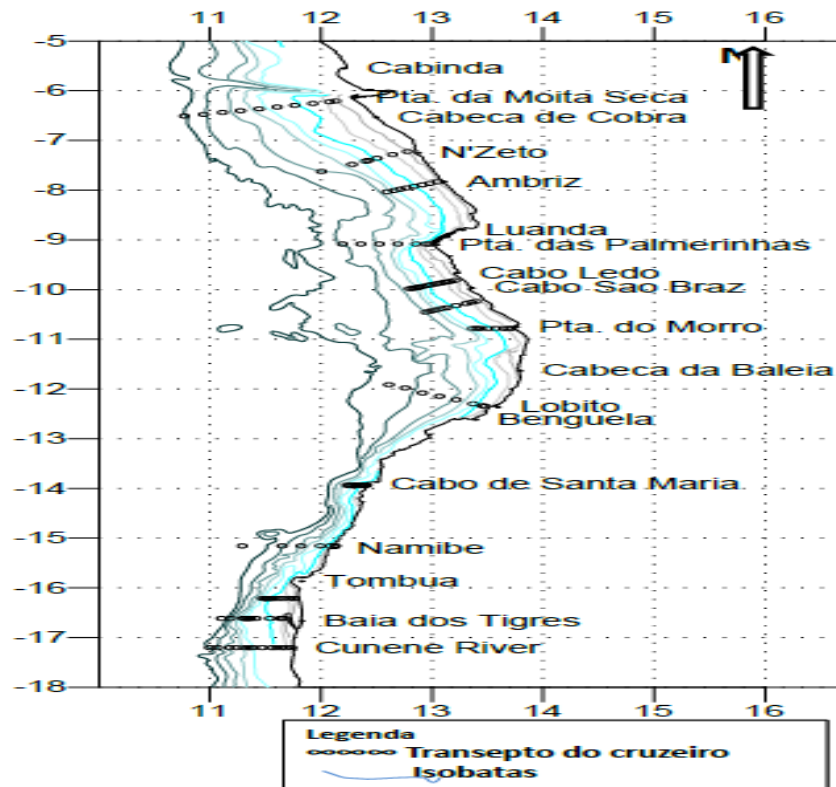


Fig. 3 diferentes regiões de Angola com particular ênfase para o sector sul (Modificado de cruzeiro científico do navio Dr. Fridtjof Nansen).

### 3.2 Correntes oceânicas

As ondas e a maré influenciarão o comportamento da área costeira. A fim de obter uma visão nestes processos as seguintes informações foram recolhidas.

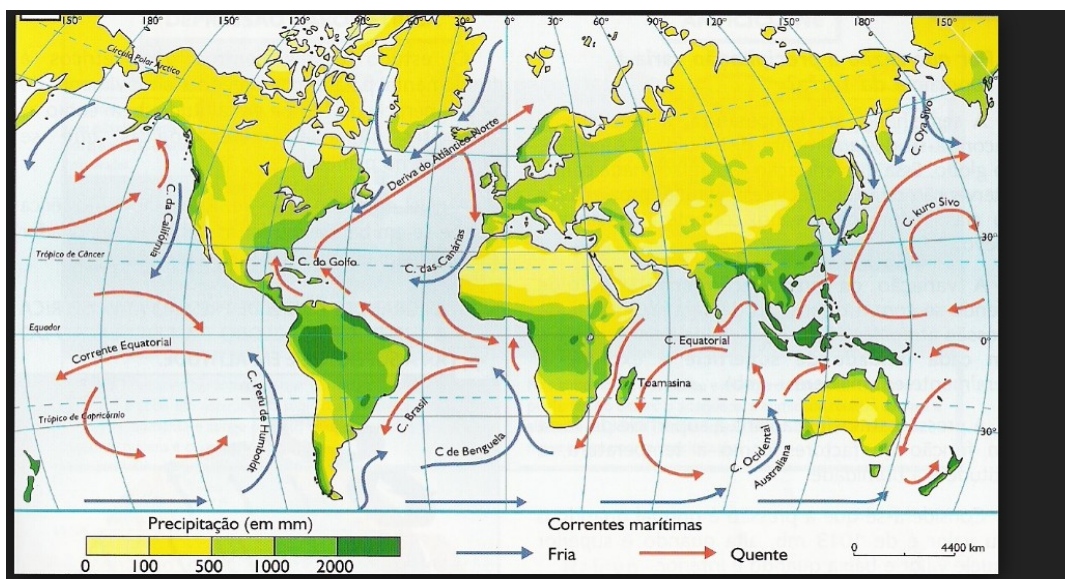


Fig. 4 Correntes oceânicas da costa angolana (Correntes de Benguela e de Angola)

Ao largo de Angola, as águas do oceano deslocam-se sob a influência de uma mistura de correntes. A área é, portanto muito complexa devido à confluência de três grandes correntes, nomeadamente a Corrente de Benguela (BC), a Corrente Equatorial Sul (SEC) e a Corrente de Angola (AC). Ocorre na zona, também, a influência da Contracorrente Equatorial Sul e da Corrente Equatorial Submarina, Morais, *et al*, (2006). A Corrente de Angola (AC), desloca para o sul águas equatoriais quentes pois está constituída pela vertente sudeste da Contracorrente Equatorial Sul (SECC) e pelas águas da vertente norte da Corrente de Benguela, em deslocação nessa altura, um pouco mais para o sul. A Corrente de Angola e a Contracorrente Equatorial Sul, penetram ainda á profundidades com valores consideráveis. A SECC tem normalmente algum movimento ou influência junto as águas superficiais e prescrevendo uma ampla cintura entre os 5 e 9°S. Com o aumento da profundidade, esta influência vai-se afinando e á medida que adquire uma componente sul, a sua velocidade diminui substancialmente. Este fluxo para sul ao longo da costa de Angola, localizado entre os 9° e 16°S, formando a Corrente de Angola, Morais, *et al*, (2006). A Corrente Equatorial Submarina (EUC) é uma corrente de águas mais profundas, que se desloca para sul a partir de Cape Lopes, no Gabão, chegando eventualmente ao AD. O remoinho anticiclónico de Angola (C) forma-se mais ao largo pela Contracorrente Equatorial Sul (SECC) em deslocamento para este e a Corrente de Benguela (BC) em deslocamento para oeste. O remoinho forma-se entre 0° e 5° W e 10° a 15°S. Os ventos dominantes ao longo da costa ocidental de África sopram de sul ou sudeste e fazem com que as águas a superfície se desloquem para o norte ao longo da costa como uma componente marítima e devido as forças de Coriolis (deflação em consequência da rotação da Terra), Morais, *et al*, (2006). A Corrente de Benguela faz-se sentir apenas nos 50 metros da camada superior da coluna de água, embora existam dados que sugerem que a mesma possa atingir os 200 metros, Shannon, *et al*, (1987). A Corrente de Benguela dirige-se para norte, virando para noroeste ao largo da extremidade sul da costa de Angola, a cerca de 15° -17 ° S. É precisamente nesta região que a Corrente de Benguela, mais fria, entra em interacção com a Corrente de Angola, mais quente, e que se desloca para sul, formando a Frente Angola/Benguela. Em ambos os lados desta frente, podem ser encontradas em conjunto, espécies biológicas

distintamente diferentes. Nas regiões norte e central estes grupos são predominantemente tropicais, enquanto para Sul, as misturas de espécies são características das regiões temperadas. A Corrente de Benguela está associada a ressurgência costeira (massas de água da superfície que se afastam da costa e sendo substituídas por massas de águas mais profundas e frias) principalmente no sul. A dinâmica desta corrente constitui um forte sistema de movimento de afloramentos (*upwellings*) costeiros conhecidos, arrastando frentes horizontais de gradientes por várias áreas e apresenta uma considerável variabilidade no tempo e no espaço. Esta ocorrência reabastece de nutrientes, várias camadas de águas superficiais e induz uma elevada produtividade primária, que por sua vez constitui as bases de uma cadeia de alimentação marinha importante, da qual fazem parte as aves marinhas e são importantes para distribuição e abundância destas.

### 3.2 Caracterização biológica sumária da zona costeira

Em termos biológicos as águas da zona costeira angolana são caracterizadas pela existência de diversidade de organismos vivos marinhos e costeiros.

Note-se que a diversidade dos recursos pesqueiros da zona costeira angolana é resultado da existência de condições hidroclimáticas particulares. No meio marinho, a diversidade animal, destaca-se pelos grupos Echinodermata, Ctenófora, Sipunculida, Polychaeta, Bryozoa, Brachiopoda, Tunicata e Pycnogonida. Crustácea e Mollusca pela sua grande importância comercial que apresentam, constituem também grupos ecológicos muito importantes, Migoto & Marques (2003). As tartarugas marinhas, as aves marinhas e costeiras, os lobos-marinhos, golfinhos e baleias jubarte (*Megaptera novaeangliae*), baleia azul (*Balaenoptera musculus*), são de grande importância em termos de biodiversidade. Os pequenos pelágicos encontrados nas águas de Angola são as sardinelas (*Sardinella aurita* e *Sardinella madeirensis*) e os carapaus, carapau do Cunene (*Trachurus trecae*) e carapau do Cabo (e *Trachurus capensis*). Dentre as espécies pelágicas, são apontados como sendo o maior recurso haliêutico da área. Outras espécies pelágicas importantes são a *Engraulis encrasicolus* e a *Sardinops ocellata*. Esta é originária das águas mais temperadas da Namíbia e tem como limite norte o banco da Baía dos Tigres,

Bianchi (1986). O atum voador (*Thunnus albacares*) e o atum patudo (*Thunnus obesus*) são as espécies, mais importantes, de peixes pelágicos de grande porte.

Ainda ao longo da costa ocorrem indivíduos da classe dos répteis, incluindo tartarugas, lagartos, cobras e crocodilos, Branchi, (1998).

### 3.3 Hidrografia

Segundo o critério, acção das duas correntes oceânicas, que contribuem para a diferenciação da costa angolana, relativamente às características físico-químicas das massas de água, a costa de Angola tem sido subdividida em três zonas; norte, centro e sul. A zona norte de influências das águas quentes da Corrente de Angola e a e a zona sul de influência das águas frias da Corrente de Benguela, Anon, (1991). Ao largo de Angola, na região centro sul ocorre uma mistura dessas massas de água, sempre com maior relevância para a zona entre Cuanza sul e norte da região de Benguela. Ao longo do litoral, da área de estudo, encontram-se rios perenes ou permanentemente abertos para o mar que contribuem com carga de nutrientes e sedimentos provenientes das regiões continentais, a saber:

- i) O Rio Cuanza, de grande extensão e de descarga forte, possui águas escuras resultantes da presença de taninos lixiviados da vegetação devido a presença de florestas ribeirinhas e formações de mangal nas áreas e terrenos pantanosos. O estuário deste rio exhibe um efeito de represa dependente das marés, pois durante as marés-altas a descarga é retida até que a maré volte a subir. O fluxo de águas é rápido, durante a baixa-mar transportando a vegetação flutuante em direcção ao mar;
- ii) o Rio Longa também se encontra entre Luanda e Porto Amboim, é caracterizado por uma língua de areia e abriga uma laguna estreita. As águas, também, são escuras devido a presença de taninos lixiviados. A sua foz situada na extremidade sul da língua da areia sugere que aí as correntes locais se dirigem para sul. A pluma dirige-se para oeste e depois para o norte;
- iii) entre Porto Amboim e o Lobito, apenas se encontra um rio principal, o Rio Queve, que também é de águas escuras e o estuário tem zonas mais baixas

que drenam terrenos pantanosos. O estuário é abrigado em forma de lagoa estreita formada por uma língua de areia comprida de direcção sul;

iv) do Lobito a Benguela, encontra-se dois rios, o Rio Catumbela, de características perenes, desagua para o mar entre o Lobito e Benguela em estuário que provavelmente se fecha durante períodos de correntes baixas do rio. A foz desenvolve-se em ecossistema complexo de lagoas que suportam elevada diversidade de aves aquáticas, e. g., pelicanos, garças-reais, corvos marinhos e outras aves costeiras migratórias do paleártico;

v) Um outro rio é o Rio Cavaco, que é largo e seco e, alcança o mar a norte da cidade de Benguela. A água deste rio provavelmente corre por curtos espaços de tempo categorizando-o como rio temporário. Entre a província de Benguela e do Namibe, não existem rios perenes, com excepção do Rio Cunene.

Todos os outros rios presentes, são do tipo temporário e ou intermitentes que não chegam normalmente ao mar. Dentre estes rios destaca-se o Rio Curoca que alcança o mar, sazonalmente, a norte da cidade do Tômbwa.

### 3.4 Temperatura da água

Os valores médios de temperatura na coluna de água podem sofrer alterações mais ou menos significativas. Em determinados anos tem-se observado um aumento generalizado da temperatura ao longo de toda a costa angolana. Para melhor compreensão, podem ser ressaltadas algumas características intra-sazonais dos factores térmicos, ou seja, identificam-se alterações, nomeadamente, durante o período mais quente (Março) as temperaturas das superfícies marítimas na região norte podem atingir valores médios de 28°C, Van Bennekom & Berger (1984). O ciclo anual parece ser regular e segue, em grande medida, o da insolação. No entanto, as temperaturas na área comportam-se como geográfica e temporariamente variáveis devido a movimentações verticais das massas de águas (*upwellings*). Durante o período seco (Cacimbo), as temperaturas da água junto a foz do rio Congo tendem a variar entre os 20°C e 22°C. Da foz do Rio Congo até a Ponta das Palmeirinhas, a temperatura superficial da água apresenta valores

compreendidos entre 18° e os 23°C. Para esta mesma região estima-se uma temperatura média da água do mar de 22°C (Bomba, 1999). Na região Sul, entre a Ponta das Palmeirinhas e a Baía Farta, os valores da temperatura superficial apresentam uma variação entre os 18°C e os 22°C. Na zona costeira a sul de Angola, encontram-se valores que vão até aos 14°C (Bomba, 1999). De salientar que tais valores são resultantes da influência da Corrente de Benguela que corre para o norte

### 3.5 Batimetria

Em geral a batimetria da costa de Angola é caracterizada pela plataforma continental que varia em profundidade. O declive da plataforma ocorre a cerca de 30 a 40km da costa e a 100 – 200 metros de profundidade. Na generalidade da costa, a partir destas profundidades, o leito marinho da costa angolana descai para os 5000 metros, a mais de 2000 km da costa, in Morais, *et al*, (2006). O acidente mais notável na batimetria ao largo da costa angolana é pronunciado pelo canhão existente na foz do Rio Congo. Na zona norte do país, os fundos marinhos ocorrem a pouca profundidade junto ao litoral ficando a batimetria a uma distância média entre 5 e 6km da costa. Esta distância vai diminuindo ao caminharmos para sul, até atingir cerca de 2km da costa. Ainda continuando para sul, os declives tornam-se mais suaves e os fundos marinhos são constituídos por areias finas e lodosas, com algumas exceções, como por exemplo no sistema Palmeirinhas – Mussulo, onde devido a acumulação de areias, a montante, os declives são mais pronunciados. Na zona centro sul desde a ponta da Musserra até Porto Amboim os fundos marinhos apresentam um declive suave, com a batimetria a descer a partir de uma distância média de 5 km da linha da costa. Nas proximidades da região do Sumbe, as baixas profundidades são extremamente reduzidas, estando ao declive da batimetria a cerca de 1km da costa. A partir do sul de Benguela, o declive dos fundos é muito pronunciado, atingindo-se grandes profundidades logo junto a costa. Entre o Namibe e o Tômbwa, os fundos marinhos junto a costa são muito elevados, com a batimetria de apenas 2 à 3km da costa. Para o sul do Tômbwa o declive dos fundos torna-se mais suave.



### 3.6 Salinidade

A salinidade á superfície para a costa norte de Angola (Foz do Rio Congo a Ponta das Palmeirinhas) durante o período seco, em posição longitudinal, pode variar entre 35,5 – 35,9 ppm, excepto nas áreas sob a influência dos Rios Congo e Cuanza. Relativamente a costa centro (Ponta das Palmeirinhas a Baía Farta), os valores de salinidade á superfície oscilam entre 35,7 – 35,9 e para a costa sul (Baía Farta a Foz do Rio Cunene) os valores situam-se entre os 35,6 – 36. Estes resultados foram obtidos entre 1986 – 1999, em cruzeiros de investigação efectuados no navio de investigação Dr. Fridtjof Nansen, tendo permitido evidenciar que as estações quentes, como a mais prolongada do ano, as águas da zona costeira de Angola, encontram-se normalmente cobertas com uma camada pouco profunda de baixa salinidade, devido as grandes cheias provenientes dos rios, especialmente das do Rio Congo, Bomba (1999).

