MUSEU DE ZOOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ROSANA FERNANDES DA CUNHA

**Revisão do gênero *Narcissia* Gray, 1840 (Echinodermata: Asteroidea:
Ophidiasteridae): da morfologia à taxonomia**

Revision of the genus *Narcissia* Gray, 1840 (Echinodermata: Asteroidea: Ophidiasteridae):
from morphology to taxonomy

São Paulo

2019

RESUMO

Desde a revisão taxonômica dos Ophidiasteridae por H. L. Clark (1921), em que 20 gêneros foram reconhecidos como válidos, vários novos gêneros e espécies foram incluídos nesta família, e os limites entre alguns deles se tornaram largamente arbitrários. Isso também se aplica a *Narcissia* Gray, 1840, cuja morfologia e taxonomia são, ainda hoje, muito mal compreendidas. Os principais objetivos desta pesquisa foram: revisar a taxonomia do gênero *Narcissia* ao longo de toda a sua área de distribuição, a partir de estudos morfológicos; redescrever e caracterizar, morfológicamente, *Narcissia trigonaria* Sladen, 1889 *strictu sensu*; caracterizar, morfológicamente, *N. canariensis* (d'Orbigny, 1839) e *N. ahearnae* Pawson, 2007, as duas espécies válidas mais semelhantes a *N. trigonaria*; rever a validade de *N. trigonaria helenae* Mortensen, 1933; rever a validade de *N. gracilis malpeloensis* Downey, 1975. Cerca de 370 espécimes do gênero *Narcissia* foram analisados: dois indivíduos de *N. ahearnae*, 82 espécimes de *N. canariensis*, 44 de *N. gracilis* e 242 de *N. trigonaria*. O material que serviu de base para nossos estudos pertence às coleções de museus nacionais e estrangeiras. A terminologia para estruturas morfológicas seguiu Clark (1921), Turner & Dearborn (1972), Clark e Downey (1992) e Gale (2011). As pedicelárias foram classificadas de acordo com Jangoux e Lambert (1988). Todas as estruturas morfológicas de importância taxonômica foram ilustradas. E, pela primeira vez, os caracteres internos deste grupo foram estudados, a partir de microscopia eletrônica e tomografia. Uma nova diagnose para o gênero *Narcissia* foi disponibilizada. Todas as espécies do gênero foram revisadas e morfológicamente redescritas. *Narcissia trigonaria*, descrita a partir de um juvenil, foi redescrita a partir de um exemplar adulto, proveniente da localidade tipo (Bahia). *Narcissia ahearnae* é considerada uma espécie válida, e *N. canariensis* e *N. trigonaria* entidades distintas. *Narcissia trigonaria helenae* foi colocada na sinonímia de *N. trigonaria*, e *N. gracilis malpeloensis* entrou para a sinonímia de *N. gracilis*. A classificação de *Narcissia*, dentro da Família Ophidiasteridae, foi contestada, a partir de caracteres morfológicos. Os dados obtidos neste trabalho são, de longe, os mais completos já adquiridos para o gênero *Narcissia* e, futuramente, podem servir de base para os estudos morfológicos de outros grupos da Classe Asteroidea.

Palavras-chaves: Equinodermos, asteroídeos, estrelas-do-mar, variação morfológica, estudo taxonômico.

ABSTRACT

Since the taxonomic revision of the Ophidiasteridae by H. L. Clark (1921), in which 20 genera were recognized as valid, several new genera and species were included in this family, and the boundaries between some of them became largely arbitrary. This also applies to *Narcissia* Gray, 1840, whose morphology and taxonomy are still very poorly understood today. The main goals of this research were: review the taxonomy of the genus *Narcissia*, throughout its range of distribution, from morphological studies; redescribe and characterize, morphologically, *N. trigonaria* Sladen, 1889 *str. s*; characterize, morphologically, *N. canariensis* (d'Orbigny, 1839) and *N. ahearnae* Pawson, 2007, the two valid species most similar to *N. trigonaria*; review the validity of *N. trigonaria* var. *helenae* Mortensen, 1933; review the validity of the *N. gracilis malpeloensis* Downey, 1975. About 370 specimens of the genus *Narcissia* were analyzed: two individuals of *N. ahearnae*, 82 specimens of *N. canariensis*, 44 of *N. gracilis*, and 242 of *N. trigonaria*. The material that has served as a basis for our studies belongs to the national and foreign collections. The terminology for morphological structures has followed Clark (1921), Turner & Dearborn (1972), Clark & Downey (1992) and Gale (2011). Pedicellariae were classified according to Jangoux & Lambert (1988). All morphological structures of taxonomic importance have been illustrated. And, for the first time, the internal characters of this group were studied, from electron microscopy and tomography. A new diagnosis for the genus *Narcissia* was constructed. All species of the genus were reviewed and morphologically redescribed. *Narcissia trigonaria*, described from a juvenile, was redescribed from an adult specimen, from the type locality (Bahia). *Narcissia ahearnae* is considered a valid species, and *N. canariensis* and *N. trigonaria* distinct entities. *Narcissia trigonaria helenae* was placed in the synonymy of *N. trigonaria*, and *N. gracilis malpeloensis* into the synonymy of *N. gracilis*. The classification of *Narcissia*, within the Family Ophidiasteridae, was contested, from morphological characters. The data set obtained in this work are, by far, the most complete already acquired within the genus *Narcissia* and, in the future, may serve as the basis for the morphological studies of other groups of the Asteroidea Class.

