

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



**PALEOBOTÂNICA DA ILHA DA MADEIRA:
INVENTÁRIO E REVISÃO DA MACROFLORA
FÓSSIL DE SÃO JORGE E PORTO DA CRUZ**

CARLOS ALBERTO GÓIS MARQUES

DISSERTAÇÃO
MESTRADO EM GEOLOGIA
(ESTRATIGRAFIA, SEDIMENTOLOGIA E PALEONTOLOGIA)

2013

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



PALEOBOTÂNICA DA ILHA DA MADEIRA: INVENTÁRIO
E REVISÃO DA MACROFLORA FÓSSIL DE SÃO JORGE E
PORTO DA CRUZ

CARLOS ALBERTO GÓIS MARQUES

DISSERTAÇÃO ORIENTADA PELO PROF. DOUTOR JOSÉ EDUARDO DE OLIVEIRA
MADEIRA E PELO PROF. DOUTOR MIGUEL PINTO DA SILVA MENEZES DE SEQUEIRA

DISSERTAÇÃO
MESTRADO EM GEOLOGIA
(ESTRATIGRAFIA, SEDIMENTOLOGIA E PALEONTOLOGIA)

2013

“On a small island, the race for life will have been less severe, and there will have been less modification and less extermination. Hence, perhaps, it comes that the flora of Madeira, according to Oswald Heer resembles the extinct tertiary flora of Europe.”

(Darwin, 1859, On the Origin of Species, pg. 107)

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABELAS	XII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XII
ÍNDICE DE ANEXOS	XIII
RESUMO	XIV
SUMMARY	XV
AGRADECIMENTOS	XVI
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CASO DE ESTUDO	1
1.2. OBJECTIVOS	4
1.3. BREVE INTRODUÇÃO À PALEOBOTÂNICA	4
1.3.1. Definição de Paleobotânica	4
1.3.2. Processos tafonómicos em ambientes vulcânicos	5
1.3.3. Tipos de fossilização e nomenclatura associada	5
1.3.4. O estudo de macrofósseis foliares	9
1.3.5. A origem da flora da ilha da Madeira	10
1.4. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO DAS DESCOBERTAS E DESCRIÇÕES CIENTÍFICAS	12
1.4.1. Primeiras descobertas no séc. XIX (1823-1882)	13
1.4.1.1. Primeira metade do séc. XIX: 1823-1854	13
1.4.1.2. Segunda metade do séc. XIX: 1854-1882	16
1.4.2. Revisitação ou citação durante o período finais do séc. XIX - finais do séc. XX (1882-1999)	28
1.4.3. Retoma dos antigos trabalhos no séc. XXI (1999-actualidade)	32
2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO	35
2.1. ENQUADRAMENTO GERAL DA ILHA DA MADEIRA	35
2.2. ENQUADRAMENTO GERAL DAS JAZIDAS EM ESTUDO	38
2.2.1. Jazida de S. Jorge (Freguesia da Ilha, Santana)	38
2.2.2. Jazida de Porto da Cruz (Concelho de Machico)	38
3. METODOLOGIA	41
3.1. ABORDAGEM METODOLÓGICA	41
3.1.1. Relocalização das colecções	41
3.1.2. Métodos de campo e laboratorial	41
3.1.3. Métodos de análise florística	43
4. RESULTADOS	47
4.1. JAZIDA DE SÃO JORGE (FREGUESIA DA ILHA, SANTANA)	47
4.1.1. Geologia local	47
4.1.1.1. Inferência da localização da Jazida de S. Jorge	47
4.1.1.2. Estratigrafia e sedimentologia	52
4.1.2. Colecções existentes	53
4.1.2.1. Colecção de Sir Charles Lyell	53
4.1.2.2. Colecção de Oswald Heer	56
4.1.2.4. Colecção Museu de História Natural do Seminário do Funchal	58
4.1.3. Macroflora fóssil de S. Jorge	58
4.1.4. Análise florística: revisão dos morfótipos	62
4.1.4.1. Fetos	65
4.1.4.2. Dicotiledóneas	76
a) Folhas de dicotiledóneas, simples e inteiras	76
b) Folhas de dicotiledóneas, simples e recortadas	81
c) Folhas de dicotiledóneas, compostas? e inteiras	84
d) Folhas de dicotiledóneas, compostas e recortadas	86

4.1.4.3. Monocotiledóneas	90
4.1.4.4. Morfótipos inválidos e desaparecidos	91
a) Fetos inválidos	91
b) Fetos desaparecidos.....	91
c) Dicotiledóneas inválidas.....	92
d) Dicotiledóneas desaparecidas.....	95
4.2. JAZIDA DE PORTO DA CRUZ (CONCELHO DE MACHICO)	96
4.2.1. Geologia local	96
4.2.1.1. Estratigrafia e sedimentologia	96
4.2.1.2. Potencial fossilífero da jazida de Porto da Cruz.....	99
4.2.2. Coleções existentes	101
4.2.2.1. Coleção de George Hartung	102
4.2.2.2. Coleção George Walter Grabham.....	102
4.2.2.3. Coleção John Starkie Gardner	102
4.2.2.4. Coleção do Museu de História Natural do Seminário do Funchal.....	103
4.2.2.5. Coleção da Universidade da Madeira.....	103
4.2.3. Macroflora fóssil de Porto da Cruz	103
4.2.4. Análise florística: descrição e revisão dos morfótipos	105
4.2.4.1. Equissetáceas.....	105
4.2.4.2. Dicotiledóneas.....	107
a) Folhas de dicotiledóneas, compostas e recortadas.....	107
b) Folha de dicotiledónea com organização foliar desconhecida e recortada	109
4.2.4.3. Monocotiledóneas	110
4.2.5. Outras localidades com registo de macrofósseis de plantas	111
4.2.5.1. Jazida em Câmara de Lobos	111
4.2.5.2. Lenhite no Porto Moniz.....	111
4.2.5.3. Dunas da Piedade: Rizoconcreções	112
4.2.5.4. Rizólitos do Funchal.....	112
4.2.5.5. Depósito de lenhite no Paul da Serra.....	113
5. DISCUSSÃO	115
5.1. JAZIDA DE S. JORGE.....	115
5.2. JAZIDA DE PORTO DA CRUZ.....	117
5.3. PALEOECOLOGIA DA FLORA FÓSSIL DE S. JORGE E PORTO DA CRUZ	119
5.4. IMPLICAÇÕES BIOGEOGRÁFICAS.....	120
6. CONCLUSÕES	125
7. PERSPECTIVAS FUTURAS	127
8. BIBLIOGRAFIA	129
9. ANEXOS	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Frontispícios dos três principais artigos sobre a flora fóssil da ilha da Madeira: esquerda: Heer (1857); centro: Bunbury (1859); direita: Hartung (1864).....	1
Figura 2. Diagrama dos processos de fossilização de restos vegetais, modificado de Bateman (1991) em Cleal e Thomas (2001)	6
Figura 3. Exemplos de uma compressão e de uma impressão: a) compressão de dicotiledónea da jazida de S. Jorge, onde é visível a camada carbonácea causada pela incarbonização dos restos orgânicos (espécime SMC); b) Impressão de folha de dicotiledónea da jazida de Porto da Cruz (espécime UMA).....	6
Figura 4. Exemplos de fósseis vegetais da ilha da Madeira: a) permineralização de madeira de conífera. Coleção do NHM-UK; b) macroresto carbonizado em tufo vulcânico em Machico, recolhido pelo autor da presente dissertação.	7
Figura 5. Exemplos de fósseis vegetais da ilha da Madeira (continuação): a) restos inalterados colhidos durante a escavação, em 2009, do túnel Ponta Delgada - Santana, cedidos por David Henriques; b) Rizólitos das dunas da Piedade: 1) rizoconcreção; 2) contramolde.....	8
Figura 6. Distribuição actual dos dois corredores ecológicos formando as duas “Geofloras” durante o Paleogénico. Retirado de Barrón (2003)	11
Figura 7. Esquerda: As duas ilustrações de rizoconcreções das dunas da Piedade, assinaladas com pontos vermelhos. À direita gravura de Thomas Edward Bowdich (Bowdich, 1825).	14
Figura 8. Luiz da Silva Mouzinho de Albuquerque. Retirado de Araújo (1866)	14
Figura 9. Esquerda: Sir Charles Lyell em 1853. Desenho a giz por George Richmond (retirado de Wilson 1998). Direita: Charles Bunbury (retirado de Lyell, 1906).	17
Figura 10. Secção do manuscrito de Lyell (Lyell e Hartung 1856), com a menção da descoberta da jazida de folhas fósseis de S. Jorge. Digitalizado para o “ <i>Humboldt Project</i> ” pela “Edinburgh University Library”. Transcrição do texto: “ <i>The organic remains next in age are there of the leaf-bed of S. Jorge which we were so fortunate as to detect in January 18 1854 under a thickening of more than 1100 feet of superincumbent lava in the north of the island. The leaves so far as they have been determined by Mr. Charles Bunbury and prof. Heer of Zurich belong to ferns and trees now which habits the island with some admixture of forms apparently no longer found in Madeira...</i> ”	19
Figura 11. Professor Oswald Heer (fonte: The Royal Liabrary - National Library of Denmark and Copenhagen University: http://www.kb.dk/images/billed/2010/okt/billeder/object147703/da/#). Data da foto desconhecida.	20
Figuras 12A e B. Estampas I e II com as ilustrações dos morfótipos estudados por Heer, publicados em 1857.....	23
Figura 13. Georg Hartung (esquerda) e o Sr. Majoreno (direita) em trabalho de campo em Fuerteventura. Esta figura é um pormenor de um desenho efectuado pelo próprio Hartung (retirado de Hartung, 1857). 24	
Figura 14. Espécimes paleobotânicos ilustrados por Hartung (Hartung e Mayer 1864).	27
Figura 15. Páginas 234 e 235 do artigo publicado por Teixeira em 1948. Canto superior esquerdo: foto da ribeira Grande de São Jorge, o local da antiga jazida; Página direita: reprodução das estampas de Heer (1857).	30
Figura 16. Exemplos de macrofósseis foliares colhidos na ilha de Grã Canária por Anderson <i>et al.</i> 2009.	33
Figura 17. Localização geográfica da ilha da Madeira (direita); Ilha da Madeira com a localização dos locais estudados: A) Porto da Cruz (concelho de Machico); B) Ilha (concelho de Santana). Imagem da esquerda obtida no <i>GoogleEarth</i>	35
Figura 18. Página anterior: Enquadramento geológico e estratigráfico das duas jazidas em estudo: a) Coluna litoestratigráfica sintética; b) Enquadramento da jazida do Porto da Cruz; c) Possíveis enquadramentos para a jazida de São Jorge: 1) primeiro local prospectado segundo a descrição de Heer (1857); 2) Segundo local mais a montante segundo os mapas de Ziegler (1856) e Hartung e Mayer (1864). Nesta página: legenda. Extracto da Carta Geológica da Ilha da Madeira folha B (Brum da Silveira <i>et al.</i> , 2010b).....	37

Figura 19. Localização e aspecto geral do afloramento do Porto da Cruz: a) Promontório do Porto da Cruz com a localização (seta) onde foi efectuado o log estratigráfico (imagem Google Earth); b) Aspecto da face Este do afloramento do promontório do Porto da Cruz: 1) Escoda mugearítica; 2) Sequência sedimentar; 3) Escoda basáltica.	39
Figura 20. Esquema da mesa improvisada para o método de fotografia por transluminescência das folhas. Legenda: 1. Máquina fotográfica; 2. Escala; 3. Placa de difusão de luz; 4. Folha viva; 5. <i>Flashes</i> . As setas amarelas indicam o sentido da luz	42
Figura 21. Extracto de Lyell (1855), com o corte geológico da ilha da Madeira mostrando no ponto “q” (seta vermelha a assinalar o ponto) a lenhite e a jazida de folhas.	47
Figura 22. Localização da jazida de São Jorge: a) Mapa de J.M Ziegler na escala de 1/100 000 (1856); b) extracto do mesmo mapa com a localização da ribeira do Meio e o apontamento da existência de lignite. 1) Ribeira do Meio, 2) “lignite” 3) Povoação da Ilha; 4) Localização provável da jazida, segundo as descrições por Heer (1857) e Hartung (1864).	48
Figura 23. Localização da jazida de S. Jorge segundo Hartung e Mayer (1864): a) Mapa dos cortes geológicos apresentados no seu livro; b) Localização do corte S-N, SSO-NNE (l-m na carta).	49
Figura 24. Extracto do corte geológico SSO-NNE, de Hartung e Mayer (1864), apresentado na figura anterior. De notar que o depósito sedimentar de S. Jorge encontra-se assinalado com a presença de lenhite (“Lignit” na figura).	50
Figura 25. Gravura do afloramento de S. Jorge por Georg Hartung, pulicada em Heer (1857). Tradução da legenda: “ <i>A lenhite e os restos de plantas na Ribeira do Meio, nas áreas ribeirinhas da Ribeira de S. Jorge</i> ”	50
Figura 26. Comparação e interpretação dos cursos de água assinalados na carta corográfica da ilha da Madeira (1936) com o mapa de Hartung e Mayer (1864), segundo a toponímia actual: 1) Ribeira do Marques ou dos Arcos; 2) Ribeira Grande ou de São Jorge; 3) Ribeiro Bonito; 4) Ribeira de Sebastião Vaz; 5) Ribeira da Furna? 6) Ribeira Funda.	51
Figura 27. Colunas litológicas sintéticas do afloramento de S. Jorge inferida das publicações feitas sobre o local: a) Pormenor da figura 17, onde se vêem no desenho de Hartung os diferentes estratos; b) Coluna segundo a descrição de Heer (1857) e Hartung e Mayer (1864); c) Coluna segundo a descrição de Starkie Gardner (1882).	53
Figura 28. Colecção Sir Charles Lyell: a) Gaveta (Foreing terciary 43I.19 Madeira, grande parte dela ocupada com a colecção de Lyell; b) Etiquetas encontradas nos espécimes do NHM: Etiqueta manuscrita por Bunbury onde se pode ler “ <i>Corylus australis</i> ”; Ponto vermelho: Número GSLM; Ponto amarelo: Número NHM.	55
Figura 29. Detalhe do catálogo manuscrito por Bunbury, onde são mencionados os fósseis de <i>L. canariensis</i> . De notar o números dos espécimes sublinhados, referentes à sua presença na colecção durante o inventário de 1957.	55
Figura 30. Colecção Professor Oswald Heer: a) aspecto geral da gaveta; b) Aspecto de dois espécimes de “ <i>Ilex Hartungi</i> ” e das respectivas etiquetas.	57
Figura 31. <i>Osmunda regalis</i> , SJ01: a) Espécime 0000000002392a; b) Ilustração apresentada por Heer (1857; ver figura 12A, desenho nº13); c) Comparação com um folíolo de <i>Osmunda regalis</i> (Fonte: Espécime Ghana Herbarium (GC), GC000008920: http://plants.jstor.org/specimen/gc000008920?history=true)	65
Figura 32. <i>Pteridium aquilinum</i> , SJ02. Legenda: a) 0000000002402 pínulas mal preservadas; b) Ilustração do espécime anterior em Heer (1857), Taf.I, Fig. 7.	66
Figura 33. Mais exemplos de <i>P. aquilinum</i> , SJ02. Legenda a) V 19891 fragmento de pínula, mostrando a nervação dicotómica; b) 0000000002381, fragmento de pínula não ilustrado por Heer (1857).	67
Figura 34. Variação das pínulas de <i>P. aquilinum</i> . Legenda: a) Pormenor dos segmentos terminais basais das pínulas basais da fronde; b) Pínula da parte distal da fronde; c) Pínula da parte medial da fronde.	67
Figura 35. <i>Arachniodes sp.</i> SJ03. Legenda a) Espécime 0000000002383, ilustrado por Heer (1857), Taf. I, Fig 15; b) V 19899b; d) Pormenor de uma pínula do espécime de herbário “ <i>Aspidium frondosum</i> ” Lowe (fonte: <i>Muséum National d'Histoire Naturelle</i> (P), P00636309: http://plants.jstor.org/specimen/p00636309?history=true).	68

- Figura 36.** *Asplenium* sp. SJ04. Legenda: a) Espécime 000000002398; b) o mesmo espécime ilustrado por Heer (1857), Taf. I, Fig. 11 e 11b. 69
- Figura 37.** *Asplenium onopteris*. Legenda: Esquerda: pina fértil; Direita: pormenor de uma das pínulas, onde se observam os ápices dos lóbulos terminais agudos. 70
- Figura 38.** *Asplenium* sp. SJ05. Legenda: a) Espécime 000000002387; b) o mesmo espécime figurado por Heer (1857), Taf.I, Fig 14b. 71
- Figura 39.** Pormenor de uma pínula do espécime de herbário “*Asplenium obovatum* Viv. var. *typicum* (Luer.) Maire”. Fonte: <http://plants.jstor.org/specimen/rab018924>. 71
- Figura 40.** *Woodwardia radicans*, SJ06. Legenda: a) pormenor de uma pínula de *W. radicans*, mostrando a nervação anastomosada, e nervação aureolada ao longo da costa, nos quais são visíveis no interior os indúsios alongados; b) Espécime perdido na colecção de Heer, mas figurado no seu artigo de 1857, onde é visível um soro e a nervação anastomosada; c) Espécime V 19891. 72
- Figura 41.** *Davallia canariensis*, SJ08. Legenda: a) V 19890 e b) SMC01, respectivamente molde e contramolde, alojadas actualmente em instituições diferentes em Inglaterra; c) Pormenor do Espécime de herbário *Linnean Society of London Herbarium* (LINN), LINN-HS1635-12, mostrando uma pínula fértil, com os indúsios em forma de copo (fonte: <http://plants.jstor.org/specimen/linn-hs1635-12>)..... 73
- Figura 42.** *Asplenium* sp. SJ09. Legenda: a) Espécime V19895 representando um novo morfótipo na colecção Charles Lyell, não assinalado por Bunbury na sua análise à macroflora de S. Jorge em 1859. b) Pínulas férteis de *A. anceps*, mostrando semelhanças de inserção e a presença de lóbulos acroscópicos. 74
- Figura 43.** Comparação do morfótipo SJ09 com a espécie *Polystichum setiferum*. Legenda: a) Pínula de *P. setiferum*; b) Pormenor da pínula, mostrando os segmentos terminais, com nervação assimétrica e margem serrada (fonte: Museum Botanicum Hauniense, University of Copenhagen (C), C10002817: <http://plants.jstor.org/specimen/c10002817>); c) Espécime V 19901. 75
- Figura 44.** *Ocotea foetens* (Aiton) Baill., SJ10. Legenda: a) Espécime 000000002401a; b) Ilustração do mesmo espécime (Taf. II, fig. 9), retirado de Heer (1859); c) Espécime V 19906, classificado por Bunbury como *Laurus canariensis*, revisto aqui como *O. foetens*. 76
- Figura 45.** Comparação de folhas jovens das quatro espécies de lauráceas descritas para a ilha da Madeira. Da esquerda para a direita: *Ocotea foetens*; *Laurus novocanariensis*; *Apollonias barbujana*; *Persea indica*. 77
- Figura 46.** *Erica arborea*., SJ12, espécime V 19911. As setas indicam algumas folhas preservadas de *E. arborea* no bloco. São ainda visíveis pínulas de fetos não identificados. 78
- Figura 47.** Espécies de *Erica* mais comuns da ilha da Madeira: a) *Erica platycodon* subsp. *maderincola*; b) *E. arborea*; c) Ilustração de *Erica arborea* (Taf. II, fig. 17 E 17a) retirado de Heer (1859). 79
- Figura 48.** Folha de *M. communis*. Esquerda: Aspecto geral da folha, destacando a forma elíptica e a nervura secundária intramarginal; Direita: Pormenor da nervação primária peninérvea secundária, com a nervura secundária intramarginal, ligando-se a esta as nervuras secundárias. De notar a lâmina pontuada de pequenas glândulas 80
- Figura 49.** *Myrtus communis* L. SJ14. Legenda: a) Espécime 000000002400b; b) Ilustração por Heer (1857) do mesmo espécime (Taf. II, fig. 21); c) Espécime V 19909 assinalado como *Myrtus* por Bunbury, 80
- Figura 50.** *Vaccinium* sp., SJ 16. Legenda: a) Espécime SMC02; b) Espécime V 19910. *Ilex* sp., SJ23; c) Ilustração por Heer (1857) espécime “*I. Hartungi*” (Taf. II, fig. 23); d) Espécime 000000002393a atribuído a “*I. Hartungi*”; f) Espécime “*I. Hartungi*” V 19908. 82
- Figura 51.** Comparação de folhas de *Vaccinium* e *Ilex*. Legenda: a) folha adulta de *V. padifolium* onde é visível a arquitectura das nervuras secundárias semicraspedódromo adornado e o recorte marginal; b) Pormenor da mesma folha, onde é visível a nervação e os dentes na margem, onde se contam aproximadamente 9 dentes por cm de margem; c) pormenor da margem serrada de uma folha jovem de *I. perado* Aiton, endémico da ilha da Madeira; d) folha de *I. perado*. 83
- Figura 52.** Espécimes de *Phyllites* na colecção Charles Lyell. Legenda: a) Dicotyledoneae indet., SJ14 (*Phyllites hymenaeoides*), espécime V 19915; b) Dicotyledoneae indet., SJ15, espécime 19918, descrito como “23. *Phyllites*” c) Dicotyledoneae indet., SJ16, espécime V 19917, descrito como “22. *Phyllites*”. 84

