

O QUE MUDOU NA DISTRIBUIÇÃO DOS DIPLÓPODES *PSEUDONANNOLENE SILVESTRI*, 1895 NAS CAVERNAS DO BRASIL 18 ANOS APÓS A SINOPSE DE TRAJANO E COLABORADORES (2000)?

WHAT DID CHANGE IN THE DISTRIBUTION OF THE *PSEUDONANNOLENE SILVESTRI*, 1895
MILLIPEDES IN BRAZILIAN CAVES 18 YEARS AFTER THE SYNOPSIS OF TRAJANO ET AL.
(2000)?

Jéssica Scaglione Gallo (1,2); Maria Elina Bichuette (1,3)

- (1) Laboratório de Estudos Subterrâneos, Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos SP.
- (2) Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (USP), Ribeirão Preto SP.
- (3) Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas (GBPE), Belo Horizonte MG.

Contatos: jessicagallo@gmail.com.

Resumo

Diplópodes do gênero *Pseudonannolene* são frequentemente encontrados no ambiente subterrâneo, especificamente no habitat cavernícola. O presente estudo visa atualizar os dados de distribuição desse grupo abrangendo diferentes litologias e regiões do Brasil. Foram examinados espécimes da coleção zoológica do Laboratório de Estudos Subterrâneos da Universidade Federal de São Carlos, além de dados publicados. Analisamos 405 lotes e 677 indivíduos distribuídos entre os estados da Bahia (155 lotes), Minas Gerais (142 lotes), Goiás (63 lotes), São Paulo (32 lotes), Piauí (6 lotes), Santa Catarina (4 lotes), Mato Grosso, Rio Grande do Norte e Tocantins (1 lote). Os estados do Piauí, Mato Grosso, Rio Grande do Norte e Tocantins são novos registros para o grupo. A litologia calcária representou 72% das cavernas amostradas com ocorrência de *Pseudonannolene*, seguida pela litologia arenítica (7%) e granítica (5%). Foram registradas 25 espécies descritas, sendo três troglóbias, além de 22 Unidades Taxonômicas Operacionais e 36 registros em nível genérico. A riqueza, com distribuições ampliadas, mostra a alta diversidade desses diplópodes para as cavernas brasileiras. Além disso, estes animais são bioindicadores e, portanto, vulneráveis às alterações ambientais. Assim, a conservação da vegetação, recursos hídricos do entorno das cavidades também é necessária para a manutenção deste grupo.

Palavras-Chave: ambiente subterrâneo; distribuição geográfica; Myriapoda.

Abstract

Species of genus Pseudonannolene are often found in the subterranean environment, specifically in cave habitat. The present study aims to update the distribution data of this group including different lithologies and regions of Brazil. We used specimens from the Zoological Collection at Laboratório de Estudos Subterrâneos at Universidade Federal de São Carlos and literature data. We analyzed 405 lots and 677 individuals distributed among the states of Bahia (155 lots), Minas Gerais (142 lots), Goiás (63 lots), São Paulo (32 lots), Piauí (6 lots), Santa Catarina (4 lots) Mato Grosso, Rio Grande do Norte and Tocantins (1 lot). The states of Piauí, Mato Grosso, Rio Grande do Norte and Tocantins are new records for the group. The limestone lithology represents 72% of the caves with occurrence of Pseudonannolene, followed by sandstones (7%), granites (5%) and quartzites (5%). Twenty-five species were recorded, including three troglobites, besides 22 Operational Taxonomic Units and 36 records in generic level. The richness, with expanded distributions, shows the high diversity of these millipedes in Brazilian caves. In addition, these animals are bioindicators and, therefore, vulnerable to environmental changes. So, the conservation of vegetation, water resources around the caves is also necessary for the maintenance of this group.

Key-Words: geographical distribution, Myriapoda, subterranean environment.

1. INTRODUÇÃO

Os diplópodes representam um diverso e antigo grupo de artrópodes terrestres, caracterizados

pela presença de muitas pernas arranjadas em dois pares por segmento do corpo denominado diplossegmento (ALAGESAN, 2016). Popularmente

conhecidos como piolhos-de-cobra ou embuás, são animais detritívoros com importante papel na ciclagem de nutrientes (GOLOVATCH; KIME, 2009; DAVID, 2015), podendo ser encontrados em todos os continentes, exceto na Antártica (ENGHOFF, 2015).

Esses animais possuem hábito críptico vivendo em ambientes escuros, úmidos, sob rochas, troncos de árvores, e em ambientes subterrâneos, (GOLOVATCH; KIME, 2009). Esses últimos se caracterizam como o conjunto de espaços interconectados do subsolo, preenchidos por água ou ar variando desde escalas milimétrica até grandes cavidades, que quando acessíveis aos humanos, são denominadas de cavernas (JUBERTHIE, 2000). As principais características desse ambiente, que podem favorecer a ocorrência de diplópodes, são a ausência permanente de luz nas zonas mais profundas e a tendência à estabilidade ambiental devido ao efeito tampão da rocha circundante. Assim, o ambiente subterrâneo caracteriza-se por baixa variação da temperatura e alta umidade relativa do ar quando comparada com o meio epígeo (BARR, 1968; POULSON; WHITE, 1969; WHITE; CULVER, 2012).

Várias espécies de diplópodes habitam o ambiente subterrâneo, preferencialmente as cavidades. No Brasil, a maioria dos diplópodes encontrados pertence às ordens Polydesmida Leach, 1815 e Spirostreptida Brandt, 1833 (TRAJANO et al. 2000). Entre esses últimos, grande parte pertence ao gênero *Pseudonannolene* Silvestri, 1895 (*Pseudonannolenidae* Silvestri, 1895) os quais incluem os maiores diplópodes conhecidos com até 30 cm de comprimento e 90 diplossegmentos, e alguns dos menores <6mm de comprimento (HOPKIN; READ, 1992). As espécies pertencentes ao gênero *Pseudonannolene* são neotropicais e ocorrem no Brasil, Argentina, Uruguai, Paraguai, Peru e Guiana Francesa (SCHUBART, 1944; MAURIÈS, 1987; ENGHOFF et al. 2015; SIERWALD; SPELDA, 2018) sendo conhecidas 60 descritas e destas 47 de ocorrência registrada para o Brasil. Entre as espécies brasileiras, 25 ocorrem em cavernas, sendo consideradas troglófilas, isto é, cavernícolas facultativas, que podem estabelecer populações fontes tanto no ambiente subterrâneo quanto no meio epígeo (TRAJANO; CARVALHO, 2017).

