

Rosalina Gabriel & Paulo A. V. Borges (Eds.)

GUIA PRÁTICO DA  
GEODIVERSIDADE  
DOS AÇORES

Field Guide of Azorean Geodiversity

João Carlos Nunes  
(Autor/Author)





Com o alto patrocínio da Secretaria Regional  
do Ambiente e Alterações Climáticas  
e da Associação Os Montanheiros



GOVERNO  
DOS AÇORES

Secretaria Regional do Ambiente  
e Alterações Climáticas



Associação  
OS MONTANHEIROS

Rosalina Gabriel & Paulo A. V. Borges (Eds.)

GUIA PRÁTICO DA  
GEODIVERSIDADE  
DOS AÇORES

**Field Guide of Azorean Geodiversity**

**João Carlos Nunes**  
(Autor/Author)

*Título/ Title*

**Guia Prático da Geodiversidade dos Açores**

Field Guide of Azorean Geodiversity

*Editores/ Editors*

**Rosalina Gabriel & Paulo A. V. Borges**

*Autor/ Author*

**João Carlos Nunes**

*Créditos fotográficos/ Photo credits*

**Associação Os Montanheiros, Eva Almeida Lima, Ivan Verdoodt, João Carlos Nunes, Jorge Góis, Kenneth Ingham, Manuel Paulino Costa, Odília Teixeira, Paulo A. Vieira Borges, Paulo J. M. Barcelos, Paulo Garcia, Paulo Henrique Silva, Pedro Silva**

*Créditos dos esquemas / Infographies credits*

**Carlos Sousa, João Carlos Nunes, Nuno Farinha**

*Edição/ Edition*

**Instituto Açoriano de Cultura**

Alto das Covas

9700-220 Angra do Heroísmo

<https://www.iac-azores.org/index.html>

*Design e paginação/ Design and maquetization*

**Angelina Caixeiro**

*Impressão/ Printing*

**Sersilito – Empresa Gráfica, Lda.**

*Apoio/ Support by*

**Secretaria Regional do Ambiente e Alterações Climáticas**

**Associação Os Montanheiros**

*ISBN*

**978-989-8225-85-6**

*Depósito legal/ Legal deposit*

**525944/23**

GUIA PRÁTICO DA  
GEODIVERSIDADE  
DOS AÇORES

**Field Guide of Azorean Geodiversity**





Fajã detrítica da Ponta da Rocha Alta (Ilha das Flores),  
formada em 1985 na sequência de importantes movimentos  
de massa de vertente.  
*Detrital slope deposit of Ponta da Rocha Alta (Flores Island)  
formed in 1985 by massive mass movements.*

P. H. Silva

**Modo de citar a obra/**

*When quoting the book*

**Baseado nos Editores/**

*Based on Editors*

Gabriel, R. & Borges, P. A. V. (Eds.) (2023). *Guia Prático da Geodiversidade dos Açores/ Field Guide of Azorean Geodiversity*. Instituto Açoriano de Cultura (IAC), Angra do Heroísmo, 216 pp. ISBN 978-989-8225-85-6.

**Baseado no autor/**

*Based on the author*

Nunes, J. C. (2023). *Guia Prático da Geodiversidade dos Açores/ Field Guide of Azorean Geodiversity*. R. Gabriel & P. A. V. Borges (Eds.) Instituto Açoriano de Cultura (IAC), Angra do Heroísmo, 216 pp. ISBN 978-989-8225-85-6.

**Afiliações dos Editores/**  
*Editors affiliations*

Rosalina Gabriel & Paulo A. V. Borges

cE3c – Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes/ Azorean Biodiversity Group/CHANGE – Global Change and Sustainability Institute and Universidade dos Açores, Faculdade de Ciências e Engenharia do Ambiente, Rua Capitão João D'Ávila, s/n, 9700-042 Angra do Heroísmo, Portugal.

**Afiliações do Autor/**  
*Author affiliation*

João Carlos Nunes

Universidade dos Açores, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Geociências (FCT/DG) – Rua Mãe de Deus, 9500-321 Ponta Delgada, Portugal.

## **Financiamento/** *Financial support*

Este livro foi financiado principalmente pela Secretaria Regional do Ambiente e Alterações Climáticas, do Governo Regional dos Açores, e a Associação Os Montanheiros contribuiu com financiamento adicional.