### 3.7 Climatologia

Na região norte a média das temperaturas mensais estabelece-se entre os 22°C com os valores máximos de 31°C, Azevedo *et al*, (1972). A humidade relativa ronda os 80% ao longo de todo o ano. Na parte sul, as temperaturas variam entre os 16°C e 25°C, alcançando humidades relativas inferiores a 80%. As chuvas na costa de Angola seguem os padrões dos ventos e a pluviosidade mais alta ocorre no período de Novembro a Abril, Azevedo *et al*, (1972); Hirst & Hastenrath (1983). Na extremidade sul da costa angolana os efeitos da estação chuvosa são especialmente fortes com um aumento bastante pronunciado da pluviosidade entre Fevereiro e Abril, Hirst & Hastenrath (1983). O gradiente relativo de pluviosidade em comparação referente a latitude é em declive, contudo, devido à extremidade do norte da costa de Angola se encontrar sob a influência de ar húmido equatorial, a pluviosidade é mais regular. Por exemplo, Cabinda recebe uma média pluviométrica de 600 a 1000 mm, Luanda 350 mm, Lobito 200 mm e Namibe 20 mm por ano Azevedo *et al*, (1972).

Este padrão de pluviosidade realça o gradiente climático de região tropical em Cabinda, transformando-se em aridez até ao deserto do Namibe. Um declínio

em temperaturas marítimas devido a gradientes de latitude contribui para este padrão de distribuição de pluviosidade Hirst & Hastenrath (1983). No gráfico da Fig. 4, indica-se a variação climática presente ao longo da costa de Angola. Os dados apresentados são importantes pelo seu valor histórico uma vez que se tratam de series obtidas nos entre os anos 40 e 70 referidos por Azevedo et al. (1974). Os valores médios mensais de precipitação e temperatura referentes a região de Cabinda, norte de Angola, diferem dos observados para a região centro e Sul.

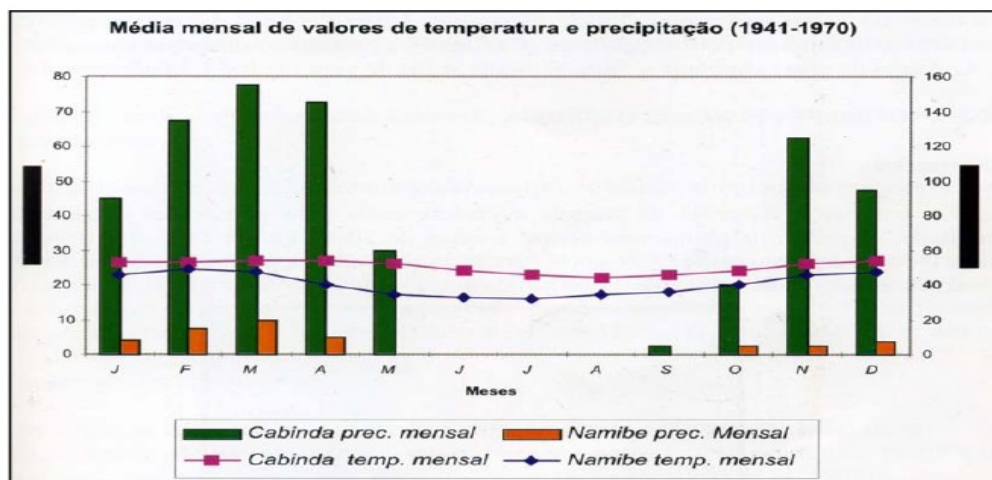


Fig.5: Variação sazonal das temperaturas ao longo da costa de Angola. (modificado de Azevedo et.al.1972)

Observa-se que a linha de curva da temperatura se encontra ligeiramente acima da linha de curva da precipitação mensal na região Sul, o que indica clima de influência árida. Para a precipitação observa-se que na região litoral norte (Cabinda), a ausência de chuvas durante os meses de Junho a Agosto em que e revela também diminuição dos valores da temperatura e que corresponde a estação seca, pode ser encontrada uma situação de aridez, revelando-se assim um clima de influência mais tropical. No Norte de Angola, os valores da precipitação ultrapassa os valores da evaporação, resultando uma média anual positiva do balanço hidrológico, Erm, (2004).

## **4 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DA COSTA DE LUANDA E MUNICÍPIO DE CACUACO**

Luanda encontra-se no centro da área de afloramentos de camadas sedimentares da Bacia de Cuanza, cerca de 4000 metros de espessura total, depositadas desde o Apéceno-Albiano Inferior e assentes, as mais antigas, em superfície irregular de rochas cristalinas do Maciço Antigo. Naquelas formações com estruturas variadas mas, predominando, nas mais recentes, os despositivos monoclinais, por vezes quase horizontais, os processos erosivos modelaram escarpas intensamente abarrocadas, sobretudo nos do Miocénico Superior constituídos pela alternância de rochas calcárias, greso-calcárias, areníticas, margosas, argilosas, de areias brancas ferruginosas com leitos de burgaus ou burgalhos (cascalhos).

Sobre tudo isso estão as areias vermelhas ou amarelo-acastanhadas, Plistocénicas, ditas dos “musseques”, com espessuras variáveis, até algumas dezena de metros, cobrindo peneplanície do final do Terciário. Revestem o planalto de Luanda, com 40 a 80 metros altitude na Cidade e áreas envolventes. Análise das areias vermelhas, de amostras colhidas em vários locais, permitiram concluir que são de grãos médios e finos, muito bem calibradas e de origem marinha, com retoques eólicos, que “a sua composição granulométrica e caracterizada por percentagens de partículas de areias superiores a 80%, partículas de limo da ordem de 1% a 5% e partículas de argila com percentagens da ordem dos 8% a 15%. Os leitos de burgaus que se encontram sob as areias mostram que o cascalho de quartzo também teve rolamento marinho (G. Soares de Carvalho, 1964, p.698). Por outro lado no mar fica a grinalda de cordões de areias siliciosas e claras de uma restinga com cerca de 34 km de comprimento, desde a Ponta das Palmerinhas, onde está ligada ao continente, até a Ponta do Mussulo, com as suas ilhas e ilhotas na laguna interior. Segue-se a Barra da Corrimba, abertura de mais ou menos 6 km , e depois a flecha estreita da Ilha de Luanda, que protege a baía da

cidade, com uma extensão de aproximadamente 12 km até a Ponta da Ilha (fig 6.).

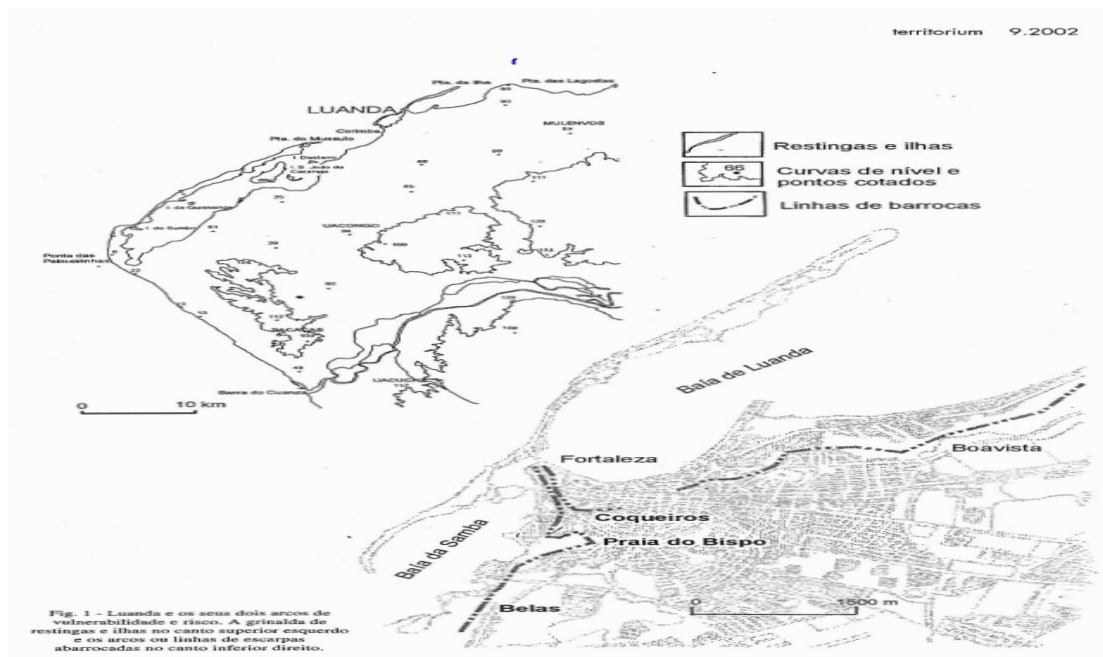
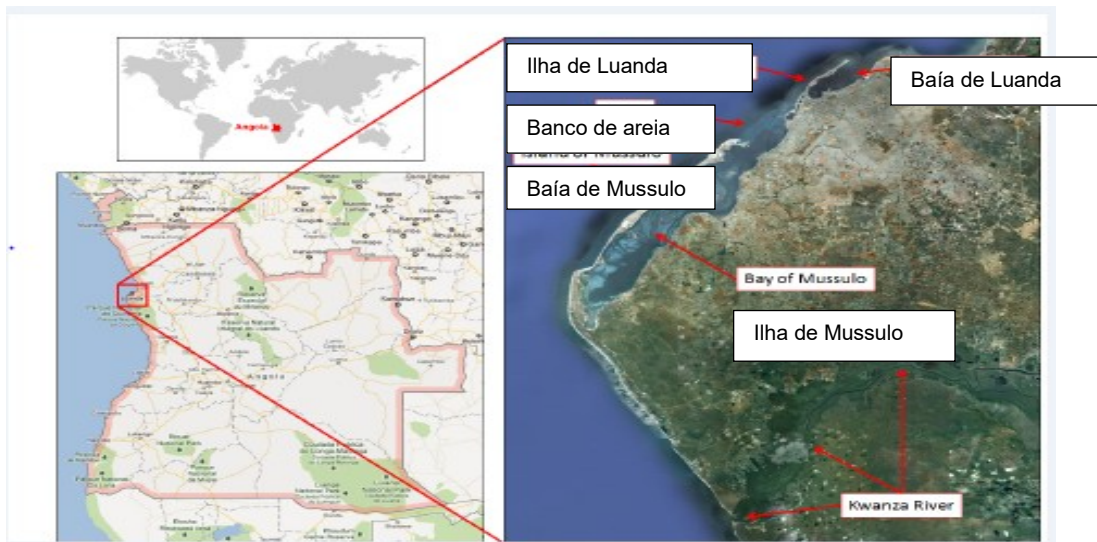


Fig. 6: Luanda e os seus dois arcos de vulnerabilidade e risco.

Considerando que a escolha do Município de Cacucaco para o estudo desta dissertação, uma vez que integra a província de Luanda e tendo em conta a semelhança nas suas características geomorfológicas da plataforma continental, achou-se por bem generalizar as abordagens, mencionando em conjunto, Luanda e Cacucaco. Pois, os diferentes factores naturais e antropogénicos que neles ocorrem relativamente ao Litoral e a história de evolução, o transporte de sedimentos e o tipo de praias, areias finas e grossas, são características comuns de ambas zonas Litorais. Assim, Luanda é a capital do país e foi fundada em 1575 pelos portugueses. Com uma população de cerca de 5,2 milhões de pessoas (Censo, 2014), é a maior cidade de Angola. Muitas actividades costeiras como dragagem e as reclamações de terra foram feitas e continuarão a fazer-se num futuro próximo. A área urbana é constituída de areia com excepção do nordeste em Cacucaco onde as áreas expansivas da argila podem ser encontradas.



: Fig. 7 Visão geral de características importantes da Área de Luanda. Topo esquerda: Localização Angola no mapa do mundo. Abaixo à esquerda: Mapa de Angola em que está marcada a localização de Luanda. À direita: Principais características na área de Luanda.

A cidade de Luanda está localizada perto de três baías, nomeadamente a Baía de Mussulo, Baía de Luanda e a Baía de Cacuaco, as duas primeiras estão cada uma encerrada por uma língua chamada respectivamente Ilha de Mussulo e Ilha de Luanda. Este capítulo debruça-se sobre os aspectos e processos mais importantes que influenciam a zona costeira de Luanda até ao rio Bengo. Em primeiro lugar, Angola como um todo é pesquisada observando características geológicas, climas de ondas, marés e ventos

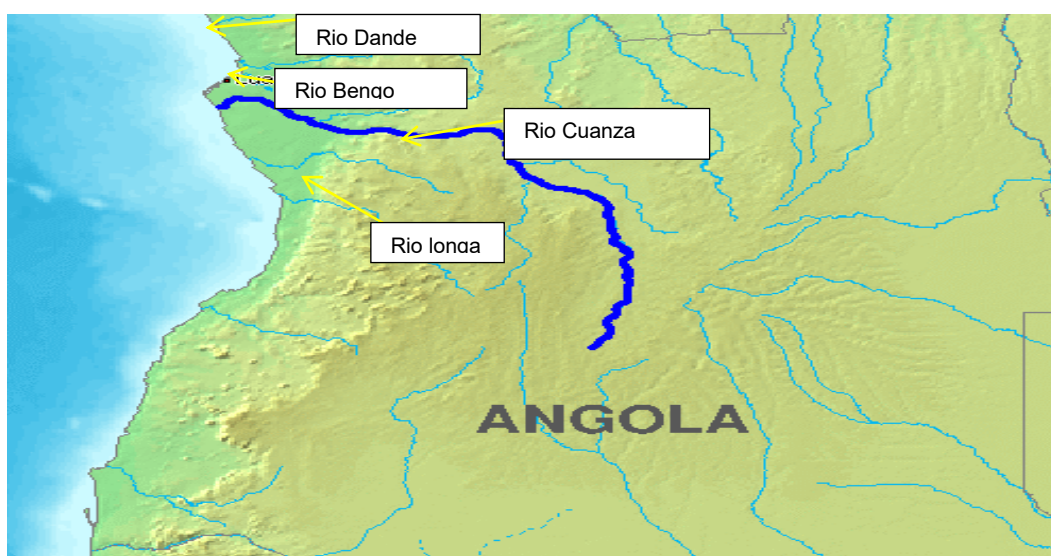


Figura 8: Morfologia da área de Luanda e Cacuaco.

Depois de conhecidas as características de grande escala, o foco é ajustado à área de Luanda. Esta, está dividida em várias áreas, cada uma com características específicas. As mudanças históricas costeiras são determinadas com a ajuda de cartas antigas (Deltares, 2013). Nesta secção são abordados tópicos como a evolução da bacia do Cuanza, as marés e as correntes. A zona costeira de Luanda é altamente influenciada por características locais como rios, lagos, laguna e baías. Os rios são importantes porque são potenciais fornecedores de sedimentos. A redução do transporte de sedimentos pelos rios pode, portanto, induzir a erosão. Cinco rios fluem para o mar Atlântico na área circundante de Luanda: (10 ° 15'S; 13 ° 30'E) rio Longa localizado a 150 km ao Sul de Luanda, figura 8. Tem como origem a área perto de Caliliueke e dois afluentes principais Nhia e Mugige; (9 ° 21'S; 13 ° 9'E) rio Cuanza ou fluxos do Cuanza no Oceano Atlântico a 60 km ao Sul de Luanda na Barra do Cuanza e é o maior rio de Angola, figura 8, a área de captação é de cerca de 150.000 km<sup>2</sup> e o comprimento total é de 960 km. O rio Cuanza é formado por represas das barragens de Cambambe, construída entre 1958 e 1962, pelas segunda e terceira, conhecidas por Capanda e Laúca localizadas a montante da barragem de Cambambe, construídas em 1984 e 2016, respectivamente na província de Malange. O fluxo médio do rio Cuanza é de cerca de 58 m<sup>3</sup> / s. O rio Cuanza é tido como uma importante fonte de sedimentos para a área costeira de Luanda; (8 ° 44'S; 13 ° 24'E) rio Bengo localizado ao Norte da Vila de Cacucaco, tem um comprimento total de cerca de 300 km e uma área de drenagem de 7.370 km<sup>2</sup> e descarga (média) de 47 m<sup>3</sup> /s. É constituído pela represa da Kiminha, figura 8; (8 ° 28'S; 13 ° 23'E) rio Dande, localiza-se ao Norte do rio Bengo, tem a mesma origem com o rio Bengo, provenientes das Montanhas do cristal, com um comprimento total de 285 km e descarga média de 50 m<sup>3</sup> / s e, é também constituído por represa nas mabubas, figura 8.

#### 4.1 Ilha de Mussulo

O Mussulo é mais conhecido como Ilha de Mussulo, localizada no Sul de Luanda, figura 9. Tem um comprimento total de cerca de 32 km. Na ponta da Ilha de Mussulo, os sedimentos são transportados por deriva litoral para norte (Schwartz, 2006).

#### 4.1.1 Baía de Mussulo

A baía de Mussulo também conhecida como baía da Corimba é uma água protegida pela Ilha de Mussulo. Estão localizadas dentro da baía, três ilhas; Ilha de Cazanga, Ilha do Desterro e a Ilha do Ilhéu dos Pássaros. O rio Cabolombo, um pequeno rio temporário flui para a Baía de Mussulo.

