

EFICIÊNCIA DE ISCAS NA COLETA DE ARTRÓPODES ENCONTRADOS NO MEIO SUBTERRÂNEO SUPERFICIAL EM FORMAÇÃO FERRÍFERA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA.

EFFICIENCY OF BAIT TO COLLECT ARTHROPODS IN THE SUB-SUPERFICIAL HABITAT IN THE BRAZILIAN AMAZON FOREST IRON FORMATION

Daniel Reis Maiolino de Mendonça

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio

E-mail: daniel.mendonca@icmbio.gov.br

Fernando Pacheco Rodrigues

Universidade de Brasília - UnB

E-mail: fprodrigues@unb.br

Gilson Argolo

Universidade Federal de Lavras

E-mail: gilsonjr_2006@hotmail.com

Marconi Sousa-Silva

Universidade Federal de Lavras

E-mail: marconisilva@ufla.br

Rodrigo Lopes Ferreira

Universidade Federal de Lavras

E-mail: drops@ufla.br

RESUMO: A legislação brasileira concernente à determinação de áreas de conservação do patrimônio espeleológico nacional utiliza-se, dentre outras informações, de levantamentos dos parâmetros biológicos encontrados em cavernas, uma vez que estes locais representam acesso direto ao ambiente subterrâneo. Tal prática é recorrente em procedimentos de licenciamento ambiental de empreendimentos minerários. Na província mineralógica de Carajás encontra-se uma das maiores jazidas de minério de ferro do mundo e esta formação ferrífera apresenta diversas cavernas distribuídas na paisagem. Com a finalidade de aprimorar técnicas de levantamentos indiretos onde o acesso direto é impossível, ou seja, em habitats como o meio subterrâneo superficial – MSS, este trabalho pretendeu avaliar o efeito do uso de iscas em armadilhas sobre a eficiência destas armadilhas na captura de artrópodes que ocupam estes ambientes em um dos platôs da formação ferrífera. Foram testadas a riqueza e a composição da fauna contida no MSS capturada por armadilhas inseridas em furos de sondagem contendo diferentes iscas: isca padrão, composta por folhíço local esterilizado; e isca enriquecida, composta do mesmo folhíço acrescido de proteína animal (fígado bovino moído). Muito embora invertebrados pertencentes a quatro filos tenham sido coletados (Annelida, Mollusca, Platyhelminthes e Arthropoda), foram considerados apenas os artrópodes, por terem sido mais abundantes nas amostras. A amostragem total de artrópodes subterrâneos resultou na coleta de 66 táxons, distribuídos em cinco Classes e 13 Ordens. Ao se analisar o efeito das diferentes iscas sobre a riqueza de espécies observou-se que não houve diferença significativa quanto ao tipo de isca, contudo alguns grupos como Acari e Araneae foram mais abundantes em armadilhas com isca padrão. A composição de espécies, por outro lado, foi afetada pelos diferentes tipos de iscas.

Palavras-chave: fauna subterrânea, habitat subterrâneo superficial, metodologias de coleta indireta, província mineralógica de Carajás.

ABSTRACT: The Brazilian legislation concerning the determination of conservation areas of the national speleological heritage uses, among other information, surveys of the biological parameters found in caves, since these places represent direct access to the underground environment. This practice is recurrent in environmental licensing procedures for mining projects. In the mineralogical province of Carajás there is one of the largest deposits of iron ore in the world and this iron formation has several caves distributed in the landscape. In order to improve indirect survey techniques which direct access is impossible, in other words, in habitats such as the superficial

underground environment - MSS, this work intended to evaluate the effect of using baits in traps on the efficiency of these traps in capturing arthropods that occupy these environments in one of the plateaus of the iron formation. The richness and composition of the fauna contained in the MSS captured by traps inserted in boreholes containing different baits were tested: standard bait, consisting of sterilized local leaf litter; and enriched bait, composed of the same litter plus animal protein (ground bovine liver). Although invertebrates belonging to four phyla were collected (Annelida, Mollusca, Platyhelminthes and Arthropoda), only arthropods were considered, as they were more abundant in the samples. The total sampling of underground arthropods resulted in the collection of 66 taxa, distributed in 5 Classes and 13 Orders. When analyzing the effect of different baits on species richness, it was observed no significant difference regarding the type of bait, however some groups such as Acari and Araneae were more abundant in traps with standard bait. Species composition, on the other hand, was affected by different types of baits.

Keywords: subterranean fauna, surface subterranean habitat, indirect collection methodologies, mineralogical province of Carajás.

INTRODUÇÃO

Nos primeiros estudos abordando biologia subterrânea RACOVITZA (1907) já apontava que artrópodes hipógenos encontram seu habitat natural nas estreitas fissuras de rochas e não necessariamente em espaços acessíveis ao ser humano, como as cavernas. Desde então, diversos estudos sobre biologia subterrânea foram realizados, cada qual, porém, utilizando-se de metodologias distintas, o que levou, historicamente, a duas situações.

No primeiro caso, a realização de levantamentos faunísticos sem a utilização de uma padronização metodológica acaba por dificultar ou mesmo impedir a comparação entre diferentes estudos, já que a riqueza de espécies observada em um dado levantamento pode ser resultante das diferenças nos esforços amostrais aplicados em cada caso (GNASPINI-NETO, 1989; CULVER et al., 2004; FERREIRA, 2005; FERREIRA et al., 1999; TRAJANO et al. 2012; HALSE e PEARSON, 2014). No segundo caso, pode existir alguma limitação nos métodos de levantamento, resultando em uma amostragem subestimada

Apesar dessas limitações técnicas, de um ponto de vista amplo, os levantamentos de fauna devem ser projetados para permitir que as áreas de estudo sejam representativas da gama de ambientes locais, bem como o desenho amostral deve ser replicável e com amostragem independente (GOTELLI & AARON, 2011). Outro ponto importante é a determinação do tempo suficiente para aplicar o esforço de pesquisa comparável em cada local. Estes fatores são determinantes para que os métodos possam ser replicados por outros pesquisadores (BAMFORD et al, 2013).

Ao longo do desenvolvimento das pesquisas em bioespeleologia, diversos autores propuseram métodos para amostragem da fauna subterrânea brasileira, sejam em trabalhos técnicos ou científicos (OLIVEIRA, 2014). Em 1987, TRAJANO realizou coletas baseadas na captura manual, em 2003 Zepellini-Filho e colaboradores coletaram utilizando este mesmo método, mas passaram a considerar o tempo de coleta. Em 2004 Ferreira realizou amostragens utilizando o método de coleta manual com plotagem de espécies.

Esta metodologia é amplamente difundida e pode ser utilizada com ou sem a delimitação de tempo ou área amostrada por caverna (SOUZA e SILVA et al., 2011a, b; PELLEGRINI e FERREIRA, 2012). A coleta manual dos espécimes terrestres é normalmente realizada com auxílio de potes plásticos, pinças, pincéis, com as amostras de artrópodes preservadas em frascos contendo álcool 70%. Em 2006, Silva utilizou o método de captura manual, acrescentando pitfalls. Em 2008 Cordeiro realizou amostragem por meio da coleta por aleatorização de quadrantes amostrais. Em 2013, MASCARENHAS e colaboradores utilizaram o método de captura manual por tempo e pitfalls. No mesmo ano BERTELLI-SIMÕES aplicou o método de captura manual e quadrantes amostrais.