This book was mainly supported by 'Secretaria Regional do Ambiente e Alterações Climáticas', Regional Government of the Azores, and 'Associação Os Montanheiros' contributed with additional funding.

## **Índice/** *Contents*

Nota Editorial/ <i>Editor's Note</i>	3
Prefácio/ <i>Preface</i>	7
<hr/>	
Geodiversidade e Geossítios/ <i>Geodiversity and Geosites</i>	15
Fichas Temáticas/ <i>Thematic Files</i>	
<b>Vulcões Poligenéticos/ <i>Polygenetic Volcanoes</i></b>	<b>33</b>
<b>Vulcões Monogenéticos/ <i>Monogenetic Volcanoes</i></b>	<b>43</b>
<b>Depressões Vulcânicas/ <i>Volcanic Depressions</i></b>	<b>67</b>
<b>Micro-relevos e Estruturas em Escoadas Lávicas/</b> <i>Structures and Small Landforms on Lava Flows</i>	<b>89</b>
<b>Cavidades Vulcânicas/ <i>Volcanic Caves and Pits</i></b>	<b>133</b>
<b>Formas Subvulcânicas/ <i>Subvolcanic Landforms</i></b>	<b>187</b>
<hr/>	
Agradecimentos/ <i>Acknowledgments</i>	202
Bibliografia Recomendada/ <i>Selected References</i>	204
Índice Remissivo	209
<i>Index</i>	213



# *Prefácio*

Preface

# *Prefácio/*

## Preface

Não conheço ninguém que tenha visitado os Açores e ficasse desiludido! Embora muitos daqueles que visitam o arquipélago disso não tenham consciência, mas uma das razões do fascínio dos Açores está na sua geodiversidade.

A geodiversidade corresponde àquela parte da natureza que passa muitas vezes despercebida pela generalidade das pessoas: rochas, minerais, fósseis, solos e formas de relevo não são, habitualmente, motivo de conversa entre amigos e familiares, nem tema de debate na comunicação social, nem motivo de confronto no discurso político. Porém, a nossa vida e o nosso bem-estar, assim como a saúde dos ecossistemas, estão completamente dependentes da geodiversidade. E os Açores são, provavelmente, um dos locais onde esta dependência é mais fácil de entender.

Começando, desde logo, pela própria existência das diversas ilhas que formam o arquipélago. Como poderá constatar ao longo deste Guia, todas as ilhas dos Açores são de origem vulcânica. Isto significa que sucessivas erupções vulcânicas ocorridas nos fundos oceânicos, ao longo de cerca de 30 milhões de anos, foram sobrepondo centenas de metros de rochas vulcânicas, até que, a um dado momento, essa pilha de rochas alcançou a superfície do oceano, formando uma ilha.

A atividade vulcânica continuou durante os últimos 6 milhões de anos, agora à superfície, configurando o arquipélago tal como o conhecemos hoje, apesar das diversas ilhas não terem sido todas formadas ao mesmo tempo. O último episódio

I don't know anyone who has visited the Azores and been disappointed! Although many of those who visit the archipelago may not be aware of it, one of the reasons for the Azores's fascination lies in its geodiversity.

Geodiversity corresponds to that part of nature that often goes unnoticed by most people: rocks, minerals, fossils, soils, and landforms are not usually a topic of conversation among friends and family, nor a subject of debate in the media, nor a point of argument in political discourse. However, our lives and well-being, as well as the health of ecosystems, depend entirely on geodiversity. And the Azores are probably one of the places where this dependence is easiest to understand.

Starting with the very existence of the various islands that make up the archipelago: as you will discover throughout this guide, all the Azores islands are of volcanic origin. This means that successive volcanic eruptions on the ocean floor over about 30 million years built up hundreds of metres of volcanic rocks until, at a certain point, this stack of rocks reached the ocean's surface, forming an island.

Volcanic activity continued over the last 6 million years, now on the surface, shaping the archipelago as we know it today, even though the various islands were not all formed at the same time. The most significant recent volcanic episode occurred in 1957 on the island of Faial, giving rise to the well-known Capelinhos Volcano.

It's not hard to imagine that as soon as the islands emerged from the ocean's surface, they began to be colonized by various species of flora and fauna that quickly adapted to the existing rocks, soils, and the island's climate. The Azorean biodiversity was early on shaped by the local geodi-



Domo traquítico do Morro de Castelo Branco (Ilha do Faial). Notar coloração esbranquiçada do topo do domo (e.g., textura sacaróide do traquito), devida à alteração da rocha.