#### 4.1.2 Banco de areia, Submerso

A entrada da baía há um banco de areia que reduz consideravelmente a profundidade. Este banco de areia está em linha recta com a orientação das Ilhas de Mussulo e de Luanda, devido a uma característica costeira, rompendo ou deslocando a abertura para as baías, oculta debaixo da água. Os sedimentos são transferidos ao longo do banco de areia com a ajuda das ondas e para a baía de Mussulo pelas marés.

O banco de areia está situado do lado do atlântico. As Barras tendem a migrar para o Norte sob a acção das ondas e ajudadas pelas marés, figura 9.



: Fig. 9 Principais características na entrada da Baía de Mussulo. (adaptado do Google Earth, 2013)

O banco de areia é interrompido pelo canal de dragagem de modo a permitir a entrada e saída dos navios para a Baía de Mussulo. A dragagem de manutenção é necessária para manter a profundidade do canal. É natural que

o referido canal tenha interferência no transporte de sedimentos de longo curso ao longo do banco de areia.

#### 4.1.3 Ilha de Luanda

A Ilha de Luanda ou Ilha do Cabo está localizada a Oeste da cidade de Luanda e encerra a baía de Luanda, ver figura 8. O aspecto está desenvolvido com bares, hotéis e outras instalações turísticas. Devido à erosão e ao crescente turismo na Ilha de Luanda, têm sido feitas intervenções artificiais nas últimas décadas, tendo sido feitas várias intervenções, em particular com a construção de numerosos esporões, com o objectivo de mitigar a erosão da ilha. A estabilização do Litoral, bem como a ponta da Ilha de Luanda decorre desde a década de 1970 com o uso de obras de engenharia pesada. Presentemente vem-se pesquisando mais planos que poderão interferir com a hidrodinâmica e morfologia da Ilha de Luanda, HR Wallingford (2011) fornece informação relevante sobre o transporte sedimentar na área da Ilha de Luanda. Um estudo preliminar foi realizado entre a costa da lagoa da Samba, Sodimo, até ao extremo Norte da Ilha de Luanda. As características dos sedimentos são baseadas em amostras colhidas em vários locais ao longo da Ilha de Luanda e consistem em areia média e grossa com uma quantidade limitada de cascalho ou silte com a maioria dos tamanhos de partículas entre 2 mm e 63 microns



Fig.10 Principais características da Ilha de Luanda. (Ajustado do Google Earth 2013)



#### 4.1.4 Baía de Luanda

Devido à sua profundidade natural, a baía de Luanda é a área onde ocorre a maior parte das actividades de navegação. Várias e grandes instalações portuárias para o transbordo de todos tipos de mercadorias estão localizadas nesta baía e são desenvolvidos novos projectos como o "Projecto da Baía de Luanda". O foco principal é a limpeza da poluição e dos sedimentos da baía e o da Avenida Marginal.

### 4.2 Caso de Estudo, Litoral do município de Cacuo

#### 4.2.1 Enquadramento geográfico e histórico

Cacuaco, área Litoral do município de Cacuo, figura 11, é uma importante zona balnear dos habitantes da Área Metropolitana de Luanda, atraindo durante a estação quente (verão) maior número de visitantes.



Figura 11: Principais características costeiras de Luanda (da Ilha de Mussulo à baía de Cacuo, Ajustado do Google Earth [2013].

Com o desenvolvimento da rede viária, transportes e a inauguração da Centralidade de Cacuo no Sequele, figura 12, o Cacuo passou hoje em dia, a ter vários serviços como: estabelecimentos de ensino médio e superior, hospitais, shopping, etc., (Rocha, 2011). A utilização como zona balnear surgiu nas últimas décadas do século passado, tendo sido até lá uma zona essencialmente piscatória e dedicação secular a Igreja católica figura 14. No

início da década 90, pouco antes da chegada da paz em 2002, a costa marítima de Cacucaco era bastante estável, apesar de ter tradição de área de lazer (Rocha, 2011).



**Fig 12 Centralidade de Cacucaco no Sequel**

Além da evolução urbanística, a frente marítima da Vila de Cacucaco tem vindo a sofrer alterações significativas. É assim que presentemente se verifica uma evolução Litoral junto as arribas na parte Sul que também alimentam a praia de sedimentos como mostram as figuras 16 e 17. O Município de Cacucaco encontra-se situado a Norte da Província de Luanda e tem os seguintes dados demográficos e geográficos: População: Aproximadamente 1.000.000 de habitantes; Superfície: 335 km<sup>2</sup>; Municípios limítrofes a Norte: Dande ao longo do rio Bengo; a Este: Icolo e Bengo; a Sul: Viana; a Oeste: Oceano Atlântico, Luanda e Cazenga; O Município possui 3 Comunas e 52 Bairros. Comunas: Sede, Kicolo e Funda. Os principais recursos naturais do Município, consubstanciam-se na pesca continental e marinha, terra arável com capacidade de desenvolver produtos agropecuários e dando lugar a indústrias transformadoras ligeiras e pesadas. A vegetação existente em toda extensão do município é constituída por capim e poucas árvores, sendo a árvore mais predominante o embondeiro (*Adansonia digitata*). Quanto a hidrografia, o Município de Cacucaco é atravessado pelo rio Zenza que é a principal fonte de abastecimento de água na província de Luanda, e é atravessado de Norte a

Sul pelo Rio Bengo. A região de Cacuaco integra a Província de Luanda, capital do país, distanciando-se dela cerca de 20 km e comunica Luanda com o Norte do país por via terrestre. Na sequência da sua elevação à categoria de Vila, em 1936, actualmente tornou-se em boa referência turística, tendo em conta sobretudo a qualidade das suas praias, cujas areias brancas se povoam de banhistas aos fins-de-semana..



**Fig. 13 Vista de praia da Vila de Cacuaco.**

Cacuaco é um município amplo e diversificado que abrange bairros urbanos densos, linha costeira e áreas agrícolas. A manifestação religiosa, cultural e histórica de Cacuaco, as cerimónias religiosas e especialmente a procissão são os momentos mais altos das festividades de Cacuaco. A 24 de Junho dia do seu padroeiro, São João Baptista, depois da missa, sai a procissão para o mar. A imagem do padroeiro é preparada e levada até ao alto-mar.



**Fig. 14 Igreja São João Baptista em Cacuaco**

Cacuaco tem muitos atractivos. A sua grande riqueza é a pesca e a agricultura, Actualmente tem cerca de um milhão de habitantes distribuídos pelas três comunas mencionadas anteriormente. Cacuaco tem referências turísticas como a sua Baía na sede do município. Tem ainda a Barra do Bengo, e as lagoas da Kilunda, na Funda. A pesca e as salinas já tiveram Sucesso. O município tem um clima tropical e seco, por se encontrar próximo de Luanda, uma região árida e semiárida, porém o clima da região também é influenciada pela proximidade do Mar pela região Fria de Benguela, não sendo demasiado quente nem húmido. A estação chuvosa é três a cinco meses. A temperatura media anual está compreendida entre 25°C a 30°C, em Julho e Agosto fica por volta dos 23°C, por serem os meses mais frios, sendo mais quente no interior. Já na Orla Marítima a temperatura fica um pouco abaixo dos 21°C. O suporte biofísico da Zona Costeira de Cacuaco tem especificidades próprias de que são exemplos o estuário, as dunas, as arribas, as praias, os mangais e o meio hídrico marinho. A constituição do Litoral de Cacuaco é estruturalmente semelhante ao do Litoral de Luanda sob o ponto de vista de arribas, tipo de praias, sedimentos e a forma de transporte de sedimentos na costa. Portanto, Cacuaco é também parte integrante do património nacional.



**Fig. 15** Costa litoral mostrando as ilhas e as baías do Mussulo e Luanda e Promontório da Cimangol, baía de Cacuaco e o estuário do rio Bengo.

#### **4.2.2 Descrição do local**

As praias de Cacuaco inserem-se no Arco Litoral Cacuaco Sarico (no Panguila), sendo caracterizadas por uma planície costeira baixa e arenosa, semi-larga a Norte do que a Sul, com a Arriba Fóssil que forma o Promontório da Cimangol a Sul figura 16 (Santos e Vargas, 2012)



**Fig. 16** Arriba com o Promontório da Cimangola



**Fig.17 Praia alimentada por sedimentos provenientes das arribas**

A área em estudo, que se estende desde o Promontório da Cimangol até ao Estuário do rio Bengo, tem um comprimento total de cerca de 12 km, sem estruturas de protecção aderente. De algum tempo a esta parte têm-se registado alguns fenómenos de galgamento e destruição de residências e bens da população localizada próximo a Zona Costeira.



**Fig.18 Embarcações de pesca artesanal situada na zona norte da baía onde ocorrem**

As praias de Cacucaco são caracterizadas como sendo: praia do Tipo I – Praia urbana (Vila de Cacucaco) com uso intenso (praia urbana), adjacente a um

núcleo urbano consolidado, sujeita a forte procura figura 13. A praia do Sárico (Panguila), praia do Tipo II - Praia não urbana com uso intenso (praia periurbana), afastada de núcleos urbanos, mas sujeita a forte procura Figura 18. Na área da praia do Sárico, é o local onde se tem depositado os navios obsoletos (Figura 19). Nas visitas realizadas ao terreno, em Novembro de 2016, foi verificada a existência de uma infraestrutura de abastecimento de combustíveis aos barcos de pesca, constituída em estrutura do tipo aderente. O sistema dunar da área é frágil. A praia está sujeita à acção das marés (astronómicas e meteorológicas) e à interação da agitação incidente. A influência do rio Bengo é também importante, pois trata-se de um subsistema hidromorfológico de transição entre o sistema estuarino e o sistema costeiro. Sazonalmente a praia de Cacuaco vai sofrendo alterações na sua morfologia, principalmente decorrentes da normal dinâmica de sedimentos das zonas costeiras. Contudo, a exposição directa da frente urbana às acções do mar advém do desaparecimento da protecção dunar da praia.



**Fig. 19 Praia de navios obsoletos na zona do Sarico**

Especialmente durante a ocorrência de marés vivas ocorrem situações de maior perigosidade. A nível dos danos causados, destaca-se a erosão da praia e do cordão dunar adjacente.

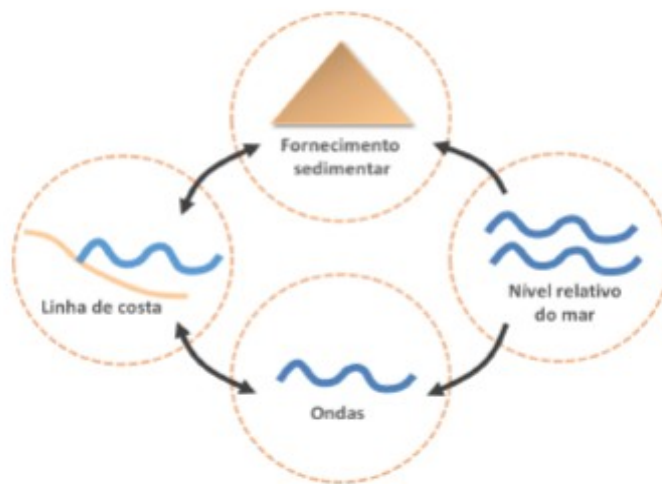
### 4.3 Principais características costeiras de Luanda (da Ilha de Mussulo à Baía de Cacuaco)

O Litoral Marítimo, e outros fenómenos costeiros, são influenciados pelas características da costa marítima de Luanda. Devido à direcção das ondas, o transporte de sedimentos por Schwartz (2006) é descrito como uma deriva Litoral, predominantemente no sentido Norte. Isto, basicamente significa transporte de sedimentos não-coesivos, ao longo da costa, devido a accção de rebentação das ondas e da corrente na direcção Norte. Segundo Deltares, (2013), as marés astronómicas variam com um máximo de +0,7 m até -0,7 m com uma altitude média de 1.2 m. A maré foi simulada com a ajuda do modelo Delft3D. A direcção média do vento está localizada de forma semelhante à direcção da ondulação, ou seja, SSW para SW. As diferenças nas estações podem ter um efeito sobre a actividade morfológica. Na estação seca (Maio a Outubro) que poderia resultar em menos transporte dos sedimentos. O clima da Área de Estudo é tropical e seco, por se encontrar próximo de Luanda, uma região árida e semi-árida, porém o clima da região também é influenciada pela proximidade do Mar.



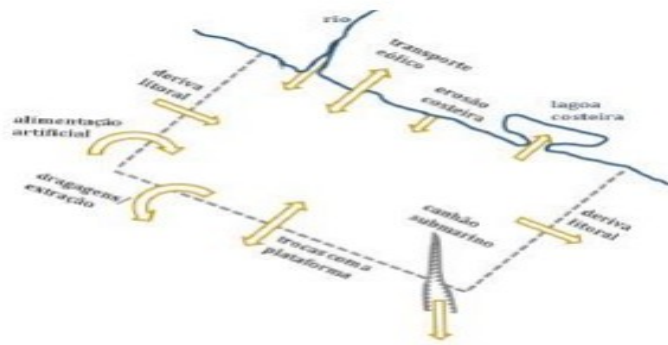
## 5 CONCEITOS TEÓRICOS

Nesta secção expõem-se as acções naturais susceptíveis de modificar a morfologia do Litoral, assim como a posição da Linha de Costa. Estas acções provocam erosão ou acreção do Litoral, a subida ou a descida do NMM, galgamentos e inundações costeiras. O conhecimento destas acções é essencial para a análise de vulnerabilidades do Litoral às acções do mar e para uma gestão eficiente dos riscos costeiros.



**Fig. 20 Esquerma simplificado dos processos que influenciam a posição da linha de costa(GTL 2014)**

O fornecimento sedimentar e o seu balanço é um dos principais factores para o movimento e posição da Linha de Costa. O balanço sedimentar é definido pela quantificação de entradas (fontes) e saídas (sumidouros) de sedimentos no sistema ou numa célula sedimentar (figura 20). Se o fornecimento de sedimentos é superior aos sedimentos retirados, então a tendência da Linha de Costa é a de avanço e o balanço sedimentar é positivo. Se o balanço sedimentar é negativo, então a Linha de Costa tende a recuar.



**Fig. 21 Representação esquemática do balanço sedimentar numa célula sedimentar(Van Rijn, 2010; GTL 2014)**

De modo a actuar tanto na prevenção de danos em infraestruturas junto à Zona Costeira, como na protecção dessa mesma zona, têm vindo a ser realizadas várias intervenções de engenharia como construção de estruturas de protecção aderentes (muros e taludes, molhes, quebra-mares ou esporões), soluções de alimentação artificial de praias e reabilitação de dunas. Mas essas medidas não resolvem a título definitivo os problemas resultantes da incidência da agitação marítima. Complementarmente à contenção, é fundamental conhecer os fenómenos que ocorrem na praia e no mar, através da sua monitorização e modelação, bem como possuir instrumentos de planeamento e gestão da Zona Costeira que permitam efectuar uma avaliação dos riscos associados à agitação marítima (em particular ao galgamento de estruturas marítimas) para essas Zonas Costeiras e portuárias. No âmbito do projecto HIDRALERTA (Fortes *et al.*, 2013c) tem vindo a ser desenvolvida uma metodologia para a avaliação do risco de ocorrência de galgamento e inundação de Zonas Costeiras e portuárias. As Zonas Costeiras assumem uma importância estratégica em termos ambientais, económicos, culturais e recreativos. Por isso, para a Zona Costeira é realçada a necessidade de se intensificar as medidas de salvaguarda dos riscos naturais na Faixa Costeira, designadamente por via de operações de monitorização e identificação de zonas de risco, aptas a fundamentar os planos de acção necessários a uma adequada protecção, prevenção e socorro. Desde logo, devido à grande susceptibilidade da Zona Costeira aos fenómenos de erosão, e às situações meteorológicas extremas, por vezes com perdas de território e pesados

prejuízos para os recursos naturais. Essa visão integrada das potencialidades e dos riscos que afectam a Zona Costeira é reforçada, especificamente no que diz respeito ao “combate à erosão e defesa costeira” e aos objectivos do Domínio da Intervenção: 1) Melhorar o conhecimento e a identificação das ameaças e potencialidades decorrentes do funcionamento da Zona Costeira, de forma a melhor e definir as zonas sujeitas a riscos de erosão e/ou de cheias; 2) Controlar e reduzir a ocorrência de ocupações em zonas de risco; 3) Efectuar intervenções que assegurem a manutenção equilibrada da Orla Costeira, quando esta se vê ameaçada pelo avanço das águas, e como suporte a importantes funções do território (económicas, sociais e ambientais), numa óptica sustentável de valorização e de prevenção de riscos; 4) Preparar para os desafios originados pelas alterações climáticas; 5) Proteger e recuperar o património natural e cultural na Zona Costeira; 6) Prevenir os diversos riscos associados às Zonas Costeiras, numa perspectiva de garantir a sua sustentabilidade ecológica, ambiental e social. Por outro lado, independentemente das políticas que são ou podem vir a ser aplicadas, sobressai a necessidade de serem alcançados consensos sobre as transformações que estão a ocorrer, de modo a poderem adoptar-se medidas que enfrentem e reduzam os impactes sobre ambientes marinhos e marginais, numa perspectiva de sustentabilidade que tenha em conta algumas características essenciais das Zonas Costeiras: 7) Integram ecossistemas e devem ser geridas como sistemas complexos, sensíveis e mutáveis; 8) Interagem umas com as outras, por vezes em íntimas relações de interdependência; 9) Apresentam usos múltiplos e podem fornecer simultaneamente muitos bens de fácil renovação; 10) Existem, ao mesmo tempo, complementaridades e conflitos entre os vários usos, o que obriga a tomar opções estruturantes ou desestabilizadoras dos diversos sistemas e funções; 11) Os recursos existentes fornecem produtos aos privados, assim como um conjunto de bens e produtos públicos de cujo usufruto ninguém pode ser excluído, o que pode levar à excessiva exploração de um dado recurso, ao seu esgotamento, ou à sua extinção; 12) A gestão costeira é comumente indefinida nas responsabilidades atribuídas, de modo que, por vezes, há descoordenação e divergência entre as entidades que gerem o mesmo espaço.

