



UMA REVISÃO DA LITERATURA CIENTÍFICA SOBRE A CITOGENÉTICA EM ESPÉCIES DE PEIXES *Cheirodon* (CHARACIDADE: CHEIRODONTINAE)

DIOVANI PISCOR; LARISSA MACIEL KELLER

RESUMO

A ordem dos Characiformes é uma das mais numerosas em espécies de peixes de água doce, incluindo uma vasta gama de peixes que vivem em rios e lagos da África e da América (Na América - do Texas na América do Norte até a América Central e do Sul). A família Characidae é uma das mais representativas e numerosas da ordem Characiformes. Dentro de Characidae a subfamília Cheirodontinae compreende um grupo de pequenos peixes caracídeos neotropicais com habitats diversos e ampla distribuição no continente americano. O presente estudo objetivou realizar um levantamento bibliográfico das publicações citogenéticas de espécies do gênero *Cheirodon*, através da literatura científica. Para tanto, exaustivas buscas foram realizadas em websites, como Google acadêmico (Google Scholar), Scientific Eletronic Library Online (SciELO), Portal de Periódicos da CAPES e Elsevier (Scirus), utilizando combinações de palavras-chave nas línguas portuguesa e inglesa (por exemplo, cromossomos/ chromosomes, cariótipo/ karyotype, citogenética/ cytogenetics, evolução cariotípica/ karyotype evolution, entre outras), e os dados foram organizados em tabelas do Microsoft Word. A partir dos dados citogenéticos contidos na literatura, foi possível notar que o número diploide observado foi de $2n = 50$ cromossomos, para todas as espécies estudadas. O número fundamental (NF) apresentando foi NF = 66 e 68. A maioria das fórmulas cariotípicas foram constituídas de cromossomos de um braço para as cinco espécies. A região organizadora de nucléolo (RON) apresentou marcações múltiplas nos cromossomos das cinco espécies de *Cheirodon*. A localização cromossômica de sítios de DNAr, através da hibridização *in situ* fluorescente (FISH), foi variável entre as espécies. Por fim, é notável que as características conservadas, por exemplo, o mesmo número diploide e o alto número de cromossomos constituintes de um braço compartilhados entre as espécies de *Cheirodon* sugerem uma próxima relação entre os constituintes deste grupo.

Palavras-chave: Biologia; Cromossomos; Cariótipos; Peixes; Characiformes

1 INTRODUÇÃO

Dentro de Characiformes encontra-se a família Characidae, a qual é a mais numerosa, com 1234 espécies válidas, apresentando nove subfamílias (Aphyoditeinae, Aphyocharacinae, Characinae, Cheirodontinae, Exodontinae, Spintherobolinae, Stethaprioninae, Stevardiinae e Tetragonopterinae) e algumas espécies, alocadas provisoriamente, em *insetae sedis* dentro de Characidae, (Fricke; Eschmeyer; Fong, 2021). Characidae possui uma ampla distribuição nas bacias de água doce, desde o sul dos Estados Unidos até o norte da Patagônia, na Argentina, mas são especialmente diversos na América do Sul tropical (Mirande, 2019).

Dentro da família Characidae, a subfamília Cheirodontinae compreende um grupo de pequenos peixes caracídeos neotropicais, geralmente atingindo 30 a 40 mm de comprimento padrão (Malabarba, 1998; Malabarba, 2003; Malabarba *et al.* 2004), os quais são encontrados em planície de inundação do alto rio Paraná e nas suas áreas adjacentes (Ota *et al.*, 2018). Cheirodontinae apresenta 21 gêneros (sendo 16 gêneros válidos) e 82 espécies, das quais 66 espécies são válidas (Fricke; Eschmeyer; Fong, 2021).

