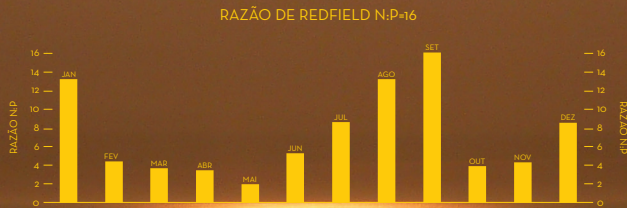


ENOQUE CANGANJO VASCO

# CARACTERIZAÇÃO HIDROGRÁFICA E QUÍMICA DE LONGO TERMO DA COSTA ANGOLANA



QUARENTA ANOS DE OBSERVAÇÃO OCEANOGRÁFICA  
NA REGIÃO COSTEIRA DE BENGUELA

Autor  
Enoque Canganjo Vasco

Título  
Caracterização Hidrográfica e Química de Longo Termo da Costa Angolana

Editora  
Publindústria, Edições Técnicas  
Praça da Corujeira n.º 38 · 4300-144 PORTO  
www.publindustria.pt

Distribuidor  
Agrobook - Conteúdo Agro-alimentar  
Tel. 220 104 872 · Fax 220 104 871 · E-mail: apoiocliente@engebook.com · www.agrobook.pt

Coordenação Editorial  
Michel Kanianga

Design  
Luciano Carvalho

Impressão  
Service Point, Agosto 2015

Depósito Legal  
396543/15



A cópia ilegal viola os direitos dos autores.  
Os prejudicados somos todos nós.

Copyright © 2015 | MyBook.

MyBook é uma marca da Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, no todo ou em parte, sob qualquer forma ou meio, seja electrónico, mecânico, de fotocópia, de gravação ou outros sem autorização prévia por escrito do autor.

CDU  
551.46 Oceanografia  
551.464 Química física da água do mar

ISBN  
978-989-723-142-1 (Papel)  
978-989-723-143-8 (E-book)

Agrobook - Catalogação da publicação  
Familia: Ambiente  
Subfamilia: Água

HOMENAGEM.....	IX
DEDICATÓRIA.....	XI
AGRADECIMENTO.....	XIII
INTRODUÇÃO.....	XV

## **CAPÍTULO 1.**

<b>CARACTERIZAÇÃO GEO-OCEANOGRÁFICA DO LITORAL ANGOLANO.....</b>	<b>1</b>
1.1. Caracterização Geo-Oceanográfica do litoral angolano e da região de Benguela.....	2
1.1.1. Extensão da plataforma, estações e principais características da região litoral de Benguela.....	3
1.1.2. Dome de Angola.....	5
1.2. Corrente de Angola e Corrente de Benguela.....	6
1.2.1. Corrente de Angola.....	6
1.2.2. Corrente de Benguela.....	8
1.3. Interação Corrente de Angola-Corrente de Benguela.....	9
1.4. Levantamentos hidrográficos realizados em águas da costa angolana.....	10
1.4.1. Cruzeiros com navios estrangeiros.....	12
1.4.2. Caracterização.....	13
1.5. Massas de águas na região de Benguela, suas variações sazonais.....	13

## **CAPÍTULO 2.**

### **VARIABILIDADE TEMPORAL DE LONGO TERMO DOS PARÂMETROS**

#### **FÍSICO-QUÍMICOS NA ESTAÇÃO FIXA DO LOBITO.....**

2.1. Variabilidade de longo termo da corrente de superfície, transparência e parâmetros meteorológicos.....	15
2.2. Variabilidade temporal de longo termo dos parâmetros físicos da água do mar.....	17
2.2.1. Temperatura.....	17
2.2.2. Salinidade e densidade ( $\sigma-t$ ).....	18
2.3. Variabilidade temporal de longo termo dos parâmetros químicos.....	21
2.3.1. Oxigénio dissolvido e percentagem de saturação.....	21
2.3.2. Nutrientes.....	23
2.3.2.1. Azoto ( $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ ).....	23
2.3.2.2. Fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).....	24
2.3.2.3. Silicatos ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ).....	26
2.3.2.4. Razão $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- : \text{PO}_4^{3-}$ .....	27

## **CAPÍTULO 3.**

### **VARIABILIDADE SAZONAL DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS**

#### **NA ESTAÇÃO FIXA DO LOBITO.....**

3.1. Variação sazonal da corrente de superfície, transparência e parâmetros meteorológicos.....	29
3.1.1. Variabilidade sazonal dos parâmetros físicos da água do mar.....	31
3.1.1.1. Temperatura.....	31
3.1.1.2. Salinidade.....	33

3.1.1.3. Densidade (sigma-t).....	34
3.1.2. Variabilidade sazonal dos parâmetros químicos da água do mar .....	34
3.1.2.1. Oxigénio .....	34
3.1.2.2. Nutrientes .....	38
3.1.3. Variação sazonal dos parâmetros analisados à superfície e no fundo, nas estações quente e fria.....	42
3.1.4. Comportamento sazonal de dados de satélite de parâmetros físico-químicos na região da Estação Fixa do Lobito e áreas adjacentes, para o período de 1985-2007 .....	44
3.1.4.1. Temperatura e clorofila $\alpha$ .....	44

## **CAPÍTULO 4.**

<b>DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DE PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS .....</b>	<b>49</b>
4.1. Distribuição vertical de parâmetros físicos .....	49
4.1.1. Temperatura.....	49
4.1.2. Salinidade .....	50
4.1.3. Sigma-t.....	51
4.2. Distribuição vertical de parâmetros químicos.....	51
4.2.1. Oxigénio .....	51
4.2.2. Nutrientes .....	52
4.2.2.1. Azoto ( $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ ).....	52
4.2.2.2. Fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).....	53
4.2.2.3. Silicatos ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ).....	54
4.2.2.4. Razão $\text{NO}_3 + \text{NO}_2 : \text{PO}_4^{3-}$ .....	54
4.3. Correlação entre parâmetros.....	55
4.3.1. Correlação de longo termo e sazonal entre parâmetros físicos e químicos .....	55
4.3.2. Correlação sazonal entre parâmetros físico-químicos e os parâmetros meteorológicos .....	55

