



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro Biomédico
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes

Giselle Ribeiro de Paula Machado

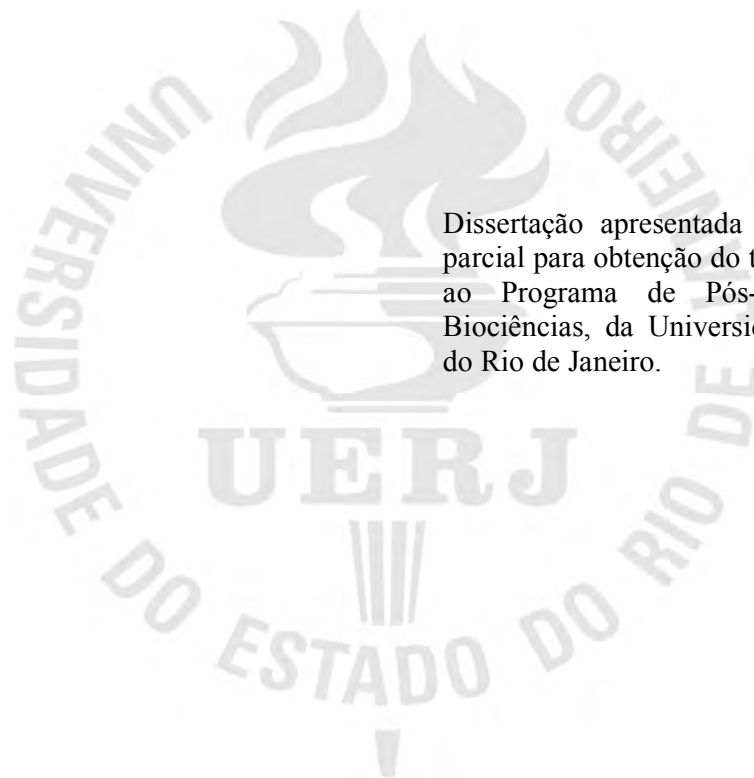
**Revisão anatômica e posicionamento filogenético das espécies de
Ionoscopiformes (Actinopterygii: Holostei) do Cretáceo do nordeste do
Brasil e de Puebla, México**

Rio de Janeiro

2011

Giselle Ribeiro de Paula Machado

**Revisão anatômica e posicionamento filogenético das espécies de Ionoscopiformes
(Actinopterygii: Holostei) do Cretáceo do nordeste do Brasil e de Puebla, México**



Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Biociências, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Marques Machado Brito

Rio de Janeiro

2011

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CB-A

M149 Machado, Giselle Ribeiro de Paula.

Revisão anatômica e posicionamento filogenético das espécies de Ionoscopiformes (Actinopterygii : Holostei) do Cretáceo do nordeste do Brasil e de Puebla, México. / Giselle Ribeiro de Paula Machado. - 2011. 167f.

Orientador : Paulo Marques Machado Brito.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. Pós-graduação em Biociências.

1. Peixe fóssil - Teses. 2. Peixe fóssil - Filogenia - Teses. 3. Peixe fóssil - Anatomia - Teses. I. Brito, Paulo Marques Machado. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. III. Título.

CDU 597

Autorizo apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Giselle Ribeiro de Paula Machado

**Revisão anatômica e posicionamento filogenético das espécies de Ionoscopiformes
(Actinopterygii: Holostei) do Cretáceo do nordeste do Brasil e de Puebla, México**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Biociências, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 24 de fevereiro de 2011.

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Marques Machado Brito
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ

Banca Examinadora:

Prof^a. Dra. Andrea Espinola de Siqueira
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes – UERJ

Prof. Dr. Carlos Eduardo Vieira Toledo
Universidade de São Paulo - USP

Prof. Dr. Jesús Alvarado-Ortega
Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM

Rio de Janeiro

2011

AGRADECIMENTOS

À Lucio Paulo, pelas fotografias, revisão do texto, discussões e ainda pela paciência, companhia e compreensão durante toda essa fase.

Aos meus familiares, Telma, Servulo, Daniel e Loopy, pelo apoio e compreensão durante minha vida acadêmica.

Aos familiares Ribeiro e Machado pelo apoio e torcida.

À Paulo Brito, pela orientação, discussões, confiança, incentivo e amizade.

À Jesús Alvarado-Ortega pelas discussões, auxílio nas preparações, empréstimo de bibliografia e pelo apoio e amizade.

À Andrea Espinola pelo apoio nos momentos mais difíceis, pelo carinho e pela revisão do texto.

À Camila Cupello pela divisão de todos os momentos, discussões, ajuda e amizade.

À Rafaela Aires pela amizade em todos os momentos.

Aos amigos da 2005/01 Felipe, Renata, Viviane, Aline, Paula, Ivan, Newton, Richard, Piatã e muitos outros pelo apoio e pela torcida.

Aos colegas do laboratório de Ictiologia, Tempo e Espaço Camila, César, Diogo, Ivan, Kleyton, Leo, Lucio, Milena e Ney pelo auxílio e pela torcida em todos os momentos.

À Dra. Perrilliat e Violeta Romero pelo auxílio na coleção da UNAM.

À Sra. Galkin pelo auxílio na coleção do American Museum.

À Dra. Deise pelo auxílio na coleção do Museu Nacional do Rio de Janeiro.

À CAPES pelo apoio financeiro na forma de bolsa de estudos.

Aos Drs. Jesús Alvarado Ortega, Andréa Espinola, Carlos Eduardo Toledo, Gisele Lessa e Maria Eduarda Leal por aceitarem participar da banca da presente dissertação.

À todos que de alguma forma contribuíram ou participaram da construção deste trabalho.

RESUMO

MACHADO, Giselle Ribeiro de Paula Machado. *Revisão anatômica e posicionamento filogenético das espécies de Ionoscopiformes (Actinopterygii : Holostei) do Cretáceo do nordeste do Brasil e de Puebla, México*. 2011. 150 f. Dissertação (Mestrado em Biociências) – Faculdade de Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

Os gêneros de peixes fósseis *Oshunia* e *Placidichthys* são holósteos pertencentes à Ordem Ionoscopiformes e provenientes do Cretáceo Inferior do Brasil, das bacias do Araripe e de Tucano. No clado Ionoscopiformes *sensu* Grande & Bemis (1998) estão incluídas as famílias Ionoscopidae e Ophiopsidae, todavia as relações internas deste grupo ainda são duvidosas. *Oshunia* e *Placidichthys* fazem parte das famílias Ionoscopidae e Ophiopsidae, respectivamente, sendo o gênero *Oshunia* considerado como mono-específico (cf., *O. brevis*), enquanto que *Placidichthys* apresenta duas espécies nominais (cf., *P. bidorsalis* e *P. tucanensis*). Em função destas espécies terem sido descritas a partir de poucos espécimes, ainda existiam várias lacunas no conhecimento em relação as mesmas, como, por exemplo, a possibilidade da existência de outras espécies no gênero *Oshunia* e a falta de informações anatômicas, especialmente do crânio, da região occipital, dos ossos da face e da nadadeira caudal das espécies de *Placidichthys*. Outro ponto em aberto na literatura era a posição filogenética dos dois gêneros. Frente a estas questões, o objetivo da presente dissertação foi realizar uma revisão anatômica dos gêneros *Oshunia* e *Placidichthys*, a fim de ampliar o conhecimento anatômico e taxonômico acerca dos mesmos, além realizar uma análise filogenética da Ordem Ionoscopiformes, baseada em matrizes de caracteres existentes na literatura, para se obter um melhor posicionamento dessas espécies brasileiras. Em função da facilidade de acesso a material mexicano, também foram incluídos nesta revisão os gêneros *Teoichthys* e *Quetzalichthys* provenientes do Cretáceo da Formação Tlayúá, estes também peixes fósseis holósteos pertencentes à Ordem Ionoscopiformes. Do ponto de vista taxonômico, não foi possível confirmar a existência de novas espécies para o gênero *Oshunia*, entretanto ficou clara a presença de uma nova espécie pertencente ao gênero mexicano *Teoichthys*. A presente revisão proporcionou uma série de novas informações sobre a anatomia destas espécies de Ionoscopiformes, tais como a descrição dos ossos circumorbitais e do teto craniano e uma reinterpretação acerca da nadadeira dorsal de *Placidichthys bidorsalis*, ou ainda sobre a forma do rostral de *Teoichthys kallistos*. Da mesma maneira, esta revisão também ofereceu novos dados para a construção de uma nova hipótese filogenética para Ionoscopiformes, a qual se mostrou consideravelmente distinta das hipóteses filogenéticas anteriores (cf., relações internas de Ionoscopidae e o posicionamento do gênero *Teoichthys*). O baixo suporte para grande parte dos clados torna evidente a fragilidade das hipóteses de relacionamento interno do clado Ionoscopiformes, bem como a necessidade de uma revisão mais aprofundada das outras espécies deste grupo e dos caracteres a serem utilizados em futuras análises filogenéticas.

Palavras-chave: Ionoscopiformes. Cretáceo do Brasil. Cretáceo do México. Revisão. Filogenia. Holostei.

ABSTRACT

The fossil genera *Oshunia* and *Placidichthys* are holosteans, belonging to the Order Ionoscopiformes, from the Early Cretaceous of the Araripe and Tucano basins in Brazil. Ionoscopiformes *sensu* Grande & Bemis (1998) includes the families Ionoscopidae and Ophiopsidae, however the inner relationships of this clade are still uncertain. *Oshunia* and *Placidichthys* belong to the families Ionoscopidae and Ophiopsidae, respectively, and while the genus *Oshunia* is considered to be monospecific (cf., *O. brevis*), *Placidichthys* presents two nominal species (cf., *P. bidorsalis* and *P. tucanensis*). Especially due to the fact that these species were described from just a few specimens, there were still several gaps on the knowledge about them, as for example, the possible existence of additional species from the genus *Oshunia* and the lack of anatomical information, notably from the skull roof, occipital region, cheek bones, and caudal fin of *Placidichthys* species. Another debatable matter was the phylogenetic position of these two genera. Given these issues, the objective of the present thesis was to make a revision of the genera *Oshunia* and *Placidichthys*, with the aim of increasing the anatomical and taxonomic knowledge about them, and also to make a phylogenetic analysis of Ionoscopiformes, based on data matrixes from the literature, in order to achieve a stronger hypothesis over the relationships of these Brazilian genera. Granted the easy access to Mexican specimens from the Cretaceous of the Tlayúa Formation, the genera *Teoichthys* and *Quetzalichthys* were also reviewed on the present work. From a taxonomical point of view, it was not possible to conclude over the existence of new species from the genus *Oshunia*, however it was evident the presence of a new species belonging to the Mexican genus *Teoichthys*. The present revision brought a series of new information over the anatomy of these Ionoscopiformes species, such as a first description of the circumorbital and skull roof bones and a reinterpretation over the dorsal fin of *Placidichthys bidorsalis*, or about the shape of the rostral bone of *Teoichthys kallistos*. Likewise, this revision also offered new data for the construction of a new phylogenetic hypothesis for Ionoscopiformes, which was considerably distinct from the anterior ones (cf., inner relationships of Ionoscopidae and the placement of the genus *Teoichthys*). The low support for many clades makes evident the fragility of the phylogenetic hypotheses of Ionoscopiformes, as well as the necessity of a more detailed revision of other species from this group and also of the characters to be used on future phylogenetic analyses.

