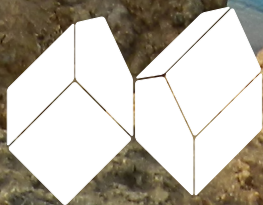


PAISAGENS DA ISLÂNDIA: FORMAS E PROCESSOS

FERNANDO CARLOS LOPES



**PAISAGENS
DA ISLÂNDIA:
FORMAS
E PROCESSOS**

FERNANDO CARLOS LOPES

REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR

FICHA TÉCNICA

Rev. Ciência Elem., V7(B)

Publicação trimestral
da Casa das Ciências

ISSN 2183-9697 (versão impressa)

ISSN 2183-1270 (versão online)

rce.casadasciencias.org

DEPÓSITO LEGAL

452634/19

TÍTULO

Paisagens da Islândia: Formas e Processos

AUTOR

Fernando Carlos Lopes

FOTOGRAFIAS E ESQUEMAS

Fernando Carlos Lopes

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Alexandra Coelho

PAGINAÇÃO

Pedro Freitas

IMPRESSÃO E ACABAMENTO

Uniarte Gráfica S.A.

TIRAGEM

120 exemplares

IMAGENS

Caldeira de Viti - complexo geotermal de
Namafjall Hverir (Capa)

Topo do cone vulcânico de Heldfell, ilha de Heimaey
(Contracapa)

© Todo o material publicado nesta revista
pode ser reutilizado para fins não comerciais,
desde que a fonte seja citada.



PROPRIETÁRIO

Casa das Ciências/ICETA
Faculdade de Ciências,
Universidade do Porto
Rua do Campo Alegre, 687
4169-007 Porto
rce@casadasciencias.org

CORPO EDITORIAL DA REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR

EDITOR

José Ferreira Gomes (UNIVERSIDADE DO PORTO)

CONSELHO EDITORIAL

João Lopes dos Santos (UNIVERSIDADE DO PORTO)

Jorge Manuel Canhoto (UNIVERSIDADE DE COIMBRA)

José Francisco Rodrigues (UNIVERSIDADE DE LISBOA)

Luís Vítor Duarte (UNIVERSIDADE DE COIMBRA)

Maria João Ramos (UNIVERSIDADE DO PORTO)

Paulo Fonseca (UNIVERSIDADE DE LISBOA)

Paulo Ribeiro-Claro (UNIVERSIDADE DE AVEIRO)

PRODUÇÃO E SECRETARIADO

Pedro Freitas

Alexandra Coelho

Guilherme Monteiro

NORMAS DE PUBLICAÇÃO NA RCE

A Revista de Ciência Elementar dirige-se a um público alargado de professores do ensino básico e secundário, aos estudantes de todos os níveis de ensino e a todos aqueles que se interessam pela Ciência. Discutirá conceitos numa linguagem elementar, mas sempre com um rigor superior.

INFORMAÇÃO PARA AUTORES E REVISORES

Convidam-se todos os professores e investigadores a apresentarem os conceitos básicos do seu labor diário numa linguagem que a generalidade da população possa ler e compreender.

Para mais informação sobre o processo de submissão de artigos, consulte a página da revista em rce.casadasciencias.org



**CASA DAS
CIÊNCIAS**

EDULOG · FUNDAÇÃO BELMIRO DE AZEVEDO

INDICE

Prefácio	07
Introdução	09
Parte I - Paisagens controladas pela tectónica (Revista de Ciência Elementar V5(4):059 DOI: 10.24927/rce2017.059)	
1.1. Vales de rifte	13
1.2. Cascatas e vales glaciares	15
1.3. Campos lineares de fumarolas e canhões	18
Parte II - Paisagens controladas pelo vulcanismo (Revista de Ciência Elementar V6(1):012 DOI: 10.24927/rce2018.012)	
2.1. Planaltos basálticos	23
2.2. Cones e caldeiras vulcânicas	25
2.3. Formações basálticas com disjunção colunar (ou prismática)	29
2.4. Campos geotermais	31
2.5. Túneis de lava	33
2.6. Pseudocrateras do lago Myvatn	34
2.7. Escarpas basálticas	36
Parte III - Paisagens controladas pelos glaciares e pelo mar (Revista de Ciência Elementar V6(2):048 DOI: 10.24927/rce2018.048)	
3.1. Vales glaciares e fiordes	41
3.2. Moreias	45
3.3. Lagoas glaciares e icebergues	46
3.4. As costas escarpadas	48
3.5. Praias de areia Negra	49
Notas finais	53
Referências	55

INDICE FIGURAS

FIGURA 1. Esquema de 3D (sem escala) de um vale de rifte	13
FIGURA 2. O lago Pingvellir e o vale de rifte	14
FIGURA 3. A garganta do Almannagjá	14
FIGURA 4. Esquemas 3D (sem escala) de um sistema de falhas normais associadas a um rifte	15
FIGURA 5. Cascata de Hengifoss (Islândia oriental)	16
FIGURA 6. Cascata de Hengifoss	16
FIGURA 7. Cascata de Gullfoss	17
FIGURA 8. Vale glacial	17
FIGURA 9. Fiorde de Akureyri (ou Eyjafjörður)	18
FIGURA 10. O campo linear de fumarolas na Península de Reykjanes	18
FIGURA 11. Zona de fraturas na Península de Reykjanes	19
FIGURA 12. Esquema 3D (sem escala) da formação dos planaltos basálticos	23
FIGURA 13. Planalto basáltico de Glaumbaer	24
FIGURA 14. Planalto basáltico situado entre a cidade de Akureyri e o canyon de Asbyrgi	24
FIGURA 15. Esquema 3D (sem escala) da relação entre o vulcanismo fissural e o central	25
FIGURA 16. Cone do vulcão Grábrok	26
FIGURA 17. Planalto de Móðrudalur	26
FIGURA 18. Porto de Heimaey, ilha de Heimaey	27
FIGURA 19. Caldeira de Viti	27
FIGURA 20. Esquema 3D (sem escala) da formação de um "vulcão mesa"	28
FIGURA 21. Vulcão mesa "Ombros Largos" (Móðrudalur Mount)	29
FIGURA 22. Disjunção colunar da Cidadela de Borgarvirki	30
FIGURA 23. Disjunção colunar da cascata de Hengifoss	30
FIGURA 24. Disjunção colunar da Praia de Reynisfjara	31
FIGURA 25. Esquema 3D (sem escala) da formação de um campo geotermal	32
FIGURA 26. Um aspeto do campo geotermal de Námafjall Hverir	32
FIGURA 27. Um aspeto do campo geotermal de Geysir	33
FIGURA 28. Esquema 3D (sem escala) da formação de um túnel de lava	33
FIGURA 29. Túnel de lava na zona do Campo geotermal de Námafjall Hverir	34
FIGURA 30. Esquema (sem escala) da formação de pseudocrateras	35
FIGURA 31. Aspeto do Lago Myvatn e das suas pseudocrateras	35
FIGURA 32. Escarpa basáltica nas proximidades do cone do vulcão Grábrok	36

FIGURA 33. Esquema (sem escala) da formação de uma escarpa basáltica	37
FIGURA 34. Esquema 3D (sem escala) da evolução de uma paisagem glacial	42
FIGURA 35. Aspeto do vale glaciário de Borgarvirki	43
FIGURA 36. Aspeto do vale glacial e do fiorde de Akureyri (ou Eyjafjörður)	43
FIGURA 37. Esquema 3D (sem escala) da evolução de uma paisagem glacial costeira e de um cone vulcânico ..	44
FIGURA 38. Riólitos das falésias de Raudubjörg - Fiorde de Norafjord	44
FIGURA 39. Esquema 3D (sem escala) da formação de moreias frontais e de fundo	45
FIGURA 40. Aspetos da moreia frontal do glacial Vatnajökull	46
FIGURA 41. Moreias do glacial Gígjökull	46
FIGURA 42. Esquema 3D (sem escala) da formação de icebergues numa lagoa glacial	47
FIGURA 43. Icebergues na lagoa glacial de Jökulsárlón	47
FIGURA 44. Os magníficos icebergues azuis da lagoa glacial de Jökulsárlón	48
FIGURA 45. Esquema 3D (sem escala) da evolução da faixa costeira	49
FIGURA 46. Leixão Hvitserkur	50
FIGURA 47. Leixões e areia vulcânica	50
FIGURA 48. Praia de blocos basálticos e depósitos de tefra	51