- Figura 53.** *Dicotyledoneae indet.*, SJ25. Legenda: a) Ilustração por Heer (1857) dos espécimes assinalados a *Phyllites (Rhus?) Ziegleri* Heer (Taf. II). De notar a ilustração da nervação terciária intercostal reticulada regular; b) Espécime 000000002389, ilustrado ao lado na figura assinalada com o número 32..... 86
- Figura 54.** *Marcetella maderensis* (Bornm.) Svent. Legenda: a) folha composta imparipenatissecta; b) Pormenor dos folíolos mostrando uma nervação e recorte marginal semelhantes aos fósseis de “*P. Ziegleri*”..... 87
- Figura 55.** *Rubus sp.*, SJ26. Legenda: a) espécime 000000002386; b) Ilustração por Heer (1857) do espécime anterior (Taf. I, fig. 1); c) Espécime 000000002379b presente na colecção de Heer; d) Espécime V 19902, colecção Lyell. 88
- Figura 56.** Folha de *Rubus cf. bollei*. Esquerda: fotografia geral; direita: Pormenor do folíolo. 89
- Figura 57.** *Monotyledoneae indet.*, SJ20. Espécime V 19892. 90
- Figura 58.** “*Asplenium marinum*” revisto como Filicopsida *Incertae sedis*. Legenda: a) Espécime 000000002405; b) o mesmo espécime (direita) figurado em Heer (1857) e a sua comparação com uma ilustração de uma folha actual (Taf. I, fig. 16 e 17)..... 91
- Figura 59.** Esquerda “*Rhamnus latifolius*”: a) Espécime 000000002399; b) Ilustração por Heer (1857) do mesmo espécime (Taf. I, fig. 25). Direita: “*Vinca major*”: c) Espécime 000000002392b;d) Ilustração por Heer (1857) do mesmo espécime (Taf. II, fig. 20) 92
- Figura 60.** “*Clethra arborea*”.Legenda: a) espécime 000000002303; b) Ilustração por Heer (1857) do mesmo espécime (Taf. II, fig. 19); c) Folha jovem de *C. arborea*. 93
- Figura 61.** “*Phyllites lobulata*”, espécime V 19916..... 94
- Figura 62.** “*Myrica faya*” e a comparação com as folhas actuais. Legenda: a) Espécime 000000002380d, com a nervação quase ténue e de difícil interpretação; b) Ilustração por Heer (1857) do mesmo espécime (Taf. I, fig. 21); c) Folha adulta de *M. faya*; c) Folha jovem de *H. excelsa*..... 94
- Figura 63.** *Pitosporum sp.* Legenda: a) Espécime 000000002396; b) Ilustração por Heer (1857) do mesmo espécime (Taf. II, fig. 27); c) espécime V 19914..... 95
- Figura 64.** Comparação da folha actual de *S. canariensis* com a figura de Heer dada como *S. Lowei*, evidenciando muitas semelhanças morfológicas entre as duas folhas (figura da direita aumentada 2x). ... 95
- Figura 65.** Coluna litológica sintética da sequência sedimentar do promontório de Porto da Cruz. 96
- Figura 66.** Jazida do nível 2 situada no lado Este do promontório do Porto da Cruz. Fotos: a) Aspecto geral da jazida; b) Impressão parcial de folha de dicotiledónea, onde é visível a nervação peninérvea e possível nervação caspedódroma; c) Incarbonização parcial de uma folha de monocotiledónea, onde é visível a nervação paralela..... 100
- Figura 67.** Fósseis da jazida nº 3: Troncos fósseis no sector Oeste do promontório de Porto da Cruz. Fotos: tronco incarbonizado encontrado em blocos que se soltaram de níveis superiores; b) foto do tronco fóssil incarbonizado *in situ*. 101
- Figura 68.** Fósseis da jazida do nível 2 situada no lado Oeste do promontório do Porto da Cruz. Fotos: a) Fóssil com afinidades a *Equisetum sp.?*; b) Compressões parciais de folhas de monocotiledóneas. 101
- Figura 69.** Aspecto geral das duas colecções de Porto da Cruz: a) colecção John Starkie Gardner b) colecção G.W. Grabham..... 102
- Figura 70.** Espécime UMa01 “*Incertae sedis*”. Fragmento vegetal fazendo lembrar um estróbilo de *Equisetum*. 105
- Figura 71.** *Equisetum sp.*, PC01. Legenda: a) Espécime UMa12: Impressão de um ramo lateral, onde são visíveis os nós (assinalados pelas setas) formados pelos verticilos dos micrófilos; b) Pormenor do nó; c) Pormenor de ramos laterais de *E. telmateia* onde são visíveis os nós, com os microfilos em verticilos. . 106
- Figura 72.** *Rubus sp.*, PC02.Legenda: a) espécime UMa14; b) espécime SMC08 107
- Figura 73.** Prováveis espécimes de *Rubus sp.* Legenda: a) espécimes SMC09; b) Espécime UMa13; c) Espécime UMa11. 108
- Figura 74.** Espécime UMa09, com aparente nervação semicraspedódroma..... 109

Figura 75. <i>Carex sp.</i> PC04. Legenda: a) Espécime V 518a apresentando infrutescências carbonizadas; b) Espécime UMA07.	110
Figura 76. Pormenor do espécime UMa07, mostrando a nervação paralela.....	111
Figura 77. Etiqueta anexa aos carvões fósseis existentes no MADS (foto F. Cesaretii).	112
Figura 78. Exemplo da etiqueta e de espécime com impressão foliar presente na colecção do MADS indicando a presença de fósseis nesta localidade (foto F. Cesaretii).	112
Figura 79. Exemplos de macrofósseis foliares do arquipélago dos Açores. Legenda: a) <i>Ocotea foetens</i> ; b) <i>Laurus nobilis</i> ; c) <i>Phytollaca sp.</i> ; d) <i>Viburnum tinus var. subcordatum</i> ; f) <i>Hedera canariensis</i> ; Fósseis a), c) e d) colhidos na Ponta do Cintrão, São Miguel); Fóssil b) na Ponta da Espalamaca, Faial); Fóssil f) colhido em Angra do Heroísmo, Terceira. Fonte das imagens: GEOBASES- colecções do Museu Geológico: (LNEG: http://geoportal.lneg.pt/index.php?option=com_content&id=52&lg=pt).	121

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Lista de morfótipos identificados por Charles Bunbury no artigo de 1859, com a indicação da presença ou ausência dos mesmos na colecção actual.	54
Tabela 2. Lista de morfótipos identificados por Oswald Heer no artigo de 1857, com a indicação da presença ou ausência dos mesmos na colecção actual.....	56
Tabela 3. Lista de morfótipos identificados por Oswald Heer na carta a Bronn em 1861, muito provavelmente da colecção de Georg Hartung.	58
Tabela 4. Lista total dos espécimes existentes actualmente provenientes da jazida de S. Jorge. Legenda: H: Heer (1857); B: Bunbury (1859); *:espécimes com proveniência dúbia; ?: espécimes em que o descritor original duvida da sua validade; NA: Não figurado.	59
Tabela 5. Tabela 5. Resumo da análise florística da macroflora fóssil de S. Jorge. Legenda: Determinação original: nome retirado da publicação; Publicação: Artigo principal e página onde foi publicado o morfótipo originalmente; Afinidade: Dico: Dicotiledónea; Mono: Monocotiledónea; Material: F: Foliar; Organização: S: Folha simples; C: Folha composta; Margem: I: Inteira; R: Recortada; —: Não aplicável ao espécime; Pág.: página onde se encontra descrito o morfótipo na actual dissertação.	63
Tabela 6. Lista dos espécimes da macroflora de Porto da Cruz observados ou possivelmente encontrados em instituições estrangeiras. Legenda: SG: Starkie Gardner (1882); HM: Hartung e Mayer (1864); NP: não publicado; NA: Não aplicável/inexistente.	103
Tabela 7. Lista dos espécimes da colecção UMa estudados na presente análise florística.	104
Tabela 8. Tabela resumo com a listagem das espécies descritas para as ilhas dos Açores e comparação com a flora nativa da ilha da Madeira e macroflora de S. Jorge. Legenda: F.N: flora nativa da ilha da Madeira; Madeira: macroflora Madeira (S. Jorge e Porto da Cruz); x: presente; xg: apenas género presente; -: Ausente	122

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Percentagem da composição da flora de S. Jorge. Legenda: Esquerda: percentagem por afinidade taxonómica; direita: percentagem do recorte marginal das dicotiledóneas.....	62
---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Pedido de estudo das colecções do MADs, à guarda do JBM.....	139
Anexo 2. Resposta do JBM à proposta de estudo das colecções de fósseis à sua guarda.	140
Anexo 3. Segunda resposta a uma segunda tentativa de incluir o estudo desta colecção na presente dissertação.	140
Anexo 4. Histogramas da frequência relativa das amostras colhidas no afloramento do Porto da Cruz. .	140
Anexo 5. Gráficos das frequências relativas e das frequências acumuladas das amostras colhidas no afloramento do Porto da Cruz.....	140

Resumo

Passados mais de 150 anos de interregno das investigações paleobotânicas na ilha da Madeira, a presente dissertação tem por objectivo rever os aspectos históricos, localizar, inventariar e rever as macrofloras de S. Jorge (SJ) e de Porto da Cruz (PC). Historicamente, Lyell e Hartung, descobriram a 18 Janeiro de 1854 em SJ, uma jazida de folhas fósseis de lauráceas e fetos. Resultantes desta descoberta, foram publicados dois artigos, um por Heer (1857) e outro por Bunbury (1859). Os espécimes destas publicações estão alojados respectivamente no ETH-Z-DERDW, e no NHM-UK e SMC; uma terceira colecção colhida por Hartung está actualmente desaparecida. Em 1859, Johnson descobre a jazida de PC. Deste local três colecções são conhecidas: colecção de Hartung (1864), actualmente desaparecida; colecção de Starkie Gardner (1882), alojada no NHM-UK; colecção de Grabham, alojada no SMC, não publicada. Não foi possível identificar o afloramento da jazida de SJ, mas foi possível o seu enquadramento litoestratigráfico entre a Unidade de Penha d'Águia e Unidade de Curral das Freiras (CVM 3g) com idade com idade $\geq 1,8$ Ma. A jazida de PC foi identificada e enquadrada na Unidade do Funchal (CVS 2g), com idade entre 1,8 a 1,5 Ma. A realização de um *log* estratigráfico do local revelou 11 sequências sedimentares subdivididas em 23 estratos. A revisão florística dos macrofósseis de SJ revelou a presença de 19 morfótipos, contrastando com os 37 originalmente propostos, sendo que 14 são atribuíveis a géneros actuais. A composição florística fóssil de SJ poderá corresponder à actual associação florística da Laurissilva temperada do Til. Na macroflora de PC são reconhecidos quatro morfótipos, sendo um novo (*Equisetum sp.*) Esta macroflora pouco diversa poderá estar associada à colonização da superfície de sucessivos depósitos de inundação e à sua fossilização por eventos subsequentes no interior de uma bacia sedimentar.

Palavras-chave: Ilha da Madeira; Depósitos sedimentares; paleobotânica; colecções históricas; macrofósseis de folhas.

Summary

After more than 150 years of paleobotanical investigations interregnum in Madeira Island, this dissertation aims to revive and present the history, location, inventory and review of the S. Jorge (SJ) and Porto da Cruz (PC) macroflora. Historically, Lyell and Hartung discovered on January 18, 1854 in SJ, a leaf-bed full of laurels and fern fossils. The results of this discovery were published in two papers, one by Heer (1857) and another by Bunbury (1859). The specimens of these publications are currently housed in the ETH-Z-DERDW, and NHM-UK and SMC, respectively; a third collection gathered by Hartung is currently missing. In 1859, Johnson discovers the deposit of PC. From this site 3 collections are known: Hartung collection, published in 1864, now missing; Starkie Gardner collection, published in 1882, housed in the NHM-UK; Grabham collection, housed in the SMC, unpublished. It was not possible to identify the outcrop of the leaf-bed of SJ, but it was possible to establish its lithostratigraphic setting in the Penha d'Águia Unit and Curral das Freiras Unit (CVM 3g), set in the ≥ 1.8 Ma. The PC sediments were identified and stratigraphically set in the 1.8 to 1.5 Ma old Funchal Unit (CVS 2g). The stratigraphy is composed of 11 sedimentary sequences comprising 23 strata. The floristic review SJ macrofossils revealed the presence of 19 morphotypes, contrasting with the 37 originally proposed, and 14 are attributable to current genera. The floristic composition of SJ fossils may correspond to the current floristic association of Temperate Til Laurel forest. In PC macroflora, 4 morphotypes were recognized, and a new one recognized (*Equisetum sp.*). This species-poor macroflora may be associated to opportunistic colonizations of the surface of successive flood deposits and their cover by ensuing events inside the sedimentary basin.

Key-words: Madeira Island, Sedimentary deposits, Paleobotany, historical collections, leaf macrofossils.

Agradecimentos

A actual dissertação não seria concretizável se não fossem as inúmeras pessoas que nela colaboraram directa e indirectamente. Quero realçar que este trabalho só foi possível com a boa vontade e amor à ciência das pessoas com quem tenho vindo a trabalhar nestes últimos anos, e pela motivação que me deram, quando numa fase inicial, esta dissertação parecia estar condenada ao fracasso. Desde já peço desculpa se omito alguém, mas a lista é extensa e por vezes a memória falha. Os agradecimentos não estão ordenados, pois todos são importantes e mereciam estar em primeiro lugar. Assim sendo, gostaria de agradecer às seguintes pessoas e instituições:

Ao Departamento de Geologia, da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e ao “Grupo de Botânica da Madeira”, localizado no Centro de Ciências da Vida Universidade da Madeira, pelo acolhimento e acesso aos equipamentos que permitiram a realização deste trabalho

Aos meus orientadores Prof. Doutor José Eduardo de Oliveira Madeira (Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa) e ao Prof. Doutor Miguel Menezes de Sequeira (Centro de Ciências da Vida-Universidade da Madeira) pelo apoio, paciência, intelecto, e disponibilidade para me conduzirem nesta aventura que foi a redescoberta da paleobotânica da ilha da Madeira. Nunca na minha vida pensei que um convite para estudar troncos fossilizados encontrados numa abertura de um túnel me levassem tão longe.

A todos os elementos do Grupo de Botânica da Madeira da Universidade da Madeira: Zita Ferreira, Aida Pupo Correia, Albano Figueiredo, Filipa Gonçalves, Licínia Ramos, Michael Benedito, Roberto Jardim, Prof.^a Doutora Manuela Gouveia, Prof. Doutor José Jesus e Prof. Doutor Miguel Menezes de Sequeira, pela amizade e por todo o apoio logístico e intelectual. Em especial quero salientar a ajuda fundamental do Prof. Doutor Miguel Menezes de Sequeira e (futura Prof.^a Doutora) Aida Pupo Correia pelo apoio prestado nas saídas de campo e pelos sábios conselhos durante a execução desta dissertação.

À Prof.^a Doutora Susana Prada (Universidade da Madeira) pela cedência de bibliografia sobre a geologia da ilha da Madeira, sendo muitos dos documentos raros e de difícil obtenção, e também pelo apoio nas saídas de campo. Também agradeço ao Celso Figueira e ao Nuno Aguiar pelo apoio prestado na obtenção de bibliografia e acesso às cartas militares e geológicas da ilha da Madeira.

Agradeço igualmente ao Bruno Aveiro pela amizade, ajuda e disponibilidade na realização de trabalho de campo em Porto da Cruz e na Ilha, e pelas revisões de versões preliminares deste texto.

Ao Prof. Doutor Rui Carita (Universidade da Madeira) pela disponibilização de bibliografia sobre a história da ilha da Madeira, permitindo desvendar quem foram muitas das personalidades que constam na resenha histórica desta dissertação.

Ao Dr. Simon Connor pela disponibilização de bibliografia referente à macroflora dos Açores.

Para a realização deste trabalho foi imperativo a visita de algumas instituições estrangeiras. Agradeço às instituições estrangeiras que me acolheram, pela facilidade de acesso às instalações e a disponibilização dos espécimes a estudar e de todo material necessário para o seu estudo. Em particular queria agradecer às pessoas que representaram estas instituições, e que me receberam de braços abertos:

Ao Matthew Riley, assistente das colecções de Paleontologia do “*Sedwick Museum of Earth Sciences*”, por me ter recebido e apoiado na procura e estudo das

coleções de fósseis de plantas da Madeira existentes na Universidade de *Cambridge* (Reino Unido).

Gostaria também de agradecer ao Dr. Martin Munt, Dr. Tim Ewin e Dr. Peta Hayes (todos do Departamento de Ciências da Terra), do “*The Natural History Museum*” em Londres, pela sua disponibilidade, amabilidade e apoio no estudo da coleção de S. Jorge alojada nesta instituição.

À Dra. Milena Pika-Biolzi e Dr. Stefan Ungricht do “*Eidgenössische Technische Hochschule Zürich- Departement Erdwissenschaften*”, curadores das coleções da paleontologia, pela gentileza e apoio no estudo da coleção e pelo auxílio na obtenção de vários documentos na biblioteca desta instituição. Igualmente agradeço ao Dr. Paul Felber, paleontólogo suíço, e estudioso do trabalho de Oswald Heer, pelo apoio no trabalho de campo, pela oferta de um original do trabalho de Heer (1857) e por partilhar a mesma curiosidade sobre os fósseis de plantas da ilha da Madeira. Conheci-o em Zurique através da Dra. Milena Pika-Biolzi. Por mera coincidência, este também estava a estudar as jazidas fósseis da ilha da Madeira, e tencionava visitá-las durante as suas férias já planeadas na ilha da Madeira no ano de 2012. Durante a sua estadia na ilha da Madeira, realizamos uma saída na prospecção das jazidas e ainda reunimos uma pequena coleção de fósseis de plantas de Porto da Cruz. Igualmente agradeço ao Prof. Doutor Conradin Burga (Professor no ETH-Z) pela amabilidade em responder a algumas dúvidas sobre a biografia de Oswald Heer.

Gostaria igualmente agradecer à Susanne H. Costanza do “*Paleobotanical collections of the Paleobotanical Laboratories and Harvard University Herbaria*” pelos longos *E-mails* trocados, devido à possível existência nas coleções destas instituições de fósseis da ilha da Madeira. A sua busca foi incansável. Agradeço também a Kristina Eck da “*University Heidelberg-Institut für Geowissenschaften*” pela verificação nas suas coleções a existência de fósseis de interesse para este trabalho.

Ao Michael Benedito (“*Royal Botanical Gardens*”, em Kew), pela sua amizade, pelas suas excelentes explicações sobre botânica, pela visita guiada pelos jardins de Kew e finalmente pela sua amabilidade em ceder alojamento durante a minha estadia em Londres. A sua ajuda foi fundamental neste tempo de crise.

Agradeço igualmente à Vera Paio Lopes (Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa) pelo apoio prestado durante na análise granulométrica por difractometria laser dos sedimentos de Porto da Cruz.

À Flaminia Cesaretti pelas fotos cedidas das coleções de fósseis do JBM, as quais elucidaram sobre outros locais onde foram descobertos microfósseis de plantas na ilha da Madeira.

Por último quero agradecer à minha família, pelo seu apoio incondicional e fulcral para que esta tese rumasse a bom porto. Agradeço em especial à minha irmã Paula Cristina Góis Marques pelas traduções para português de alguns dos trabalhos em alemão antigo, fundamentais para a compreensão e realização deste trabalho, e por me receber sempre de braços abertos em Lisboa.

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação integra-se no Mestrado em Geologia, especialização em Estratigrafia, Sedimentologia e Paleontologia, realizado no Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, em cooperação com o GBM-Grupo de Botânica da Madeira, no Centro de Ciências da Vida da Universidade da Madeira.

1.1. Caso de estudo

O relato da ocorrência de plantas fósseis na ilha da Madeira é inevitável quando se efectua uma leitura cuidada da bibliografia dos trabalhos pioneiros sobre a geologia da ilha ou quando se procuram trabalhos sobre a flora da ilha da Madeira. Os dois mais importantes estudos existentes sobre este tema são “*Ueber die fossilen Pflanzen von St. Jorge in Madeira*” por Oswald Heer e “*On some vegetable remains from Madeira*” por Charles Bunbury, publicados no início da segunda metade do séc. XIX (Fig.1). Estes dois artigos descrevem macrofósseis foliares encontrados numa jazida em São Jorge (concelho de Santana), dando a conhecer a existência de uma flora semelhante à actual, mas onde são identificadas espécies supostamente extintas na ilha (Heer, 1857; Bunbury, 1859). Outra ocorrência de folhas fósseis é dada para a freguesia de Porto da Cruz (concelho de Machico). O geólogo Georg Hartung publica uma descrição, e uma estampa destes macrofósseis na sua obra “*Geologische Beschreibung der Inseln Madeira und Porto Santo*” (Hartung e Mayer, 1864; Fig.1).

