

ROGÉRIO BORDALO DA ROCHA

ESTUDO ESTRATIGRÁFICO  
E PALEONTOLÓGICO  
DO JURÁSSICO DO ALGARVE  
OCIDENTAL



*UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA*

CIÊNCIAS DA TERRA





ROGÉRIO BORDALO DA ROCHA

**ESTUDO ESTRATIGRÁFICO  
E PALEONTOLÓGICO  
DO JURÁSSICO DO ALGARVE  
OCIDENTAL**

CENTRO DE ESTRATIGRAFIA E PALEOBIOLOGIA  
DAS UNIVERSIDADES DE LISBOA  
(INIC)

# CIÊNCIAS DA TERRA

## 2

### TÍTULO

ESTUDO ESTRATIGRÁFICO E PALEONTOLÓGICO DO JURÁSSICO  
DO ALGARVE OCIDENTAL

1.ª Edição em Português/Data: Dezembro de 1976

### AUTOR

Rogério Bordalo da ROCHA  
Centro de Estratigrafia e Paleobiologia  
Universidade Nova de Lisboa (Ciências da Terra)  
Quinta do Cabeço,  
Olivais – Lisboa 6

### EDIÇÃO

© UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

### COMPOSIÇÃO E IMPRESSÃO

SERVIÇOS GRÁFICOS DA UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

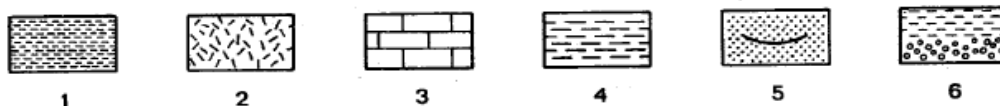
Av. Miguel Bombarda, 20-1.º – Lisboa 1

Maio de 1977

ERRATA

Pág. (Coluna)	Linha	Onde se lê	Deve ler-se
7	5. <sup>a</sup> (do fim)	<i>nodosulcatm</i>	<i>nodosulcatum</i>
8	2. <sup>a</sup>	BONNARELLI	BONARELLI
10 (1. <sup>a</sup> )	2. <sup>a</sup> (do fim)	las associations	les associations
17 (1. <sup>a</sup> )	7. <sup>a</sup> (do fim)	(grés, calcários...	(arenitos, calcários...
21 (1. <sup>a</sup> )	8. <sup>a</sup>	(von ZIETEN)	(VON ZIETEN)
24	Fig. 1.3	<i>Zoophycus</i>	<i>Zoophycos</i>
33 (2. <sup>a</sup> )	11. <sup>a</sup> (do fim)	corde da praia	cortes da praia
44 (2. <sup>a</sup> )	3. <sup>a</sup>	praia do Belixe	praia de Belixe
65 (2. <sup>a</sup> )	11. <sup>a</sup>	é no entanto	é, no entanto,
66 (2. <sup>a</sup> )	6. <sup>a</sup> (do fim)	no Algarve	do Algarve
68 (1. <sup>a</sup> )	16. <sup>a</sup> (do fim)	na fácies dolomítica de polipeiros	de polipeiros na fácies dolomítica
70 (1. <sup>a</sup> )	24. <sup>a</sup> (do fim)	("marno-calcaires...	(= "marno-calcaires...
71 (1. <sup>a</sup> )	4. <sup>a</sup> (do fim)	<i>C. (chlamys)</i>	<i>C. (Chlamys)</i>
83 (1. <sup>a</sup> )	10. <sup>a</sup>	escolhido	recolhido
86 (1. <sup>a</sup> )	9. <sup>a</sup>	Industânica	Indostânica
86 (2. <sup>a</sup> )	24. <sup>a</sup>	do sifão	do sifão,
87 (1. <sup>a</sup> )	20. <sup>a</sup> , 24. <sup>a</sup>	<i>P. hexagonus</i>	<i>P. hexagonum</i>
89 (2. <sup>a</sup> )	7. <sup>a</sup>	autores;	autores:
89 (2. <sup>a</sup> )	9. <sup>a</sup>	de Privas.	de Privas
93 (1. <sup>a</sup> )	14. <sup>a</sup>	(H E)	(H = E)
94 (1. <sup>a</sup> )	10. <sup>a</sup>	(u <sub>1</sub> )	(U <sub>1</sub> )
94 (2. <sup>a</sup> )	18. <sup>a</sup> (do fim)	a 22 mm de diâmetro	, a 22 mm de diâmetro,
106 (1. <sup>a</sup> )	12. <sup>a</sup> (do fim)	na fauna	nas faunas
107 (2. <sup>a</sup> )	14. <sup>a</sup> (do fim)	(zona de Sauzei...	(zonas de Sauzei...
117 (1. <sup>a</sup> )	30. <sup>a</sup>	RNET, p. 70	CARNET, p. 70
118 (1. <sup>a</sup> )	15. <sup>a</sup>	ventrolateral	ventrolateral,
122 (1. <sup>a</sup> )	7. <sup>a</sup>	Industânica	Indostânica
125 (2. <sup>a</sup> )	36. <sup>a</sup> , 37. <sup>a</sup>	é de arredondada	é arredondada
144 (1. <sup>a</sup> )	10. <sup>a</sup> (do fim)	FAUGÈRES, ELMI & MOUTER-	FAUGÈRES, no prelo
		DE, no prelo	e na Arrábida
146 (1. <sup>a</sup> )	13. <sup>a</sup>	a na Arrábida	pos-hercínicas
153 (1. <sup>a</sup> )	12. <sup>a</sup>	pos-hercínicas	limitavam
156 (1. <sup>a</sup> )	23. <sup>a</sup>	limitam	limitavam
159	18. <sup>a</sup>	S. J. SPEELMEN	S. J. & SPEELMEN

Na figura 3.2 (p. 67) acrescentar a legenda:



- 1 - pelitos e margas bicolores;  
 2 - rochas verdes (doleritos e basaltos doleríticos);  
 3 - dolomitos e calcários dolomíticos fossilíferos;  
 4 - pelitos vermelhos;  
 5 - arenitos com estratificação oblíqua;  
 6 - pelitos e depósitos arenítico-conglomeráticos.