PREFÁCIO

Tive o ensejo de percorrer a Islândia algumas vezes, duas delas com o privilégio da companhia do Fernando Lopes. Foram duas viagens de diálogo constante (biólogo-geólogo) e percepção mútua da biodiversidade e geodiversidade dos ecossistemas subárticos da Islândia. Esta ilha vulcânica, situada na Dorsal Média Atlântica e adjacente ao Círculo Polar Ártico, com lavas e depósitos vulcânicos de idades diferenciadas que vão da atualidade aos 24 milhões de anos, constitui um extraordinário laboratório natural bio-geológico, não só para a verificação das etapas de ocupação biológica das cinzas e rochas, como também dos sistemas aquíferos geotérmicos ou de origem glacial. Assim, é relativamente fácil perceber porque numa ilha de relativa pequena dimensão e subártica, se encontrem 14 habitats naturais diferenciados: Falésias; “Sandur” (depósitos vulcano-sedimentares); Nascentes e riachos; Lagos; Cones de dejeção glacial; Pradarias húmidas (lameiros); Pradarias “secas”; Pradarias com vegetação arbustiva e subarbustiva; “Kjarr” (floresta primitiva); Cones vulcânicos com área geotermal; Escoadas de lava; Escoadas de glacial; Planalto vulcânico; Sulcos de escorrência.

Este livro, que em boa hora Fernando Lopes resolveu escrever sobre as Paisagens da Islândia, é não só um testemunho clarividente para a compreensão de tal diversidade de ecossistemas e habitats, como também é de extraordinária qualidade didáctica por estar profusamente ilustrado e escrito com simplicidade e de forma facilmente explícita.

Considero um livro tão relevante para um biólogo, como foi para Charles Darwin (1809-1882) a obra, em três volumes, sobre os “Princípios de Geologia” (1830) do geólogo britânico Charles Lyell (1797-1875), que o ilustre evolucionista levou como obra de consulta durante a viagem no Beagle (27.XII.1831 – 2.X.1836) e que o levou a entender as semelhanças, diferenças e evolução de algumas espécies fósseis que encontrava em estratos sedimentares de idades geológicas diferentes, particularmente na América do Sul, como aconteceu, por exemplo, com os fósseis de tatús e as espécies vivas que encontrava e que até lhe serviam de alimento e a carapaça de prato.

Assim, tal como ele recomendava a leitura da obra daquele geólogo britânico para compreensão da evolução, também recomendamos a leitura deste livro do geólogo Fernando Lopes a todos os professores e estudantes das Ciências Naturais.

Jorge Paiva, 2018

INTRODUÇÃO

Situada no Atlântico Norte, sobre a Dorsal Média Atlântica (DMA), um pouco a Sul do Círculo Polar Ártico (63°24'N-66°33'N; 13°30'W-24°32'W), a Islândia é uma ilha vulcânica com cerca de 24 Ma^[1]. Na sua origem estará a interação entre a DMA e a suposta pluma mantélica da Islândia. É um dos únicos locais da Terra onde é possível observar os efeitos dramáticos da interação de uma grande variedade de processos geológicos e climáticos. Elevadas taxas de atividade vulcânica e de deformação crustal distensiva, conjugam-se com a rápida erosão desencadeada pelos glaciares, pelo mar e pela água corrente, sob um clima ártico, para criar paisagens e ambientes ímpares ^[2,3].

A extraordinária geologia da ilha está patente nas suas variadas formações rochosas, na sua sinuosa e escarpada linha de costa, nas suas estreitas praias de areia negra, nos fiordes, nos glaciares e vales glaciares, na atividade sísmica e na atividade vulcânica, como erupções e emanações geotérmicas ^[4,5]. Conjugada com o clima e a ação biológica, criou paisagens de uma beleza surreal, que o presente trabalho, dividido em três partes, procura aflorar.

Parte I

Paisagens controladas pela tectónica



FIGURA 2. O lago Þingvellir e o vale de rifte, vistos a partir da placa norte-americana.

O vale do rifte alarga a uma taxa de cerca de 7 mm/ano, estimando-se em cerca de 70 m a extensão horizontal ocorrida nos últimos 9 000 anos. A taxa de subsidência é de cerca de 1 mm/ano, estimando-se um valor global de 40 m para a subsidência ocorrida nos últimos 9 000 anos.



FIGURA 3. A garganta do Almannagjá marca a extremidade oriental da placa tectónica norte-americana.

1.2. Cascatas e vales glaciares

Os desníveis criados pela escadaria de blocos limitados pelos sistemas de falhas normais propiciam o desenvolvimento de cascatas por onde se precipitam numerosos cursos de água, durante o curto verão ártico. Por outro lado, os vales que se desenvolvem ao longo da direção dos sistemas de falhas controlam a instalação de lagos, rios, vales glaciares e fiordes (FIGURA 4). É também frequente ocorrerem ao longo da direção desses vales campos lineares de fumarolas e de fontes termais, o que é indicativo do controlo tectónico destas morfoestruturas. Por vezes podem formar-se dobramentos flexurais dos níveis rochosos superiores por subsidência, em resultado da fraturação e do estiramento dos níveis rochosos subjacentes. Na Islândia, a maioria dos vales glaciares e das cascatas como a Hengifoss (Islândia oriental), parecem desenvolver-se segundo este modelo (FIGURA 5-9).

15

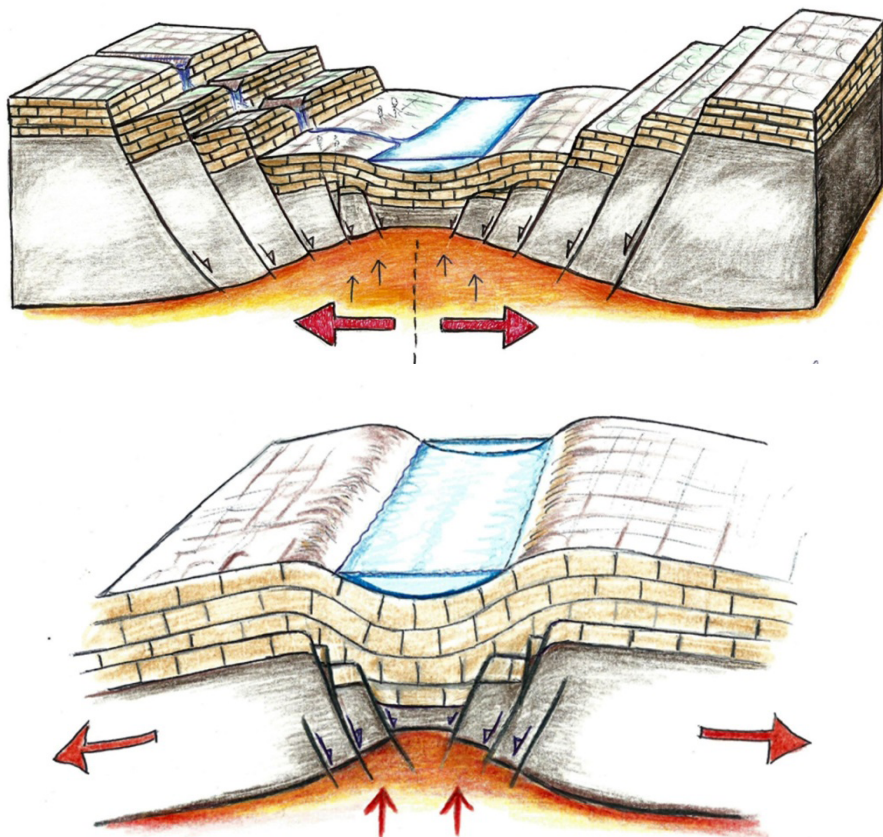


FIGURA 4. Esquemas 3D (sem escala) de um sistema de falhas normais associadas a um rifte, com o desenvolvimento de: escadarias de blocos que propiciam os desníveis necessários para que a água, resultante da fusão dos glaciares e das geleiras, se precipite numa profusão de cascatas; corredor deprimido (vale de rifte) onde se instalou um lago glacial para onde escoia a água que se precipita das cascatas em redor. O abatimento de blocos rochosos limitados pelas falhas normais, resultante do estiramento progressivo, faz dobrar, por flexão, os níveis rochosos suprajacentes.