## **5.1 Correntes, ondas, maré e vento**

As ondas e a maré influenciam o comportamento da área costeira. A fim de obter uma visão nestes processos as seguintes informações foram recolhidas.

### **5.1.1 Correntes**

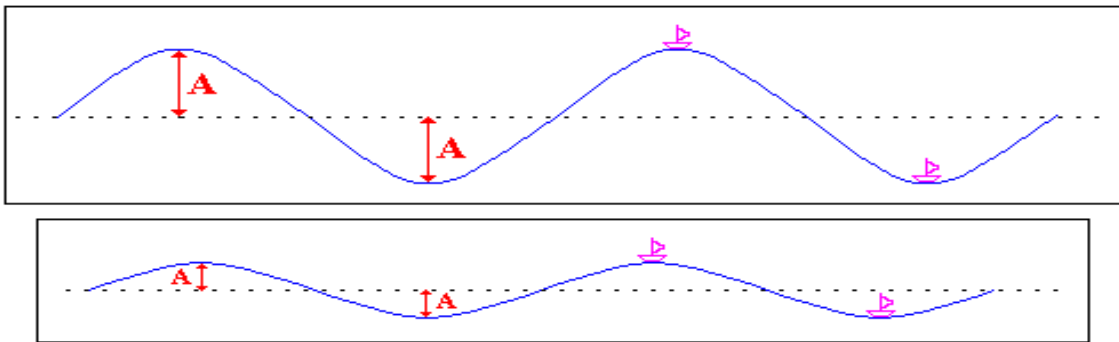
Poder-se-ão distinguir como correntes morfo-geneticamente mais importantes as correntes de fundo, as correntes de arraste e as correntes de deriva Litoral (ABREU, 2009). As correntes de fundo consistem em fluxos concentrados de águas devolvidas ao mar, sendo por isso capazes de arrastar uma considerável quantidade de material e com ele fazer um intenso trabalho de abrasão (ABREU, 2009). As correntes de arraste são mais violentas e consequentemente mais eficazes no que diz respeito à erosão e ao transporte do respectivo material (ABREU, 2009). As correntes de deriva Litoral resultam das ondas que se aproximam obliquamente da Linha de Costa, transportando consigo uma grande quantidade de sedimentos ao longo do Litoral.

O ângulo de incidência das ondas origina a movimentação em ziguezague da água e areia, resultando num transporte de material paralelo à Linha de Costa, em que a areia é trazida obliquamente à praia e devolvida ao mar. O transporte de material nesta corrente é capaz de provocar grandes modificações na Linha de Costa, através do seu trabalho de tapamento, transporte e depósito (ABREU, 2009). As correntes de deriva Litoral constituem o processo mais importante de transporte de sedimentos que alimenta os litorais baixos e arenosos (praias), embora sejam também elas as que maiores estragos provocam na Linha de Costa, devido ao seu forte poder erosivo (ARAÚJO, sem data).

### **5.1.2 Ondas**

É denominada onda o movimento causado por uma perturbação que se propaga através de um meio. Portanto, **onda é uma sequência de pulsos**

periódicos. As características das ondas, são: **Amplitude, velocidade, comprimento de onda, período e frequência.** A amplitude das ondas são os movimentos de subida e descida que elas realizam durante o seu deslocamento, sendo que **o ponto mais alto da onda designa-se crista, e o ponto mais baixo denomina-se cava.** A altura de uma onda (**H**) é definida pela distância vertical entre a crista e a cava ou seja  $H = 2 * A$



. Fig. 22 perfil de ondas com diferentes amplitudes (A)

### Comprimento de onda ( $\lambda$ )

O comprimento de onda, representado pela letra  $\lambda$  (lambda), mede a distância entre duas cristas consecutivas da mesma onda, ou então a distância entre dois pontos homólogos de duas ondas consecutivas.

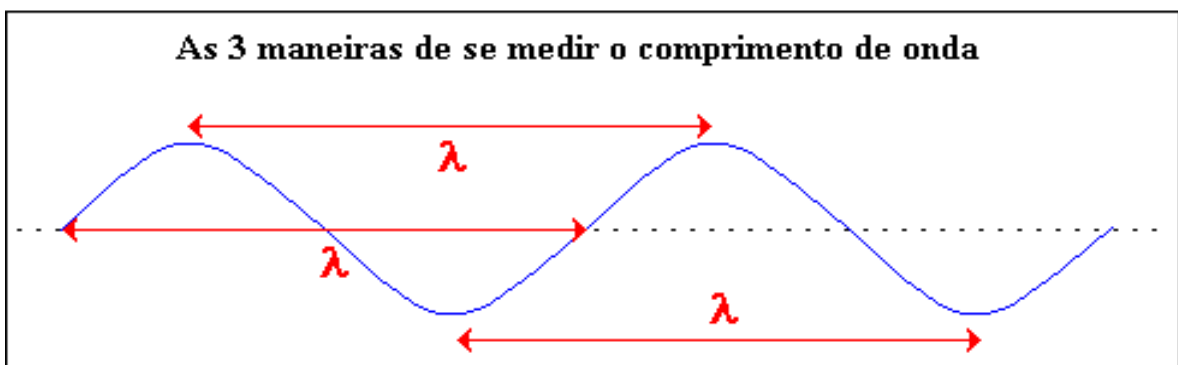


Fig. 23 Comprimento de onda  
Período (T)

O período de uma onda é o tempo que se demora entre duas cristas consecutivas. O período é representado pela letra T.

## Frequência (f)

A frequência representa quantas oscilações completas<sup>1</sup> uma onda dá a cada segundo. Se por exemplo, dois comprimentos de onda passarem pelo mesmo ponto em um segundo, dizemos que a onda oscilou duas vezes em um segundo, representando que a frequência dela é de **2 Hz**<sup>2</sup>.

A relação entre **frequência e período**, que é muito importante no estudo das ondas, é dada pela expressão seguinte:

$$f = \frac{1}{T} \text{(Equação 5.1)}$$

### Equação fundamental da ondulatória

A equação 3.2 é importante pois relaciona três características de uma onda, a velocidade, a frequência e o comprimento de onda. Ela é muito usada em problemas de ondulatória, e merece ser recordada:

$$V = \lambda f \text{(Equação 5.2)}$$

É aconselhável o uso do Sistema Internacional, onde a velocidade é dada em m/s, o comprimento de onda em metros e a frequência em Hertz. O período neste caso ficaria em segundos.

As ondas de vento ao aproximarem-se da Linha de Costa sofrem fortes modificações. Ao aproximarem-se da Linha de Costa, os sistemas de ondulação sofrem algumas modificações com a diminuição da profundidade, ou seja, as ondas começam a arquear-se e o comprimento de onda torna-se menor (ARAÚJO, sem data). Considerando que o ângulo de aproximação à Linha de Costa é raramente igual a 90 °, alguns sectores da onda sentirão a diminuição de profundidade mais cedo, tendendo por isso a atrasar-se em relação à restante onda e provocando uma curvatura da frente da onda,

---

<sup>1</sup>Uma oscilação completa representa a passagem de **um comprimento de onda -  $\lambda$** .

<sup>2</sup>**Hertz (Hz) significa ciclos por segundo.**

processo este que se designa por refração da onda (ARAÚJO, sem data). Numa costa irregular a onda aproxima-se primeiro do promontório (saliência), concentrando nele toda a sua energia e provocando a erosão deste, enquanto a energia da onda diminui nas baías, onde deposita o material erodido (ABREU, 2009). Porém, nem toda a energia da onda é consumida quando esta embate na Linha de Costa, provocando então o processo que se denomina reflexão da onda. Isto acontece, quando ao embater numa parede vertical, que pode ser um paredão ou um molhe, a energia da onda é reflectida novamente para o oceano, sem perda acentuada de energia (ARAÚJO, sem data). Os transportes de sedimentos são originados pela aproximação oblíqua das ondas relativamente à Linha de Costa, provocando uma corrente de deriva Litoral com resultante longitudinal que varia consoante os fundos da região próxima da praia e da agitação marítima (Instituto Hidrográfico, 2015). Segundo APRH (2007), quando a energia das ondas não é dissipada através da rebentação ou do espraiamento e quando existem estruturas artificiais de engenharia costeira, a energia das ondas não é completamente dissipada nestas estruturas, retornando o remanescente para o mar e são provocadas ondas estacionárias que têm grande importância na morfologia da praia (Dias J. M., 2007). Com a preocupação actual em relação aos riscos naturais, importa inserir uma pequena nota sobre um caso especial de onda. Os maremotos ou *tsunamis*, como são denominados no Japão, são "grandes ondas, do tipo solitário, que normalmente são induzidas por sismos com epicentros localizados no mar em que se verificou rotura superficial" (DIAS, 1993, pp.44). Este caso especial de onda tem um comprimento de onda superior a 200 km, comportando-se como ondas de águas pouco profundas, em que a sua velocidade é determinada pela profundidade da água (ARAÚJO, sem data). Assim sendo, em mar aberto, poderá atingir cerca de 70 km/hora.

### **5.1.3 Marés**

As marés são causadas principalmente pela atracção gravitacional do Sol e da Lua, sendo que a Lua, devido à sua proximidade com a Terra, é a principal influência para a ocorrência do fenómeno marés (Instituto Hidrográfico, 2015). As variações destes astros definem o ciclo das marés, sendo que a maré sobe aquando das passagens meridiana superior e inferior da Lua. As preia-mares

(maré alta) ocorrem regularmente com um intervalo médio de meio-dia lunar (aproximadamente 12 horas e 25 minutos) e o intervalo de tempo entre uma maré preia-mar e baixa-mar são em média 6 horas e 13 minutos (Instituto Hidrográfico, 2015). As marés vivas são as que têm maior amplitude do ciclo lunar e ocorrem quando o Sol e a Lua estão em oposição (Lua cheia) ou conjunção (Lua nova). Neste momento a influência do Sol sobre as marés é superior e ocorrem marés vivas. As marés mortas ocorrem quando a o Sol e a Lua estão em quadratura (quarto crescente e quarto minguante) e a atracção gravitacional do Sol contraria a atracção da Lua. As marés mortas são as que têm menor amplitude. Quando nos equinócios o Sol passa pelo plano do equador terrestre, a amplitude das marés vivas é superior, sendo nestas alturas que se verifica as amplitudes mais elevadas do ano (APRH, 2007). As marés têm influência na agitação marítima, assim como na forma do Litoral, configurando os seus perfis e as faixas emersas e imersas, afectando a faixa e o tipo de rebentação, o espraiamento das ondas e o movimento dos sedimentos (Coelho, 2005), influenciando igualmente as taxas de erosão e acreção, sendo as marés vivas, principalmente as equinociais, as que transformam o Litoral mais intensamente. Existem outras variáveis como a pressão atmosférica, os ventos e a própria agitação marítima que também influenciam a amplitude das maré e o nível médio do mar, embora em menor escala que os astros Lua e Sol. A pressão atmosférica é a variável que mais influencia esta amplitude, sendo que as baixas pressões produzem um aumento do nível das águas e as altas pressões produzem uma descida do nível do mar (Instituto Hidrográfico, 2015). A sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica é outro factor a ter em conta. Esta sobrelevação também conhecida como “storm surge”, provocada pelas baixas pressões atmosféricas. As baixas pressões atmosféricas estão normalmente associadas a ventos fortes e a uma maior agitação marítima e ocorrem geralmente em situações de temporal. A sobrelevação de origem meteorológica associada a marés vivas pode causar danos elevados nas infra-estruturas junto à costa, sendo nessas alturas que ocorrem as maiores amplitudes do nível de água do mar (Ferreira J, 2003).



No Litoral de Luanda Deltares (2013) simulou a maré com a ajuda de Delft3D (Figura 2.6).

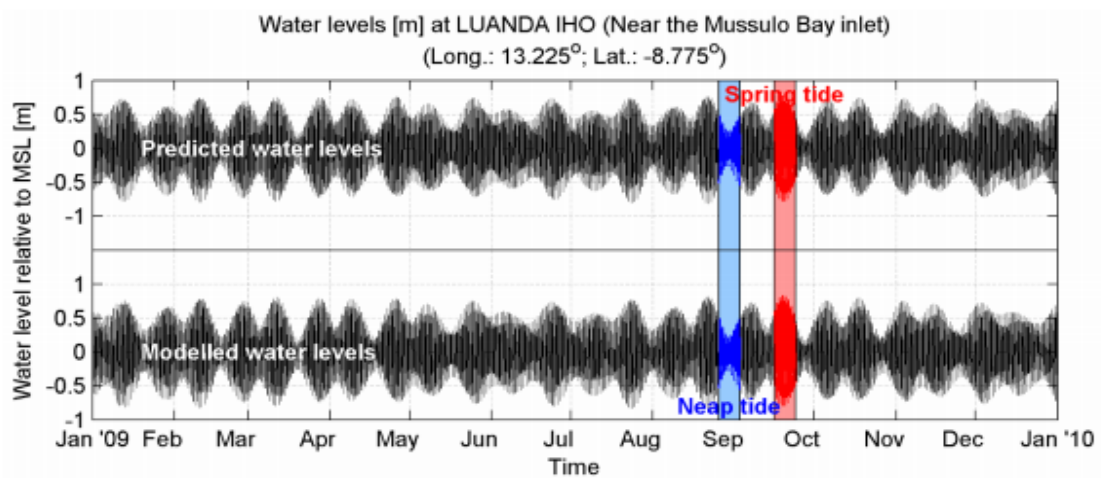


Fig. 24 Nível de água para um local específico dentro da Baía do Mussulo por um ano, tomado de Deltares.

#### 5.1.4 Vento

O vento é o deslocamento de ar determinado pelas diferenças de temperatura entre camadas de ar, deslocando-se de altas pressões para baixas pressões atmosféricas. No Litoral o vento é gerado pelas diferenças de temperatura entre o oceano e a superfície terrestre. As características do vento são aspectos fundamentais para estimar os impactos de erosão e galgamento costeiro, visto ser o principal responsável pela geração de ondas e de agitação marítima e é muito importante no transporte de sedimentos de praia e na formação de dunas, estruturas naturais essenciais para a defesa costeira. Por exemplo, a direcção e intensidade do vento estão relacionadas com a direcção e quantidade de deriva Litoral, sendo que a deriva Litoral é de barlavento para sotavento e que quanto maior a intensidade do vento, mais intensa a agitação marítima e consequentemente maior a deriva Litoral.

Deltares (2013) também investigou como estatísticas do vento com os resultados representados na figura 25. A direcção média do vento está relacionada com a direcção da vaga, ou seja, SSW para SW. Na estação seca (Maio a Outubro) há menos actividade de onda comparada a estação molhada

/ chuvosa (Outubro a Maio) que pode ser encontrado em menos transporte de sedimento.