## SUMÁRIO

	Págs.
RÉSUMÉ/ABSTRACT	9/12
PREFÁCIO	13
Capítulo 1. Introdução	17
1.1. História dos conhecimentos sobre o Algarve sedimentar pós-hercínico	17
1.2. Estratigrafia e paleobiogeografia	22
1.2.1. Objectivos da análise estratigráfica	22
1.2.2. Estudo analítico à escala do afloramento	23
1.2.3. Unidades estratigráficas e paleobiogeográficas utilizadas. Metodologia	23
Capítulo 2. Descrição de afloramentos e de cortes	27
2.1. "Grés de Silves"	27
2.2. Dolomitos e calcários dolomíticos de Espiche	27
2.3. Corte da baía de Armação Nova	28
2.4. Corte do Cabo de S. Vicente	31
2.5. Corte de Belixe	31
2.6. Cortes da praia de Mareta	33
2.7. Corte da praia de Baleeira	41
2.8. Corte da praia de Cilheta	43
2.9. Corte do forte de Belixe	44
2.10. Corte de Benaçoitão	47
Documentação fotográfica	49
Capítulo 3. Estratigrafia	65
3.1. "Grés de Silves"	65
3.2. Dolomitos e calcários dolomíticos de Espiche	66
3.3. Liásico médio e superior	68
3.3.1. Interpretação cronostatigráfica dos cortes do Liásico médio e superior	68
3.3.2. Comentário aos cortes de P. CHOFFAT	69
3.3.3. Comentário aos cortes de J. PRATSCH	70
3.4. Dogger e Malm inferior	72
3.4.1. Interpretação cronostatigráfica dos cortes do Dogger e Malm inferior	72
3.4.2. Horizonte com nódulos fosfatados. Significado e idade	73
3.4.3. Comentário aos cortes de P. CHOFFAT	74
3.4.4. Comentário aos cortes de J. PRATSCH	76
Capítulo 4. Paleoecologia. Considerações sobre a origem e presença de fósseis piritosos	79
Capítulo 5. Paleontologia sistemática	83
5.1. Introdução	83
5.2. Abreviaturas e símbolos utilizados	83
A. Caracteres dimensionais	83
B. Símbolos utilizados	84

5.3. Classe CEPHALOPODA	84
5.3.1. Subclasse NAUTILOIDEA	84
Ordem Nautilida	84
Superfamília NAUTILACEAE	84
Família Pseudonautilidae	84
Género <i>Pseudaganides</i>	84
<i>Pseudaganides aganiticus</i> (SCHLOT.)	84
Família Paracenoceratidae	86
Género <i>Paracenoceras</i>	86
<i>Paracenoceras calloviense</i> (OPPEL)	86
5.3.2. Subclasse TETRABRANCHIATA	87
Ordem Ammonoidea	87
Subordem Phylloceratina	87
Superfamília PHYLLOCERATACEA	87
Família Phylloceratidae	87
Subfamília PHYLLOCERATINAE	87
Género <i>Phylloceras</i>	87
<i>Phylloceras antecedens</i> POMPECKJ	88
<i>Phylloceras</i> cf. <i>viator</i> (?) (d'ORBIGNY)	89
Subfamília CALLIPHYLLOCERATINAE	89
Género <i>Holcophylloceras</i>	89
<i>Holcophylloceras mediterraneum</i> (NEUMAYR)	89
Género <i>Sowerbyceras</i>	90
<i>Sowerbyceras protortisulcatum</i> (POMPECKJ)	91
Subordem Lytoceratina	91
Superfamília LYTOCERATACEAE	91
Família Lytoceratidae	91
Subfamília LYTOCERATINAE	91
Género <i>Lytoceras</i>	91
<i>Lytoceras</i> aff. <i>crenatum</i> BUCKMAN	92
Família Nannolytoceratidae	92
Género <i>Nannolytoceras</i>	92
<i>Nannolytoceras</i> gr. <i>tripartitum</i> (?) (RASPAIL)	92
Superfamília SPIROCERATACEAE	93
Família Spiroceratidae	93
Género <i>Parapatoceras</i>	93
<i>Parapatoceras</i> sp.	93