Muito deve ser descoberto sobre a citogenética de peixes da subfamília Cheirodontinae. Deste modo, este trabalho teve como proposta realizar uma revisão da

bibliografia científica de dados sobre os cromossomos e marcadores citogenéticos de espécies de peixes pertencentes ao gênero *Cheirodon* (pertencente à subfamília Cheirodontinae), a fim de auxiliar na citotaxonomia e prover panoramas evolutivos para a subfamília.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Buscas de dados científicos

A presente pesquisa foi realizada a partir de consultas à literatura por meio de artigos de revistas científicas indexadas em websites, como o Google acadêmico (Google Scholar), Scientific Electronic Library Online (SciELO), Portal de Periódicos da CAPES e Elsevier (Scirus), para levantamento de informações citogenéticas em peixes do gênero *Cheirodon*. A seleção dos artigos científicos foi realizada utilizando combinações e/ou uso individual de palavras-chave, tanto em português como em inglês, como por exemplo: cromossomos (chromosomes), cariótipo (karyotype), citogenética (cytogenetics), evolução cariotípica (karyotype evolution), Banda-C (C-band), Ag-RON (Ag-NOR), Cheirodontinae, Characidae.

2.2 Organização e análises dos dados científicos

Os artigos, resultados das buscas, foram organizados em uma tabela do Microsoft Word, com o nome de cada artigo ou livro/capítulo de livro, nome da revista ou editora do livro/capítulo de livro, autores e ano de publicação. Os dados citogenéticos disponíveis nos artigos científicos/capítulos de livros foram organizados em uma tabela do Microsoft Excel e transferidos para o Microsoft Word. Os dados foram organizados utilizando uma coluna da tabela para a identificação das espécies do gênero *Cheirodon* que possuíam dados citogenéticos e as demais colunas abordaram os dados citogenéticos analisados, como por exemplo, número diploide, fórmula cariotípica, número fundamental (NF) e marcadores citogenéticos (por exemplo, Ag-NOR, Banda-C, DNAs repetitivos, entre outros).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pesquisas citogenéticas no gênero *Cheirodon*, têm demonstrado que o número diploide foi constante, apresentando $2n = 50$ cromossomos, para as espécies do gênero (Soto *et al.*, 2018, consulte a tabela 2). Com relação ao número fundamental as espécies estudadas apresentaram $NF = 66$ e 68 , sendo que um par a menos de cromossomos acrocêntricos foram observados em *Cheirodon kiliani* e *Cheirodon australe* ($NF = 68$). Nota-se que a composição da fórmula cariotípica foi muito similar para as cinco espécies estudadas, até o presente momento, e que a maioria dos cromossomos apresentavam um braço visível ao microscópio óptico, ou seja, a maioria dos cromossomos são acrocêntricos (Figura 1).

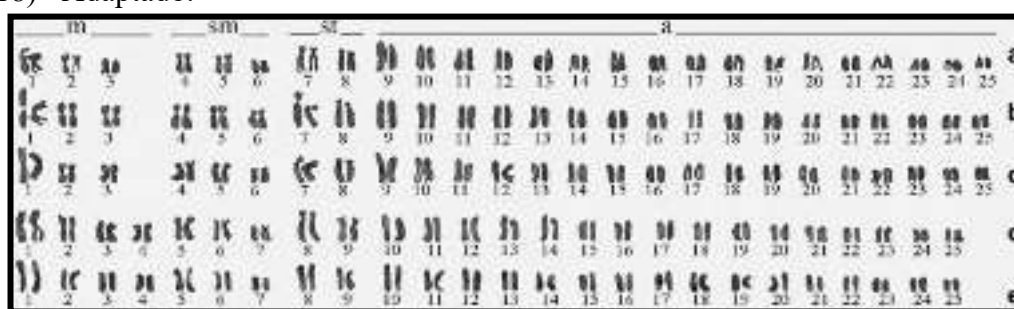
Tabela 1. Revisão da literatura científica sobre dados citogenéticos de peixes da gênero *Cheirodon*.

Espécie	2n	Fórmula cariotípica	1 ^{NF}	2 ^{BC}	Ag- RON	NAr 5S	DNAr 18S	Referências
<i>Cheirodon interruptus</i>	50	6m+6sm+4st+34a	66	3I	Múltiplo	7 ⁴ crom.	3 pares	Soto <i>et al.</i> (2018)
<i>Cheirodon pisciculus</i>	50	6m+6sm+4st+34a	66	3I	Múltiplo	7 ⁴ crom.	5 ⁵ crom.	Soto <i>et al.</i> (2018)
<i>Cheirodon galusdae</i>	50	6m+6sm+4st+34a	66	3I	Múltiplo	9 ⁴ crom.	2 pares	Soto <i>et al.</i> (2018)