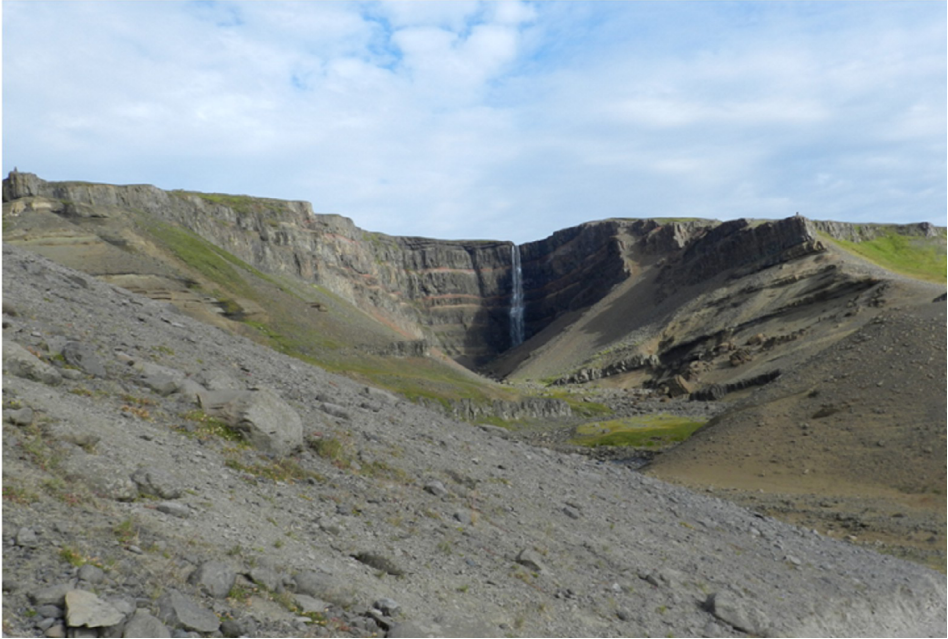


FIGURA 5. Cascata de Hengifoss (Islândia oriental). A cascata é rodeada por estratos basálticos intercalados por níveis de argila vermelha. Os taludes laterais ao plano da cascata são constituídos por uma escadaria de blocos definidos por falhas normais.



FIGURA 6. Cascata de Hengifoss. Pormenor do talude em frente ao miradouro, onde se podem observar sistemas de falhas normais (tracejado a branco).



17

FIGURA 7. Cascata de Gullfoss (região de Sudurland, Islândia Meridional). O seu degrau inferior, mais elevado, possui controlo tectónico. A água que por ali se precipita escoar depois por uma fenda incisa na rocha basáltica. O degrau superior resulta do contraste de dureza da rocha basáltica.



FIGURA 8. O vale glaciar que se estende no sopé da cascata de Hengifoss possui controlo tectónico.



FIGURA 9. Fiorde de Akureyri (ou Eyjafjörður), situado na costa norte da Islândia. É o mais longo fiorde do país.

1.3. Campos lineares de fumarolas e canhões



FIGURA 10. O campo linear de fumarolas na Península de Reykjanes sublinha os lineamentos morfotectónicos relacionados com o eixo de rifte ocidental.

As zonas de fratura podem ser seguidas na paisagem pela existência de campos lineares de fumarolas e de fontes termais (FIGURA 10), bem como pela presença de longos canhões de paredes basálticas (FIGURA 11). São assinaláveis exemplos os que ocorrem na Península de Reykjanes, no sudoeste da Islândia, relacionados com as fracturas do eixo de rifte ocidental.



FIGURA 11. Zona de fraturas na Península de Reykjanes, algumas delas definindo longos canhões.

Parte II

Paisagens controladas pelo vulcanismo

A construção da Islândia iniciou-se há cerca de 24 Ma, como resultado do vulcanismo que ocorreu devido à interação entre uma pluma mantélica e a Dorsal Média Atlântica (DMA), e que se mantém na atualidade [3, 11, 12]. A carga glacial sobre a litosfera terá desempenhado um forte efeito na atividade vulcânica. Reconhece-se uma elevada taxa de erupções no milénio que se seguiu ao degelo da última glaciação, comparativamente com a baixa taxa verificada atualmente. Este efeito pode ser explicado pela diminuição da pressão litostática, à medida que os glaciares fundiam. Os movimentos crustais vigorosos causados pelo ressalto isostático poderá ter despoletado intenso vulcanismo até se estabelecer um novo equilíbrio litostático [12].

O vulcanismo na Islândia é diversificado e é caracterizado por quase todos os tipos vulcânicos e estilos eruptivos conhecidos na Terra. A presença de água em abundância (líquida ou em estado sólido) torna as erupções mais explosivas ao introduzir vapor de água no sistema, levando à formação de tefra e outros piroclastos. Toda esta atividade criou e moldou a superfície da ilha, sendo responsável por curiosas morfologias e manifestações. Por outro lado, a sua interação com os glaciares levou à formação de uma paisagem dramática, de acentuado relevo. Se as erupções sub-glaciares fizeram arrefecer rapidamente as lavas, construindo espessas cristas vulcânicas, a erosão causada pelos glaciares fez baixar a topografia.

2.1. Planaltos basálticos

Os planaltos basálticos resultam de espessas sucessões de escoadas de lava basáltica expelida por fissuras (FIGURA 12). São característicos do vulcanismo de tipo fissural, e típicos de contextos de rifte. Na Islândia são vulgares este tipo de morfologias, que se destacam na paisagem como impressionantes paredes rochosas [3]. Um dos exemplos é o planalto de Glaumbaer, sobranceiro à região etnográfica de Glaumbaer (FIGURA 13).

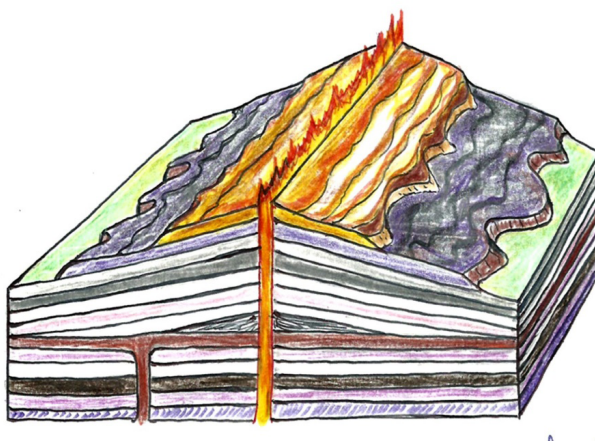


FIGURA 12. Esquema 3D (sem escala) da formação dos planaltos basálticos.



FIGURA 13. Planalto basáltico de Glaumbaer, visto a partir do museu etnográfico de Glaumbaer.

Durante o curto estio ártico, a água resultante da fusão dos glaciares e das geleiras escorre pelas encostas alcantiladas dos planaltos, alimentando riachos temporários e cascatas e escavando sulcos de escorrência (FIGURA 14).



FIGURA 14. Planalto basáltico situado entre a cidade de Akureyri e o *canyon* de Asbyrgi. Pelas encostas alcantiladas, são evidentes os sulcos de escorrência resultantes da fusão dos glaciares que cobrem o topo do planalto.

2.2. Cones e caldeiras vulcânicas

Os vulcões da Islândia podem estar relacionados com sistemas vulcânicos fissurais, com sistemas vulcânicos centrais (cones), ou com uma mistura de ambos (alinhamentos de cones de cinzas (FIGURA 15) [3,12]. O ambiente da erupção pode ser subaéreo, submarino ou subglacial. Os sistemas vulcânicos fissurais caracterizam-se pelo derrame explosivo de lava através de fissuras, de que resultam os planaltos basáltico (FIGURA 12-14). Os vulcões centrais são estruturas construídas por sucessivas e alternadas erupções de lavas e de depósitos piroclásticos (FIGURA 16). Os sistemas mistos caracterizam-se pela formação de aparelhos vulcânicos de cinza, preferencialmente alinhados com sistemas de fissuras (FIGURAS 17 e 18). São frequentes os aparelhos vulcânicos que evoluíram para caldeiras, sendo o seu interior ocupado por lagos e lagoas (FIGURA 19). Junto à costa, as caldeiras mais antigas, já totalmente arrasadas e parcialmente destruídas, podem constituir baías e enseadas.