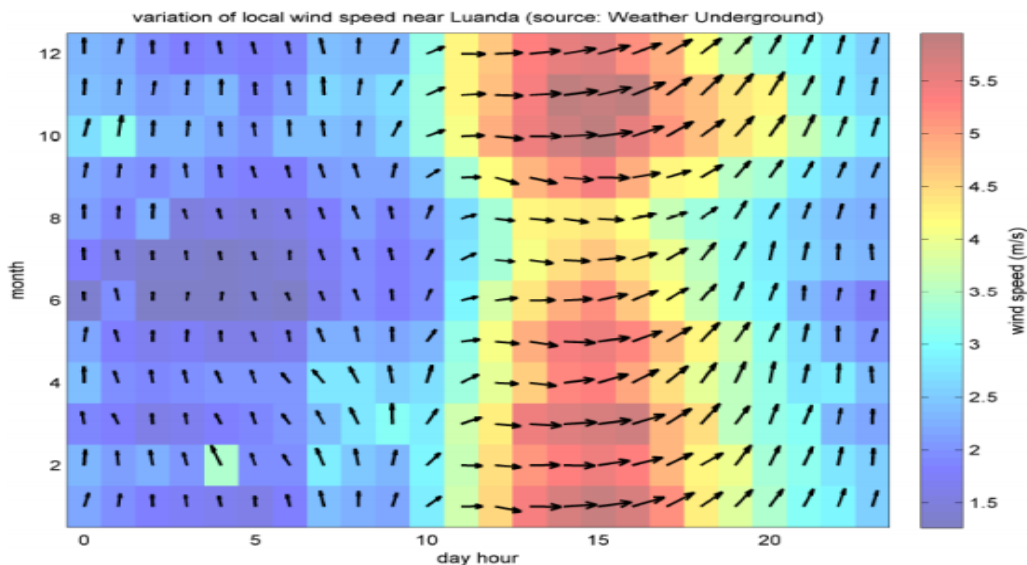


Fig. 25 Variação da velocidade do vento local perto de Luanda (Deltares, 2013)

## 5.2 Alterações no NMM

Para os autores Dias & Taborda (1988), o NMM depende principalmente de três factores: do volume total de água presente nas bacias oceânicas, da temperatura da água a diferentes profundidades (pois influencia a densidade e o volume) e da forma das bacias oceânicas. Há referências que esses factores são modificados principalmente pelos processos glacio-eustáticos, glacio-isostáticos, hidro-isostáticos, tecno-eustáticos, sedimento-eustáticos e os geoide-eustáticos, Dias & Taborda (1988), (tabela 2). De acordo com Dias & Taborda (1988) os factores astronómicos, tais como variações no período de rotação da Terra, também têm influência para a variação do NMM, mas são de difícil quantificação não sendo possível correlacioná-los com o NMM. Todos estes factores referidos anteriormente influenciam o NMM numa escala temporal secular, i.e. a amplitude de variação do NMM é à ordem das unidades de milímetros por ano (Dias & Taborda, 1988). No entanto, o NMM é alterado periodicamente por vários factores, tais como: ondas superficiais (dimensão métrica); marés lunares (dimensão decimétrica a métrica), sobrelevação das águas causada por temporais ou “storm surge” (pode atingir dezenas de

centímetros) (Holman & Sallenger, 1985; Dias & Taborda, 1988), o ciclo lunar nodal (com períodos de 18,6 anos e variações do nível do mar próximo dos 10 mm) (Lisitzin, 1974; Dias & Taborda, 1988), efeitos térmicos que provocam variações na densidade da água e, portanto, do seu volume; episódios do tipo “El Nino” que provocam variações do NMM na costa ocidental sul-americana na ordem das dezenas de centímetros (Komar & Enfiel, 1987; Dias & Taborda, 1988); débito líquido dos rios.

**Tabela 2: Processos geológicos que influenciam a variação do NMM**

Processos:	Definições de Dias & Taborda (1988)
Glacio-eustáticos	Fusão ou crescimento das calotes glaciárias e/ou dos glaciares de montanha.
Glacio-isostáticos	Variações das massas glaciárias causam ajustamentos litosféricos.
Hidro-isostáticos	Ajustamentos litosféricos causados pela variação de força exercida pela água nos fundos oceânicos devido a alterações da sua massa.
Tecno-eustáticos	Modificações na capacidade das bacias causadas por deformações tectónicas.
Sedimento-eustáticos	Modificações da capacidade das bacias oceânicas devido à acumulação de sedimentos.
Geóido-eustáticos	Deformações no relevo do geoide

“ O nível do mar juntamente com os processos de erosão e/ou fornecimento de sedimentos ao Litoral controlam a evolução dos Litorais, nomeadamente a situação de avanço ou recuo da Linha de Costa”. Consequência da retenção de gelo nas calotes polares dos continentes durante a última glaciação, o nível do mar desceu cerca de 120 a 140 m em relação ao nível actual. Tal Evolução Natural e Antrópica a descida representaram importantes modificações na Linha de Costa, principalmente no avanço da Linha de Costa e consequente aparecimento de arribas mortas. Ao longo do século XX têm-se verificado consideráveis elevações do nível do mar, cerca de 1,5 mm/ano. À primeira vista poderá ser desvalorizado por ser demasiado insignificante, mas na

verdade poderá ser o suficiente para provocar uma forte erosão nas zonas lagunares e estuarinas (Dias, 2005). Durante a última metade do século XX tem-se verificado em algumas zonas do globo, um aumento da temperatura da atmosfera, o que se traduz num aumento da temperatura das águas e elevação do nível médio do mar. Estamos então perante um período quente, facto que se traduz numa elevação do nível médio do mar e conseqüente num recuo da Linha de Costa. Os dois momentos chave para a explicação deste complexo tema é ano de 1825, em que, na Europa, antes se observou a Pequena Idade do Gelo e conseqüentemente uma descida do nível médio das águas e, posteriormente, se começou a assistir a um aquecimento global responsável pela de glaciação e conseqüentemente pela subida do nível do mar, facto este que se verifica nos dias de hoje (Dias, 2005). Estes dados são irreversíveis à escala da vida humana, em que as conseqüências se observam a médio e longo prazo, principalmente em períodos de temporal.

### **5.3 Acções antropogénicas**

As acções antropogénicas são muito importantes nas acções directas e indirectas do mar sobre o Litoral. Todas as actividades que modifiquem o natural regime hídrico, como são a regularização das linhas de água, as grandes obras de protecção dos canais de navegação de acesso aos portos ou a extracção de sedimentos nas bacias hidrográficas, vão ter conseqüências no balanço sedimentar com profundas implicações negativas nas Zonas Costeiras.

#### **5.3.1 Obras portuárias e dragagens**

As obras portuárias e dragagens apesar de serem muito importantes, nomeadamente as obras portuárias para facilitar a navegabilidade de navios propulsionadores do desenvolvimento da economia nacional, têm grandes impactos na dinâmica hidráulica e na retenção da deriva Litoral. As dragagens realizadas em zonas estuarinas (Mussulo), fluviais e costeiras (Baía de Luanda) foram muito elevadas e realizadas de forma pouco planeada em Angola. As dragagens para além de retirarem sedimentos que poderiam ser

encaminhados para as praias, provocam também problemas de poluição e de intrusão salina. A remoção de sedimentos altera drasticamente os padrões físico-químicos da água, tais como a temperatura, o oxigénio dissolvido, o pH, nitratos, fosfatos e poluentes (pesticidas, metais pesados, etc.) integrados nos sedimentos que quando são remexidos poluem a água. Estas alterações têm impactos significativos nas comunidades bióticas existentes nestes locais (PROCIV, 2010). Os molhes portuários interferem intensamente com as dinâmicas sedimentares costeiras, pois retêm a deriva Litoral a barlar da estrutura, provocando a erosão e conseqüente recuo da Linha de Costa a sotamar da estrutura. Outro problema destas estruturas deriva de momentos de tempestade, em que há elevado escoamento fluvial e “storm surge” que complicam as alturas e ângulos de incidência de rebentação provocando a difracção e refracção das ondas (PROCIV, 2010) aumentando consideravelmente a erosão costeira, principalmente a sotamar da estrutura.

#### **5.4 Galgamento costeiro**

O galgamento, este é definido como uma quantidade de água que ultrapassa a altura de coroamento de estruturas marítimas devido à acção das ondas. Está relacionado com o espraiamento, sendo que o galgamento ocorre quando o espraiamento ultrapassa o nível máximo do coroamento da estrutura. O galgamento permitido numa determinada estrutura pode variar consoante a utilização da própria estrutura e da zona por ela protegida. Este galgamento é avaliado, usualmente, em termos de caudal médio  $q_m$  [l/s/m]. Contudo, quando se considera o efeito do galgamento, o mais importante é o volume galgado em cada ocorrência.  $V_i$  [l/m], visto que este é o que maior indicação dá sobre a possibilidade de causar ou não danos, melhorando o dimensionamento da altura do coroamento (Victor *et al.*, 2010). Para calcular este volume, é necessário fazer uma análise do galgamento onda a onda, determinando o volume máximo individual  $V_{max}$  [l/m] de uma série temporal de volumes de galgamentos. Quanto à sua intensidade, os galgamentos podem ser divididos em três níveis: galgamento ligeiro, em que não há efeitos de impulsão nem de dano estrutural directo em estruturas mas antes um baixo nível de inundação; galgamento moderado, quando não há efeito de impulsão e quase nenhum

dano directo estrutural, mas a nível de inundação causa alguns danos; galgamento forte, em que poderá não haver dano em estruturas bem dimensionadas, mas cuja inundação causa danos em estruturas menos robustas (Geeraerts et al., 2007). Os danos provocados por eventos de galgamento são divididos em três categorias: danos directos em pessoas que morrem, trabalhem ou se desloquem junto à área protegida, em que poderá haver morte ou ferimentos; danos em propriedade, a nível de operação e/ou infra-estruturas junto à área protegida; e danos na própria estrutura de protecção (Geeraerts et al., 2007). Assim, impõe-se a avaliação e a monitorização da evolução e dinâmica do Litoral, nomeadamente no que respeita à erosão, traduzida por tendência de recuo da Linha de Costa (e perda de área emersa), pelo galgamento e inundação costeira (implicando submersão temporária ou permanente de território) ou pela variação espacial da Linha de Costa associada à morfodinâmica sazonal de praias; as unidades de território susceptíveis a estes fenómenos são designadas por “áreas de risco” e “faixas de risco”.

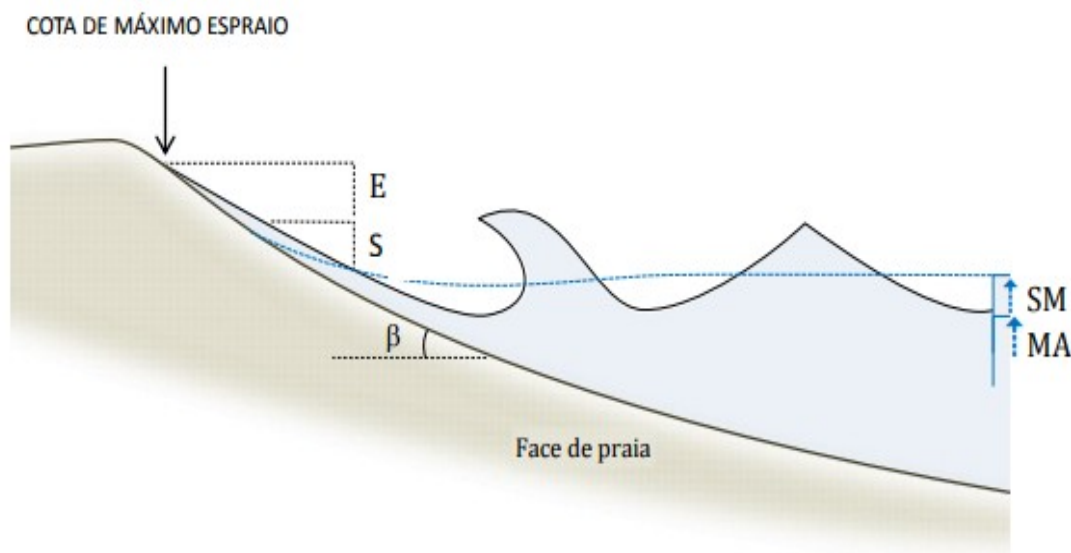
## 6 MÉTODOS

As etapas para a realização deste trabalho foram, essencialmente:

- Leitura e análise de referências bibliográficas sobre o galgamento costeiro e respectivos factores forçadores;
- Estudo dos processos responsáveis pelo galgamento e inundação;
- Obtenção da informação necessária sobre o Caso de Estudo utilizado, o Litoral de Cacuo (tarefa que se afigurou um desafio pois a quantidade e qualidade dos elementos disponíveis é relativamente escassa);
- Programa de visitas ao longo da área de estudo para observação da morfologia costeira e dos efeitos de galgamento costeiro.
- Produção e análise dos resultados.
- Elaboração das conclusões.

### 6.1 Galgamento costeiro

A cota máxima alcançada pela superfície livre do mar no domínio em estudo (cota de máximo espraio) depende, em cada ponto da Linha de Costa e em cada momento, da soma das seguintes componentes verticais (figura 26): 1) nível do mar, determinado pela maré astronómica (MA), acrescido da sobrelevação meteorológica (SM); 2) run-up, que inclui o wave set-up (empilhamento de água junto à costa) induzido pela presença de ondas de vento (S) e o espraio das ondas (E). Cota de máximo espraio =  $(MA + SM) + (S + E)$  = Nível do Mar + Run-up.



**Fig. 26 Esquema ilustrativo de várias componentes que determinam a cota de máximo espraio**

Com exceção da maré astronômica, todas as restantes componentes que contribuem para o galgamento aumentam de importância durante eventos de tempestade, crescendo com o aumento da respectiva intensidade. As condições mais favoráveis à ocorrência de galgamento reúnem-se quando existe coincidência temporal entre um pico de intensidade da agitação marítima e uma preia-mar de águas vivas equinocial.

A probabilidade de ocorrência conjunta de valores muito elevados de todas as variáveis acima consideradas é muito pequena e tanto mais pequena quanto mais extremos forem os valores. Por outro lado, se o comportamento da maré é, para efeitos práticos, susceptível de abordagem determinista, já o mesmo não se aplica às restantes variáveis do forçamento oceanográfico. Tal sugere a conveniência de adoptar uma abordagem de natureza probabilística ao fenómeno de galgamento que considere também a variabilidade espacial imposta ao comportamento das ondas pela configuração morfológica da superfície que se estende para um e outro lado da Linha de Costa.

No que diz respeito à inundação costeira, esta só se concretiza quando um elemento morfológico da alta praia ou a ela adjacente é galgado pelo mar e o forçamento oceanográfico persiste com intensidade e duração suficientes para proporcionar a transposição de um volume de água importante. Neste trabalho,



considerou-se que a condição de inundação se concretiza quando a cota do nível do mar (determinado pela maré astronómica (MA) acrescido da sobre-elevação meteorológica (SM)) excede a cota do terreno localizado imediatamente atrás do obstáculo galgado.

### 6.1.1 Marés

O regime de marés foi caracterizado com base nos dados publicados pelo Instituto Hidrográfico da Marinha Portuguesa, na respectiva tabela de marés (Tabela 3).

### 6.1.2 Ondas

A caracterização da agitação ao largo de Luanda foi realizada com base numa série de dados de ondas reconstituídas num ponto de coordenadas  $-8.5833^{\circ}\text{S}$ ,  $12.8333^{\circ}\text{W}$ . Esta série foi disponibilizada pela *Nacional Oceanic and Atmospheric Administration, United States Department of Commerce* (<ftp://polar.ncep.noaa.gov/pub/history/waves>) e corresponde a dados tri-horários entre 1 Fevereiro de 2005 e 31 Dezembro de 2016. Os parâmetros de onda considerados são a altura significativa ( $H_s$ ), período de pico de potência ( $T_p$ ) e rumo médio de potência ( $\Theta_p$ ).



Fig.27 Localização do ponto de reconstituição de agitação ao largo de Luanda (representado pela bandeira azul)

### 6.1.3 Run-up

O run-up (R) foi calculado através da formulação empírica estabelecida no âmbito do Estudo e parecer sobre a delimitação da linha da máxima preia-mar de águas vivas equinociais na faixa costeira, de acordo com a formulação proposta por Ruggiero *et al.* (2004).

$$R = 0,5 HS - 0,22 \quad \text{(Equação 6.1)}$$

#### *Hs – altura significativa da onda*

Segundo este autor deve-se utilizar o período de onda máximo em detrimento do período de onda médio, uma vez que o espraio máximo depende quase exclusivamente das ondas com menores frequências (ou seja as ondas de maior período). Para além disto, deve-se ter em consideração que as soluções para os regimes naturais, com distribuições irregulares de espraio, tomam sempre em consideração o período de pico (CEM, 2002; Eurotop, 2007).

## 6.2 Zonas Ameaçadas pelo Mar

Para diminuir o risco de galgamento, no ordenamento costeiro é frequente definir-se as Zonas Ameaçadas pelo Mar (ZAM), são “unidades de território com elevada susceptibilidade à ocorrência de inundações por galgamento oceânico. São faixas que se estendem desde a Linha de Costa em direcção a terra, cuja largura é determinada pela soma de diferentes componentes: evolução da Linha de Costa, recuo por subida do nível médio do mar, recuo por tempestade e galgamento/inundação oceânica. Para efeitos de gestão costeira as ZAM são geralmente estabelecidas pela definição de uma distância horizontal, eventualmente variável ao longo da Linha de Costa, a um elemento planimétrico de referência. Neste trabalho, adoptou-se a designação de Zonas Ameaçadas pelo Mar em sentido lato, para caracterizar as faixas de território indicadas com a mesma designação e como áreas ou faixas de risco em outros instrumentos de ordenamento e gestão territorial. Para efeitos de gestão

costeira, as ZAM (Zonas Ameaçadas pelo Mar), são geralmente estabelecidas pela definição de uma distância horizontal, eventualmente variável ao longo da Linha de Costa, a um elemento planimétrico de referência (como por exemplo a LMPMAVE (*Linha da Máxima Preia-Mar de Águas Vivas Equinociais*) ou, em alguns casos, utilizando um critério altimétrico (figura 28), este último proposto há mais de um século por autores como (McCowan, 1891).