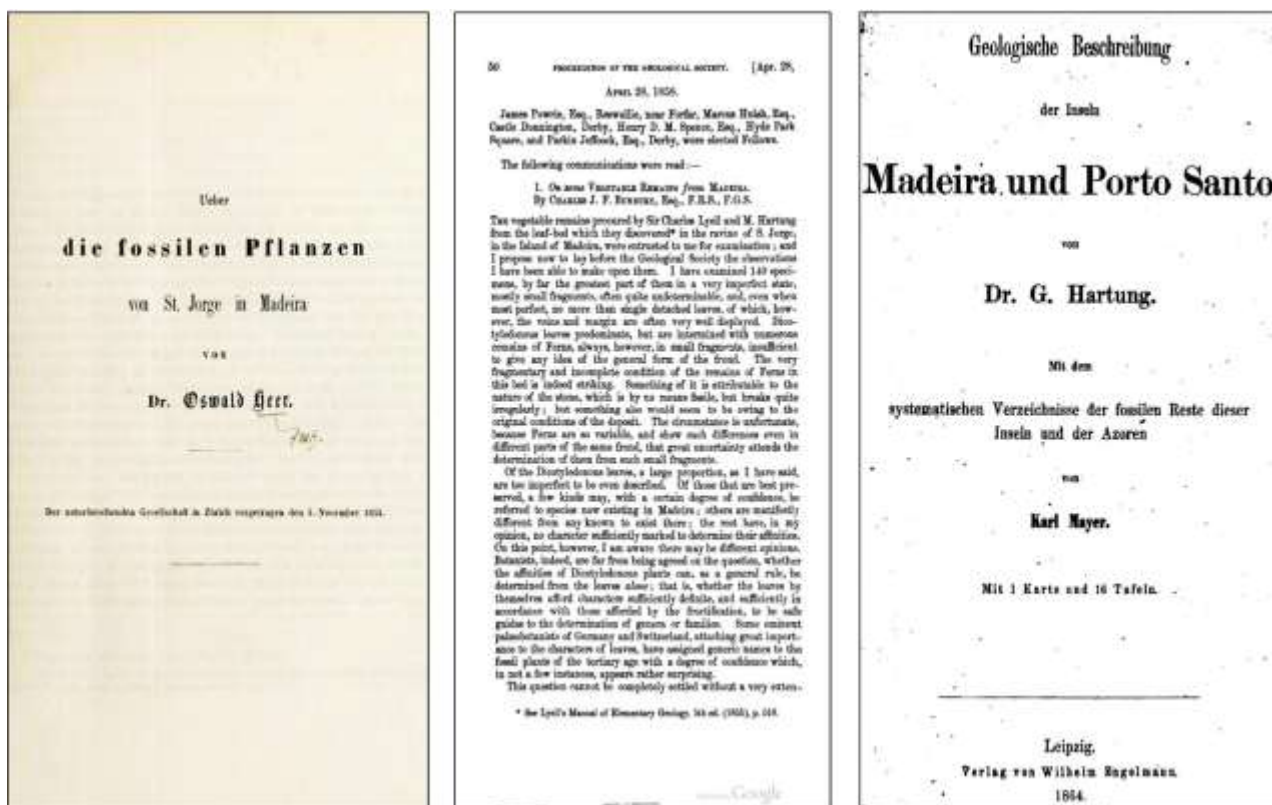


Figura 1. Frontispícios dos três principais artigos sobre a flora fóssil da ilha da Madeira: esquerda: Heer (1857); centro: Bunbury (1859); direita: Hartung (1864).

Passados 159 anos sobre as primeiras descobertas e descrições, pouco ou nada se conhece sobre estas jazidas, quer do ponto de vista geológico, quer do ponto de vista paleobotânico e botânico, e muito menos o paradeiro das colecções do século XIX ou se houve trabalhos posteriores de recolha e estudo de fósseis vegetais. O geólogo Raoul Mitchell-Thomé, na sua obra “*Geology of the middle Atlantic islands*” (1976) é o primeiro a assinalar a necessidade de estudo e revisão das colecções paleontológicas providas das ilhas atlânticas:

“We would also note that in many instances collections have been given only preliminary study or then that collections have only been investigated by one person, that evidently there are stacked away in various places valuable collections which scholars hope one day to have the time to study.”

(Mitchell-Thomé, 1976, pg. 50)

O crescente interesse sobre a paleobotânica das ilhas Atlânticas em anos recentes (e.g. Anderson *et al.*, 2009; Fernández-Palacios *et al.*, 2011) gerou um novo interesse sobre os antigos trabalhos do século XIX, das espécies neles descritas e enquadramentos geológicos feitos até à data. Fernández-Palacios *et al.* (2011) chama mesmo à atenção para a falta de certezas nas determinações dos fósseis de plantas, mesmo quando estes são identificados ao nível específico. Isto deve-se a três principais razões, todas elas focando o estado de arte das ciências geológicas e biológicas, em que os estudos foram realizados:

- *Geológica*: As descrições das jazidas paleobotânicas da ilha da Madeira e o seu enquadramento foram realizados no início da segunda metade do séc. XIX, numa época em que a geologia da ilha ainda não tinha sido descrita em pormenor, (algo que só viria a acontecer com o trabalho de Zbyszewski *et al.*, 1975). A geologia como ciência estava num estado precoce e a explicação da origem das ilhas vulcânicas não passava de conjecturas (Dean, 1980). De salientar que muitas das descobertas paleobotânicas na ilha da Madeira deram-se neste contexto e serviram de prova para a defesa da teoria uniformitarista (ver capítulo do enquadramento histórico). A flora fóssil surge enquadrada na antiga carta geológica da Madeira (Zbyszewski *et al.*, 1975), em cuja notícia explicativa é publicada uma listagem dos fósseis. É mencionada a existência de fósseis no Porto da Cruz e, erroneamente, é dada a existência de fósseis no Arco de São Jorge. Recentemente foi publicada a nova carta geológica da Madeira e respectiva notícia explicativa (Brum da Silveira *et al.*, 2010a; Brum da Silveira *et al.*, 2010b), apresentando um novo modelo vulcano-estratigráfico da formação da ilha. A exclusão dos restos paleobotânicos neste novo trabalho, dá a oportunidade de os enquadrar na presente dissertação.

- *Paleobotânica*: “*Paleobotany is a science of the nineteenth century*”. Esta afirmação retirada de Ward (1885) explicita bem o desenvolvimento que esta área científica teve no século XIX. Várias floras fósseis foram estudadas durante esse século, e vários foram os avanços na descrição e identificação dos *taxa* estudados. Contudo estas descrições eram ainda precoces, olhando apenas para características básicas como a forma, tamanho e nervação principal. Por exemplo só em meados da segunda parte do século XIX é que se começou a dar importância ao padrão da nervação das folhas fósseis como potencial carácter diagnóstico, com os trabalhos pioneiros do paleobotânico C. von Ettingshausen (Ward, 1885). Alguns autores mais recentes (e.g. Hickey, 1973; Dilcher, 1974; Hickey e Wolfe, 1975) alertam para erros na identificação feitos em estudos do século XIX. Segundo Dilcher (1974), desde as publicações de von

Ettingshausen até à altura em que este escreveu o seu artigo, pouco tinha sido feito para uniformizar e melhorar, até então, o estudo de folhas fósseis, e alerta para os erros cometidos devido ao uso intensivo ao longo do tempo de um sistema de descrição arcaico:

“However von Ettingshausen's work represents a very incomplete cataloguing of gross form and venation. It is unfortunate it was used so extensively by paleobotanists as an authority for leaf form and venation, encouraging identifications to some extant genera which otherwise probably would not have been made.”

(Dilcher, 1974, pg. 6)

De notar que os primeiros tratados sobre a nervação foliar (e.g. Ettingshausen, 1854a, 1854b), são contemporâneos com as descrições da flora fóssil madeirense (Heer, 1857; Bunbury, 1859). Além do mais existem várias críticas registadas sobre a validade das identificações feitas por Heer, da flora de S. Jorge, principalmente por botânicos de nacionalidade britânica (e.g. Lowe, 1857-1872; Starkie Gardner, 1881; ver capítulo 1.4.). Desde os anos 70 do séc. XX até à actualidade foram publicadas para as descrições e determinações de folhas de dicotiledóneas (e.g. Hickey, 1973; Hickey e Wolfe, 1975; Leaf Architecture Working Group, 1999; Ellis *et al.*, 2009), com grande potencial para a paleobotânica. A revisão das floras fósseis madeirenses, à luz do novo conhecimento é essencial, pois os trabalhos efectuados até agora carecem de uma descrição moderna, e por outro lado, requerem uma confirmação da determinação efectuada pelos antigos autores.

• *Botânica e biogeográfica*: Segundo alguns artigos sobre a história da botânica da Madeira (Menezes de Sequeira *et al.*, 2007; Menezes de Sequeira *et al.*, 2010) o estudo da flora da ilha da Madeira só se iniciou no séc. XVIII com os trabalhos de Joseph Banks (1740-1820) e Daniel Carl Solander (1736-1782), havendo um grande incremento de estudo da flora insular durante o séc. XIX por parte de vários autores, sendo de destacar o botânico Thomas Lowe (1802-1874). É necessário salientar que o interesse no estudo da flora só se realizou após 4 séculos de corte, queima e pastoreio intensivo, havendo apenas uma réstia do que outrora foi uma luxuriante floresta. Os estudos da flora fóssil da Madeira foram baseados na comparação com espécimes de herbário colectados pelos autores das descrições (e.g. Heer, em 1857 conhecia 745 espécies de plantas para a ilha da Madeira) e no conhecimento da flora fóssil continental. Desde então ouve um incremento na descrição de novas espécies, havendo actualmente mais de 1204 espécies de plantas vasculares dadas para o arquipélago da Madeira. Urge assim uma revisão dos achados paleobotânicos no contexto do conhecimento botânico actual.

Do ponto de vista biogeográfico, até à altura das descrições pouco se sabia sobre a origem da flora da ilha da Madeira, tendo Heer (1857) especulado sobre a possível ligação das ilhas ao continente na sua teoria de *Atlantis*. As identificações dos fósseis no seu trabalho de 1857 baseiam-se nessa premissa. Actualmente tem-se uma visão muito mais clara da origem das ilhas atlânticas (e.g. Geldmacher *et al.*, 2000; Geldmacher *et al.*, 2005; Brum da Silveira *et al.*, 2010a) e da sua flora, muito devido à comparação do registo fóssil europeu com a flora insular Macaronésia (e.g. Capelo *et al.*, 2004; Fernández-Palacios *et al.*, 2011). Apesar disso, o uso do registo fóssil insular raramente foi usado nessa discussão e só recentemente a perspectiva paleobotânica voltou a ter implicações importantes na biogeografia. Anderson *et al.* (2009) referem a importância da existência de um registo de macrofósseis de plantas nas ilhas atlânticas (onde a ilha

da Madeira tem um destaque importante) na definição de idades mínimas para a calibração de relógios moleculares.

De notar que ao longo dos anos, na ilha da Madeira existiu uma tendência em prol do estudo de depósitos sedimentares cujos conteúdos fossilíferos são mais interessantes do ponto de vista bioestratigráfico e.g. depósitos marinhos de S. Vicente (Brum da Silveira *et al.*, 2010a e referências aí contidas), depósitos eólicos do Caniçal (Goodfriend *et al.*, 1996). Este favorecimento fez com que houvesse uma paralisação nos estudos de outros depósitos sedimentares e do seu conteúdo fossilífero, estagnando assim os estudos paleobotânicos.

1.2. Objectivos

A evolução, nos últimos anos, dos estudos da paleobotânica das ilhas da Macaronésia levanta uma série de questões, sendo a pergunta-chave: qual é o estado de arte da paleobotânica da ilha da Madeira? Esta pergunta pertinente foi respondida de maneira muito resumida num pequeno texto, nas informações de suporte “*A brief review of further Macaronesian fossil floras and potentially fossiliferous strata*” por Anderson *et al.* (2009), onde é apontado o potencial das floras fósseis de S. Jorge e de Porto da Cruz. Porém esse texto é apenas uma colectânea das principais referências bibliográficas, deixando muitas lacunas por preencher.

Neste contexto a presente dissertação tem os seguintes objectivos: **1)** realização de uma recolha bibliográfica e de um enquadramento histórico dos estudos da paleobotânica da ilha da Madeira; **2)** a realocação das antigas jazidas de S. Jorge e do Porto da Cruz; **3)** Efectuar o enquadramento geológico das jazidas no novo modelo vulcano-estratigráfico da ilha (Brum da Silveira *et al.*, 2010a; Brum da Silveira *et al.*, 2010b); **4)** testar o potencial fossilífero das jazidas em estudo; **5)** localizar, inventariar e rever as colecções de macrofósseis vegetais, descritas no século XIX, à luz do novo conhecimento paleobotânico e botânico; por fim **6)** Discutir as implicações do novo conhecimento paleobotânico/geológico nos modelos biogeográficos, nomeadamente os relacionados com os elementos da flora actual da ilha da Madeira.

1.3. Breve introdução à Paleobotânica

Esta secção pretende elucidar alguns termos chave usados na paleontologia, particularmente os que se referem à paleobotânica, tendo em atenção o contexto vulcânico e dando sempre que possível exemplos encontrados na ilha da Madeira.

1.3.1. Definição de Paleobotânica

“The paleobotanist is concerned with the plants that inhabited the Earth throughout geologic time (...). In a general sense, the paleobotanist is a plant historian who attempts to piece together the intricate and complicated picture of the history of the plant kingdom”

(Taylor *et al.*, 2009, pg. 2)

A paleobotânica, no sentido lato, é a ciência que trata do estudo das plantas fósseis. No sentido estrito a paleobotânica é uma ciência multidisciplinar, onde a

geologia e a botânica têm um papel preponderante na análise e obtenção de informação do registo fóssil vegetal ao longo do tempo geológico (Ward, 1885; Arnold, 1947; Taylor *et al.*, 2009).

Taylor *et al.* (2009) sumariza os principais objectivos desta ciência: a reconstrução das plantas fósseis, devido ao registo fóssil ser geralmente fragmentário ou constituído por órgãos isolados (e.g. folhas, raízes, caules); compreensão das estratégias evolutivas das plantas fósseis e quais as suas relações com as plantas actuais; a descrição da morfologia e anatomia dos grupos vegetais ao longo do tempo; o uso dos fósseis na correlação bioestratigráfica; a reconstrução das comunidades vegetais ao longo do tempo contribuindo para os estudos paleoecológicos; e, finalmente na interpretação do paleoclima, através da análise de características morfológicas e da sua comparação com plantas similares actuais.

1.3.2. Processos tafonómicos em ambientes vulcânicos

Na literatura existe uma tendência para negligenciar o potencial da actividade vulcânica como processo tafonómico (Lockley, 1990). Alguns trabalhos teóricos recentes sobre biogeografia das ilhas sugerem erroneamente, a inexistência ou baixa probabilidade de se encontrar fósseis de plantas em contexto insular (Anderson *et al.*, 2009, e referências aí citadas), apesar de se reconhecer desde o início do século XIX a sua existência na ilha da Madeira (ver perspectiva histórica). Segundo Anderson *et al.* (2009), as ilhas com maior potencial na preservação de restos vegetais são aquelas que sofreram episódios de vulcanismo subaéreo intercalado com fases erosivas. Normalmente as ilhas vulcânicas são construídas ao longo do tempo por vários eventos eruptivos, intercalados com períodos de quiescência. Estes hiatos são do ponto de vista biológico, uma oportunidade para a instalação ou recuperação da flora, como demonstram alguns estudos em ilhas vulcânicas contemporâneas (e.g. Collins, 1969; Fridriksson, 1987). Quer durante a actividade vulcânica, quer durante o período de quiescência, existem vários processos tafonómicos a operar (e.g. Spicer, 1989; Lockley, 1990; Burnham, 1993; Kent *et al.*, 2001), importantes na preservação (por vezes “*in situ*”) de comunidades florísticas (Burnham, 1993). Os fenómenos de sepultamento de plantas poderão ser de dois tipos, os fenómenos associados directamente com o vulcanismo, tais como escoadas lávicas, queda de piroclastos e escoadas piroclásticas; fenómenos indirectamente associados ao vulcanismo, tais como lahares (fluxos hiperconcentrados), assoreamento de linhas de água devido ao bloqueio por movimentos de vertente ou derrames lávicos (formando muitas vezes lagos laterais) e por fim os deslizamentos e depósitos de vertente.

1.3.3. Tipos de fossilização e nomenclatura associada

O modo de fossilização de restos vegetais está geralmente associado ao ambiente de deposição e à capacidade destes restos de resistirem à decomposição. Os processos fossilizantes e a nomenclatura associada à paleobotânica são por vezes confusos, havendo autores a omitir alguns processos. Na classificação aqui apresentada usaram-se os trabalhos de Rex e Chaloner (1983), Shute e Cleal (1987), Spicer (1989), Cleal e Thomas (2001) e Taylor *et al.* (2009). Bateman (1991, em Cleal e Thomas, 2001), usa, para distinguir os diferentes tipos de fossilização de plantas, a presença ou ausência de preservação dimensional e anatómica dos órgãos e dos tecidos e a presença ou ausência

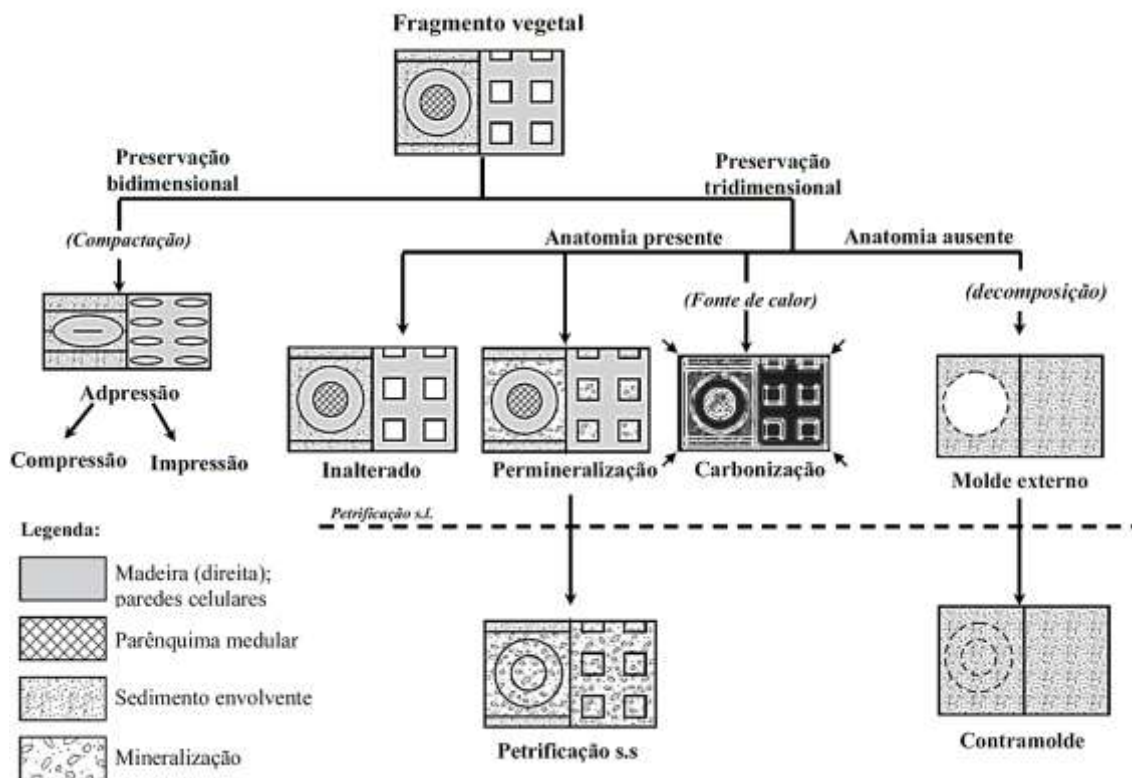


Figura 2. Diagrama dos processos de fossilização de restos vegetais, modificado de Bateman (1991) em Cleal e Thomas (2001)

de matéria orgânica (Fig. 2). Assim, de acordo com aquele autor, podem classificar-se os fósseis de plantas do seguinte modo:



Figura 3. Exemplos de uma compressão e de uma impressão: a) compressão de dicotiledónea da jazida de S. Jorge, onde é visível a camada carbonácea causada pela incarbonização dos restos orgânicos (espécime SMC); b) Impressão de folha de dicotiledónea da jazida de Porto da Cruz (espécime UMA).

A) Adpressão: Este termo é usado para substituir o termo de “compressão/impressão” Foi introduzido por Shute e Cleal (1987) para descrever fósseis em que durante a separação do plano de estratificação, se obtém uma parte com uma impressão e uma compressão em cada um dos blocos. A esta associação dá-se o nome de adpressão. Rex e Chaloner (1983) chamam “compressão incompleta” quando um fóssil apresenta características mistas de impressão e compressão. Este tipo de preservação é o mais comum, sendo que na flora fóssil da ilha da Madeira, as jazidas de Porto da Cruz e S. Jorge apresentam abundantes exemplos (Fig. 3). De modo a esclarecer o termo adpressão, há que definir os modos de preservação por compressão e impressão:

-Compressão: Estes fósseis formam-se pela compactação e incarbonização, após o sepultamento, dos restos vegetais (Rex e Chaloner, 1983; Fig. 3a). Durante este processo ocorre o colapso e deformação da matéria orgânica pelo peso das camadas suprajacentes da coluna de sedimentos. O resultado é uma fina camada bidimensional incarbonizada, onde fica preservado o contorno original do órgão (Fig. 2). Neste tipo de fósseis poderá ocorrer a preservação da cutícula.

-Impressão: trata-se de molde em baixo-relevo deixado no sedimento pelo fragmento vegetal (Fig. 3b). Como já atrás foi dito, muitas vezes as impressões estão associadas às compressões, mas por vezes ocorrem somente impressões, geralmente quando a matéria orgânica se decompõe. A superfície da impressão pode também conter incrustações minerais (Taylor *et al.*, 2009).