<i>Cheirodon kiliani</i>	50	8m+6sm+4st+32a	68	3I	Múltiplo	9 crom.	2 pares	Soto <i>et al.</i> (2018)
<i>Cheirodon australe</i>	50	8m+6sm+4st+32a	68	3I	Múltiplo	*12 ⁴ crom. m.	8 ⁴ crom.	Soto <i>et al.</i> (2018)

¹NF = Número fundamental; ²BC = Banda-C; ³I = Imperceptível; ⁴Crom. = cromossomos; *Para *C. australe* duas marcações adicionais (em outra localidade cromossômica) nos pares 21 e 25 foram observadas.

Figura 1. Cariótipos de espécies de *Cheirodon* que ocorrem no Chile. (a) *C. interruptus*, (b) *C. pisciculus*, (c) *C. galusdae*, (d) *C. kiliani*, e (e) *C. australe* organizados a partir de cromossomos corados com Giemsa. Os cromossomos foram agrupados como metacêntrico (m), submetacêntrico (sm), subtlocêntrico (st) e acrocêntrico (a). Barra = 10 µm. Fonte: Soto *et al.* (2018) - Adaptado.

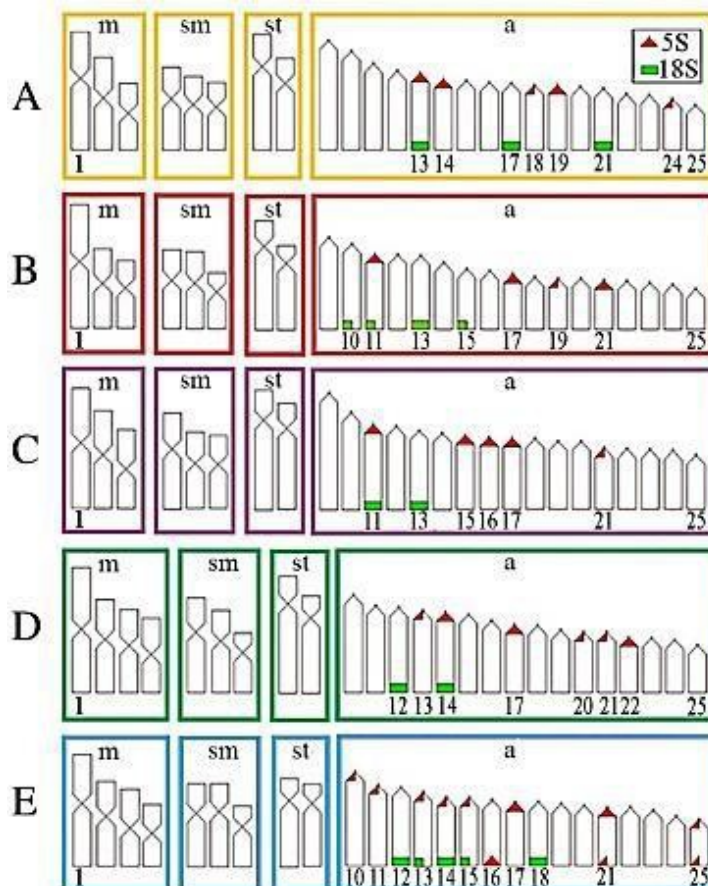


Segundo Soto *et al.* (2018), a hibridização *in situ* fluorescente (FISH) foi utilizada para detectar a localização cromossômica de sítios de DNAr 18S e 5S. Marcações com sondas de DNAr 18S mostraram variações para as cinco espécies de *Cheirodon* (dois pares para as espécies *Cheirodon galusdae* e *Cheirodon kiliani*, três pares para *Cheirodon interruptus*, cinco cromossomos – alguns não homólogos – para *Cheirodon pisciculus* e oito cromossomos – alguns não homólogos – para *Cheirodon australe*). Marcações com sondas de DNAr 5S foram observadas em cinco cromossomos (3 pares + uma marcação em apenas um dos homólogos) para *Cheirodon pisciculus* e *Cheirodon interruptus*, nove cromossomos (4 pares + uma marcação em apenas um dos homólogos) para *Cheirodon galusdae*, nove cromossomos (3 pares + 3 marcações em apenas um dos homólogos de 3 pares diferentes) para *Cheirodon kiliani* e doze cromossomos (3 pares + 6 marcações em apenas um dos homólogos de 6 pares diferentes – note, ainda, que um dos homólogos dos pares 21 e 25 apresentaram marcações adicionais) para *Cheirodon australe* (Soto *et al.*, 2018) (Figura 2).