25

A maioria das erupções holocénicas ocorreu em ambiente sub-glacial, conferindo aos aparelhos vulcânico uma morfologia particular em forma de mesa (FIGURAS 20 e 21). Um dos vulcões típicos com esta geometria é a Montanha Ombros Largos (Möðrudalur Mount), considerada a rainha das montanhas islandesas (FIGURA 20).

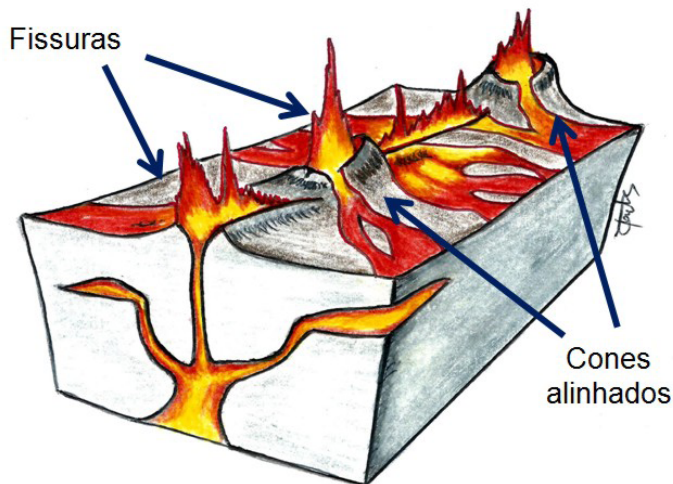


FIGURA 15. Esquema 3D (sem escala) da relação entre o vulcanismo fissural e o central. O alinhamento dos cones vulcânicos segue a direção das fissuras.



FIGURA 16. Cone do vulcão Grábrók (região de Vesturland, Islândia ocidental).



FIGURA 17. Planalto de Mýrdalur (nordeste da Islândia), coberto de depósitos vulcânicos, onde é bem visível o alinhamento de cones vulcânicos.



FIGURA 18. Porto de Heimaey, ilha de Heimaey (arquipélago de Vestmannaeyja) – Cones dos vulcões Heldfell (à esquerda) e Helgafell (à direita).



FIGURA 19. Caldeira de Viti - complexo geotermal de Namafjall Hverir (nordeste da Islândia).

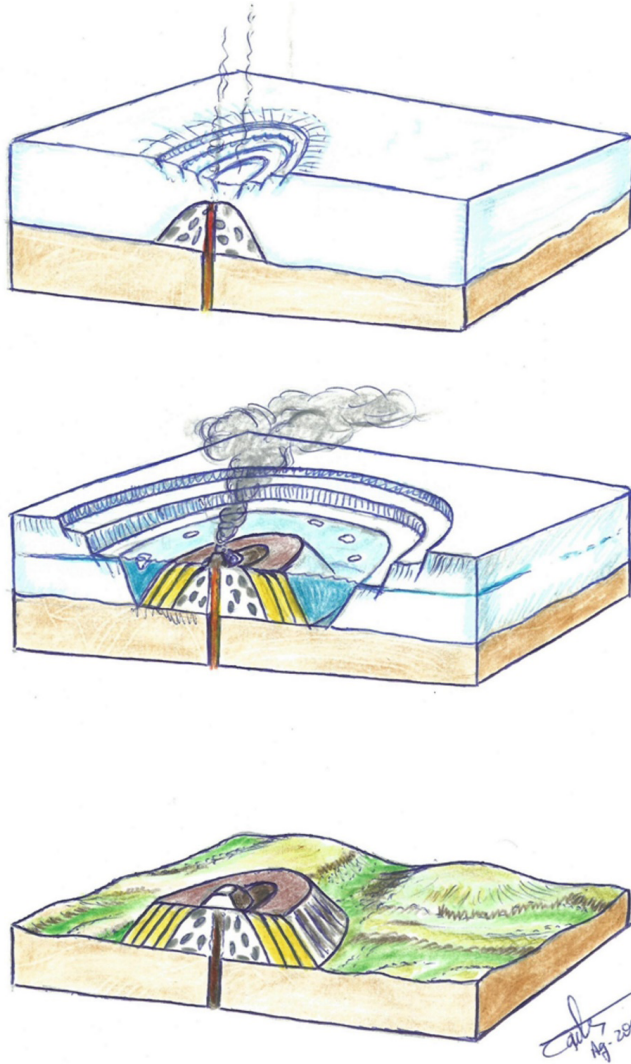


FIGURA 20. Esquema 3D (sem escala) da formação de um "vulcão mesa". O aspeto tabular to topo do aparelho vulcânico é o resultado da erupção ser sub-glaciar. Na Islândia são vulgares os aparelhos vulcânicos deste tipo.



FIGURA 21. Vulcão mesa "Ombros Largos" (Möðrudalur Mount), visto a partir do planalto de de Möðrudalur (nordeste da Islândia).

2.3. Formações basálticas com disjunção colunar (ou prismática)

As disjunções colunares ou prismáticas são estruturas que se formam durante o processo de arrefecimento de espessas escoadas de lava basáltica [6, 8]. A contração do material rochoso pelo arrefecimento e solidificação, gera planos de diáclases perpendiculares à superfície de arrefecimento. Estas diáclases, ao se propagarem para dentro da rocha, geraram colunas paralelas uma às outras e perpendiculares à superfície de fluxo. Numa secção longitudinal à escoada de lava, as colunas inclinam suavemente no sentido contrário ao do fluxo.

As disjunções prismáticas marcam as paisagens basálticas islandesas. São notáveis, pela suas dimensões, perfeição e arranjo geométrico, as da Cidadela de Borgarvirki, situada na península de Vatnsnes, no noroeste da Islândia (FIGURA 22), as da cascata de Hengifoss, situada no leste da Islândia (FIGURA 23), e as da Praia de Reynisfjara, situada no sul da ilha (FIGURA 24).



FIGURA 22. Disjunção colunar da Cidadela de Borgarvirki (Península de Vatnsnes, noroeste da Islândia).



FIGURA 23. Disjunção colunar da cascata de Hengifoss (Islândia oriental).



FIGURA 24. Disjunção colunar da Praia de Reynisfjara, costa sul da Islândia.

2.4. Campos geotermiais

Os campos geotermiais são locais específicos onde existem condições para a ocorrência de géiseres e fumarolas, fontes quentes e poças de lama escaldante (mudspots). O sistema de circulação de água num campo destes funciona, genericamente, segundo o seguinte modelo (FIGURA 25): as águas pluviométricas infiltram-se no solo por fendas e fraturas, atingindo as camadas rochosas quentes, onde são aquecidas. Sobem depois rapidamente, sob pressão, ao longo das falhas existentes, saindo à superfície sob a forma de jato de água (geiser) ou de vapor (fumarola).

É possível encontrar na Islândia numerosos campos geotermiais, localizados ao longo dos principais eixos vulcânicos. São notáveis pelas suas dimensões e exotismo das suas exurgências o campo geotermal de Námafjall Hverir, nas proximidades do sistema vulcânico de Krafla^[4,12], associado ao eixo do rifte setentrional (FIGURA 26) e o campo geotermal de Geysir, na Península de Reykjanes, associado ao eixo do rifte ocidental (FIGURA 27). É neste último que se encontram o geiser Geysir, o "pai" de todos os geisers, agora adormecido, e o geiser Strokkur.