B) Permineralização: Este tipo de preservação ocorre, quando num estágio precoce da fossilização, os minerais ocupam os espaços intercelulares e intracelulares, mantendo-se o material orgânico inalterado, e a forma tridimensional, sem ou com muito pouca deformação (Fig. 2). Este tipo de fossilização preserva detalhes importantes da anatomia celular, que podem ser estudados através de cortes histológicos (Taylor *et al.*, 2009). Existe um exemplar deste tipo de fossilização no *Natural History Museum*, Londres (NHM-UK), colhido na ilha da Madeira, mas sem registo do local onde foi apanhado (Fig. 4a).

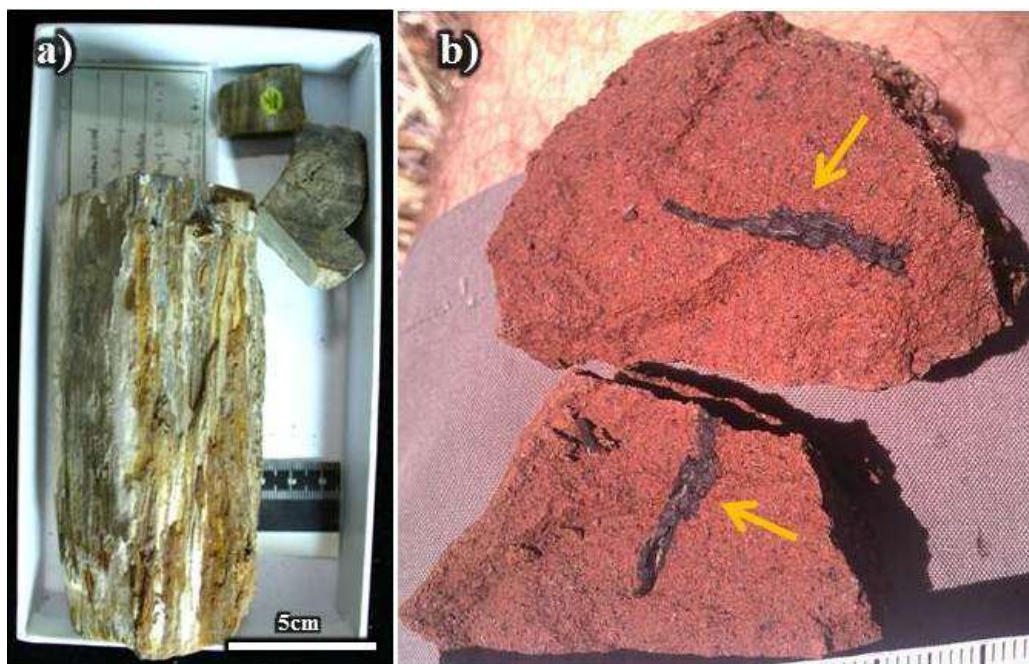


Figura 4. Exemplos de fósseis vegetais da ilha da Madeira: **a)** permineralização de madeira de conífera. Coleção do NHM-UK; **b)** macroresto carbonizado em tufo vulcânico em Machico, recolhido pelo autor da presente dissertação.

C) Petrificação: processo em que ocorre permineralização associada à substituição de todo o material orgânico por minerais. A forma tridimensional e os detalhes anatómicos mantêm-se (Fig.2).

D) Preservação por combustão: ocorre quando uma planta sofre pirólise na presença total ou parcial de oxigénio, resultando na formação de carvão inerte (Spicer, 1989; Scott e Jones, 1991). O estudo de carvões está associado geralmente a estudos

arqueológicos (e.g. Tereso, 2007; Braadbaart e Poole, 2008). No entanto em contexto de uma erupção vulcânica ou fogo florestal, existe a produção deste tipo de material que poderá posteriormente ser remobilizado para depósitos sedimentares ou ser sepultado por quedas de piroclastos. Na ilha da Madeira têm sido reportados algumas descobertas deste tipo de fósseis sob camadas piroclásticas (Lyell, 1855; Heer, 1857), tendo sido inclusive usados para datações radiocarbono (Geldmacher *et al.*, 2000). Este tipo de preservação é importante pois produz fósseis tridimensionais (apesar de sofrerem contracção por efeito da combustão) com informação anatómica igual ou superior às preservações por permineralização e petrificação (Spicer, 1989; fig. 4b).

f) Moldes e contramoldes: de uma forma simplificada estes tipos de fósseis ocorrem quando um fragmento depois de sepultado, não resiste à decomposição, deixando assim um espaço vazio. Neste caso, à cavidade formada dá-se o nome de molde. Pode acontecer que o molde seja preenchido por sedimento, minerais ou por uma mistura de ambos, formando-se assim um contramolde. Na ilha da Madeira estes tipos de fósseis ocorrem nas dunas da Piedade; Mouzinho de Albuquerque (1837) refere outro local perto do Funchal (ver Enquadramento histórico). No depósito éolico da Piedade existem várias camadas correspondentes a paleosolos onde abundam rizólitos (Goodfriend *et al.*, 1996), i.e. “estruturas organosedimentares resultantes da preservação de raízes de plantas superiores, evidências da sua presença, sob forma de matéria mineral” (Klappa, 1980). No caso das dunas da Piedade, os rizólitos são designados por vários autores como “rizoconcreções”. Segundo Klappa (1980), uma rizoconcreção é uma acumulação de minerais, formando uma capa à volta de uma raiz (Fig.5a-1). Após este processo pode ocorrer o preenchimento da cavidade deixada pela decomposição da raiz (Fig. 5a-2).

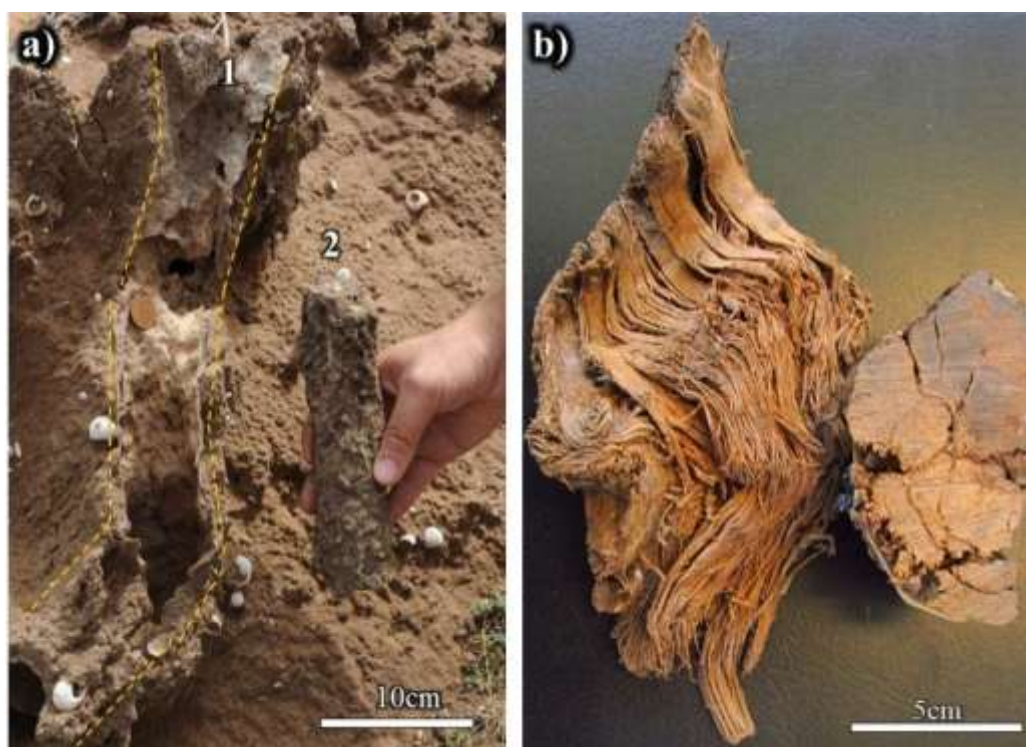


Figura 5. Exemplos de fósseis vegetais da ilha da Madeira (continuação): a) restos inalterados colhidos durante a escavação, em 2009, do túnel Ponta Delgada - Santana, cedidos por David Henriques; b) Rizólitos das dunas da Piedade: 1) rizoconcreção; 2) contramolde.

g) Inalterado: a escavação de túneis nos últimos anos levou à descoberta de vários troncos de árvore em estado inalterado, i.e. sem que tenham sofrido mineralização, incarbonização ou carbonização (e.g. Costa, 1948; Fig. 5b). A preservação destes restos está certamente relacionada à grande resistência à decomposição de algumas espécies vegetais e à idade relativamente recente dos eventos geológicos que os sepultaram. Geologicamente estes restos estão geralmente associados a depósitos de vertente (José Madeira, 2012 comunicação pessoal).

Uma associação fóssil de plantas poderá denominar-se flora fóssil. Os fósseis de plantas são classificados pelo tamanho que apresentam. Numa escala ascendente, os microfósseis são representados principalmente por poléns e esporos (estudados num ramo da paleobotânica designado de paleopalinologia); mesofósseis, cujo tamanho varia entre 0.25 mm a alguns milímetros (Taylor *et al.*, 2009). Segundo o *website* do Field Museum (EUA), os mesofósseis são muitas vezes preservados sem deformação e com excelente detalhe anatómico. Estes fósseis incluem flores, frutos, sementes, folhas, fragmentos de cutícula entre outros órgãos. Macrofósseis são fósseis que apresentam uma escala centimétrica a decimétrica e podem representar uma vasta panóplia de órgãos vegetais. Estes são o tipo de fósseis que vão ser tratados na corrente dissertação; O termo megafóssil é usado para fósseis de grande porte, geralmente para grandes troncos fossilizados.

1.3.4. O estudo de macrofósseis foliares

"The paleobotanist, in the identification of fossil leaves, is now relying more on ultimate venation patterns, the arrangement and structure of the fourth- and fifth-order veinlets. If the third- and higher-order venation is not preserved, fossil leaves often cannot be identified."

(MacGinitie (1969) em Dilcher (1974), pg. 15.)

O estudo de componentes vegetais descontextualizados da planta a que pertenceram é um exercício difícil. De facto a identificação do género ou espécie de fósseis foliares, devido à falta de preservação de vários caracteres, torna-se num exercício muitas vezes quase impossível.

Historicamente a identificação de macrofósseis foliares baseava-se na forma geral da folha e das suas nervuras principais (i.e. nervuras primárias e secundárias), sendo classificadas por comparação com folhas de plantas actuais (Dilcher, 1974; Ellis *et al.*, 2009). Vários autores chegaram à conclusão que este método de estudo de floras fósseis induzia uma identificação errónea de géneros. Muitos dos géneros identificados baseavam-se em material mal preservado ou demasiado fragmentado (e.g. Hickey, 1973; Dilcher, 1974; Ellis *et al.*, 2009).

Alguns autores debruçaram-se sobre o estudo morfológico de folhas dicotiledóneas actuais (e.g. Hickey, 1973; Dilcher, 1974; Hickey e Wolfe, 1975; Leaf Architecture Working Group, 1999; Ellis *et al.*, 2009). O propósito principal era encontrar caracteres que permitissem resolver problemas tais como a identificação de folhas de plantas em florestas tropicais, onde nem sempre estão disponíveis estruturas florais para a correcta identificação, ou a correcta descrição e identificação de folhas fósseis.

As contribuições recentes supracitadas permitem que actualmente os estudos de floras fósseis se baseiem na elaboração de catálogos de morfótipos. Assim são usados na divisão em morfótipos, caracteres cuja variabilidade intra-específica é menor nas

folhas. São usados o padrão e arquitectura da nervação, estudados até às nervuras terminais; o tipo de recorte marginal e como os dentes se apresentam ao longo da margem e a sua relação com a nervação da folha; a forma da base e ápice das folhas, simetria, e rácios entre altura e comprimento são também registados; por fim características gerais do pecíolo e da lâmina, como por exemplo a presença de glândulas. Outras características, tais como a filotaxia ou a distinção entre folhas e folíolos muitas vezes não é preservada, mas quando disponível é informativa para uma identificação positiva dos restos fósseis. De notar que caracteres tais como a forma ou o tamanho são os caracteres mais variáveis, sendo os menos informativos. Por vezes é possível adicionar caracteres cuticulares aos foliares (quando a cutícula é preservada no fóssil), reforçando a sua identidade taxonómica. Por último ainda se poder confirmar a presença de um determinado *taxon* através da análise paleopalínológica (pólenes fossilizados) do local que deu origem à macroflora. As cutículas das folhas e o polén preservam-se por serem estruturas inertes, resistindo à decomposição, ficando preservados frequentemente no registo fóssil.

Dependendo da idade da flora fóssil analisada, poderão ainda fazer-se comparações com material de herbário actual. Esta última análise deverá ser efectuada apenas para floras fósseis geologicamente recentes, para as quais ainda poderão existir floras homólogas actuais.

A realização de uma boa descrição e identificação dos *taxa* presentes numa macroflora fóssil (sempre dependente da plenitude e boa preservação do material em estudo) é essencial para a compreensão da composição, diversidade e paleoecologia, podendo-se ainda estimar através da morfologia das folhas, qual o paleoclima e as condições paleoambientais (Ellis *et al.*, 2009).

1.3.5. A origem da flora da ilha da Madeira

A origem da flora actual da ilha da Madeira e em geral das ilhas da Macaronésia tem sido discutida por diversos autores (e.g. Press e Short, 1994; Capelo *et al.*, 2004; Capelo *et al.*, 2007; Whittaker e Fernández-Palacios, 2007; Jardim e Menezes de Sequeira, 2008; Rivas-Martínez, 2009; Fernández-Palacios *et al.*, 2011). Esta é tida como uma remanescência de um corredor ecológico, que ocupava o sul da Europa e o norte de África durante o Paleogénico (65 - 23Ma). Esta flora, designada de “Geoflora Paleotropical¹” (Fig. 6), seria caracterizada, segundo Mai (1989), por “florestas húmidas paratropicais, florestas húmidas subtropicais e florestas de lauráceas, florestas temperadas de lauráceas e florestas de lauráceas e coníferas mediadas edaficamente”. A norte deste corredor predominava uma flora diferente, mediada pelo clima, formada por espécies caducifólias, a denominada “Geoflora Arctoterciária” (Fig. 6). De um modo geral pode afirmar-se que, durante o Paleogénico, as costas sul da Europa e norte de África, apresentavam várias ilhas, banhadas pelo antigo mar de *Thetys*. Este mar estaria ligado a Oeste ao oceano Atlântico, e a Este ao oceano Índico, formando assim correntes circum-equatoriais de Este para Oeste permitindo a manutenção de temperaturas elevadas e a subsistência de um clima tropical (e.g. Barrón, 2003; Barrón *et al.*, 2010; Fernández-Palacios *et al.*, 2011). A “Geoflora Paleotropical” no final do Paleogénico começou a declinar, muito devido à combinação de eventos geológicos levando a períodos de seca e à queda de temperaturas. Isto levou a um avanço gradual para sul, de elementos da “Geoflora Arctoterciária”. Durante o Neogénico (23-2,6 Ma)

¹ **Nota:** Segundo Mai (1989) são sinónimos desta flora os nomes “*Tethys flora*”, “*Poltawa flora*”, “*Mastixioideae flora*” e “*Boreotropical flora*”.



Figura 6. Distribuição actual dos dois corredores ecológicos formando as duas “Geofloras” durante o Paleógeno. Retirado de Barrón (2003)

os elementos da “Geoflora Paleotropical” mantiveram-se, mas com consecutivos avanços e recuos da “Geoflora Arctoterciária” (Mai, 1989). Particularmente, durante o final do Miocénico, o acumular de grandes alterações climáticas drásticas, levou a uma extinção dos elementos da “Geoflora Paleotropical” na Europa (Mai, 1989; Barrón *et al.*, 2010). Segundo Barrón *et al.* (2010) os elementos da “Geoflora Paleotropical” persistiram na península Ibérica até pelo menos aos 3,5 Ma (Pliocénico inferior), sendo que muitos géneros se extinguíram ou foram absorvidos no novo contexto florístico do Quaternário.

A extinção no continente da “Geoflora Paleotropical”, durante Pliocénico inferior, fez com que muitos dos géneros se encontrem na actualidade restritos às ilhas Atlânticas (Mai, 1989; Barrón *et al.*, 2010), designados de “paleoendemismos”. Esta designação deve-se ao registo paleobotânico europeu do Paleógeno e Neógeno revelar uma grande similitude de géneros com a flora actual da Macaronésia. Como exemplo temos os géneros de fanerófitos *Ocotea*, *Persea*, *Apollonias*, *Clethra*, *Myrica*, *Picconia*, *Visnea*, *Dracaena*, *Ilex*; Fetos: e.g. *Woodwardia*, *Dryopteris*, *Osmunda*, *Trichomanes*, *Davallia*, *Diaplazium*, *Hymenophyllum*; trepadeiras: e.g. *Smilax*; estes fariam parte da extinta “Geoflora Paleotropical” (e.g. Saporta, 1879; Teixeira e Pais, 1976; Capelo *et al.*, 2004; Whittaker e Fernández-Palacios, 2007; Fernández-Palacios *et al.*, 2011). A origem dos elementos paleoendémicos na Macaronésia foi recentemente alvo de revisão onde é discutida a ideia do surgimento e desaparecimento de ilhas vulcânicas no oceano atlântico ao longo de possivelmente, mais de 60 Ma e a da sua implicação na dispersão da flora por “stepping-stones”, (i.e. a colonização de ilha para ilha, conforme estas surgem e desaparecem do oceano), servindo de refúgio à “Geoflora Paleotropical” (Fernández-Palacios *et al.*, 2011).

Segundo Capelo *et al.* (2004) e a revisão de Fernández-Palacios *et al.* (2011) a flora da ilha da Madeira pode ser dividida segundo 5 possíveis origens:

1. Flora paleoendémica: constituída por um grupo empobrecido de árvores e fetos pertencentes à “Geoflora Paleotropical” tetisiana (ver espécies supracitadas), que conseguiram sobreviver às extinções do final do Pliocénico, graças à dispersão por “stepping stones” durante mais de 60 Ma, e possivelmente por colonizações vindas do continente, antes da sua total extinção. Somando à dispersão por “stepping stones”, o efeito tampão dos climas das ilhas e a sua orografia, asseguraram a migração altitudinal da vegetação e a sua manutenção, mesmo durante de eventos de crise climática globais.

2. Flora neoendêmica arbustiva, arborescente e caulirosulada: elementos de origem continental ou insular (por “*stepping stones*”), remontando ao final do Neogénico e início do quaternário. Apresentam forte radiação adaptativa na ilha (e.g. *Aeonium*, *Sonchus*, *Echium*, *Sinapidendron*, *Musschia*, *Plantago arborescens*, entre outros).

3. Flora paleo-mediterrânica xerófitica, esclerófila e termófila: flora comum à costa do mar mediterrânico (e.g. *Euphorbia*, *Olea*, *Maytenus*, *Myrtus*, *Rhamnus*, *Asparagus*, etc.). Segundo Mai (1989), esta flora muito provavelmente estabeleceu-se depois da extinção dos elementos paleotropicals durante o Pliocénico, apesar de ocorrerem registos mais tardios de alguns dos seus elementos (e.g. *Olea*).

4. Flora neo-mediterrânica malacófila: flora de origem recente, menos adaptada à seca que a vegetação anterior, reflectindo um hábito malacófilo, i.e. devido a uma menor regulação na transpiração, este tipo de vegetação murcha as folhas ou perde as suas folhas em época de secura (e.g. *Cistus*, *Micromeria*, *Sideritis*, *Teline* e *Genista*).

5. Flora de origem antrópica ou sinantrópica. Geralmente relacionada directa ou indirectamente com a agricultura e silvicultura (e.g. *Castanea*, *Pinus*, *Arundo* e *Vitis*) ou com espécies usadas em horticultura que se tornaram invasoras (e.g. *Acacia Ageratina*, *Duchesnea*, *Ulex*, *Cytisus*, *Erigeron*, *Hedychium*, etc.). Este último tipo de vegetação não tem qualquer importância para a paleobotânica insular.

A análise da flora actual e a sua comparação com a flora fóssil é imperativa na compreensão deste modelo na origem da flora da ilha.

1.4. Enquadramento histórico das descobertas e descrições científicas

O relato da ocorrência de microfósseis de plantas na ilha da Madeira leva-nos a recuar até à primeira metade do século XIX. Durante este período a ilha atraiu diversos viajantes, naturalistas e cientistas das mais variadas áreas, que procuravam o clima ameno do inverno da ilha, muito publicitado nessa época para o tratamento de doenças pulmonares e pelas novidades científicas que as ilhas poderiam proporcionar (Wilhelm, 1997; Vieira, 2006; Rebok, 2009).

A história da ciência e concretamente da paleobotânica madeirense está dispersa por vários escritos da autoria de geólogos, paleontólogos, paleobotânicos e botânicos, que ao longo dos séculos XIX e XX, publicaram as suas observações sob a forma de artigos científicos, comunicações e mapas. Pão (2005) apresenta uma importante compilação dos artigos publicados e das estadas de várias personalidades científicas durante os séculos XVII, XVIII e XIX. Outra fonte de informação histórica é a análise, quando publicada ou disponibilizada *on-line* através de sítios na internet, da correspondência, manuscritos e cadernos de campo destes cientistas. Felizmente muita correspondência dos principais intervenientes no estudo destas colecções está publicada sob forma de livro, ou disponível para consulta *on-line* (e.g. Lyell, 1881; Lyell, 1906). A estas fontes temos que somar os guias turísticos sobre a ilha, publicadas durante o séc. XIX, que abordam muitas vezes assuntos relacionados com a geologia e paleontologia.

