

GRUTA DO NATAL: BIOESPELEOLOGIA, BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

1

ISABEL R. AMORIM¹, FERNANDO PEREIRA^{2,3}, ROSALINA GABRIEL², MARIA DE LURDES ENES DAPKEVICIUS⁴, PAULO A.V. BORGES²

INTRODUÇÃO E CONTEXTO HISTÓRICO

A Gruta do Natal, situada próximo da Lagoa do Negro e dos Mistérios Negros na Ilha Terceira (Açores), é um tubo de lava visitável com relevância científica, cultural e social. Inicialmente conhecida como *Galeria Negra*, esta gruta vulcânica com cerca de 700 metros de comprimento foi renomeada como *Gruta do Cavalo* em 1964, aquando da primeira expedição à cavidade devido à descoberta no seu interior de ossos de cavalo, e a partir de 1969, na sequência da celebração de uma missa de Natal, passou a ser conhecida como *Gruta do Natal*. Este episódio constitui um momento simbólico na história desta cavidade. Nessa noite de Véspera de Natal, um grupo de escuteiros, em conjunto com membros da comunidade local, decidiram celebrar a tradicional Missa do Galo no interior da cavidade vulcânica. Para além do valor religioso e cultural, este acontecimento simbolizou também a união entre a espiritualidade humana e a grandiosidade da natureza. Desde então, a designação “Gruta do Natal” perpetua essa ligação especial entre a comunidade da ilha Terceira e o património geológico que a envolve.

A Gruta do Natal abriu para visitas regulares ao público a 1 de junho de 1999 e atualmente dispõe de um centro de interpretação com exposições sobre geologia, biologia e património

cultural. Para além da sua crescente importância no turismo de natureza e na educação ambiental, a Gruta do Natal tem acolhido ao longo dos anos eventos, como por exemplo batizados, casamentos e cerimónias de escuteiros, que atestam a sua relevância social e cultural.

INVESTIGAÇÃO BIOESPELEOLÓGICA NOS AÇORES

Nos Açores os estudos de biologia sobre os seres vivos que ocorrem em ecossistemas cavernícolas, estudos de bioespeleologia, iniciaram-se relativamente tarde, sendo que antes da década de 1980 o conhecimento sobre a fauna subterrânea deste arquipélago limitava-se a algumas espécies aquáticas que habitam pequenos lagos que se encontram nas grutas (Oromí 2004).

Essa situação alterou-se com a realização em 1987 e 1989 de duas expedições de bioespeleologia financiadas pela *National Geographic Society* e lideradas por Pedro Oromí (Universidad de La Laguna, Espanha) e Philippe Ashmole (University of Edinburgh, Reino Unido) que exploraram várias grutas na Terceira, Pico e São Jorge com o apoio da Associação Os Montanheiros. A expedição de 1989 contou também com a participação de Paulo A. V. Borges (Universidade dos Açores, Portugal), o primeiro bioespeleólogo açoriano, tendo estas expedições resultado na descoberta e descrição de 13 novas espécies endé-

1 UNIVERSIDADE DOS AÇORES, CE3C – CENTRO DE ECOLOGIA, EVOLUÇÃO E ALTERAÇÕES AMBIENTAIS/ GRUPO DA BIODIVERSIDADE DOS AÇORES, CHANGE – INSTITUTO PARA AS ALTERAÇÕES GLOBAIS E SUSTENTABILIDADE, RUA CAPITÃO JOÃO D’ÁVILA, PICO DA URZE, 9700-042 ANGRA DO HEROÍSMO, AÇORES, PORTUGAL.

2 UNIVERSIDADE DOS AÇORES, CE3C – CENTRO DE ECOLOGIA, EVOLUÇÃO E ALTERAÇÕES AMBIENTAIS/ GRUPO DA BIODIVERSIDADE DOS AÇORES, CHANGE – INSTITUTO PARA AS ALTERAÇÕES GLOBAIS E SUSTENTABILIDADE, FACULDADE DE CIÉNCIAS AGRÁRIAS E DO AMBIENTE, RUA CAPITÃO JOÃO D’ÁVILA, PICO DA URZE, 9700-042 ANGRA DO HEROÍSMO, AÇORES, PORTUGAL.

3 ASSOCIAÇÃO OS MONTANHEIROS, RUA DA ROCHA N.º 8, 9700-169 ANGRA DO HEROÍSMO, PORTUGAL.

4 UNIVERSIDADE DOS AÇORES, IITA-A – INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E TECNOLOGIA DA AGRONOMIA E MEIO AMBIENTE, FACULDADE DE CIÉNCIAS AGRÁRIAS E DO AMBIENTE, RUA CAPITÃO JOÃO D’ÁVILA, PICO DA URZE, 9700-042 ANGRA DO HEROÍSMO, AÇORES, PORTUGAL.

micas de artrópodes adaptadas aos ambientes subterrâneos (Oromí et al. 1990) e numa listagem de briófitos (González-Mancebo et al. 1992), inaugurando uma nova era na investigação da biodiversidade subterrânea dos Açores.

Nas décadas seguintes assistiu-se ao desenvolvimento da exploração bioespeleológica na região, incluindo nomeadamente a amostragem exaustiva de 49 cavidades vulcânicas em todo o arquipélago (Amorim 2005), o projeto financiado pela FCT *Compreender a biodiversidade subterrânea: estudos dos tubos de lava dos Açores* (2008–2011), a amostragem focada nas entradas das grutas de plantas (e.g., Gabriel & Dias 1994, Jennings 2009, Polaino-Martín et al. 2019), e mais recentemente a inventariação de espécies subterrâneas no âmbito do projeto europeu *Biodiversa+ DarCo – The vertical dimension of conservation: A cost-effective plan to incorporate subterranean ecosystems in post-2020 biodiversity and climate change agendas* (2023–2026) (Crespo et al. 2025) e a missão CAMÕES na Gruta do Natal (2023) (Pires et al. in prep.).