Keywords: Ionoscopiformes. Cretaceous of Brasil. Cretaceous of Mexico. Review. Phylogeny. Holostei.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Distribuição geográfica de Ionoscopiformes	16
Figura 2	Espécies de Ionoscopidae	18
Figura 3	Espécies de Ophiosidae	21
Figura 4	Evolução do mar de Thethys	22
Figura 5	Bacia do Araripe	25
Figura 6	Bacia de Tucano	27
Figura 7	Tlayúa Quarry	39
Figura 8	Preparação química	33
Figura 9	Medidas	36
Figura 10	Espécimes de <i>Placidichthys bidorsalis</i>	40
Figura 11	Crânio de <i>Placidichthys bidorsalis</i> (MPSC-s/n)	43
Figura 12	Nadadeira dorsal de <i>Placidichthys bidorsalis</i>	47
Figura 13	Detalhes da nadadeira caudal de <i>Placidichthys bidorsalis</i> (exemplar UERJ-PMB 300a).....	48
Figura 14	Detalhes do molde de <i>Placidichthys tucanensis</i> (exemplar UERJ-PMB92) ...	51
Figura 15	Crânio de <i>Teoichthys kallistos</i> , exemplar IGM3460	56
Figura 16	Detalhes de <i>Teoichthys kallistos</i>	59
Figura 17	Crânio de <i>Teoichthys</i> sp. nov. (exemplar 5344)	62
Figura 18	Crânio de <i>Teoichthys</i> sp. nov. (exemplar 1702)	65
Figura 19	Crânio de <i>Teoichthys</i> sp. nov. (exemplar 5752)	66
Figura 20	Detalhes de <i>Teoichthys</i> sp. nov.	69
Figura 21	Representação do crânio da espécie <i>O. brevis</i>	74
Figura 22	Neurocrânio de <i>Oshunia brevis</i> (exemplar AMNH12793)	76
Figura 23	Detalhe do neurocrânio de <i>Oshunia brevis</i> (exemplar AMNH12793)	77
Figura 24	Região occipital de <i>Oshunia brevis</i>	78
Figura 25	Série orbital de <i>Oshunia brevis</i>	81
Figura 26	Nadadeiras ímpares de <i>Oshunia brevis</i>	83
Figura 27	Nadadeiras pares de <i>Oshunia brevis</i>	84
Figura 28	Nadadeira caudal de <i>Oshunia brevis</i> (exemplar UERJ-PMB394)	86
Figura 29	Nadadeira caudal de <i>Oshunia brevis</i>	87
Figura 30	Crânio de <i>Quetzalichthys perrillatae</i> (exemplar IGM8592)	91
Figura 31	Nadadeiras ímpares de <i>Quetzalichthys perrillatae</i> (exemplar IGM8592)	94

Figura 32	Nadadeira caudal de <i>Quetzalichthys perrillatae</i> (exemplar IGM8592)	96
Figura 33	Consenso estrito das cinco árvores mais parcimoniosas	98
Figura 34	Consenso de maioria das cinco árvores mais parcimoniosas	99
Figura 35	Exemplar AMNH12000	106
Figura 36	Comparação das representações do neurocrânio de <i>Oshunia</i> (exemplar AMNH12793)	109
Figura 37	Osso indeterminado (X)	115
Figura 38	Hipóteses Filogenéticas para as relações de Ionoscopidae e Ophiopsidae ...	123
Figura 39	Árvore consenso utilizando a matriz de Alvarado-Ortega & Espinosa-Arrubarrena 2008 com a inclusão de espécies do gênero <i>Placidichthys</i>	125
Figura 40	Ornamentação dos ossos circumorbitais de <i>Ionoscopus cyprinoides</i> , exemplar CMNH4036 (retirado de Grande & Bemis 1998)	137
Figura 41	Forma da nadadeira dorsal	141
Figura 42	Centros vertebrais	149

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Comparação de exemplares de <i>Oshunia</i>	104
Tabela 2	Comparação entre espécies de Ophiopsidae.....	119
Tabela 3	Comparação entre exemplares de <i>Oshunia</i> e <i>Quetzalichthys</i>	121

LISTA DE ABREVIATURAS

AC	altura da cabeça
alpas	aba lateral do paraesfenóide
AMC	altura máxima do corpo
an	passagem para aorta
ang	angular
ao	antorbital
AP	altura do pedúnculo caudal
apa	autopalatino
ar	articular
asp	autoesfenótico
boc	basiocipital
bpt	processo basipterigóide
br	raios branquiostegais
bsp	basiesfenóide
CA	comprimento da nadadeira anal
CC	comprimento da cabeça
CD	comprimento da nadadeira dorsal
cdsp	canal do dermoesfenótico
ch	ceratohyal
cha	ceratohyal anterior
cl	cleitro
co	coranóide
CP	comprimento padrão
CPA	comprimento pré-anal
CPD	comprimento pré-dorsal
CPP	comprimento pré-pélvica
CT	comprimento total do corpo
cv	centro vertebral
de	dentário
dpt	dermopterótico
dsp	dermoesfenótico
d.scu	escudos dorsais

ebfu	fulcras basais epaxiais
epo	epiocipital
es	extraescapular
exo	exocipital
fasp	franja do autoesfenótico
fdpt	franja do dermopterótico
fm	forame magno
fma	fulcras marginais
fr	frontal
ffr	franja do frontal
fpt	fossa pós-temporal
g	placa gular
h	hiomandibular
hfbu	fulcras basais hipaxiais
hi	hipural
ic	intercalar
ifd	franja orbital do dermoesfenótico
io	infraorbital
iop	infraopérculo
l	lacrimal
le	etmóide lateral
mx	maxila
mpt	metapterigóide
na	nasal
oc	côndilo occipital
op	opérculo
opo	opstótico
ops	série opercular
ors	orbitoesfenóide
pa	parietal
papas	processo ascendente do paraesfenóide
pas	paraesfenóide
pcl	pós-cleित्रo
pdpt	processo do dermopterótico

phi	paripural
pmx	pré-maxila
pop	pré-opérculo
pro	proótico
pt	pós-temporal
pto	pterótico
pts	pteroesfenóide
pu	centro pré ural
q	quadrado
rar	retroarticular
ro	rostral
rp	raios principais
rpr	raios pró-correntes
sang	suprangular
scl	supracleitro
sco	escapulocoracóide
smx	supramaxila
sop	subopérculo
spo	esfenótico
sr	anel esclerótico
su	supraorbital
suo	suborbital
sym	simplético
u	centro ural
ud	urodermal
vo	vômer
v.su	escudos ventrais

LISTA DE SIGLAS

AMNH	American Museum of Natural History
CMNH	Carnegie Museum of Natural History, Pittsburgh, Pennsylvania
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
IGM	Colección Nacional de Paleontología, Instituto de Geología da Universidad Nacional Autónoma de México
MPSC	Museu de Paleontologia de Santana do Cariri
MN	Coleção do Museu Nacional do Rio de Janeiro
MN-UFRJ	Museu Nacional do Rio de Janeiro
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UERJ-PMB	Coleção da Universidade do Estado do Rio de Janeiro depositada no Laboratório de Ictiologia, Tempo e Espaço.
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
USNM	United States National Museum (atualmente: National Museum of Natural History; Smithsonian Institution)

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	15
1	MATERIAL E MÉTODOS	30
1.1	Preparação de exemplares	31
1.2	Preparação de moldes	32
1.3	Observações anatômicas	34
1.4	Análise filogenética	34
1.5	Nomenclatura	35
1.6	Medidas	35
2	RESULTADOS	37
2.1	<i>Placidichthys</i>	37
2.1.1	Sistemática paleontológica	37
2.1.2	Considerações gerais	38
2.1.3	Redescrição anatômica	39
2.2	<i>Teoichthys</i>	52
2.2.1	Sistemática paleontológica	52
2.2.2	Considerações gerais	53
2.2.3	Redescrição anatômica	54
2.3	<i>Oshunia</i>	70
2.3.1	Sistemática paleontológica	70
2.3.2	Considerações gerais	71
2.3.3	Redescrição anatômica	72
2.3.4	<i>Oshunia</i> como uma ou mais espécies nominais	85
2.4	<i>Quetzalichthys</i>	88
2.4.1	Sistemática paleontológica	88
2.4.2	Considerações gerais	89
2.4.3	Redescrição anatômica	89
2.5	Análise filogenética	95
3	DISCUSSÃO	100
3.1	Nomenclatura	100
3.1.1	Série orbital	100
3.1.2	Esfenótico, dermoesfenótico e autoesfenótico	101

3.1.3	Nadadeiras	102
3.2	Revisão anatômica	103
3.2.1	<i>Oshunia brevis</i>	103
3.2.2	<i>Placidichthys bidorsallis</i>	112
3.2.3	<i>Placidichthys tucanensis</i>	112
3.2.4	<i>Teoichthys</i>	112
3.2.5	<i>Quetzalichthys perrillatae</i>	118
3.3	Sistemática filogenética	121
3.3.1	Caracteres utilizados	126
3.3.2	Caracteres descartados	145
4	CONCLUSÕES	151
	REFERÊNCIAS	153
	APÊNDICE A - Proporções do corpo dos Ionoscopiformes do Brasil e México ...	157
	APÊNDICE B - Dados referentes a nadadeira dorsaldos Ionoscopiformes	158
	APÊNDICE C - Lista de caracteres da presente análise filogenética	159
	APÊNDICE D - Matriz de caracteres da presente análise filogenética	163
	APÊNDICE E - Árvores igualmente parcimoniosas da presente análise filogenética	164

INTRODUÇÃO

O clado Ionoscopiformes *sensu* Grande & Bemis, 1998 é uma ordem de peixes neopterígio fósseis com distribuição temporal do Triássico ao Neocretáceo. Esse clado apresenta ampla distribuição geográfica, abrangendo Europa, África, América do Norte e América do Sul (Fig. 1). Esta ordem, da forma como foi proposta, inclui duas famílias: Ionoscopidae Lehman, 1966 e Ophiopsidae Bartran, 1975. A primeira família apresenta quatro gêneros: *Ionoscopus* Costa, 1853; *Spathiurus* Davis, 1887; *Oshunia* Wenz & Kellner, 1986 e *Quetzalichthys* Alvarado-Ortega & Espinosa-Arrubarrena, 2008. Da mesma forma, a segunda família também apresenta quatro gêneros: *Ophiopsis* Agassiz, 1834; *Macrepistius* Cope, 1894; *Teoichthys* Applegate, 1988 e *Placidichthys* Brito, 2000. A ordem Ionoscopiformes é composta por 19 espécies e *sensu* Grande & Bemis (1998) é suportada principalmente pelos seguintes caracteres: presença de parietais longos e franja orbital do dermoesfenótico formando o tubo do canal sensorial.

As relações filogenéticas no interior do clado Ionoscopiformes permanecem duvidosas. Há uma série de desacordos na literatura quanto às relações dos diversos *taxa* pertencentes a essa ordem (e.g., Maisey, 1991; Gardiner et al 1996; Grande & Bemis, 1998 e Alvarado-Ortega & Espinosa-Arrubarrena, 2008). As opiniões divergem principalmente quanto ao posicionamento dos gêneros *Spathiurus*; *Furo* Gistel, 1848; *Brachyichthys* Winkler, 1861; *Osteorhachis* Egerton, 1868; *Heterolepidotus* Egerton, 1862 e *Neorhombolepis* Woodward, 1888, os quais podem pertencer ao clado Ionoscopiformes, mas apresentam ainda posicionamento duvidoso. Até o momento ainda não foi realizada uma análise com a inclusão de todos os gêneros considerados pertencentes a Ordem Ionoscopiformes. Para que esta análise possa ser realizada são necessárias revisões de diversas espécies a fim de levantar todas as informações necessárias para organizar o clado Ionoscopiformes e testar todas as relações filogenéticas propostas para este clado.