## **CAPÍTULO 5.**

<b>VARIABILIDADE TEMPORAL DE LONGO TERMO NA ESTAÇÃO FIXA DO LOBITOS .....</b>	<b>57</b>
5.1. Variabilidade de longo termo e sazonal da corrente de superfície, transparência e parâmetros meteorológicos.....	57
5.2. Variabilidade temporal de longo termo, sazonal e vertical dos parâmetros físico-químicos.....	59
5.2.1. Temperatura, salinidade e sigma-t.....	59
5.2.1.1. El Niño de Benguela.....	62
5.2.1.2. Variabilidade Vertical .....	63
5.3. Variabilidade de longo termo, sazonal e vertical do oxigénio e nutrientes em relação aos parâmetros físicos.....	65
5.3.1. Oxigénio .....	65
5.3.2. Nutrientes .....	72
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>79</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>89</b>

## FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Área de estudo .....	XVI
<i>Figura 2.</i> Localização geográfica de Angola e da região de Benguela .....	3
<i>Figura 3.</i> Topografia da região costeira de Benguela .....	4
<i>Figura 4.</i> Localização do Dome de Angola e sazonalidade da Frente Angola-Benguela.....	6
<i>Figura 5.</i> Corrente de Angola: vectores de velocidade e área de influência.....	7
<i>Figura 6.</i> Corrente de Benguela: vectores de velocidade e área de influência.....	8
<i>Figura 7.</i> Sazonalidade e influência da corrente fria de Benguela e da corrente quente de Angola.....	9
<i>Figura 8.</i> Massas de água ao longo da costa angolana na Pequena Estação Quente e na Pequena Estação Fria.....	14
<i>Figura 9.</i> Variação de longo termo das componentes ( $v$ e $u$ ) da velocidade da corrente e do vento, e variação dos valores de longo termo de temperatura do ar seco e do ar húmido, nebulosidade e transparência.....	16
<i>Figura 10.</i> Variação de longo termo de temperatura e suas anomalias.....	18
<i>Figura 11.</i> Variação de longo termo de salinidade e densidade ( $\sigma-t$ ).....	19
<i>Figura 12.</i> Variação diária e anual da densidade ( $\sigma-t$ ), anomalias da salinidade e da densidade ( $\sigma-t$ ).....	20
<i>Figura 13.</i> Variação de longo termo de oxigénio dissolvido e respectiva percentagem de saturação.....	22
<i>Figura 14.</i> Variação de longo termo de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ .....	24
<i>Figura 15.</i> Variação de longo termo de $\text{PO}_4^{3-}$ e respectivas anomalias .....	25
<i>Figura 16.</i> Variação de longo termo de $\text{SiO}_4^{4-}$ .....	27
<i>Figura 17.</i> Médias anuais da Razão de Redfield N:P nos diferentes níveis de profundidade.....	28
<i>Figura 18.</i> Variação sazonal das componentes ( $v$ e $u$ ) da velocidade da corrente e do vento, temperatura do ar seco e do ar húmido, nebulosidade e transparência.....	30
<i>Figura 19.</i> Variação sazonal de temperatura, suas anomalias e amplitudes.....	32
<i>Figura 20.</i> Variação sazonal de salinidade, suas anomalias e amplitudes .....	33
<i>Figura 21.</i> Variação sazonal de densidade ( $\sigma-t$ ), suas anomalias e amplitudes.....	35
<i>Figura 22.</i> Variação sazonal do oxigénio dissolvido .....	36
<i>Figura 23.</i> Anomalias e amplitudes sazonais de oxigénio e percentagem de saturação.....	37
<i>Figura 24.</i> Variação sazonal, anomalias e amplitudes de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ .....	39
<i>Figura 25.</i> Variação sazonal, anomalias e amplitudes de $\text{PO}_4^{3-}$ .....	40
<i>Figura 26.</i> Variação sazonal, anomalias e amplitudes de $\text{SiO}_4^{4-}$ .....	41
<i>Figura 27.</i> Variação sazonal da Razão de Redfield N:P.....	42
<i>Figura 28.</i> Temperatura de satélite da área na Estação Fixa do Lobito e zona contígua à Plataforma Continental de Benguela .....	45
<i>Figura 29.</i> Concentração espacial de clorofila $a$ , observada por satélite nas Estações Quentes e Frias na área da Estação Fixa do Lobito e zona contígua à Plataforma Continental de Benguela.....	46
<i>Figura 30.</i> Concentração de clorofila $a$ , na Estação Quente e na Estação Fria de 1997 a 2007 .....	47
<i>Figura 31.</i> Distribuição vertical da temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) ao longo do ano .....	50
<i>Figura 32.</i> Distribuição vertical da salinidade ao longo do ano.....	50
<i>Figura 33.</i> Distribuição vertical da densidade ( $\sigma-t$ ) ao longo do ano .....	51
<i>Figura 34.</i> Distribuição vertical do oxigénio dissolvido e percentagem de saturação ao longo do ano.....	52

Figura 35. Distribuição vertical de $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ ao longo do ano.....	53
Figura 36. Distribuição vertical de $\text{PO}_4^{3-}$ ao longo do ano .....	53
Figura 37. Distribuição vertical de $\text{SiO}_4^{4-}$ ao longo do ano.....	54
Figura 38. Distribuição vertical da razão molar N:P ao longo do ano .....	54
Figura 39. Diagrama Hovmuller de clorofila $\alpha$ . Média mensal de satélite ao longo da secção (9,6 - 13,6 °E; 12 - 12,3 °S).....	69

## TABELAS

Tabela I. Temperatura e salinidade nas diferentes massas de água do Atlântico Sul.....	2
Tabela II. Médias anuais da concentração de Azoto ( $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ ).....	23
Tabela IIIa. Valores médios trimestrais (Fevereiro-Abril / Julho-Setembro) de parâmetros monitorizados na Estação Fixa do Lobito à superfície e no fundo .....	43
Tabela IIIb. Máximos e mínimos sazonais (na Estação Quente e na Estação Fria) de parâmetros monitorizados na Estação Fixa do Lobito à superfície e no fundo .....	43
Tabela IV. Concentração de $\text{NO}_3$ e $\text{PO}_4^{3-}$ na camada superficial na Estação Fixa do Lobito e nas diferentes regiões do Oceano Atlântico.....	77