Tais variações metodológicas de amostragem da fauna subterrânea em cavernas são amplamente utilizadas em levantamentos, contudo, esta metodologia de coleta apresenta algumas dificuldades, sendo aplicável apenas no ambiente de cavernas. Assim, mesmo em áreas onde a geologia seja propícia à espeleogênese, caso não haja cavidades, este método não é aplicável.

Um dos fatores que contribuem para dificuldade de aplicação do método de levantamento em cavidades é a demanda de tempo de procura, necessitando de uma atividade de campo com maior duração, bem como uma equipe numerosa, elevando os gastos. Outro fator de aplicação do método é a necessidade de experiência prévia da equipe, tanto em identificar os microhabitats (substratos) de ocorrência dos grupos faunísticos, bem como em sua identificação. Tais fatores influenciam na eficiência de captura de organismos pertencentes a diferentes taxas.

CULVER e PIPAN (2014) classificou os habitats subsuperficiais em 7 categorias: os ambientes hipotelminorréicos, o epicarste, o meio subterrâneo superficial (MSS), os aquíferos em calcário, o ambiente aquático intersticial (hiporréico), o solo e os tubos de lava.

Dentre todos estes tipos de habitats, o meio subterrâneo superficial (MSS) foi descrito por Juberthie e colaboradores (1980) ao observarem formações de talus não calcárias nos Pirineus. Tais ambientes correspondem a fragmentos de diversos tamanhos, recobertos com uma camada de folhiço que mantém a umidade e permite a entrada de organismos por diversos pontos de fratura do material encontrado entre a superfície e a rocha matriz. Este mesmo conceito passou a ser aplicado em outras formações, como o próprio ambiente cárstico e até rochas vulcânicas (Medina e Oromí, 1990). Além disso, o sistema de canalículos presente em formações ferríferas (especialmente na brecha ferruginosa superficial – a canga) também é funcionalmente semelhante ao meio subterrâneo superficial encontrado em formações carbonáticas.

A maioria das amostragens da fauna subterrânea em cavernas é realizada por meio da busca ativa de animais, que muitas vezes apresentam tamanho corporal relativamente grande. No entanto, armadilhas instaladas em furos de sondagem e outras técnicas empregadas para a amostragem de invertebrados terrestres também podem ser usadas para aumentar o esforço de coleta (SCHNEIDER & CULVER, 2004).

Os métodos passivos de coleta da fauna subterrânea implicam na utilização de dispositivos (pitfall e estratores winkler, etc.) que atraíam e capturem representantes desta fauna (BRITO, 2019). É um método que não depende de experiência do pesquisador, bem como não demanda grandes períodos em campo nem de uma equipe numerosa de coletores, havendo apenas a necessidade da instalação das armadilhas junto ao solo. Além disso, uma das grandes vantagens da utilização destes métodos é a realização de amostragens em ambientes inacessíveis ao ser humano, já que estas

armadilhas podem ser instaladas em qualquer outro ambiente cárstico além das cavernas, como canalículos, fendas e demais descontinuidades da rocha (POLAK, 1997).

Um dos trabalhos pioneiros na utilização de métodos passivos em levantamentos de fauna subterrânea em cavernas foi o trabalho desenvolvido por Poulson e Culver (1968) em pesquisas relacionadas à diversidade da comunidade terrestre subterrânea em Mammoth Cave National Park, nos Estados Unidos. Os pesquisadores utilizaram tanto métodos de busca ativa por meio da coleta manual, quanto métodos passivos, por meio do uso de armadilhas de queda (pitfall). Desde então, alguns autores apontam que, de maneira genérica, os métodos mais indicados para a caracterização da fauna de invertebrados de cavernas ainda são coleta manual e o uso de armadilhas “pitfall” (GERS, 1998; RUIZ-POTERO et al., 2002; LEWIS et al., 2003), muito embora o uso de armadilhas de queda possam causar potenciais problemas nas comunidades subterrâneas pelo efeito de superamostragem de certos taxa.

Em alguns casos, como neste trabalho, as armadilhas contém iscas de fígado para atração de organismos detritívoros (POULSON & CULVER, 1968; PECK & THAYER, 2003). As metodologias mais utilizadas no levantamento da fauna presente no MSS compreendem a perfuração de furos rasos, de até 1 metro, que atuam em profundidades mais superficiais, onde de fato estão a maioria dos invertebrados, contudo não se estendem até profundidades maiores, onde também ocorre parte da fauna subterrânea.

As cavidades naturais subterrâneas, comumente chamada de cavernas, foram instituídas como bens da União pela Constituição Federal de 1988 e, portanto, constituem patrimônio de todos os brasileiros. ELEZ e colaboradores (2013), e mais recentemente Oliveira (2020), apontam que a conservação eficaz do ambiente subterrâneo não se limita à proteção da cavidade em si, mas também do seu entorno.

Atualmente, o Decreto nº 6640/2008 está sendo revisto e, em seu lugar, vigora o Decreto nº 10.935, de 12 de janeiro de 2022, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. Este novo instrumento flexibilizará a ocorrência de impactos negativos irreversíveis em cavidades classificadas hoje como de máxima relevância e sua área de influência por empreendimentos em licenciamento, com a justificativa de serem de utilidade pública, o que pelo Decreto de 2008 não era possível.

Além disso, a Resolução CONAMA nº 347 de 2004, ao se referir ao licenciamento ambiental em áreas com cavidades naturais, implementa o instrumento da “área de influência” de cavidade, correspondendo à projeção horizontal da caverna acrescida de um entorno de duzentos e cinquenta metros, em forma de poligonal convexa. Assim, atualmente se entende que não somente uma caverna compreende um hábitat, mas que ela é circundada por diversos outros habitats subterrâneos, muitos dos quais interconectados, e que influenciam diretamente em processos biológicos e geológicos cruciais para estas cavernas (CULVER & PIPAN, 2014). Tendo em vista que em praticamente todas as áreas de ocorrência do sistema ferrífero no Brasil existe algum grau de exploração econômica, acredita-se na necessidade de um melhor entendimento sobre os padrões de distribuição de espécies e de funcionamento do sistema subterrâneo em escala local e regional.

Com a finalidade de aprimorar as técnicas de levantamento indireto da fauna do MSS, bem como propor metodologias complementares aos levantamentos biológicos realizados em

atividades de licenciamento em cavernas, este trabalho pretendeu avaliar o efeito do uso de iscas sobre a eficácia de amostragem através de armadilhas em furos de sondagem, da comunidade de artrópodes que ocupam este ambiente em um platô da formação ferrífera de Carajás.

METODOLOGIA

Área de Estudo

As coletas foram realizadas na Formação Ferrífera Carajás/PA, localizada dentro dos limites da Floresta Nacional (FLONA) de Carajás (FIGURA 1). A paisagem desta região destaca-se pelos topos aplainados das serras acima de 700 m, sustentado pela formação ferrífera e pelas coberturas de canga. A região apresenta uma fitofisionomia típica do bioma Cerrado. A partir da quebra do relevo nas encostas e intervalos onde a paisagem está sendo erodida pelo intemperismo, revelando cavidades anteriormente oclusas, ocorre predominantemente a formação de Floresta Amazônica (PILÓ et al., 2015).