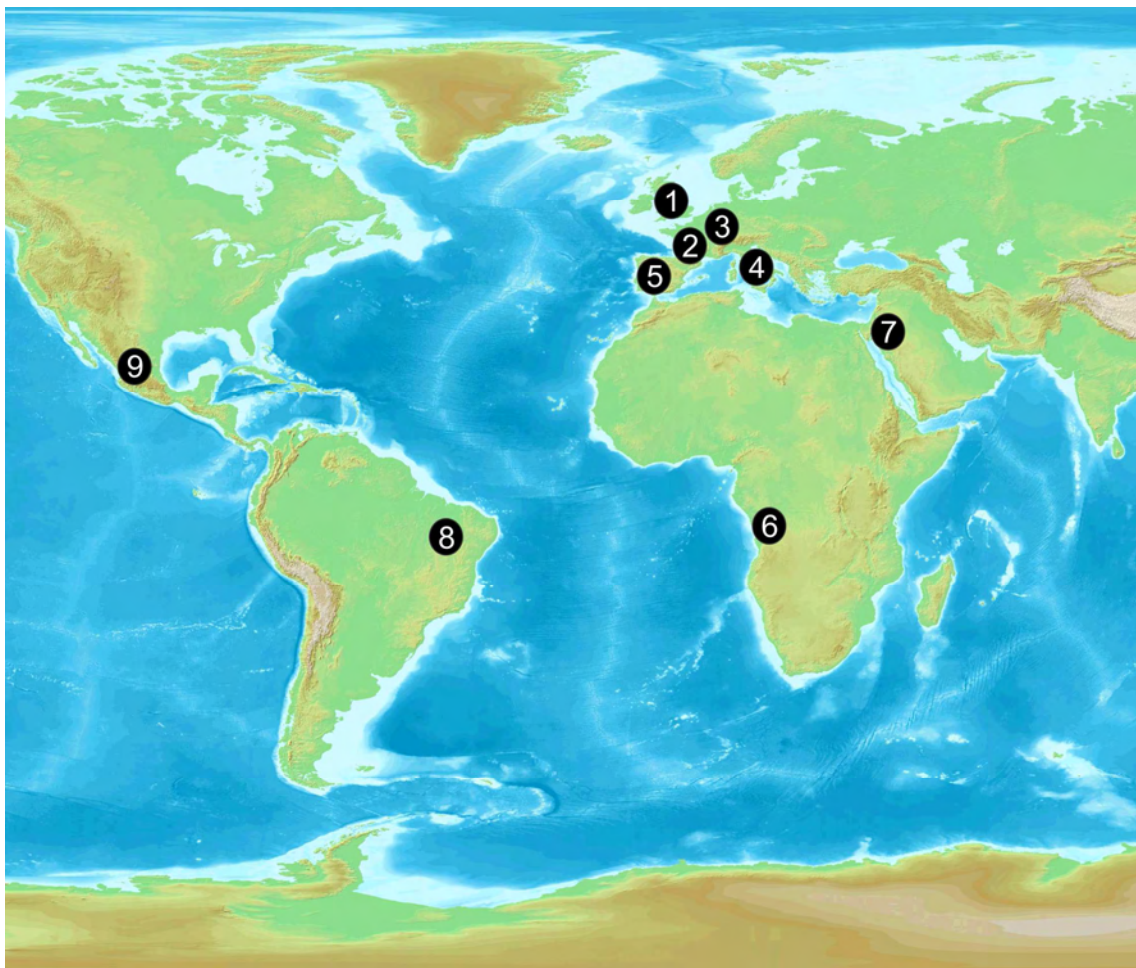


Figura 1: Distribuição geográfica de Ionoscopiformes. 1) *Ophiopsis. penicillata*, *O. dorsalis* e *O. brvicepes*. 2) *Ionoscopus. desorii*, *O. attenuata*. 3) *I. cyprinoides*, *O. procera* e *O. attenuata*. 4) *I. petraroiiae* e *O. lepturus*. 5) *O. montsechensis*. 6) *O. lepersonei*. 7) *Spathiurus. major* e *S. dorsalis*. 8) *Oshunia. brevis*, *Placidichthys bidorsalis*, *P. tucanensis*. 9) *Teoichthys. kallistos*, *Quetzalichthys. perrilliatae* e *T. sp. nov.* (Fonte: modificada de http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/archive/8/8b/20050428180358!WorldMap-B_with_Frame.png)

Histórico

- Ionoscopidae

O primeiro peixe ionoscópico - *Ionoscopus petraroiæ* - provém do Cretáceo Inferior da Itália e foi descrito por Costa em 1853. Esta espécie é pouco conhecida e nunca foi revisada após sua descrição. As espécies melhor conhecidas do mesmo gênero - *I. ciprynoides* e *I. desori* (Fig. 2B) - são encontrados no Jurássico da Alemanha e da França e ambas as espécies foram revisadas por Saint-Seine (1949).

Primeiramente, os peixes ionoscópicos foram considerados como pertencentes à família Oligopleuridae (e.g., Woodward, 1895). Posteriormente, em seu trabalho de morfologia craniana de *Ionoscopus*, Saint Seine (1949) reposicionou-os no interior da família Amiidae. Mas foi somente em 1966 que a família Ionoscopidae foi criada por Lehman e mantida na ordem Amiiiformes.

Wenz & Kellner (1986) descreveram a espécie *Oshunia brevis* (Fig. 2C), proveniente do Cretáceo do Brasil, e a posicionaram dentro da família Ionoscopidae devido a similaridades com *Ionoscopus*, principalmente, no endoesqueleto caudal e na região do quadrado. Em 1991, esta espécie foi revisada por Maisey, a partir da utilização de espécimes melhor preservados, que ainda incluiu no interior de Ionoscopidae os gêneros *Spathiurus*, *Oshunia* e *Ionoscopus*, baseando-se na presença de centros urais ossificados, no arranjo dos dentes e em similaridades das nadadeiras dorsal e anal.

Grande & Bemis (1998) abordaram alguns peixes ionoscópicos (e.g., *Oshunia brevis* e *Ionoscopus cyprinoides*) em seu estudo sobre amiídeos. Estes autores restringiram a família Ionoscopidae ao gênero *Ionoscopus* e criaram a nova família Oshunidae para incluir *Oshunia brevis*. Criaram, ainda, a ordem Ionoscopiformes para incluir as famílias Ionoscopidae, Oshunidae e Ophiopsidae.

Alvarado-Ortega & Espinosa-Arrubarrena (2008) descreveram uma nova espécie de Ionoscopidae - *Quetzalichthys perrilliatæ* (Fig. 2) - e baseados nos estudos de Grande & Bemis (1998) realizaram uma análise filogenética na qual reuniram essa espécie juntamente com as espécies *Oshunia brevis* e *Ionoscopus cyprinoides* na família Ionoscopidae (e.g., centro vertebral bem ossificado, sólido; superfície inferior dos ossos circumorbitais com uma série de aberturas de canais sensoriais; presença de dois supraorbitais e presença de duas fossas na lateral do centro vertebral, exceto em alguns centros urais), restringindo Ionoscopiformes novamente a duas famílias, Ionoscopidae e Ophiopsidae.

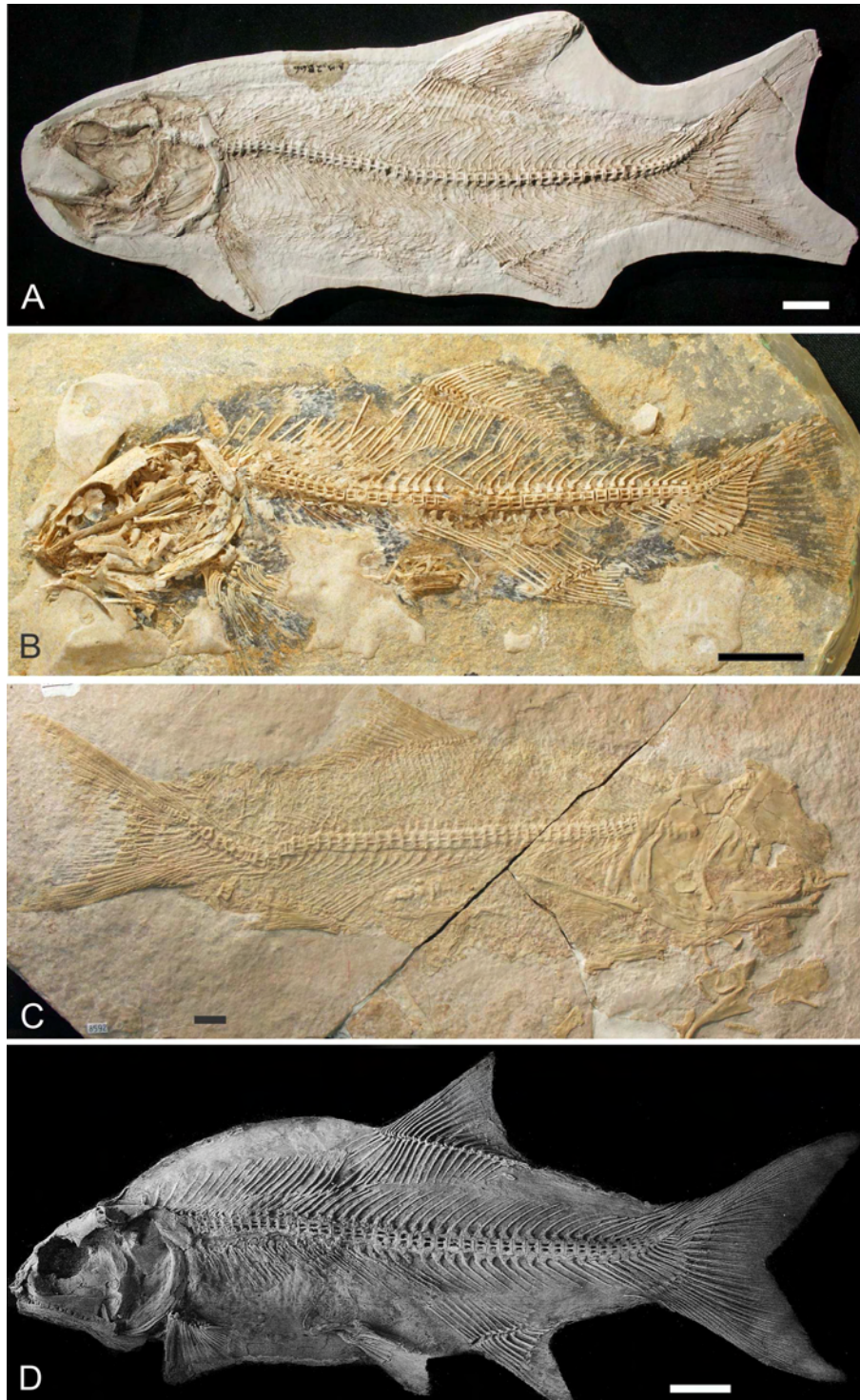


Figura 2: Espécies de Ionoscopidae. A) *Ionoscopus desori* (AMNH2866). B) *Oshunia brevis* (UEJ-PMB394). C) *Quetzalichthys perrilliatae* (IGM8592). D) *Ionoscopus cyprinoides* (CMNH4036; retirado de Grande & Bemis, 1998). Barra de escala corresponde a 2cm.

Desta forma, atualmente são considerados como pertencentes à família Ionoscopidae os gêneros: *Ionoscopus*, incluindo as espécies *I. petraroiiae*, *I. desorii* e *I. cyprinoides*; *Oshunia*, representado apenas pela espécie *O. brevis*; *Spathiurus*, incluindo as espécies *S. major* e *S. dorsalis*; e *Quetzalichthys*, incluindo somente a espécie tipo *Q. perrilliatae*. Por sua vez a família Ionoscopidae é considerada como pertencente à ordem Ionoscopiformes (*sensu* Grande & Bemis, 1998).

Ophiopsidae

A espécie tipo do gênero *Ophiopsis*, *O. procera*, provém do Jurássico Superior da Alemanha (Kimmeridiano) e foi descrita por Agassiz (1834), que no mesmo trabalho ainda descreveu as espécies *O. penicillata* e *O. dorsalis*, ambas do Jurássico da Inglaterra. A partir daí diversas espécies do gênero *Ophiopsis* foram descritas (e.g., *O. breviceps* Egerton, 1852; *O. lepturus* Bellotti, 1857; *O. attenuata* (Fig. 3 E), *O. aequalis* e *O. intermedia* Wagner, 1863; *O. guigardi* e *O. macrodus* Thiollière, 1873).