Subordem Ammonitina	93
Superfamília EODEROCERATACEAE	93
Família Eoderoceratidae	94
Subfamília <i>EODEROCERATINAE</i>	94
Género <i>Metaderoceras</i>	94
<i>Metaderoceras</i> sp. nov.	94
Família Polymorphitidae	96
Subfamília <i>POLYMORPHITINAE</i>	96
Género <i>Platypleuroceras</i>	96
<i>Platypleuroceras</i> sp.	96
Família Dactylioceratidae	96
Género <i>Dactylioceras</i>	97
<i>Dactylioceras semicelatum</i> (SIMPSON)	97
<i>Dactylioceras pseudo-commune</i> FUCINI	98
Superfamília HILDOCERATACEAE	99
Família Hildoceratidae	100
Subfamília <i>HARPOCERATINAE</i>	100
Género <i>Paltarpites</i>	100
<i>Paltarpites</i> cf. <i>paltus</i> BUCKMAN	101
Género <i>Fuciniceras</i>	102
<i>Fuciniceras isseli</i> (FUCINI)	103
Género <i>Protogrammoceras</i>	103
<i>Protogrammoceras exiguum</i> (FUCINI)	104
<i>Protogrammoceras celebratum</i> (FUCINI)	105
Género <i>Murleyiceras</i>	106
<i>Murleyiceras</i> sp.	107
Superfamília HAPLOCERATACEAE	107
Família Oppeliidae	107
Subfamília <i>OPPELIINAE</i>	107
Género <i>Oppelia</i>	107
<i>Oppelia</i> sp.	107
Subfamília <i>HECTICOCERATINAE</i>	108
Género <i>Hecticoceras</i>	109
Subgénero <i>Prohecticoceras</i>	110
<i>H. (Prohecticoceras)</i> sp.	111
Subgénero <i>Lunuloceras</i>	111
<i>H. (Lunuloceras)</i> sp. juv. aff. <i>michailowense</i> ZEISS	111
Subgénero <i>Sublunuloceras</i>	112
<i>H. (Sublunuloceras)</i> cf. <i>nodosulcatm</i> (LAHUSEN)	112
Subgénero <i>Orbignyiceras</i>	113
<i>H. (Orbignyiceras)</i> <i>trezeense</i> (GÉRARD & CONTAUT)	113
Subgénero <i>Putealicerias</i>	114
<i>H. (Putealicerias)</i> sp.	114

Subgénero <i>Brightia</i>	114
<i>H. (Brightia) metomphalum</i> BONNARELLI	115
<i>H. (Brightia) salvadorii</i> (PARONA & BONARELLI)	117
Subfamília TARAMELLICERATINAE	118
Género <i>Taramelliceras</i>	118
<i>Taramelliceras</i> gr. <i>minax</i> (BUKOWSKI)	118
<i>Taramelliceras</i> aff. <i>suevicum</i> (OPPEL)	118
Superfamília STEPHANOCERATACEAE	118
Família Otoitidae	119
Género <i>Itinsaites</i>	119
<i>Itinsaites mackenzii</i> McLEARN <i>prorectus</i> (?) WESTERMAN	119
Família Macrocephalitidae	120
Género <i>Macrocephalites</i>	121
Subgénero <i>Macrocephalites</i>	123
<i>Macrocephalites (Macrocephalites)</i> sp.	123
Família Pachyceratidae	124
Género <i>Pachyceras</i>	124
Subgénero <i>Tornquistes</i>	125
<i>P. (Tornquistes) helvetiae</i> (TORNQUIST) morfotipo <i>kobyi</i>	125
Documentação fotográfica	127

## Capítulo 6. Paleogeografia e paleobiogeografia

6.1. Domínios e províncias paleobiogeográficos	141
6.2. Paleogeografia e paleobiogeografia do Jurássico algarvio	142
“Grés de Silves” e Liásico inferior	143
Liásico médio	143
Liásico superior	145
Aaleniano-Bajociano-Batoniano. Formações recifais da praia de Mareta	146
A flexura Sagres-Algoz-Querença	148
Caloviano	149

## Capítulo 7. Conclusões gerais

Litostratigrafia e cronostratigrafia	153
Paleoecologia	155
Paleontologia sistemática	155
Paleobiogeografia	155

## Bibliografia

Abreviaturas utilizadas	157
Bibliografia regional	159
Bibliografia geral	165

L'Algarve correspond, en partie, à un bassin sédimentaire de terrains méso-cénozoïques, situé à l'extrême sud du Portugal, le long de la côte, depuis le Cabo S. Vicente jusqu'au delà de la frontière espagnole.

Sa structure est celle d'un monoclinale très étendu, incliné vers le Sud, et atteint par des failles N-S et surtout par deux flexures longitudinales E-W.

L'étude lithostratigraphique et chronostratigraphique du Jurassique de l'Algarve occidentale a été conduite simultanément avec la cartographie des formations sédimentaires post-hercyniennes. De bas en haut les unités suivantes ont été distinguées:

#### Trias – Lias inférieur

*Arenitos de Silves (Arenites de Silves)* – Ensemble de grès rouges à stratification entrecroisée (0-150 m), datés du Trias supérieur (Keuper) par des Esthéries. Ils correspondent à la partie inférieure des "grès de Silves" sensu P. Choffat.

*Complexo margo-carbonatado de Silves (Complexe marno-carbonaté de Silves)* – Daté du Trias supérieur-Hettangien, comprend une épaisse série pelitique, marneuse et calcaréo-dolomitique (80-200 m), à roches vertes intercalées. L'absence de fossiles dans la partie supérieure ne permet pas de déterminer si l'âge est encore Hettangien ou déjà Sinémurien. Ce complexe correspond à la partie supérieure des "grès de Silves" sensu P. Choffat.

#### Lias

*Dolomitos e calcários dolomíticos de Espiche (Dolomies et calcaires dolomitiques d'Espiche)* – Les dolomies et calcaires dolomitiques, généralement massifs, finement cristallins ou saccharoïdes, sont les roches les plus résistantes de la région et constituent des reliefs. Leur épaisseur peut être estimée en 60 m au minimum.

L'âge Sinémurien est fondé sur la position géométrique et sur la similitude lithologique avec le complexe carbonaté du bassin au Nord du Tage (Peniche, São Pedro de Muel, Quiaios). Par comparaison avec ce complexe on peut penser que les premiers niveaux dolomitiques ne sont pas synchrones. De même la limite supérieure du faciès dolomitique se place tantôt au cours du Carixien inférieur, tantôt à la base du Toarcien, tantôt même dans le Dogger inférieur.