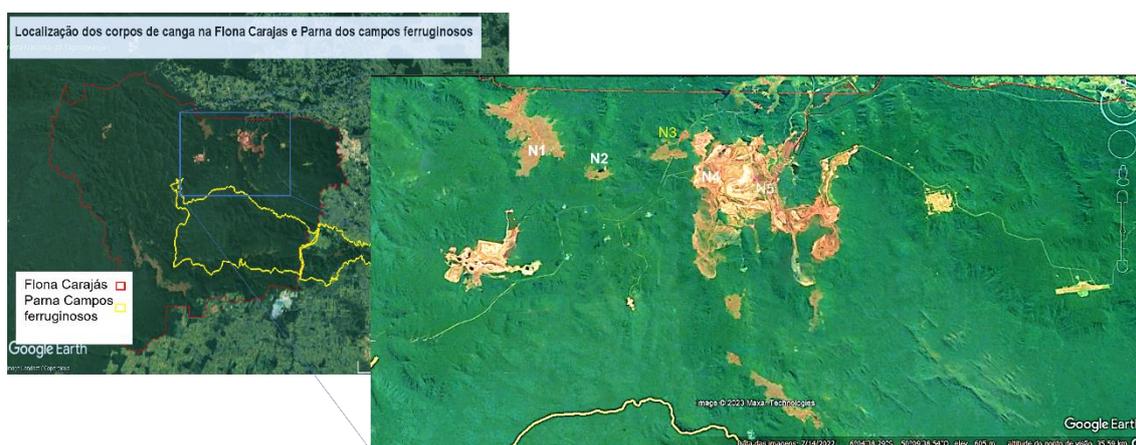


Figura 1: Localização da FLONA Carajás. Fonte: ICMBio, 2018.

O clima é de tipo montano ou serrano amazônico, com temperaturas médias anuais em torno de 21 a 22°C. A amplitude térmica anual entre o mês mais quente e o mês mais frio não passa de 3 graus centígrados (GOLDER, 2007, 2009). A precipitação se concentra durante os meses de novembro a abril, com média de 229 mm (COSTA, 2014).

As cavernas da formação ferrífera de Carajás encontram-se, de um modo geral, inseridas na base de pequenas escarpas rochosas nas vertentes inclinadas. Esta morfologia faz a conexão entre o topo dos planaltos dissecados, localmente denominados de platôs, e as planícies aluviais. Os litotipos predominantes são a formação ferrífera bandada, mais especificamente o jaspilito mineralizado, e a formação de canga (PILÓ & AULER, 2009; VALENTIM & OLIVITO, 2011, CAMPOS et al., 2012).

O platô denominado “N3”, situado na porção noroeste da Unidade Geológica Serra Norte, possui 80 cavidades conhecidas (CARSTE, 2014). Uma característica hidrológica de destaque refere-se à presença de uma vereda na porção SE do platô, cujas águas formam um brejo com até

um metro de profundidade da lâmina d'água durante a estação chuvosa e converge para o talvegue¹ local, situado na porção oeste da formação (PILO & AULER, 2009). Nos topos predomina a savana arbustiva de caráter xerófilo, enquanto nas vertentes inclinadas sobressaem fragmentos da Floresta Ombrófila Aberta (CAMPOS et al., 2012).

Caracterização ecológica da comunidade de artrópodes encontrada no MSS

A coleta dos invertebrados ocorreu com base na metodologia utilizada em HALSE e PEARSON, (2014), uma vez que mesmo tratando-se de ambientes com diferentes exposições a temperatura e umidade, correspondem à mesma litologia, guardando as mesmas estruturas que influenciam a distribuição das espécies (FIGURA 2). Estas armadilhas foram inseridas em furos de sondagem já existentes, dispostos na paisagem entre as cavidades para levantar dados da fauna do MSS. Em cada armadilha, composta de canos de PCV com perfurações em toda sua circunferência, foram acrescentadas iscas. Ambas as extremidades de cada armadilha foram fechadas com telas.

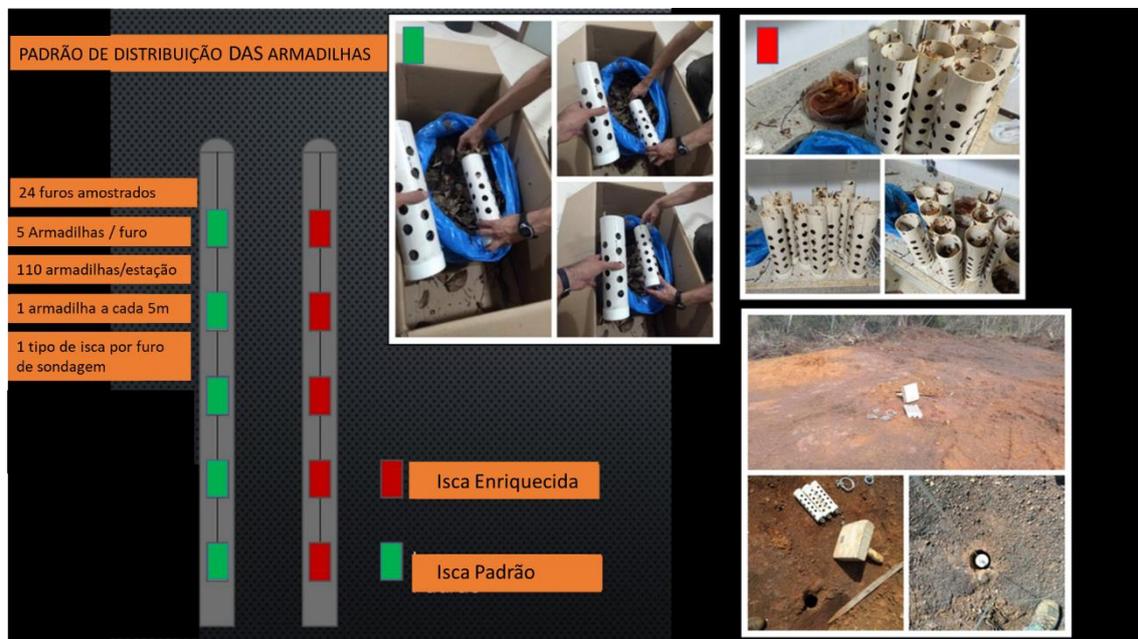


Figura 2: Desenho amostral da distribuição das armadilhas. A isca padrão é composta apenas por folhinho local esterilizado e o a isca enriquecida corresponde a este folhinho acrescido de fígado moído.

As coletas da fauna do MSS, foram realizadas por meio de furos de sondagem mineral já existentes ao longo do platô N3. Os furos utilizados na pesquisa foram perfurados aproximadamente 20 dias antes da colocação das armadilhas e permaneceram fechados de maneira a diminuir a variação dos elementos abióticos (temperatura e umidade), bem como dificultar o acesso de espécies da superfície. Encontravam-se em bom estado de conservação (FIGURA 3).

¹ Linha de maior profundidade do leito do rio. Linha sinuosa em fundo de vale.



Figura 4: Introdução das armadilhas em furos de sondagem.