A análise da bibliografia permitiu dividir em três grandes períodos as publicações sobre os fósseis vegetais da ilha da Madeira. Um primeiro período no séc. XIX, com as primeiras descobertas, repartindo-se em duas metades: a primeira metade compreende um período entre 1823 e 1854; a segunda metade compreendida entre 1854-1882. Um segundo período de revisitação dos locais ou citação de trabalhos anteriores durante o final da segunda metade do séc. XIX e início do séc. XX; finalmente um último período, no início do séc. XXI quando renasce novamente a necessidade de rever e explorar a paleobotânica das ilhas da Macaronésia, e toda a importância que o registo fóssil apresenta para a explicação da biogeografia das floras insulares.

Apesar da corrente dissertação abordar apenas fósseis preservados por compressões e impressões foliares, existem outros macrofósseis tais como rizoconcreções e ramos e troncos carbonizados, provenientes de outras localidades, cuja exposição nesta secção é imperativa.

1.4.1. Primeiras descobertas no séc. XIX (1823-1882)

É durante o século XIX que se realizam as primeiras referências às jazidas, e ocorre a descoberta de macrofósseis foliares, resultando em três principais publicações descritivas dos fósseis. Para facilitar a compreensão dos acontecimentos esta secção foi dividida em duas partes: uma primeira parte compreendida entre os anos 1823-1854, durante o qual se produzem várias referências às jazidas em estudo e são reportados alguns macrofósseis; uma segunda parte correspondente ao período 1854-1882, durante o qual ocorre de facto a descoberta e descrição dos macrofósseis de plantas de S. Jorge e de Porto da Cruz. De notar que muitas das transcrições de textos e cartas são extractos literais, e correspondem ao português ou inglês arcaicos. Os extractos de textos em alemão foram traduzidos para português.

1.4.1.1. Primeira metade do séc. XIX: 1823-1854

No seu livro sobre a geologia das ilhas atlânticas, Mitchell-Thomé (1976), dá como data da primeira descoberta paleobotânica na Madeira e Macaronésia, o ano de 1854. A revisão da literatura geológica do século XIX leva-nos a recuar 31 anos, até ao 1823. A primeira referência e ilustração de macrofósseis de plantas aparecem na obra póstuma, da autoria do naturalista Bowdich², “*Excursions in Madeira and Porto Santo during the autumn of 1823*” (Bowdich, 1825; Fig. 7). Este livro aborda vários aspectos, entre os quais a geologia e a botânica, com várias ilustrações dos espécimes recolhidos e com ilustrações de carácter geológico, onde se realçam os aspectos geomorfológicos e estratigráficos dos locais retratados. Da exploração das dunas da Piedade, localizada na Ponta de São Lourenço (Concelho de Machico) resultou a recolha de fósseis de gastrópodes e de rizoconcreções. Esta formação consiste em depósitos de areias eólicas, de proveniência marinha, depositadas em ambiente subaéreo e apresentando vários níveis de paleossolos, nos quais afloram rizoconcreções carbonatadas e gastrópodes terrestres (Brum da Silveira *et al.*, 2010a). Esta localidade foi alvo de exploração e descrição por vários autores ao longo do século XIX (e.g. Macaulay, 1840; Smith, 1841; Hartung e Mayer, 1864). Outras localidades com rizoconcreções e incarbonizações são

² **Thomas Edward Bowdich** (1791? – 1824). Naturalista, viajante e escritor inglês.

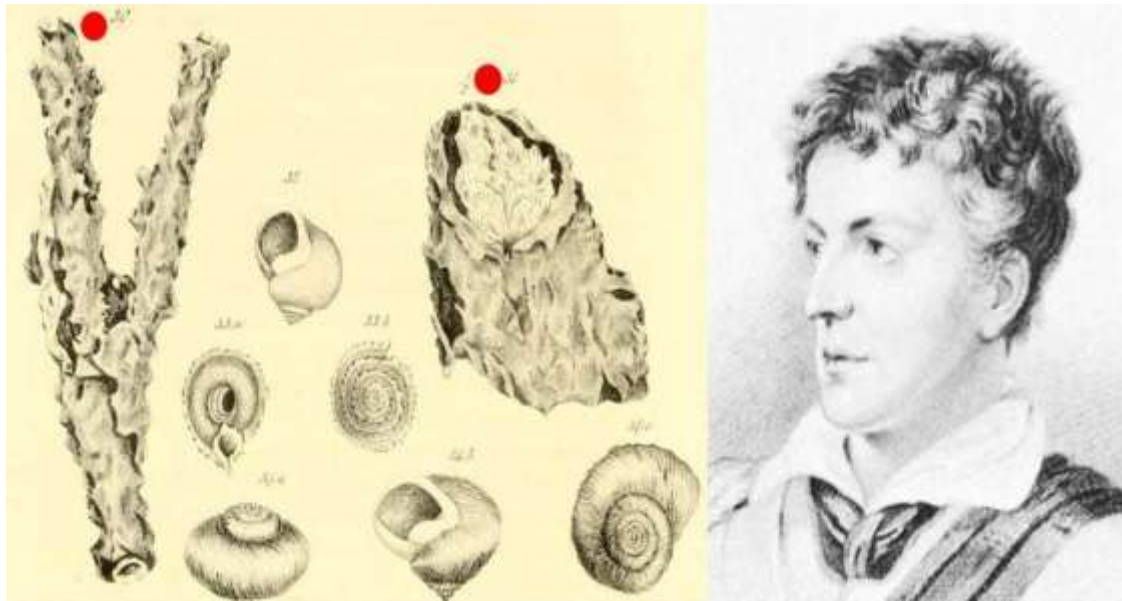


Figura 7. Esquerda: As duas ilustrações de rizoconcreções das dunas da Piedade, assinaladas com pontos vermelhos. À direita gravura de Thomas Edward Bowdich (Bowdich, 1825).

brevemente mencionadas por Mouzinho de Albuquerque (1837), Lyell (1855) e Heer (1857) na área do Funchal.

Cronologicamente a abordagem seguinte de locais de interesse paleobotânico é feita no artigo “*Observações para servirem para a história geológica das ilhas da Madeira, Porto Santo e Desertas*” por Mouzinho de Albuquerque³ (Fig. 8) em 1837.



Figura 8. Luiz da Silva Mouzinho de Albuquerque. Retirado de Araújo (1866)

Este menciona a existência de três locais com macrofósseis vegetais. O primeiro local é o já mencionado anteriormente, as dunas da Piedade e as rizoconcreções que lá ocorrem. Outros dois locais são mencionados, um a oeste da Pontinha (Funchal) onde existiam raízes fósseis:

“Ao Oest da ponta formada de conglomerado scoriaceo, e de bazalto compacto, denominada a Pontinha (...) existe uma formação em camadas paralelas, e stratificadas, assás dignas d’attenção (...) cobre esta camada outra d’um conglomerado de côr parda de aspecto térreo, contendo na sua parte inferior muitos fragmentos muidos de pomes, e na parte superior permeado de cal carbonatada grosseira, a qual forma uma crosta nas fendas da stratificação, e quando adquire maior grossura, apresenta fragmentos de raízes vegetaes petrificadas e convertidas em carbonato de cal carregado de sílica.”

(Mouzinho de Albuquerque, 1837 pg. 17)

³ **Luiz da Silva Mouzinho de Albuquerque** (1772-1846). Naturalista, Político e Militar. Prefeito da Madeira entre os anos 1834 e 1835. Sócio de várias instituições científicas nacionais e estrangeiras (Araújo, 1866; Carita, 2008)

O terceiro local, mencionado por Mouzinho de Albuquerque, situava-se nas margens de um dos afluentes da ribeira Grande de São Jorge, onde aflorava uma camada de lenhite. Esta é a primeira referência à presença deste tipo de carvão na geologia da Madeira:

“Na costa do Norte entre S. Jorge e Santa Anna nas margens da Ribeira de S. Jorge; ou antes nas d’um dos seus afluentes denominado Ribeiro do Tabaco, aparece uma camada de lignita negra consistente, e ardendo com huma chamma clara, e vapores ácidos (N.51). Esta lignita repousa sobre uma camada d’argilla endurecida, permeada de matéria lignítica, a qual assenta imediatamente bazalto que em uma grossa assentada cobre ele mesmo a camada lignítica. Segundo as observações do Conde Vargas de Bédmar, sábio Dinamarquez (...) teve a bondade de comunicar-me com aquella urbanidade, e amor da sciencia, que sobremaneira o caracterizão, esta camada lignítica parece não estar na sua posição inicial, mas ter corrido d’uma altura superior até ao seu jazigo actual”

(Mouzinho de Albuquerque, 1837 pg. 21 e 22)

De notar que Mouzinho de Albuquerque relata já a existência de um estrato argiloso com matéria lenhítica, muito provavelmente, o estrato que viria a ser explorado pelos seus fósseis. Bedemar, mencionado anteriormente por Mouzinho de Albuquerque pelo nome de “Conde Vargas de Bédmar” faz um resumo das suas observações na Madeira e Açores, mencionando brevemente a existência da lenhite em S. Jorge (Bedemar, 1837). Lyell (1855) refere outra descoberta de microfósseis vegetais, em 1840, de ramos e raízes carbonizadas na área do Funchal:

“I saw no remains of fossil plants in any of the red partings or laterites above alluded to; but Mr. Smith, of Jordanhill⁴, was more fortunate in 1840, having met with the carbonized branches and roots of shrubs in some red clays under basalt near Funchal.”

(Lyell, 1855 pg. 514)

Macaulay⁵ (1840) no seu artigo “*Notes on the Physical Geography, Geology and Climate of the Island of Madeira*” refere o trabalho de Mouzinho de Albuquerque e a existência de lenhite em São Jorge e a existência de rizoconcreções nas dunas da Piedade. No ano seguinte é feita uma comunicação publicada no *Geological Society of London* por James Smith (1841), onde é apresentada uma análise química da lenhite de S. Jorge:

“The coal or lignite occurs on the north side of the island, on the banks of one of the tributaries of the St. George. Professor Johnston considers it to be the dried relict of an ancient peat bog, and its lustre, compactness and rhomboidal fracture to be due to the action of the basalt which overlies it. An analysis gave:

Carbon	60.7
Hydrogen.....	5.82
Oxygen and nitrogen.....	33.47
	99.99

and 20.05 per cent. of ash. This is the organic constitution of true peat; but no peat exists at present in Madeira, nor as far as Mr. Smith is aware, has any been noticed so near the

⁴ **James Smith, of Jordan Hill** (1782-1867). Geólogo e historiador bíblico. Membro da Sociedade Geológica de Londres. A sua estadia na Madeira deveu-se por razões de saúde (Bonnet, 1898).

⁵ **James Macaulay** (1817-1902). Médico escocês, viajante e escritor. Secretário deslocado (Foreign Secretary) da “Botanical Society of Edinburg”. Escreveu sobre a geologia, geografia e botânica da Madeira (Macaulay, 1840, 1844)

equator. He therefore suggests that this deposit may indicate a former colder climate in that latitude."

(Smith, 1841, pg. 354)

Heer (1857) refere o achado de um ramo carbonizado no Funchal (Pontinha) no ano de 1851. Segundo o autor tratava-se de um ramo carbonizado semelhante a murta (*Myrtus sp.*):

"De plantas eu possuo alguns restos que encontrei em tufos na Pontinha do Funchal, no Inverno de 1851, com o meu amigo Hartung. Estes consistem em cilindros completamente carbonizados, com ramificações em alguns locais. Aparentemente o tufo envolveu-os em chama, transformando-os em carvão. Fizemos muitos esforços no local, e concluímos de acordo com impressões que a planta deixou no tufo, a sua forma e textura, determinamos que apenas um dos ramos era liso misturado com delicadas tiras longitudinais, que deverá ter tido uma casca com forma semelhante à murta."

(Tradução, Heer, 1857 pg. 9)

No ano de 1851, Harcourt ⁶ publica o guia turístico "*A sketch of Madeira*", onde inclui um capítulo sobre a geologia. São mencionados os principais locais fossilíferos, destacando este autor a existência de lenhite em S. Jorge e o estudo de Smith em 1841:

"A small deposit of carbonaceous matter, without any marks of organization is found in the ravine of St. Jorge; but there are no remains in Madeira of plants, animals, or soil, buried beneath tufa or lava."

(Harcourt 1851, pg. 133)

Através destas pequenas publicações durante a primeira metade do séc. XIX, é dada a conhecer à ciência europeia vários locais de interesse geológico e paleontológico, que viriam mais tarde vir a ser visitados e estudados com mais detalhe na segunda metade do séc. XIX.

1.4.1.2. Segunda metade do séc. XIX: 1854-1882

A segunda metade do período das primeiras descobertas inicia-se com a viagem de Sir Charles Lyell⁷ (Fig. 9) aos arquipélagos da Madeira e Canárias nos anos de 1853 e 1854. Segundo Wilson (2007) a viagem de Lyell tinha como propósito a reavaliação das observações geológicas, da ilha da Madeira e Canárias, publicadas por Leopold Von Buch⁸. Buch é responsável pela formulação da teoria catastrofista das "Crateras de elevação". Esta teoria postulava que o levantamento das camadas de lava acumuladas horizontalmente no fundo oceânico estaria na origem da formação das ilhas vulcânicas (Dean, 1980; Wilson, 1998, 2007). Lyell crítico e insatisfeito com a teoria então vigente viajou até aos locais para ele próprio observar e documentar a geologia das ilhas. O trabalho de campo contou com a ajuda de George Hartung⁹ (residente então na ilha; Fig.

⁶ **Edward William Vernon Harcourt** (1825 – 1891). Político e naturalista inglês (Darwin Correspondence Project, 2012)

⁷ **Sir Charles Lyell** (1797 – 1875). Geólogo britânico. Um dos mais importantes geólogos do séc. XIX. Autor do livro "*Principles of geology*" onde defende a teoria do uniformitarismo. O seu trabalho foi fundamental para definir a geologia como a vemos e estudamos actualmente (Wilson, 1998).

⁸ **Christian Leopold Freiherr von Buch** (1774 – 1853). Geólogo germânico. Visitou a ilha da Madeira entre 21 de Abril a 2 de Maio, rumando depois para as ilhas Canárias. (Buch, 1826; Von Zittel, 1901)

⁹ **Karl Georg Friedrich Hartung** (1821-1891). Geólogo germânico. Publicou trabalhos pioneiros sobre a geologia das ilhas atlânticas (Wilhelm, 1997; Pinto e Bouheiry, 2007).

13) e com o Major António Azevedo¹⁰. A acompanhá-lo na viagem esteve ainda sua mulher, Mary Lyell e seu cunhado Charles Bunbury¹¹ (Fig. 9). Na publicação póstuma da correspondência de Bunbury existe uma carta, escrita no dia 22 de Janeiro de 1854, com uma descrição impressionante da caravana que acompanhou Lyell na sua exploração geológica à vertente norte da ilha da Madeira:

...The 13th (January) we set out from the Jardim to cross the main dividing range of the North side of the Island. The party consisted of Charles and Mary Lyell, Fanny and myself, Mary's and Fanny's maids, Major Azevedo, a Portuguese engineer officer, M. Hartung, a German naturalist, - all on horse-back, with a burriqueiro or guide to every horse. Item- Two men carrying a hammock for the ladies to use when fatigued; Item, two loaded mules and some men carrying instruments and luggage; in all twenty-two human beings, eight horses, two mules and a dog! I wish you could have seen our set out."

(Lyell, 1906 pg. 15 e 16)

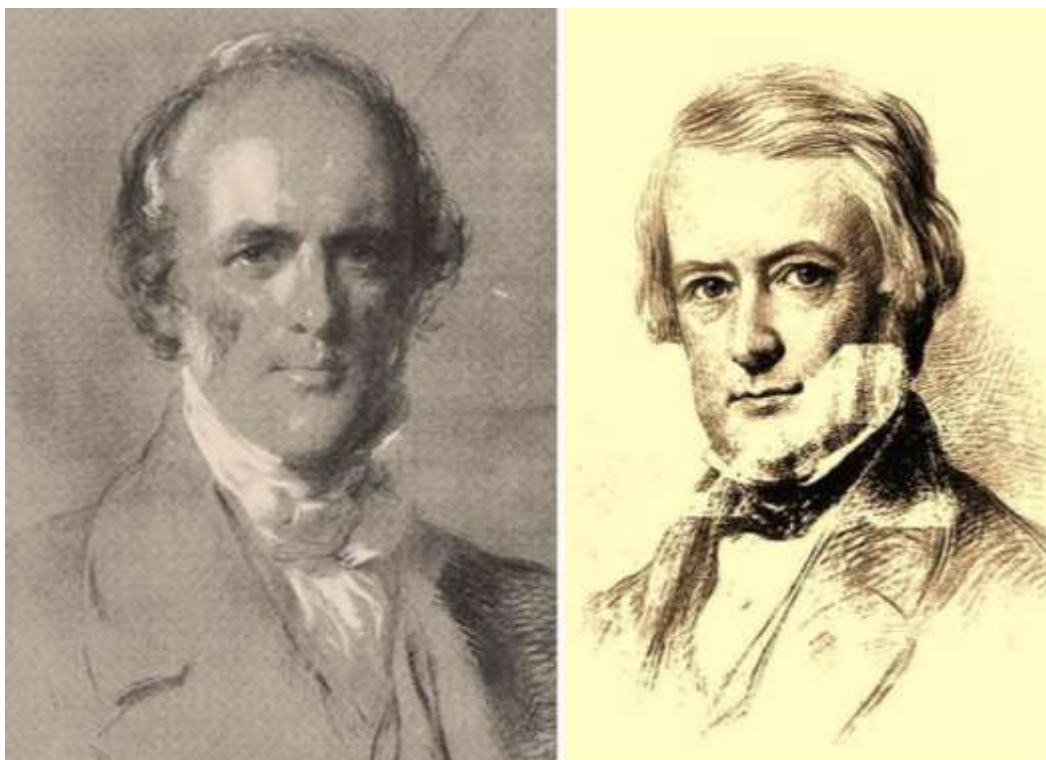


Figura 9. Esquerda: Sir Charles Lyell em 1853. Desenho a giz por George Richmond (retirado de Wilson 1998). Direita: Charles Bunbury (retirado de Lyell, 1906).

Lyell, na sua correspondência escrita durante a estada na Madeira e Canárias, faz referência à procura de afloramentos sedimentares fluviais intercalados com eventos eruptivos, de modo a obter provas da formação gradual e subaérea da ilha da Madeira (Lyell, 1881). Um dos pontos fundamentais foi a visita ao estrato de lenhite que aflorava num dos afluentes da Ribeira Grande de São Jorge, a então chamada Ribeira do Meio, no dia 18 de Janeiro de 1854 (Lyell e Hartung, 1856). A inspecção detalhada do local levou à descoberta de um jazigo de folhas fósseis, e à recolha de uma colecção de

¹⁰ **António Pedro d’Azevedo** (1812-1889) – Engenheiro militar e curioso da ciência. Acompanhou Heer e Lyell nas suas explorações científicas pela ilha da Madeira (Heer, 1857; Lyell, 1881; Carita, 2008)

¹¹ **Sir Charles James Fox Bunbury** (1809-1886). Naturalista e cronista inglês, especializado em botânica e paleobotânica (Lyell, 1906).

fósseis, como documentam duas cartas de Lyell a Leonard Horner¹², em Janeiro de 1854 e a carta escrita de Tenerife (Canárias) em 21 de Fevereiro do mesmo ano:

“(...) There is some example of an impure lignite, and a leaf-bed under basalt, in which I have been the first to find leaves; a greater mixture of ferns with dicotyledonous leaves than Charles Bunbury has seen in any other tertiary formation. He has found about five species of ferns, Pecopteris, Sphenopteris, Adiantites (?), &c., and has not quite examined all my specimens, most of which have been obtained for me by a peasant, whom I have kept at work ever since I found out the spot, which like most of the best geological localities here, is rather inaccessible.(...)”

(Lyell, 1881 pg. 191 e 192)

“(...) I have fossils, leaves of ferns and dicotyledons (more than 150 specimens) showing that before the island was formed, it was clad with vegetation. (...)”

(Lyell, 1881 pg. 195)

As cartas atrás citadas dão origem a uma comunicação lida em 1854 perante a “*Geological Society of London*” sob o título de “*On the Geology of some parts of Madeira*” (Lyell, 1854). Em consequência do trabalho realizado na Madeira e nas Canárias, Lyell, em Fevereiro de 1855, inclui na 5ª edição do seu livro “*A manual of elementary geology*” a descrição da jazida de São Jorge. No entanto este relato é muito vago, pois não nos dá uma localização exacta do afloramento, nem nos dá uma estratigrafia detalhada do local. A somar a esta descrição, Lyell propõe que a lenhite e os fósseis de folhas possam ter sido formados num lago¹³ de cratera.

“(...) Mr. Hartung and I obtained satisfactory evidence in the northern part of the island, in the ravine of S. Jorge, of the former existence of terrestrial vegetation, and consequently of the subaerial origin of a large portion of the lavas of Madeira. At q¹⁴ in the section the occurrence of a bed of impure lignite, covered by basalt, had long been known. Associated with it, we observed several layers of tuff and clay or hardened mud, in one of which leaves of dicotyledonous plants and of ferns abound. The latter, according to Mr. Charles J. F. Bunbury, are referable to the genera Sphenopteris, Adiantum?, Pecopteris, and Woodwardia, one of them having the peculiar venation of Woodwardia radicans, a species now common in Madeira. Among the dicotyledonous leaves, some are apparently of the myrtle family, the larger proportion having their surfaces smooth and unwrinkled, with a somewhat rigid and coriaceous texture, and with undivided or entire margins. “These characters,” observes Mr. Bunbury, belong to the laurel-type, and indicate a certain analogy between the ancient vegetable remains and the modern forests of Madeira, in which laurels and other evergreens abound, with glossy coriaceous and entire-edged leaves, while below them there is an undergrowth of ferns and other plants”.