No Brasil, são conhecidas três espécies troglóbias: *Pseudonannolene spelaea* Iniesta; Ferreira, 2013, *P. ambuatinga* Iniesta; Ferreira, 2013 e *P. lundi* Iniesta; Ferreira, 2015, ou seja, espécies restritas ao ambiente subterrâneo e incapazes de estabelecer populações no meio epígeo (TRAJANO;

CARVALHO, 2017). Tais espécies são consideradas troglomórficas, isto é, apresentam convergências em traços morfológicos, além de especializações e/ou adaptações que permitem a sobrevivência na escuridão permanente, os chamados troglomorfismos (CHRISTIANSEN, 1962; WILKENS, 2010). Para as três espécies troglóbias descritas os troglomorfismos encontrados foram a despigmentação cutânea, redução ocular e no comprimento do corpo (INIESTA; FERREIRA, 2013 a,b; INIESTA; FERREIRA, 2015).

O primeiro compilado sobre diplópodes subterrâneos brasileiros foi a publicação “Synopsis of Brazilian Cave-Dwelling Millipedes (Diplopoda)”, organizada por Trajano et al. (2000), incluindo espécies descritas e não descritas de *Pseudonannolene* juntamente com representantes das outras ordens de Diplopoda. Em 2014 Iniesta; Ferreira (2014) descreveram novos táxons e discutiram a distribuição das espécies descritas de *Pseudonannolene*. Este é um grupo rico e ainda pouco estudado, com déficit Lineano e Wallaceano, ou seja, pouco se sabe sobre sua taxonomia (espécies formalmente descritas) e distribuição geográfica (BINI et al. 2006).

Mesmo após 18 anos da publicação da sinopse, apenas 16 espécies de *Pseudonannolene* foram descritas. Além disso, grande parte dos trabalhos de inventário de fauna não chegam ao nível genérico, sendo muitas vezes classificados em nível de Ordem e/ou Família. Isso evidencia o grande impedimento taxonômico do grupo, em que o número de espécies reconhecidas está muito aquém das estimativas de diversidade (GOLOVATCH; KIME, 2009).

Vale ressaltar que, durante esse intervalo de tempo novas áreas com potencial espeleológico em diversas litologias foram descobertas e amostradas, aumentando consideravelmente a distribuição do grupo. Assim, o presente trabalho visa atualizar os dados de distribuição de *Pseudonannolene* de acordo com diferentes litologias, regiões e abundâncias. Adotamos o posicionamento taxonômico até o menor nível hierárquico possível.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado encontra-se depositado na Coleção Zoológica do Laboratório de Estudos Subterrâneos da Universidade Federal de São Carlos (LES/UFSCar), além de espécimes ainda não depositados na coleção, oriundos de projetos em andamento do mesmo laboratório e dados de literatura. A identificação dos espécimes em nível de família foi feita com o auxílio da chave de

identificação proposta por Hoffman et al. (1996) e para identificação em nível de espécie foram utilizadas as descrições publicadas e material tipo emprestado do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP).

As amostras que continham espécimes não descritos foram separadas por um tipo de parataxonomia em que as unidades taxonômicas encontradas (morfotipos ou morfoespécies) são denominadas de Unidades Taxonômicas Operacionais (*Operational Taxonomic Units* - OTUs) (KRELL, 2004). Essa abordagem contempla, além da morfologia externa, os caracteres usados pelos taxonomistas para a diagnose do táxon, gerando unidades taxonômicas distintas, embasadas e que serão futuramente descritas (KRELL, 2004; TRAJANO et al. 2012). Dessa forma, foram avaliados os caracteres diagnósticos para o gênero *Pseudonannolene*, sendo estes o gonopódio, que consiste em um par de pernas do sétimo segmento do corpo transformados em espermatopositores (GOLOVATCH; KIME, 2009) ou com a função de segurar a fêmea durante o momento da cópula (C.S. Fontanetti, com. pess.); e o primeiro par de pernas do macho, o qual difere dos demais pares devido a uma modificação no pré-fêmur, chamada de processo pré-femural (FONTANETTI, 2002).

Portanto, para a identificação das espécies e a determinação das OTUs foram utilizados apenas machos adultos. Fêmeas e jovens puderam ser identificados até gênero. Os dados obtidos foram tabelados em planilhas e gráficos de abundância por região e litologias foram também elaborados. Além desta abordagem as ocorrências e os novos registros foram inseridos em um mapa de distribuição.

3. RESULTADOS

O presente trabalho traz registros referentes aos estados da Bahia, Ceará, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Pará, Piauí, Rio Grande do Norte, Santa Catarina, São Paulo e Tocantins. Foram analisadas 405 lotes e 677 indivíduos. Nesses lotes

foram encontradas 22 OTUs, além das espécies já descritas *Pseudonannolene chaimowiczi* Fontanetti, 1996, *P. imbiensis* Fontanetti, 1996 (Figura 1 a), *P. nitens* Schubart (Figura 1 b), *P. tocaiensis* Fontanetti, 1996 (Figura 1 c) e *P. strinatii* Mauriès, 1987 (Figura 1 d). O estado com o maior número de registros é a Bahia (155 lotes), seguido por Minas Gerais (142 lotes), Goiás (63 lotes) e São Paulo (32 lotes), Piauí (6 lotes), Santa Catarina (4 lotes), Mato Grosso, Rio Grande do Norte e Tocantins (1 lote) (Figura 2). Em relação à litologia das cavernas com ocorrência de *Pseudonannolene*, a maioria (72%) é calcária, seguida por cavernas de litologia arenítica (7%), granítica e quartzítica (ambas com 5%) (Figura 3).

Em relação ao número de ocorrências de *Pseudonannolene*, o estado que se destaca é Minas Gerais com 34 registros. Destes, 14 são espécies já descritas, 14 indeterminadas (indet.) e seis são OTUs. As indeterminadas caracterizaram-se por fêmeas e jovens não categorizados em OTUs e dados provenientes de literatura. Em seguida está a Bahia, com seis espécies descritas, seis OTUs e quatro indeterminados; Goiás, com duas espécies descritas, seis OTUs e dois indeterminados; e São Paulo, com quatro descritas e nove indeterminados (Tabela 1). Os estados do Mato Grosso, Piauí, Rio Grande do Norte e Tocantins representam registros novos para o gênero *Pseudonannolene* em cavernas (Figura 4).

A Tabela 2 mostra a listagem de *Pseudonannolene* no ambiente subterrâneo, detalhando a ocorrência por estado, município, cavidade, litologia e formação geológica. Foram registradas 25 espécies descritas, destas, três são troglóbias (destacadas em vermelho na Tabela 2), além de 22 OTUs e 36 registros em nível genérico. Estes últimos compreendem indivíduos jovens, fêmeas ou referentes a dados de literatura em que os espécimes não foram analisados, portanto, não designados em OTUs, sendo denominados apenas como *Pseudonannolene*.



Figura 1. Espécies de *Pseudonannolene*: a) *P. imbirensis* no banco de sedimento na caverna São Mateus, litologia calcária (Foto: M.E. Bichuette); b) *P. nitens* em substrato rochoso da caverna Olho de Cabra, litologia arenítica (Foto: J. Ferro) c) *P. tocaiensis* em mancha de guano na Gruta da Toca, litologia arenítica (Foto: M.E. Bichuette); d) *P. strinatii* no banco de sedimento na caverna Ressurgência das Areias de Águas Quentes, litologia calcária (Foto: J.E. Gallão).