La dolomitisation est secondaire et précoce. Cependant, dans le secteur Cabo S. Vicente-Vila do Bispo, on connaît des phénomènes de dolomitisation secondaire tardive liés à la fracturation de la région; celle-ci est probablement en rapport avec l'installation du massif de Monchique.

*Calcário dolomítico com nódulos de sílex da praia de Belixe (Calcaire dolomitique à nodules de sílex de la plage de Belixe)* (50-55 m) – L'âge Carixien inférieur et moyen est établi par la

présence de *Platypleuroceras* sp., *Metaderoceras* sp. nov. et *M. gr. venarense*.

*Calcário cristalino compacto com Protogrammoceras, Fucinieras e cf. Argutarpites de Belixe (Calcaire cristallin compact à Protogrammoceras, Fucinieras et cf. Argutarpites de Belixe)* (30 m) – Bien daté du Domérien inférieur; le Domérien moyen et supérieur est indiqué seulement par un exemplaire de cf. *Argutarpites* sp.

*Calcários margosos e margas com Dactyloceras semicelatum e Harpoceratídeos de Armação Nova (Calcaires marneux et marnes à D. semicelatum et Harpoceratidés d'Armação Nova)* (25 m) du Toarcien inférieur. On ne connaît pas en Algarve de formations du Toarcien moyen et supérieur.

#### Dogger

*Calcários oolíticos, c. corálicos, c. pisolíticos, c. calciclásticos, c. dolomíticos e dolomitos de Almadena (Calcaires oolithiques, c. à polypiers, c. pisolithiques, c. graveleux, c. dolomitiques et dolomies d'Almadena)*, à faciès de lagon, d'âge Aalénien-Bathonien? Callovien; leur épaisseur dépasse 50 m.

*Margas acinzentadas e calcários detriticos com Zoophycos da praia de Mareta (Marnes grisâtres et calcaires sableux à Zoophycos de la plage de Mareta)* (40 m), à faciès pélagique avec ammonites du Bajocien supérieur et du Bathonien.

*Calcários margosos e margas da praia de Mareta (Calcaires marneux et marnes de la plage de Mareta)* (110 m), à faciès pélagique avec ammonites du Callovien.

#### Malm

Dans la région Cabo S. Vicente-Sagres le premier niveau du Jurassique supérieur est un banc de calcaire marneux compact (0,35-1,50 m), jaune-brunâtre, à nodules ferrugineux ou phosphatés, riche en macrofaune. Ce faciès présente, localement, un aspect conglomératique. Les associations fossilifères recueillies comprennent:

- 1) des formes calloviennes inconnues à la base de l'Oxfordien;
- 2) des formes du Callovien supérieur qui persistent aussi à l'Oxfordien inférieur et moyen;
- 3) des formes de l'Oxfordien inférieur (zones à Mariae et à Cordatum);
- 4) des formes de l'Oxfordien inférieur et moyen;
- 5) des formes de l'Oxfordien moyen (zone à Plicatilis) ou qui débutent avec l'Oxfordien moyen.

Cet horizon de remaniement est daté de l'Oxfordien moyen (zone à Plicatilis).

Les autres unités lithostratigraphiques du Jurassique supérieur ont été cartographiées mais leur étude détaillée n'est pas présentée ici.

Les corrélations entre les échelles lithostratigraphique et chronostratigraphique de P. CHOFFAT, J. PRATSCH, C. PALAIN et de l'auteur sont établies; en outre sont proposées des corrélations entre les échelles zonales du Carixien-Toarcién inférieur et Bajocien supérieur-Oxfordien moyen de France, d'Espagne (Asturies, Ibériques, Bétiques), d'Algérie (Oranie) et du Portugal (bassin au Nord du Tage, Algarve).



L'étude des associations de fossiles pyriteux fréquents dans les niveaux marneux du Bathonien supérieur-Callovien inférieur de Mareta nous amène à conclure que ces sédiments ont été déposés dans une vasière côtière, plus ou moins fermée, avec absence de courants. Bien que ces conditions puissent apparaître à une profondeur quelconque nous sommes en présence ici de la zone infralittorale car les taphocoenoses recueillies sont constituées presque seulement de formes nectoniques (ammonites, *Belemnites*) et planctoniques (*Bositra*). Les formes épibenthoniques fixées (crinoïdes, brachiopodes) ou libres (oursins, gastéropodes) sont rares et on ne connaît pas des formes endobenthoniques.



L'étude paléontologique de tous les Nautiloïdés et Ammonoïdés (exception faite des Kosmocératidés et Perisphinctidés) au total 31 taxa est présentée. La plupart d'entre eux n'avait jamais été citée auparavant en Algarve; quelques uns sont mentionnés pour la première fois au Portugal, l'un d'eux est nouveau (*Metaderoceras* sp. nov.).



Après avoir rappelé les différents domaines et provinces paléogéographiques on présente l'évolution au cours du Jurassique des bassins sédimentaires de la bordure portugaise de la Meseta.

En Algarve la grande extension des dépôts de marnes et calcaires dolomitiques, en partie marins, sans céphalopodes, permet de penser que, pendant le Lias inférieur, il n'a pas eu de grands changements paléogéographiques.

Les premières ammonites connues ont été recueillies à la base du Lias moyen du Cabo S. Vicente, dans des calcaires dolomitiques à nodules de silex, faciès mésogéen inconnu au Nord du Tage. L'association faunique présente un caractère méditerranéen à subméditerranéen.

La comparaison entre les associations fauniques de l'Algarve et du bassin au Nord du Tage montre que les communications entre

l'Europe boréale et la Mésogée, qui n'existaient presque pas au Carixien inférieur et moyen, sont devenues faciles pendant le Domérien inférieur.