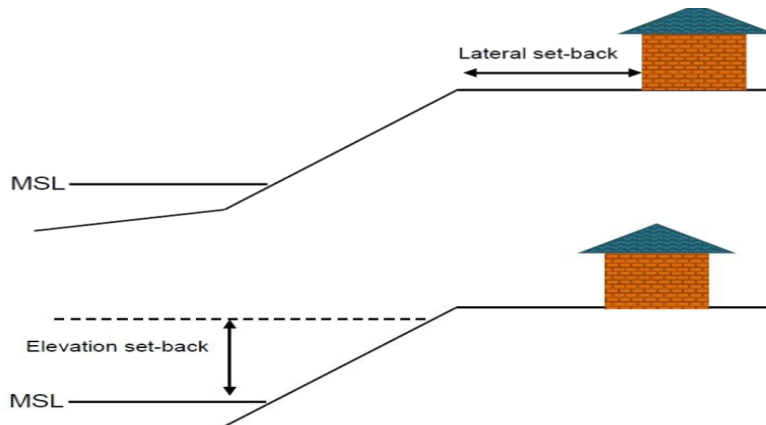


Fig.28 Critério para a delimitação das ZAM (retirado de Linham e Nicholls 2010)

É ainda aconselhável produzir traçados de ZAMs que considerem mais do que um cenário de forçamento oceanográfico, incorporando, por exemplo, diferentes projecções de subida do nível médio do mar (NMM) e impactos de tempestades com diferentes intervalos de retorno (e.g. Bosom e Jiménez, 2011; Geldenhuys, 2011; Raposeiro e Ferreira, 2011) (figura 29).

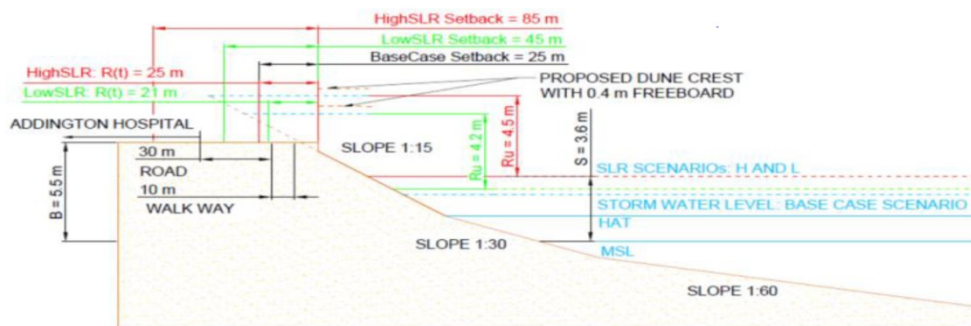


Fig. 29. Critério de delimitação de ZAM para diferentes cenários e projecções de subida do NMM, ocorrência de temporal ou fenómenos de inundação (retirado de Geldenhuys, 2011).

A avaliação e cartografia da perigosidade associada à erosão costeira e ao galgamento oceânico foram efectuados para o presente (situação de referência) e para o horizonte temporal de 2100.

O modelo digital de terreno que serviu de base à cartografia das zonas ameaçadas pelo mar foi extraída do projeto “Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Global Digital Elevation Model” um desenvolvimento conjunto entre a U.S. National Aeronautics and Space Administration e o ministério da Economia e Industria do Japão, acessível em <http://asterweb.jpl.nasa.gov>.

A cartografia foi realizada em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) com o programa ArcMAP.

### **6.3 Alterações climáticas**

Para avaliar o impacto das alterações climáticas sobre as zonas costeiras é preciso ter uma avaliação quantitativa da evolução das variáveis que a podem afetar .

#### **6.3.1 Cenários de subida do Nível Médio do Mar**

A variação do NMM faz variar a configuração e posição da linha de costa. Dependendo de vários factores, tais como a natureza, cota e inclinação do terreno, um aumento do NMM poderá implicar um recuo da Linha de Costa, ou seja a deslocação da Linha de Costa para o interior do continente. O conhecimento deste fenómeno é essencial para perceber a sua influência na posição da Linha de Costa.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1 Marés

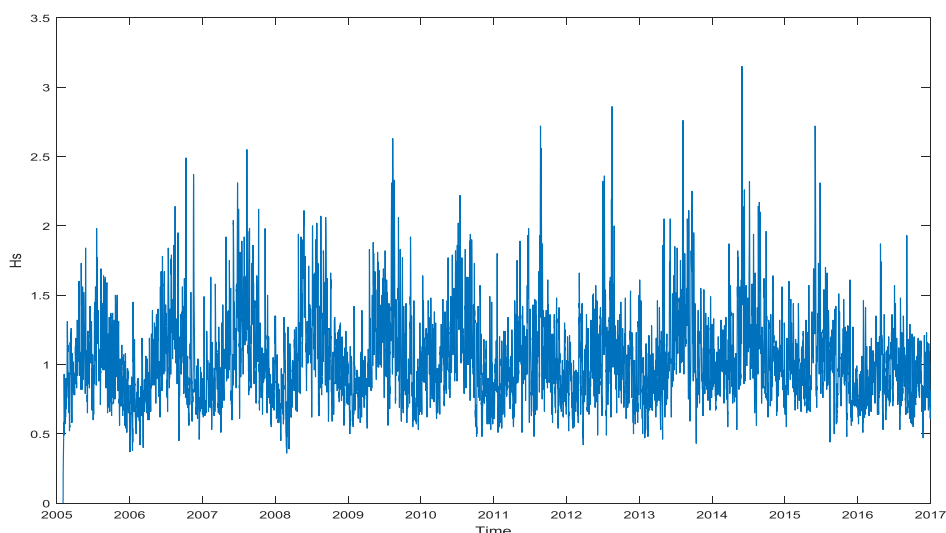
Os elementos de maré para Luanda encontram-se representados na Tabela 3. Para efeitos de cálculo da cota de galgamento utilizou-se a altura média da maré em preia-mar de águas vivas relativamente ao NMM, a que corresponde uma cota de 0.70 m = 1.80 (PMAV) – 1.10 (NM). Não havendo elementos quantitativos sobre a sobrelevação do NMM de origem meteorológica esta foi estimada em 0.30 m, associando-se essencialmente ao efeito de barómetro invertido.

**Tabela 3. Elementos de marés 2018 (Instituto Hidrográfico de Portugal).**

PORTO	PMmax.	mês	dia	hora	min	PMAV.	PMAM.	NM.	BMAM.	BMAV.	BMmin.	mês	dia	hora	min
LUANDA	1.98	03	02	16	33	1.80	1.42	1.10	.77	.42	.15	07	14	23	15

### 7.2 Ondas

Os valores médios de  $H_s$ ,  $T_p$  e  $\Theta_p$  registados são 1.05 m, 12.4 s e 214°, respectivamente (Tabela 4).

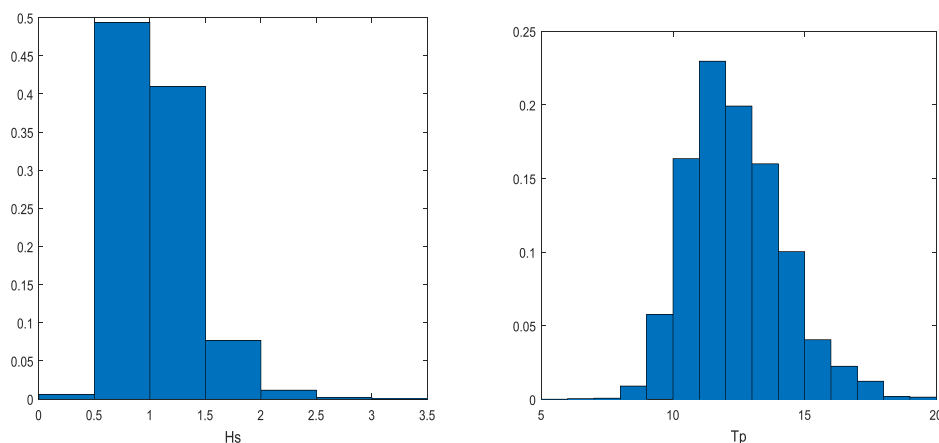


**Fig.30 Elevação meteorológica das ondas**

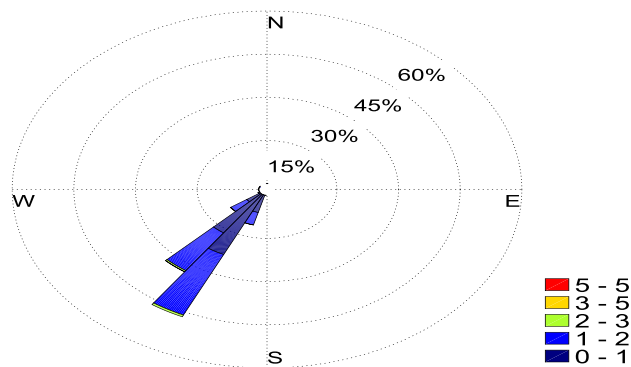
As figuras 31 a 32 **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** mostram as distribuições da altura significativa e do período, bem como as respectivas distribuições direccionais. No caso da altura, a maior parte das ocorrências concentra-se nas classes de 0.5 a 1 m (49%) e 1 a 1.5 m (41%); apenas 1% dos registos correspondem a valores superiores a 2 m. Relativamente ao período 81% das ocorrências caem no intervalo 10 a 15 s. No que diz respeito à direcção mais de 99% das ondas apresentam um rumo do quadrante de SW.

**Tabela 4. Parâmetros estatísticos da agitação marítima ao largo de Luanda (fevereiro 2005 a dezembro 2016).**

Parâmetros estatísticos		
<b>Altura (Hs)</b>	média	1.05 m
	máximo	3.15 m
	percentil 97.5	1.21 m
<b>Período (Tp)</b>		12.4 s
<b>Direcção (Θp)</b>		214°

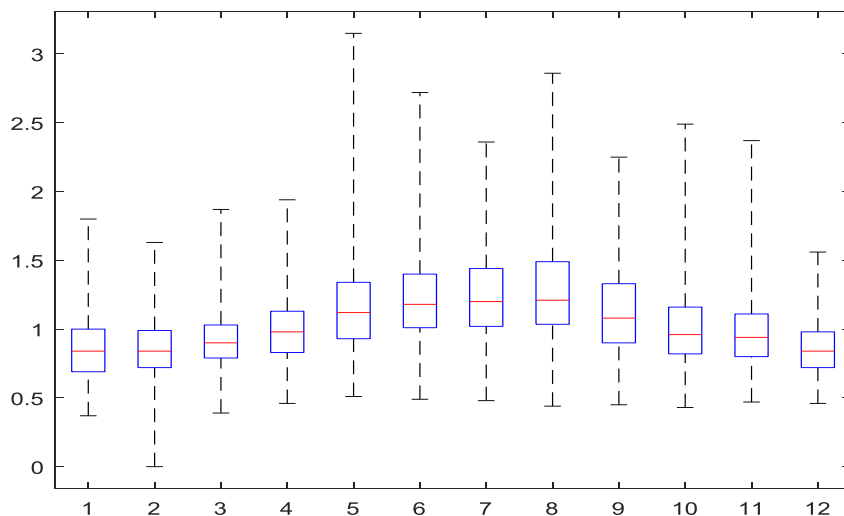


**Fig.31 Histogramas com a distribuição da altura significativa e periodo das ondas ao largo de Luando**



**Fig. 32 Distribuição direccional das ondas ao largo de Luanda**

A agitação apresenta variações sazonais significativas observando-se que as maiores alturas ocorrem de Maio a Setembro (meses em que a altura mediana excede 1 m).



**Fig. 33 Diagramas de extremo e quadis com a variação da altura significativa das ondas ao longo do ano ( meses 1 a 12)**

### 7.3 Run up

O run-up foi estimado a partir da expressão proposta por Ruggiero *et al.* (2001) cujos resultados se representam na figura 34. A partir da análise desta figura é possível verificar que o run-up máximo só excedeu uma vez 1.3 m., com a

maior parte dos valores a ser inferior a 0.6 m. Considerando as incertezas associadas a esta determinação, uma vez que não foi possível determinar a morfologia de praia e não foi possível obter dados de validação, considerou-se que uma estimativa de 1 m, representava adequadamente o run-up em condições temporal.

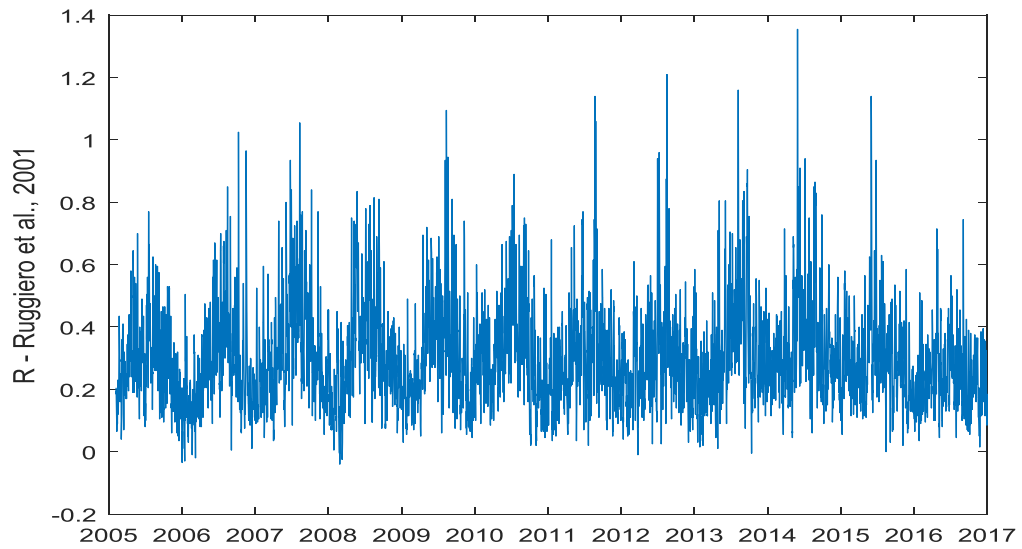




Fig.34 Variação temporal do Run-up estimado a partir da formula de Ruggiero et al (2001)

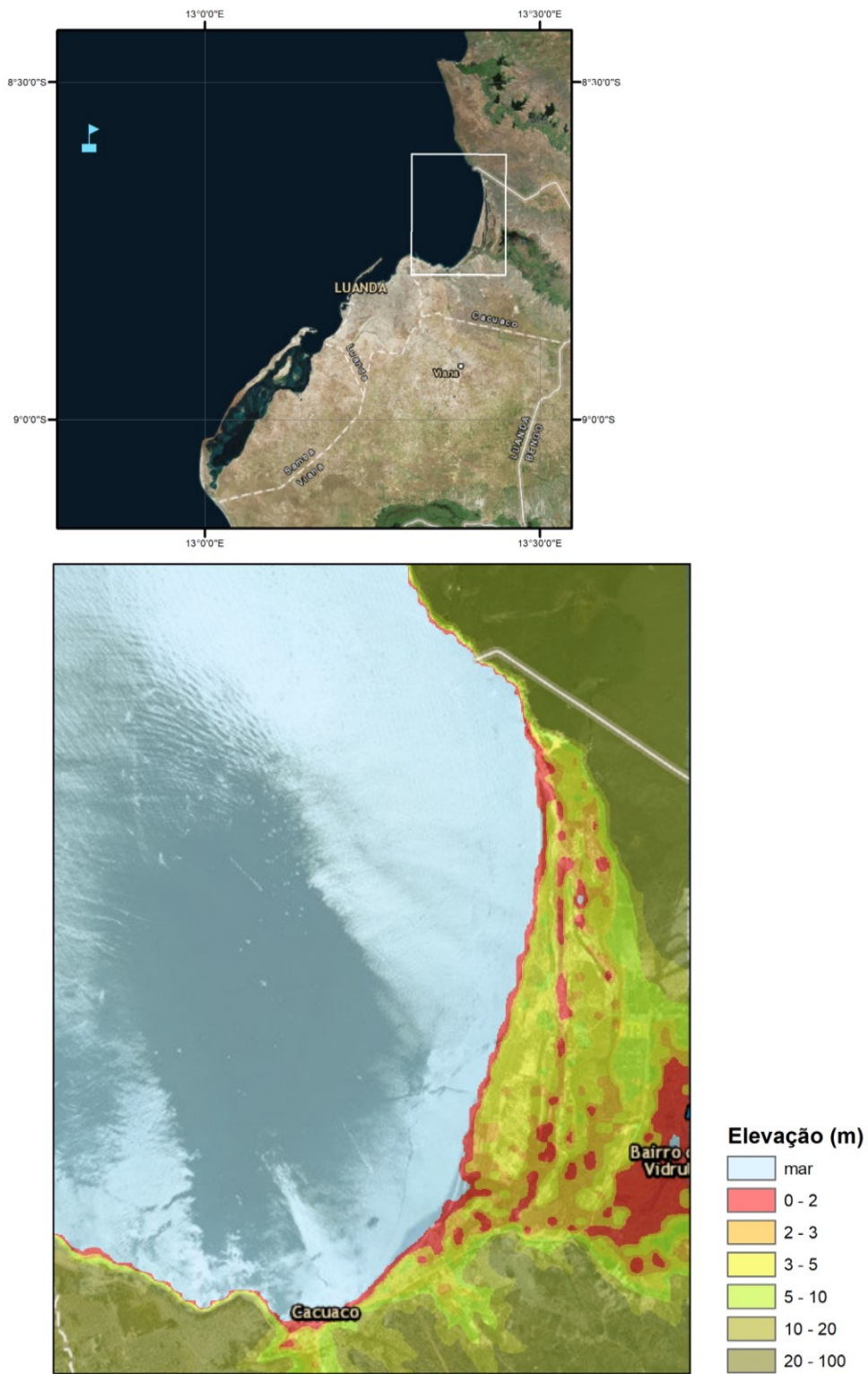
#### 7.4 Cartografia das Zonas Ameaçadas pelo Mar na situação de referência

A cartografia das ZAM foi estabelecida com base no cálculo de alcance máximo do espraio, efectuado para um cenário hipotético de condições extremas de agitação e nível de maré. A ocorrência conjunta de valores extremos destes parâmetros tem uma recorrência não determinada e probabilidade certamente baixa, no entanto fornece cenários baseados no princípio da máxima precaução, ideais para a cartografia de vulnerabilidade costeira.