As armadilhas permaneceram nos furos de sondagem por oito semanas, respeitando a literatura existente que sugere de seis a oito semanas para que as taxas de captura sejam maiores (HALSE e PEARSON, 2014). Durante as coletas, o material resultante foi conservado em etanol absoluto tanto para as análises taxônomicas, com base na literatura específica e chaves de identificação, com posterior envio dos grupos para especialistas, quanto para as ecológicas posteriores no software R.

Caracterização Ecológica da Comunidade de Artrópodes Encontrada no MSS

Com a utilização destas armadilhas e a partir do desenho amostral proposto foi possível realizar as análises de caracterização da comunidade que habita o meio subsuperficial. Nesta etapa foi possível identificar as espécies ocupantes dos canálculos bem como realizar uma caracterização da comunidade, frente ao tipo de isca utilizado.

Para testar o efeito do tipo de isca na amostragem da comunidade de artrópodes do MSS foram utilizados os dados de presença/ausência e composição de espécies encontrados no habitat, levando em consideração os diferentes tratamentos (isca padrão e isca enriquecida). As análises levaram em conta a relação entre cada armadilha de um mesmo furo, bem como entre furos diferentes.

A fim de observar os efeitos do tipo de isca utilizado sobre a riqueza da fauna que habita o MSS, foi realizada uma análise de modelo linear generalizado misto (GLMM), em que o preditor contém efeitos aleatórios além dos efeitos fixos usuais.

Efeito fixo corresponde a variável preditora, já o efeito aleatório é representado pela variável que agrupa os dados. Para esta análise cada furo foi definido como um efeito aleatório e a riqueza uma variável quantitativa. A fim de evitar a influência da profundidade, as amostras de cada furo não foram consideradas independentes. Foi utilizada a função GLMM da família *Poisson*, adequada para esse tipo de dado, onde temos a riqueza em função do tipo de isca em cada furo a fim de verificar o quanto da variabilidade da variável resposta (riqueza) é devida aos efeitos aleatórios do tipo de isca, a fim de observar a eficiência de coleta das iscas utilizadas. Foi calculado o modelo de cada um dos furos, bem como do efeito fixo.

As análises de tipo de isca, sazonalidade climática e profundidade foram realizadas por meio de análises de GLMM no programa R versão 3.6.1 (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das 240 armadilhas dispostas, apenas 158 foram recuperadas para análises. A amostragem total de artrópodes subterrâneos resultou na coleta de 66 táxons, distribuídos em cinco Classes e 13 Ordens. As Classes de artrópodes coletados foram: Arachnida, Entognatha, Insecta, Crustacea e Miryapoda. Arachnida foi marcada pela alta riqueza de espécies de ácaros (20 táxons), seguida de Aranae (4 morfótipos) e Opiliones (2 táxons). A Classe Entognatha foi representada exclusivamente por Collembola (11 morfótipos). A Classe Insecta foi representada por 7 Ordens: Blatodea (3 morfótipos); Coleoptera (13 morfótipos); Diptera (5 morfótipos); Hemiptera (1 morfótipo); Hymenoptera (1 morfótipo), Isoptera (1 morfótipo) e Ortoptera (1 táxon). Por fim, em Miryapoda ocorreu apenas um táxon, e em Crustacea, dois. A Tabela 1 a seguir apresenta os grupos taxonômicos coletados.

| Relação dos morfótipos coletados no MSS | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|------------------|--------------------------------|
| CLASSE | ORDEM | FAMILIA | GENERO | MORFÓTIPO |
| Arachnida | Mesostigmata | Ascidae | Lasioseius | Lasioseius sp.1 |
| Arachnida | Sarcoptiformes | Acaridae | Acaridae | Acaridae sp.1 |
| Arachnida | Ixodida | Ixodidae | Amblyomma | Amblyomma sp.1 |
| Arachnida | Mesostigmata | Macrochelidae | Macrocheles | Macrocheles sp.2 |
| Arachnida | Trombidiformes | Scutacaridae | Scutacaridae | Scutacaridae sp.1 |
| Arachnida | Sarcoptiformes | Glycyphagidae | Glycyphagidae | Glycyphagidae sp.1 |
| Arachnida | Mesostigmata | Laelapidae | Laelapidae | Laelapidae sp.1 |
| Arachnida | Mesostigmata | Macrochelidae | Macrocheles | Macrocheles sp.1 |
| Arachnida | Sarcoptiformes | Phthiracaridae | Phthiracaridae | Phthiracaridae sp.1 |
| Arachnida | Trombidiformes | Cunaxidae | Cunaxidae | Cunaxidae sp.1 |
| Arachnida | Mesostigmata | Uropodidae | Uropodina | Uropodina sp.1 |
| Arachnida | Mesostigmata | Uropodidae | Uropodina | Uropodina sp.2 |
| Arachnida | Actinedida/Parasitengona | | Parasitengona | Parasitengona (larva) sp.1. |
| Arachnida | Mesostigmata | Digamaselidae | Digamaselidae | Digamaselidae sp.1 |
| Arachnida | Sarcoptiformes | Acaridae | Acaridae | Acaridae sp.2 |
| Arachnida | Mesostigmata | Ascidae | Proctolaelaps | Proctolaelaps sp.1 |
| Arachnida | Mesostigmata | Ascidae | Proctolaelaps | Proctolaelaps sp.1 |
| Arachnida | Trombidiformes | Cunaxidae | Cunaxidae | Cunaxidae sp.3 |
| Arachnida | Sarcoptiformes | Acaridae | Acaridae | Acaridae sp.3 |
| Arachnida | Sarcoptiformes | Histiostomatidae | Histiostomatidae | Histiostomatidae sp.1 |
| Arachnida | Trombidiformes | Cunaxidae | Cunaxidae | Cunaxidae sp.2 |
| Arachnida | | | | ARANAE_SP3 |
| Arachnida | | | | ARANAE_SP2 |
| Arachnida | | | | ARANAE_SP4 |
| Arachnida | | | | ARANAE_SP5 |
| Arachnida | Opiliones | | | Opiliones sp.1 |
| Collembola | Entognatha | Paronellidae | Cyphoderus | Cyphoderus sp |
| Collembola | Entognatha | | Artesia | Artesia sp |
| Collembola | Entognatha | Isotomidae | Isotomiella | Isotomiella sp |
| Collembola | Entognatha | Katiannidae | Stenognathellus | Stenognathellus sp.1 |
| Collembola | Entognatha | Brachystomellidae | Brachystomella | Brachystomella sp |
| Collembola | Entognatha | Katiannidae | Stenognathellus | Stenognathellus sp.2 |
| Collembola | Entognatha | Entomobryidae | Lepidocyrtus | Lepidocyrtus sp |
| Collembola | Entognatha | Folsomidae | Folsomides | Folsomides sp |
| Collembola | Entognatha | Neelidae | | Neelidae sp |
| Collembola | Entognatha | Paronellidae | Trogolaphysa | Trogolaphysa sp |
| Collembola | Entognatha | Entomobryidae | Pseudocerates | Pseudocerates sp |
| Crustacea | | | | Copepoda sp.1 |
| Crustacea | | | | Copepoda sp.2 |
| Crustacea | Isopoda | Cirroniscidae | Cirroniscus | Cirroniscus sp1 |
| Diplopoda | Polydesmida | Pyrgodesmidae | | Pyrgodesmidae sp.1 |
| Insecta | | | | BLATODEA_SP1 |
| Insecta | | | | BLATODEA_SP2 |
| Insecta | | | | BLATODEA_SP3 |
| Insecta | Coleoptera | Pitiliidae | | Pitiliidae sp.1 |
| Insecta | Coleoptera | Hidrophilidae | | Hidrophilidae sp.1 |
| Insecta | Coleoptera | Noteridae | | Noteridae gen. nov. 1 |
| Insecta | Coleoptera | Curculionidae Scolitynae | | Curculionidae sp1 |
| Insecta | Coleoptera | Dytiscidae | Copelatus | Copelatus sp. n. |
| Insecta | Coleoptera | Staphilinidae | | Staphilinidae Aleocharinae sp1 |
| Insecta | Coleoptera | Staphilinidae | | Staphilinidae Aleocharinae Sp2 |
| Insecta | Coleoptera | Staphilinidae | | Staphilinidae gen. nov. |
| Insecta | Coleoptera | | | Larva sp.1 |
| Insecta | Coleoptera | | | Larva sp.2 |
| Insecta | Coleoptera | Lutrochidae | Lutrochus | Lutrochus sp |
| Insecta | Coleoptera | | | Larva sp1 |
| Insecta | Coleoptera | Dytiscidae | Copelatus | Copelatus sp1 |
| Insecta | Diptera | Ceratopogonidae | | Ceratopogonidae sp.1 |
| Insecta | Diptera | Phoridae | | Phoridae sp.1 |
| Insecta | Diptera | Psychodidae | | Psychodidae sp.1 |
| Insecta | Diptera | | | Diptera sp.1 |
| Insecta | Diptera | | | Diptera sp.2 |
| Insecta | Hemiptera | Reduviidae | | Reduviidae sp.1 |
| Insecta | Hymenoptera | Formicidae | | Formicidae sp.1 |
| Insecta | Isoptera | Termitidae | Nasutitermes | Nasutitermes sp.1 |