Key words: Echinoderms, asteroids, sea stars, morphological variation, taxonomic study.

1. INTRODUÇÃO

Desde a revisão taxonômica dos Ophidiasteridae por H. L. Clark (1921), em que 20 gêneros foram reconhecidos como válidos, vários novos gêneros e espécies foram incluídos nesta família, de modo que os limites entre alguns deles se tornaram arbitrários. Isso também se aplica a *Narcissia* Gray, 1840, cuja morfologia e taxonomia são, ainda hoje, muito mal compreendidas.

Gray (1840) estabeleceu *Narcissia* como um gênero monotípico na família Pentacerotidae Gray, 1840, para *Narcissia teneriffae* Gray, 1840, proveniente de Tenerife, Ilhas Canárias, Atlântico oriental. Contudo, Perrier (1875) notou que *N. teneriffae* e *Asterias canariensis* d'Orbigny, 1839 (Asteridae), também descrita das Ilhas Canárias, se tratavam da mesma espécie. Perrier (1885) combinou *A. canariensis* ao gênero *Narcissia* e inseriu *N. teneriffae* na sinonímia de *N. canariensis*.

Sladen (1889) descreveu *Narcissia trigonaria* (fig. 1) proveniente da Bahia, Brasil, e comentou sobre a similaridade entre as espécies de *Narcissia* e a espécie-tipo de *Nardoa* Gray, 1840, *N. variolata* (Bruzellius, 1805).

A utilização de exemplares juvenis, exclusivamente, na descrição de novas espécies engendra uma série de dificuldades ligadas, em resumo, às grandes variações morfológicas que ocorrem durante a ontogenia dos Asteroidea. O conhecimento precário sobre a morfologia de *Narcissia* levou Perrier (1894) a descrever juvenis de *N. canariensis* como uma nova espécie no gênero *Fromia* Gray, 1840, *Fromia narcissiae*. O equívoco de Perrier foi posteriormente percebido por Koehler (1909).

Verrill (1915), em seu trabalho sobre as estrelas-do-mar do Caribe, Flórida e Brasil, colocou *Narcissia* em Ophidiasteridae Verrill, 1870, juntamente com *Linckia* Nardo, 1834 e *Ophidiaster* L. Agassiz, 1836. Verrill caracterizou *Narcissia* da seguinte maneira: placas radiais dispostas em série, as da fileira mediana e das duas linhas marginais maiores, todas granuladas; pápulas simples ou em pares entre as placas; e três séries longitudinais de espinhos curtos e espessos, muitas vezes prismáticos, nas placas adambulacrais. Fisher (1919) sugeriu que *Narcissia* deveria ser realocada na família Goniasteridae Forbes, 1841, por não apresentar placas marginais idênticas às outras placas do disco, caráter recentemente considerado uma sinapomorfia putativa de Ophidiasteridae (Mah, 2017).

Na revisão mais recente realizada por H. L. Clark (1921), Ophidiasteridae contava com 20 gêneros válidos. Clark destacou que as espécies de *Narcissia* são facilmente reconhecidas

Figura 1. *Narcissia trigonaria* Sladen, 1889, *in situ*. A, Litoral da Bahia. Fotografia: C. Sampaio. B, Ilha Escalvada, Guarapari, ES, 2017. Fotografia: E. Hadju.

pelos braços trigonais, afilados, com poucas séries de placas abactinais e pápulas isoladas, confinadas à superfície abactinal. Clark & Downey (1992) acrescentaram algumas informações à diagnose de *Narcissia*, em sua maioria aceitas por Pawson (2007).

Atualmente, acredita-se que *Narcissia* seja composto por quatro espécies válidas, uma das quais com duas subespécies: *Narcissia ahearnae* Pawson, 2007, *Narcissia canariensis* (d'Orbigny, 1839), *Narcissia gracilis gracilis* A. H. Clark, 1916, *Narcissia gracilis malpeloensis* Downey, 1975 e *Narcissia trigonaria* Sladen, 1889. Entretanto, a validade de alguns desses táxons tem sido questionada (e.g., Walekamp, 1976).

Narcissia trigonaria foi descrita com base em um exemplar jovem o que, obviamente, impossibilitou a compreensão das variações morfológicas intraespecíficas. Essas dificuldades levaram Walekamp (1976) a atribuir espécimes provenientes do Suriname à *N. canariensis* conhecida do Atlântico oriental. Mah (2019), sem argumentar, considerou que *N. trigonaria* é a única conhecida do Atlântico Sul Ocidental.