Pendant les premiers temps pliensbachiens on peut définir deux mers au large de la Meseta: une mer épicontinentale à faune mésogéenne, développée vers le Sud de la Meseta, et, vers le Nord, une mer boréale, dont les épisodes transgressifs amènent des faunes boréales dans le bassin au Nord du Tage.

Pendant le Carixien supérieur-Domérien inférieur des transgressions conjuguées de ces deux mers vont faciliter les migrations des faunes le long des plateformes épicontinentales bordant les massifs hérités de l'orogénèse hercynienne.

Le bassin de l'Algarve appartient, sans doute, pendant le Lias à la province subméditerranéenne; au même moment le bassin au Nord du Tage est un domaine complexe où dominent tantôt les influences sub-boréales tantôt les influences mésogéennes.

En Algarve les premiers dépôts du Jurassique moyen présentent des réductions d'épaisseur systématiques et des lacunes contemporaines de perturbations de la sédimentation souvent connues en Europe occidentale. C'est alors qu'on a mis en évidence l'existence, près de Sagres, d'un récif qui séparait un domaine interne, de faciès lagunaire ou arrière-récif, d'un domaine externe largement ouvert aux faunes pélagiques.

Pendant le Callovien inférieur et moyen la présence de faunes mésogéennes, l'absence de faunes boréales et l'abondance de Phylloceratidés nous amènent à considérer l'Algarve occidentale comme appartenant à la province subméditerranéenne.

La présence du Callovien fossilifère de faciès pélagique dans la région de Loulé montre que la sédimentation marno-calcaire ne s'est pas limitée, pendant le Jurassique moyen, à l'Algarve occidentale. Il se prolonge vers l'Est où il est visible au cœur de quelques structures anticlinales. Ce fait est dû à l'augmentation de la profondeur des formations méso-cénozoïques au Sud de la flexure Sagres-Algoz-Querença.

À partir du Callovien moyen se marque dans la Péninsule l'ébauche d'une importante régression, bien marquée en Algarve par le ravinement qui coupe en biseau le Callovien moyen et supérieur.

L'abondance de Kosmocératidés dans l'horizon à nodules phosphatés ne change pas les limites des différentes provinces fauniques car ils demeurent des éléments minoritaires par rapport aux éléments autochtones d'affinités mésogéennes. Une reconstitution mobiliste conçue pour l'Europe occidentale permet de penser que les Kosmocératidés ont migré du Nord vers le Sud et l'Ouest, à travers d'un bras de mer qui reliait le bassin de Paris au Poitou et à l'Aquitaine. Passant entre la Meseta Ibérique et le Massif Armoricain ces faunes ont atteint le bassin au Nord du Tage au début du Callovien supérieur (zone à Athleta); en continuant leur progression vers le Sud et le Sudouest elles pénètrent en Algarve, dans le domaine mésogéen, au sommet du Callovien supérieur (zone à Lamberti). Cette migration implique l'existence, dès le Jurassique moyen, d'une mer Atlantique Nord largement ouverte à l'Ouest du Portugal et jusqu'au niveau du Poitou.

## ABSTRACT

Algarve Province, Southern Portugal, corresponds in part to a meso-cenozoic basin running along the coast from Cabo S. Vicente to beyond Spanish border.

Structurally it is a big monocline plunging southwards much deformed mainly by two East-West longitudinal flexures.

Lithostratigraphical and chronostratigraphical studies dealt specially with Jurassic formations. This and the geological mapping of the post-Hercynian sedimentary formations allow us to define the following units:

### Triassic – Lower Liassic

*Arenitos de Silves* (*Silves sandstones* sensu P. Choffat, pro parte) – At their base the Silves sandstones (0-150 m) are represented mainly by cross-bedded red sandstones. These unit is Upper Triassic (Keuper) in age, on the evidence of some Branchiopoda.

*Complexo margo-carbonatado de Silves* (*Silves marl-limestone complex* = *Silves sandstones* sensu P. Choffat, pro parte) (80-200 m) overlies the preceding, it may be reported to the Upper Triassic-Hettangian. It consists of a thick pelite-marl-dolomite-limestone series with many intercalations of greenstones. Since no fossils were found it is not possible to conclude whether it is still Hettangian or if it does correspond, in the whole or in part, already to the Sinemurian.

### Liassic

*Dolomitos e calcários dolomíticos de Espiche* (*Espiche dolomite-rocks and dolomitic-limestones*) – The usually massive and finely crystalline or saccharoidal dolomites and dolomitic-limestones are the thickest strata of the Algarve margin giving rise to several hills. Its thickness attains in certain points 60 metres at least.

Based on geometry and on lithological similarities with the carbonated complex of the northern basin of Tagus river (Peniche, São Pedro de Muel, Quiaios), this formation can be accepted as Sinemurian in age. As it happens with the carbonated complex, here also the first dolomite beds are non-isochronal throughout the region; upper time-limit of the dolomitic facies is either Lower Carixian, Lower Toarcian or even Lower Dogger.

The dolomitization is secondary but not much later than sedimentation. However, between Cabo S. Vicente-Vila do Bispo there is evidence of an even later secondary dolomitization related to the regional fault complex.

*Calcário dolomítico com nódulos de sílex da praia de Belixe* (*Belixe beach dolomitic-limestone with sílex nodules*) (50-55 m) – Ascribed to Lower or Middle Carixian on the basis of *Platypleuroceras* sp., *Metaderoceras* sp. nov. and *M. gr. venarense*.

*Calcário cristalino compacto com Protogrammoceras, Fucinoceras e ? Argutarpites de Belixe* (*Belixe compact crystalline limestone with Protogrammoceras, Fucinoceras and ? Argutarpites*) (30 m) – Ascribed to Lower Domerian. Middle and Upper Domerian are indicated but by a single specimen of ? *Argutarpites*.