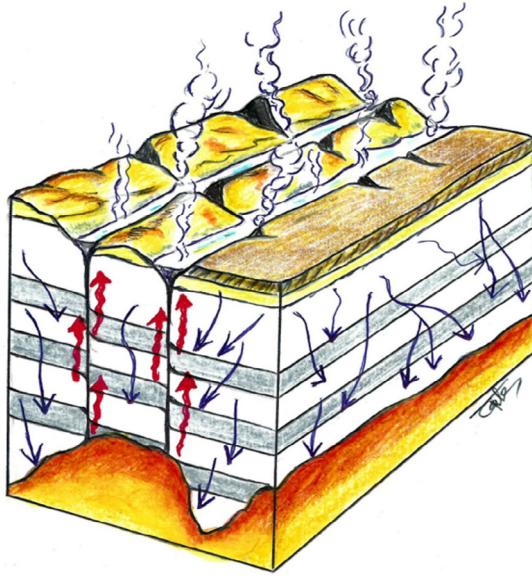


FIGURA 25. Esquema 3D (sem escala) da formação de um campo geotermal. As setas azuis indicam a circulação descendente da água pluviométrica, enquanto que as setas vermelhas indicam a circulação ascendente das águas aquecidas.



FIGURA 26. Um aspeto do campo geotermal de Námafjall Hverir.



FIGURA 27. Um aspeto do campo geotermal de Geysir. O geiser em máxima atividade (direita na imagem) é o Strokkur.

2.5. Túneis de lava

As grutas e os tubos de lava são também aspetos frequentes da paisagem vulcânica de muitos locais na Islândia. Estas estruturas singulares formam-se perto do ponto de erupção e podem estender-se por uma vasta área em redor, quando a superfície das escoadas de lava basáltica, em contacto com o ar muito frio, solidifica rapidamente, formando o teto de um canal de rocha sob o qual a lava continua a fluir (FIGURA 28). Este mecanismo permite que a lava alcance grandes distâncias, podendo desaguar no mar. O tubo vai esvaziando, à medida que o fluxo de lava diminui. Quando a erupção chega ao fim e o fornecimento de lava termina, ou quando a lava é desviada para outro caminho, a lava no interior dos tubos é drenada e deixa condutas parcial ou totalmente vazias sob a terra. São notáveis pela suas dimensões os túneis de lava do campo geotermal de Námafjall Hverir (FIGURA 29).

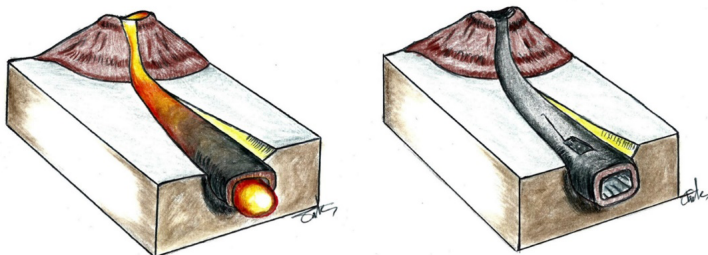


FIGURA 28. Esquema 3D (sem escala) da formação de um túnel de lava. A- a parte superior do fluxo de lava solidifica, em contacto com o ar, criando uma crosta, por baixo da qual o fluxo da lava incandescente se mantem; B- Quando o fluxo da lava é interrompido, forma-se uma cavidade rodeada por lava solidificada.



FIGURA 29. Túnel de lava na zona do Campo geotermal de Námafjall Hverir.

2.6. Pseudocrateras do lago Myvatn

Pseudocrateras são estruturas semelhantes a pequenas crateras vulcânicas mas que não possuem ligação com nenhuma conduta de magma. Formam-se quando uma escoada de lava incandescente entra em contacto com a água fria de um lago, lagoa ou pântano, causando uma explosão de vapor através da lava. Os gases explosivos fragmentam a superfície da lava de uma forma semelhante à de uma erupção freática. Os fragmentos de rocha lançados para o ar vão formar, ao caírem, uma cratera com o aspeto muito semelhante ao de uma verdadeira cratera vulcânica (FIGURA 30).

O lago Myvatn fica localizado no setor centro-norte da Islândia, numa área vulcânica, a cerca de 10 km a SW do sistema vulcânico de Krafla. Com cerca de 35 km² e uma profundidade média de 4,2 m, é o quarto maior lago da Islândia. A extremidade sul deste lago está pontuada de pseudocrateras que se elevam cerca de 2 a 5 metros acima da superfície da água. Estas estruturas formaram-se há cerca de 2300 anos quando uma escoada de lava incandescente entrou em contacto com a água fria do lago e foi fragmentada e pulverizada por fortes explosões de vapor (FIGURA 31).

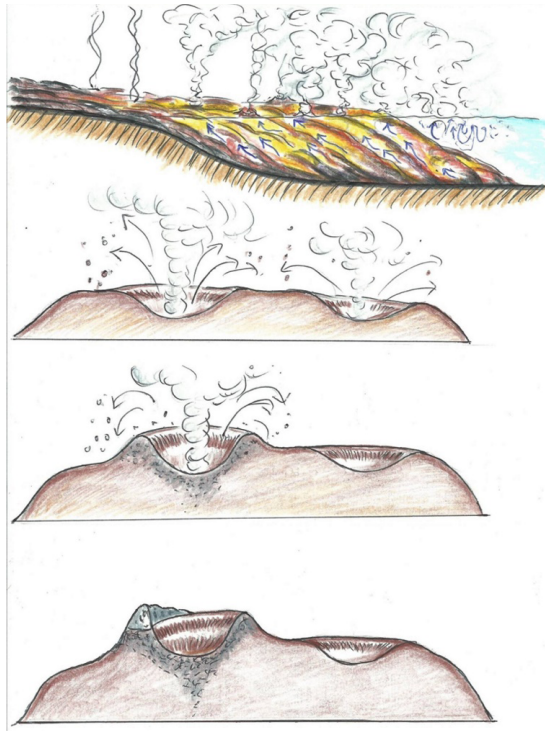


FIGURA 30. Esquema (sem escala) da formação de pseudocrateras.



FIGURA 31. Aspeto do Lago Myvatn e das suas pseudocrateras.

2.7. Escarpas basálticas

Os grandes planaltos basálticos islandeses são rematados por imponentes escarpas alcantiladas com várias centenas de metros de altura, flanqueando os bordos de vales glaciários (FIGURA 32). A origem destas escarpas poderá ser explicada admitindo que as erupções vulcânicas que lhes deram origem foram contemporâneas da glaciação e que as escoadas de lava, ao fluírem a partir da zona da erupção em direção ao vale, terão sido travadas pelos glaciares (FIGURA 33).

36



FIGURA 32. Escarpa basáltica nas proximidades do cone do vulcão Grábrok (região de Vesturland, Islândia ocidental).

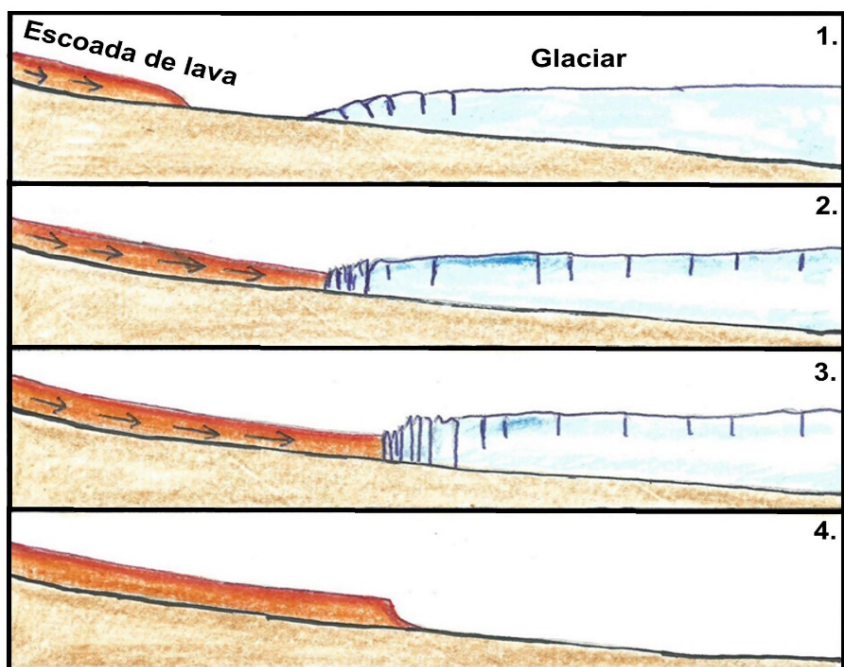


FIGURA 33. Esquema (sem escala) da formação de uma escarpa basáltica. De cima para baixo: 1- uma escoada de lava flui encosta a baixo, em direção a um vale coberto por um glaciar; 2- a escoada é abruptamente travada quando encontra o glaciar e solidifica na zona de contacto; 3- a lava solidificada serve de barreira ao fluxo posterior; 4- quando o glaciar recua, a frente de basalto fica exposta no terreno como uma escarpa.