Pawson (2007) descreveu uma nova espécie com ocorrência na Flórida e nas Bahamas, *Narcissia ahearnae*, cujas diferenças de suas congêneres incluem: a presença de uma carena fortemente ondulada ao longo do braço, grânulos abactinais afunilados, seis fileiras de placas actinais proximais e pápulas nas placas actino-laterais. Na ocasião, *N. ahearnae* não foi adequadamente comparada a *N. trigonaria* e, como a maioria dos caracteres diagnósticos sugeridos por Pawson para de *N. ahearnae* não foram ilustrados, ainda hoje a validade de *N. ahearnae* aguarda confirmação.

Veja-se, por exemplo, que segundo Pawson (2007), em *N. ahearnae* pedicelárias são raras ou ausentes. Sladen (1889) não se referiu à pedicelárias em *N. trigonaria*, mas Clark (1921) relatou a existência de pedicelárias em um espécime proveniente da Flórida atribuído à *N. trigonaria*. Segundo Downey (1973), pedicelárias são abundantes em espécimes do Golfo do México, Caribe, Guiana e Suriname, atribuídos à *N. trigonaria*. Walekamp (1976) observou pedicelárias (em número variável) em todos espécimes coletados no Suriname. Ele mencionou a suposta ausência de pedicelárias no exemplar de Sladen, mas argumentou que, naquela ocasião, a espécie era conhecida por poucos exemplares. Com base em Downey (1973), Pawson (2007) repetiu que as pedicelárias são muito comuns em *N. trigonaria*. Posteriormente, entretanto, Clark & Downey (1992) não se referiram à presença de pedicelárias em *N. trigonaria*, mas não deixaram claro se reexaminaram o holótipo da espécie. Nossos estudos preliminares mostraram que exemplares de *N. trigonaria* da localidade tipo (Bahia) e de São Paulo não possuíam pedicelárias.

O conhecimento morfológico insuficiente gerou um acúmulo de dúvidas sobre a identidade de *N. trigonaria* e, consequentemente, sobre a validade de *N. ahearnae*.

As incertezas sobre *N. trigonaria* incidem, igualmente, na sua distinção em relação à espécie-tipo do gênero, *N. canariensis*. Walekamp (1976) já havia comentado sobre esta problemática em seu trabalho sobre estrelas-do-mar do Suriname. Para Walekamp, *N. trigonaria*, apesar de ocorrer no Atlântico ocidental, deveria ser sinonimizada à *N. canariensis*. Autores subsequentes (Clark & Downey, 1992; Pawson, 2007; Gondim *et al.*, 2014) consideraram *N. trigonaria* e *N. canariensis* espécies distintas, mas não aprofundaram a questão, continuaram utilizando caracteres ambíguos na separação das duas espécies, perpetuando as dúvidas existentes.

Mortensen (1933), descreveu *Narcissia trigonaria helenae* (originalmente *Narcissia trigonaria* var. *helenae*. Veja ICZN, 1999) da ilha oceânica de Santa Helena (Atlântico Sul Central), cuja validade permanece incerta até o presente momento, apesar de autores subsequentes (Downey, 1973; Clark & Downey, 1992; Gondim *et al.*, 2014), sem apresentar quaisquer justificativas, listarem *N. trigonaria helenae* na sinonímia de *N. trigonaria*.

A taxonomia de *Narcissia* acumula outras incertezas. Downey (1975) separou *N. gracilis* A. H. Clark, 1916, em *N. gracilis gracilis* A. H. Clark, 1916 e *N. gracilis malpeloensis* Downey, 1975. Autores subsequentes (Clark, 1993; Cohen-Rengifo *et al.*, 2009; Pérez-Ruzafa *et al.* 2013) adotaram a visão de Downey (1975) sem discutir a validade de *N. gracilis malpeloensis*.

Como se vê, estudos morfológicos insuficientes resultaram, por um lado, na caracterização precária do gênero *Narcissia* e, por outro lado, combinado à falta de ilustrações dos caracteres taxonômicos, criaram dificuldades para a delimitação entre as espécies do gênero.

A presente revisão taxonômica de *Narcissia* se insere nesse contexto de incertezas sobre as características morfológicas do gênero e a delimitação e validade de suas espécies.

5. CONCLUSÕES

(1) Uma nova diagnose para o gênero *Narcissia* é apresentada, a partir do estudo morfológico de todas as espécies válidas do gênero.

(2) Todas as espécies de *Narcissia* foram revisadas, redescritas morfolologicamente e ilustradas. Uma chave dicotômica com novos caracteres taxonômicos para identificação de todas as espécies de *Narcissia* é apresentada. Ressalta-se o estudo inédito dos caracteres morfológicos internos, a partir de microscopia eletrônica de varredura e tomografia.