## ANEXOS

Anexo I. Variação diária e mensal ao longo dos anos das componentes $v$ e $u$ da corrente e do vento. Variação diária da temperatura do ar seco e do ar húmido, nebulosidade e transparência .....	89
Anexo II. Variação diária da percentagem de oxigénio, anomalias médias anuais da concentração de oxigénio e $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ , anomalias e amplitudes médias de $\text{SiO}_4^{4-}$ .....	91
Anexo III. Anomalias e amplitudes sazonais de temperatura, salinidade, oxigénio e $\text{PO}_4^{3-}$ à superfície.....	92
Anexo IV. Precipitação e salinidade médias na coluna de água na Estação Fixa do Lobito. Variação sazonal típica da temperatura e da salinidade para um ano frio (1972) e um ano quente (1973).....	94
Anexo V. Frequências da direcção do vento por trimestre (1968-1975). Variabilidade vertical de temperatura e salinidade durante o período de 1968-1975.....	95
Anexo VI. Variação diária da percentagem de saturação do oxigénio dissolvido (1970 e 1971).....	96
Anexo VII. Imagens de temperatura de satélite na região de Benguela (12-13,5 °S; 8-13,5 °E) em 1995, na Estação Quente e na Estação Fria.....	97
Anexo VIII. Imagens de temperatura de satélite na região de Benguela (12-13,5 °S; 8-13,5 °E) em 2001, na Estação Quente e na Estação Fria.....	98
Anexo IX. Distribuição vertical de temperatura e salinidade em Fevereiro de 1987 no transecto do Lobito, a Norte da Estação Fixa do Lobito e no transecto da Baía Farta, a Sul da Estação Fixa do Lobito, em Agosto de 1988.....	99
Anexo X. Distribuição vertical de parâmetros físico-químicos em Fevereiro de 1987 no transecto do Lobito, a Norte da Estação Fixa do Lobito.....	100
Anexo XI. Perfil oceanográfico do Lobito (12, 20 °S) durante a subsidência e ressurgência de temperatura e salinidade, em Março de 2004 e Abril de 2005, e séries temporais do nível do mar .....	101
Anexo XII. Distribuição vertical de parâmetros físico-químicos em Agosto de 1988, no perfil da Baía Farta, a Sul da Estação Fixa do Lobito .....	102

# INTRODUÇÃO

Em 1968, deu-se início às observações hidrológicas na Estação Fixa do Lobito, localizada sensivelmente nas coordenadas de 12° 18' 36'' S e 13° 34' 38'' E. Depois de alguns anos de observações, foram estabelecidas duas grandes estações hidroclimáticas (Estação Quente ou Estação Chuvosa e Estação Fria ou Estação Seca), e outras duas de mais fraca intensidade (Pequena Estação Quente e Pequena Estação Fria) (MEBPA<sup>1</sup>, 1974), verificando-se que as flutuações térmicas das águas superficiais seguiam as variações térmicas atmosféricas (MEBPA, 1970). Dada a interação oceano-atmosfera, há necessidade da existência de séries temporais das propriedades hidroclimáticas para se perceberem os processos oceanográficos (Berrit & Dias, 1977). A inércia térmica e mecânica que se verifica entre os oceanos e a atmosfera faz com que os oceanos actuem como estabilizadores, amortecendo e controlando a variabilidade da atmosfera (Abreu, 2003).

A variação dos parâmetros físico-químicos faz dos oceanos um sistema heterogéneo que condiciona os processos biológicos e a distribuição dos organismos vivos. A intensidade luminosa é determinante para a maioria dos produtores primários. Na camada superficial, onde a luz solar é mais intensa, milhares de algas microscópicas (fitoplâncton) são responsáveis por quase 90% dos processos fotossintéticos que ocorrem na terra, fazendo do oceano a maior fonte de oxigénio e o principal responsável pela absorção do dióxido do carbono atmosférico (Colectâneas de estudos hidrológicos, 1974; Mariano *et al.*, 1985; Berger, *et al.*, 1998; IPIMAR<sup>2</sup>, 2000; 2002).

---

1 Missão de Estudos Bioceanológicos e de Pescas de Angola

2 Instituto Português de Investigação do Mar

# CAPÍTULO 1.

## CARACTERIZAÇÃO GEO-OCEANOGRÁFICA DO LITORAL ANGOLANO

A radiação solar provoca aquecimento desigual da baixa atmosfera e da superfície terrestre, originando os grandes sistemas de vento que, ao soprar sobre a superfície do mar, provocam atrito, arrastando as águas superficiais, dando origem a uma circulação típica de larga escala, a circulação induzida pelo vento (Dias, 1980 *b*). Esses movimentos de larga escala no ambiente submarino estão entre os primeiros fenómenos oceanográficos estudados devido a sua importância para a navegação comercial e a gestão dos ecossistemas marinhos.

Das oito circulações existentes no Oceano Atlântico, quatro são do Hemisfério Sul, cujo movimento das circulações ciclónicas subantárticas e tropicais é para a direita, e nas circulações anticiclónicas subtropicais e tropicais, o movimento é para a esquerda (Cuchlaine & King, 1962). No Atlântico Sul, a circulação dos ventos alísios cria sistemas complexos de correntes marinhas. Devido à interação oceano-atmosfera, os sistemas de vento geram as principais correntes superficiais marinhas.

O anticiclone do Atlântico Sul é o principal centro gerador da ondulação marítima da região. Influenciam também as ondas geradas pelos temporais extras tropicais e o anticiclone de Sta. Helena (Vieira, 1971; Xavier de Queirós, 1974). A teoria de Sverdrup diz que na região da África do Sul, sob ação dos ventos alísios de Este e Sudeste, realiza-se a troca de águas quentes da superfície pelas frias da profundidade. Isto é observado até 100 km a Oeste da costa (Sverdrup *et al.*, 1942; Cuchlaine & King, 1962). A corrente de Benguela procedente do Sul em direção ao equador leva as águas superficiais, relativamente frias, e as águas profundas mais frias ascendem (Berit, 1977).



Genericamente possui duas estações: a Estação Quente ou das chuvas, e a Estação Fria ou seca, chamada cacimbo. A Estação Quente ou das chuvas vai de Outubro a Maio, período em que o anticiclone do Atlântico Sul enfraquece e desloca-se para o Sul, formando-se a depressão de origem térmica sobre o continente. A Estação Fria ou cacimbo vai de Junho a Setembro. O país caracteriza-se por um regime tropical típico a Norte e subtropical a Sul (Vieira, 1971; Xavier de Queirós, 1974; Pereira, 1985-1986).