Anos mais tarde, Woodward (1895) incluiu todas as espécies do gênero *Ophiopsis* na família Macrosemiidae. A partir daí mais quatro novas espécies foram descritas para o gênero *Ophiopsis* (e.g., *O. lariensis* De Alessandri, 1910; *O. lepersonnei* Saint-Seine, 1949; *O. montsechensis* Wenz, 1968 e *O. cretaceous* Silva Santos & Valença, 1968) e algumas revisões foram realizadas (e.g., Woodward, 1918 e Saint-Seine, 1949).

Em 1975 Bartran revisou o gênero *Ophiopsis* e neste trabalho algumas espécies foram colocadas em sinonímia, além da família Ophiopsidae ter sido criada para incluir os gêneros *Ophiopsis* e *Macrepistius*, os quais pertenciam anteriormente às famílias Macrosemiidae e Caturidae, respectivamente. A família foi suportada principalmente pela presença da linha lateral entre os raios da nadadeira caudal. Bartran (1975) considerou como válidas apenas nove espécies para o gênero *Ophiopsis*, sendo elas: *O. procera* Agassiz, 1834; *O. attenuata* Wagner, 1863; *O. penicillata* Agassiz, 1843; *O. breviceps* Egerton, 1852; *O. dorsalis* Agassiz, 1843; *O. lepersonnei* Saint-Seine, 1950; *O. lepturus* Bellotti, 1857; *O. montsechensis* Wenz, 1968 e *O. cretaceous* Silva Santos & Valença, 1968.

Applegate (1988) descreveu uma nova espécie do Cretáceo Inferior do México, *Teoichthys kallistos* (Fig. 3 C), a qual incluiu na família Ophiopsidae, baseado principalmente na presença do canal da linha lateral entre os raios da nadadeira caudal. Em uma análise filogenética de Neopterygii Gardiner et al. (1996) sugeriram que *Heterolepidotus* e

Brachyichthys, anteriormente pertencentes a família Caturidae, poderiam ser incluídos na família Ophiopsidae, mas propuseram que estes dois gêneros continuassem como *incertae sedis*.

Em 2000, Brito descreveu a espécie *Placidichthys bidorsalis* sugerindo sua possível inclusão na família Ophiopsidae. Esse autor postulou ainda, que a espécie da família Ophiopsidae descrita por Santos & Valença (*O. cretaceus* nomen nudum) não apresentava nenhum caráter diagnóstico que justificasse seu posicionamento no interior de Ophiopsidae. Brito & Alvarado-Ortega (2008) reforçaram a sugestão de que *P. bidorsalis* estaria dentro de Ophiopsidae a partir da descrição de uma segunda espécie, *Placidichthys tucanensis*. Entretanto os autores apontaram a necessidade de maiores investigações para comprovar a monofilia de Ophiopsidae.

Desta forma, atualmente, a família Ophiopsidae (Fig. 3) abrange quatro gêneros: *Ophiopsis* (incluindo as espécies *O. procera*, *O. attenuata*, *O. penicillata*, *O. breviceps*, *O. dorsalis*, *O. lepersonnei*, *O. lepturus* e *O. montsechensis*), *Macrepistius* (incluindo *M. arenatus*), *Teoichthys* (incluindo *T. kallistos*) e *Placidichthys* (incluindo *P. bidorsalis* e *P. tucanensis*), restando, ainda, *Brachyichthys* e *Heterolepidotus* como gêneros possivelmente pertencentes a esta família.

A parte Ocidental do Mar de Tethys no Cretáceo

As espécies *Placidichthys bidorsalis*, *P. tucanensis* e *Oshunia brevis* são encontradas somente na América do Sul, em bacias brasileiras. Uma fauna muito semelhante, representada pelo gênero *Ophiopsis* ocorre na Europa e na África, além dos gêneros *Teoichthys* e *Quetzalichthys*, no México.

Esses peixes faziam parte de uma fauna que viveu confinada no mar de Tethys (Fig. 4), que se desenvolveu durante o Mesozóico, começando no Triássico e se expandindo de Leste (Europa e Norte da África) para Oeste (Caribe e Nordeste da América do Sul) (Brito & Alvarado-Ortega 2008). Essa fauna se dispersou através de eventos transgressivos de mares epicontinentais, ocasionados pela elevação do nível do mar, durante o Aptiano e o Albiano na América do Sul. Os mares epicontinentais se estenderam a partir do sul do Tethys alcançando a região onde hoje estão localizadas as bacias interiores do Nordeste do Brasil (Maisey, 1999).

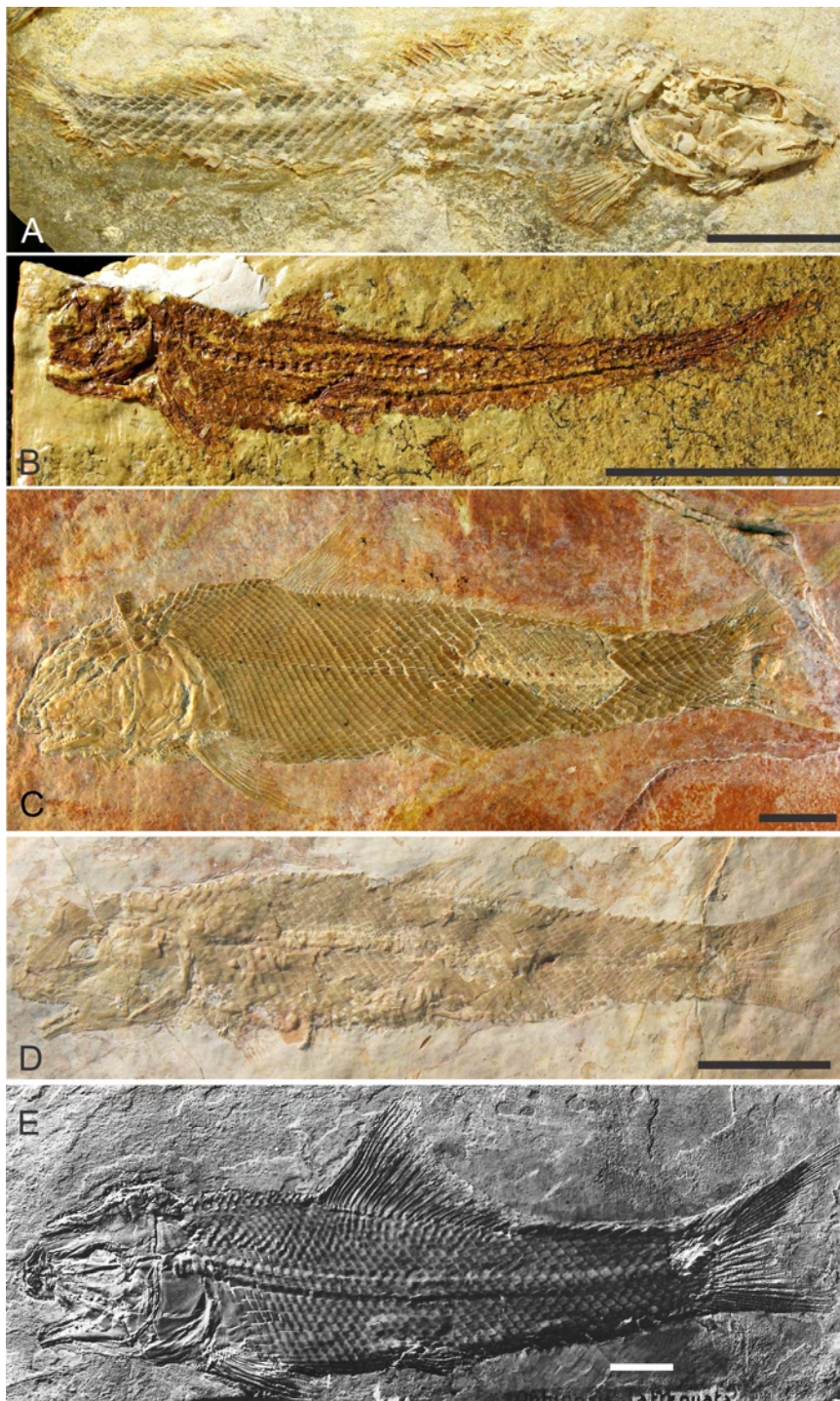


Figura 3: Espécies de Ophiopsidae. A) *Placidichthys bidorsalis* (UERJ-PMB300a). B) *P. tucanensis* (UERJ-PMB92). C) *Teoichthys kallistos* (IGM3460). D) *Teoichthys* sp. nov. (número provisório do Instituto de Geologia da UNAM, 1702). E) *Ophiopsis attenuata* (número 15.175, da Coleção do Museu de História natural de Lyon, retirado de Saint-Saine, 1949). Barra de escala corresponde a 2cm.

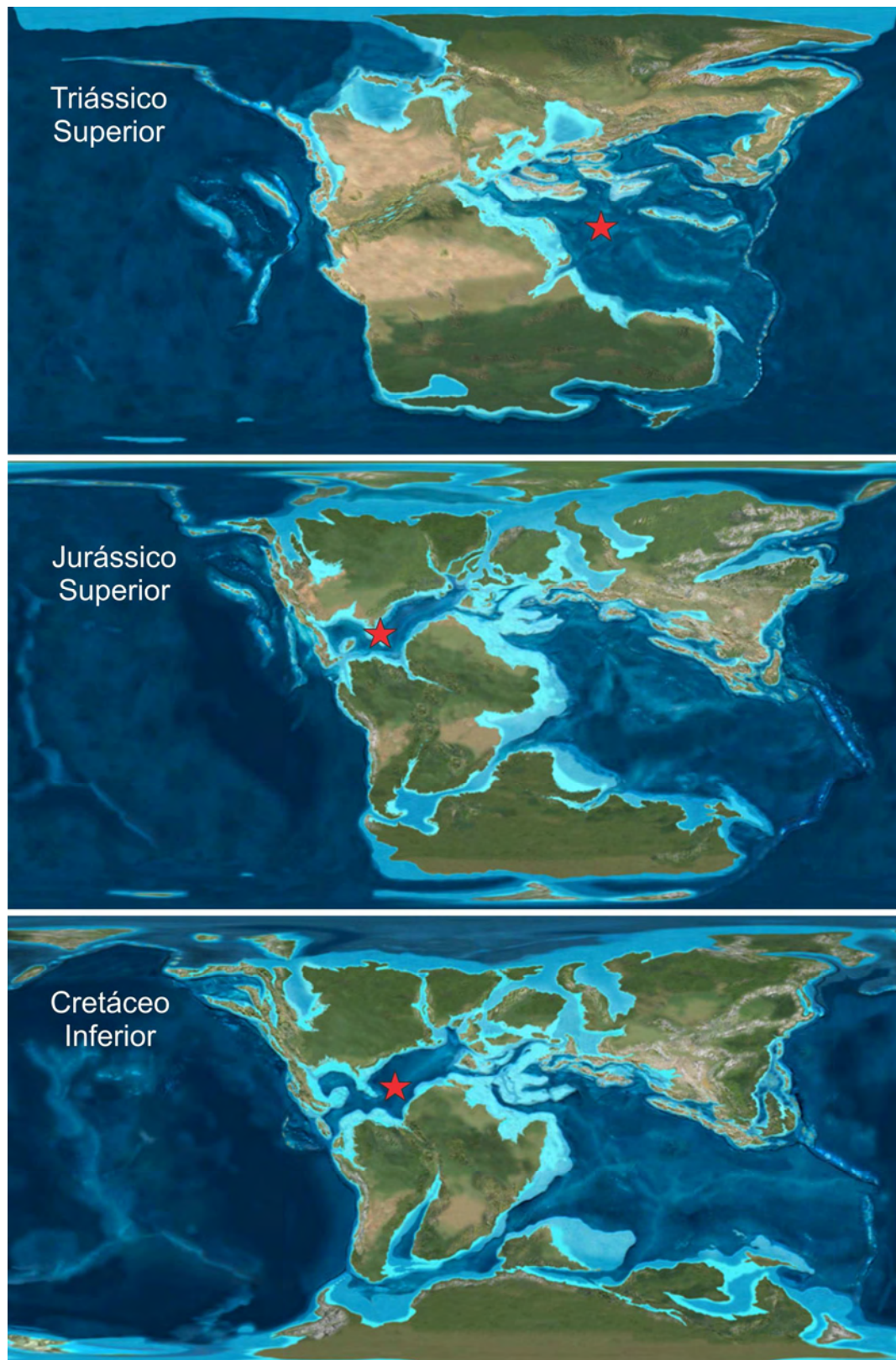


Figura 4: Evolução do Mar de Tethys. Mar de Tethys identificado por estrela. (Fonte: http://jan.ucc.nau.edu/~rcb7/rect_globe.html).