(3) O gênero *Narcissia* esta, atualmente, composto por quatro espécies válidas: *N. ahearnae* Pawson, 2007, *N. canariensis* (d'Orbigny, 1839), *N. gracilis* A. H. Clark 1916 e *N. trigonaria* Sladen, 1889. *Narcissia gracilis malpeloensis* Downey, 1975, foi considerada um sinônimo subjetivo mais recente de *N. gracilis* A. H. Clark, 1916. *Narcissia trigonaria helenae* Mortensen, 1933 foi considerada um sinônimo subjetivo mais recente de *N. trigonaria* Sladen, 1889.

(4) O posicionamento do gênero *Narcissia*, dentro da família Ophidiasteridae foi discutido preliminarmente a partir de caracteres morfológicos, tais como: forma do braço, organização e forma das placas abactinais, forma das placas marginais, ausência de ossículos nos pés ambulacrais e forma das placas ambulacrais. No entanto, estes dados ainda são incipientes e um estudo morfológico mais aprofundado desta problemática poderá gerar, no futuro, uma nova classificação, não só de *Narcissia*, mas também de outros gêneros que estão dentro desta família, considerada parafilética, a partir de dados moleculares.

(5) Por fim, o conjunto de dados obtido neste trabalho são, de longe, os mais completos já adquiridos dentro do gênero *Narcissia* e poderão, futuramente, servir de base para o estudo morfológico de outros organismos da Classe Asteroidea, que, infelizmente, ainda é um grupo pobremente estudado no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aizenberg, J.; Tkachenko, A.; Weiner, S.; Addadi, L. & Hendler, G. 2001. Calcitic microlenses as part of the photoreceptor system in brittlestars. **Nature**, 412: 819–822.

Aizenberg, J. & Hendler, G. 2004. Designing efficient microlens arrays: lessons from nature. **Journal of Materials Chemistry**, 14: 2066–2072.

Aray, M. & Fujita, T. 2018. Revision of Ophidiasteridae (Asteroidea: Valvatida) based on morphology and molecular phylogeny. *In*: International Echinoderm Conference, 16°. **Proceedings**. Nagoya, Jp, Nagoya University.

Blackwelder, R. E. 1967. **Taxonomy. A text and reference book**. New York, John Wiley & Sons. 698p.

Blake, D. B. 1966. Skeletal structure in selected asteroids of the order Phanerozonia. Ph.D. dissertation. Berkeley, University of California. 386 p.

Blake, D. B. 1972. Sea star *Platasterias*: ossicle morphology and taxonomic position. **Science**, 176: 306–307.

Blake, D. B. 1973. Ossicle morphology of some recent asteroids and description of some West American fossil asteroids. **University of California Publications in Geological Sciences**, 104: 1–59, pls. 1–18.

Blake, D. B. 1978. The taxonomic position of the modern sea-star *Cistina* Gray, 1840. **Proceedings of the Biological Society of Washington**, 91: 234–241.

Blake, D. B. 1980. On the affinities of three small sea-star families. **Journal of Natural History**, 14: 163–182.

Blake, D. B. 1986. Some new post-Palaeozoic sea stars (Asteroidea: Echinodermata) and comments on taxon endurance. **Journal of Paleontology**, 60: 1103–1119.

Blake, D. B. & Elliott, D.R. 2003. Ossicular homologies, systematics and phylogenetic implications of certain North American Carboniferous asteroids (Echinodermata). **Journal of Paleontology**, 77(3): 476–489.

Blake, D. B. & Hotchkiss, F. H. C. 2004. Recognition of the asteroid (Echinodermata) crown group: implications of the ventral skeleton. **Journal of Paleontology**, 78: 359–370.

Blake, D. B. & Mah, C. L. 2014. Comments on “The phylogeny of post-Palaeozoic Asteroidea (Neoasteroidea, Echinodermata)” by A.S. Gale and perspectives on the systematics of the Asteroidea. **Zootaxa**, 3779(2): 177–194.

Brito, I. M. 1960. Asteróides dos Estados do Rio de Janeiro e de São Paulo. **Avulso. Centro de Estudos Zoológicos**, Rio de Janeiro, 5: 1–13.

Brito, I. M. 1962. Ensaio de catálogo dos equinodermas do Brasil. **Avulso. Centro de Estudos Zoológicos**, Rio de Janeiro, 13: 1–10.

Brito, I. M. 1968. Asteróides e equinóides do Estado da Guanabara e adjacências. **Boletim do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, 260: 1–51.

Campbell, A. C. 1983. Form and function of pedicellariae: a review. *In*: Jangoux, M. & Lawrence J. M. (Eds). **Echinoderm studies**. Rotterdam, Balkema. v.1, p.139–167.

Caso, M. E. 1994. Estudio morfológico, taxonómico, ecológico y distribución geográfica de los Asteroideos recolectados durante las campañas oceanográficas Cortés 1, 2, 3. **Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología**, México, 12: 1–111.

Chia, F. S. & Koss, R. 1994. Asteroidea. *In*: **Microscopic Anatomy of Invertebrates. Echinodermata**. New York, Willey-Liss. v. 14, Ch. 4, p. 169–245.

Clark, A. M., 1987. Notes on Atlantic and other Asteroidea. 5. Echinasteridae. **Bulletin of the British of Natural History. Zoology**, 53(2): 65–78.