*Morro de Castelo Branco trachyte dome (Faial Island). Note the whitish colour of the dome top (e.g., sugar-like texture of the trachyte) due to the rock's alteration.*

P. H. Silva

vulcânico mais significativo ocorreu em 1957, na ilha do Faial, dando origem ao conhecido Vulcão dos Capelinhos.

Não é difícil imaginar que assim que as ilhas emergiram à superfície do oceano se iniciou a sua colonização por variadas espécies de flora e fauna que logo se adaptaram às rochas e solos existentes, assim como ao clima das ilhas. A biodiversidade açoriana foi, desde cedo, determinada pela geodiversidade local, mas também por diversos organismos que chegaram às ilhas e, mais tarde, pelas espécies introduzidas pelos seres humanos. Este exemplo configura assim um dos tipos de serviço (ou benefício) prestado pela geodiversidade aos ecossistemas: o serviço de suporte.

Em ilhas oceânicas, a existência de água doce adquire uma importância redobrada para a sobrevivência dos seus habitantes. A precipitação que cai nas ilhas, em especial nos relevos mais elevados, permite a existência de ribeiras à superfície e a infiltração da água nos solos e rochas, recar-

versity, but also by various organisms that arrived at the islands and, later, by species introduced by humans. This example represents one of the types of services (or benefits) provided by geodiversity to ecosystems: the supporting service.

In oceanic islands, the presence of freshwater takes on added importance for the survival of their inhabitants. Precipitation that falls on the islands, especially at higher elevations, allows the existence of surface streams and the infiltration of water into soils and rocks, recharging aquifers that, in lower areas, feed springs that have always been essential for human consumption and other living beings. In this case we talk about a regulation service, another benefit provided by geodiversity, which is crucial for the survival of ecosystems.

Azorean geodiversity, therefore, proves to be crucial for human populations who, from early on, found water and soils that allowed them to start agriculture essential for their subsistence, as well as rocks suitable for building houses and other infrastructure. The use of dark volcanic rocks like basalt and ignimbrite in traditional constructions and monuments is still today a distinctive cultural legacy of



regando aquíferos que, nas zonas mais baixas, alimentam nascentes, desde sempre essenciais ao consumo humano e de outros seres vivos. Falamos aqui de um serviço de regulação, um outro benefício prestado pela geodiversidade e decisivo para a sobrevivência dos ecossistemas.

A geodiversidade açoriana revela-se assim determinante para as populações huma-

*the Azores. The provision of materials is thus another essential benefit provided by geodiversity.*

*However, perhaps the most fascinating aspect is a quite peculiar relationship at various levels between Azorean geodiversity and human beings. Starting with its inhabitants, it is undeniable the association between the religiosity of the Azo-*



nas que, desde cedo, encontraram água e solos que lhes permitiram iniciar uma agricultura essencial à sua subsistência, assim como rochas adequadas à construção de casas e outras infraestruturas. O uso de rochas vulcânicas escuras, como o basalto e o ignimbrito, em construções tradicionais e monumentos é, ainda hoje, um legado cultural distintivo dos Açores. A provisão

Delta lávico da Ponta da Ferraria (primeiro plano) formado pelas escoadas lávicas basálticas emitidas do cone de escórias do Pico das Camarinhas (ao fundo, à direita).

*Ponta da Ferraria lava delta (foreground) formed by the basaltic lava flows extruded from the Pico das Camarinhas scoria cone (background, right).*

P. H. Silva

de materiais é assim outro dos benefícios essenciais fornecidos pela geodiversidade.

Todavia, talvez o mais fascinante seja um tipo de relação bastante peculiar a vários níveis, entre a geodiversidade açoriana e os seres humanos. Começando pelos seus habitantes, é inegável a associação entre a religiosidade vivida pelo povo açoriano e a expressão mais temível da geodiversidade dos Açores, através da ocorrência esporádica de fenómenos sísmicos e vulcânicos. Ao longo de gerações, este carácter dinâmico da geodiversidade ficou fortemente enraizado na personalidade e cultura açorianas de uma forma que não tem paralelo no resto do país.