Tabela 1: grupos taxonômicos coletados.

Devido a instabilidades nas paredes dos furos utilizados, diversas armadilhas não puderam ser analisadas pois ficaram presas no subsolo. O gráfico apresentado na Figura 5a ilustra o número total de armadilhas recuperadas de acordo com o tipo de isca utilizada, enquanto que as Figuras 5b e 5c apresentam o número de armadilhas recuperadas de acordo com o tipo de isca utilizado levando em consideração as estações climáticas chuvosa e seca, respectivamente. Os três gráficos mostram a importância das chuvas no número de armadilhas recuperadas, tendo em vista uma maior instabilidade do terreno fazendo com que mais armadilhas fiquem presas.

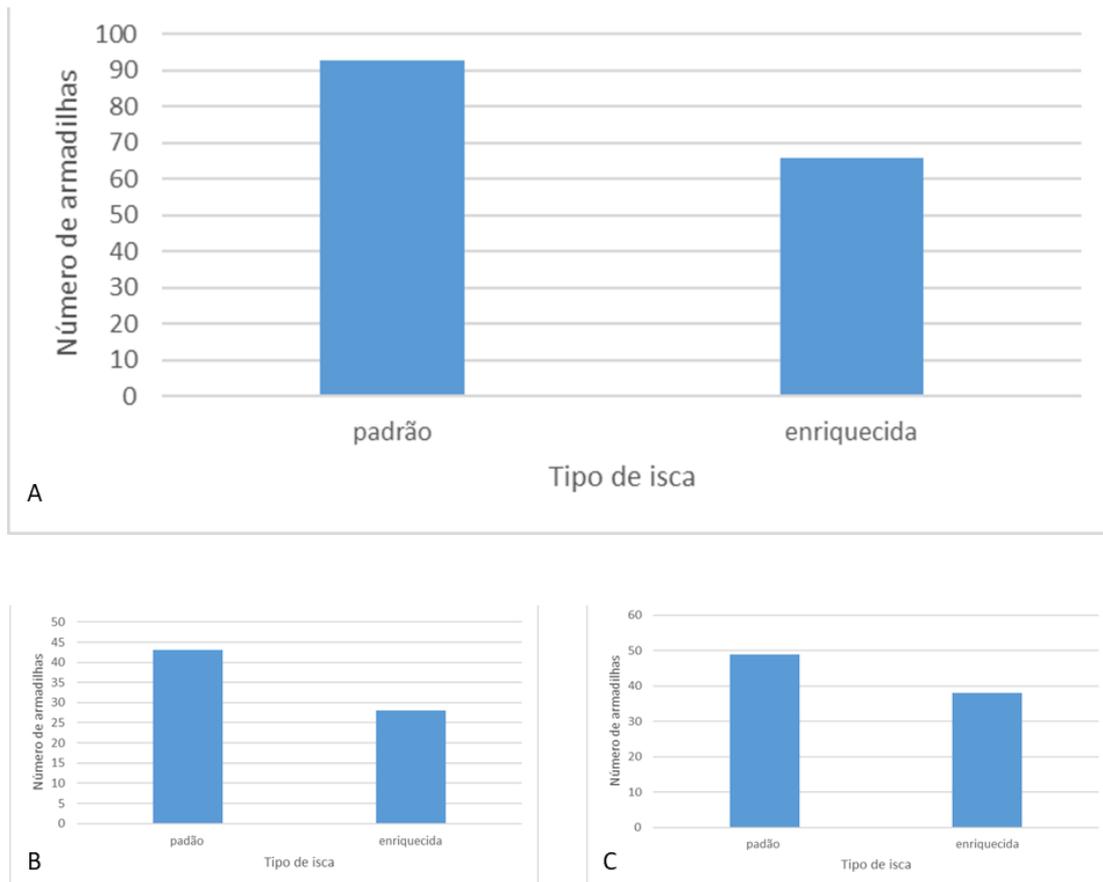


Figura 5: Número total de armadilhas recuperadas para análise de acordo com o tipo de isca e com a estação climática. a) total de armadilhas; b) estação chuvosa e c) estação seca.

O Collembola do gênero *Lepdorytus* e o ácaro do gênero *Macrocheles* foram os taxa mais abundantes, independentemente do tipo de isca utilizado ou estação climática (Figura 6).

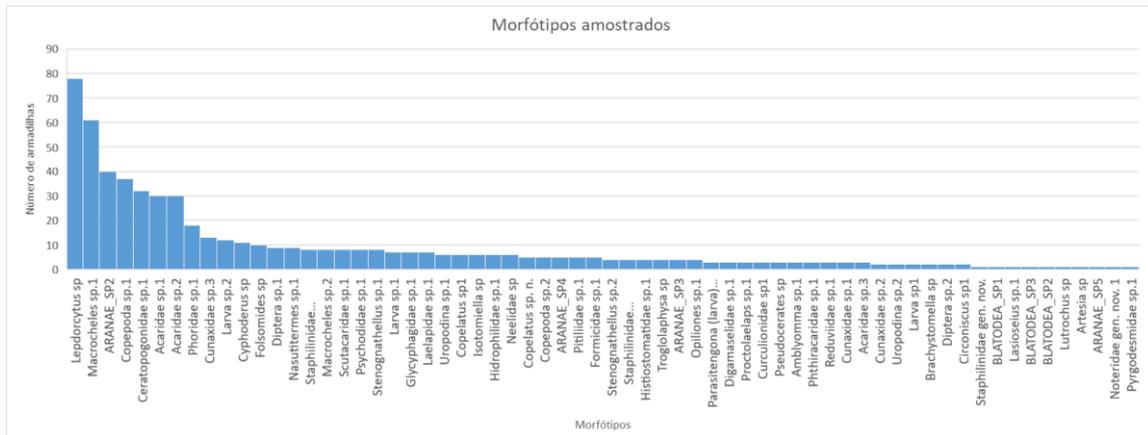


Figura 6: Número de encontros dos morfótipos mais amostrados por armadilhas no platô N3 em Carajás/PA.