Parte III

**Paisagens controladas pelos
glaciares e pelo mar**

A Islândia é famosa não só pelos seus vulcões mas também pelos seus glaciares e pela sua sinuosa e escarpada linha de costa ^[3, 11, 12].

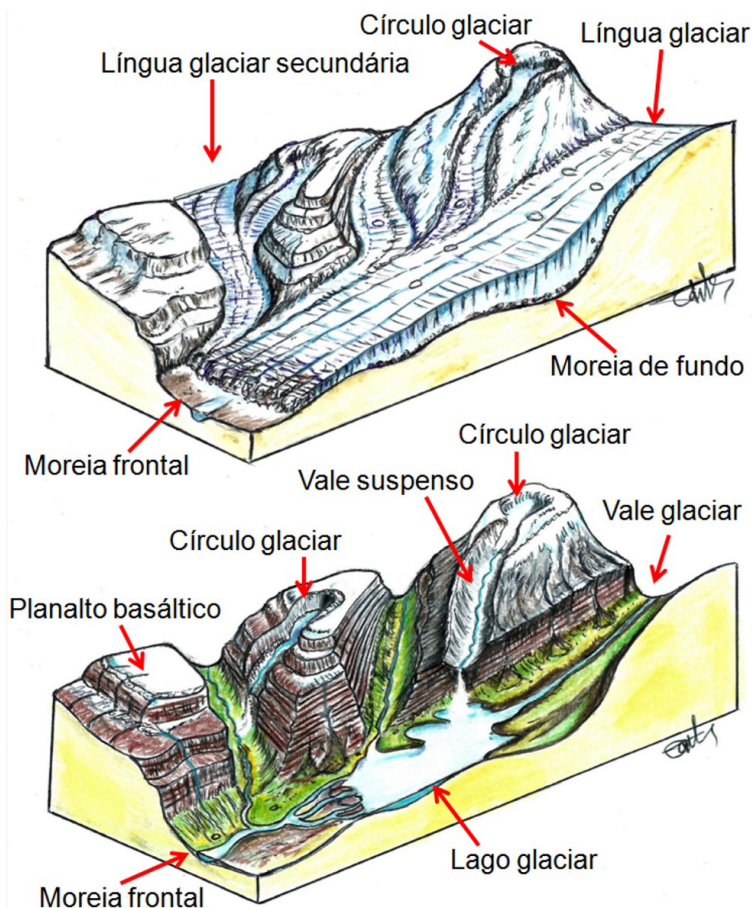
Atualmente os glaciares cobrem cerca de 10% da superfície islandesa e 60 % destas áreas geladas assentam sobre sistemas vulcânicos ativos. Esta combinação de gelo e vulcanismo torna a Islândia o local ideal para cheias repentinas (*jökulhlaups*) resultantes de água que escorre por baixo dos glaciares devido à fusão provocada pelas erupções subglaciares. Atualmente existem 4 grandes calotes glaciares, localizados nas regiões elevadas e vulcanicamente ativas do centro e sul da ilha, a partir das quais divergem numerosas línguas glaciares: Vatnajökull (8100 km²), situado no centro leste; Langjökull (925 km²), situado no centro oeste; Hofsjökull (925 km²), situado na zona central da ilha; Myrdalsjökull (600 km²), situado no sul da ilha. Apesar da Islândia ter cerca de 24 Ma, a sua paisagem só foi moldada por glaciares nos últimos 5 milhões de anos^[12]. Os seus glaciares, de tipo alpino (ou de montanha), avançaram e recuaram condicionados pelas variações regionais e locais do clima, de que resultaram espetaculares morfologias. Como já se referiu anteriormente, as variações da carga glacial sobre a litosfera, provocadas pelas fases de gelo e degelo, terão desempenhado papel importante na atividade vulcânica da ilha.

Com um comprimento de cerca de 4970 km, a linha de costa da Islândia é, de um modo geral, muito recortada e escarpada, marcada por promontórios, cabos, penínsulas, fiordes, e enseadas, pontilhada de leixões, por entre os quais se aninham praias de areia negra, de contornos suaves ^[3, 11, 12]. A ação do mar sobre as inúmeras escoadas de lava que fluíram até à costa, ao longo da evolução geológica da ilha e ali solidificaram, sobre os aparelhos vulcânicos implantados na zona litoral e sobre os vales deixados pelo recuo dos glaciares, criou paisagens de uma beleza surreal.

3.1. Vales glaciares e fiordes

Vales glaciares, vales suspensos, lagos glaciares e cascatas, círculos glaciares, moreias e fiordes são formas características das paisagens islandesas, criadas pelos seus glaciares alpinos. Os vales glaciares, com o seu característico perfil em "U", são a forma mais comum de paisagem originada pela erosão glacial (FIGURA 34). No interior destes vales, os rios concentram o seu poder erosivo na zona mais baixa, originando um perfil característico em "V". O poder erosivo dos glaciares é muito superior ao dos rios porque a sua energia potencial resulta não só do declive do terreno mas também do peso do gelo. A erosão faz-se, essencialmente, ao longo das zonas laterais do canal, criando um vale com vertentes alcantiladas e fundo aplanado. Vales suspensos são vales escavados por glaciares tributários. Como estes glaciares levam menos gelo, o seu poder erosivo é menor que o do glaciar principal, ficando suspenso nas vertentes do glaciar principal, quando o gelo recua. Constituem exemplos notáveis, pela sua beleza e dimensão, os vales glaciares de Borgarvirki

(FIGURA 35) e de Akureyri (ou Eyjafjörður; FIGURA 36), no noroeste da ilha. Este último vai desembocar num fiorde que é mais longo da Islândia.



42

FIGURA 34. Esquema 3D (sem escala) da evolução de uma paisagem glaciár, com formação de vales glaciares, vales glaciares suspensos, círculos glaciares lagos glaciares e cascatas.

Se as condições forem favoráveis, os glaciares podem erodir abaixo do nível do mar. Quando o glaciár recua, o oceano invade estas depressões, criando um fiorde (FIGURA 37). Alguns dos fiordes islandeses, como o de Akureyri (FIGURAS 9 e 36) e o de Nordfjord (nordeste da ilha; FIGURA 38), possuem centenas de metros abaixo do nível do mar. O fiorde de Nordfjord abrange parcialmente uma antiga caldeira vulcânica. Nas falésias do seu flanco oriental (falésias de Raudubjörg), afloram riólitos, conferindo às arribas uma característica cor avermelhada).



FIGURA 35. Aspeto do vale glaciário de Borgarvirki, observado a partir da fortaleza de Borgarvirki.



FIGURA 36. Aspeto do vale glacial e do fiorde de Akureyri (ou Eyjafjörður), o mais longo da Islândia.

Como se referiu anteriormente (Parte I), a orientação da maioria dos vales glaciares e fiordes segue de perto a orientação dos principais lineamentos tectónicos.