De acordo com Soto *et al.* (2018) a prevalência do número de cromossomos acrocêntricos para as espécies de *Cheirodon*, o que provavelmente seja diferente dos outros caracídeos, pode ser decorrente de inversões e/ou translocações cromossômicas, e parece ser um padrão para o gênero.

Soto *et al.* (2018) acreditam, ainda, que as variações de polimorfismos de localizações de clusters de DNAr 18S e DNAr 5S podem ser decorrentes de ações de elementos transponíveis e/ou rearranjos cromossômicos.

Figura 2. Idiogramas com as localizações dos clursters de DNAr 5S (vermelho) e DNAr 18S (verde) em cinco espécies de *Cheirodon*. (a) *C. interruptus*, (b) *C. pisciculus*, (c) *C. galusdae*, (d) *C. kiliani* e (e) *C. australe*. Note que as barras coloridas (as verdes e as vermelhas) quando apresentadas pela metade são decorrentes de marcações em apenas um dos cromossomos homólogos. Fonte: Soto *et al.* (2018) - Adaptado.



4 CONCLUSÃO

A partir dos dados encontrados na literatura científica para as cinco espécies de *Cheirodon* é possível concluir que:

- O número diploide foi conservado para as cinco espécies de *Cheirodon* $2n = 50$ cromossomos;
- A relação de cromossomos de um braço (Acrocêntricos) foi, consideravelmente, constante para as espécies de *Cheirodon*;

Desta forma, é notável que características citogenéticas conservadas, apresentadas nestes estudos, sugerem uma próxima relação entre os representantes do referido grupo. Por fim, novos estudos citogenéticos podem apresentar contribuições futuras promissoras para a área.

REFERÊNCIAS

FRICKE, R.; ESCHMEYER, W. N.; FONG, J. D. Catalog of Fishes. Disponível em: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. Acesso em: 29 set. 2021.

MALABARBA, L. R. Monophyly of the Cheirodontinae, characters and majors clades (Ostariophysi: Characidae). In: MALABARBA, L. R.; REIS, R. E.; VARI, R. P.; LUCENA,

Z. M. S.; LUCENA, C. A. S. (Eds.). **Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes**. Porto Alegre, RS: EDIPUCRS, p. 193-233. 1998.

MALABARBA, L. R. Subfamily Cheirodontinae (Characins, tetras). *In*: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS, C. J. (Org.). **Check list of the freshwater fishes of South and Central America**. Porto Alegre, RS: EDIPUCRS, p.729, 2003.

MALABARBA, L. R.; LIMA, F. C. T.; WEITZMAN S. H. A new species of *Kolpotocheirodon* (Teleostei: Characidae: Cheirodontinae: *Compsurini*) from Bahia, northeastern Brazil, with a new diagnosis of the genus. **Proceedings of the Biological Society of Washington**, v. 117, n.3, p. 317-329, 2004.

MIRANDE, J. M. Morphology, molecules and the phylogeny of Characidae (Teleostei, Characiformes). **Cladistics**, v. 35, n. 3, p. 282-300, 2019.

OTA, R. R.; DEPRÁ, G. C.; GRAÇA, W. F.; PAVANELLI, C. S. Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes: revised, annotated and updated. **Neotropical Ichthyology**, v. 16, n. 2, 2018.

SOTO, M. A.; CASTRO, J. P.; WALKER, L. I.; MALABARBA, L. R.; SANTOS, M. H.; ALMEIDA, M. C.; MOREIRA-FILHO, O.; ARTONI, R. F. Evolution of trans-Andean endemic fishes of the genus *Cheirodon* (Teleostei: Characidae) are associated with chromosomal rearrangements. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 91, n. 8, 2018.