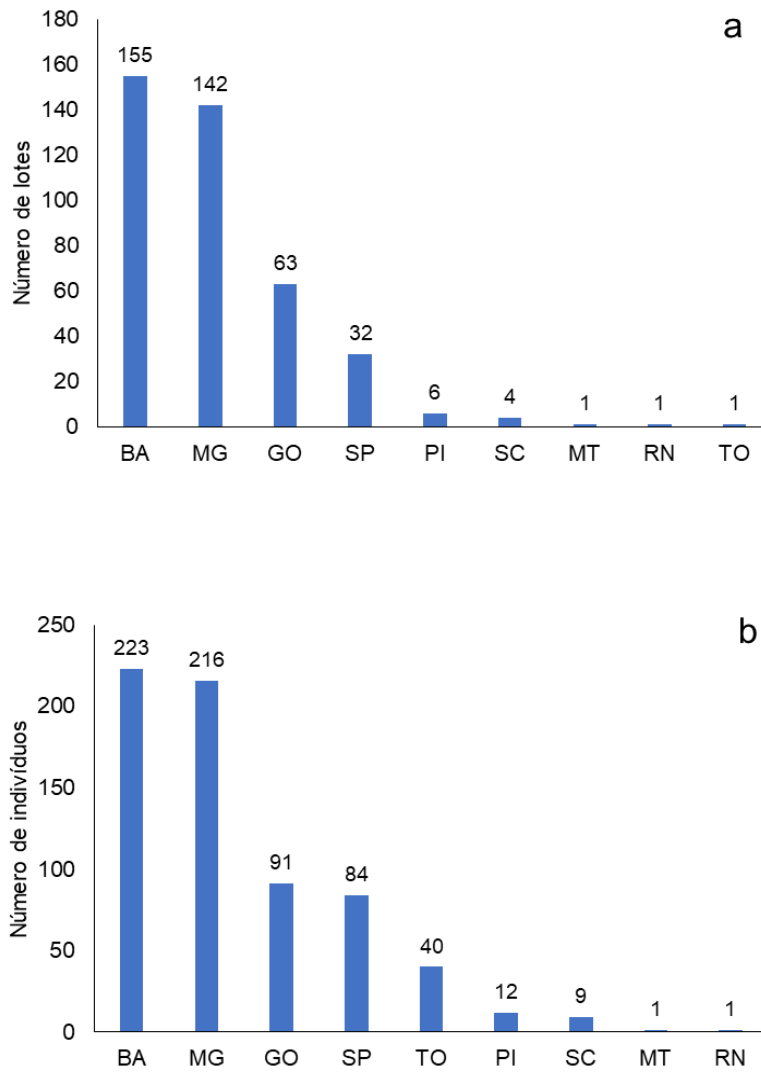


Figura 2. Estados amostrados pelo Laboratório de Estudos Subterrâneos com registro de espécies do gênero *Pseudonannolene*: a) número de lotes amostrados por estado; b) número de indivíduos amostrados por estado. MG: Minas Gerais, BA: Bahia. GO: Goiás, MT: Mato Grosso, PI: Piauí, RN: Rio Grande do Norte, SC: Santa Catarina, SP: São Paulo, TO: Tocantins.

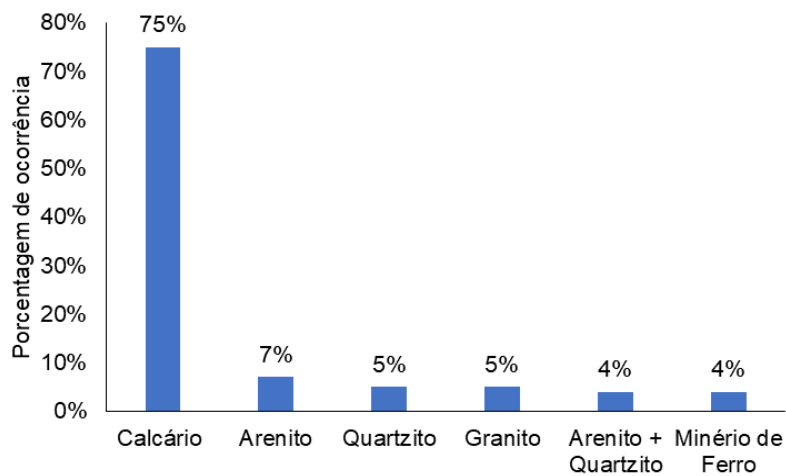


Figura 3. Representatividade das litologias de cavernas onde as espécies de *Pseudonannolene* foram registradas. Dados obtidos com a análise dos lotes presentes na Coleção Zoológica do Laboratório de Estudos Subterrâneos da Universidade Federal de São Carlos (LES/UFSCar) juntamente com registros de literatura.

Tabela 1. Ocorrência do gênero *Pseudonannolene* em cavernas no Brasil, dados oriundos de coletas do Laboratório de Estudos Subterrâneos e literatura. Bahia (BA), Goiás (GO), Minas Gerais (MG), Mato Grosso (MT), Piauí (PI), Rio Grande do Norte (RN), Santa Catarina (SC), São Paulo (SP) e Tocantins (TO). *: dados de Trajano et al. (2000), para os estados Paraná (PR) e Mato Grosso do Sul (MS); Iniesta; Ferreira (2015), para o estado do Pará (PA); Souza-Silva e Ferreira (2009), para o estado do Ceará (CE). OTUs: Operational Taxonomic Units. Indet: indivíduos fêmeas e juvenis que foram identificados até gênero, não podendo ser inserido em uma OTU. N°: número.

Estado	N° de Cavernas	Espécies Descritas	OTUs	Indet.	Total
BA	38	6	6	4	16
CE*	3	-	-	1	1
GO	16	2	6	2	10
MG	62	14	6	14	34
MS*	1	-	-	1	1
MT	1	-	-	1	1
PA*	9	1	-	-	1
PI	2	-	1	-	1
PR*	4	2	-	-	2
RN	1	-	-	1	1
SC	4	-	1	1	2
SP	20	4	0	9	13
TO	1	-	1	-	1