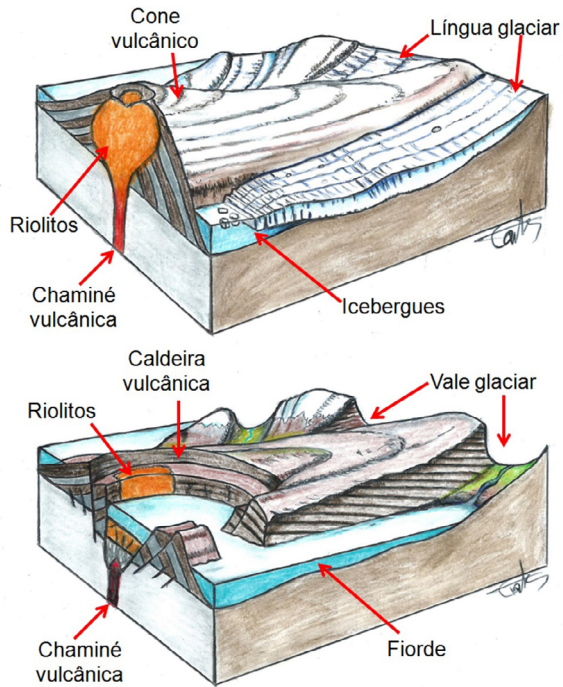


FIGURA 37. Esquema 3D (sem escala) da evolução de uma paisagem glaciär costeira e de um cone vulcânico. Com o recuo dos elos e o abatimento do cone, formam-se um fiorde e uma caldeira vulcânica inundada pelo mar, no interior da qual se encontra uma falésia com riólitos.



FIGURA 38. Riólitos das falésias de Raudubjörg - Fiorde de Norafjord, costa nordeste.

3.2. Moreias

Em termos de aspectos deposicionais relacionados com glaciares, as moreias são, de longe, os mais abundantes. São acumulações de fragmentos rochosos transportados pelos glaciares quer na região frontal (*moreia frontal*), lateral (*moreia lateral*), a meio (*moreia mediana*) e no fundo (*moreia de fundo*) (FIGURA 39).

Durante o último máximo glacial (há cerca de 20000 anos), a Islândia estava quase toda coberta por glaciares, que se estendiam até à costa, e para além dela. Foram encontradas moreias frontais dessa época, a cerca de 130 km a *offshore* da costa ocidental e a cerca de 150-230 m abaixo do nível de mar atual ^[1,12].

É possível encontrar nos vales glaciares islandeses quer moreias antigas, resultantes da última glaciação, quer moreias recentes e atuais. Estas últimas estão relacionadas com as 4 grandes calotes glaciares existentes, como é o caso das moreias do glaciar Vatnajökull, que se podem observar em pleno no sector sudeste da ilha (FIGURAS 40 e 41).

45

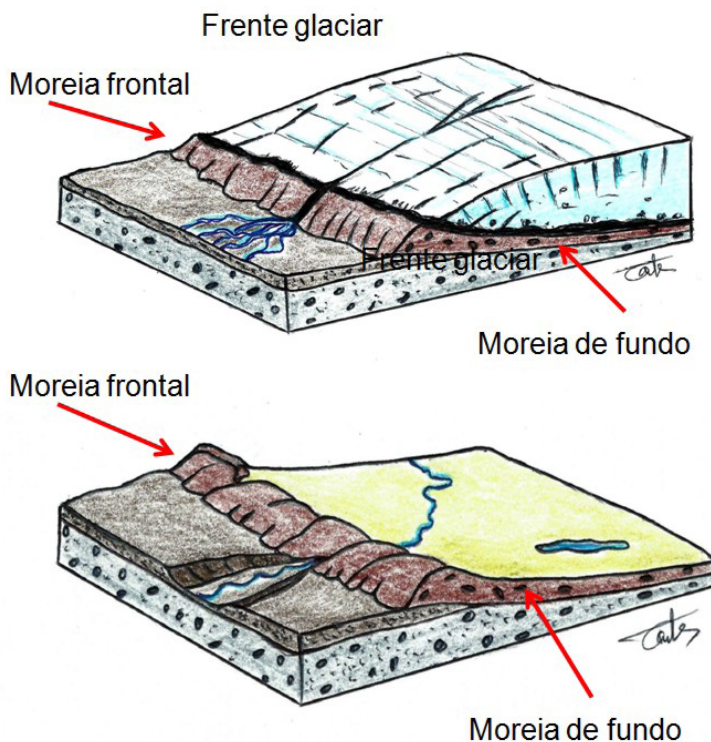


FIGURA 39. Esquema 3D (sem escala) da formação de moreias frontais e de fundo. As moreias são acumulações de sedimentos transportados pelos glaciares.



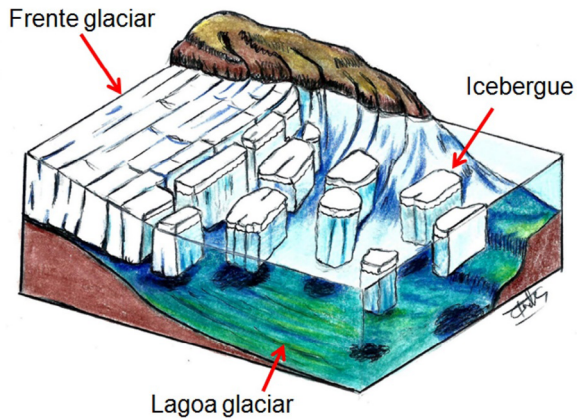
FIGURA 40. Aspectos da moreia frontal do glaciar Vatnajökull, nas proximidades da lagoa glacial de Jökulsárlón.



FIGURA 41. Moreias do glaciar Gígjökull, uma das línguas glaciares da calote Vatnajökull.

3.3. Lagoas glaciares e icebergues

Outra das paisagens magníficas moldadas pelos glaciares são as lagoas glaciares. Estas lagoas formam-se na extremidade dos glaciares que descem das calotes glaciares. São alimentadas pelo degelo natural dos glaciares e nela flutuam pequenos e grandes icebergues que se separam da frente do glaciar (FIGURA 42).



47

FIGURA 42. Esquema 3D (sem escala) da formação de icebergues numa lagoa glacial.

O exemplo mais notável deste tipo de lagoas na Islândia, é a lagoa de Jökulsárlón, considerada uma das maravilhas naturais do país. Fica situada no sudeste da ilha, na extremidade do glaciar Breiðamerkurjökull, uma das língua glaciares da calote de Vatnajökull (FIGURAS 43 e 44).



FIGURA 43. Icebergues na lagoa glacial de Jökulsárlón. Ao fundo vê-se a frente do glaciar Breiðamerkurjökull. As faixas negras nos icebergues são níveis de cinza vulcânica.



FIGURA 44. Os magníficos icebergues azuis da lagoa glaciár de Jökulsárlón.

A lagoa de Jökulsárlón é o ponto mais baixo da Islândia, com zonas à cota de -200 m. Na baía da lagoa tem-se acesso a uma paisagem de outro mundo, com icebergues de dimensões variadas que flutuam até ao mar, ficando alguns deles encalhados na margem de uma praia de areia vulcânica. Alguns icebergues exibem faixas negras correspondentes a níveis de cinzas vulcânicas provenientes de antigas erupções (FIGURA 43). Outros exibem duas tonalidades: branco leitoso e azul claro (FIGURA 44). A faixa azul corresponde à porção do icebergue que se tornou recentemente emersa.

A lagoa terá sido formada em 1934-35 pelo continuo recuo do glaciár Vatnajökull, e terá duplicado de tamanho nos últimos 15 anos. Dada a taxa atual de recuo do glaciár Vatnajökull, um profundo fiorde irá desenvolver-se no local onde hoje existe a lagoa.

3.4. As costas escarpadas

As costas escarpadas e recortadas, são, sem dúvida, as mais dominantes. Ocorrem deste o oeste ao leste da ilha, passando pela região norte, incisas por numerosos fiordes e pequenas enseadas e salpicadas por leixões (FIGURAS 36, 38 e 45). É notável pela sua forma de dragão e pelas lendas que o envolvem, o leixão de Hvitserkur, situado na costa leste da Península de Vatnsnes, no noroeste da Islândia (FIGURA 46).

Os fiordes mais profundos localizam-se na costa norte, constituindo bons portos naturais. Um destaque especial vai para o fiorde ao longo do qual se estende a cidade de Akureyri (fiorde de Akureyri ou Eyjafjörður), considerado o mais longo do país (FIGURAS 9 e 36).

3.5. Praias de areia Negra

As praias de areia negra, em geral de reduzida extensão, podem ser constituídas por: i) depósitos resultantes da abrasão das arribas (FIGURA 45); ii) moreias e depósitos fluviais resultantes dos rios glaciares, com contornos suaves e lagoas glaciares protegidas por extensas barras arenosas; iii) depósitos de tefra provenientes de erupções freáticas.