Embora o foco dos primeiros estudos bioespeleológicos nos Açores tenha sido sobre artrópodes (e.g., Borges & Oromí 1994, Amorim 2005, Borges et al. 2012, Pereira et al. 2015, Borges et al. 2019, Borges et al. *in press*), têm sido também estudados outros grupos taxonómicos nas grutas açorianas, nomeadamente briófitos (e.g., Jennings 2009, Pereira et al. 2015, Polaino-Martín et al. 2019, Cedrés-Perdomo et al. 2024) e microrganismos (e.g., Dapkevicius & Riquelme 2013, Hathaway et al. 2014, Riquelme et al. 2014, Riquelme et al. 2015a, Riquelme et al. 2015b, Riquelme et al. 2017, Gonzalez-Serricchio et al. in prep.), revelando comunidades subterrâneas diversas e ecologicamente importantes.

Os trabalhos realizados até ao momento conduziram à descoberta de novas espécies e à compilação de uma lista anotada dos organismos adaptados à vida nas cavidades vulcânicas dos Açores, nomeadamente da fauna (Borges et al. *in press*).

BIODIVERSIDADE DA GRUTA DO NATAL

O legado científico da Gruta do Natal está inti-

mamente ligado ao contributo de vários investigadores, e o trabalho aqui apresentado compila o conhecimento gerado nas últimas décadas de investigação bioespeleológica.

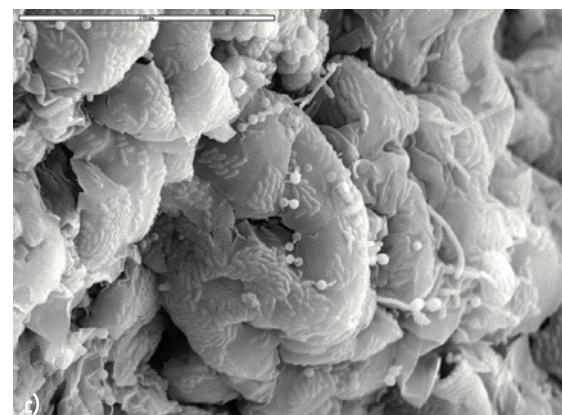
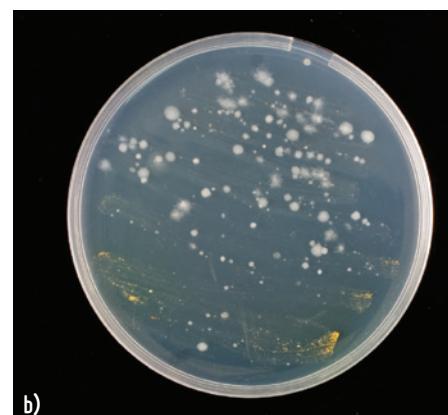
A Gruta do Natal tem sido alvo de múltiplas colaborações entre a Associação Os Montanheiros e cientistas sobretudo da Universidade dos Açores para o estudo da sua biodiversidade, em particular os grupos de investigação liderados por Paulo A. V. Borges (estudo de artrópodes), Rosalina Gabriel (estudo de briófitos) e Lurdes E. Dapkevicius (estudo de microrganismos). A primeira expedição bioespeleológica à Gruta do Natal ocorreu em 2000 (Amorim 2005) e a cavidade é conhecida por albergar várias formas de vida. Os organismos que vivem na Gruta do Natal podem ser agrupados em dois grandes conjuntos. Por um lado, existem as espécies troglobiontes, que ao longo da sua evolução desenvolveram características muito particulares para sobreviver no ambiente subterrâneo – como a perda de pigmentação, olhos reduzidos ou ausentes, e desenvolvimento de outras estruturas sensoriais para se orientarem na escuridão. Estas espécies são verdadeiros “habitantes exclusivos” das grutas e outros habitats subterrâneos e não conseguem viver à superfície. Por outro lado, encontramos também na Gruta do Natal espécies chamadas trogloxenas e troglófilas: as primeiras visitam a gruta apenas ocasionalmente, por exemplo em busca de abrigo ou alimento, enquanto as segundas conseguem estabelecer populações no interior das cavidades, embora também vivam em habitats de superfície (os chamados habitats epígeos). Juntas, estas espécies formam a comunidade subterrânea que reflete tanto a especialização extrema como a capacidade de adaptação de diferentes organismos ao ambiente das grutas.

A biodiversidade conhecida da Gruta do Natal inclui então microrganismos, plantas terrestres não vasculares – briófitos, artrópodes e aves.

MICRORGANISMOS – Foram identificados 17 filos de bactérias e pelo menos 32 taxa distintos nesta gruta (Hathaway et al. 2014, Riquelme et al. 2015b, Figueiredo 2018, Gonzalez-Serricchio

FOTO 1 Gruta do Natal, Terceira, Açores. Fotografia de Pedro Silva, Associação Os Montanheiros.

FIGURA 1
Microrganismos da Gruta do Natal.
a) tapete bacteriano na parede da gruta; Fotografia de Pedro Cardoso.
b) placa de Petri com crescimento resultante da amostragem de um tapete bacteriano; Fotografia de Aíradas Dapkevicius.
c) fotografia de microscópio eletrónico de varrimento (SEM) de um tapete bacteriano; Fotografia de Mike Spilde/Diana Northup.





a)



b)



c)

FIGURA 2 Briófitos (plantas não vasculares) da Gruta do Natal.
 a) Hepática-pele-de-cobra-aromática *Conocephalum conicum* (L.) Dumort.; Fotografia de Pedro Cardoso, Grupo da Biodiversidade dos Açores.
 b) Musgo-acrocárpico *Fissidens asplenoides* Hedw.; Fotografia de Rosalina Gabriel.
 c) Musgo-pleurocárpico *Kindbergia praelonga* (Hedw.) Ochyra.; Fotografia de Rosalina Gabriel.

et al. in prep.), representando cerca de 49% dos taxa conhecidos deste tubo lávico. Muitos destes microrganismos formam tapetes com pigmentação variada nas paredes da gruta e são quimio-litolíticos (obtêm energia oxidando moléculas), constituindo a base da rede trófica subterrânea (Riquelme et al. 2014). Nos tapetes de microrganismos da Gruta do Natal há também indícios de atividade microbiana relacionada com o ciclo biogeoquímico do azoto (Hathaway et al. 2014). *Actinomycetota*, *Pseudomonadota*, *Nitrososphaerota*, *Acidobacteriota*, *Chloroflexota* e *Nitrospirota* constituem os principais grupos encontrados na Gruta do Natal (Hathaway et al. 2014, Riquelme et al. 2015b, Gonzalez-Serricchio et al., in prep.). Não obstante, dado o reduzido número de estudos sobre micróbios desta cavidade, o inventário apresentado representa certamente uma subestimação da verdadeira diversidade microbiana (Tabela 1; Figura 1).