A metodologia aplicada no presente trabalho realizando o levantamento faunístico em MSS já foi aplicada anteriormente, contudo para levantamento de grupos faunísticos específicos. Brito (2019), ao inventariar colêmbolas em uma formação ferrífera em Minas Gerais utilizou armadilhas em furos de sondagem, tendo como isca substrato de gramíneas e queijo gorgonzola, durante o período de 90 dias para colonização.

Apesar de não testar diferentes iscas, relacionou a taxocenose de colêmbolas a fatores como profundidade e temperatura e umidade. Os resultados mostraram que a riqueza foi influenciada pela umidade e não possui diferença significativa dentro ou fora da caverna, enquanto a abundância foi influenciada pela temperatura e difere entre os ambientes hipógeo e epígeo., bem como algumas espécies exclusivas do MSS como *Brachystomella grootaerti* (a 41 metros), *Folsomides* spp. (a 15 metros), *Pseudosinella* sp2 (a 15 metros) e *Pseudosinella* sp8 (a 20 metros). Foram coletadas 22 espécies pertencente a 15 gêneros e nove famílias de colêmbolos.

No presente trabalho, foram amostradas espécies de coleópteros e isópodos classificadas como troglomórficas, contudo nenhum colêmbola foi considerado troglomórfico. ZEPPELLINI et al (2022), ao utilizar iscas compostas de queijo e cerveja em formações ferríferas no estado de Minas Gerais encontrou 29 espécies de colêmbolas troglóbios e 11 espécies conhecidas de troglófilos., evidenciando a importância deste ambiente para este determinado grupo taxonômico.

O uso de iscas em armadilhas para coleta indireta da fauna do MSS é comum. MAMMOLA (2017) utilizou armadilhas em cavernas e nos MSS iscadas com carne de frango e salmoura conforme GIACHINO E VAILATI (2010). Na Austrália, a troglófauna é coletada em furos de sondagens usando armadilhas com iscas de serapilheira (EPA 2007). HALSE & PERASON (2014) descreveram a utilização do uso de armadilhas em furos de sondagem iscadas com serapilheira úmida. Para tal, coletaram um total de 658 espécies no oeste australiano, considerado um *hotspot* de biodiversidade subterrânea.

PINHEIRO-MACHADO & SILVEIRA (2006) indica que o melhor resultado em número de espécies coletadas é alcançado quando vários métodos são empregados. As armadilhas são amplamente empregadas como um método passivo para amostragem de artrópodes (SOUTHWOOD & HENDERSON 2000). Estas armadilhas podem conter iscas ou atrativo e geralmente corresponde a uma substância de natureza biológica usada para atrair o interesse de organismos (DODGE & SEAGO 1954). Iscas à base de vinho tinto, cerveja, fruta fermentada, carne e outras substâncias são frequentemente usadas para artrópodes (BASSET ET AL. 1997). As

capturas são obviamente tendenciosas para as espécies atraídas por iscas específicas (AUSDEN & DRAKE 2006), assim, a seleção da isca é crucial no desenho da amostragem relevante para o grupo taxonômico alvo.

Neste princípio, a disponibilização de diferentes atrativos para a fauna pode aumentar a eficiência de coleta. No entanto, contrariando o anteriormente exposto, de forma geral, a riqueza total não apresentou relação significativa com o tipo de isca utilizado (p value > 0,05). Contudo, alguns grupos específicos que tiveram grande riqueza e ampla distribuição entre as armadilhas de acordo com o tipo de isca, como os ácaros, colembolas, dípteros e coleópteros também foram analisados de maneira isolada.

Desses grupos apenas as aranhas e ácaros apresentaram diferenças significativas na riqueza e composição das espécies de acordo com o tipo de isca utilizado, com valores de P iguais a 0,000677 e 0,00203, respectivamente (Figuras 7 e 8). O conhecimento sobre iscas preferenciais para cada grupo taxonômico é, portanto, uma enorme vantagem, especialmente em atividades de monitoramento. Desta forma um dos fatores que pode ter causado a diferença na riqueza e composição de espécies pode estar relacionado a alguma especificidade trófica de um determinado grupo.

Apesar da riqueza total não ter sido influenciada significativamente pelo tipo de isca utilizado, os distintos grupos faunísticos amostrados responderam de diferentes formas. Entre os grupos taxonômicos de ácaros e aranhas, foi possível observar que a isca padrão apresentou diferença significativa com maior riqueza de espécies quando comparado com a isca enriquecida. Um dos fatores que pode ter levado a este resultado é a seletividade da isca utilizada em relação aos aspectos tróficos destes dois grupos. A composição total das espécies coletadas também apresentou diferença significativa entre os tipos de iscas utilizados, indicando uma fauna específica para cada uma delas.

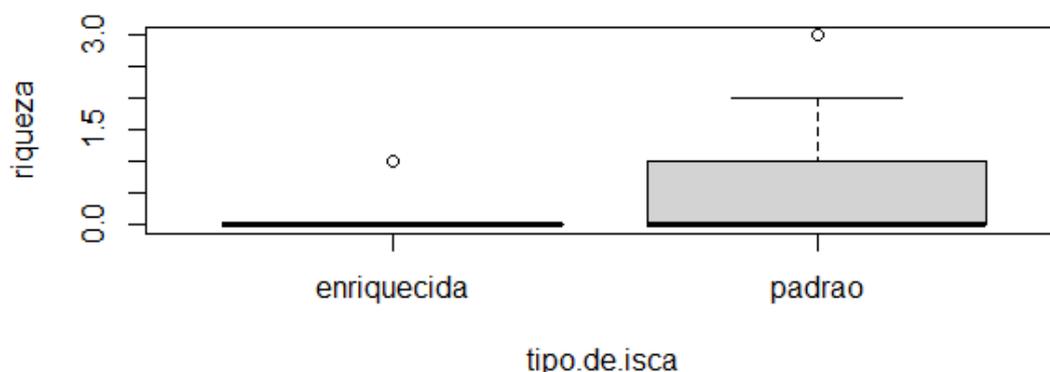


Figura 7: Boxplot da riqueza de aranhas de acordo com o tipo de isca ($P = 0,000677$).