A ocorrência destes mares epicontinentais atuou como fator de dispersão para a fauna marinha Tethiana, e juntamente com os eventos de anóxia ocorrido nos oceanos durante o Cretáceo, contribuiu para ocorrência desses grupos em bacias interiores brasileiras, da mesma forma como em bacias na Europa, África e México.

Bacia do Araripe

Dentre as bacias interiores brasileiras está a Bacia do Araripe, localizada no Nordeste do Brasil e que se encontra nos limites dos estados do Ceará, Pernambuco e Piauí (Fig. 5). Sua história está ligada a eventos de rifteamento associados à abertura da parte Nordeste do Oceano Atlântico Sul desde o Jurássico até o Cretáceo Superior (Martill, 1993). De acordo com Ponte & Ponte-Filho (1996) essa Bacia inclui as três seqüências tectono-estratigráficas: fase *pré-rift*, *sin-rift* e *rift*.

Esta bacia é famosa pela diversidade de exemplares e pela qualidade de preservação dos fósseis que apresenta (e.g., Maisey, 1991). Segundo Martill (1993) estão compreendidas nesta bacia as formações Cariri, Missão Velha, Batateiras, Crato, Ipubi, Santana e Exu, sendo as quatro últimas reunidas como Grupo Araripe (Fig. 5 B). Este grupo tem espessura em torno de 380 a 400 metros, sendo que a Formação Exu tem sofrido com processos de erosão (Martill, 1993).

No presente trabalho, os exemplares originários da Bacia do Araripe são provenientes das formações Crato e Santana (Fig. 5C e D). A primeira compreende os membros Nova Olinda, Barbalha e Jamacaru e é considerada de idade Aptiana, enquanto a segunda é formada pelos membros Aroporonga, Pedra Branca e Romualdo, idade Albiana (Martill, 1993).

A Formação Crato, (*sensu* Martill, 1993), compõe-se de um conjunto diverso de rochas sedimentares, incluindo principalmente uma seqüência laminar orgânica, estratos laminares de calcário intercalados a siltitos, arenitos e argilas variadas, depositados durante o Cretáceo Inferior. É provável que sua porção mais espessa alcance no máximo 30 metros de altura (Martill, 1993). Essa unidade stratigráfica representa um ambiente lacustre ou lagunar, o qual teve sua salinidade aumentada com o tempo devido a diversas incursões marinhas. Essa característica de água doce pode ser justificada principalmente pela presença de conchostráceos e os aumentos de salinidade pela presença de cristais de sal em diversas camadas (Maisey, 2000). Os estratos desta unidade são ricamente fossilíferos, incluindo registros diversificados, abundantes e muito bem preservados. No entanto, a fauna de

peixes-fósseis não é muito variada, sendo predominante a presença de pequenos gonorynchiformes (*Dastilbe elongatus*) e raramente outros peixes como *Cladocycclus* (Ichthyodectiformes) e *Vinctifer longirostris* (Aspidorhynchidae) (Maisey, 2000).

A Formação Santana (Fig. 5B e C) é constituída por sedimentos não fluviais ou deltáicos que ocorrem acima da Formação Ipubi e abaixo da Exu. Essa unidade representa um ambiente que variou de água doce à salobra, apresentando diferentes níveis de salinidade (Maisey, 2000). A Formação Santana é composta basicamente por sedimentos sílticos, arenitos e argila (Martill, 1993). É conhecida pela preservação excepcional dos fósseis das concreções calcárias do membro Romualdo e pela grande variedade de *taxa*. Esse membro compõe-se de uma série de folhelhos sílticos laminares verde/cinza escuro, os quais contêm as concreções calcárias, e uma fina camada calcária na porção superior (Martill, 1993). A espessura desta unidade é difícil de determinar (Martill, 1993). Dentre a fauna de peixes fósseis encontrada estão eslamobrânquios (Hybodontidae e Rhinobatidae), neopterígius primitivos (Semionotidae, Lepisosteidae, Amiidae, Ionoscopidae e Pycnodontidae), diversos teleósteos (Aspidorhynchidae, Ichthyodectiformes, Albuloidea, Elopocephala, Ostariophysi e Clupeomorfa), euteleósteos e sarcopterígius (Actinistia) (Maisey, 2000).

Bacia de Tucano

A Bacia de Tucano encontra-se no Estado da Bahia e é provavelmente de idade Aptiana (Brito, 1979) (Fig. 6A). A história da evolução desta bacia e sua estratigrafia ainda permanecem duvidosas, entretanto, Brito & Alvarado-Ortega (2008) sugeriram que a Formação Marizal representa um único depósito lagunar formado a partir de influências marinhas na Bacia de Tucano, devido a eventos transgressivos de mares epicontinentais.

A Bacia de Tucano é uma continuação norte do mesmo ramo do *rift* que originou a Bacia do Recôncavo, logo, a coluna estratigráfica desta bacia apresenta a mesma seqüência encontrada na Bacia do Recôncavo (Fig. 6B). Desta forma, compreende as formações Aliança, Sergi e Itaparica, todas da fase pré-*rift* ou sin-*rift* I (e.g., Chang et. al, 1992), além das formações Candeias, Marfim e Pojuca, todas da fase sin-*rift* II. A presença de ostracodes não-marinhos sugere que as formações Aliança e Sergi sejam de idade Jurássica (Portalandiano), já a Formação Itaparica é provavelmente do Barresiano (Maisey, 1999). A colmatção total desta Bacia ocorreu com a deposição da Formação São Sebastião, a qual é

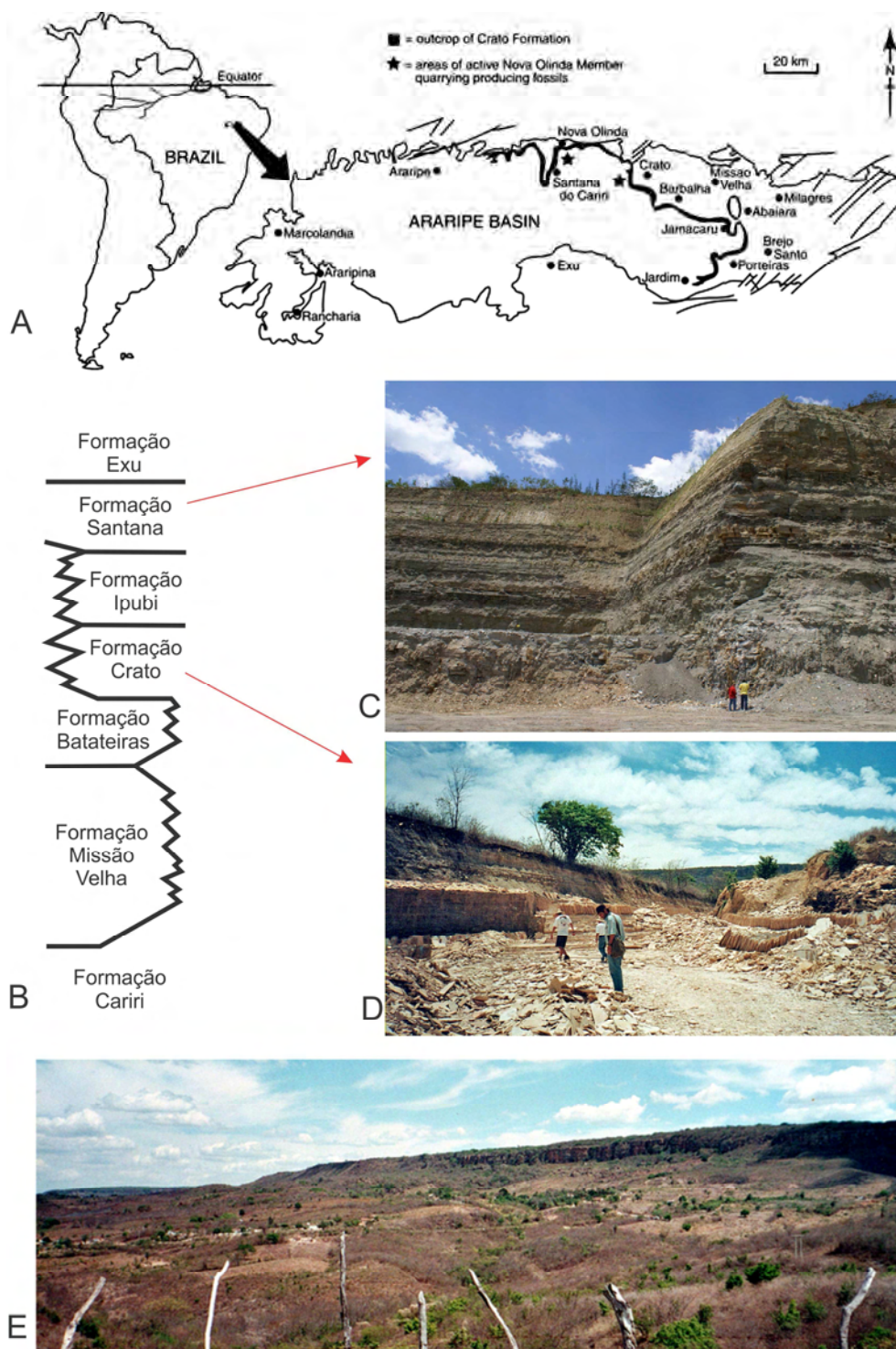


Figura 5: Bacia do Araripe. A) Localização (Fonte: modificada de Wilson, 2003). B) Estratigrafia (Fonte: modificada de Martill, 1993). C) Formação Santana. D) Formação Crato. E) Vista geral da Bacia.

constituída por sedimentos flúvio-aluviais. Sobre estes sedimentos ocorrem leques aluviais da Formação Marizal (Viro, 1985).

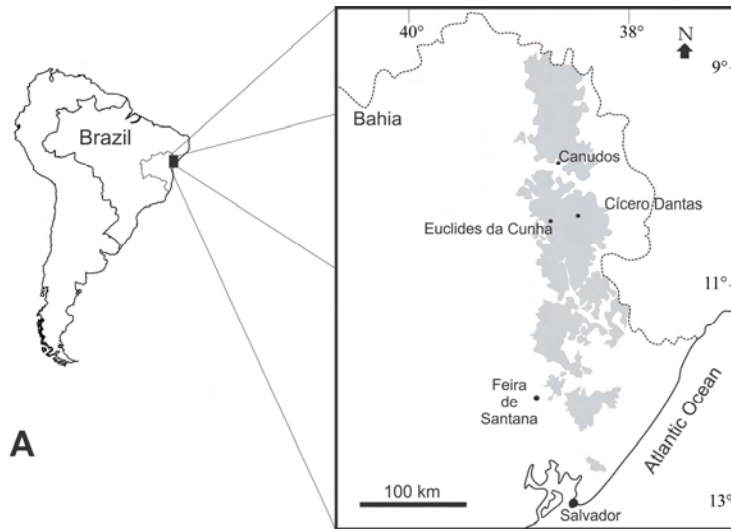
A Formação Marizal da Bacia de Tucano (Fig. 6C e D), de onde são provenientes alguns espécimes abordados no presente trabalho, é contígua a formação de mesmo nome da Bacia do Recôncavo, entretanto a fauna presente em cada uma parece não ser a mesma. Alguns autores tratam essas Bacias como uma unidade única Recôncavo-Tucano-Jatobá, outros tratam separadamente. A fauna observada na Formação Marizal da Bacia de Tucano é aparentemente uma fauna caracteristicamente Tethiana. Já a fauna da Formação Marizal da Bacia de Recôncavo, a qual ainda não foi descrita, acredita-se ser semelhante à fauna encontrada na Formação Missão Velha (Bacia do Araripe). Segundo Maisey (1991), dentre a fauna de peixes encontrada na formação Marizal estão descritos: *Aspidorhynchidae* (*Vinctifer longirostris*), teleósteos (*Clupavus brasiliensis*), Ophiopsidae (*Ophiopsis longipectoralis* e *Placidichthys tucannensis*), amiídeos (*Amiidarum sp.*), ictiodectídeos (*Cladocyclus sp.*), e gonorynchiformes (*Dastilbe elongatus*).