### 1.1.1. Extensão da plataforma, estações e principais características da região litoral de Benguela

A costa angolana tem 1650 km de extensão (Figura 2). A plataforma continental (até 200 m de profundidade) tem uma área de 51000 km<sup>2</sup>, e é muito estreita. A Sul do estuário do rio Congo, a largura da plataforma continental é de 45 milhas, 15 milhas em Luanda, 50 milhas a Sul do Cabo Lebo, e estreita-se para Sul até 10 - 12 milhas, no Namibe, aumentando até 35 milhas, na Baía dos Tigres.

A zona costeira de Benguela tem uma extensão de 328 desde o paralelo 11° 40' S (Eval Guerra) até 13° 25' S (Santa Maria). A sua plataforma continental tem um comprimento de 20 km a Norte, 40 km no centro e até 2 km na Sta Maria, seu limite a Sul. A costa é alternada por arribas argilosas de pequena altura com zonas arenosas e vales baixos (planícies litorais) e costa elevada a Sul da Baía Farta.



Figura 2. Localização geográfica de Angola e da região de Benguela.

Na Baía Farta as isóbaras inferiores a 200 metros de profundidade aproximam-se muito, e coincidem com a Ponta de São José, situando-se muito próximo (Figura 2a).

Com base em dados da Estação Fixa do Lobito de 1968 a 1974, onde para a deslocação aos pontos de amostragem foram usadas as embarcações El Mar, Sardinella, O33, Flamingo e o Navio de Investigação “Goa”, estabeleceram-se com maior exactidão, duas grandes estações (quente e fria) e duas pequenas estações (quente e fria) que, em princípio, podem ser assumidas para toda a zona costeira de Angola e não só. A Grande Estação Quente ocorre de Janeiro a Abril, e a grande Estação Fria ocorre de Maio a Setembro.

# CAPÍTULO 2.

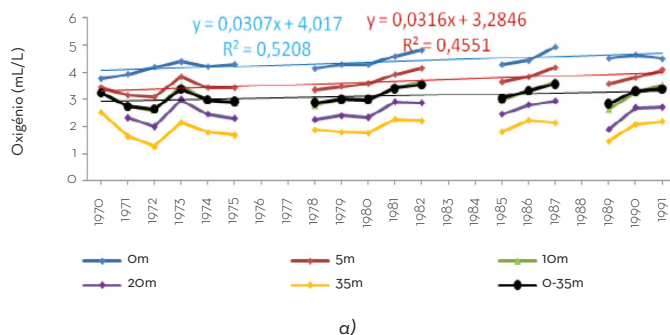
## VARIABILIDADE TEMPORAL DE LONGO TERMO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS NA ESTAÇÃO FIXA DO LOBITO

Os dados diários dos diferentes parâmetros físicos e químicos da Estação Fixa do Lobito registados de 1968 a 2007, foram todos informatizados numa base de dados. A partir desta informação foi possível organizar os dados de forma a avaliar a variação de longo termo, sazonal e em profundidade dos mesmos parâmetros.

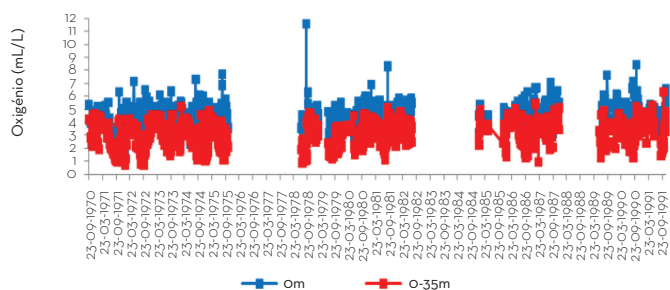
### 2.1. VARIABILIDADE DE LONGO TERMO DA CORRENTE DE SUPERFÍCIE, TRANSPARÊNCIA E PARÂMETROS METEOROLÓGICOS

As componentes meridionais e zonais ( $v$  e  $u$ ) da corrente à superfície apresentaram médias anuais entre 0 a 6 cm/s e -2 a 4 cm/s, respectivamente. A componente  $v$  representa aproximadamente a circulação ao longo da costa, e a componente  $u$  aproximadamente a circulação perpendicular à costa. A componente meridional  $v$ , com valores essencialmente positivos, mostra tendência positiva não significativa (0,05 cm/s/ano), e a componente  $u$  apresenta uma tendência inversa também não significativa ( $p > 0,05$ ; Figura 9a). A média anual da componente meridional  $v$  poderá representar a preponderância da Corrente de Angola ou da Corrente de Benguela nos diferentes anos, embora esta conclusão de larga escala possa ser mascarada por forçamentos locais da corrente.

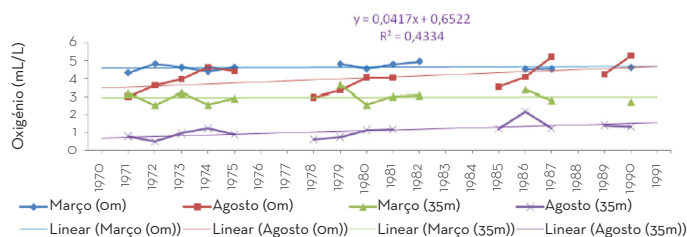
As componentes  $v$  e  $u$  da velocidade do vento apresentaram médias anuais entre -0,5 a 2 m/s e -2 a 0,5 m/s, respectivamente, e ao longo dos anos mostram tendências inversas significativas ( $p < 0,05$ ) (Figura 9b), negativa e positiva para  $v$  e  $u$ , respectivamente.



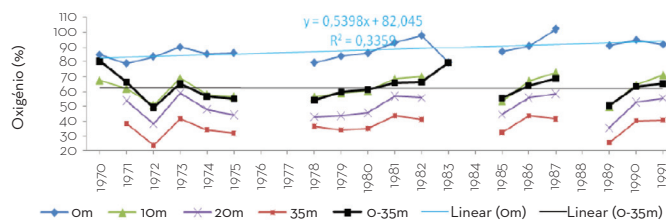
a)



b)



c)



d)

Figura 13. Variação de longo termo da concentração média anual de oxigênio dissolvido nos diferentes níveis de profundidade (a). Variação diária de oxigênio dissolvido (b). Variação média anual de oxigênio dissolvido em Março e Agosto, à superfície e no fundo (c). Variação da percentagem de saturação de oxigênio dissolvido (d), 1970 a 1991.