BRIÓFITOS – São conhecidas 28 espécies de plantas terrestres não vasculares na Gruta do Natal: 20 espécies de musgos, sete de hepáticas e uma de antocerota (Jennings 2009, Pereira et al. 2015, Polaino-Martín et al. 2019, Gabriel 2021, Cedrés-Perdomo et al. 2024), representando 38% dos taxa conhecidos desta gruta. Estas plantas ocorrem naturalmente junto à entrada da gruta, mas a maior diversidade encontra-se nas zonas iluminadas artificialmente deste tubo de lava turístico (Polaino-Polaino-Martín et al. 2019). Na Gruta do Natal predominam musgos que crescem tipicamente em tufo ereto - musgos acrocárpicos (Cedrés-Perdomo et al. 2024) (Tabela 2; Figura 2).

ARTRÓPODES – Foram registadas oito espécies de invertebrados na Gruta do Natal: quatro de insetos, três de aranhas e uma de colêmbolos (Amorim 2005, Pereira et al. 2015, Borges et al. 2019, Borges 2025), representando 11% dos taxa identificados nesta gruta (Tabela 3; Figura 3). No entanto, este número deve ser encarado

como provisório. A experiência de investigação noutras grutas dos Açores e de diferentes regiões do mundo mostra que a biodiversidade subterrânea é frequentemente subestimada devido à utilização de métodos de amostragem limitados. Técnicas complementares, como o uso de armadilhas de queda (*pitfall traps*) para capturar fauna do solo e amostragens direcionadas em diferentes microhabitats (paredes húmidas, zonas de sedimentos, depósitos de matéria orgânica), são essenciais para revelar a verdadeira riqueza de invertebrados oculta da gruta. Assim, futuros inventário mais detalhados e diversificados em métodos de captura poderão ainda revelar a presença de novas espécies, ampliando o conhecimento sobre o papel ecológico dos invertebrados no ecossistema da Gruta do Natal e nos ecossistemas subterrâneos dos Açores.

AVES – O registo de aves encontrado nesta gruta refere-se a restos fósseis da espécie recentemente extinta de frango-d'água da Terceira (*Rallus* sp.) (Alcover et al. 2015), representando 1% dos taxa conhecidos desta cavidade vulcânica. Os ossos encontrados pertenciam provavelmente a uma espécie que só terá existido na ilha Terceira (Tabela 3).



FIGURA 3 Escaravelho-cavernícola *Trechus terceiranus* Machado, 1988, um inseto que desenvolveu adaptações especiais para o habitat subterrâneo, encontrado na Gruta do Natal. Fotografia de Javier Torrent.

FIGURA 4 Fungos a crescer sobre excrementos de rato, um fenómeno comum na Gruta do Natal e noutras grutas em todo o mundo. Fotografia de Fernando Pereira.



Na Gruta do Natal ocorrem também fungos, facilmente observados a crescer em cima de fezes de roedores, fenómeno comum em muitas outras grutas nos Açores e no resto do mundo, mas até ao momento não foi realizada nenhuma identificação taxonómica destes organismos (Figura 4).

De todos os seres vivos conhecidos da Gruta do Natal, o escaravelho cavernícola *Trechus terceiranus* Machado, 1988, juntamente com o extinto frango-d'água da Terceira, são as únicas espécies apenas conhecidas (endémicas) da ilha Terceira. De entre as 22 espécies de artrópodes adaptados ao habitat subterrâneo conhecidos dos Açores (Borges & Oromí 1994, Borges et al. *in press*), o escaravelho *T. terceiranus* é também a única espécie estritamente subterrânea (troglobionte) que ocorre na Gruta do Natal; as restantes espécies conhecidas desta gruta também podem ser encontradas à superfície.

CONSERVAÇÃO E AMEAÇAS

As grutas, graças as suas características ambientais, proporcionam habitat para várias espécies, muitas das quais são endémicas e/ou se encontram ameaçadas, o que demonstra a grande importância destes ecossistemas subterrâneos na conservação da biodiversidade, tanto a nível mundial como nos Açores (Gabriel et al. 2004, Borges et al. 2012, Gabriel et al. 2018, Borges et al. 2019, Culver & Pipan 2019, Wynne et al. 2021, Mammola et al. 2022, Cedrés-Perdomo et al. 2024, Mammola et al. 2024). Das espécies que ocorrem na Gruta do Natal, 31 foram avaliadas segundo os critérios da Lista Vermelha da IUCN (União Internacional para a Conservação da Natureza): 87% das espécies encontram-se na categoria Pouco Preocupante – todas espécies de briófitos (Jennings 2009, Gabriel 2021, Cedrés-Perdomo et al. 2024); uma espécie de briófita está classificada como Quase Ameaçada (*Dumontiera hirsuta* (Sw.) Nees subsp. *hirsuta*) (Sim-Sim 2019); uma espécie de musgo (*Philonotis rigida* Brid.) e uma espécie de artrópode

(*Trechus terceiranus*) estão classificados na categoria Vulnerável, i.e., enfrentam um elevado risco de extinção na natureza (Sabovljevic et al. 2019, Borges & Amorim 2018, respetivamente); e uma espécie de ave (*Rallus* sp.) encontra-se Extinta (Alcover et al. 2015).