The lignite above mentioned and the leaf-bed occur at the height of 1000 feet above the level of the sea, and are overlaid by superimposed basalts and scoria, 1100 feet thick, implying the existence of ancient terrestrial vegetation long before a large part of Madeira had been built up. The nature of the tuffs accompanying the lignite, together with some agglomerates in the vicinity, entitles us to presume that near this spot a series of eruptions once broke out. Nor is it improbable that there may have been here the crater of some lateral cone in which the lignite and leaf-bed accumulated.

(...) The dip of the latter cannot be clearly determined, since it is exposed to view for too short a distance; and the same may be said of the leaf-bed, part of which may be traced lower down

¹² **Leonard Horner** (1785 -1864). Geólogo, educador e inspector fabril. (Lyell, 1890).

¹³ **Nota:** Lyell em 14 Junho 1854 recebe uma carta do Dr. Lister, onde este lhe menciona a existência dos “atuleiros”, um tipo de turfa que se formava na lagoa situada em Sº António da Serra (White, 1851; NAHSTE project, 2012).

¹⁴ **Nota:** ver Fig. 21 do subcapítulo 4.1.1.1.

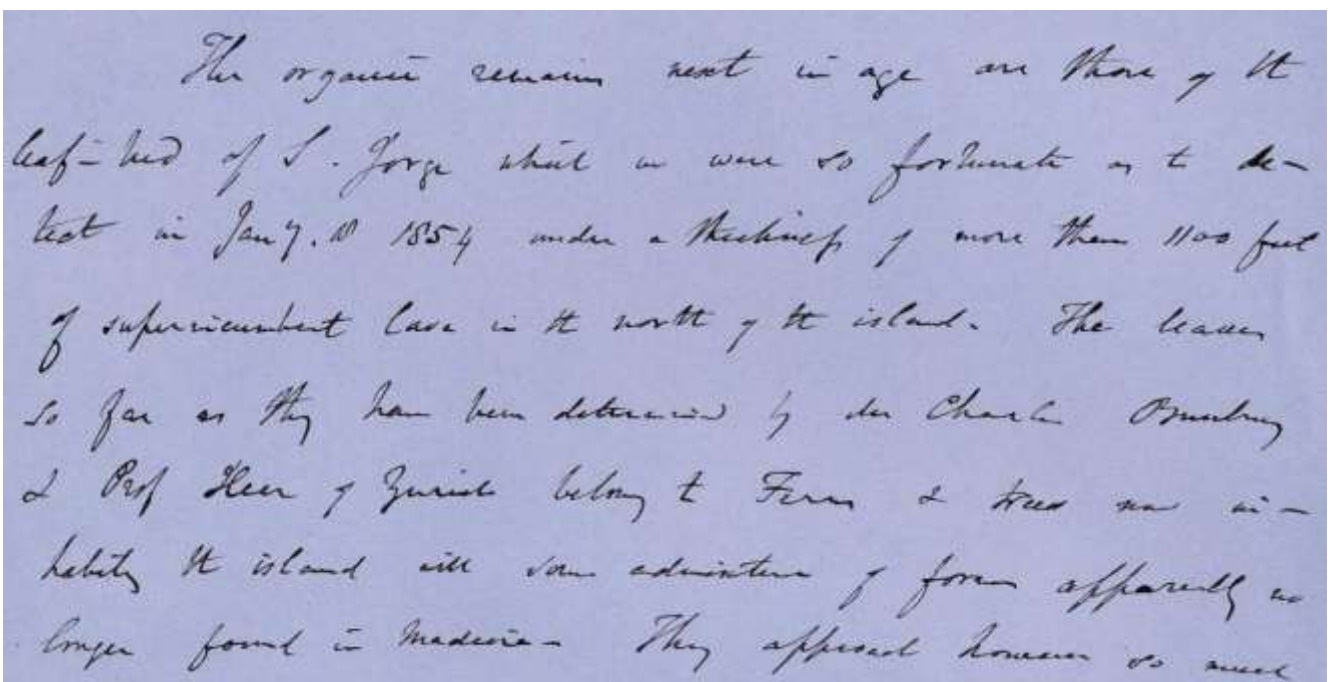
the ravine. It seems, however, to dip to the north or towards the sea conformably with the general inclination of the basaltic and tufaceous strata."

(Lyell, 1855, pg. 514, 515 e 516)

Lyell contava publicar conjuntamente com Hartung as observações feitas na ilha da Madeira, algo que nunca veio a acontecer, tendo os dois autores acabando por publicar as suas observações em separado (Pinto e Bouheiry, 2007). Existe no entanto um rascunho manuscrito por Lyell em co-autoria com Hartung, que dá pelo título de “*On the Geological Structure of the Islands of Madeira & Porto Santo*” (Lyell e Hartung, 1856)¹⁵ com diversas ilustrações de Hartung. Neste trabalho é mencionada a existência do jazigo de folhas de São Jorge, a data na qual foi descoberta a jazida e recolhidos fósseis e uma pequena discussão sobre as publicações efectuadas no ano de 1855 (Fig.10). No ano de 1856 a colecção de folhas fósseis de Lyell foi cedida a Bunbury de modo a serem estudadas como indica a carta de Bunbury a Lyell datada de 29 de Maio:

"Now to come to the subject of your letter received this morning: I have carefully drawn and described the greater number of the forms of leaves that I can make out in your S. Jorge collection: But have not finished the whole, nor have I yet written anything on the generalities of the subject"

(Lyell, 1906 pg. 95)



The organic remains next in age are those of the leaf-bed of S. Jorge which we were so fortunate as to detect in Jan'y. 18 1854 under a thickening of more than 1100 feet of superincumbent lava in the north of the island. The leaves so far as they have been determined by Mr. Charles Bunbury & Prof. Heer of Zurich belong to Ferns & trees now which habits the island with some admixture of forms apparently no longer found in Madeira...

Figura 10. Secção do manuscrito de Lyell (Lyell e Hartung 1856), com a menção da descoberta da jazida de folhas fósseis de S. Jorge. Digitalizado para o “Humboldt Project” pela “Edinburgh University Library”. Transcrição do texto: “*The organic remains next in age are there of the leaf-bed of S. Jorge which we were so fortunate as to detect in January 18 1854 under a thickening of more than 1100 feet of superincumbent lava in the north of the island. The leaves so far as they have been determined by Mr. Charles Bunbury and prof. Heer of Zurich belong to ferns and trees now which habits the island with some admixture of forms apparently no longer found in Madeira...*”

¹⁵ **Nota:** A datação de 1855 é dada pelo *website* que disponibiliza este documento digitalizado. Esta data não é coerente, pois aborda factos que Lyell só conheceria em 1856 (e.g. o facto de Lyell escrever sobre a descrição de Heer, a que só teve acesso em 1856).

Este estudo começou anteriormente à data da carta citada. Bunbury envia uma carta a Katherine Lyell a 3 de Fevereiro de 1856, onde expressa que vai continuar a estudar os macrofósseis da ilha da Madeira (Lyell, 1906 pg. 87). A correspondência entre Lyell e Hartung também continuou durante este período. Lyell, muito provavelmente através de Hartung, fica a saber que Oswald Heer¹⁶ (Fig. 11) detém uma colecção de fósseis da S. Jorge. A 19 de Fevereiro de 1856, Lyell envia uma carta a Bunbury a informar que Hartung escreveu a Heer pedindo-lhe os fósseis, para que as duas colecções fossem analisadas em conjunto:

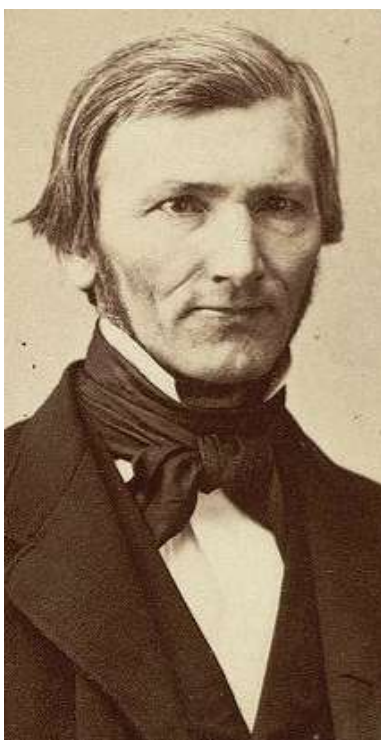


Figura 11. Professor Oswald Heer (fonte: The Royal Liabrary - National Library of Denmark and Copenhagen University: <http://www.kb.dk/images/billed/2010/okt/billeder/object147703/da/#>). Data da foto desconhecida.

“Hartung has written to Professor Heer to invite him to send his S. Jorge fossil plants to me, that I may submit them to your inspection”

(Lyell, 1881 pg. 208)

A resposta de Heer não tardou. A 23 de Abril de 1856, Lyell responde à carta de Heer, agradecendo a resposta e o envio das separatas¹⁷ sobre as *“Plants of S. Jorge”* (pg. 210). Heer, em vez dos fósseis pedidos por Hartung, envia pelo menos duas separatas sobre os fósseis de S. Jorge. A separata que Lyell recebe é sobre uma comunicação datada de 5 de Novembro de 1855. A obra de 40 páginas, intitula-se de *“Ueber die fossilen Pflanzen von St. Jorge in Madeira”*¹⁸ publicada no Jornal *“Neue Denkschriften der allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften”* (Heer, 1857). Este artigo é o mais importante até à presente data, sobre os fósseis vegetais de São Jorge. Neste artigo, não só é dada uma introdução geral à geologia da Madeira, mas também são abordados os principais afloramentos sedimentares, e os conteúdos fossilíferos. É discutida a flora actual da ilha e feita uma descrição da estratigrafia e da morfologia, comparando-os com fósseis semelhantes europeus terciários da Suíça e com a flora da Madeira. A este artigo são anexadas três estampas, duas em que

¹⁶ **Oswald Heer** (1809-1883). Paleobotânico, Botânico, Entomólogo e Teólogo. Foi professor na universidade de Zurique e no ETH, e director do jardim botânico de Zurique. Segundo várias fontes visitou a Madeira consecutivamente durante o período de 1850 a 1855 por razões de saúde (e.g. Malloizel e Zeiller, 1887; Stafleu e Cowan, 1976; Wilhelm, 1997). Segundo o Prof. Dr. Conradin A. Burga, autor da nova biografia de Oswald Heer, este só esteve na Madeira entre Setembro de 1850 e Abril de 1851 (Burga 2012, comunicação pessoal).

¹⁷ **Nota:** Apesar da publicação do artigo de Heer datar de 1857, e ser citado comumente como pertencente a esse ano, existe uma separata datada de 1855. Stafleu e Cowan (1976) aquando da revisão da obra de Heer não conseguem confirmar essa existência, mas aventam a hipótese dela existir. De facto já no princípio de 1856 existem dois pequenos resumos sobre o artigo dos fósseis vegetais de S. Jorge, publicados pelo próprio Heer, em duas revistas, na *“Gartenflora Fünfter Jahrgang”* (Heer, 1856b) e na revista *“Neues Jahrbuch Für Mineralogie, Geognosie, Geologie Und Petrefakten-Kunde Jahrgang”* (Heer, 1856a). Outra fonte que nos aponta para a existência de uma separata de 1855 são as publicações póstumas da correspondência de Lyell (Lyell, 1881) e de Bunbury (Lyell, 1906), como é já citado no texto principal. A separata é ainda mencionada no catálogo da *“Bibliothèque de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles”* (Cérésole, 1858). Esta sociedade apresenta ainda duas actas sobre a apresentação em francês de uma conferência sobre os fósseis de S. Jorge (Harpe, 1855, 1856).

¹⁸ **Tradução:** “Sobre as Plantas fósseis de São Jorge na Madeira”.

figuram 58 espécimes paleobotânicos (25 espécimes numa estampa e 33 espécimes na segunda, sendo um deles um Coleóptero¹⁹; Figs. 12a e 12b). A terceira estampa ilustra a estratigrafia geral da ilha, juntamente com uma ilustração do afloramento de S. Jorge e o afloramento das dunas da Piedade. O paleobotânico suíço antecipou-se a Bunbury e Lyell, na descrição e publicação dos fósseis de S. Jorge. Este adiantamento sobre a descrição dos fósseis vegetais de S. Jorge deixa Lyell e Bunbury reticentes sobre a validade das espécies e originalidade do ensaio de Heer, como comprovam duas cartas²⁰ de Lyell a Bunbury datada de 22 de Abril 1856:

“My dear Bunbury, — Heer's paper is most interesting to me, although “Pereant qui ante nos, nostra dixerunt” came almost to my lips when reading some of the pages. The first question is how much faith one ought to have in his determination of the S. Jorge plants. The Corylus, for example, is it a hazel? He draws important conclusions from it, and the Asplenium marinum, on which he reasons.

The discussion on the former existence of an Atlantis is one on which I have made many notes and written much. It is very suggestive as treated by Heer, and better than I anticipated from his old essay on “Madeira”. He does not appear to feel enough the contrast of the shells and plants, the forms so much more endemic and less European (I allude to the land-shells). It is really a splendid essay of Heer — allowing for future modifications. As I think I can prove that the islands, as islands, go back to the Miocene period, I feel the more interest in his speculation as to the original source of some of the plants from tertiary “protoplasts”, as Dr. Latham would say.”

(Lyell, 1881 pg. 178)

A resposta à carta de Heer data de 23 de Abril de 1856, onde Lyell faz juntamente com Bunbury uma pequena análise dos fósseis de S. Jorge, comparando-os com os figurados por Heer:

“My dear Sir, - I received a few days ago both copies of your most valuable essay on the ‘Plants of S. Jorge’ ... Mr. Bunbury sees by the figures you have given that four of your ferns are wanting in our collection, namely: Trichomanes radicans, Osmunda regalis, Asplenium Bunburianum and A. Marinum., On the other hand we have three very well-marked ferns, and perhaps a fourth, which you have not. One of the most remarkable of our dicotyledonous leaves is not in your set. Mr. Bunbury agrees in the identification of Pteris aquilina and Oreodaphne foetens. Mr. Bunbury will still find some novelties to communicate in the way of species, though he and Dr. Hooker are very timid in identifying species in comparison with yourself. The specimens of the fossil Myrica Faya which you have figured do not agree closely with any of the varieties of the same plant which Mr. Bunbury brought from Madeira and Tenerife. We have more numerous and finer specimens of Woodwardia than yours, and hope you will remember that Mr. Bunbury recognized this plant in my paper in 1854 to which you refer. He thinks it is W. radicans, as he allowed me to say at that time.”

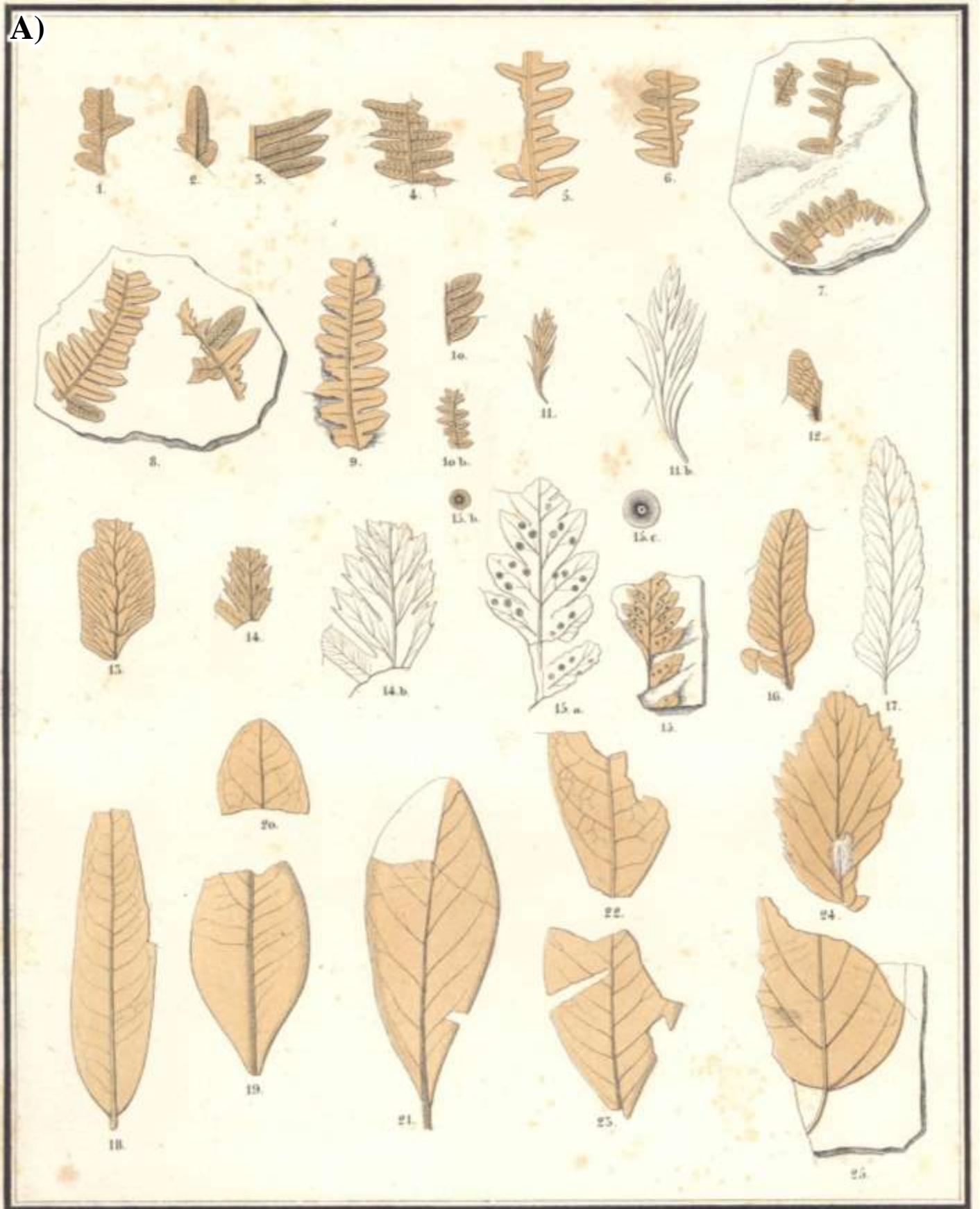
(Lyell, 1881, pg. 210 e 211)

As cartas seguintes entre Lyell e Bunbury demonstram um grande cepticismo nas identificações feitas por Heer. Lyell no entanto recebe boas referências sobre o trabalho de Heer, como expressa na carta a Bunbury de 30 de Abril de 1856 onde refere informações sobre a boa conduta de investigação deste paleobotânico.

¹⁹ **Nota:** Machado (2006), realizou uma revisão do género, considerando a classificação do fóssil como *nomen dubium*. De salientar que este autor descreve a localização dos fósseis de plantas de S. Jorge (no ETH-Z) e ainda informa que o fóssil do coleóptero está desaparecido da colecção.

²⁰ **Nota:** A carta na publicação original é datada de 1851. Esta é inconsistente com os acontecimentos que retrata. Muito provavelmente será datada 1856, sendo a data de 1851 um erro de tipografia e de organização da correspondência de Lyell.

A)



1-10. *Pteris aquilina*. 11. *Trichomanes radicans*. 12. *Woodwardia*. 13. *Osmunda regalis*. 14. *Asplenium Bunburyanum*. 15. *Aspidium Lyelli*. 16. 17. *Asplenium marinum*. 18. *Salix Lowei*.
19-23. *Myrica Faya*. 24. *Ulmus*. 25. *Rhamnus latifolius*.

B)



1—3. *Corylus australis*. 4. 14. *Oreodaphne foetens*. 15. 16. *Vaccinium maderense*. 17. *Erica arborea*.
 18. 19. *Clethra arborea*. 20. *Vinca*? 21. 22. *Myrtus communis*. 23. 24. *Ilex Hartwegii*.
 25. *Pistacia*. *Phacacum*. 26. *Rosa*. 27. *Pittosporum*. 28. *Psoralea*.
 29—32. *Phyllites Ziegleri*. 34. *Laprocercus Wollastoni*.

Figuras 12A e B. Estampas I e II com as ilustrações dos morfótipos estudados por Heer, publicados em 1857.

Em cartas posteriores a 1856 dirigidas a Darwin²¹, ou na publicação de Lowe²² sobre a flora da Madeira, Lyell e Bunbury são críticos acerca da publicação de Heer, como veremos mais à frente nesta secção.

Georg Hartung (Fig. 13) tem um papel fundamental na história da descoberta e publicações dos fósseis de S. Jorge. Não só Hartung conhecia Lyell (tendo os dois realizado trabalho de campo na jazida de S. Jorge), como também terá conhecido Heer, na ilha da Madeira durante o inverno de 1850-1851 para onde ambos viajaram por problemas de saúde (Heer, 1857; Wilhelm, 1997).