*Calcários margosos e margas com Dactyloceras semicelatum e Harpoceratídeos de Armação Nova* (*Armação Nova marly limestones and marls with D. semicelatum and Harpoceratidae*) (25 m) – Ascribed to Lower Toarcian. Middle and Upper Toarcian formations are not known in the Algarve.

### Dogger

*Calcários oolíticos, c. cordílicos, c. pisolíticos, c. calciclásticos, c. dolomíticos e dolomitos de Almadena* (*Almadena oolitic-limestones, coral-reef-limestones, pisolite-limestones, limeclastic-limestones, dolomitic-limestones and dolomite-rocks*) (more than 50 metres), with lagoonal facies. Ascribed to Aalenian-Bathonian-? Callovian.

*Margas acinzentadas e calcários detríticos com Zoophycos da praia de Mareta* (*Mareta beach greyish marls and detritical limestones with Zoophycos*) (40 m) – Pelagic transreef facies with Upper Bajocian and Bathonian ammonites.

*Calcários margosos e margas da praia de Mareta* (*Mareta beach pelagic marly-limestones and marls*) (110 m) – Ascribed to the Callovian on its ammonites.

### Malm

Near Cabo S. Vicente and Sagres the first Upper Jurassic level consists of a yellowish-brown nodular, compact, locally phosphated and ferruginous, sometimes conglomeratic, marly limestone (0,35-1,50 m) containing a rich macrofauna, which includes:

- 1) Callovian forms unknown at Lower Oxfordian;
- 2) Upper Callovian forms that still survived in Lower and Middle Oxfordian;
- 3) Lower Oxfordian forms (Mariae and Cordatum Zones);
- 4) Lower and Middle Oxfordian forms (Mariae to Plicatilis Zones);
- 5) Middle Oxfordian forms (Plicatilis Zone), and some ones appearing in Middle Oxfordian.

This condensed deposit is therefore dated from Middle Oxfordian (Plicatilis Zone).

The other Upper Jurassic lithostratigraphical units were also mapped but their detailed study is not presented in this work.

Correlations between lithostratigraphical and chronostratigraphical scales from P. Choffat, J. Pratsch, C. Palain and from the

author are stated. Further correlations are attempted between zone scales of Carixian-Lower Toarcian and Upper Bajocian-Middle Oxfordian of France, Spain (Asturias, Iberian and Betic Chains), Argel (Orania) and Portugal (northern Tagus basin and Algarve).



The study of pyritous fossil assemblages common in Upper Bathonian-Lower Callovian marly levels of the praia da Mareta seems to suggest that these sediments were deposited in a bay or in an almost closed coastal re-entrance virtually without deep water circulation. Although such conditions may occur at any depth one may suppose that these ones actually correspond to an infralittoral neritic environment. The thaphocoenosis collected there are almost entirely composed of nektonic (ammonites, *Belemnites*) and planktonic (*Bositra*) faunas. The sedentary (crinoids, brachiopods) or free (sea-urchins, gastropods) epibenthonic forms are very scarce; endobenthonic forms are not known.



The palaeontological study of all Nautiloids and Ammonoids of the Liassic and Dogger is presented (except *Kosmoceratidae* and *Perisphinctaceae*). Among the thirty one taxa dealt with, one is new (*Metaderoceras* sp. nov.) and the great majority of the others has been identified for the first time in Algarve. Some others have never been reported before in Portuguese formations.



The evolution, during Jurassic times, of the sedimentary basins of the Portuguese plate margin is described.

The absence of Cephalopods in the very extensive marly and dolomitic limestones, partly marine, suggests that, during Lower Liassic, palaeogeography underwent no great changes.

Dolomitic-limestone with silex nodules from Cabo S. Vicente contain the first ammonites recorded at the base of the Middle Liassic. This facies, although very common in Tethys, is unknown north of the Tagus. The faunal assemblage has a mediterranean to submediterranean character.

Comparisons between faunal assemblages from Algarve with the ones known north of the Tagus show that communications between Boreal Europe and Tethys, virtually non-existent during Lower and Middle Carixian, became very easy during Lower Domerian.

In earlier Pliensbachian times two distinct seas were adjacent to the Iberian plate. One, an epicontinental sea with a tethyan fauna, extended southwards from the Meseta margin. Another, was a boreal sea; during its transgressive episodes boreal faunas attained into the basin north of the Tagus.

During Middle Carixian and Lower Domerian, owing to simultaneous transgressions, these two seas joined together allowing faunal exchanges along the epicontinental areas which limited the emerging hercynian chains belts.

During Liassic, the Algarve belonged undoubtedly to the tethyan submediterranean province. The area north of the Tagus, on the contrary, was a complex realm where subboreal and tethyan affinities alternatively prevailed.

In the Algarve the first Middle Jurassic deposits do frequently show lateral thickness reductions as well as unconformities contemporaneous with other generalized disturbances on the sedimentation processes in other parts of Europe. By this time, near Sagres, a barrier reef developed separating lagoonal or ante-reef facies from the transreef pelagic zone.

The presence of tethyan fauna, the abundance of *Phylloceratidae* and the absence of boreal forms allow us to consider the Algarve basin as a submediterranean province.

The presence of Callovian pelagic fossiliferous formations in the Loulé area shows that during Middle Jurassic the marl-limestone transreef sedimentation was not confined to the western Algarve. They would extend eastwards where they only can be seen in the core of some anticlines. This is due to the progressive sinking of the meso-cenozoic formations as we proceed towards the South of the Sagres-Algoz-Querença flexure.