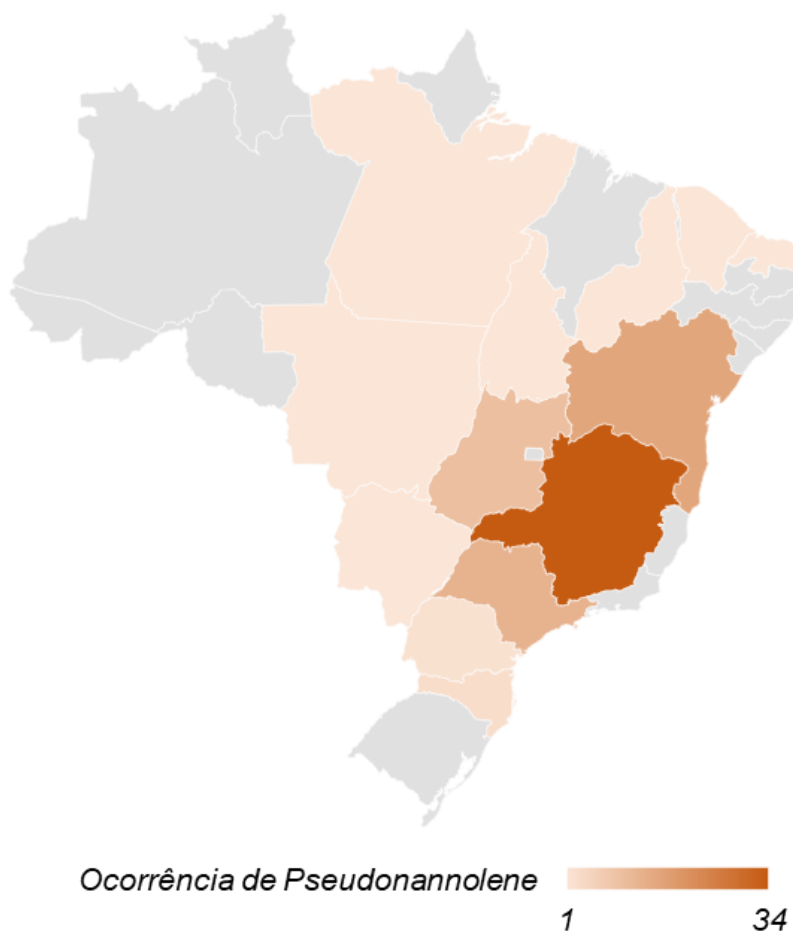


Figura 4. Distribuição das espécies de *Pseudonannolene* com ocorrência em cavernas. Mapa baseado em amostragens do Laboratório de Estudos Subterrâneos e dados de literatura (eg. TRAJANO et al. 2000, Iniesta; Ferreira, 2014). Modificado da plataforma Bing ©GeoNames, MSFT, Microsoft, Navteq.

Tabela 2. Distribuição de *Pseudonannolene* no meio subterrâneo, dados de literatura juntamente com as amostras do Laboratório de Estudos Subterrâneos. Em vermelho as espécies descritas troglóbias. Siglas: BA (Bahia), CE (Ceará), GO (Goiás), MG (Minas Gerais), MS (Mato Grosso do Sul), MT (Mato Grosso), PA (Pará), PI (Piauí), PR (Paraná), RN (Rio Grande do Norte), SC (Santa Catarina), SP (São Paulo).

Táxon	Estado	Município	Cavidade	Litologia
<i>Pseudonannolene ambuatinga</i> Iniesta; Ferreira, 2013	MG	Pains	Gruta Loca d'Água Gruta do Éden Gruta loca d'Água de baixo	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene anapophysis</i> Fontanetti, 1996	BA	Lençóis	Gruta do Lapão	Quartzito (Espinhaço Setentrional)
<i>Pseudonannolene caatinga</i> Iniesta; Ferreira, 2014	BA	Ourolândia	Toca dos Ossos	Calcário (Una)
<i>Pseudonannolene chaimowiczi</i> Fontanetti, 1996	MG	Lagoa Santa (Pedro Leopoldo)	Gruta Helictites	Calcário (Bambuí)
		Itacarambi	Gruta Olhos d'Água Lapa do Janelão	Calcário (Bambuí)
	BA	Campo Formoso Santana	Toca do Gonçalo Gruta do Padre	Calcário (Una) Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene erikae</i> Iniesta; Ferreira, 2014	MG	Sete Lagoas	Gruta Rei do Mato	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene fontanettiae</i> Iniesta; Ferreira, 2014	MG	Tiradentes	Caverna Casa de Pedra	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene gogo</i> Iniesta; Ferreira, 2013	MG	Mariana	SPA62, SPA66, SPA74, SPA30, SPA17	Minério de Ferro (Quadrilátero Ferrífero)
			Caverna São Mateus- Imbira III	
<i>Pseudonannolene imbirensis</i> Fontanetti, 1996	GO	São Domingos	São Mateus II Caverna Passa Três	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene leopoldoi</i> Iniesta; Ferreira, 2014	MG	São João da Lagoa	Caverna Lapa do Zu	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene leucocephalus</i> Schubart, 1944	SP	Mogi-Guaçu	Cachoeira de Cima	Granito
	PR	Cerro Azul	Gruta do Rocha	Calcário (Açungui)
<i>Pseudonannolene longissima</i> Iniesta; Ferreira, 2014	MG	Sete Lagoas	Gruta Rei do Mato	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene lundii</i> Iniesta; Ferreira, 2015	MG	Luislândia	Lapa Sem Fim	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene marconii</i> Iniesta; Ferreira, 2014	BA	Pau Brasil	Gruta da Pedra Suspensa Caverna Califórnia Caverna Milagrosa	Grupo Carbonático Rio Pardo
<i>Pseudonannolene microzoporus</i> Mauriès, 1987	MG	Lagoa Santa	Gruta Lapa Vermelha	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene nitens</i> Schubart	SP	Altinópolis	Gruta de Altinópolis Caverna Olho de Cabra Caverna Cinco Bocas Caverna Prata Caverna Pratinha	Arenito (Serra Geral, formação Botucatu)
			Gruta Água Limpa Gruta do Bicho Desconhecido	
			Gruta Loca dos Negros Gruta Duas Bocas Gruta Zé da Fazenda Gruta das Cerâmicas Gruta Fumaça III Gruta Tio Rafa II Gruta Cinderela Gruta Dolina dos Angicos	
<i>Pseudonannolene robsoni</i> Iniesta; Ferreira, 2014	MG	Pains		Calcário (Bambuí)