Clark, A. M. 1993. An index of names of recent Asteroidea, part 2: Valvatida. *In*: Jangoux, M. & Lawrence, J. M. (Eds). **Echinoderm Studies**. Brookfield, A.A. Balkema. v. 4, 368p.

Clark, A. M. & Rowe, F. W. E. 1971. Monograph of Shallow-water Indo-West Pacific Echinoderms. **Bulletin of the British of Natural History**, 690: ix, 1–238, 31 pls.

Clark, A. M. & Downey, M. E. 1992. **Starfishes of the Atlantic**. London, Chapman and Hall. 794 p., 75 figs, 113 pls.

Clark, H. L. 1921. The echinoderm fauna of Torres Strait: its composition and its origin. **Papers Department Marine Biology Carnegie Institution Washington**, 10: 1–223, 38 pls.

Cohen-Rengifo, M.; Bessudo, S. & Soler, G. 2009. Echinoderms, Malpelo fauna and flora sanctuary, Colombian Pacific: new reports and distributional issues. **Check List**, 5(3): 702–711.

Connolly, D. M.; Desvignes, T. & Williamson, J. E. 2017. Influence of body size on tube feet morphology and attachment capacity in the sea urchin *Holopneustes purpurascens* (Temnopleuridae). **Marine Biology**, 164: 223.

Coppard, S. E.; Kroh, A. & Smith, A. B. 2010. The evolution of pedicellariae in echinoids: an arms race against pests and parasites. **Acta Zoologica**, Stockholm, 93(2):125-148.

Döderlein, L. 1898. Ueber einige epizoisch lebende Ophiuroidea. **Denkschriften der medicinisch naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Jena**, 8: 475–480.

Downey, M. E. 1973. Starfishes from the Caribbean and the Gulf of México. **Smithsonian Contributions to Zoology**, 126: 1–158.

Downey, M. E. 1975. Asteroidea from Malpelo Island with a description of a new species of the genus *Tamaria*. **Smithsonian Contributions to Zoology**, 176: 86–90.

Dubois, P. & Hayt, S. 1990. Ultrastructure des ossicules d'échinodermes à stéréome non perforé. *In: De Ridder, C.; Dubois, P.; Lahaye, M.C. & Jangoux, M. (Eds.). Echinoderm research*. Rotterdam: Balkema. p. 217–223.

Engel, H.; John, D. D. & Cherbonnier, G. 1948. The genus *Mithrodia* Gray, 1840. **Zoologische Verhandelingen**, 2: 1–40.

Engster, M. S. & Brown, S. C. 1972. Histology and ultrastructure of the tube foot epithelium in the phanerozonian starfish *Astropecten*. **Tissue and Cell**, 4: 503–518.

Fau, M. & Villier, L. 2017. Comparative anatomy and phylogeny of the Forcipulatacean starfish (Asteroidea Echinodermata). *In: North American Echinoderm Conference, 8^o. Proceedings*. Worcester, Mass., College of the Holy Cross.

Fisher, W. K. 1911. Asteroidea of the North Pacific and adjacent waters, 1. Phanerozonia and Spinulosa. **Bulletin of the United States National Museum**, 76: 1-420, 122 pls.

Fisher, W. K. 1919. Starfishes of the Philippine seas and adjacent waters. **Bulletin of the United States National Museum**, 3(100): 1–547, 156 pls.

Flammang, P. 1995a. Fine structure of the podia in three species of paxillosid asteroids of the genus *Luidia* (Echinodermata). **Belgian Journal of Zoology**, 125: 125–134.

Flammang, P. 1995b. Adhesion in echinoderms. *In: Jangoux, M. & Lawrence, J. M. (Eds.). Echinoderm studies*. Rotterdam, Balkema. v. 5, p. 1–60.

Flammang, P.; Demeulenaere, S. & Jangoux, M. 1994. The role of podial secretions in adhesion in two species of sea stars (Echinodermata). **Biological Bulletin**, Woods Hole, 187: 35–47.

Gale, A. S. 2011. The phylogeny of post-Paleozoic Asteroidea (Neoasteroidea, Echinodermata). **Special Papers in Palaeontology**, 38:1-112.

Ghyoot, M.; De Ridder, C. & Jangoux, M. 1987. Fine structure and presumed functions of the pedicellariae of *Echinocardium cordatum* (Echinodermata, Echinoida). **Zoomorphology**, 106:

279–88.

Gondim, A.; Christoffersen, M. & Dias, T. 2014. Taxonomic guide and historical review of starfishes in northeastern Brazil (Echinodermata, Asteroidea). **ZooKeys**, 449: 1–56.

Gorzelak, P.; Salamon, M. A.; Lach, R.; Loba, M. & Ferré, B. 2014. Microlens arrays in the complex visual system of Cretaceous echinoderms. **Nature Communications**, 5: (3576):1-5.