Estes cenários resultaram da soma de duas componentes distintas: (i) run up, com magnitude de 1 m (ii) nível do mar, composto por uma maré astronómica de 0.70 m sobre-elevação meteorológica de 0.30 m, que resultou numa cota de 2 m (relativa ao NMM).

A cartografia das zonas ameaçadas pelo mar encontra-se representada nas figuras 35 e 36, para a totalidade de Área de Estudo e na figura 37 para a área Área adjacente ao oceano e à foz do rio Bengo.

Fig. 35 Representação da baía de C



acuaco limitada pelo estuário do rio Bengo

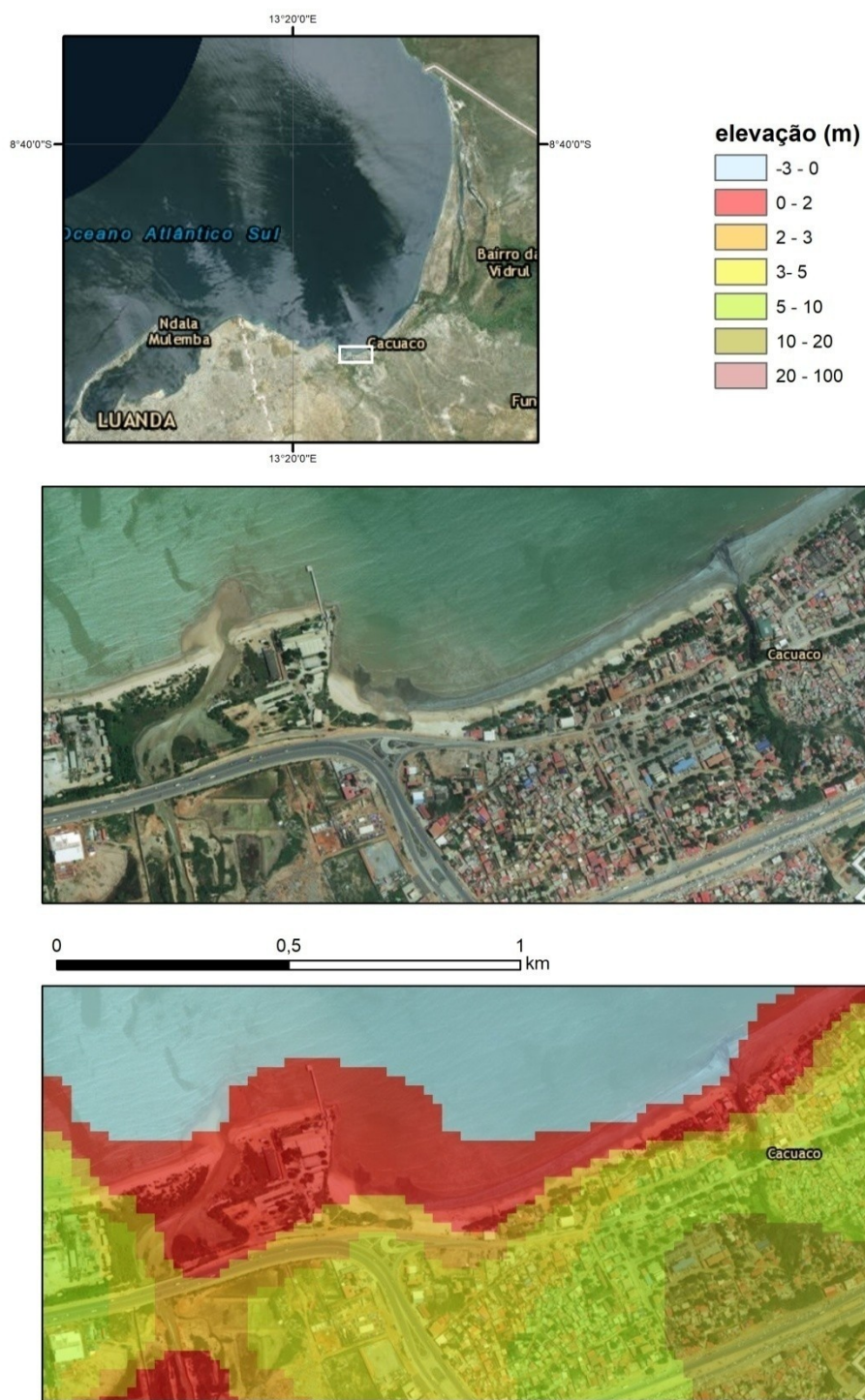


Figura 36: Representação em imagem da zona costeira da Vila de Cacuaco com habitações com a localização da zonas potencialmente mais afetadas pelo galgamento costeiro (a vermelho).

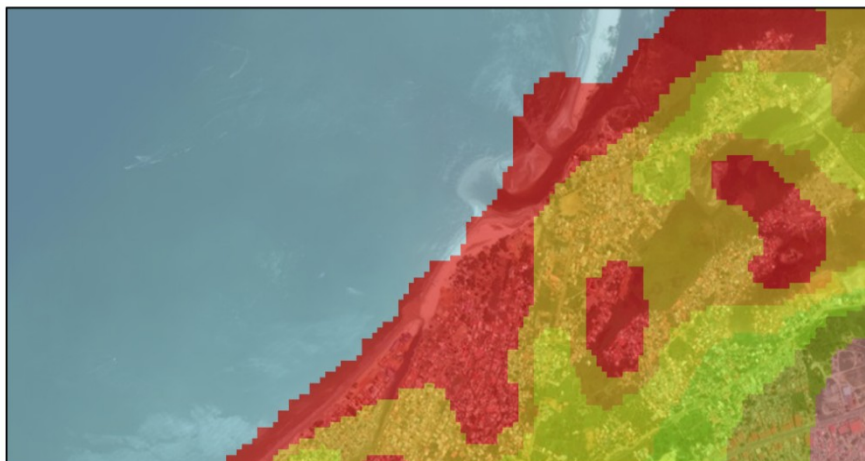
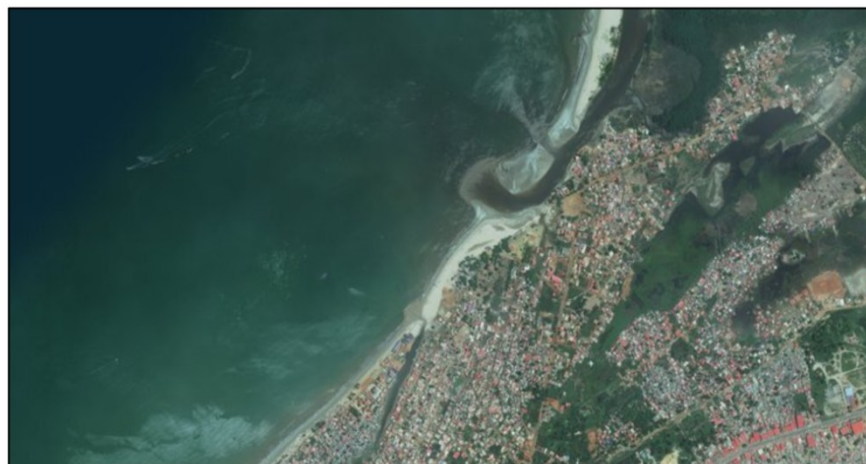
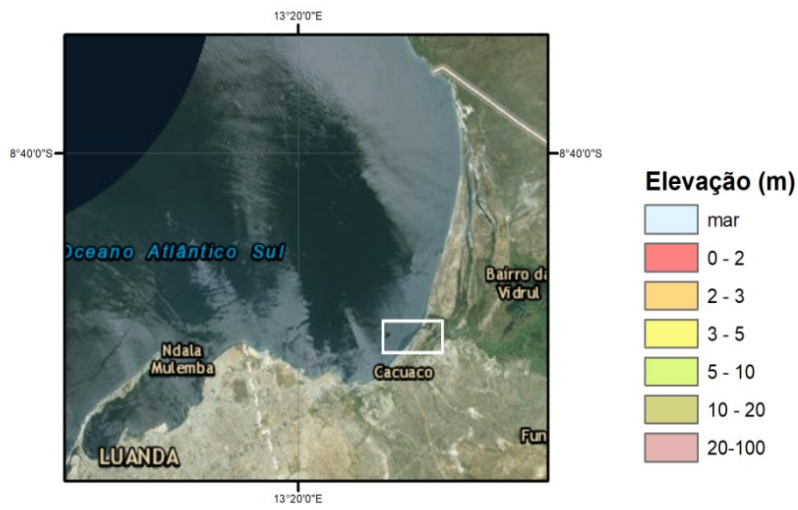


Fig.37 Representação demonstrativa de caso não se insista na ocupação da zona costeira as consequências de galgamento e inundações serão catastróficas.

## 7.5 Cenários de subida do Nível médio do Mar

Considerando que não existem dados nas estações maregráficas disponíveis em Angola, utilizaram-se os dados das estações maregráficas mais próximas disponibilizados pela NOAA (figura 38).

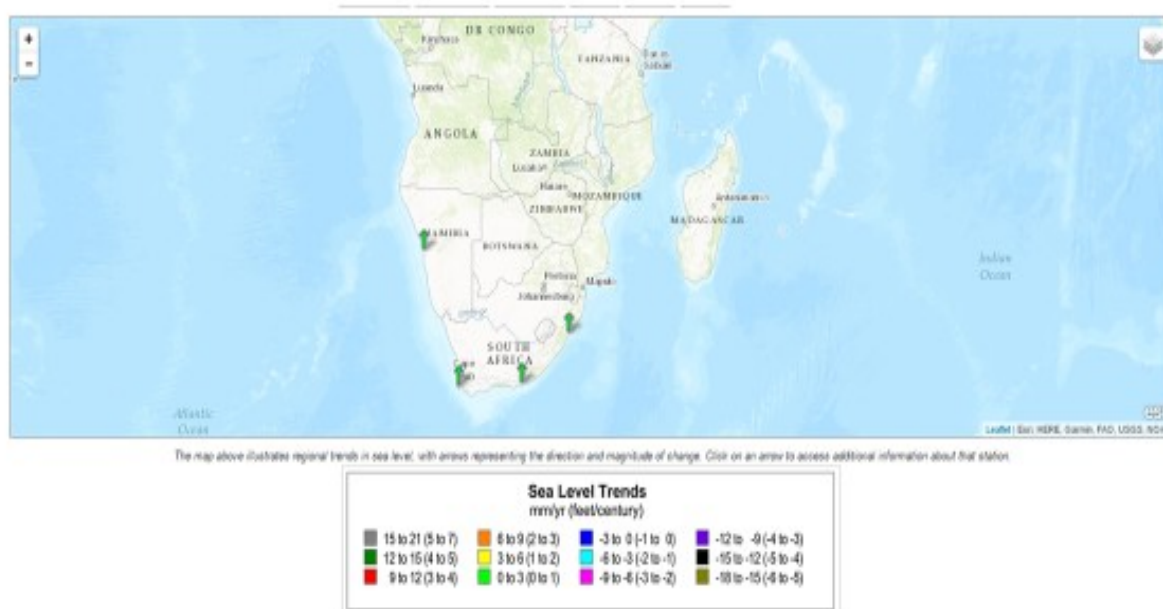
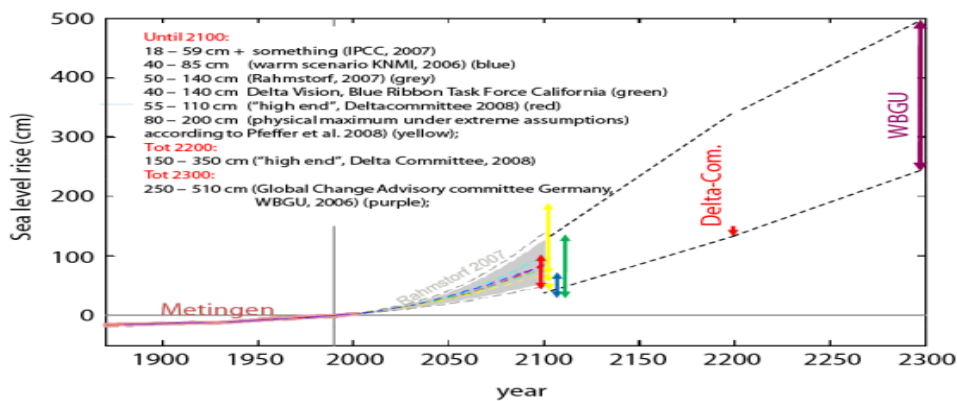


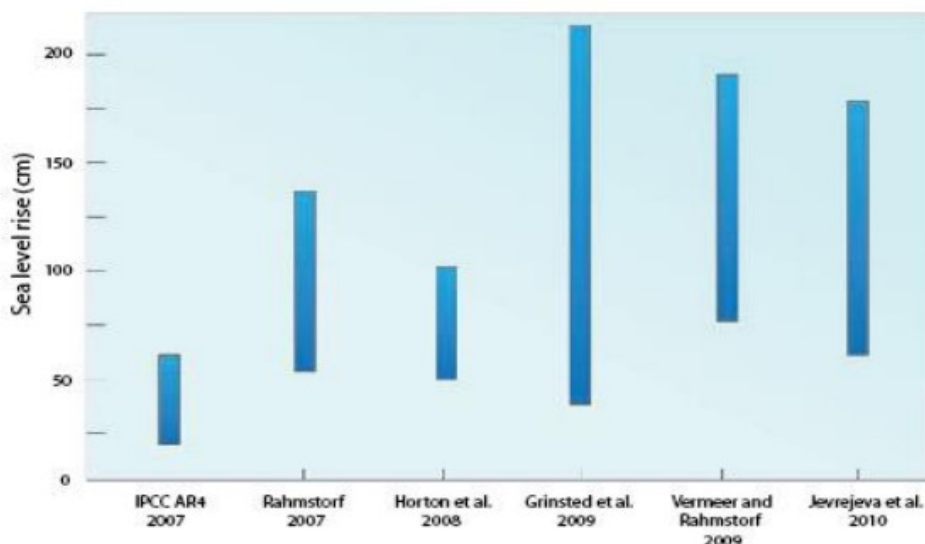
Fig.38: Estações maregráficas na Africa Austral (figura retirada de <https://tidesandcurrents.noaa.gov/sltrends/sltrends.html>).

Os resultados de subida do NMM nestas estações mostram que a taxa de subida do NMM observada nesta região é congruente com o oceano global. Neste sentido, para projectar a subida futura do nível médio do mar foram utilizadas as estimativas para o oceano global. As projecções de elevação do NMM no oceano global, para o horizonte temporal de 2100, ainda apresentam uma elevada incerteza (figura 40). As estimativas divulgadas no último relatório do Intergovernmental Painel sobre as Alterações Climáticas (IPCC, 2007) e a maior parte dos estudos posteriores sugerem valores entre 0.2 e 2 m acima do NMM de 1990 (figura 392 e figura 40). As estimativas apresentadas no 4º Relatório do IPCC (IPCC, 2007 - AR4) sugerem uma subida do NMM entre 18 e 59 cm (34 cm em valor médio) até 2100 relativamente às duas últimas décadas do século XX (Meehl *et al.*, 2007), revendo assim, em baixa, as estimativas avançadas no relatório anterior (IPCC, 2001). No entanto, as projecções do IPCC (2007) têm vindo a ser reavaliadas em função das opções tomadas à data de finalização deste relatório sobre cenários socioeconómicos,

emissões futuras de gases com efeito de estufa e, principalmente, sobre a contribuição dos reservatórios de gelo da Antárctida e da Gronelândia. Em consequência, a maior parte dos trabalhos posteriores apontam para valores de subida do NMM entre 0.5 e 2 m, valores claramente superiores aos do intervalo proposto pelo IPCC em 2007 (Figura 3). Os dados de satélite hoje disponíveis mostram elevada concordância com o cenário de evolução mais desfavorável do NMM global, antecipado em 2001 pelo IPCC (IPCC, 2001) para os primeiros anos do séc. XXI. Neste sentido considerou-se como cenário futura uma subida de 1 m até para o horizonte de 2100, relativamente ao NMM actual



. Fig.39 Projecções de subida do NMM até ao horizonte temporal de 2300 (ECI 2q12).