A Formação Marizal compreende arenitos com leitos de conglomerados clásticos finos, silte e algum calcário. Inclui as camadas de Cícero Dantas e ocupa a espessura de 300 metros na Bacia e no Recôncavo aflora em pequenas áreas na parte Norte e nas proximidades de Dias D'Ávila. (Brito, 1979).

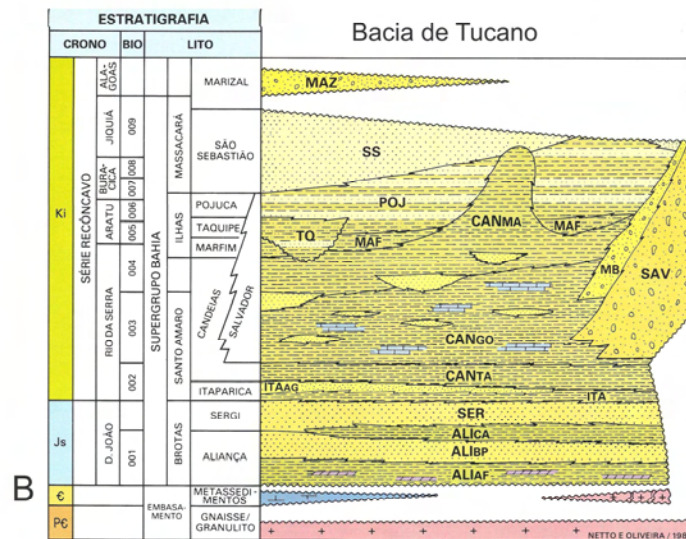
São tratados aqui exemplares originários da Bacia de Tucano (Nordeste do Brasil, Formação Marizal), os quais foram coletados próximo às cidades de Euclides da Cunha e Cícero Dantas (Fig. 6A).

Tlayúa

A pedreira de Tlayúa é a localidade mais importante de peixes fósseis mexicana e está localizada próximo à cidade Tepexi de Rodríguez, sudeste do Estado de Puebla, México Central (Fig. 7). Tlayúa é uma localidade de grande importância devido ao grande número de fósseis que apresenta e sua qualidade de preservação, sendo considerada como Lagerstätte por Applegate & Espinosa-Arrubarrena (1982). Esta localidade provavelmente se estendia da parte ocidental do Mar de Tethys (Caribe) até o oeste da América do Norte e não fazia parte do Gondwana (Maisey, 2000).



A



B



C



D

Figura 6: Bacia de Tucano. A) Localização (Fonte: modificado de Brito & Alvarado-Ortega, 2008). B) Carta Estratigráfica (retirado de Viro, 1985). C) e D) Formação Marizal.

A área de Tepexi de Rodríguez está dentro de uma região Paleozóica (Cambriano – Ordoviciano) de rochas metamórficas do complexo de Acatlán (Applegate et al. 2006). O ápice desse complexo é erodido e é coberto por uma camada de arenito afossilífera. Acima dessa camada, há uma fina seqüência de calcários do Jurássico Superior ou Cretáceo Inferior e logo acima dela está a Formação Tlayúa. Acima das camadas da formação Tlayúa, há uma fina camada de rochas Terciárias, pouco conhecida, a qual corresponde às formações Pie de Vaca e Agua de Luna (Applegate et al., 2006).

A Formação Tlayúa foi depositada no Cretáceo Inferior e é subdividida em três membros: Inferior, Médio e Superior (Fig. 7 B). O membro Inferior é de idade Albiana, mede cerca de 50m de espessura e é composto por camadas de calcário cinza-azulado, onde encontram-se preservados moluscos de várias espécies. O membro Médio, correspondente a pedreira de Tlayúa, é também de idade Albiana e é a unidade mais interessante da Formação Tlayúa, devido ao grande número e a enorme diversidade de fósseis que apresenta (Applegate et al., 2006). Este membro mede aproximadamente 35 metros de espessura e possui cerca de 700m de extensão. Neste membro Médio, os fósseis encontram-se preservados em finas camadas laminares de calcários de coloração amarelo-avermelhadas e camadas de hematitas marrom-avermelhadas. O membro Superior desta unidade é composto de dolomitas cinzas, sendo provavelmente de idade Cenomaniana (Applegate et al., 2006 e Alvarado-Ortega e Espinosa-Arrubarrena, 2008).

Da mesma forma como na América do Sul, o evento dos mares epicontinentais atuou como fator de dispersão contribuindo para a ocorrência de Ionoscopiformes em bacias sedimentares interiores mexicanas.

Todas as espécies mexicanas tratadas aqui (cf. *T. kallistos*, *Q. perriliatae* e *T. sp. nov.*) são provenientes da pedreira de Tlayúa e grande parte da fauna de peixes fósseis de Tepexi pertence aos mesmos gêneros brasileiros (Maisey, 2000).

Objetivos

Os objetivos da presente dissertação são:

- a) Realizar uma revisão e redescrição anatômica dos gêneros *Oshunia*, *Placidichthys*, *Teoichthys* e *Quetzalichthys* para ampliar os conhecimentos anatômicos sobre os mesmos;
- b) Investigar a existência de mais de uma espécie nominal para o gênero *Oshunia*;
- c) Realizar uma análise filogenética baseada nos dados obtidos na revisão anatômica e em matrizes de caracteres existentes na literatura a fim de posicionar os gêneros em questão.

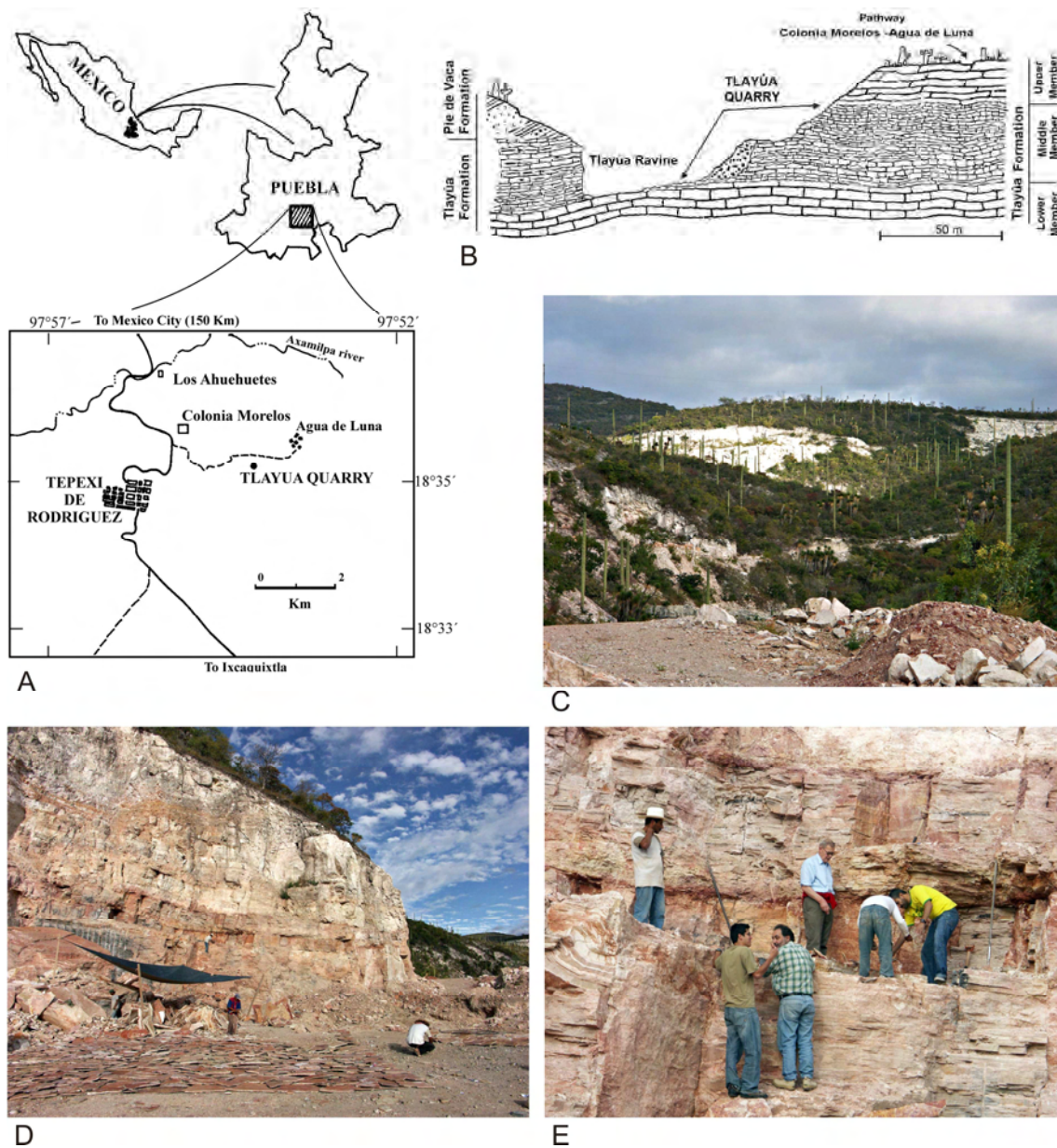


Figura 7: Pedreira de Tlayúa. A) Localização de Tlayúa (retirado de Brito & Alvarado-Ortega, 2008). B) Estratigrafia de Tlayúa (retirado de Alvarado-Ortega, 2005). C, D e E) Fotos de Tlayúa.

1 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do presente trabalho foram utilizados espécimes coletados recentemente por integrantes do Laboratório de Ictiologia, Tempo e Espaço da UERJ nas bacias do Araripe e Tucano, exemplares depositados em coleções científicas e também moldes de silicone ou resina de alguns exemplares.

As seguintes instituições foram visitadas para observação de espécimes ou forneceram exemplares ou moldes por empréstimo: American Museum of Natural History (AMNH); Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, cuja sigla das coleções é DGM); Instituto de Geología da Universidad Nacional Autónoma de México (IGM, antigo Instituto Geológico de México); Museu de Paleontologia de Santana do Cariri (MPSC); Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (MN-UFRJ).

Lista dos exemplares examinados

***Oshunia brevis* (n = 5)**

- MN 5801-V (holótipo; espécime completo, parte e contraparte), AMNH12793 (espécime completo, parte e contraparte), AMNH12000 (espécime fragmentado; parte e contraparte), AMNH11895 (espécime sem cabeça), UERJ-PMB 394 (espécime completo) e UERJ-PMB 395 (contraparte do espécime 394).

***Teoichthys kallistos* (n = 5)**

- IGM3460 (holótipo; espécime completo) e IGM4126 (espécime sem caudal), além dos exemplares pertencentes à mesma coleção com os seguintes números provisórios: 5849 (espécime completo), 5859 (espécime completo) e 5799 (espécime completo, com a parte anterior mal preservada).