Táxon	Estado	Município	Cavidade	Litologia
			Gruta Capoeirão	
	MG	Doresópolis	Gruta Ninfeta de baixo	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene rolamossa</i> Iniesta; Ferreira, 2013	MG	Nova Lima	Caverna Rola Moça	Minério de Ferro (Quadrilátero Ferrífero)
<i>Pseudonannolene rosineii</i> Iniesta; Ferreira, 2014	MG	Pains	Gruta Paranoá Gruta Ninfeta III	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene saguassu</i> Iniesta; Ferreira, 2013	MG	Pains	Gruta do Éden	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene spelaea</i> Iniesta; Ferreira, 2013	PA	Parauapebas	GEM1712, GEM1735, GEM1727, GEM1714, GEM1756, GEM1770, GEM1754, GEM1774, GEM1773	Minério de Ferro (Carajás)
<i>Pseudonannolene strinatii</i> Mauriès, 1974	SP	Iporanga	Gruta das Areias de Cima Ressurgência das Areias	Calcário (Açungui)
	SP	Ribeira	Gruta do Jeremias Toca do Tigre	Calcário (Açungui)
	PR	Cerro Azul	Gruta de Bonsucesso Gruta do Rocha	Calcário (Açungui)
	PR	Rio Branco do Sul	Gruta da Lancinha Gruta de Itacolombo	Calcário (Açungui)
	PR	Almirante Tamandaré	Gruta de Toca	Calcário (Açungui)
	PR	Campo Largo	Gruta de Terra Boa	Calcário (Açungui)
<i>Pseudonannolene taboa</i> Iniesta; Ferreira, 2014	MG	Sete Lagoas	Gruta do Pinheirinho	Calcário (Açungui)
<i>Pseudonannolene tocaiensis</i> Fontanetti, 1996	MG	Sete Lagoas	Gruta Taboa	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene tocaiensis</i> Fontanetti, 1996	SP	Itirapina	Gruta da Toca	Arenito (Serra Geral, formação Botucatu)
<i>Pseudonannolene tricolor</i> Broelemann, 1902	BA	Pau Brasil	Gruta California	Grupo Carbonático Rio Pardo
	GO	Formosa	Gruta Paineira	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene xavieri</i> Iniesta; Ferreira, 2014	BA	Iraquara	Gruta da Fumaça	Calcário (Bacia do Irecê)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 1	MG	Presidente Olegário	Gruta do Juruvá Lapa Arco da Lapa Lapa da Fazenda São Bernardo Lapa do Moacir Lapa Vereda da Palha Lapa Zé de Sidinei Toca do Charco	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 2	MG	Monjolos	Gruta Pau Ferro Lapa do Santo Antônio Toca do Geraldo	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 3	MG	Diamantina	Gruta do Manéu Gruta do Salitre Gruta Monte Cristo Lapa dos Pombos	Quartzito (Espinhaço Setentrional)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 4	MG	Caeté (Serra da Piedade)	Gruta da Piedade Gruta Chuveirinho	Minério de Ferro (Quadrilátero Ferrífero)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 5	MG	Vazante	Gruta dos Urubus	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 6	MG	Lima Duarte	Gruta dos Coelhos	Quartzito (Quartzitos da Mantiqueira)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 7	BA	Coribe (Serra do Ramalho)	Gruta do Enfurnado	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 8	BA	São Desidério	Buraco da Sopradeira Caverna Baixa Fria Gruta da Sucupira	Calcário (Bambuí)

Táxon	Estado	Município	Cavidade	Litologia
			Gruta do Juraci Gruta Ernesto Pereira Sumidouro do Engenho Gruta do Catão	
<i>Pseudonannolene</i> sp. 9	BA	São Desidério	Buraco da Sopradeira Gruta da Sucupira Gruta do Ventilador Gruta Lapa do Manga II Gruta Paulista Gruta Ressurgência da Sopradeira	Calcário (Bambuí)
	BA	Central	Toca do Valdemar Gruta Rolling Stones	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 10	BA	Central	Bem-Bom	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 11	BA	Iraquara	Fumaça Lapa doce Gruta da Torrinha	Calcário (Bacia do Irecê)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 12	BA	Andaraí (Povoado de Igatu)	Gruta das Torras Gruta Parede Vermelha Gruta Canal da Fumaça Gruta Rio dos Pombos Gruta Lava Pé	Arenito+ Quartzito (Espinhaço Setentrional)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 13	GO	São Domingos	Caverna Bezerra	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 14	GO	São Domingos	Caverna Angélica	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 15	GO	São Domingos	Caverna São Vicente II	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 16	GO	São Domingos	Caverna São Bernardo	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 17	GO	São Domingos	Terra Ronca I Terra Ronca II	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 18	SC	Florianópolis	Gruta da Laje Gruta do Monte Verde Gruta das Pedras Grandes	Granito
<i>Pseudonannolene</i> sp. 19	TO	Arraias	Lapa do Bom Jesus	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 20	PI	Caracol	Toca de cima dos Pilão Caverna Coroa do Frade	Arenito
<i>Pseudonannolene</i> sp. 21	GO	Mambaí	Gruta da Tarimba Pasto de Vacas I Gruta Judite Gruta das Dores	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 22	MG	São Roque de Minas	Gruta do Tesouro	Grupo (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i>	RN	Carnaúba dos Dantas	Casa de Pedra	Calcário (Apodi)
	MT	Nobres	Toca do Quati	Calcário (Alto Paraguai/ Grupo Araras)
	MS	Bonito	Gruta Pitangueiras	Calcário (Serra da Bodoquena)
	BA	Paripiranga	Caverna do Zumbi	Calcário
	BA	Central	Toca da Candeia	Calcário (Bambuí)
	BA	Santa Luzia	Gruta Pedra do Sino	Área Cárstica de Rio Pardo
	BA	Camacá	Gruta São Gotardo	Área Cárstica de Rio Pardo
	CE	Ubajara	Gruta de Ubajara Gruta Morcego Branco Gruta dos Mocós	Calcário (Serra do Ibiapaba)
	GO	Formosa	Gruta Suindara	Calcário (Bambuí)
	GO	Formosa	Gruta Jaboticaba	Calcário (Bambuí)

Táxon	Estado	Município	Cavidade	Litologia
	MG	Baldim	Gruta da Forquilha	Minério de Ferro (Quadrilátero Ferrífero)
	MG	Arinos	Gruta Três Colinas	Calcário (Bambuí)
	MG	Cordisburgo	Gruta da Morena	Calcário (Bambuí)
	MG	Pains	Sumidouro da Boca Torta Gruta da Cigarrinha Caverna C13 Gruta do Marco	Calcário (Bambuí)
	MG	Pedro Leopoldo	Gruta da Ciminias Gruta da Salmoura	Calcário (Bambuí)
	MG	Matozinhos	Gruta da Cinco Bocas Caverna Dente do Cão Gruta do Tombo Gruta do Meandro Abismante	Calcário (Bambuí)
	MG	Lagoa Santa (Pedro Leopoldo)	Gruta do Urubu	Calcário (Bambuí)
	SP	Arapeí	Gruta Izabel	Granito (Granitos da Serra da Mantiqueira)
	SP	Itu	Gruta do Riacho Subterrâneo	Granito (Suíte Granítica Pós-Tectônica de Itu)
	SP	Iporanga	Caverna Ouro Grosso Gruta do Alambari de Cima Gruta do Betari Gruta dos Buenos Gruta do Capinzal Caverna Buraco do Cão	Calcário (Açungui)
	SP	Paranapiacaba	Gruta do Quarto Patamar	Granito (Serra do Mar)
	SC	Botuverá	Gruta do Botuverá	Calcário (Centro-Leste de Santa Catarina)