O trabalho do GESPEA (Grupo de Trabalho para o Estudo do Património Espeleológico dos Açores), que resultou na inventariação e caracterização de todas as cavidades conhecidas no arquipélago, em conjunto com o trabalho de numerosos cientistas, sobretudo biólogos e geólogos, levou ao desenvolvimento de índices multicritério que permitem avaliar o valor de conservação das cavidades vulcânicas (e.g., Gabriel et al. 2004, Borges et al. 2012). Estes trabalhos permitiram uma hierarquização científica de prioridades de conservação a qual foi determinante para o enquadramento legal da conservação das grutas nos Açores: o Decreto Legislativo Regional n.º 10/2019/A, de 22 de maio, que aprova o regime de proteção e classificação das cavidades vulcânicas nos Açores; e a Resolução do Conselho do Governo n.º 163/2024, de 4 de novembro, que aprova a classificação das cavidades vulcânicas e publica os critérios de avaliação que fundamentam a classificação.

A Gruta do Natal encontra-se protegida por legislação regional, nacional e internacional: i) está classificada como cavidade vulcânica de classe A – a classe mais elevada, de acordo com critérios biológicos, geológicos, de integridade ecológica e dimensionais (Resolução do Conselho do Governo n.º 163/2024, de 4 de novembro); e ii) integra a Reserva Natural da Serra de Santa Bárbara e Mistérios Negros que faz parte do Parque Natural da Ilha Terceira (Decreto Legislativo Regional n.º 11/2011/A, de 20 de abril), e que por sua vez integra a Zona Especial de Conservação da Serra de Santa Bárbara e Pico Alto da rede Natura 2000; é uma área também classificada como geossítio do Açores Geoparque Mundial da UNESCO.

Apesar da proteção legal da Gruta do Na-

tal, a sua biodiversidade continua a enfrentar desafios de conservação. As principais ameaças, à semelhança de outras grutas nos Açores, estão relacionadas com as alterações climáticas, o uso do solo à superfície, a poluição e o turismo (Borges et al. 2012, Borges et al. 2016, Borges et al. 2018, Borges et al. 2019, Hathaway et al. 2014, Polaino-Martín et al. 2019). A Gruta do Natal situa-se sob plantações florestais de criptoméria (*Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L.f) D.Don) e pastagens, sendo que a paisagem envolvente da gruta é dominada pelo verde das pastagens que suportam a principal atividade agropecuária dos Açores, a produção de leite de vaca. Na ausência de luz, as cadeias tróficas das grutas lávicas baseiam-se nas atividades quimiolitolíticas dos microrganismos presentes nos tapetes, águas, solos, lamas e espeleotemas. As alterações da utilização do solo acima da gruta, ao facilitar a entrada de excesso de azoto por exemplo a partir de pastagens, poderá ter um enorme impacto na gruta, alterando irreversivelmente os microrganismos que existem nesta cavidade vulcânica, conduzindo ao colapso das comunidades que a habitam.

A Gruta do Natal foi aberta regularmente ao público em 1999 e sabe-se que a visitação turística regular pode ter impactos negativos nos ecossistemas das grutas turísticas, tais como, alterações da temperatura e da humidade, introdução de organismos exóticos e de lixo, e poluição luminosa (Debevec & Rakovec 2021, Piano et al. 2023, Piano et al. 2024, Mammola et al. 2024). Na Gruta do Natal, a iluminação artificial levou à proliferação de *lampenflora* (comunidades organismos fotossintéticos - algas, musgos, fetos e outras plantas de pequeno porte - que se desenvolvem nas paredes e no solo das grutas graças à presença de luz artificial), que altera o aspecto e os microhabitats da cavidade vulcânica e que pode ter impactos nas cadeias tróficas subterrâneas e consequentemente afetar as espécies troglobiontes altamente especializadas para este tipo de habitats e que são muito vulneráveis (Figura 5).

Outras ameaças à integridade da Gruta do Natal incluem as vibrações causadas por veículos pesados (e.g., autocarros de turismo, camiões, tratores agrícolas) que passam sobre a gruta, o que levou em novembro de 2019 à proibição desse tráfego no troço rodoviário junto à entrada. A acumulação de lixo no interior das grutas, que ocorria na Gruta do Natal antes de esta se tornar uma gruta turística, é outra preocupação histórica na conservação das grutas nos Açores (Borges et al. 1993).

A gestão da Gruta do Natal está a cargo da Associação Os Montanheiros, a qual tem implementado medidas de conservação para minimizar os impactos da visitação turística. Um horário de visitação reduzido (abril a setembro: apenas



5

FIGURA 5 *Lampenflora* a crescer junto a iluminação artificial na Gruta do Natal. Fotografias de Fernando Pereira.

tardes, diariamente; outubro a março: três tardes por semana) e a substituição da atual iluminação artificial por luminárias que evitem a proliferação de organismos fotossintéticos que não ocorrem naturalmente em grutas estão entre as medidas tomadas para mitigar os impactos ecológicos negativos do turismo, nomeadamente a perturbação de espécies cavernícolas sensíveis e biofilmes bacterianos, e o crescimento de *lampenflora*. Para garantir a conservação efetiva do património biológico da Gruta do Natal e do ecossistema subterrâneo associado, é pois crucial manter e/ou reforçar esforços contínuos de conservação, incluindo a monitorização da biodiversidade e a mitigação dos impactos da visitação.

À medida que aumentam as pressões sobre os ecossistemas subterrâneos - resultantes do turismo, das alterações do uso do solo e climáticas - o papel da Gruta do Natal como local de privilegiado para investigação e como modelo de

gestão sustentável de grutas será cada vez mais importante para a conservação da biodiversidade subterrânea única dos Açores.

AGRADECIMENTOS:

Agradecemos cordialmente os contributos (fotografias e/ou partilha de informação) de Paulo Barcelos, Javier Torrent, Ana Pires, Aydil Gonzalez-Serricchio, Airidas Dapkevicius, Mike Spilde, Diana Northup, Pedro Cardoso, Pedro Silva e João Carlos Nunes.