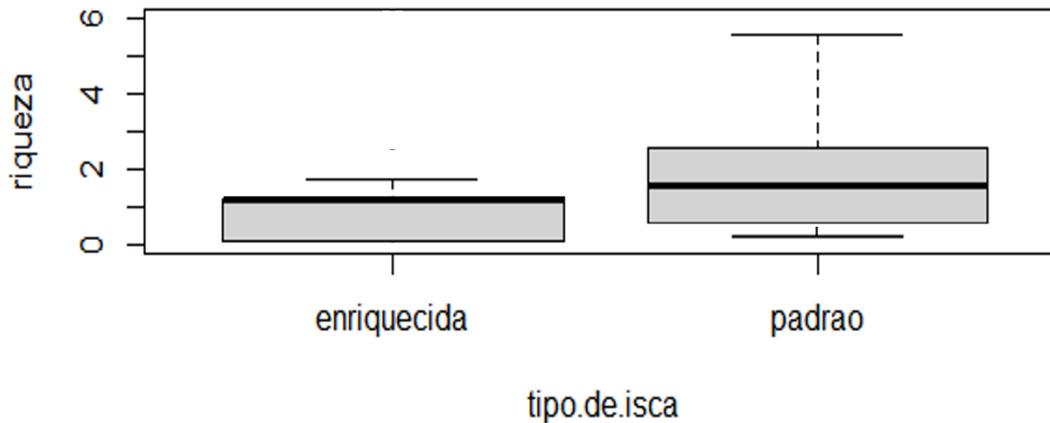


Figura 8: Boxplot da riqueza de ácaros de acordo com o tipo de isca utilizado, independentemente da estação do ano ($P = 0,00203$).

Além das relações entre riqueza, e após a realização de análises de GLMM, foi possível observar que a composição total de espécies também foi influenciada pelo tipo de isca (P value 0,04287), uma vez que a composição das espécies encontrada nas armadilhas com folhiço foi diferente das espécies em armadilhas com iscas enriquecidas.

Diversos pesquisadores já apontaram que em cavernas em rocha ferrífera, apesar de pequenas e pouco profundas, muitas vezes com poucos metros de desenvolvimento horizontal, as ligações ao MSS são conspícuas e abundantes, proporcionando um habitat subterrâneo bastante contínuo, ainda pouco observado, principalmente nas discussões a respeito da definição de área de influência como instrumento de conservação.

A realização de coletas da fauna subterrânea por meio de armadilhas em furos de sondagem, tanto na formação ferrífera de Carajás quanto de Minas Gerais evidencia que ocorre o trânsito através das conexões do MSS entre ambientes superficiais e subterrâneos, incluindo as cavernas. O mesmo acontece com a energia que vem com raízes que atingem o MSS abundantemente como outros autores já mencionaram (FERREIRA, 2005; SOUZA-SILVA et al, 2011).

Assim, o tipo de isca a ser utilizada, acende a necessidade de compreender os fatores ambientais, como temperatura, umidade, altura do lençol freático, entre outros que estruturam a comunidade dos diferentes organismos que habitam o MSS, bem como indica a necessidade de mudança na compreensão do ambiente subterrâneo, formado não apenas por cavernas, mas também pela matriz ferrífera para manutenção dos organismos troglóbios evitando a perda líquida de espécies.

CONCLUSÕES

A partir destes resultados foi possível observa uma maior eficiência de coleta da a isca padrão, composta apenas de folhiço em relação a isca enriquecida, composta de folhiço e proteína. Contudo, quanto a composição de espécies existe uma complementaridade resultando no levantamento total de artrópodes do MSS ferrífero em Carajás.

Este resultado evidencia a complexidade deste ambiente ainda pouco estudado, sendo este um dos poucos trabalhos a utilizar furos de sondagem em área de mineração para levantamento indireto da fauna subterrânea presente o MSS. Trata-se de um trabalho exploratório, contudo foi possível comprovar que alguns grupos ocorreram mais nas armadilhas com isca padrão, como no caso de espécies das aranhas e ácaros amostrados.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado a partir de uma parceria com entre o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV, Centro de estudos em Biologia Subterrânea – CEBS a partir de recursos do projeto “Filogeografia de invertebrados troglóbios em formação ferrífera e carbonáticas: Evolução e conectividade biológica em ambientes subterrâneos como definidores de ações de conservação”, do Termo de Compromisso de Compensação Espeleológica nº 01/2018.

REFERÊNCIAS

- AUSDEN, M. & DRAKE, M. (2006) *Invertebrates*. In: Sutherland, W.J. (ed.), *Ecological Census Techniques, a handbook*. Second edition. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 214–249.
- BAKALOWICZ, M. (2004). *The epikast, the skin of karst*. In: WK Jones, DC Culver, and JS Herman, eds. *Epikasrt. Proceedings of the symposium held October 1 through 4, 2003* Shepherdstown, West Virginia, pp. 16-22. Karst water institute, Charles Town, West Virginia.
- BASSET, Y., SPRINGATE, N.D., ABERLENC, H.P. & DELVARE, G. (1997) *A review of methods for sampling arthropods in tree canopies*. In: Stork, N.E., Adis, J. & Didham, R.K. (eds.), *Canopy arthropods*. Chapman-Hall London. pp. 27–52.
- CAMPOS, J. C.; CASTILHO, A. F. *Uma visão geográfica da região da Flona de Carajás*. In: MARTINS, F. D. et al. (org.) *Fauna da Floresta Nacional de Carajás: estudos sobre vertebrados terrestres*. São Paulo: Nitro Images, 2012. p.16-63.
- CARSTE – Consultores Associados. 2014. *Estudos Espeleológicos do Projeto Serra Norte Geoespeleologia, Bioespeleologia, Análise de Relevância*. Belo Horizonte. 301pp.
- COSTA, M. F. 2014. Tese: *Proposta de metodologia para avaliação da qualidade das águas na área de influência de minas a céu aberto: caso da mina N5sul em Carajás-PA*. 160 pp. Porto Alegre/RS.
- CULVER D. C., and PIPAN T. 2014: *Shallow Subterranean Habitats*. ECOLOGY, EVOLUTION AND CONSERVATION Oxford University Press, 2014, 1st Impression, pp. 258.
- CULVER D. C., and PIPAN T (2009) *The Biology of Caves and Other Subterranean Habitats*. Oxford: Oxford University Press
- DODGE, H.R. & SEAGO, J.M. (1954) *Sarcophagidae and other Diptera taken by trap and net on Georgia mountain summits in 1952*. Ecology, 35, 50–9