4. DISCUSSÃO

O estudo de diplópodes brasileiros teve início com os pesquisadores Brölemann (1902) e Schubart (1942). Os primeiros diplópodes subterrâneos foram descritos para a Região do Vale do Ribeira no estado de São Paulo e tratam-se dos Polydesmida *Alocodesmus yporangae* Schubart, 1946 (Sistema Areias), *Yporangiella stygius* Schubart, 1946 (Caverna Monjolinho), *Peridontodesmella alba* Schubart, 1957 (Gruta do Betari). O primeiro *Pseudonannolene* descrito para cavernas brasileiras também é do Sistema Areias, e trata-se da espécie *Pseudonannolene strinatii* Mauriès, 1974 que apesar da despigmentação dos segmentos anteriores é considerada troglófila (Figura 1 d). As localidades com registros de diplópodes até então encontravam-se no estado de São Paulo e Minas Gerais. Trajano e colaboradores (2000) expandiram a distribuição e os diplópodes *Pseudonannolene* foram então registrados para os estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Goiás, Paraná, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul (TRAJANO et al. 2000). No presente estudo adicionamos os estados Mato Grosso, Piauí, Rio Grande do Norte e Tocantins, sendo estas ocorrências novas para a distribuição de *Pseudonannolene*. O grupo ocorre também no estado

do Ceará, na região de Ubajara, como observado por Souza-Silva; Ferreira (2009).

Os diplópodes subterrâneos parecem ser menos frequentes em latitudes mais baixas (TRAJANO et al. 2000), com poucos registros nos estados do Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Tocantins e Pará. Este fato pode estar relacionado ao baixo esforço amostral nessas regiões, uma vez que nos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Santa Catarina também aparecem com poucos registros, especificamente para os diplópodes *Pseudonannolene*.

A diferença observada no número de lotes entre os estados está relacionada ao viés amostral do material examinado, uma vez que estes são provenientes da Coleção Zoológica, e de diferentes eventos de coleta referentes aos projetos em andamento do Laboratório de Estudos Subterrâneos. Dessa forma, destacam-se os estados da Bahia, Minas Gerais, Goiás e São Paulo, com o maior número de lotes e indivíduos amostrados, além da maior ocorrência de espécies descritas tendo em vista que esses são os mais amostrados pelo referido Laboratório (Figura 2 e Tabela 1).

Um fator regulador da distribuição destes diplópodes é a umidade. O grupo em questão é frequentemente encontrado próximo a drenagens perenes, ou seja, estão associados à água, pois a cutícula da maioria das espécies é permeável a água e isto restringe seus hábitos a áreas com alta umidade (HOPKINS; READ, 1992). Observações em campo mostram que os diplópodes estavam em solos profundos ou entre as concreções (espelotemas) nas cavidades durante as épocas secas, um comportamento para evitar a dessecação (Figura 5 a).

As espécies de *Pseudonannolene* estão distribuídas em cavidades de litologias calcária, arenítica, granítica e em minério de ferro (Tabela 2, Figura 5 b). Entretanto apresentam maiores ocorrências em cavidade calcárias devido ao viés amostral acima mencionado. Entretanto, alguns autores relatam que os diplópodes mostram maiores riquezas em áreas com solo calcário (pH neutro a alcalino) comparado a áreas com solo ácido (pH ácido) (KIME, 1992; TAJOVSKÝ, 1997), explicando a maior ocorrência do grupo em rochas dessa litologia. Cavernas de litologia arenítica podem apresentar alta densidade de diplópodes, pois ocorrem em menor número e são mais isoladas em relação às áreas cársticas. Por esse motivo, tendem a abrigar maiores colônias de morcegos (TRAJANO, 1987, 1995; TRAJANO; MOREIRA, 1991) e, conseqüentemente, maior quantidade de guano, sendo este um dos principais recursos para os *Pseudonannolene* (TRAJANO et al. 2000). Um estudo feito em cavernas areníticas de Altinópolis-SP registrou uma elevada abundância da espécie *P. nitens* (Figura 1 b) na Caverna Prata, a qual apresentou grandes e diversas manchas de guano, quando comparada a Caverna Olho de Cabra, onde esse recurso é mais escasso (GALLO, 2017).

Além disso, os diplópodes são bioindicadores da qualidade do solo e não toleram altas concentrações de poluentes (GODDOY; FONTANETTI, 2010). Assim como os demais organismos subterrâneos, os diplópodes são vulneráveis às alterações em seu ambiente, principalmente em resposta às ações antrópicas que acarretam diminuições populacionais podendo resultar em extinções locais de vários grupos (ELLIOTT, 2012). A preservação do meio epígeo, incluindo a vegetação e recursos hídricos do entorno das cavidades é igualmente necessária para a manutenção da riqueza de espécies subterrâneas (TRAJANO, 2010).

Entre as espécies de *Pseudonannolene* descritas, cinco estão ameaçadas de extinção: *P. ambuatinga*, *P. imbiensis* estão na categoria “Em Perigo” (CHAGAS-JR et al. 2018 a,b), *P. gogo* na categoria “Vulnerável” (CHAGAS-JR et al. 2018 c), *P. spelaea* e *P. tocaiensis* e categoria “ criticamente em Perigo” (CHAGAS-JR et al. 2018 d,e). Destas, duas são consideradas troglóbias: *P. ambuatinga* e *P. spelaea*, ou seja, são restritas ao ambiente subterrâneo e incapazes de estabelecer populações fonte no ambiente epígeo (TRAJANO; CARVALHO, 2017). Tais espécies são consideradas troglomórficas por apresentar troglomorfismos, isto é, convergências em traços morfológicos associadas ao isolamento em cavernas (WILKENS, 2010). Para o grupo os principais troglomorfismos são a despigmentação cutânea, redução no número de omatídeos e no tamanho do corpo (INIESTA; FERREIRA, 2015). Até a publicação da sinopse sobre diplópodes cavernícolas nenhum *Pseudonannolene* foi considerado troglomórfico (TRAJANO et al. 2000), sendo a espécie *P. spelaea* descrita em 2013, a primeira troglóbia e troglomórfica para o gênero (INIESTA; FERREIRA, 2013a).



Figura 5. *Pseudonannolene* em habitat natural. A) Indivíduo entre as concreções em caverna de litologia calcária em Presidente Olegário (Foto: M.P. Bolfarini). B) *Pseudonannolene* sp. no substrato em uma caverna de Minério de Ferro (Foto: A. Gambarini).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, de acordo com o objetivo proposto, a distribuição do gênero *Pseudonannolene* em cavernas foi ampliada para mais quatro estados. A litologia que se sobressai é a calcária, mas o grupo também ocorre em outros tipos de rochas como arenito, quartzito, granito e minério de ferro. Devido ao viés amostral relacionado as coletas realizadas, os estados da Bahia e Minas Gerais apresentam maiores registros e abundâncias para o Gênero.