Gorzelak, P.; Rahman, I. A.; Zamora, S.; Gąsiński, A.; Trzciński, J.; Brachaniec, T. & Salamon, M. A. 2014. Towards a better understanding of the origins of Microlens arrays in Mesozoic Ophiuroids and Asteroids. **Evolutionary Biology**, 44:339–346.

Gray, J. E. 1840. A synopsis of the genera and species of the class Hypostoma (Asterias Linnaeus). **Annals of the Magazine of Natural History**, 6: 175–184; 275–290.

Guenther, J.; Heimann, K. & de Nys, R. 2007. Pedicellariae of the crown-of-thorns sea star *Acanthaster planci* are not an effective defense against fouling. **Marine Ecology Progress Series**, 340: 101–108.

Heddle, D. 1967. Versatility of movement and the origin of the asteroids. **Symposia of the zoological society of London**, 20: 125-141.

Hennebert, E.; Viville, P.; Lazzaroni, R. & Flammang, P. 2008. Micro- and nanostructure of the adhesive material secreted by the tube feet of the sea star *Asterias rubens*. **Journal of Structural Biology**, 164: 108–118.

Hennebert, E.; Santos, R. & Flammang, P. 2012. Echinoderms don't suck: evidence against the involvement of suction in tube foot attachment. **Zoosymposia**, 7: 25–32.

Hermans, C. O. 1983. The duo-gland adhesive system. **Oceanography and Marine Biology: An Annual Review**, 21: 283–339.

Hyman, L. H. 1955. **The Invertebrates, 4, Echinodermata**. New York, McGraw-Hill Book Company. 763p.

Hotchkiss, F. H. C. & Clark, A.M. 1976. Restriction of the family Poraniidae, sensu Spencer and Wright, 1966 (Echinodermata: Asteroidea). **Bulletin of the British Museum, Zoology**, 30(6): 263-268.

Jangoux, M. & Lambert, A. 1988. Comparative anatomy and classification of asteroid pedicellariae. *In*: Burke, R.D.; Mladenov, P.V.; Lambert, P. & Parsley, R.L. (Eds). **Echinoderm Biology**. Balkema, Rotterdam, 719–723.

Jennings, H. S. 1907. Behavior of the starfish *Asterias forreri* de Loriol. **University of California Publications in Zoology**, 4(2): 59-82.

Klautau, M.; Russo, C. A. M.; Lazoski, C.; Boury-Esnault, N.; Thorpe, J. P. & Sloe-Cava, A. M. 1999. Does Cosmopolitanism Result from Over Conservative Systematics? A Case Study Using the Marine Sponge *Chondrilla nucula*. **Evolution**, 53(5): 1414–1422.

Koehler, R. 1909. Echinodermes provenant des campagnes du yacht Princess Alice. *In*: **Résultats des Campagnes Scientifiques accomplies sur son Yatch par Albert I, Prince souverain de Monaco**. Monaco, Imprimeire de Monaco. v. 34, p. 1–317, 32 pls.

Koehler, R. 1920. Echinodermata Asteroidea. **Scientific Reports of the Australian Antarctic Expedition**, C8: 1–308, pls 1–75.

Kritzer, J. P. & Sale, P. F. 2006. **Marine Metapopulations**. Amsterdam, Elsevier. 544 p.

Lambert, A.; De Vos, L. & Jangoux, M. 1984. Functional morphology of the pedicellariae of the asteroid *Marthasterias glacialis* (Echinodermata). **Zoomorphology**, 104: 122–130.

Lopes, E. M. 2010. Variações morfológicas, ontogenia e compatibilidade gamética entre os morfotipos de *Echinaster (Othilia) brasiliensis* Muller & Troschel, 1840. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Museu Nacional do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 78 p.

Lopes, E. M.; Paiva, P. C. & Ventura, C. R. R. 2013. Filogeografia das estrelas-do-mar do gênero *Echinaster* (*Othilia*) na costa brasileira. In: Congresso Latino-Americano de Equinodermos, 2º. **Resumos**. São Sebastião, CEBIMAR/USP.

Machado, A. B. M; Drummond, G. M. & Paglia, A. P. 2008. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente. v.1, 512p. (Série Biodiversidade 19)

Mah, C. L. 2012. **The Panoply of Pedicellariae Post!** Disponível em <<http://echinoblog.blogspot.com.br/search?q=pedicellariae>> Acesso em: 22 de fevereiro de 2018.

Mah, C. L. 2019. **World Asteroidea database**. Disponível em <<http://www.marinespecies.org/asteroidea>> Acesso em: 19 de fevereiro de 2019.

Mah, C. L. 2005. A phylogeny of *Iconaster* and *Glyphodiscus* (Goniasteridae; Valvatida; Asteroidea) with descriptions of four new species. **Zoosystema**, 27: 131–167.

Mah, C. L. 2017. Overview of the *Ferdina*-like Goniasteridae (Echinodermata: Asteroidea) including a new subfamily, three new genera and fourteen new species. **Zootaxa**, 4271(1): 1–72.