***Quetzalichthys perriliatae* (n = 5)**

- IGM8592 (holótipo, espécime completo), IGM8593 (espécime sem cabeça), IGM8594 (espécime desarticulado), IGM8595 (nadadeira caudal e esqueleto posterior à nadadeira dorsal), IGM8596 (nadadeira caudal e esqueleto posterior à nadadeira dorsal).

***Placidichthys bidorsalis* (n = 3)**

- UERJ-PMB 300a e b (espécime completo, parte e contraparte), um exemplar completo ainda não numerado da Formação Santana, tratado aqui como MPSC-s/n e um exemplar da Formação Crato, UERJ-PMB 301.

***Placidichthys tucanensis* (n = 3)**

- UERJ-PMB 92 e o molde do mesmo exemplar (holótipo, espécime aproximadamente completo, sem a parte anterior do crânio), UERJ-PMB 90, UERJ-PMB 91a e b e os exemplares pouco preservados: DGM 981-P, DGM 981b-P, DGM 982-P e DGM 983-P.

***Teoichthys sp. nov* (n = 5)**

- Exemplares com numeração provisória da Colección Nacional de Paleontología, Instituto de Geología da UNAM: 1702 (holótipo; espécime completo), 187, 188, 5344 e 5752.

Alguns exemplares que não puderam ser observados:

- Não tive acesso aos exemplares depositados no Museu Nacional, MN 5799-V (espécime de *Oshunia sp.*) e MN 5800-V (exemplar de peixe não identificado que pela proximidade numérica pode se tratar de uma *Oshunia*), os quais não foram encontrados na coleção.

- Não pude observar dois exemplares da espécie *P. bidorsalis*, por impossibilidade de visitar a coleção: MPSC-P 288a e b (holótipo) e MPSC-P 775.

1.1 Preparação de exemplares

Para os exemplares recentemente coletados foram necessárias preparações químicas, seguindo a metodologia de Toombs & Rixon (1959) ou mecânicas. A primeira consiste na utilização de ácidos para dissolução da matriz calcária enquanto a segunda em uma preparação manual. Em alguns casos fez-se necessária a preparação de moldes dos exemplares antes da preparação química.

Para a preparação química é necessário, primeiramente, montar uma base de massa de modelar (plastilina) em torno do fóssil (Fig. 8A), com paredes mais altas que o próprio fóssil, sendo bem vedada para evitar o escape de resina. Em seguida, dá-se a preparação da solução

de resina, a qual consiste na mistura da mesma com o diluidor (monômero de estireno na proporção de 10%). Adiciona-se a essa mistura um catalisador na proporção de 1%. Despeja-se a mistura em cima do fóssil até cobri-lo por completo (Fig. 8 B). Após 48 horas com a resina já polimerizada, retira-se toda a massa de modelar. Como alternativa para acelerar o processo podem ser feitos sulcos na matriz calcária (Fig. 8 C) e o fóssil pode então ser mergulhado em uma solução de ácido fórmico em concentrações de até 10% (Fig. 8 D). Esta solução pode ser tamponada com fosfato de cálcio tribásico quando o fóssil é considerado muito frágil. Terminada a ação do ácido, o fóssil é retirado do mesmo e imediatamente imerso em água por cerca de 24 horas, para impedir que a sobra de ácido recristalize entre as lâminas ósseas do fóssil. Depois o fóssil é posto para secar e então suas estruturas expostas são coladas com uma solução de agente consolidante (“plexigum” + acetato de etila) para que se evite a desarticulação e perda das estruturas mais frágeis. O processo com o ácido deve ser repetido até que se obtenha o resultado esperado.

A preparação mecânica é necessária, principalmente, nos casos em que a matriz não pode ser dissolvida com a utilização de ácidos orgânicos, sendo utilizadas agulhas ou ponteiras.

1.2 Preparação de moldes

A preparação de moldes é indicada para exemplares nos quais podem ocorrer perda de estruturas durante a preparação, para espécimes de coleções de difícil acesso, como algumas de outros países e para exemplares de pouca visualização.

Como primeiro passo, é confeccionada uma base de massa de modelar (plastilina) em torno do fóssil, assim como na preparação química. Em seguida é necessário pincelar um pouco de vaselina líquida no fóssil, tendo cuidado para não obstruir os espaços. Segue-se a preparação da borracha de silicone, a qual deve ser misturada cuidadosamente ao catalisador, para que se evite a formação de bolhas. Então, despeja-se o silicone sobre o fóssil lentamente, até cobri-lo por completo. Realizados todos esses procedimentos, espera-se a secagem do silicone, que, então, pode ser removido.

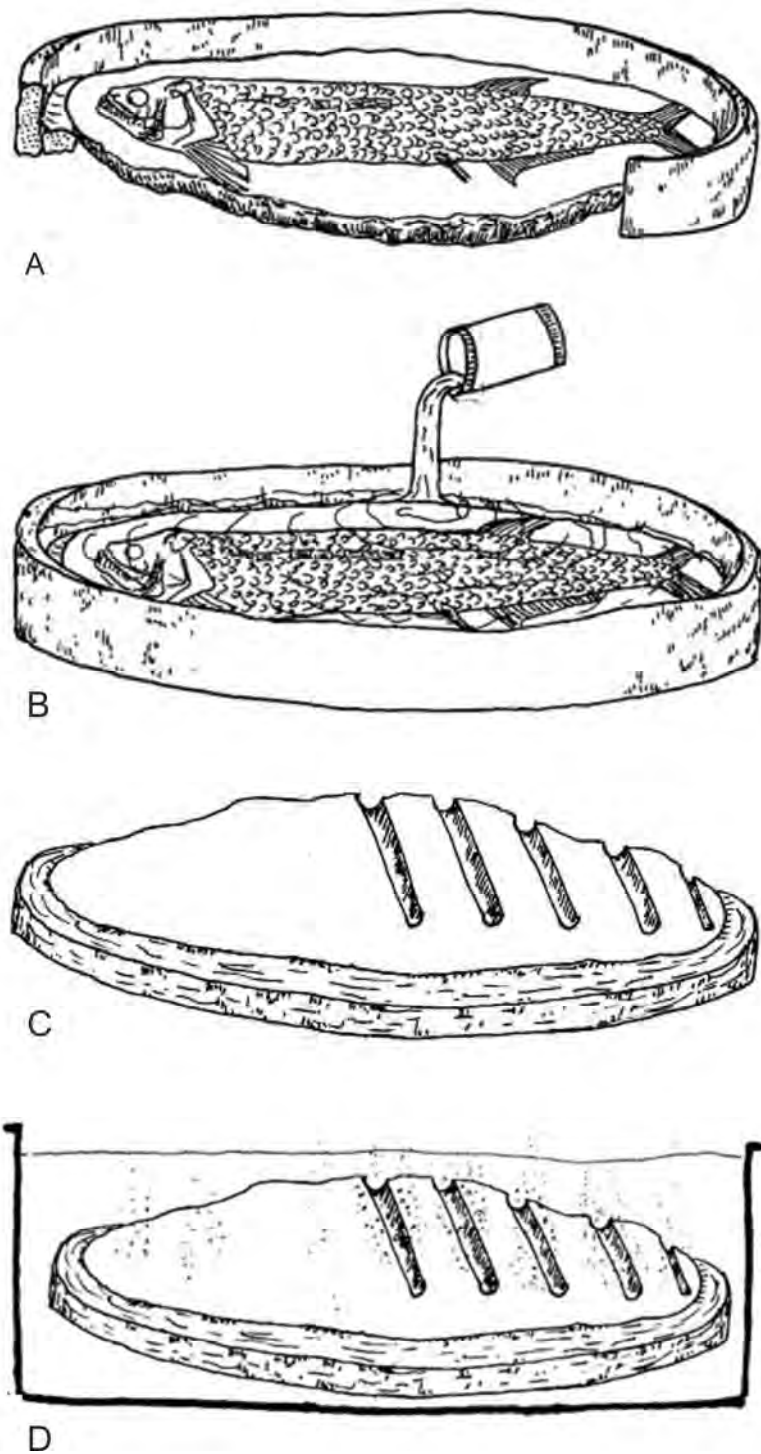


Figura 8: Preparação química. A) Confeção da base de plastilina. B) Aplicação da resina no fóssil. C) Confeção de sulcos na matriz. D) Imersão do fóssil no ácido. (Fonte: retirado de Brito & Leal, 2004).

1.3 Observação anatômica

Finalizadas todas as preparações, foi realizada a observação anatômica dos espécimes, sendo na maioria das vezes indispensável a utilização de binocular. Todos os exemplares foram fotografados, comparados entre si, assim como com as informações já existentes na literatura. Algumas vezes foi utilizado magnésio em fita sobre os exemplares ou moldes, a fim de se obter uma melhor visualização das estruturas. Foram confeccionados desenhos científicos com caneta nanquim para facilitar a ilustração de estruturas importantes.

A partir da observação anatômica foi realizada a redescrição das espécies.

1.4 Análise filogenética

Para a análise filogenética foi empregada a metodologia cladista com o auxílio de programas de computador. Foi utilizado o programa NDE (Page, 2001) para construção da matriz de caracteres, o PAUP 4.0b10 (Swofford, 1998) para análise de parcimônia e o TREE VIEW (Page, 1996) para impressão das árvores obtidas.

O grupo interno compreendeu o clado *Ionoscopiformes sensu* Grande & Bemis (1998) (cf. *Ionoscopus*, *Oshunia*, *Macrepistius* e *Ophiopsis*), além das espécies mexicanas, *Quetzalichthys perrilliatae* e *Teoichthys kallistos*, e das espécies brasileiras, *Placidichthys bidorsalis* e *Placidichthys tucanensis*. Foi incluída ainda no grupo interno uma nova espécie, a qual está sendo descrita pela primeira vez no presente trabalho (embora ainda não nomeada e tratada aqui como *Teoichthys* sp. nov.). Como grupos-externos foram utilizados os halecomórfos *Watsonulus eugnathoides* Piveteau, 1935, *Amia calva* Linnaeus, 1766 e *Calamopleurus cylindricus* Agassiz, 1841.

Os caracteres utilizados para elaboração da matriz de dados foram retirados do estudo filogenético de amiídeos realizado por Grande & Bemis (1998) e também dos trabalhos de Gardiner *et al.* (1996) e Alvarado-Ortega & Espinosa-Arrubarrena (2008). Alguns caracteres empregados nestes estudos foram modificados e outros não foram utilizados (ver discussão). Da matriz de dados mais recente (Alvarado-Ortega & Espinosa-Arrubarrena, 2008) foram mantidos dezesseis caracteres, descartados sete e incluídos oito. A matriz de dados contou com nove *taxa* e 23 caracteres. A lista e a matriz de caracteres encontram-se no apêndice (págs. 162 e 166, respectivamente).

Para a análise filogenética foi utilizado o método de busca exaustiva, com as opções padrões do programa. Todos os estados de caráter foram tratados como não ordenados e os caracteres multi-estado foram considerados como polimorfismo.

1.5 Nomenclatura

A nomenclatura utilizada para a redescrição anatômica foi baseada, principalmente, em Grande & Bemis (1998), por ser este o trabalho de grande importância mais recente à analisar o grupo em questão. Entretanto, para desfazer algumas confusões nomenclaturais foi necessário utilizar outras fontes, a saber: para a descrição das nadadeiras foi utilizado Arratia et al. (2008) e para os ossos da série orbital foi utilizada uma composição da nomenclatura de vários autores (e.g., Daget, 1964; Paterson, 1973 e Grande & Bemis, 1998). Ver na discussão (pág. 100) as explicações das modificações nomenclaturais realizadas a fim de sanar a dificuldade ocasionada pela utilização de diferentes designações para uma mesma estrutura.