Este estudo sistematizou e organizou dados já existentes sobre a distribuição dos *Pseudonannolene*, relacionando-a com aspectos biológicos do grupo. A riqueza amostrada juntamente com a ampliação na distribuição das espécies desse Gênero reforça a grande diversidade de diplópodes para cavernas brasileiras. Tais dados possuem grande importância para estudos futuros de cunho biogeográfico. É importante ressaltar que as OTUs encontradas não foram comparadas com todo material tipo, apenas com os que estavam depositados no MZUSP, ou seja, alguns OTUs podem ser espécies já descritas (eg. INIESTA; FERREIRA, 2013, 2014, 2015).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, processos 2008/05678-7 e 2010/08459-4), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, processos 303715/2011-1, 308557/2014-0 e 310378/2017-6; PROJETO UNIVERSAL- 457413/2014-0) pelo financiamento e suporte a MEB e pela bolsa de mestrado a JSG (132457/2015-6). O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecemos a Cimento Bravo (Paripiranga, Bahia); International Paper (Altinópolis, São Paulo); Agência de Desenvolvimento Econômico e Social de Itabirito (Adesita, troglóbios de Minas Gerais); BAMIN e

HIDROVIA (São Desidério/BA) pelo financiamento parcial. Aos grupos de espeleologia Grupo Pierre Martin de Espeleologia (GPME), Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas (GBPE), por todo auxílio. Agradecemos aos ajudantes nas campanhas de campo que auxiliaram nas coletas dos lotes (B. Rantin, T. Scatolini, J.E. Gallão, D.R. Pedroso, C.S. Fernandes, D.M. von Schimonsky, A. Giupponi, L.B. Simões, N. Hattori, T. Zepon, E. Trajano, A. Chagas Jr, A.D. Rocha, L. Senna-Horta, M. Bolfarini, R. Fonseca-Ferreira, L.P.A. Resende, B.G.O. Monte, E.L.B. Carvalho; D. Gregolin; G. Schmaedecke; I.S. Arnone, E. Trajano; D. Sansone, P.P. Rizzato, F.D. Passos; B.S. Brito, M.P. Bolfarini, G.A. Nunes), aos guias de campo (R.H. dos Santos, J.S. de Sousa, E. Calvo, F.P. de Jesus, R. C. dos Santos, R. J. da Silva, S.O. Nascimento, J.A. dos Santos). Aos Programas de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos (PPGERN-UFSCar) Pós-Graduação em Biologia Comparada pela infraestrutura. Agradecemos aos órgãos ambientais pelas permissões de coletas: Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade/Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (SISBIO/ICMBIO); Goiás - Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos (SECIMA); PETAR e PEI/SP - Fundação Florestal/COTEC (FF/COTEC); Minas Gerais - Instituto Estadual de Florestas (IEF), Bahia - Instituto Estadual do Meio Ambiente (INEMA). Agradecemos a Profa. Dra. Carmem Fontanetti, pelo empréstimo do material, bibliografia, pelas sugestões e auxílio no estudo da morfologia. A Amazonas Chagas Jr. pelo envio de bibliografia e sugestões; a Eleonora Trajano pela doação de parte do material estudado; a Ricardo Pinto-da-Rocha (curador) e Mauro Cardoso Jr. (técnico), ambos do Museu de Zoologia da USP (MZUSP) pelo empréstimo do material-tipo. Agradecemos a C.S. Fernandes, D.M. von Schimonsky, J.E. Gallão e T. Zepon pelas sugestões e críticas a este manuscrito. Agradecemos a Tamaris Gimenez pela revisão do manuscrito.

REFERÊNCIAS

- ALAGESAN, P. Millipedes: Diversity, Distribution and Ecology. In: Chakravarthy, A.K.; SHAKUNTHALA, S. (Eds). **Arthropod Diversity and Conservation in the Tropics and Sub-tropics**. Springer, Singapore, 2016. p. 119-137.
- BARR, T. C. Cave ecology and the evolution of troglóbites. **Evolutionary Biology** v.2, p. 35-102, 1968.
- BINI, L.M; DINIZ-FILHO, J.A.F.; RANGEL, T.F.L.V.B.; BASTOS, R.P.; PINTO, M.P. Challenging Wallacean and Linnean shortfalls: knowledge gradients and conservation planning in a biodiversity hotspot. **Diversity and Distributions** v.12, p.475-482, 2006.

- BRÖLEMANN, H.W.; Myriapoda du Musée de São Paulo. **Museu Paulista**, v.5, p.35-237, 1902.
- CHAGAS-JR, A.; CASTRO-MARCATO, A.C.C.; FONTANETTI, C.S.; PENA-BARBOSA, J.P.P.; BATTIROLA, L.D.; BICHUETTE, M.E.; RODRIGUES, P.E.S. *Pseudonannolene ambuatinga* Iniesta & Ferreira, 2013. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.) **Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção: Volume II - Invertebrados**. Brasília, ICMBio, 2018a. p. 461-462.
- CHAGAS-JR, A.; CASTRO-MARCATO, A.C.C.; FONTANETTI, C.S.; PENA-BARBOSA, J.P.P.; BATTIROLA, L.D.; BICHUETTE, M.E.; RODRIGUES, P.E.S. *Pseudonannolene imbirensis* Fontanetti, 1996. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.) **Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção: Volume II - Invertebrados**. Brasília ICMBio, 2018b. p. 465-466.
- CHAGAS-JR, A.; CASTRO-MARCATO, A.C.C.; FONTANETTI, C.S.; PENA-BARBOSA, J.P.P.; BATTIROLA, L.D.; BICHUETTE, M.E.; RODRIGUES, P.E.S. *Pseudonannolene gogo* Iniesta & Ferreira, 2013. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.) **Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção: Volume II - Invertebrados**. Brasília ICMBio, 2018c. p. 463-464.
- CHAGAS-JR, A.; CASTRO-MARCATO, A.C.C.; FONTANETTI, C.S.; PENA-BARBOSA, J.P.P.; BATTIROLA, L.D.; BICHUETTE, M.E.; RODRIGUES, P.E.S. *Pseudonannolene spelaea* Iniesta & Ferreira, 2013. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.) **Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção: Volume II - Invertebrados**. Brasília ICMBio, 2018d. p. 467-468.
- CHAGAS-JR, A.; CASTRO-MARCATO, A.C.C.; FONTANETTI, C.S.; PENA-BARBOSA, J.P.P.; BATTIROLA, L.D.; BICHUETTE, M.E.; RODRIGUES, P.E.S. *Pseudonannolene tocaiensis* Fontanetti, 1996. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.) **Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção: Volume II - Invertebrados**. Brasília ICMBio, 2018e. p 467-468.
- CHRISTIANSEN, K.A. Proposition pour la classification des animaux cavernicoles. **Spelunca**, v.2, p.76-78, 1962.
- DAVID, J.F. Diplopoda: Ecology. In: MINELLI, A. (Eds.) **The Myriapoda, Volume 2**. Brill, 2015. p.363-453.
- ENGHOFF, H. Diplopoda: Geographical Distribution. In: Minelli, A. (Eds.) **The Myriapoda, Volume 2**. Brill, 2015. p.363-453.
- ELLIOTT, W.R. Protecting Caver and Cave Life. In: WHITE, W.B; CULVER, D.C (Eds.) **Encyclopedia of Caves**. 2nd ed. Elsevier/Academic Press, Amsterdam, 2012, p. 624-634.
- FONTANETTI, C.S. Taxonomic Importance of the Prefemoral Process of the first Pair of Legs in Males of the Genus *Pseudonannolene* (Diplopoda, Siprostreptida). **Folia Biologica Krakow**, v.50, p.199-202, 2002.
- GALLO, J.S. **Diversidade de invertebrados terrestres em cavernas areníticas do estado de São Paulo, com ênfase em Pseudonannolenidae (Diplopoda: Spirostreptida)**. 2017. 152p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.
- GODDOY, J.A.P.; FONTANETTI, C.S. Diplopods as Bioindicators of Soils: Analysis of Midgut of Individuals Maintained in Substract Containing Sewage Sludge. **Water Air Soil Pollute**, v. 210, p. 389-398, 2010.
- GOLOVATCH, S.I.; KIME, R.D. Millipede (Diplopoda) Distributions: A Review. **Soil Organisms**, v.81, n.3, p.565-597, 2009.