Mah, C. L. 2018. Asteroid Systematics in the 21st century: new questions, phylogeny, taxonomy, and natural history. In: International Echinoderm Conference, 16º. **Proceedings**. Nagoya, Nagoya University.

Mah, C. L. & Foltz, D. W. 2011. Molecular Phylogeny of the Valvatacea (Asteroidea, Echinodermata). **Zoological Journal of the Linnean Society**, 161: 769–788.

Mah, C. L. & Blake, D. B. 2012. Global diversity and phylogeny of the Asteroidea (Echinodermata). **PLoS One**, 7(4): e35644.

Martín-Cao-Romero, C.; Parada-Zárate, T.; Solís-Marín, F. A. & Laguarda-Figueras, A. 2017. New record of the starfish *Narcissia ahearnae* (Echinodermata: Asteroidea) in the Mexican Caribbean. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, 88(1): 253–255.

Martins, L.; Souto, C. & Menegola, C. M. 2012. First record of *Holothuria* (*Theelothuria*) *princeps* and *Thyone pawsoni* (Echinodermata: Holothuroidea) in the South Atlantic Ocean. **Marine Biodiversity Records**, 5: 1–6.

Martins, L.; Souto, C.; Braga, J. & Tavares, M. 2016. Echinoidea and Holothuroidea (Echinodermata) of the Trindade and Martin Vaz Archipelago, off Brazil, with new records and remarks on taxonomy and species composition. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 1–35.

Martynov, A; Ishida, Y.; Irimura, S.; Tajiri R; O'Hara, T & Fujita, T. 2015. When Ontogeny Matters: A New Japanese Species of Brittle Star Illustrates the Importance of Considering both Adult and Juvenile Characters in Taxonomic Practice. **PLoS ONE**, 10 (10): e0139463. doi:10.1371/journal.pone.0139463.

McCurley, R. S. & Kier, W. M. 1995. The functional morphology of starfish tube feet: the role of a crossed-fiber helical array in movement. **Biological Bulletin**, Woods Hole, 188: 197–209.

Miranda, A. L. S.; Lima, M. L. F.; Sovierzoski, H. H. & Correia, M. D. 2012. Inventory of the Echinodermata collection from the Universidade Federal de Alagoas. **Biota Neotropica**, 12: 135–146.

Moran, P. 1988. Crown-of-thorns starfish: questions and answers. Towneville, Australian Institute of Marine Science. 35 p.

Mortensen, T. 1933. Papers from Dr. Th. Mortensen's Pacific Expedition 1914-1916. 66. The Echinoderms of St. Helena (other than crinoids). **Videnskabelige Meddelelser fra Dansk naturhistorisk Forening**, 93 (3): 401–473.

Okanishi, M. & Fujita, T. 2009. A new species of *Asteroschema* (Echinodermata: Ophiuroidea: Asteroschematidae) from southwestern Japan. **Species Diversity**, 14: 115–129.

Paine, V. L. 1926. Adhesion of the tube feet in starfishes. **Journal of Experimental Zoology**, 45: 361–366.

Paine, V. L. 1929. The tube feet of starfishes as autonomous organs. **American Naturalist**, 689: 517–529.

Pawson, D. L. 1970. The Marine fauna of New Zealand: sea cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea). **New Zealand Oceanographic Institute Memoar**, 52: 7–65.

Pawson, D. L. 2007. *Narcissia ahearnae*, a new species of sea star from the Western Atlantic (Echinodermata: Asteroidea: Valvatida). **Zootaxa**, 1386: 53–58.

Pérez-Ruzafa, A. *et al.* 2013. Latin America echinoderm biodiversity and biogeography: patterns and affinities. *In*: Alvarado, J.J. & Solís-Marín, F.A. (Eds). **Echinoderm research and diversity in Latin America**. Heidelberg, Springer. p. 511-542.

Perrier, E. 1875. **Révision de la collection de stellérides du Muséum d'Histoire naturelle de Paris**. Paris, Reinwald. 384 p.

Perrier, E. 1894. Echinodermes. I. Stellerides. *In*: **Expeditions Scientifique de Travailleur et du Talisman**. Paris, G. Masson. v. 3, p. 1-431, 26 pls.

Santos, R. & Flammang, P. 2005. Morphometry and mechanical design of tube foot stems in sea urchins: a comparative study. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 315: 211–223.

Santos, R. & Flammang, P. 2006. Morphology and tenacity of the tube foot disc of three common European sea urchin species: a comparative study. **Biofouling**, 22: 173–186.

Scheibling, R. E. & Lawrence, J. M. 1982. Differences in reproductive strategies of morphs of the genus *Echinaster* (Echinodermata: Asteroidea) from the eastern Gulf of Mexico. **Marine Biology**, 70: 52–62.

Sladen, W. P. 1889. Report on the Asteroidea collected by H.M.S. Challenger during the years 187-1876. *In: Report on the Scientific Results of the Voyage of H.M.S. Challenger During the Years 1873–76*. London. n. 30 xlii, p. 1- 893, 117 pls.