FINANCIAMENTO:

IRA foi financiada por fundos nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito da Norma Transitória <https://doi.org/10.54499/DL57/2016/CP1375/CT0003>

Para a realização deste artigo IRA, PAVB e RG foram financiados pelo projeto Biodiversa+ (projeto 'DarCo'), a Parceria Europeia para a Biodiversidade no âmbito da convocatória conjunta de projetos de investigação BiodivProtect 2021–2022, cofinanciada pela Comissão Europeia (GA N.º 101052342) e pelo Fundo Regional para a Ciência e Tecnologia (Portugal).

TABELAS COM A INVENTARIAÇÃO DE TAXA DA GRUTA DO NATAL

TABELA 1 – LISTA DE TAXA DE MICRORGANISMOS – DOMÍNIO BACTERIA – QUE OCORREM NA GRUTA DO NATAL, TERCEIRA, AÇORES, PORTUGAL.

Nomes alternativos para os Filos encontram-se entre parêntesis. Na coluna “Nº. de taxa” é apresentado o número mínimo (estimativa mais conservativa) de diferentes taxa conhecidos para cada Filo e/ou Classe de bactérias que ocorrem na gruta.

Filo	Classe	Nº. de taxa	Ref. bibliográficas
Acidobacteria (Acidobacteriota)		2	Riquelme et al. 2015b, Gonzalez-Serricchio et al. in prep.
Actinobacteria (Actinomycetota)		6	Riquelme et al. 2015b, Gonzalez-Serricchio et al. in prep.
Pseudomonadota (Proteobacteria)	Alphaproteobacteria	4	Riquelme et al. 2015b, Gonzalez-Serricchio et al. in prep.
Pseudomonadota (Proteobacteria)	Betaproteobacteria	1	Riquelme et al. 2015b
Pseudomonadota (Proteobacteria)	Delta proteobacteria	1	Riquelme et al. 2015b, Gonzalez-Serricchio et al. in prep.
Pseudomonadota (Proteobacteria)	Gammaproteobacteria	2	Hathaway et al. 2014, Riquelme et al. 2015b
Bacillota (Firmicutes)		1	Gonzalez-Serricchio et al. in prep.
Bacteroidetes (Bacteroidota)		1	Riquelme et al. 2015b
Chlamydiae		1	Gonzalez-Serricchio et al. in prep.
Chloroflexi (Chloroflexota)		1	Riquelme et al. 2015b, Gonzalez-Serricchio et al. in prep.
Chlorobi		1	Gonzalez-Serricchio et al. in prep.
Cyanobacteriota (Cyanobacteria)		2	Figueiredo 2018
Gemmatimonadetes (Gemmatimonadota)		1	Riquelme et al. 2015b, Gonzalez-Serricchio et al. in prep.
Latescibacteria (Candidatus Latescibacterota)		1	Gonzalez-Serricchio et al. in prep.
Lentisphaerae		1	Gonzalez-Serricchio et al. in prep.
Nitrospirae (Nitrospirota)		2	Riquelme et al. 2015b, Gonzalez-Serricchio et al. in prep.
Planctomycetaceae		1	Gonzalez-Serricchio et al. in prep.
Saccharibacteria (Candidatus Saccharimonadota)		1	Gonzalez-Serricchio et al. in prep.
Thaumarchaeota (Nitrososphaerota)		1	Gonzalez-Serricchio et al. in prep.
Thermotogota (Thermotogae)		1	Gonzalez-Serricchio et al. in prep.

TABELA 2 – LISTA DE ESPÉCIES DE PLANTAS – REINO PLANTAE – QUE OCORREM NA GRUTA DO NATAL, TERCEIRA, AÇORES, PORTUGAL.

“Colonização” diz respeito a como a espécie terá chegado aos Açores; “IUCN” diz respeito às categorias da Lista Vermelha da IUCN (União Internacional para a Conservação da Natureza).

Espécie	Nome comum	Colonização	IUCN
<i>Phaeoceros laevis</i> (L.) Prosk.	Antocerota	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Calypogeia arguta</i> Nees & Mont.	Hepática-folhosa	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Conocephalum conicum</i> (L.) Dumort.	Hepática-pele-de-cobra-aromática	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Conocephalum salebrosum</i> Szweyk., Buczk. & Odrzyk	Hepática	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Dumortiera hirsuta</i> (Sw.) Nees subsp. <i>hirsuta</i>	Hepática-talosa	Nativa	Quase Ameaçado
<i>Pellia epiphylla</i> (L.) Corda subsp. <i>epiphylla</i>	Hepática-de-talo-sobreposto	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Riccardia chamedryfolia</i> (With.) Grolle	Hepática-talosa	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Telaranea europaea</i> J.J.Engel & G.L.Merr	Hepática-folhosa	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Amblystegium serpens</i> (Hedw.) Schimp.	Musgo-pleurocárpico	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Brachythecium rutabulum</i> (Hedw.) Schimp.	Musgo-pleurocárpico	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	Musgo-acrocárpico	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Cyclodictyon laetevirens</i> (Hook. & Taylor) Mitt.	Musgo-pleurocárpico	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Epipterygium atlanticum</i> Hanusch	Musgo	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Epipterygium tozeri</i> (Grev.) Lindb.	Musgo-acrocárpico	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Eurhynchium speciosum</i> (Brid.) Jur.	Musgo-pleurocárpico	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Fissidens asplenoides</i> Hedw.	Musgo-acrocárpico	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Fissidens bryoides</i> Hedw.	Musgo-acrocárpico	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Fissidens crispus</i> Mont.	Musgo-acrocárpico	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Fissidens pusillus</i> (Wilson) Milde	Musgo-acrocárpico	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Fissidens serrulatus</i> Brid.	Musgo-acrocárpico	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Fissidens taxifolius</i> Hedw.	Musgo-acrocárpico	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Fissidens viridulus</i> (Sw.) Wahlenb	Musgo-acrocárpico	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Heterocladium flaccidum</i> (Schimp.) A.J.E.Sm.	Musgo	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Kindbergia praelonga</i> (Hedw.) Ochyra	Musgo-pleurocárpico	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Philonotis rigida</i> Brid.	Musgo-acrocárpico	Nativa	Vulnerável
<i>Ptychostomum capillare</i> (Hedw.) Holyoak & N.Pedersen	Musgo-acrocárpico	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Plagiomnium undulatum</i> (Hedw.) T. J. Kop.	Musgo-língua-de-veado	Nativa	Pouco Preocupante
<i>Pseudotaxiphyllum elegans</i> (Brid.) Z. Iwats.	Musgo-seda	Nativa	Pouco Preocupante