É este aspeto da geodiversidade que foi, aliás, responsável pelo significativo êxodo de habitantes da ilha do Faial para os Estados Unidos da América e Canadá, no final dos anos 50 do século XX, em resultado da erupção dos Capelinhos, e que veio a estabelecer um dos mais importantes polos da diáspora portuguesa no continente americano. Na ilha do Faial, a erupção deste vulcão deixou marcas bem visíveis, tanto ao nível da ocupação do território como na paisagem. Hoje, em virtude do valor estético desta paisagem, descrita frequentemente como lunar, a área dos Capelinhos é de visita obrigatória para todos os que chegam ao Faial.

Mas a beleza paisagística da geodiversidade açoriana está longe de se restringir à ilha do Faial e à zona dos Capelinhos. Em qualquer uma das nove ilhas os visitantes podem deleitar-se com formas e tonalidades do substrato rochoso como cones vulcânicos, caldeiras, escoadas basálticas que deram origem a fajãs, e altas falésias litorais onde a sobreposição alternada de escoadas de lava e depósitos de piroclastos se parece com as camadas no interior de um bolo de chocolate. Em algumas ilhas, a expressão de um vulcanismo ativo como as fumarolas e nas-

rean people and the most intimidating expression of Azorean geodiversity: the occasional occurrence of seismic and volcanic events. Over generations, this dynamic nature of geodiversity has become deeply ingrained in the personality and culture of the Azores in a way that finds no parallel in the rest of the country.

This aspect of geodiversity was, in fact, responsible for a significant exodus of inhabitants from the island of Faial to the United States and Canada in the late 1950s, following the eruption of Capelinhos Volcano, which allowed the establishment of one of the most important centres of the Portuguese diaspora in the Americas. On the island of Faial, the eruption of this volcano left very visible marks, both in terms of land use and the landscape. Today, due to the aesthetic value of this often-described lunar-like landscape, the Capelinhos area is a must-visit for all those who come to Faial.

However, the scenic beauty of Azorean geodiversity is far from limited to the island of Faial and the Capelinhos area. On any of the nine islands, visitors can delight in the forms and shades of the rocky substrate, such as volcanic cones, calderas, basaltic flows that gave rise to lava deltas (“fajãs”), and impressive coastal cliffs where the alternate overlay of lava flows and pyroclastic deposits resembles the layers inside a chocolate cake. On some islands, the expression of active volcanism, such as fumaroles and thermal springs, reminds even the most distracted that they are undeniably in a territory dominated by geodiversity in full activity!

The Azores geodiversity deserves recognition for two additional aspects: the presence of volcanism on the Mid-Atlantic Ridge, a chain of underwater mountains located between the western and central island groups where lava and magmatic



centes termais, lembra os mais distraídos que se encontram, definitivamente, num território dominado por uma geodiversidade em ebulição!

A geodiversidade dos Açores merece destaque por dois aspetos mais: a existência de vulcanismo na crista média atlântica, uma cadeia de montanhas submarinas localizada entre as ilhas dos grupos ocidental e central onde lava e fluídos magmáticos são expelidos de forma contínua, configurando um local onde a investigação científica tem ainda muito para descobrir nos domínios da geologia e da biologia. Um segundo aspeto tem a ver com a abundante presença de fósseis na ilha de Santa Maria, cujo estudo nos permite conhecer a variedade de vida marinha existente na região, bem como as condições climáticas e as variações do nível do mar, nos últimos 5 milhões de anos.

São todos estes aspetos da geodiversidade, complementados com elementos da fauna e da flora e com o rico património cultural açoriano, que estão na base do reconhecimento do arquipélago dos Açores como Geoparque Mundial da UNESCO.

Cone de escórias do Monte da Sra. da Ajuda e escoadas lávicas associadas, da vila de Santa Cruz (Ilha Graciosa).

*Monte da Sra. da Ajuda scoria cone and associated lava flows in Santa Cruz village (Graciosa Island).*

P. H. Silva

fluids are continuously expelled, forming a location where scientific research still has much to discover in the fields of geology and biology. A second aspect is the abundant presence of fossils on the island of Santa Maria, the study of which allows us to understand the variety of marine life in the region, as well as the climatic conditions and sea level variations that occurred over the last 5 million years.

All of these aspects of geodiversity, complemented by elements of fauna and flora, along with the rich Azorean cultural heritage, form the foundation for the recognition of the Azores archipelago as a UNESCO Global Geopark.

**José Bernardo Rodrigues Brilha**  
Professor Catedrático,  
Universidade do Minho