Simms M. J. 1988. The role of heterochrony in the evolution of post-Paleozoic crinoids. *In: Burke, R. D.; Mladenov, P.V.; Lambert, P. & Parsley, R. L. (Eds). International Echinoderm Conference, 6°. Proceedings*. Victoria, Balkema. p. 97–102.

Smith, J. E. 1937. The structure and function of the tube feet in certain echinoderms. **Journal of the Marine Biological Association UK**, 22: 345–357.

Smith, J. E. 1947. The activities of tube feet of *Asterias rubens* L. I. The mechanics of movement and of posture. **Quarterly Journal of Microscopical Science**, 88: 1–14.

Souza Santos, H. 1966. Ultrastructure of a mucous gland cell found in the tube feet of the starfish *Asterina stellifera*. **Experientia**, 22: 812–814.

Spencer, W. K. & Wright, C. W. 1966. Asterozoans, Part U: Echinodermata. *In: Moore, R. C. (Ed.). Treatise on Invertebrate Paleontology*. Lawrence, University of Kansas Press. v.3, pt.1, U4–U107.

Stöhr, S.; O'Hara, T. & Thuy, B. 2012. Global diversity of brittle stars (Echinodermata: Ophiuroidea). **PLoS ONE**, 7, e31940.

Tavares, M. 2011. Alien decapod crustaceans in the southern Atlantic Ocean. *In: Galil, B. S. Clark, P.F & Carlton, J.T. (Eds.). In the Wrong Place - Alien marine crustaceans: distribution, biology and impacts, invading nature*. Springer. p. 251–268. (Series in Invasion Ecology, 6).

Thomas, L. A. & Hermans, C. O. 1985. Adhesive interactions between the tube feet of a starfish, *Leptasterias hexactis*, and substrata. **Biological Bulletin**, Woods Hole, 169: 675–688.

Tommasi, L. R. 1966. Sobre alguns Equinodermas da região do Golfo do México e do Mar das Antilhas. **Anales del Instituto de Biología**, Mexico, 37(1/2): 155–165.

Tommasi, L. R. 1970. Lista dos asteroides recentes do Brasil. **Contribuições Avulsas do Instituto Oceanográfico**, Universidade de São Paulo, 18: 1-61, 38 pls.

Tommasi, L. R. & Aron, M. A. 1988. Equinodermes da plataforma continental do sudeste do estado da Bahia. **Relatórios Internos do Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo**, (19): 1–6.

Tommasi, L. R.; Castro, S. M. & Sousa, E. C. 1988. Echinodermata coletados durante as campanhas oceanográficas do N/Oc. “Almirante Saldanha” no Atlântico Sul Ocidental. **Relatórios Internos do Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo**, (21): 1–11.

Turner, R. L. & Dearborn, J. H. 1972. Skeletal morphology of the mud star, *Ctenodiscus crispatus* (Echinodermata: Asteroidea). **Journal of Morphology**, 138: 239–262.

Ventura, C. R. 2016. Filo Echinodermata. *In*: Fransozo, A. & Negreiros-Fransozo, M. L. **Zoologia dos Invertebrados**. Rio de Janeiro, Roca. cap. 34, p. 562–577.

Verrill, A. E. 1867. Notice on the echinoderms of Panama and the West coast of America with descriptions of new genera and species. **Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences**, 1(2): 251–322, 1867–1870.

Verrill, A. E. 1915. Report on the Starfishes of the West Indies, Florida, and Brazil, including those obtained by the Bahama Expedition from the University of Iowa in 1893. **Bulletin of the State of University of Iowa**, 7:1-232, 29 pls.

Vickery, M. S. & McClintock, J. B. 2000. Comparative morphology of tube feet among the Asteroidea: Phylogenetic implications. **Integrative and Comparative Biology**, 40: 355–364.

Viguiér, C. 1879. Anatomie comparée du squelette des Stellérides. **Archives de Zoologie Experimentale et Générale**, 7: 33–250.

Vinogradova, E., Ruíz-Zepeda, F., Plascencia-Villa, G. & José-Yacamán, M. 2016. Calcitic microlens arrays in *Archaster typicus*: microstructural evidence for an advanced photoreception system in modern starfish. **Zoomorphology**, 135: 83–87.

Walenkamp, J. H. C. 1976. The asteroids of the coastal waters of Surinam. **Zoologische Verhandelingen**, 147: 1–91. Walenkamp, J. H. C. 1979. Asteroids (Echinodermata) from the Guyana Shelf. **Zoologische Verhandelingen**, 170: 1–97.

Ziesenhenné, F. C. 1937. The Templeton Crocker Expedition. X. Echinoderms from the West Coast of Lower California, the Gulf of California and Clarion Island. **Zoologica**, New York, 22(3): 209–289.

Zulliger, D. E. & Lessios, H. A. 2010. Phylogenetic relationships in the genus *Astropecten* Gray (Paxillosida: Astropectinidae) on a global scale: molecular evidence for morphological convergence, species-complexes and possible cryptic speciation. **Zootaxa**, 2504:1–19.