# CAPÍTULO 3.

## VARIABILIDADE SAZONAL DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS NA ESTAÇÃO FIXA DO LOBITO

### 3.1. VARIAÇÃO SAZONAL DA CORRENTE DE SUPERFÍCIE, TRANSPARÊNCIA E PARÂMETROS METEOROLÓGICOS

O ciclo sazonal da corrente à superfície mostra médias mensais da componente meridional  $v$  com valores positivos entre 2,4 e 7,1 cm/s e a componente zonal  $u$  com valores menores, entre -1,3 e 4,5 cm/s, revelando uma circulação média para Norte ao longo da costa (Figura 18a). Verifica-se uma intensificação da circulação ao longo da costa para Nordeste, nos últimos meses do ano. No restante ciclo a circulação dominante é também para Norte, embora menos intensa e variável na componente zonal. Este facto indica que em termos médios a Corrente de Benguela é ainda preponderante sobre a Corrente de Angola.

O ciclo sazonal do vento (Figura 18b) mostra que são constantes os ventos com componentes para Norte, intensificados no início da Estação Fria (Maio, Junho). As componentes  $v$  e  $u$  mostram valores entre 0,8 e 1,7 m/s e -1,3 e 0,5 m/s, respectivamente.

Igual comportamento mostram os valores diários das componentes meridionais e zonal da corrente, entre -24 e 60 cm/s, e entre -50 e 60 cm/s, respectivamente (Anexo Ia). As médias mensais ao longo dos anos (Anexo Ib), apresentam componente meridional entre -3,5 e 14 cm/s e a componente zonal entre -12 e 17,5 cm/s.

As componentes da velocidade diária e média mensal do vento predominante (Anexo Icd) variam entre 24 e -26 m/s, 1 a 6 e -1 a -6 m/s, com velocidades máximas na Estação Fria e de Outubro a Dezembro.

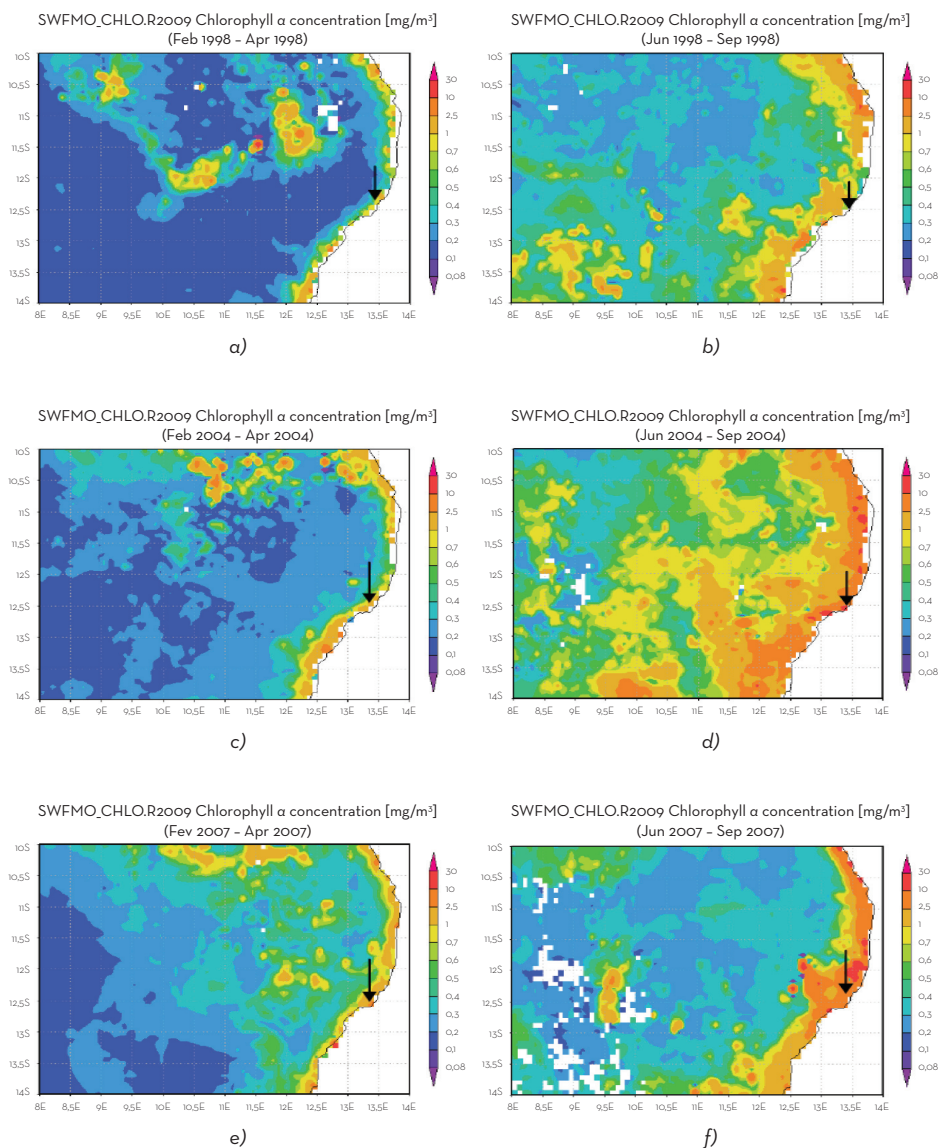


Figura 29. Concentração espacial de clorofila  $\alpha$ , nas estações quentes e frias, na área da Estação Fixa do Lobito e zona contígua à Plataforma Continental de Benguela, 1998 (ab), 2004 (cd) e 2007.

Fonte: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>, Acesso 06/2010.