- FERREIRA, R. L., 2005. *A vida subterrânea nos campos ferruginosos*. O Carste (Belo Horizonte), v. 3, p. 106-115. 2005.
- FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. 1999. *Trophic Structure and Natural History of Bat Guano Invertebrate Communities with Special Reference to Brazilian Caves*. Tropical Zoology, v. 2, n. 12, p. 231-259.
- FERREIRA, R.L.; OLIVEIRA M. P. A. & SOUZA-SILVA, M. *Biodiversidade subterrânea em geossistemas ferruginosos*. IN: *Geossistemas Ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais*. Organizado por Flávio Fonseca do Carmo e Luciana Hiromi Yoshino Kamino. Belo Horizonte: 3i Editora, 2015.
- GERS C. *Diversity of energy fluxes and interactions between arthropod communities: from Soil to Cave*. Acta Oecol 19(3):205-213. 1998
- GIACHINO P. M., VAILATI D. (2010) *The subterranean environment. Hypogean life, concepts and collecting techniques*. WBA Handbooks, Verona
- GOLDER ASSOCIATES Brasil Consultoria e Projetos Ltda. *Relatório de Análise de Similaridade das Paisagens de Savana Metalófila: Projeto Área Mínima de Canga – 2ª Aproximação*. Belo Horizonte, 2009.
- GOLDER ASSOCIATES, *Relatório de Controle Ambiental. Projeto Serra Norte 100 Mtpa*. Relatório, Belo Horizonte, Minas Gerais. 2005.
- HALSE, S. A., & PEARSON, G. B. *Troglofauna in the vadose zone: Comparison of scraping and trapping results and sampling adequacy*. Subterranean Biology, 13, 17–34. 2014.
- ICMBIO, 2018. *Projeto cenários: conservação de campos ferruginosos diante da mineração em Carajás*. Frederico Drumond Martins, Luciana Hiromi Yoshino Kamino e Katia Torres Ribeiro (organizadores). – 1. ed. – Tubarão (SC): Copiart, 2018.
- JUBERTHIE C, DELAY B, BOUILLON M. *Sur l'existence du milieu souterrain superficiel en zone calcaire*. In: *Les entrees d'energie dans le karst et communications libres*. Mem Biospeol. 8:77-93. 1980.
- LASSAU, S. A., HOCHULI, D. F., (2004). *Effects of habitat complexity on ant assemblages*. Ecography 27: 157-164.
- LEWIS J. J., MOSS P., TECIC D., AND NELSON M. E. A conservation focused inventory of subterranean invertebrates of the southwestern Illinois karst. *Journal of Cave and Karst Studies* 659-21.
- MAMMOLA S.; PIANO E.; GIACHINO, P. M.; ISAIA, M.; 2017. *An ecological survey of the invertebrate Community at the epigeal/hypogean interface*. Subterranean Biology 24: 27–52. doi: 10.3897/subtbiol.24.21585.
- MEDINA AL, ORORNÍ, P. 1990. *First data on the superficial underground compartment in La Gornera (Canary Islands)*. Mém. Biospéol. 17:87-91.
- MESTROV, M. (1962). *Un nouveau milieu aquatique souterrain: le biotope hypotelminorbeique*. Compt Rendus Academie des Science, Paris, 254. 2677-2679.
- NITZU E, NAE A, BĂNCILĂ R, POPA I, GIURGINCA A, PLĂIAȘU R (2014) *Scree habitats: ecological function, species conservation and vertical-temporal variation in the arthropod community*. Systematics and Biodiversity 12: 65–75. <https://doi.org/10.1080/14772000.2013.87876>

PECK, S. B.; THAYER, M. K. *The Cave-inhabiting rove beetles of the United States (Coleoptera; Staphylinidae; excluding Aleocharinae and Pselaphinae): Diversity and distributions*. Journal of Cave and Karst Studies, v. 65, n. 1, p. 3-8, 2003.

PELLEGRINI, T. G.; FERREIRA, R. L. *Metodologias diferenciadas aumentam a eficiência de inventários faunísticos em cavernas?* Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG, Belo Horizonte, v. 21, n. 1, p. 111-121, 2012.

PILÓ, L. B.; AULER, A. S. (2009) *Geoespeleologia das cavernas em rochas ferríferas da região de Carajás, PA*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 30, 2009. Montes Claros. Anais. SBE. p. 181-186

PILÓ, L. B.; COELHO, A. E REINO, J. C. R., 2015. *Espeleologia em rochas ferríferas: Cenário atual e conservação*. 126-149 pp. In: Ruchkys U. A. Travassos, L. E. P. Rasteriro, M. A. Faria, L. E. (Eds.). Patrimônio Espeleológico em Rochas Ferruginosas: propostas para sua conservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Campinas/SP, Sociedade Brasileira de Espeleologia, 351 p.

PINHEIRO-MACHADO, C. & F.A. SILVEIRA. 2006. *Surveying and monitoring of pollinators in natural landscapes and in cultivated fields*, p.25-37. In V.L.I.Fonseca, A.M. Saraiva, & D.D. Jong, (eds.). Bees as pollinators in Brazil: Assessing the status and suggesting best practices. Ribeirão Preto, Holos, 96p.

POLAK, S. PRISPEVEK K., 1997. *Poznavanju podzemeljske favne nekaterih jamskih objektov Matarskega podolja, jugozahodna Slovenija*. In: Bedjanič, M. (ur.): Raziskovalni tabor študentov biologije Podgrad.

RACOVITZA, E.G. (1907) *Essai sur les problèmes biospéologiques*. Archives de Zoologie Expérimentale et Générale, 4^a ser., v.6, p371-488, 1907. [Edición Facsímil. In: BELLÉS, X, (Ed.). 2004. Assaig sobre els problemes bioespeleològics. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona.

RASTERIRO, M. A. FARIA, L. E. (Eds.) *Patrimônio Espeleológico em Rochas Ferruginosas: propostas para sua conservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. Campinas/SP, Sociedade Brasileira de Espeleologia, 354 p. 2015

RUIZ-PORTERO, C. BARRANCO, P. FERNÁNDEZ-CORTÉS, A., Tinaut, A. & Calaforra, J. M. 2002. *Aproximación al conocimiento de la entomofauna de la Cueva Del Yeso (Sorbas, Almería)*. Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst, Boletín nº3 Sedeck: 16-25.

SCHNEIDER, K. AND CULVER D. C. *Estimating subterranean species richness using intensive sampling and rarefaction curves in a high density cave region in West Virginia*. Journal of Cave and Karst Studies, v. 66, no. 2, p. 39-45.

SOUTHWOOD, T.R.E. & HENDERSON P.A. (2000) *Ecological methods*. Third edition. Blackwell Science Ltd., 575 pp

SOUZA-SILVA, M, MARTINS R. P. & R. L. FERREIRA 2011. *Cave lithology determining the structure of the invertebrate communities in the Brazilian Atlantic Rain Forest*. Biodiversity and Conservation 8(20):1713-1729.

STONE, F.D., Howarth, F. G., HOCH, H. and, ASCHE, M. (2012). *Root communities in lava tube*. In WB White and DC Culver, eds. Encyclopedia of caves, second edition, pp. 649-654. Elsevier/ Academic Press. Amsterdam, The Netherlands.

TRAJANO E., BICHUETTE M. E. AND BATALHA M.A. *Environmental studies in caves: the problems of sampling, identification, inclusion, and indices*. EspeleoTema 23: 13-22. 2012.

VALENTIM, R. F. & OLIVITO, J. P. R., 2011. *Unidade espeleológica Carajás: delimitação dos enfoques regional e local, conforme metodologia da in-02/2009 MMA*. Espeleotema, V. 22, n. 1, p. 41-60.

ZEPPELINI, D., BRITO, R. A. & LIMA, E. C. A. 2018. *Three new species of Collembola (Arthropoda: Hexapoda) from Central Brazilian shallow caves: side effects of long term application of environmental law on conservation*. Zootaxa 4500 (1), pp. 59-81.

ZEPPELINI, D., OLIVEIRA, J.V.L.C., DE LIMA, E.C.A. BRITO, A. R.; FERREIRA, A. S.; STIEVANO, L. C.; BRITO, N. P.; OLIVEIRA-NETO, M. A. & LOPES, B. C. H. (2022) *Hotspot in ferruginous rock may have serious implications in Brazilian conservation policy*. Sci Rep 12, 14871. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-18798-1>.