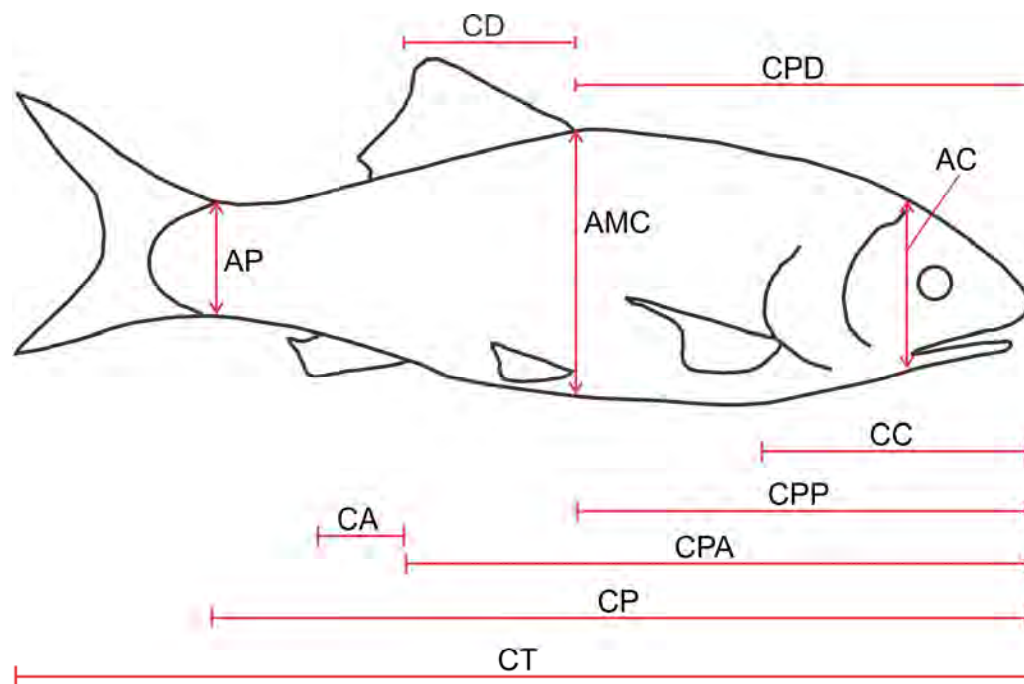
A lista de abreviaturas utilizadas pode ser encontrada nas páginas pré-textuais.

1.6 Medidas

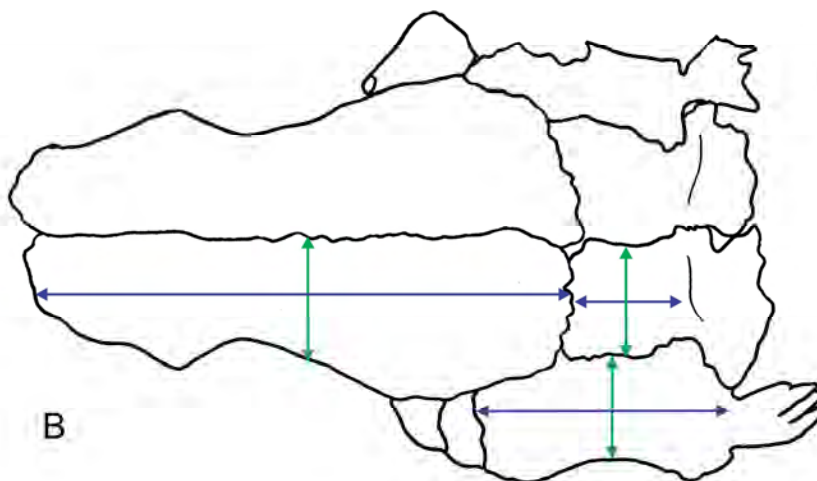
Em todos os exemplares analisados foram medidos, quando possível: comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), comprimento pré-dorsal (CPD), comprimento da nadadeira dorsal (CD), comprimento pré-pélvico (CPP), comprimento pré-anal (CPA), comprimento da nadadeira anal (CA), altura máxima do corpo (AMC), comprimento e altura da cabeça (CC e AC) e altura do pedúnculo caudal (AP). A forma como essas medidas foram realizadas está ilustrada na figura 9A.

Medidas de alguns ossos também foram realizadas principalmente para a definição de determinados estados de caráter para a análise filogenética. Para mensurar comprimento e altura ou largura, no caso do teto craniano, dos ossos foi seguida a mesma metodologia utilizada por Grande & Bemis (1998), na qual as medidas foram retiradas do ponto médio dos ossos, evitando que a irregularidade de forma dos ossos influenciasse no momento de comparação (Fig. 9B). Altura e comprimento foram considerados de acordo com a posição que estes ossos apresentam no corpo quando em vida, alguns exemplos estão presentes na figura 9B.

Todas as medidas efetuadas no presente trabalho foram realizadas com a utilização de um paquímetro eletrônico, modelo Mitutoyo.



A



B

Figura 9: Medidas. A) Proporções do corpo (Fonte: modificado de Alvarado-Ortgea & Espinosa-Arrubarrena, 2008). B) Medidas utilizadas para comparação dos ossos do teto craniano. Linhas azuis indicam o comprimento e as verdes a altura. Abreviaturas: AC: altura da cabeça; AMC: altura máxima do corpo; AP: altura do pedúnculo caudal; CA: comprimento da nadadeira anal; CC: comprimento da cabeça; CD: comprimento da nadadeira dorsal; CP: comprimento padrão; CPA: comprimento pré-anal; CPD: comprimento pré-dorsal; CPP: comprimento pré-pélvica; CT: comprimento total.

2 RESULTADOS

2.1 *Placidichthys*

2.1.1 Sistemática paleontológica

Divisão Holostei Huxley, 1861

Subdivisão Halecomorphi Cope, 1872

Ordem Ionoscopiformes Grande & Bemis, 1998

Família Ophiopsidae Bartram, 1975

Gênero *Placidichthys* Brito, 2000

Espécie tipo: *Placidichthys bidorsalis* Brito, 2000

Diagnose emendada: peixe ofiopsídeo relativamente pequeno, alcançando até 130 mm de comprimento total; corpo alongado e estreito; nadadeira dorsal com os raios medianos reduzidos dando a impressão da existência de duas nadadeiras dorsais; nadadeira caudal bifurcada; linha lateral entre os raios da nadadeira caudal; centro vertebral ossificado e sem fossas laterais; rostral em forma de “V” com processos laterais; lacrimal amplo; dermoesfenótico fazendo parte do teto craniano e formando o tubo do canal sensorial no canto superior da órbita, o qual envolve o autoesfenótico; dupla articulação mandibular; maxila superior com canal, se estendendo até o meio da órbita e apresentando a margem posterior convexa; processo coranóide formado por três componentes ósseos; 40 escamas ganóides ao longo da linha lateral.

***Placidichthys bidorsalis* Brito, 2000**

Holótipo: MPSC-P 288a e b (exemplar de corpo inteiro; parte e contraparte)

Localidade tipo: Chapada do Araripe, Nordeste do Brasil.

Estrato tipo: Membro Romualdo, Formação Santana, Cretáceo Inferior, Albiano.

Distribuição: Mesma do estrato tipo.

Etimologia: O nome genérico é composto pelo prefixo *Placi* como forma de homenagem ao Dr. Plácido Nuvens, diretor do Museu de Santana do Cariri, mais o sufixo *ichthys*, referente a peixe. O nome específico, *bidorsalis*, faz referência a presença de duas nadadeiras dorsais.

Diagnose emendada: peixe ofiopsídeo de corpo alongado, alcançando até 130 mm de comprimento; nadadeira anal presente; largura máxima do corpo cerca de 20 mm entre as nadadeiras peitoral e dorsal; cabeça ocupando $\frac{1}{4}$ do comprimento padrão; aproximadamente 9 escamas na fileira vertical da região do pedúnculo caudal; escamas ganóides com ornamentação denticulada na borda posterior.

***Placidichthys tucanensis* Brito & Alvarado-Ortega, 2008**

Holótipo: UERJ-PMB 92 (exemplar sem a parte anterior do crânio)

Localidade tipo: Bacia Tucano, Estado da Bahia, Nordeste do Brasil.

Estrato tipo: Formação Marizal, Cretáceo Superior, Aptiano (?).

Distribuição: Mesma do estrato tipo.

Etimologia: *Tucanensis*, relativo a Bacia Tucano, onde ocorre a espécie.

Diagnose emendada: peixe ofiopsídeo de corpo alongado e estreito, alcançando cerca de 55 mm de comprimento padrão; largura máxima do corpo atingindo cerca de 7 mm; nadadeira anal ausente; cabeça ocupando $\frac{1}{6}$ do comprimento padrão; cerca de 5 escamas na fileira vertical da região do pedúnculo caudal, região pós-pélvica longa.

2.1.2 Considerações gerais

O gênero *Placidichthys* é representado por duas espécies nominais *Placidichthys bidorsalis* Brito, 2000 e *Placidichthys tucanensis* Brito & Alvarado-Ortega, 2008 provenientes de bacias sedimentares brasileiras, a Bacia do Araripe (formação Santana e Crato) e a Bacia de Tucano (Formação Marizal), respectivamente. A presença da nadadeira dorsal dividida em duas é uma sinapomorfia de ambas as espécies (Brito & Alvarado-Ortega, 2008).

Placidichthys apresenta características gerais de halecomorfos (dupla articulação mandibular e concavidade na margem posterior da maxila) e pertence ao clado Ionoscopiformes em função de apresentar três sinapomorfias deste clado (cf., canal da linha lateral penetrando a maxila; margem posterior da maxila relativamente anterior, não se estendendo após a margem posterior da órbita e franja orbital do dermoesfenótico formando o tubo do canal sensorial) (Brito, 2000). *Placidichthys* é um peixe pequeno, de corpo alongado, com escamas ganóides. Seu possível posicionamento dentro da família Ophiopsidae foi

sugerido por Brito (2000) e mais tarde reforçado por Brito & Alvarado-Ortega (2008) devido, dentre outras características, à tendência de redução do número de escamas no flanco do pedúnculo caudal embora os mesmos autores tenham apontado a necessidade de novas investigações para confirmar o monofiletismo de Ophiopsidae. Propuseram ainda que o gênero *Placidichthys* formasse uma subfamília dentro desta família. Até o momento o gênero não foi incluído em nenhuma análise filogenética que testasse o seu posicionamento no interior de Ionoscopiformes.

2.1.3 Redescrição anatômica

Placidichthys bidorsalis

Os espécimes UERJ-PMB 300a e b (Fig. 10 B) são exemplares de corpo inteiro, os quais não apresentam a cauda completamente preservada. Estes foram utilizados aqui como base para a redescrição da espécie *Placidichthys bidorsalis*, além do exemplar MPSC-s/n (Fig. 10).

Placidichthys bidorsalis apresenta o corpo alongado e estreito, o qual atinge cerca de 125 mm de comprimento total. Estão presentes as nadadeiras peitorais e pélvicas e ainda uma nadadeira dorsal subdividida. A nadadeira anal é ausente. A cabeça é pequena e estreita tendo aproximadamente 30 mm de comprimento total e 15 mm de altura.

- Região etmoideana

Os espécimes de *Placidichthys bidorsalis* examinados apresentam essa região pouco preservada, com parte de um nasal convexo, visível anteriormente, recobrando a supramaxila. No exemplar MPSC-s/n é possível observar um rostral tubular, curvado medialmente e aparentemente quebrado (Fig. 11). Nele podemos observar também partes dos antorbitais. Nos exemplares UERJ-PMB 300a e b e no exemplar MPSC-s/n, encontra-se preservado o etmóide lateral, osso arredondado e irregular, o qual é anterior a órbita e está articulado a superfície ventral anterior do frontal (Fig.11). Abaixo do mesmo osso é visível no espécime UERJ-PMB300b uma peça óssea, provavelmente o autopalatino, osso que se articula ao etmóide lateral, endopterigóide e ectopterigóide, participando da suspensão do complexo palatino.



Figura 10: Espécimes de *Placidichthys bidorsalis*. A) Exemplar MPSC-s/n. B) UERJ-PMB 300b. Barra de escala corresponde a 2cm.