Em 2004, ano considerado frio, com temperatura média, em Março de 26,4 °C, a concentração de clorofila  $\alpha$  nas imagens compostas das duas estações foi maior do que no ano quente de 1998, máxima junto à costa (1 a 10 mg/m<sup>3</sup>), e mais baixas ao largo da Baía de Benguela (Figura 29cd). Na Estação Fria, com temperatura média em Agosto de 20,0 °C, à gama de concentrações na faixa costeira e ao largo foi ainda maior, ultrapassando concentrações de 20 mg/m<sup>3</sup> junto à costa, que se mantiveram em Setembro e Outubro

# CAPÍTULO 4.

## DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DE PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

### 4.1. DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DE PARÂMETROS FÍSICOS

#### 4.1.1. Temperatura

A estrutura da distribuição vertical da temperatura ao longo do ano médio para o período de 1968 a 2007 (diagrama de Hovmoeller) evidencia a forte sazonalidade, com os valores mais elevados acima de 26 °C a ocorrerem nas camadas superficiais durante os meses de Janeiro a Maio (Estação Quente), sendo os valores máximos verificados no mês de Março (Figura 31a*b*). Entre os meses de Julho e Setembro a temperatura não ultrapassa os 20 °C. A partir de Outubro a temperatura da água volta a aumentar, e atinge valores de 21 a 23 °C entre os 10 m e a superfície.

A distribuição vertical da temperatura mostra maior estratificação na Estação Quente, com a formação de uma termoclina e uma coluna de água relativamente homogénea durante a Estação Fria, durante a qual a termoclina é quase desagregada. O perfil médio da variação da temperatura na coluna de água (Figura 31*b*) mostra a termoclina entre os 5 e 10 m de profundidade. A configuração obtida, com forte subida das isotérmicas em Abril e Maio, indicia o início de afloramento costeiro, facto confirmado pela intensificação dos ventos de Sul nesta altura do ano (Figura 18*b*). Esta situação deverá prolongar-se até Setembro-Outubro. Este facto sugere que a corrente de Benguela deverá estender-se para estas latitudes durante este período. Contudo, os dados disponíveis da corrente superficial (Figura 17*a*) não mostram uma intensificação muito significativa da circulação para Norte ao longo da costa durante este período, mas sim, certa intensidade entre Julho e Agosto.

isolinhas para a superfície, com concentrações médias a variar entre 4,5 e 12,5  $\mu\text{mol L}^{-1}$ . A distribuição vertical mostra a nutriclina melhor definida na Estação Quente. No entanto, globalmente a nutriclina não é bem definida ao longo da coluna de água (Figura 35b).

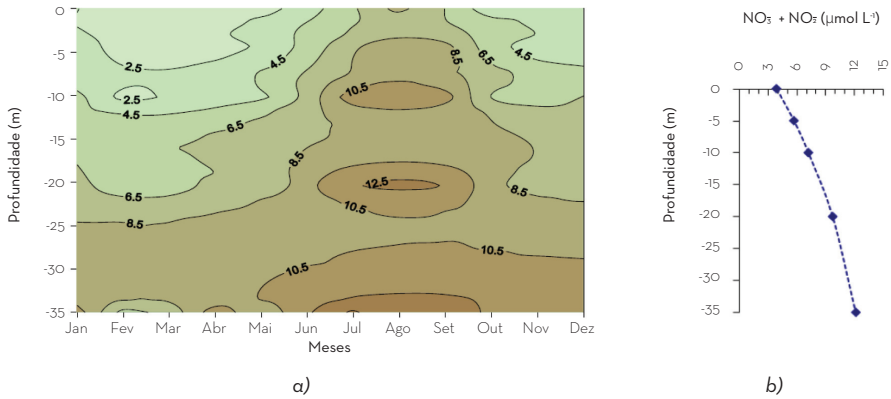


Figura 35. Distribuição vertical de médias mensais de  $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$  ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ ) ao longo do ano na Estação Fixa do Lobito (a). Perfil vertical médio de  $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$  (b), no período de 1986 a 1991.

#### 4.2.2.2. Fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

A concentração dos  $\text{PO}_4^{3-}$  (Figura 36a) segue o padrão da variação vertical descrito para  $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ . As médias mensais variaram entre 0,55 à superfície e 1,55  $\mu\text{mol L}^{-1}$  aos 35 m de Fevereiro a Maio (época quente) e Outubro a Novembro, sendo mais elevadas de Junho a Setembro (época fria), entre 0,85 a 1,85  $\mu\text{mol L}^{-1}$  altura em que é evidente a subida das isolinhas. Tal como na variação de azoto, a nutriclina é melhor definida na estação quente, apesar de no perfil médio na vertical da coluna de água esta não ser tão bem definida (Figura 36b).

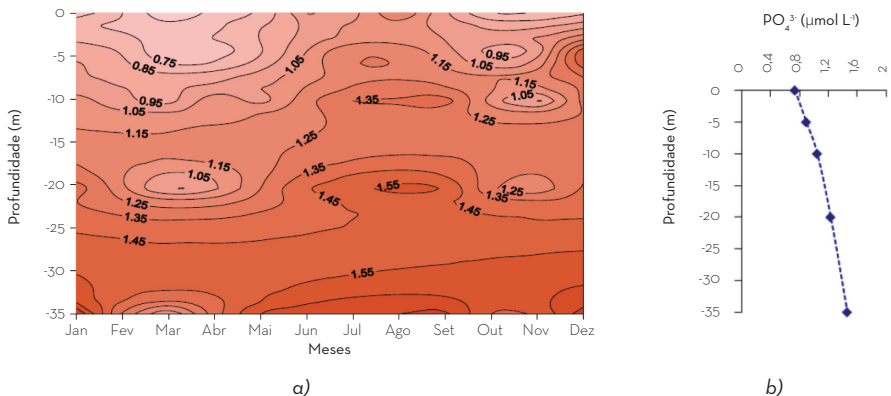


Figura 36. Distribuição vertical de médias mensais de  $\text{PO}_4^{3-}$  ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ ) ao longo do ano na Estação Fixa do Lobito (a). Perfil vertical médio de  $\text{PO}_4^{3-}$  (b), no período de 1970 a 1991.