In the whole of the Peninsula, and as for the Middle Callovian, an important regression can be clearly recognized on the evidence of an erosion surface which strikes obliquely the Middle and Upper Callovian strata.

The geographic boundaries of the different faunal provinces are not changed by the presence of many *Kosmoceratidae* in the phosphate nodules since they are but a minority in comparison with the tethyan forms. An abstract model can be constructed showing that in Western Europe the *Kosmoceratidae* may have migrated South and westwards through a channel of the sea that linked Paris basin and Poitou and Aquitaine. By migrating between the Iberian meseta and the Armorican massif this fauna reached northern Tagus basin at the beginning of Upper Callovian (Athleta Zone); this south and southwest bound migration would have proceeded, allowing such forms to reach Algarve basin only in latest Callovian times (Lamberti Zone). This migration means that during Middle Jurassic a widely spread North Atlantic sea would exist, flooding the western part of Portugal up to the Poitou.

## PREFÁCIO

*O Algarve é não apenas das mais belas províncias portuguesas como também das regiões mais interessantes do País, do ponto de vista geológico. O clima ameno, a simpatia dos algarvios, a beleza natural da região elegem-na como zona óptima para trabalho de pesquisa como o nosso, que exige, acima de tudo, espírito de observação cuidado e metódico.*

*A variedade e importância dos fenómenos geológicos que aí se podem observar não tem infelizmente apaixonado os geólogos. Por isso os trabalhos sobre a geologia algarvia têm sido raros e vários problemas importantes se encontram ainda em aberto.*

*Nos últimos anos a dinamização dos estudos sobre o Algarve fica a dever-se ao Professor Dr. CARLOS TEIXEIRA, a quem foi confiado, a seu pedido, em 1969, pelo então I. A. C., um projecto de investigação intitulado "Estudo Geológico do Algarve Ocidental". Tendo sido no triénio 1969-1971 o projecto principal do Centro de Estudos de Geologia Pura e Aplicada ele foi renovado para o triénio 1973-1975.*

*Foi dentro do âmbito das actividades deste projecto que o Professor Dr. CARLOS TEIXEIRA me encarregou da cartografia das formações sedimentares pós-hercínicas do Algarve ocidental (região de Sagres a Silves). Após as duas primeiras campanhas de campo foi definido o meu tema de dissertação de doutoramento. Assim, além da elaboração daquela cartografia ele devia concentrar-se no estudo da estratigrafia e paleobiogeografia do Jurássico algarvio e no estudo paleontológico da sua fauna de amonóides.*

*O tema sugerido era o complemento ideal para o trabalho que eu iniciara em 1964, ainda finalista do curso de Ciências Geológicas, com o Professor Dr. RENÉ MOUTERDE. Este primeiro contacto com problemas de cronostatigrafia e cartografia de formações jurássicas tinha-me marcado profundamente e aí, posso dizê-lo, iniciei a minha carreira de investigação.*

*Continuando a acompanhar o Professor Dr. R. MOUTERDE nos seus estudos sobre o Liásico a Norte do Tejo, ao mesmo tempo que executava a cartografia algarvia, mais fácil se tornou a minha tarefa no Sul do País.*

*Pouco a pouco os limites tanto temporais como espaciais do meu trabalho sofreram pequenas modificações. Aqui cito as principais:*

*1) Pretendendo os Serviços Geológicos de Portugal publicar rapidamente a carta n.º 51-B – Vila do Bispo, na escala 1/50 000, limitei-me aí a elaborar a cartografia do Liásico e do Dogger transrecifal. Como compensação e por questão de enquadramento de cartas, os limites cartográficos da minha tese passaram a abranger a totalidade das folhas n.ºs 595 (Silves) e 604 (Lagoa) dos Serviços Cartográficos do Exército, na escala 1/25 000;*

*2) Verificando que a cronostatigrafia das formações do Jurássico superior do Algarve ocidental teria de se basear, essencialmente, na micropaleontologia, os cortes apresentados terminam, regra geral, no horizonte de ressedimentação datado do Oxfordiano médio. Este horizonte foi assim escolhido como limite superior dos cortes do Dogger algarvio;*

*3) Dado que C. PALAIN (1975) apresenta na sua tese os aspectos essenciais da estratigrafia dos "Grés de Silves" apenas farei, no que se refere a esta formação, referências sucintas de modo a poderem ser interpretados os limites cartográficos utilizados.*

*O presente trabalho deve ser considerado como primeira contribuição estratigráfica e paleontológica para o estudo do Jurássico do Algarve, à luz dos conhecimentos actuais, bem diferentes daqueles que tinha P. CHOFFAT há noventa anos. A continuação deste trabalho para Leste, já iniciado, é indispensável para a construção de escala estratigráfica válida para o conjunto de toda a bacia. É este, aliás, um dos objectivos de uma das linhas de acção do novo Centro de Estratigrafia e Paleobiologia das Universidades de Lisboa.*



*O trabalho apresentado não é fruto exclusivo do meu labor pessoal. Assim, antes de iniciar a apresentação dos resultados obtidos não posso deixar de expressar os meus agradecimentos a todos aqueles que, de qualquer maneira, me ajudaram na consecução do objectivo que pretendi atingir.*

*Ao Professor CARLOS TEIXEIRA são dirigidas as minhas primeiras palavras de reconhecimento pelo constante apoio e orientação e pela oportunidade que me deu de realizar este trabalho, sempre acompanhado com o maior interesse. A ele devo igualmente apoio na obtenção de bolsas de estágio no estrangeiro, na realização de diversas campanhas de trabalho de campo e na impressão das cartas geológicas apresentadas.*