Divisão	Classe	Ordem	Família	Ref. bibliográficas
Anthocerophyta	Anthocerotopsida	Notothyladales	Notothyladaceae	Cedrés-Perdomo et al. 2024
Marchantiophyta	Jungermanniopsida	Jungermanniales	Calypogeiaceae	Cedrés-Perdomo et al. 2024
Marchantiophyta	Marchantiopsida	Marchantiales	Conocephalaceae	Jennings 2009, Pereira et al. 2015, Cedrés-Perdomo et al. 2024
Marchantiophyta	Marchantiopsida	Marchantiales	Conocephalaceae	Cedrés-Perdomo et al. 2024
Marchantiophyta	Marchantiopsida	Marchantiales	Dumontieraceae	Jennings 2009, Cedrés-Perdomo et al. 2024
Marchantiophyta	Jungermanniopsida	Pelliales	Pelliaceae	Jennings 2009, Cedrés-Perdomo et al. 2024
Marchantiophyta	Jungermanniopsida	Metzgeriales	Aneuraceae	Cedrés-Perdomo et al. 2024
Marchantiophyta	Jungermanniopsida	Jungermanniales	Lepidoziaceae	Cedrés-Perdomo et al. 2024
Bryophyta	Bryopsida	Hypnales	Amblystegiaceae	Cedrés-Perdomo et al. 2024
Bryophyta	Bryopsida	Hypnales	Brachytheciaceae	Jennings 2009, Cedrés-Perdomo et al. 2024
Bryophyta	Bryopsida	Bryales	Bryaceae	Cedrés-Perdomo et al. 2024
Bryophyta	Bryopsida	Hookeriales	Pilotrichaceae	Cedrés-Perdomo et al. 2024
Bryophyta	Bryopsida	Bryales	Mniaceae	Cedrés-Perdomo et al. 2024
Bryophyta	Bryopsida	Bryales	Mniaceae	Jennings 2009
Bryophyta	Bryopsida	Hypnales	Brachytheciaceae	Jennings 2009
Bryophyta	Bryopsida	Dicranales	Fissidentaceae	Cedrés-Perdomo et al. 2024
Bryophyta	Bryopsida	Dicranales	Fissidentaceae	Jennings 2009, Cedrés-Perdomo et al. 2024
Bryophyta	Bryopsida	Dicranales	Fissidentaceae	Cedrés-Perdomo et al. 2024
Bryophyta	Bryopsida	Dicranales	Fissidentaceae	Cedrés-Perdomo et al. 2024
Bryophyta	Bryopsida	Dicranales	Fissidentaceae	Cedrés-Perdomo et al. 2024
Bryophyta	Bryopsida	Dicranales	Fissidentaceae	Cedrés-Perdomo et al. 2024
Bryophyta	Bryopsida	Dicranales	Fissidentaceae	Cedrés-Perdomo et al. 2024
Bryophyta	Bryopsida	Hypnales	Lembophyllaceae	Cedrés-Perdomo et al. 2024
Bryophyta	Bryopsida	Hypnales	Brachytheciaceae	Jennings 2009, Cedrés-Perdomo et al. 2024
Bryophyta	Bryopsida	Bartramiiales	Bartramiaceae	Jennings 2009, Cedrés-Perdomo et al. 2024
Bryophyta	Bryopsida	Bryales	Bryaceae	Cedrés-Perdomo et al. 2024
Bryophyta	Bryopsida	Bryales	Mniaceae	Jennings 2009
Bryophyta	Bryopsida	Hypnales	Plagiotheciaceae	Jennings 2009

TABELA 3 – LISTA DE ESPÉCIES ANIMAIS – REINO ANIMAL – QUE OCORREM NA GRUTA DO NATAL, TERCEIRA, AÇORES, PORTUGAL.

“Colonização” diz respeito a como a espécie terá chegado aos Açores; “IUCN” diz respeito às categorias da Lista Vermelha da IUCN (União Internacional para a Conservação da Natureza).

na - taxa não avaliado. *espécie que apenas existe em habitats subterrâneos

Espécie	Nome comum	Colonização	IUCN
<i>Eidmannella pallida</i> (Emerton, 1875)	Aranha	introduzida	na
<i>Metellina merianae</i> (Scopoli, 1763)	Aranha	introduzida	na
<i>Steatoda grossa</i> (C. L. Koch, 1838)	Aranha-das-caves	introduzida	na
<i>Tomocerus minor</i> (Lubbock, 1862)	Colêmbolo		na
<i>Anisodactylus binotatus</i> (Fabricius, 1787)	Escaravelho	introduzida	na
<i>Trechus terceiranus</i> Machado, 1988 *	Escaravelho-cavernícola	endémica da Terceira	Vulnerável
<i>Otiorhynchus cribricollis</i> Gyllenhal, 1834	Gorgulho	introduzida	na
<i>Lasius grandis</i> Forel, 1909	Formiga	naturalizada	na
<i>Rallus</i> sp. B	Frango-d'água-da-Terceira	provavelmente endémica da Terceira	Extinto