# CAPITULO 5.

## VARIABILIDADE TEMPORAL DE LONGO TERMO NA ESTAÇÃO FIXA DO LOBITOS

### 5.1. VARIABILIDADE DE LONGO TERMO E SAZONAL DA CORRENTE DE SUPERFÍCIE, TRANSPARÊNCIA E PARÂMETROS METEOROLÓGICOS

Como foi referido no capítulo anterior, as componentes meridionais e zonais ( $v$  e  $u$ ) da corrente à superfície, com médias anuais entre 0 a 6 cm/s e -2 a 4 cm/s, respectivamente, representando a componente  $v$  aproximadamente a circulação ao longo da costa, e com valores essencialmente positivos e tendência positiva não significativa (0,05 cm/s/ano), e a componente  $u$  a circulação aproximadamente perpendicular à costa com tendência também não significativa, ambas para  $p > 0,05$  (Figura 9), indicam intensificação da componente meridional e diminuição da componente zonal a longo termo, induzindo certa estabilidade. E as componentes  $v$  e  $u$  da velocidade do vento com médias anuais entre -0,5 a 2 m/s e -2 a 0,5 m/s, respectivamente ( $p < 0,05$ ), e com tendências de longo termo também opostas (Figura 9b), negativa e positiva para  $v$  e  $u$ , respectivamente, todas significativas, (Figura 9a), podem dever-se à influência da sazonalidade das Correntes de Angola e de Benguela, e a factores forçantes locais.

O sinal da média anual da componente meridional  $v$  poderá representar a preponderância da Corrente de Angola ou da Corrente de Benguela nos diferentes anos, embora esta conclusão de larga escala possa ser mascarada por forçamentos locais da corrente aliado ao facto de a corrente analisada ser apenas de superfície. A tendência média de longo termo das componentes  $v$  e  $u$  da corrente e do vento, que parecem estabilizarem-se (Figura 9ab), podem estar relacionadas com o incremento da temperatura e decréscimo da nebulosidade (Figura 9cd), que podem provocar um enfraquecimento relativo da Corrente de Benguela.



nestes períodos poderão ser observados os máximos de oxigénio (8–11 ml/l; Figura 13b), e pode ser constatado que a nível de clorofila  $\alpha$ , nos meses típicos de afloramento costeiro (Julho–Setembro) ao longo do período de 1998–2008, verificaram-se os máximos de clorofila  $\alpha$ , junto à Estação do Lobito (Figura 39), e, em alguns anos observa-se também aumento considerável durante os meses de Estação Quente (Janeiro a Março).

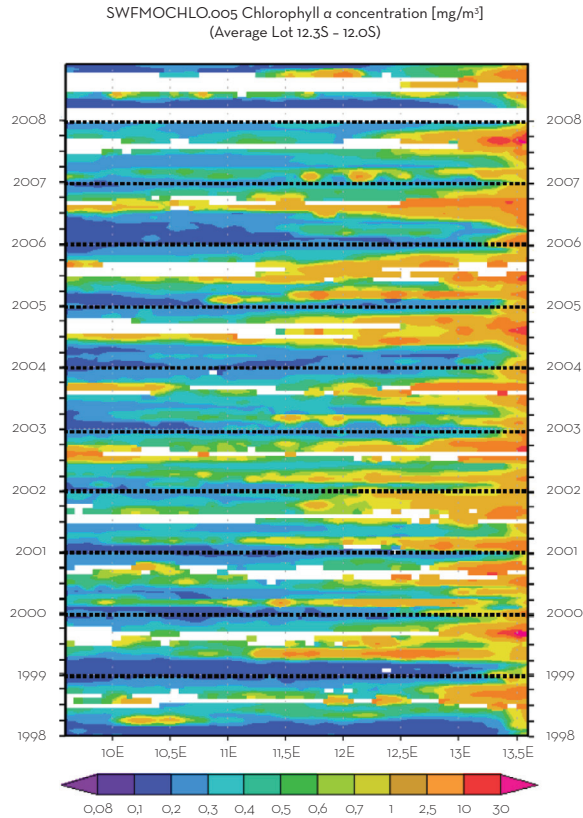
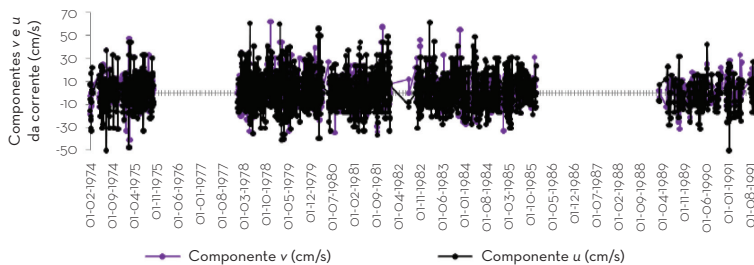


Figura 39. Diagrama Hovmuller de clorofila  $\alpha$  media mensal da base de dados SeaWIFS  $\alpha$  ao longo da secção (9,6 - 13,6 °E) de Janeiro de 1998 a Dezembro de 2008, gerado pelo Giovanni website da NASA GES DISC. A concentração de clorofila  $\alpha$  (mg m<sup>-3</sup>) representa a média entre 12 - 12,3 °S, que engloba a estação Fixa do Lobito.

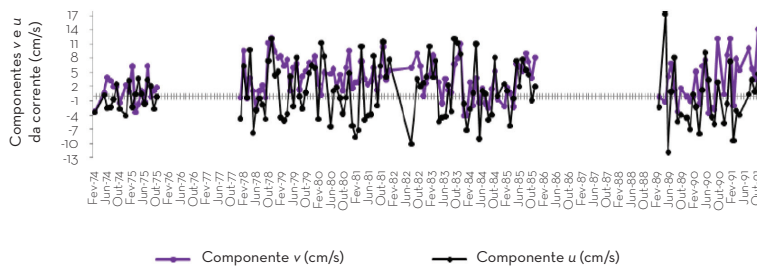
Monteiro *et al.*, 2002; 2008, confirma a existência de dois períodos de afloramento na região a Norte da Zona Frontal Angola-Benguela, Julho–Setembro e Dezembro–Janeiro. Berrit 1976; Picaut 1983; Shannon, 1985a; Lutjeharms & Meeuwis, 1987, referiram que o sistema de afloramento costeiro ao longo das costas de Angola até ao Gabão observa-se entre os meses de Julho a Setembro, com células identificadas entre Cabinda e Luanda, em Angola, como observado na Figura 30, e na Ponta Negra, na República do Congo.

Na Estação Fria, apesar do ressurgimento de águas mais desoxigenadas à superfície, a concentração de oxigénio dissolvido tende a manter-se semelhante à de Estação

**ANEXO I:** Variação diária e mensal ao longo dos anos das componentes *v* e *u* da corrente (*ab*) e do vento (*cd*). Variação diária da temperatura do ar seco e do ar húmido (*e*). Variação diária da nebulosidade e transparência (*f*).