7.6 Fig. 40 Intervalos de estimativas da subida do NMM no horizonte temporal de 2100 (UUSGS 2011).

## **7.7 Cartografia das Zonas Ameaçadas pelo Mar para o horizonte de 2100**

Adicional o valor do cenário de subida para o horizonte de 2100 (1m) à cota para o cenário de referência (actual – 2 m), obtêm como cota susceptível de galgamento o valor de 3 m.

A representação das ZAM para o horizonte 2100 está representada pela cor laranja (terreno a cotas inferiores a 3 m) nas figuras 36 e 37. Verifica-se que a área susceptível ao galgamentos estende para terra significativamente, principalmente na região entre o Norte da praia e a foz do rio Bengo.

A referida área sensível deverá ser limitada de crescimento de ocupação costeira para evitar consequências futuras de origem das alterações climáticas.

Os elementos expostos mais importantes, localizados em zonas de risco elevados são os pequenos aglomerados habitacionais, ou seja a população humana, concentrada ao longo da costa, nomeadamente no município de Cacucaco. As arribas são uma forma particular de vertente costeira, com um declive elevado e que existem essencialmente na parte Sul da costa de Cacucaco.

## **8 CONCLUSÕES**

Neste trabalho é aplicado um método para cartografar a vulnerabilidade costeira associada a galgamentos oceânicos, considerando os efeitos das alterações climáticas. Este objectivo foi concretizado através da compilação da informação morfológica e oceanográfica disponível, aplicação de modelos de previsão analíticos e da cartografia dos resultados em ambiente SIG. A qualidade dos resultados, apesar de limitada pela qualidade dos dados de base, permite ter uma percepção do risco de galgamento na zona de estudo e antecipar que os problemas que hoje afectam a Zona Costeira se irão agravar num futuro próximo.

Os valores da Zona Costeira de um país só serão alcançados através do estabelecimento de uma gestão territorial assente nos princípios da Gestão Integrada da Zona Costeira (GIZC), isto é, actuando de forma dinâmica, contínua, interactiva e em harmonia com os valores ambientais, socioeconómicos e éticos.

Em Angola, a crescente ocupação do Litoral é, em muitos casos, incompatível com esta dinâmica natural, resultando em numerosas, e cada vez mais frequentes, situações de conflito.



## **9 RECOMENDAÇÕES**

De acordo com o trabalho realizado e tendo-se constatado uma diversidade de situações recorrentes com problemas relacionados com a ocupação da zona costeira em estudo, sugere-se o seguinte:

- Desenvolvimento de um programa de monitorização de dados oceanográficos e morfológicos; sem dados de qualidade não é possível aplicar e testar ferramentas de previsão.
- Implementação dos planos de ordenamento que incluam a definição de zonas ameaçadas pelo mar.
- Sensibilização das populações para os riscos na zona costeira;

## 10 BIBLIOGRAFIA

- ABREU, V. (2010). “O Porto de Lisboa e a Golada do Tejo”, Síntese do Ciclo de Conferências “O Porto de Lisboa e a Golada do Tejo” apresentada na Academia de Marinha, 2010
- ABREU, M.M. (2009). Apontamentos de Geomorfologia, Unidade Curricular de Geociências, Licenciatura em Arquitetura Paisagista, AEISA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, 2009
- ABREU, M.M. e PENA, S. (2006). Capítulo II: Interpretação Ecológica da Paisagem, Centro de Estudos Professor Caldeira Cabral (CEAP) in “Estruturas da Paisagem do Concelho de Almada – Ecológica, Cultural e Ciclável, Contribuições para o Ordenamento Municipal”, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, pp. 63-102, 2006
- ANNON (1991). Surveys of the fish resources of Angola. Cruise report “Dr. Fridtjof Nassen”. Institute of Marine Research, Bergen, Norway.
- APRH. (2007). Glossário das Zonas Costeiras.
- ARAÚJO, M. A. (2000). “A evolução do Litoral em termos históricos: a contribuição da Geografia Física”, Departamento de Geografia da FLUP, 2000
- ARAÚJO, M. A. (sem data). Apontamentos de Geomorfologia Litoral, Departamento de Geografia da FLUP.
- AZEVEDO, A. L., REFREGA, A.A.G., SOUSA, E. C., PORTAS, C.A.N., VILHENA, M. A. L., MARQUES, M. N., LOURO DE SÁ, V. H. (1972). Caracterização Sumária das Condições Ambientais de Angola. Universidade de Luanda. Nova Lisboa., Portugal. 106 P.

- BIANCHI, G. 1992. Fichas FAO de identificação de espécies para propósitos comerciais. Guia de campo para espécies comerciais marinhas e de águas salobras de Angola. Preparado com o apoio da Norad e da FAO (Firm) Programa Regular. Roma. 184p.
- BOMBA, B. S. 1999. Alguns factores ambientais que condicionam a distribuição das espécies pelágicas marinhas com especial ênfase na costa angolana. In 1º Fórum Nacional do Ambiente. Ministério das Pescas e Ambiente. Luanda. 429-437.
- BOSOM, E., JIMÉNEZ, J.A., 2011. Probabilistic coastal vulnerability assessment to storms at regional scale e application to Catalan beaches (NW Mediterranean). Natural Hazards and Earth System Science 11, 475e484.
- BRANCH, B. (1998). Field guide to snakes and other reptiles of Southern Africa. Third edition. STRUIK. Cape Town., RSA. 399p.
- CARVALHO, GASPAR SOARES DE (1964), "As areias superficiais de Luanda (Angola) e dos seus arredores", Garcia de Orta, Lisboa, 12 (4), pp. 695-706.
- CEM / BURCHARTH, H, F. & HUGHES, S. A. 2002 Fundamentals of Design. In: Vincent, L., and Demirbilek, Z. (editors), Coastal Engineering Manual, Part VI, Design of Coastal Project Elements. Chapter VI-5-2, Engineer Manual 1110-2-1100, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC.
- CHURCH, J., WHITE, N., AARUP, T., WILSON, W., WOODWORTH, P., DOMINGUES, C., HUNTER, J. E LAMBECK, K. 2008a. Understanding global sea levels: past, present and future, Sustainable Science 3, Springer, 9-22.

- CHURCH, J.A., WHITE, N., HUNTER, J. E LAMBECK, K. 2008b. Briefing: A post-IPCC AR4 update on sea level rise, Antarctic Climate & Ecosystems. Cooperative Research Centre, 11p
- COELHO, C. D. (2005). Risco de exposição de frentes urbanas para diferentes Intervenções de defesa costeira, Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil. Aveiro:
- DELTARES. (2013) Angola coastal studies. Evaluation of the futungo beach widening scheme. Technical report,.
- DIAS, A. J., & TABORDA, R. P. (1988). Evolução recente do nível médio do mar em Portugal. Anais do Instituto Hidrográfico, 9, 83-97.
- DIAS, J. A. (2007). Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. Obtido em Agosto de 2015, de [www.aprh.pt](http://www.aprh.pt):
- DIAS, J. M. (2005). “Evolução da Zona Costeira Portuguesa: forçamentos antrópicos e naturais”, Universidade do Algarve, Departamento de Ciências do Mar e do Ambiente, 2005
- DIAS, J. A. (1993). Estudo de avaliação da situação ambiental e propostas de medidas de salvaguarda para a faixa costeira portuguesa (Parte de Geologia Costeira). Lisboa: Liga para a Protecção da Natureza / Ministério do Ambiente.
- ERM (2004). Projecto de Desenvolvimento do Grande Plutonio, Bloco 18 em Alto-mar. Angola. Avaliação do Impacto Ambiental.
- EurOtop Manual. 2007. Overtopping Manual; Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures – Assessment Manual. UK: N.W.H. Allsop, T. Pullen, T. Bruce. NL: J.W. van der Meer. D. E: H. Schüttrumpf, A. Kortenhaus.

- FERREIRA, J. C. (1999). Vulnerabilidade e risco biofísico em áreas costeiras. O Arco Litoral Caparica – Espichel. Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- FERREIRA, J. C. (2006). Coastal Zone Vulnerability and Risk Evaluation. A tool for decision- making (Example in the Caparica Littoral – Portugal) *Journal of Coastal Reserch*, 39, 1590-1593.
- FERREIRA, J. C. (2003). Coastal Zone Vulnerability and Risk Evaluation. A Tool for Decision- Making (An Example in the Caparica Littoral - Portugal). SI 39 (Proccendigs of the 8th International Coastal Symposium). doi:ISSN 0749-0208.
- FERREIRA, M.C. (2011). Qualidade de Vida no Trabalho. Em A.D. Cattani, & L. Holzmann (orgs.). *Dicionário: Trabalho e Tecnologia* (pp. 285-289). Porto Alegre, RS: Zouck Editora.
- FORTES, C. J. E. M., REIS, M. T., POSEIRO, P., CAPITÃO, R., SABINO, A., RODRIGUES, M. C., RAPOSEIRO, P., FERREIRA, J. C., SILVA, C., SIMÕES, A. E AZEVEDO, E. B. (2013c). O 54 projeto HIDRALERTA - Sistema de previsão e alerta de inundações em zonas costeiras e portuárias. *Proc. 8as Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, LNEC*, 10-11 de outubro. Lisboa.
- GEERAERTS, J., TROCH, P., DE ROUCK, J., VERHAEGHE, H., & BOUMA, J. (2007). Wave Overtopping at Coastal Structures: Prediction Tools and Related Hazard Analysis. *Journal of Cleaner Production*, Volume 15, pp. 1514-1521.
- GELDENHUYS, M.A. (2011). Coastal adaptation to climate change: a case study in Durban, South Africa. Komar, P. 1998. *Beach processes and sedimentation*. Prentice-Hall, 544 pp.

- GOMES, F. V., et al (2006). Bases para a Estratégia da Gestão Integrada das Zonas Costeiras. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional – Portugal
- HOLMAN, R. A. E SALLENGER, J. A. (1985). Setup and Swash on a Natural Beach. *Journal of Geophysical Research*, 90 (C1), 945-593.
- HIRST, A. C. & HASTENRATH, S. (1983). Atmosphere-Ocean mechanism of climate anomalies in the Angola – Tropical sector. *J. Phys. Oceanogr.* 13: 1146-1157.
- HR WALLINGFORD (2011). Luanda coast, angola preliminary coastal process study. Technical report.
- IPCC. 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T.,Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, e C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and Nova Iorque, NY, USA, 881 pp.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment, Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor e H.L. Miller (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and Nova Iorque, NY, USA, 996 pp.
- KOMAR, P.D. & ENFIELD, D. B., (1987) - Short- -term sea-level changes and coastal erosion; In: *Sea-level Flutuactions and Coastal Evolution*, pp. 17-27. The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists.

- KLEIN R.J.T. (2003). Coastal Vulnerability, Resilience and Adaptation to climate change: an interdisciplinary perspective. Cumulative Dissertation, p.40.
- LISITZIN, E., (1974) - Sea level Changes; Elsevier, New York, 268 p.
- MCCOWAN, J. 1891. On the Solitary Wave. London, Philosophical Magazine, 32, 45-58. NRC, National Research Council (Ed.), 1990. Managing Coastal Erosion. National Academy Press. 160 pp.
- MEEHL GA, STOCKER TF, COLLINS WD, FRIEDLINGSTEIN P and others (2007) Global climate projections. In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z and others (eds) Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Inter - governmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, p 749 – 844
- MIGOTO, A. E. & MARQUES, A. C. (2003). Avaliação do estado do conhecimento da diversidade biológica do Brasil. Invertebrados marinhos. Ministério do Meio Ambiente.
- MORAIS, M. V. (2006). Aves Marinhas registadas entre Cabinda e Luanda a bordo do navio Dr. Fridtjof Nansen. UAN/ Faculdade de Ciências DEI-Biologia, Luanda, Angola.
- MORANT, P. D. (2003). Avaliação de impacto ambiental causado por actividades de perfuração no bloco 24 do talude continental angolano. Csir Environment South Africa.
- NEVES, P. (2013). Avaliação do risco de inundação da zona da Costa da Caparica. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente), Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 120 pp.

- NICHOLLS, R. J., & RICHARDS, J. A. (2009). Impacts of climate change in coastal systems in Europe. PESETA-Coastal Systems study.
- PEREIRA, A. R. (2008). “Sistemas Litorais: dinâmicas e ordenamento”, 2008.
- PFEFFER, W.T., HARPER, J.T. E O’NEEL, S. (2008). Kinematic constraints on glacier contributions to 21st century sea-level rise, Science 321, 1340-43.
- PINTO, C. A., SILVEIRA, T., TABORDA, R., ANDRADE, C., FREITAS, C. (2012), Celso Aleixo. “Morfodinâmica e evolução recente das praias alimentadas artificialmente. O exemplo da Costa de Caparica – Portugal, VII Simpósio da Margem Ibérica Atlântica, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 10 a 20 de Dezembro, 2012
- PINTO, C., TABORDA, R. E ANDRADE, C. (2007). Evolução recente da linha de costa no troço Cova do Vapor – S. J. da Caparica. 5as Jornadas Portuguesas de Eng. Costeira e Portuária. PIANC. AIPCN. Lisboa, 13 pp.
- RAHMSTORF, S. (2007). A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise, Science 315, 368-370.
- RAPOSEIRO, P.D. & FERREIRA, J.C. (2011). Evaluation of coastal flood risk areas and adaption strategies for a sustainable planning. Journal of Coastal Research, SI 64, pp. 1896-1900.
- ROCHA, M. A. (2011). “Estruturação de Áreas com Valor Ambiental e Paisagístico na AML – Caso de Estudo Polis da Costa de Caparica, Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Arquitetura, 2011.



- RUGGIERO, P., KOMAR, P.D., MCDOUGAL, W.G., MARRA, J.J. & BEACH, R.A. (2001). Wave runup, extreme water levels and the erosion of properties backing beaches. *Journal of Coastal Research*, 17, 407-419.
- SANTOS, F. E VARGAS, C. (2012). Mapeamento de suscetibilidade do troço costeiro da Cova do Vapor – Fonte da Telha: Inundação por águas marinhas em cenários de alterações climáticas Mudanças climáticas, costeiras e sociais. Erosões locais, conceções de risco e soluções sustentáveis em Portugal (PTDC/CS-SOC/100376/2008).
- SCHWARTZ, M. L. (2005). *Enciclopédia of Coastal Science*. 24 Springer, 145-226, Netherlands.
- SCOTT AND WILSON. (2005) Corimba coastal development. Hydraulic modelling study – phase i report. Hydraulic modelling study, Scott Wilson LTD.,.
- SHANNON, L. V., AGENBAG, J. J. & BUYS, M. E. L. (1987). Large scale features of the Angola Benguela front: Benguela and comparable ecosystems. *South African Journal of marine science*. 5: Science. 2: 217-257.
- VAN BENNEKOM, A. J. & BERGER, G. W. (1984). *Birds in Europe: Their conservation status*. BirdLife International. Cambridge. Reino Unido.

#### **SITES CONSULTADOS:**

Instituto Hidrográfico. (30 de Agosto de 2015). Deriva litoral. Obtido de hidrografico.pt: <http://www.hidrografico.pt/deriva-litoral.php>

Instituto Hidrográfico. (25 de Agosto de 2015). Marés. Obtido de hidrografico.pt: <http://www.hidrografico.pt/glossario-cientifico-mares.php>

<https://www.slideshare.net/DevelopmentWorkshopAngola/20160331-housing-finance-planeamento-das-cidades-costeiras-de-angola-para-a-adaptacao-climatica-allan-cain>

<http://www.aprh.pt/rgci/glossario/espobao.html>

<http://www.pik-potsdam.de/~richardk/part1.pdf>. Acessado em maio / 04. Lamego A.R. 1945. Ciclo Evolutivo das Lagunas Fluminenses. Ministério da Agricultura /DNPM / Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro, 48p.

[www.cmar.csiro.au/sealevel](http://www.cmar.csiro.au/sealevel)).

[www.overtopping-manual.com](http://www.overtopping-manual.com).

<http://www.aprh.pt/rgci/glossario/mare.html>

<https://tidesandcurrents.noaa.gov/sltrends/sltrends.html>