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcover, J. A., Pieper, H., Pereira, F., & Rando, J. C. (2015). Five new extinct species of rails (Aves: Gruiformes: Rallidae) from the Macaronesian Islands (North Atlantic Ocean). *Zootaxa*, 4057(2), 151–190.
- Amorim, I. R. (2005). *Colonization and diversification on oceanic islands: Forest Tarphius and cave-dwelling Trechus beetles of the Azores* (Doctoral dissertation). Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of California, Los Angeles.
- Borges, P. A. V., & Oromí, P. (1994). The Azores. In C. Juberthie & V. Decu (Eds.), *Encyclopaedia biospeleologica* (Vol. 1, pp. 605–610). Société de Biospéologie.
- Borges, P. A. V., Amorim, I. R., & Oromí, P. (in press). The Azores. In C. Juberthie & V. Decu (Eds.), *Encyclopaedia Biospeleologica*, International Society for Subterranean Biology.
- Borges, P. A. V., Cardoso, P., Amorim, I. R., Pereira, F., Constâncio, J. P., Nunes, J. C., Barcelos, P., Costa, P., Gabriel, R., & Dapkevicius, M. L. (2012). Volcanic caves: Priorities for conserving the Azorean endemic troglobiont species. *International Journal of Speleology*, 41(1), 101–112.
- Borges, P. A. V., Crespo, L. C., & Cardoso, P. (2016). Species conservation profile of the cave spider *Turinyphia cavernicola* (Araneae, Linyphiidae) from Terceira Island, Azores, Portugal. *Biodiversity Data Journal*, (4), e10274.
- Borges, P. A. V., Lamelas-López, L., Amorim, I. R., Danielczak, A., Boieiro, M., Rego, C., Walloon, S., Nunes, R., Cardoso, P., & Hochkirch, A. (2019). Species conservation profiles of cave-dwelling arthropods from Azores, Portugal. *Biodiversity Data Journal*, 7, e32530.
- Borges, P. A., Pereira, F. E., & Silva, A. (1993). Caves and pits from the Azores. II-An annotated Checklist. *Acoreana*, 7, 555–574.
- Borges, P., Lamelas-López, L., Nunes, R., Amorim, I., Boieiro, M., & Rego, C. (2018). Red List of Azorean endemic cave-adapted arthropods: An ecological and conservation overview. *ARPHA Conference Abstracts*, 1, e29283.
- Borges, P.A.V. & Amorim, I.R. 2018. *Trechus terceiranus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T97125072A99166594.
- Borges, PAV. (2025) Arthropoda. Portal da Biodiversidade dos Açores. Disponível em: <https://azoresbiportal.uac.pt/pt/especies-dos-cores/@s!@tx!-Animalia-Arthropoda/>
- Cedrés-Perdomo, R. D., Polaño-Martín, C., Jennings, L., & Gabriel, R. (2024). Seeking a hideout: Caves as refuges for various functional groups of bryophytes from Terceira Island (Azores, Portugal). *Diversity*, 16(1), 58.
- Crespo, L. C., Pereira, F., Amorim, I. R., & Borges, P. A. V. (2025). Insights from the Dalberto Teixeira Pombo (DTP) Arthropod Collection – I. Revealing the hidden diversity of terrestrial cave arthropods in the Azores. *Biodiversity Data Journal* 13: e158467
- Culver, D. C., & Pipan, T. (2019). *The biology of caves and other subterranean habitats* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Dapkevicius, M. L. E., & Riquelme, C. (2013). Vida microbiana nas grutas dos Açores: património natural a proteger. *Pingo de Lava*, 37, 69–75.
- Debevec, V., & Rakovec, J. (2021). Impact of visits on the microclimates of caves: Experimental evidence from Škocjan Caves. *Acta Carsologica*, 50(2–3), 255–267.
- Figueiredo, R. M. N. (2018). *Isolamento e caracterização de estípites de cianobactérias relevantes do ponto de vista biotecnológico e ambiental* (Tese de Mestrado, Universidade do Porto, Portugal).
- Gabriel, R. (2021) Bryophyta. Portal da Biodiversidade dos Açores. Disponível em: <https://azoresbiportal.uac.pt/pt/especies-dos-cores/@s!@tx!-Plantae-Bryophyta/>
- Gabriel, R. & Dias, E. (1994). First approach to the study of the Algar do Carvão flora (Terceira, Azores). *Actas do 3º Congresso Nacional de Espeleologia e do 1º Encontro Internacional de Vulcano-espelologia das Ilhas Atlânticas* (Angra do Heroísmo; Outubro 1992, 1-7): pp. 206–213.
- Gabriel, R., Pereira, F., Borges, P. A. V., & Constâncio, J. P. (2004). Indicators of conservation value of Azorean caves based on its bryophyte flora at cave entrances. In R. Espinasa-Pereña & J. Pint (Eds.), *Proceedings of the XI International Symposium on Vulcanospeleology, Pico Island, Azores, Portugal, 12–18 May 2004* (pp. 114–118). Association for Mexican Cave Studies.
- Gabriel, R., Sim-Sim, M., & González-Mancebo, J. (2018). ‘Conservation concern’ bryophytes find refuge on cave entrances in the Azores. *ARPHA Conference Abstracts*, 1, e29395.
- González-Mancebo, J. M., Losada-Lima, A., Hernández, C. D., & During, H. J. (1992). Bryophyte flora of volcanic caves in the Azores and the Canary Islands. *Lindbergia*, 17(2/3), 37–46.