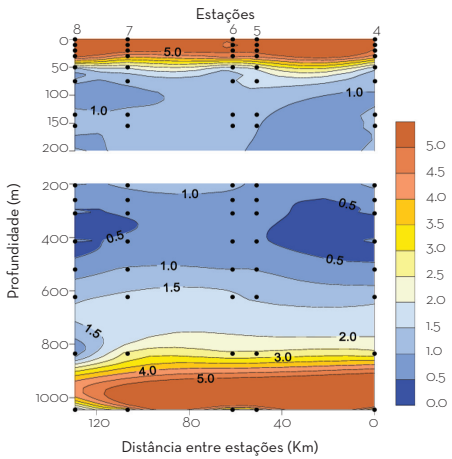


a)

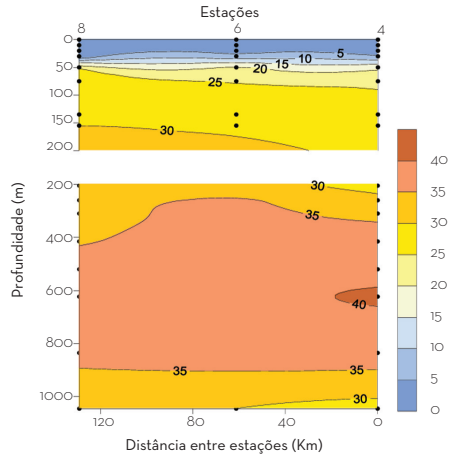


b)

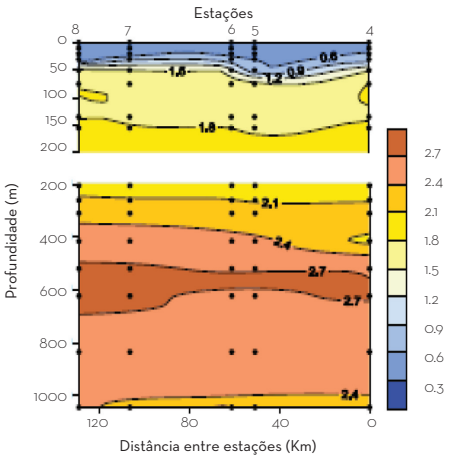
**ANEXO XII:** Distribuição vertical de parâmetros físico-químicos em Agosto de 1988 no perfil da Baía Farta a Sul da Estação Fixa do Lobito (abcd). Fonte: Vasco, 2006, Relatório de estágio, IPIMAR, Portugal.



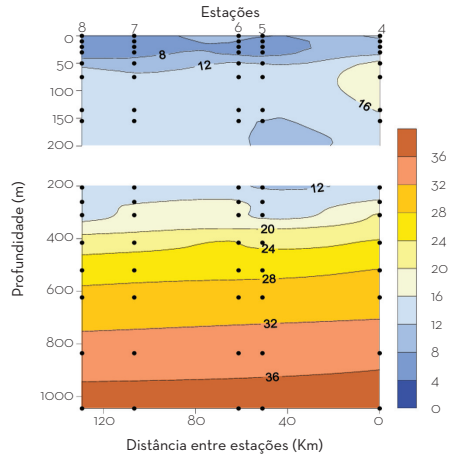
a) Oxigénio (mL/L)



b) Nitratos ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )



c) Fosfatos ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )



d) Silicatos ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )

ENOQUE CANGANJO VASCO

## CARACTERIZAÇÃO HIDROGRÁFICA E QUÍMICA DE LONGO TERMO DA COSTA ANGOLANA

QUARENTA ANOS DE OBSERVAÇÃO OCEANOGRÁFICA NA REGIÃO COSTEIRA DE BENGUELA

### SOBRE O LIVRO

Em 1968, deu-se início às observações hidrológicas na Estação Fixa do Lobito, localizada sensivelmente nas coordenadas de 12º 18' 36'' S e 13º 34' 38'' E. Surge da necessidade de um amplo e ambicioso programa do Governo Português enquadrado em vários projectos de investigação. Depois de alguns anos de observações, foram estabelecidas duas grandes estações hidroclimáticas (Estação Quente ou Estação Chuvosa e Estação Fria ou Estação Seca), e outras duas de mais fraca intensidade (Pequena Estação Quente e Pequena Estação Fria) (MEBPA, 1974), verificando-se que as flutuações térmicas das águas superficiais seguiam as variações térmicas atmosféricas (MEBPA, 1970). Na área da oceanografia, foi dada prioridade ao reconhecimento e caracterização oceanográfica do ambiente marino visando o estudo das condições e processos oceanográficos que condicionam a ocorrência da distribuição e comportamento dos recursos biológicos, dando prioridade ao ambiente físico, químico e biológico.



### SOBRE O AUTOR

**Enoque Canganjo Vasco** nasceu a 19 de Março de 1966, no município do Kuito, província do Bié. É Investigador Assistente no Instituto Nacional de Investigação Pesqueira de Angola. Doutorando em Ciências, Tecnologia e Gestão do Mar - Programa Doutoral DO\*Mar, Universidade de Aveiro - Portugal e Universidade de Vigo - Espanha. É Mestre em Oceanografia pela Universidade do Algarve, Portugal e licenciado em Geografia pela Universidade Agostinho Neto. Conclui o ensino médio na República de Cuba, especialidade de Biologia Marinha, em 1988 e começou a trabalhar nesse mesmo ano no Instituto Nacional de Investigação Pesqueira, em Luanda. Em 1989 foi transferido para a província de Benguela, onde é Investigador no Centro Regional de Investigação Pesqueira, no Lobito. É responsável pelo Programa de Monitorização e Investigação da Oceanografia, assegurando entre outras tarefas, o seguimento da Estação Fixa do Lobito, um dos mais antigos programas de Investigação Oceanográfica da costa Oeste da África Sub-Sahariana. Tem participado em múltiplos cruzeiros de investigação oceanográfica, nacionais e internacionais, no âmbito do Programa Nacional de Prospecção de Recursos Marinhos Vivos e Ambiente dos Ecossistemas Aquáticos.

Também disponível  
em formato e-book



ISBN: 978-989-723-142-1



[www.agrobook.pt](http://www.agrobook.pt)

MYBOOK