As do primeiro tipo ocorrem um pouco por toda a linha de costa, como resultado da ação do mar sobre as arribas. As do segundo tipo ocorrem predominantemente entre Djúpivogur, a sudeste, e Ölfusá, a sudoeste, com destaque para a praia de Reynisfjara (FIGURA 47) na costa sul. As da terceira categoria podem ser observadas na ilha de Heimaey, arquipélago de Vestmannaeyja, região sul da Islândia (FIGURA 48).

49

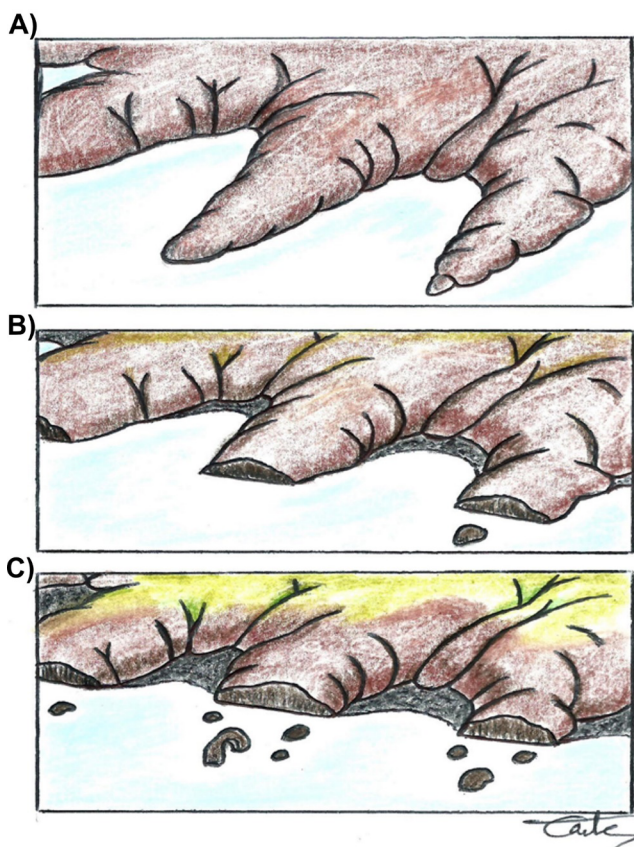


FIGURA 45. Esquema 3D (sem escala) da evolução da faixa costeira, com o recuo das arribas de natureza vulcânica, após a solidificação das escoadas de lava (A-C) e a formação dos leixões, testemunhos da antiga posição das arribas, e das praias de areia negra (basáltica) (B-C).



FIGURA 46. Leixão Hvítserkur, situado na costa leste da Península de Vatnsnes, noroeste da Islândia.



FIGURA 47. Leixões e areia vulcânica (negra) – praia de Reynisfjara, costa sul da Islândia.



FIGURA 48. Praia de blocos basálticos e depósitos de tefra – Ilha de Heimaey, arquipélago de Vestmannaeyja.

NOTAS FINAIS

Pela sua posição geográfica e pelo seu contexto geotectónico, a Islândia é um verdadeiro laboratório natural para observação e estudo de uma grande variedade de processos geológicos e climáticos, cuja interação se reflete na formação de ambientes diversificados e invulgares e paisagens surrealistas. Por esse motivo, esta ilha do Atlântico Norte é um destino de elevada atração para uma grande variedade de geocientistas. Também por esse motivo, tem sido, nos últimos 15 anos, destino de eleição para o turismo em massa, cada vez mais voltado para o contacto com a natureza, as atividades ao ar livre e as questões ambientais. A grande maioria dos circuitos turísticos clássicos percorre locais classificados como geomonumentos, onde há uma série de regras a cumprir e onde a recolha de amostras, mesmo as que se encontram espalhadas pelo solo, é expressamente proibida. Envoltos em mitos e lendas, muitos destes locais são, também, santuários de vida selvagem, nomeadamente de aves como os gansos, os cisnes e os papagaios do mar. Embora tenha contribuído para o crescimento económico do país, a crescente pressão turística começará, a breve trecho, a refletir-se nas condições logísticas e nas infraestruturas, que não abundam, e no frágil equilíbrio dos próprios ambientes naturais.

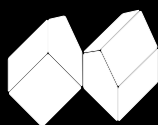
O presente trabalho resultou de duas visitas do autor, em Agosto de 2015 e Agosto de 2016, como formador da Ação de Formação para professores dos Ensinos Básico e Secundário **“A relevância da Bio e Geodiversidade dos ecossistemas árticos e subárticos da Islândia”**, promovida pela Associação Portuguesa de Professores de Biologia e Geologia (APBPG).

REFERÊNCIAS

- ¹ BJÖRNSSON, H. *Surface and bedrock topography of ice caps in Iceland, mapped by radio echosounding. Annals of Glaciology*, 8, 11-18, 1985.
- ² EINARSSON, P., *Earthquakes and present day tectonism in Iceland. Tectonophysics*, 189, 261-279, 1991.
- ³ EINARSSON, P., *The geology of Iceland: Rocks and landscape*, Douglas, G. (tradutor), Mál og menning, Reykjavík, 1994.
- ⁴ FRIDLEIFSSON, G.O. et al., *Geothermal conditions in the Krafla caldera with focus on well KG-26. A review in relation to the Iceland Deep Drilling Project. ÍSOR Iceland Geosurvey. IDDP report*, 2006.
- ⁵ GRANT, J. V. e KATTENHORN, S. A., *Evolution of vertical faults at an extensional plate boundary, southwest Iceland. Journal of Structural Geology*, 26, 537-557, 2004.
- ⁶ GOEHRING, L. e MORRIS, S.W., *The scaling of columnar joints in basalt. Journal of Geophysical Research*, 113, B10203-B10219, 2008.
- ⁷ HANNESDÓTTIR, H. et al., *National Park: Geology and Geodynamics*. Sigillum Universitatis Islandiae, Reykjavík, 2013.
- ⁸ RYAN, M.P., e SAMMIS, C.G., *Cyclic fracture mechanisms in cooling basalt. Geol. Soc. Am. Bull.*, 89, 1295-1308, 1978.
- ⁹ SONNETTE, L. et al., *Faulting and fissuring in active oceanic rift: Surface expression, distribution and tectonic-volcanic interaction in the Thingvellir Fissure Swarm, Iceland. Journal of Structural Geology*, 32, 407-422, 2010.
- ¹⁰ SÆMUNDSSON, K., *Geology of the Thingvallavatn area, OIKOS*, 64: 40-68, 1992.
- ¹¹ THORDURSON, T. e HOSKULDSSON, A., *Iceland. Classic Geology in Europe*. 3. Terra Publishing. Reykjavík, 2002.
- ¹² ZAKHAROVA, N. *Iceland field guide. Arthur D. Storke Memorial Expedition*. In: Jason Jweda and Margaret Reitz, eds. Department of Earth and Environmental Sciences, Columbia University, 2010.



Nasceu na cidade de Nampula, Moçambique, a 15 de Dezembro de 1966. Vive na cidade da Figueira da Foz, é casado e pai de três filhos. É licenciado em Geologia pela Universidade de Coimbra (1989), Mestre em Ciências Geofísicas pela Universidade de Lisboa (1993) e Doutoramento em Engenharia Geológica, na especialidade de Geofísica Aplicada, pela Universidade de Coimbra (2002). É docente no Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra (DCT) e coordenador do Grupo das Dinâmicas Terrestres do Centro de Investigação da Terra e do Espaço da Universidade de Coimbra (CITEUC). As suas principais áreas de investigação incluem a Tectonofísica, a Estratigrafia Sísmica, a Tectónica Salífera, os Riscos Geológicos e a História das Geociências. Possui diversos trabalhos publicados em revistas indexadas, atas de reuniões científicas e livros. Tem coorientado diversas teses de mestrado e doutoramento. Tem participado em diversos projetos de investigação envolvendo equipas portuguesas, espanholas, francesas, brasileiras e argentinas. Para além da sua atividade académica, é artista plástico, destacando-se no desenho e na pintura de retratos. É também ator de teatro amador.



**CASA DAS
CIÊNCIAS**

EDULOG · FUNDAÇÃO BELMIRO DE AZEVEDO