*Ao Professor RENÉ MOUTERDE devo toda a minha formação como estratígrafo. Desde o princípio ele tem seguido, passo a passo, a elaboração deste trabalho. As minhas frequentes estadas no seu Laboratório em Lyon e as dezenas de dias de trabalho de campo conjunto em Portugal, Espanha, França, Itália e Marrocos têm-me permitido aproveitar da sua enorme experiência profissional e dos seus vastos conhecimentos de estratigrafia do Jurássico europeu. Não posso esquecer também toda a simpatia e ajuda que devo às famílias RUGET e LAPICOREY. Para o Laboratório aqui fica o testemunho da minha maior gratidão.*

*Não olvido igualmente a experiência e os conselhos dos Professores H. TINTANT e M. T. ANTUNES a quem devo, em parte, a minha formação de paleontólogo. O seu espírito crítico e as suas observações têm-me sido da maior utilidade sempre que a eles me tenho dirigido.*

*As actividades de investigação que conduziram à execução deste trabalho, foram patrocinadas pelo antigo Instituto de Alta Cultura, reformulado no actual Instituto Nacional de Investigação Científica através do extinto Centro de Estudos de Geologia Pura e Aplicada (1969-1971, 1973-1975) e do Centro de Estratigrafia e Paleobiologia das Universidades de Lisboa (a partir de 1975). Regista-se igualmente a valiosa contribuição dada pela Comissão Permanente INVOTAN. Estas instituições concederam bolsas de estágio e investigação, no País e no estrangeiro, que me permitiram trabalhar no Laboratoire de Géologie das Facultés Catholiques de Lyon, no Institut des Sciences de la Terre da Université de Dijon, no Département des Sciences de la Terre da Université Claude Bernard (Villeurbanne), no Laboratoire de Géologie da Université des Sciences et Techniques du Languedoc (Montpellier) e no Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität (Göttingen), bem como participar em reuniões internacionais (Madrid, Vitória, Paris, Lyon, Dijon, Poitiers, Caen, Digne, Montreal) e conhecer parte do Jurássico da Europa (Espanha, França, Itália) e de Marrocos.*

*Ao Centro de Estratigrafia e Paleobiologia das Universidades de Lisboa e à Universidade Nova de Lisboa devo todas as facilidades materiais que possibilitaram a preparação e publicação deste trabalho. Agradecimento particular é devido ao Dr. P. FOLGADO e restante pessoal dos Serviços Gráficos da Universidade pelo interesse e carinho manifestados.*



Nos Serviços Geológicos de Portugal o Eng.º F. MOITINHO DE ALMEIDA facilitou-me sempre a consulta das colecções P. CHOFFAT e PEREIRA DE SOUSA, e auxiliou-me variadíssimas vezes em pesquisas bibliográficas. Que ele encontre aqui os meus agradecimentos pela ajuda que sempre me dispensou.

Ao Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências de Lisboa agradeço as facilidades de que sempre dispus para a execução deste trabalho.

É com enorme prazer que testemunho reconhecimento público aos especialistas que me ajudaram na resolução de problemas de vária ordem. Entre eles cito:

– O Professor M. RAMALHO e os Drs. J. PACHECO e G. MANUPPELLA com quem desde há anos discuto problemas da geologia algarvia. O primeiro estudou também algumas das minhas lâminas delgadas;

– O Doutor J. DELANCE, que classificou braquiópodes liásicos;

– O Doutor C. MANGOLD, que classificou algumas amonites do Batoniano;

– A Dr.ª C. RUGET, que estudou a microfauna do Toarciano e Batoniano;

– A Dr.ª S. ASSEMAT, que estudou algumas lâminas delgadas do Bajociano da praia de Mareta;

– Os Drs. E. CARIOU e J. THIERRY, com quem pude discutir problemas de estratigrafia e paleobiogeografia do Caloviano;

– O Dr. R. COMBEMOREL, que classificou algumas belemnites do Liásico e Dogger;

– O Dr. M. ROUX, que fez a revisão da fauna de crinóides do Dogger da praia de Mareta.

Uma palavra especial de agradecimento aos colegas BEATRIZ MARQUES e JOÃO PAIS cuja amizade e apoio em diferentes circunstâncias têm sido inestimáveis.

Trabalharam comigo, como estagiários, no levantamento geológico da região estudada os actuais colegas L. CARDOSO DA SILVA, C. A. LOPES, L. BRITO E MELO, A. NASCIMENTO JOAQUIM, J. ESTIMA COELHO, W. BRAVO CORREIA, M. OLIVEIRA E SILVA, A. ROSADO CRUZ e J. CARDOSO PAIS.

Ainda nos trabalhos de campo tive a valiosa colaboração do colector A. RODRIGUES, dos Serviços Geológicos de Portugal e do preparador-chefe JOAQUIM CÉSAR LOPES, do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências de Lisboa. A este último, companheiro inseparável dos últimos anos e a quem fico também a dever parte dos trabalhos fotográficos de que necessitei, deixo aqui bem expressos os meus agradecimentos.

Não posso esquecer igualmente todo o pessoal técnico que permitiu a realização desta obra e com quem mais de perto me foi dado contactar: J. CONDE MIRANDA que executou lâminas delgadas; A. C. BERNARDO que me ajudou em lavagens e preparação de fósseis; B. DÁMASO, M. DULCE GONÇALVES e A. A. RODRIGUES que executaram os desenhos e cartas apresentados; ALMEIDA REBELO, que superintendeu na impressão das cartas geológicas. A todos quero manifestar o meu profundo reconhecimento.

Finalmente agradecimento especial é dirigido a minha mulher, a meu pai, e a minha tia pela ajuda, compreensão e encorajamento contínuos, tão úteis e necessários quando nos dedicamos a trabalho desta índole.