Filo	Classe	Ordem	Família	Ref. bibliogáficas
Arthropoda	Arachnida	Araneae	Nesticidae	Pereira et al. 2015
Arthropoda	Arachnida	Araneae	Tetragnathidae	Pereira et al. 2015
Arthropoda	Arachnida	Araneae	Theridiidae	Pereira et al. 2015
Arthropoda	Collembola	Entomobryomorpha	Tomoceridae	Pereira et al. 2015
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Carabidae	Pereira et al. 2015
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Carabidae	Amorim 2005, Pereira et al. 2015, Borges et al. 2019
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Curculionidae	Pereira et al. 2015
Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	Formicidae	Pereira et al. 2015
Chordata	Aves	Gruiformes	Rallidae	Alcover et al. 2015

- Gonzalez-Serrichio, A. S., Andrejkovičová, S., Miller, A. Z., Pires, A., Leite, M. N., Rebelo, R., Amorim, I. R., Dapkevicius, M. L., Kaplan, F., & Sternberg, P. (in prep.). Probing microbial ecosystems and soil health within Natal Cave. In A. Pires, A. Gonzalez-Serrichio, J.C. Nunes, & H.I. Chaminé (Eds.), *Unveiling Underground Analog Missions and Beyond: Pioneering Space Research and Exploration. Advances in Science, Technology & Innovation* (ASTI), IEREK, Springer Nature.
- Hathaway, J. J. M., Garcia, M. G., Balasch, M. M., Spilde, M. N., Stone, F. D., Dapkevicius, M. L. E., Amorim, I.R., Borges, P.A.V., & Northup, D. E. (2014). Comparison of Bacterial Diversity in Azorean and Hawaiian Lava Cave Microbial Mats. *Geomicrobiology Journal*, 31(3), 205–220.
- Jennings, L. (2009). *Azorean cave bryophytes: the conservation of an understudied group in an underprotected habitat*. Master Degree in Biodiversity, Conservation and Management. Centre for the Environment, University of Oxford. Oxford.
- Mammola, S., Altermatt, F., Alther, R., Amorim, I. R., Băncilă, R. I., Borges, P. A. V., ... & Malard, F. (2024). Perspectives and pitfalls in preserving subterranean biodiversity through protected areas. *npj Biodiversity*, 3(1), 2.
- Mammola, S., Meierhofer, M. B., Borges, P. A. V., Colado, R., Culver, D. C., Deharveng, L., ... & Cardoso, P. (2022). Towards evidence-based conservation of subterranean ecosystems. *Biological Reviews*, 97(4), 1476–1510.
- Oromí, P. (2004). Biospeleology in Macaronesia. *AMCS Bulletin*, 19, 98–104.
- Oromí, P., Martin, J. L., Ashmole, N. P., & Ashmole, M. J. (1990). A preliminary report on the cavernicolous fauna of the Azores. *Mémoires de Biospéologie*, 17, 97–105.
- Pereira, F., Nunes, J. C., Borges, P. A. V., Costa, M. P., Constâncio, J. P., Barcelos, P., Braga, T., Gabriel, R., Amorim, I. R., Lima, E. A., Garcia, P., & Medeiros, S. (2015). Catalogue of Azorean volcanic caves (volcanic pits, lava tubes and sea-erosion caves). Associação Os Montanheiros GESPEA.
- Piano, E., Biagioli, F., Nicolosi, G., Coleine, C., Poli, A., Prigione, V., ... & Isaia, M. (2023). Tourism affects microbial assemblages in show caves. *Science of the Total Environment*, 871, 162106.
- Piano, E., Mammola, S., Nicolosi, G., & Isaia, M. (2024). Advancing tourism sustainability in show caves. *Cell Reports Sustainability*, 1(3).
- Pires A., Gonzalez-Serrichio A., Nunes J.C. & Chaminé H.I (Eds) (in prep). *Unveiling Underground Analog Missions and Beyond: Pioneering Space Research and Exploration. Advances in Science, Technology & Innovation* (ASTI), IEREK, Springer Nature.
- Polaino-Martín, C., Gabriel, R., Jennings, L., Amorim, I.R., Henar-Sánchez, M., Ros Prieto, A., Peroni, C., Dias, E., Borges, P.A.V. & Pereira, F. (2019). Crescendo na obscuridade: briófitos da Ilha Terceira em ambientes caver-nicolás. *Pingo de Lava*, 43, 48-58.
- Riquelme, C., Daza, R., Bustillo, M., & Dapkevicius, M. L. E. (2014). Cavidades vulcânicas e ecossistemas subterrâneos dos Açores: património natural a proteger. *Pingo de Lava*, 38, 12-25.
- Riquelme, C., Enes Dapkevicius, M. D. L., Miller, A. Z., Charlop-Powers, Z., Brady, S., Mason, C., & Cheeptham, N. (2017). Biotechnological potential of Actinobacteria from Canadian and Azorean volcanic caves. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101, 843–857.
- Riquelme, C., Hathaway, J. J. M., Dapkevicius, M. L. E., Miller, A. Z., Kooser, A., Northup, D. E., Jurado, V., Fernandez, O., Saiz-Jimenez, C., & Cheeptham, N. (2015a). Actinobacterial diversity in volcanic caves and associated geo-microbiological interactions. *Frontiers in microbiology*, 6, 1342.
- Riquelme, C., Rigal, F., Hathaway, J. J., Northup, D. E., Spilde, M. N., Borges, P. A., Gabriel, R., Amorim, I. R., & Dapkevicius, M. L. N. (2015b). Cave microbial community composition in oceanic islands: Disentangling the effect of different colored mats in diversity patterns of Azorean lava caves. *FEMS Microbiology Ecology*, 91(12), fiv141.
- Sabovljevic, M., Papp, B., Blockeel, T., Ignatov, M., Hallingbäck, T., Söderström, L. & Garcia, C. 2019. *Philonatis rigida* (Europe assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2019: e.T83660106A87777651. Accessed on 20 August 2025.
- Sim-Sim, M. 2019. *Dumortiera hirsuta* (Europe assessment) (errata version published in 2020). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2019: e.T87532557A170969806. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T87532557A170969806.en>. Accessed on 20 August 2025.
- Wynne, J. J., Howarth, F. G., Mammola, S., Ferreira, R. L., Cardoso, P., Lorenzo, T. D., Galassi, D. M. P., Medellín, R. A., Miller, B. W., Sanchez-Fernandez, D., Bichuette, M. E., Biswas, J., BlackEagle, C. W., Boonyanusith, C., Amorim, I. R., & others. (2021). A conservation roadmap for the subterranean biome. *Conservation Letters*, 14(5), e12834.