- HOFFMAN, R.L.; GOLOVATCH, S.I.; ADIS, J.; MORAIS, J.W. Practical keys to the orders and families of millipedes of the Neotropical region (Myriapoda: Diplopoda). **Amazoniana**, v.14, n.1/2, p.1-35, 1996.
- HOPKIN, S.P.; READ, H.J. **The Biology of Millipedes**. New York: Oxford University Press, 1992. 233p.
- INIESTA, L.F.M.; FERREIRA, R.L. The first troglobitic *Pseudonannolene* from Brazilian iron ore caves (Spirostreptida: Pseudonannolenidae). **Zootaxa**, v. 3669, n.1, p. 085–095, 2013a.
- INIESTA, L.F.M.; FERREIRA, R.L. Two new species of *Pseudonannolene* Silvestri, 1895 from Brazilian limestone caves (Spirostreptida: Pseudonannolenidae): syntopy of a trogliphilic and a troglobiotic species. **Zootaxa**, v.3702, n.4, p.357–369, 2013b.
- INIESTA, L.F.M.; FERREIRA, R.L. New Species of *Pseudonannolene* Silvestri, 1895 from Brazilian Limestone Caves with Comments on the Potential Distribution of the Genus in South America (Spirostreptida, Pseudonannolenidae). **Zootaxa**, v. 3846, p.361-397, 2014.
- INIESTA, L.F.M.; FERREIRA, R.L. *Pseudonannolene lundi* n. sp., a new troglobitic millipede from a Brazilian limestone cave (Spirostreptida: Pseudonannolenidae). **Zootaxa** v.3949, p.123-128, 2015.
- JUBERTHIE, C. The Diversity of the Karstic and Pseudokarstic Hypogean Habitats in the World. In: WILKENS, H.; CULVER, D.C.; HUMPHREYS, W. F. **Ecosystems of the World: Subterranean Ecosystems**. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 2000, p.17-39.
- KIME, R.D. On abundance of West-European millipedes. *Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck*. **Supplementum**, v.10, p.393-399, 1992.
- KRELL, F.T. Parataxonomy vs. taxonomy in biodiversity studies—pitfalls and applicability of ‘morphospecies’ sorting. **Biodiversity and Conservation**, v.13, p.795-812, 2004.
- MAURIÈS, J.P. Cambalides nouveaux et peu connus d'Asie, d'Amérique et d'Océanie. II. Pseudonannolenidae, Choctellidae (Myriapoda, Diplopoda). **Bulletin du Muséum national d'histoire naturelle Paris**, v.9, p.169-199, 1987.
- POULSON, T. L.; WHITE, W. B. The cave environment. **Science**, v.165, p.971-981, 1969.
- SCHUBART, O. Diplopoda de Pirassununga I. Primeiro Diplopodo Europeu Encontrado no Brasil. **Papéis Avulsos do Departamento de Zoologia**, v.2, n.18, p.249-254, 1942.
- SCHUBART O. Os Diplopodos de Pirassununga. **Acta zool. Lilloana**, v.2 p.321-440, 1944.
- SIERWALD, P; SPELDA, J. MilliBase. *Pseudonannolene rugosetta* Silvestri, 1897, 2018. Accessed at: <http://millibase.org/aphia.php?p=taxdetails&id=941026> on 2018-11-23
- TAJOVSKÝ, K. Distribution of millipedes along an altitudinal gradient in three mountain regions in the Czech and Slovak Republics (Diplopoda). **Entomologica Scandinavica Supplementum**, p. 225-234, 1997.
- TRAJANO, E. Fauna Cavernícola Brasileira: Composição e Caracterização Preliminar. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.3, p.533-561, 1987.
- TRAJANO, E. Protecting Caves for Bats or Bats for Caves? **Chiroptera Neotropical**, v. 1, n. 2, p. 19-21, 1995.
- TRAJANO, E. Políticas de conservação e critérios ambientais: princípios, conceitos e protocolos. **Estudos Avançados**, v.24, n. 68, p.135- 146, 2010.

- TRAJANO, E.; MOREIRA, J.R.A. Estudo da Fauna de Cavernas da Província Espeleológica Arenítica Altamira-Itaituba, Pará. **Revista brasileira de Biologia**, v.51, n.1, p.13-29, 1991.
- TRAJANO, E.; CARVALHO, M.R. Towards a biologically meaningful classification of subterranean organisms: a critical analysis of the Schiner-Racovitza system from a historical perspective, difficulties of its application and implications for conservation. **Subterranean biology**, v.22, p.1-26, 2017.
- TRAJANO, E.; BICHUETTE, M.E.; BATALHA, M.A. Estudos ambientais em cavernas: os problemas da coleta, da identificação, da inclusão e dos índices. **Espeleo-Tema** v.23, n1, p.13-22, 2012. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/espeleo-tema/espeleo-tema_v23_n1_013-022.pdf
- TRAJANO, E.; GOLOVATCH, S.I.; GEOFFROY, J.J.; PINTO-DA-ROCHA, R.; FONTANETTI, C.S. Synopsis of Brazilian Cave-Dwelling Millipedes (Diplopoda). **Papéis Avulsos de Zoologia**, v.41, n.18, p.259-287, 2000.
- WHITE, W.B.; CULVER, D.C. **Encyclopedia of Caves**. 2nd ed. Elsevier/Academic Press, Amsterdam, 2012, 946 p.
- WILKENS, H. Genes, Modules, and the Evolution of Cave Fish. **Heredity**, v.105, p.413-422, 2010.

Fluxo editorial:

Recebido em: 08.12.2018

Aprovado em: 10.02.2019



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp