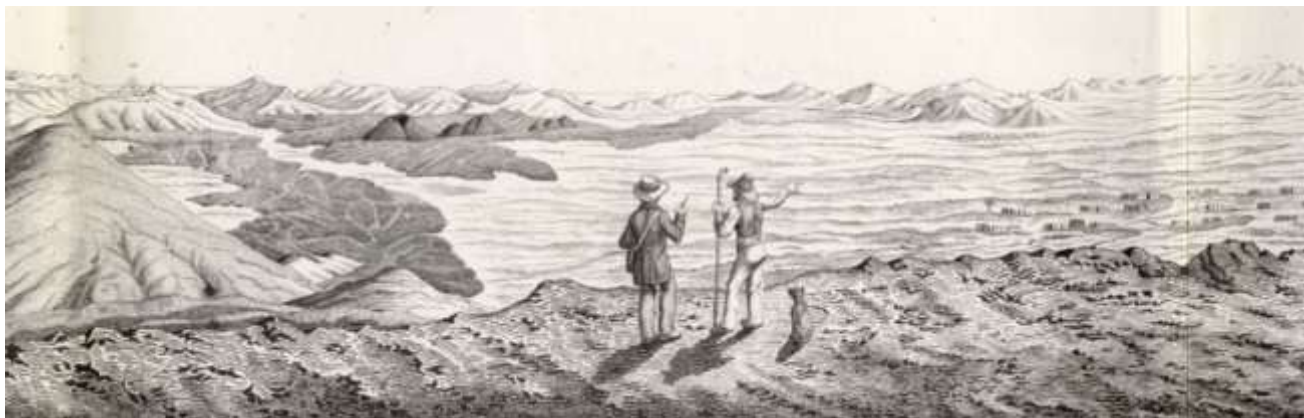


Figura 13. Georg Hartung (esquerda) e o Sr. Majoreno (direita) em trabalho de campo em Fuerteventura. Esta figura é um pormenor de um desenho efectuado pelo próprio Hartung (retirado de Hartung, 1857).

Segundo Pinto e Bouheiry (2007), Hartung até à ida para a Madeira seria um leigo em ciência, tendo sido então introduzido às ciências biológicas e geológicas pelo trabalho de campo efectuado com Heer, e posteriormente em 1853-1854, pelos trabalhos de campo com Lyell nos arquipélagos da Madeira e Canárias. Os resultados destes trabalhos viriam a dar origem, directa e indirectamente a alguns trabalhos pioneiros sobre a geologia e cartografia da ilha da Madeira (e.g. Ziegler, 1856; Heer, 1857; Ziegler, 1858; Hartung e Mayer, 1864). Os espécimes figurados por Heer foram colhidos e enviados a este por Hartung, como é relatado na obra de Heer sobre os fósseis de São Jorge:

“No Verão de 1854 recebi através dos meus amigos Hartung e Ziegler-Steiner alguns exemplos destas plantas, mas que lamentavelmente estavam em muito mau estado. Mais e melhores pedaços foram recolhidos no último Inverno.”

(tradução de Heer, 1857, pg. 3)

Heer refere que durante a sua estada na Madeira, que nunca chegou a visitar a jazida de São Jorge, apesar de conhecer a sua existência através do trabalho publicado por Smith (1841). As estampas da estratigrafia da Madeira e a informação geológica do local foram desenhadas por Hartung. Apesar de Heer ter sido o primeiro a figurar e descrever os fósseis de S. Jorge, isso não demoveu Bunbury de continuar a comparar os espécimes de Lyell com os de Heer. Ainda não convencido com as identificações continua a

²¹ **Charles Robert Darwin** (1809-1882). Naturalista inglês, famoso pela sua obra é a “*On the origin of species*”. Esta obra é responsável pela mudança do paradigma das ciências biológicas. Além desta obra, Darwin publicou quer sobre geologia, quer sobre biologia. Segundo o *website* “*Darwin Correspondence Project*” Lyell emprestou para leitura a obra de Heer, tendo-a este lido a 7 Agosto 1856. Darwin cita esta obra na primeira edição da *Origem das espécies* de 1859.

²² **Richard Thomas Lowe** (1802-1874). Botânico e padre inglês, que residiu na ilha da Madeira durante o período de 1832 a 1854 (Stafleu e Cowan, 1981). Publicou dois volumes sobre a flora da Madeira (Lowe, 1857-1872).

estudar e a comparar material de herbário com o material fóssil. Ao longo dos anos de 1856 e 1857 continua a trabalhar e analisar a colecção de S. Jorge, como indica a sua correspondência de 11 de Novembro de 1856:

“I have been busy with the fossil leaves from Madeira, and studying the characters of recent leaves trying to satisfy myself whether one could safely judge of genera and families by leaves alone; as far as I have gone yet, my experience is against it.”

(Lyell, 1906 pg. 108)

No verão de 1857, Lyell viaja até Zurique onde se encontra com Heer. Na carta escrita a 15 de Agosto a Leonard Horner, durante essa estada, indica que Heer e Lyell conversaram sobre os fósseis de S. Jorge:

*“Heer convinced me that the Madeira plant sent to him from S. Jorge was the *Oreodaphne foetum*, and if Charles Bunbury found *Laurus Canariensis* among mine, it must be because both are there, which is not improbable.”*

(Lyell, 1881 pg. 247)

Bunbury apresenta à Geological Society of London, em 28 de Abril de 1858 uma palestra sobre a colecção de São Jorge. Posteriormente é publicada em 1859 no *“Quarterly Journal of the Geological Society”* sob o título de *“On some vegetable remains from Madeira”* (Bunbury, 1859). Esta publicação, mais breve que a de Heer, compara as duas colecções. Este artigo começa com uma introdução, onde Bunbury alerta para o facto da variabilidade morfológica das folhas poder induzir em erro as identificações, e pela perda de caracteres durante a fossilização que facilitariam a identificação dos fósseis. Bunbury analisa 140 exemplares, encontrando 11 espécies que não estão estavam presentes na colecção de Heer. Esta publicação encerra para Bunbury o estudo da colecção de São Jorge.

No ano de 1859, Darwin publica o seu famoso livro *“On the origin of species”*. A obra de Heer é mencionada no capítulo IV sobre a selecção natural, onde pode ler-se:

“On a small island, the race for life will have been less severe, and there will have been less modification and less extermination. Hence, perhaps, it comes that the flora of Madeira, according to Oswald Heer resembles the extinct tertiary flora of Europe.”

(Darwin 1859 pg. 107)

O ano de 1859, segundo Hartung e Mayer (1864), fica marcado também pela descoberta de uma nova jazida de jazida de folhas fósseis na ilha da Madeira, situada no Porto da Cruz (concelho de Machico). A descoberta é realizada por Johnson²³ e posteriormente descrita por Hartung. Nos anos seguintes existem algumas críticas ao trabalho de Heer sobre os fósseis de São Jorge. Uma das críticas encontra-se por exemplo na carta de Darwin a Charles Lyell, datada de 1861:

“You quote Heer; I suppose that you know that Wollaston has overly bad opinion (all told me when at Torquay²⁴) of his Entomology & declares he is not to be at all trusted; & that Lowe says he has made great mistakes about Madeiran fossil plants.”

(Carta nº 3254)

Outra das críticas pode ser lida na correspondência de Hooker²⁵ para Darwin, 17 Março de 1862:

²³ **James Yate Johnson** (1820-1900). Biólogo, com vários trabalhos sobre a fauna e flora da Madeira. Correspondente da Zoological Society of London (Johnson, 1885; Hansen, 1980).

²⁴ **Torquay**: Cidade situada no sudoeste da Grã-Bretanha.

“What do you think of 3 of Heer’s Madeira fossils referred to Ulmus, Corylus & Leguminosæ, all turning out to be the leaflets of one Bramble & this the commonest plant in Europe, & found in Madeira too! I must confess it rather turns my stomach, for I was beginning to waive many of my objections against Bot. Paleontology in favor of O. Heer. I wrote to Lyell about it 10 days ago, but he does not answer my letter! I suppose he is what is called flabbergasted”

(Carta nº 3474)

Hooker muito certamente cita a análise que Lowe faz dos fósseis de São Jorge, no 2ª parte do 1º volume da sua obra “*A Manual for Flora of Madeira and the adjacent Islands of Porto Santo and the Deserts*”, publicada em 1 Março de 1862 (Lowe, 1862). De salientar que Lowe faz sempre que possível uma análise às espécies identificadas por Heer.

A próxima referência a folhas fósseis de S. Jorge surge sob forma de uma carta enigmática de Heer ao professor H.G. Bronn²⁶. Datada de 17 de Março de 1861, referente a uma devolução de 260 espécimes entomológicos e paleobotânicos a Bronn (Heer, 1861). Na carta, Oswald Heer discute a análise de uma colecção de fósseis de S. Jorge, resultando na identificação de 7 morfótipos. Os espécimes identificados na carta anterior, muito provavelmente serão espécimes recolhidos por Hartung nas suas passagens pela ilha entre os anos de 1854 – 1857. Segundo o artigo biográfico de Hartung, durante a primeira parte do ano de 1858, Hartung visitava frequentemente Bronn para discutir a natureza dos espécimes recolhidos nas viagens pelas ilhas atlânticas (Pinto e Bouheiry, 2007). Muito possivelmente a carta de 1861 de Heer referir-se-á à análise destes espécimes.

A fortalecer a ideia de uma colecção privada de folhas fósseis de São Jorge, existe a publicação de 1864 do livro “*Geologische Beschreibung der Inseln Madeira und Porto Santo*”²⁷ (Hartung e Mayer, 1864). Este livro tem uma secção exclusiva para a paleontologia da ilha da Madeira e Porto Santo, onde Hartung dedica várias páginas à paleobotânica, apresentando fósseis colhidos em S. Jorge e na nova jazida do Porto da Cruz. As identificações ficaram a cargo de Oswald Heer. A revisão da jazida de S. Jorge apresenta-se como um resumo semelhante ao artigo de Heer, acrescentando um morfótipo novo para a jazida (espécie que é identificada, como nova por Heer na carta de 1861 a Bronn). A novidade é a descrição de um novo local onde foram recolhidas folhas fósseis. As folhas fósseis do Porto da Cruz resultam da exploração de Johnson em Janeiro de 1859 e de uma recolha posterior de Hartung. Desta colecção são descritas e figuradas 11 morfótipos correspondentes a 3 espécies (Fig. 14).

Uma outra referência importante neste período é a publicação da acta de uma reunião da “*Geological Society of London*”, onde Lyell em 1868 oferece os fósseis da Madeira à guarda dessa instituição (Jeffreys *et al.*, 1869)

²⁵ **Joseph Dalton Hooker** (1817 - 1911). Botânico inglês. Desempenhou várias funções, tais como director dos “Kew Gardens”, e como paleobotânico do “*Geological Survey of Great Britain*”. Correspondente de Darwin ao longo de mais 40 anos (Hansen, 1980, Darwin Correspondence Project 2012)

²⁶ **Heinrich Georg Bronn** (1800 – 1862). Eminent geólogo alemão. Responsável pela tradução da origem das espécies em alemão. (Von Zittel, 1901; Meyer, 2009)

²⁷ **Tradução:** Descrição geológica das ilhas da Madeira e Porto Santo.

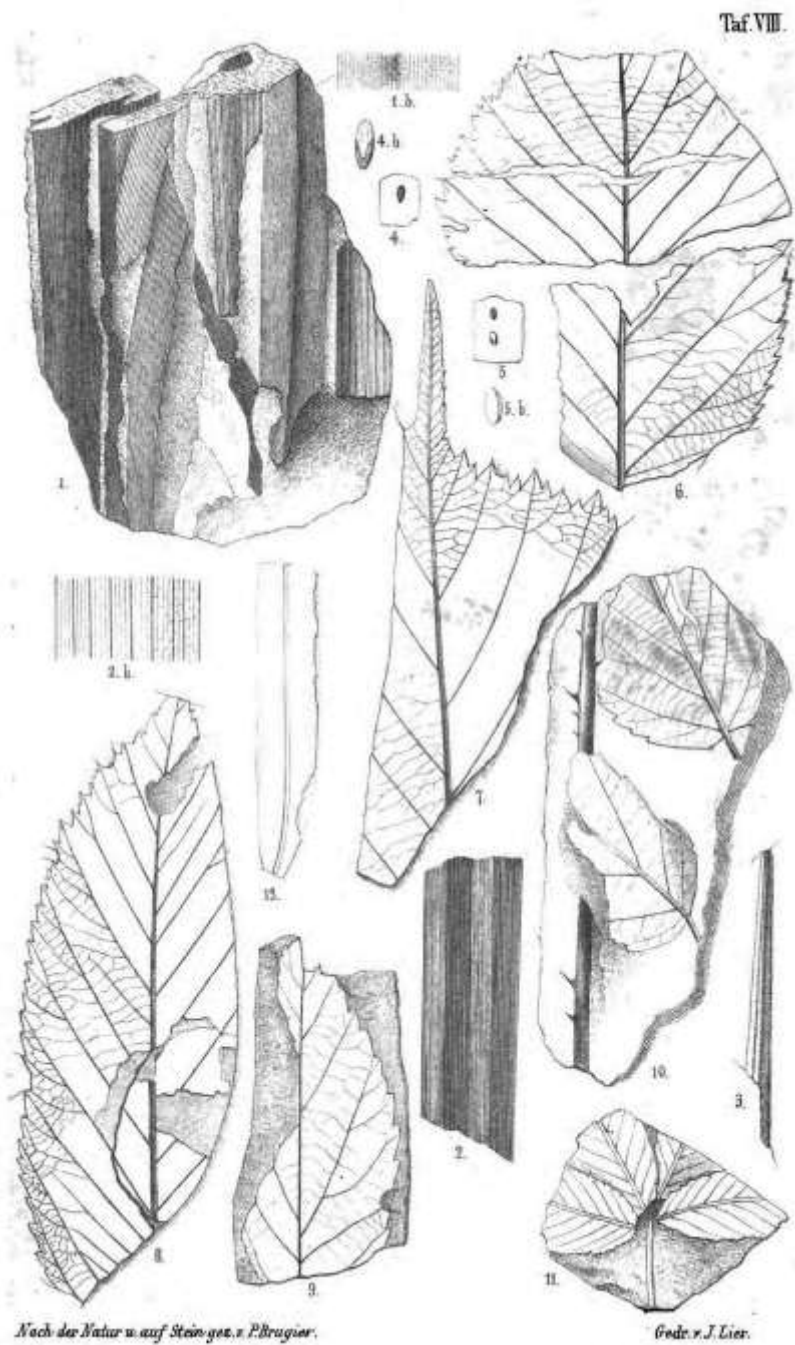


Figura 14. Espécimes paleobotânicos ilustrados por Hartung (Hartung e Mayer 1864).

A última referência é a chamada de atenção feita por Starkie Gardner²⁸ em 1881 na revista “*Nature*”, para possíveis erros nas identificações efectuadas por Heer (1857):

“(...) In this case several of the commonest indigenous plants of Madeira were referred to extra-Madeiran plants. For instance, the terminal leaflets of Rubus discolor were referred to Corylus australis, and various leaflets of Rubus grandiflora are figured as Corylus australis, Ulmus suberosa, and Psoralea dentate; the so-called Pistacia Phoaecum is the common myrtle, the Ilex Hartungi is the Madeira Vaccinium, and the figures of Myrica Faya belong to

²⁸ **John Starkie Gardner** (1844-1930). Botânico, geólogo e metalúrgico inglês. Membro da “*Geological Society*” de Londres (Bolton Museum and Archive service 2012, Starkie Gardner, 1882)

Ardisia excelsa. In this case the mistakes are the more singular, as Prof. Heer had actually sojourned in Madeira, and the plants are the commonest on the island.”(...)

(Starkie Gardner, 1881, pg. 200)

1.4.2. Revisitação ou citação durante o período finais do séc. XIX - finais do séc. XX (1882-1999)

No período que se segue surge um novo interesse em visitar os locais descritos anteriormente e a tentativa de obter novos espécimes paleobotânicos; noutros casos há apenas citações dos trabalhos efectuados no período 1823-1882. A jazida de S. Jorge fica conhecida através dos livros de Lyell publicados de 1855-1871. Quer o “*Principles of Geology*”, quer o “*Elements of Geology*”, nas revisões feitas após a viagem à Madeira e Canárias falam da passagem pela ilha da Madeira e da existência de estratos de lenhite e da jazida de folhas fósseis de S. Jorge. O “*Elements of Geology*” acaba por tornar-se um manual obrigatório de geologia na era Vitoriana (Rudwick, 1998). Não seria de estranhar que turistas curiosos sobre geologia tivessem lido sobre a existência deste local e o quisessem visitar, tornando-o assim num local obrigatório de passagem. Como prova disto, o afloramento de S. Jorge e as lenhites são mencionadas em dois guias turísticos deste período (e.g. Johnson, 1885; Brown, 1901), o que faz pensar que este local suscitava interesse de visita por parte dos turistas ingleses.

A referência seguinte sobre a paleobotânica da ilha da Madeira surge em 1882 com a comunicação de Starkie Gardner sobre as suas observações geológicas da ilha. (Starkie Gardner, 1882). Além da observação de rochas ígneas, Starkie Gardner tenta visitar a jazida de S. Jorge e relata que em 1865, uma derrocada cobriu o afloramento inicial. Ainda assim visitou o suposto local, fazendo uma descrição estratigráfica e comparando-a com a de Heer (1857), não obtendo nenhum exemplar. No promontório do Porto da Cruz consegue recolher alguns espécimes:

“I obtained beautifully preserved leaves of two species of bramble, and both the leaves and flower-spikes of a Carex, while a little to the west a few silicified stems were imbedded.”

(Starkie Gardner, 1882, pg 280)

Johnson (1885), na 3ª edição do seu guia turístico, apresenta um capítulo inteiramente dedicado à geologia. Neste capítulo uma descrição breve dos locais fossilíferos da ilha da Madeira, com especial atenção para as jazidas do Porto da Cruz e S. Jorge (as chamadas “leaf beds”). Destaca que as lenhites de São Jorge não têm qualquer valor para combustível e que o sítio ficou inacessível por uma derrocada. A pequena lista de identificações dada para S. Jorge já inclui as correcções feitas por Lowe. No Porto da Cruz, este autor salienta a existência de uma jazida de folhas de dicotiledóneas nas camadas sedimentares mais inferiores do promontório daquela vila:

“In a thin bed of tuff near the base there has been discovered an abundance of well-preserved leaves of dicotyledonous, plants chiefly belonging to a species of Rubus, apparently the R. grandifolius, peculiar to the island. In another layer were found fragmentary leaves of Carex, seemingly C. pendulata, Huds., whilst in different places pieces of soft spongy wood came to light.”

(Johnson, 1885, pg 252)

Outra menção interessante a fósseis vegetais é feita por João Tierno (1897). No seu relatório multidisciplinar, onde alude à existência de plantas fósseis:

“São vulgares no interior das laterites os pedaços carbonizados de plantas”

(Tierno, 1897, pg 1057)

Em 1901 um dos guias turísticos da ilha da Madeira, o “*Brown's Madeira and the Canary Islands with the Azores*” (Brown, 1901), apresenta também a informação da existência de linhite, e o facto de o afloramento ter sido ocultado por uma derrocada.

No ano de 1904 o dinamarquês Martin Vahl²⁹ inclui na sua tese de doutoramento intitulada de “*Madeiras Vegetation: Geografisk Monografi*”, uma lista das espécies microfósseis, citando os trabalhos de Heer (1857), Bunbury (1859) e o de Hartung e Mayer (1864). Além desta lista, apresenta uma lista de *taxa* fósseis análogos ao *taxa* presentes actualmente na ilha da Madeira.

Cronologicamente o seguinte autor a referir-se à paleobotânica da Madeira é Cockerell³⁰ (1928). No seu artigo sobre a flora da Madeira faz referência às duas jazidas supramencionadas. Resume novamente as antigas descrições dos fósseis de S. Jorge e as correcções feitas por Lowe e revisita a jazida de Porto da Cruz:

“Other similar remains were reported from Porto da Cruz, on the north shore of the Island. I went there in search of them, but could find nothing recognizable.”

(Cockerell, 1928, pg. 69)

A referência seguinte aos fósseis vegetais da ilha da Madeira surge na obra enciclopédica “*Elucidário Madeirense*” (Silva e Meneses, 1940). Aqui é novamente mencionada a existência de fósseis vegetais. Fazem novamente um resumo das antigas publicações do séc. XIX, muito certamente baseados na obra de Johnson (1885), mas apontando um dado curioso: a derrocada descrita por Starkie Gardner (1882) que cobriu o afloramento de S. Jorge em meados de 1865, teria sido limpa dos escombros e posta novamente à luz do dia em 1917. Os autores não explicam quem limpou ou as razões da limpeza deste local.

Custódio de Morais (1948) no seu artigo sobre a geologia do arquipélago da Madeira aborda também a existência de lenhite em S Jorge, mas sem aprofundar sobre o assunto. O artigo seguinte é publicado por Grabham³¹ em 1948. Com o título de “*Esboço da formação geológica da Madeira*”, cita alguns trabalhos anteriores sobre a paleobotânica da Madeira. Apesar de apenas relatar a existência dos fósseis vegetais e de os usar como prova para as diferentes fases eruptivas que construíram a ilha, existe uma pequena colecção de fósseis da jazida do Porto da Cruz, recolhida por este autor. Provavelmente esta colecção foi fruto das observações feitas “*in loco*” para a escrita deste artigo.

Mais tarde e no mesmo ano, o paleobotânico Carlos Teixeira³², num artigo sob a forma de apontamentos destinados a alunos de geologia, escreveu sobre os aspectos das ilhas atlânticas (Teixeira, 1948), apresentando uma lista dos fósseis descritos por Heer (1857) e por Hartung e Mayer (1864). De salientar a omissão do estudo efectuado por

²⁹ **Martin Vahl** (1869-1946). Geógrafo e Botânico dinamarquês (IPNI, 2012)

³⁰ **Theodore Dru Allison Cockerell** (1866 - 1948). Zoólogo, botânico e entomólogo inglês. Professor de Entomologia e Zoologia na Universidade de Chicago. Visitou a ilha da Madeira e Porto Santo várias vezes desde a infância (1879) até à sua vida adulta. (Cockerell e Weber, 2000).

³¹ **George Walter Grabham** (1882-1955). Excêntrico geólogo madeirense, descendente das famílias inglesas Grabham e Blandy sediadas na ilha da Madeira. Foi geólogo do “*Geological Survey of Sudan*”. (Internacional Geological Congress, 1913; Bryans, 1959).

³² **Carlos Teixeira** (1910-1982). Professor universitário da Faculdade de Ciências de Lisboa e Paleobotânico. Publicou extensivamente sobre a paleobotânica de Portugal (Gonçalves, 1984; Pais, 2010).

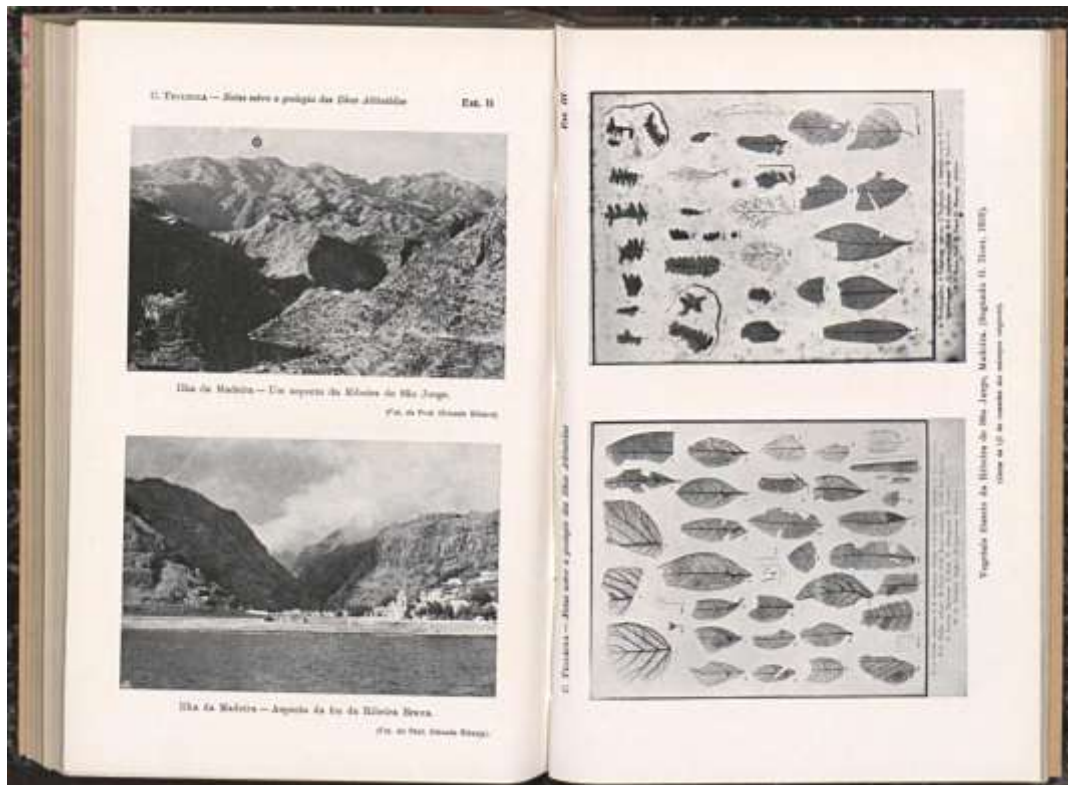


Figura 15. Páginas 234 e 235 do artigo publicado por Teixeira em 1948. Canto superior esquerdo: foto da ribeira Grande de São Jorge, o local da antiga jazida; Página direita: reprodução das estampas de Heer (1857).

Bunbury (1859), e a proveniência dos fósseis descritos por Hartung, erroneamente atribuídos à jazida de S. Jorge (do total descrito por Hartung, apenas 1 espécime figurado foi colhido em S. Jorge, tendo os restantes sido colhidos em Porto da Cruz). Contudo, Teixeira figura no seu artigo as estampas de Heer (1857) e Hartung e Mayer (1864) e uma foto da ribeira Grande de S. Jorge (Fig. 15). Ainda neste artigo Teixeira refere a presença de lenhites de *Taxus baccata* no Paúl da Serra. Este autor ainda publica posteriormente, em 1951, uma nota de 4 páginas sobre o artigo onde justifica entre outros aspectos a transcrição das listas fósseis no seu trabalho de 1948, e onde explicita a inexistência de trabalhos sobre revisão da paleontologia da Macaronésia:

“Quanto às listas de fósseis que transcrevi, relativas ao Miocénico dos Açores e Madeira, embora não estejam actualizadas nem revistas modernamente, são de paleontologistas que, na época, eram dos mais categorizados. Esta razão e o facto de os trabalhos em que a maior parte delas foram publicadas serem hoje raros, parece-me justificação suficiente para as ter incluído nos meus apontamentos.”

(Teixeira, 1948, pg. 268 e 269)

A execução da carta geológica na escala de 1:50.000, publicada em 1975 levou a que se fizesse uma revisão de todas as publicações da geologia da ilha da Madeira (Zbyszewski *et al.*, 1975). A “Notícia explicativa da Carta Geológica da Madeira” dá-nos uma lista das espécies paleobotânicas dos autores do séc. XIX (Heer, 1857; Bunbury, 1859; Hartung e Mayer, 1864). Apesar de mencionarem as duas jazidas, somente a jazida do Porto da Cruz é assinalada na carta e existe a referência aos “tufos com vegetais fósseis de Arco de São Jorge”, muito provavelmente uma referência aos fósseis de S. Jorge. Sensivelmente na mesma altura Michell-Thomé faz uma excelente revisão sobre a geologia das ilhas Atlânticas. Um primeiro trabalho, datado de 1974 aborda a diversidade e ocorrência de rochas sedimentares nas ilhas da Macaronésia (Mitchell-Thomé, 1974). Sobre a existência de restos vegetais fósseis, este faz apenas um pequeno

resumo das principais ocorrências. O trabalho seguinte deste autor é um livro que compila grande parte do conhecimento das ilhas da Macaronésia. O “*Geology of the Middle Atlantic islands*” é uma obra extensa, onde o autor teve o cuidado de reunir grande parte da bibliografia geológica até então conhecida sobre estas ilhas (Mitchell-Thomé, 1976). No capítulo da geologia da ilha da Madeira, dedica uma secção inteira sobre os achados paleontológicos, onde figura a lista das folhas fósseis de Heer (1857), e os fósseis ilustrados por Hartung (Hartung e Mayer, 1864). Além disso aponta para novos locais onde ocorrem restos vegetais, tais como no Paul da Serra, sem que seja dada mais informações sobre o sítio, ou quais as referências que usou para obter a informação. Apesar de realizar um excelente trabalho de compilação sobre a paleontologia da Madeira, mencionando os macrofósseis vegetais, por vezes faz alegações pouco prováveis, tal como a possível exploração da lignite de S. Jorge. Este autor é o primeiro a alertar para a falta de estudos e o potencial paleobotânico da ilha da Madeira e das ilhas Atlânticas em geral. No capítulo “*Caetera desunt*” Mitchell-Thomé faz o seguinte afirmação:

“Whilst fossil flora collections are meagre in comparison to the fauna, yet paleobotanical studies are all but non-existent except for the work done over a hundred years ago in Madeira.”

(Mitchell-Thomé, 1976, pg 322)

No ano de 1991 é editado um pequeno livro intitulado “Geologia do Arquipélago da Madeira” (Galopim de Carvalho e Brandão, 1991). Este livro resumia até então o conhecimento geológico da ilha da Madeira. A nível dos trabalhos da paleobotânica, os autores citam apenas os trabalhos de Heer (1857) e Bunbury (1859). Apesar de referirem o trabalho de Hartung e Mayer (1864), não mencionam os espécimes paleobotânicos por ele descritos.

Em 1996 surge um trabalho de descrição e interpretação estratigráfica, sedimentológica e paleontológica das dunas da piedade por Goodfriend *et al.* (1996). Apesar da ausência de macrofósseis foliares nas dunas, é digno de nota a descrição dos *s.l.* rizólitos (*s.s.* rizoconcreções) lá presentes. Este estudo é também importante pois é um dos primeiros, se não o primeiro estudo na ilha da Madeira, em que se realiza a análise de microfósseis vegetais (pólenes e fitólitos), de uma formação sedimentar.

Para finalizar este período, o padre Manuel de Nóbrega publicou um texto de divulgação científica sobre o conselho de Santana e a importância do sítio da Ilha, na revista *Islenha* (Nóbrega, 1999). Este texto é uma panóplia de informação um tanto confusa sobre botânica, geologia, passando até por informações relativas à aplicação de insecticidas. Além de alertar para a existência de uma mancha importante de Laurissilva no local, este faz referência às descobertas paleobotânicas de S. Jorge. Ao artigo anexa um excerto, traduzido por Eberhard A. Wilhelm, do trabalho de Heer (1857). Publica também as duas estampas do artigo de Heer, com as ilustrações das folhas fósseis de S. Jorge. Facto curioso é o nome que Nóbrega dá à jazida de S. Jorge, chamando-lhe de “Mina da Ilha”. Outro aspecto curioso é a referência à existência de um fóssil de *Frangula azorica* na colecção do Museu de História Natural do Seminário do Funchal (espólio à guarda do Jardim Botânico da Madeira Eng.º Rui Vieira), dado como colhido em S. Jorge. Apesar de referir inúmeros achados paleobotânicos, um pouco por toda a ilha, Nóbrega raramente cita quais os trabalhos em que se baseou para tais afirmações.

1.4.3. Retoma dos antigos trabalhos no séc. XXI (1999-actualidade)

Se durante a segunda metade do séc. XIX, Lyell procurava provas da formação gradual e subaérea das ilhas atlânticas, tendo o registo paleobotânico proporcionado suporte à sua teoria, neste terceiro período a paleobotânica não perde a sua importância. Torna-se antes uma importante ferramenta para a compreensão da biogeografia da flora da Macaronésia. Os estudos de Heer e Bunbury tornam-se os trabalhos mais importantes e mais citados sobre a paleobotânica da Macaronésia, sendo tidos como trabalhos pioneiros, mas onde a identificação dos macrorestos neles contidos deverá ser usada com cautela.

Neste período, a primeira referência para o uso de fósseis vegetais vai para o trabalho de Geldmacher *et al.* (2000), onde são usados carvões subjacentes a um depósito piroclástico, na obtenção da idade aproximada de 7000 anos do depósito.

O registo seguinte sobre fósseis encontra-se no guia de Geologia “*A field guide to the geology of Madeira*” (Burton e MacDonald, 2008). Este guia menciona brevemente a existência de uma grande flora fóssil em S. Jorge, mas não entra em pormenores. Para a flora fóssil de Porto da Cruz, são mencionados três morfótipos de plantas: *Rubia fruticosa* (provável confusão com *Rubus fruticosus*, já descrito para este depósito), *Carex sp.* e finalmente *Pteris aff. cretica* [ilustrado por Hartung (1864) juntamente com os fósseis de Porto da Cruz, mas com origem numa colecção do depósito de S. Jorge]. Este guia ainda faz uma descrição do estrato onde ocorrem os macrofósseis de Porto da Cruz, explicando também a origem do depósito sedimentar desta localidade.

A análise filogenética por métodos moleculares com o pressuposto do uso de um relógio molecular constante (i.e. os *taxa* analisados evoluem a uma velocidade constante) produz resultados irreais e contraditórios com o registo fóssil (Anderson, 2007). A inclusão do registo fóssil, quando disponível, para a calibração dos relógios moleculares é uma das opções, fornecendo assim idades mínimas reais nas análises.

Foi com base nesta premissa, e na de que o vulcanismo nas ilhas atlânticas não permite a preservação de fósseis vegetais com caracteres morfológicos suficientes para uma correcta identificação, que recentemente Anderson *et al.* (2009) publicam os resultados preliminares das descobertas paleobotânicas em vários locais da ilha de Grã Canária. O propósito seria provar a existência de fósseis vegetais com carácter informativo nas ilhas Atlânticas, enquadrando-os na geologia da ilha e de fomentar novos estudos em paleobotânica. Além dos resultados da prospecção de campo (Fig. 16), é apresentado um suplemento ao artigo com os locais potenciais na Macaronésia para a prospecção de fósseis vegetais. Na sua revisão bibliográfica apontam para os principais trabalhos do séc. XIX de Heer e Bunbury e do potencial da jazida de S. Jorge para a obtenção de novos fósseis. Destacam ainda os trabalhos mais recentes de Cockerell e Mitchell-Thomé s sobre a jazida de Porto da Cruz e uma suposta jazida situada no concelho de S. Vicente.



Figura 16. Exemplos de macrofósseis foliares colhidos na ilha de Grã Canária por Anderson *et al.* 2009.

O mais recente artigo que aborda os registos macrofósseis encontrados na ilha da Madeira é da autoria de Fernández-Palácios *et al.* (2011). Trata-se de uma revisão sobre a origem da flora da Macaronésia, com especial atenção à dispersão da floresta Laurissilva e o potencial dos “Hotspots” atlânticos terem servido de “stepping stones” para a manutenção e dispersão desta flora ao longo de um período de 60 Ma. Nesta revisão é mencionado o trabalho de Heer e Bunbury do primeiro período e usam as determinações efectuadas nessa época, mas chamam para o facto de que já no séc. XIX, haviam dúvidas sobre a determinação exacta das espécies. Omitem, contudo, o facto de Lowe (1857-1872) ter feito a revisão de alguns dos fósseis na sua obra sobre a flora da Madeira, e dão erroneamente crédito a Heer por ter descoberto a jazida de S. Jorge.

2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

2.1. Enquadramento geral da ilha da Madeira

A ilha da Madeira é a maior ilha do arquipélago da Madeira (formado pelas ilhas da Madeira, Porto Santo, Desertas e Selvagens). Situa-se no oceano Atlântico, cerca de 700 km a oeste da costa noroeste do continente africano e cerca de 850 km a sudoeste de Portugal continental (Fig. 17), sendo limitada geograficamente pelos paralelos 32° 38' e 32° 52' N, e pelos meridianos 16° 39' e 17° 16' W. A ilha apresenta um comprimento máximo de 58km, na direcção E-W e largura máxima de 28km na direcção N-S tendo uma área de 828km².

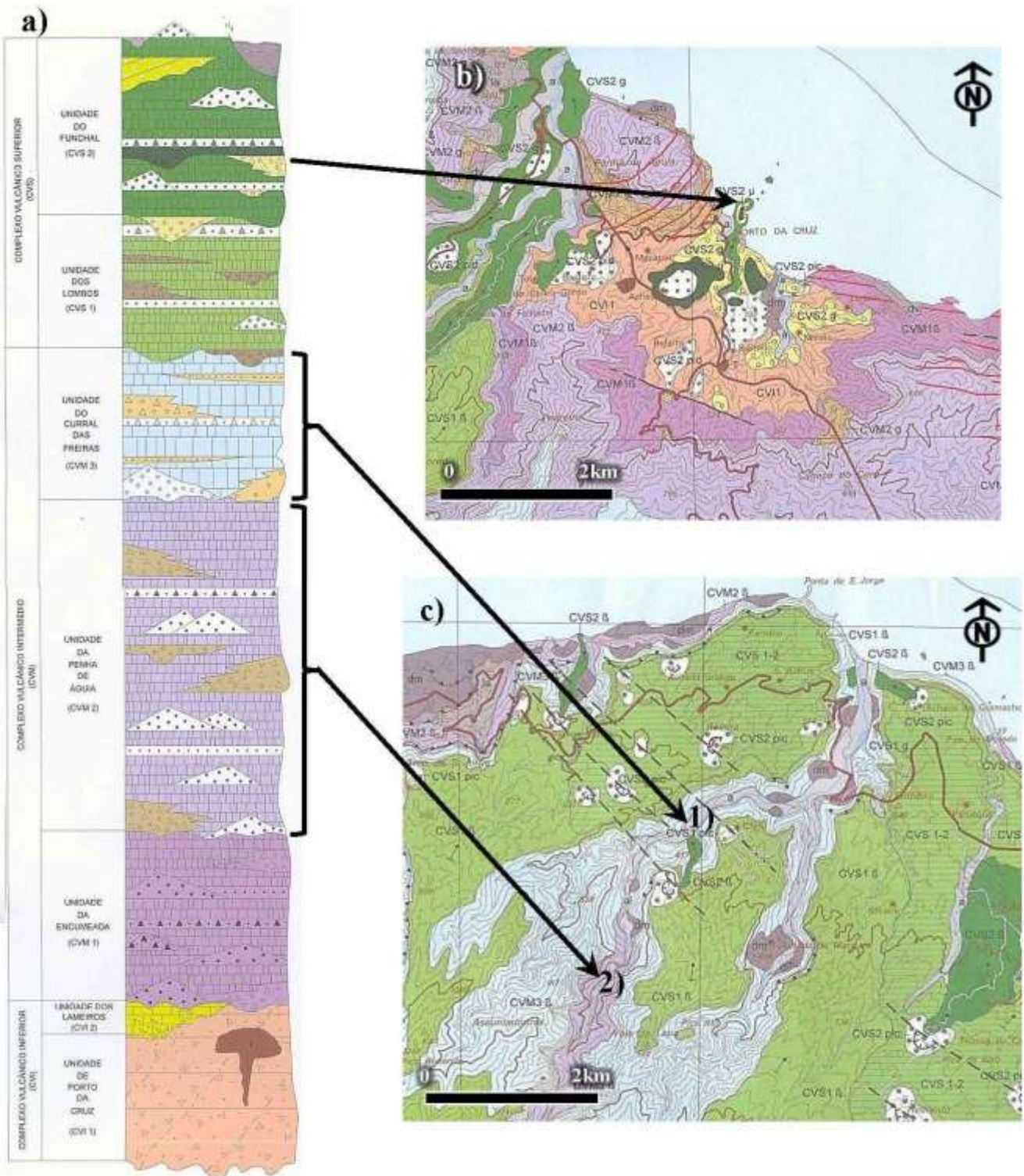


Figura 17. Localização geográfica da ilha da Madeira (direita); Ilha da Madeira com a localização dos locais estudados: A) Porto da Cruz (concelho de Machico); B) Ilha (concelho de Santana). Imagem da esquerda obtida no *GoogleEarth*.

O enquadramento geológico da ilha da Madeira e das jazidas em estudo foi efectuado com base na vulcano-estratigrafia utilizada na nova carta geológica da ilha da Madeira e respectiva Notícia Explicativa (Brum da Silveira *et al.*, 2010a; Brum da Silveira *et al.*, 2010b). Geologicamente, a ilha da Madeira corresponde à parte emersa de um edifício vulcânico em escudo de idade miocénica, sendo a sua origem normalmente explicada por um “hotspot” associado a uma pluma mantélica cujo traço poderá corresponder ao alinhamento de orientação NE-SW que inclui a ilha de Porto Santo e um conjunto de montes submarinos (Seine, Unicorn, Ampere, Coral Patch e Gorringe; Geldmacher *et al.*, 2005). No entanto a origem da ilha da Madeira poderá estar associada a uma interacção vulcano-tectónica representada por estruturas de direcção WNW-ESE a E-W (entre as quais a ilha da Madeira e os relevos imediatamente a ocidente) e NE-SW (Brum da Silveira *et al.*, 2010a).

Segundo os mesmos autores, a construção da parte emersa da ilha está associada a três grandes períodos eruptivos expressos na vulcano-estratigrafia por três grandes unidades (Fig.18a): Complexo Vulcânico Inferior (CVI), datando de mais de 5,57 Ma; Complexo Vulcânico Intermédio (CVM), datando entre 5,57-1,8 Ma; Complexo Vulcânico Superior (CVS), datando 1,8 a actualidade. O CVI foi subdividido em duas unidades: a Unidade do Porto da Cruz, associada à fase submarina, apresentando litologias muito alteradas e cortadas por uma densa rede de filões; a Unidade dos Lameiros constituída por depósitos sedimentares marinhos carbonatados. O CVM é dividido em três unidades: a Unidade da Encumeada, a unidade de Penha d’Águia e a Unidade de Curral das Freiras. Estas unidades constituem o testemunho da edificação da

ilha por vulcanismo do tipo havaiano, estromboliano e vulcaniano. Por último o CVS, constituído pela Unidade dos Lombos e pela Unidade do Funchal. Estas unidades representam os episódios vulcânicos mais recentes, estando relacionados com o preenchimento e revestimento de formas próximas da geomorfologia actual. De notar que, intercalados nos três complexos, existem depósitos sedimentares de fácies variadas, associados geralmente a fluxos de detritos ou fluxos de lama (*lahar*) e fluxos hiperconcentrados (Fig. 18a). É nos raros depósitos de fácies mais finas do tipo silto-argilíticos, que se encontram plantas fósseis. As duas jazidas estudadas situam-se no sector nordeste da ilha, nos concelhos de Santana e de Machico (Fig.18b e 18c).



Legenda:

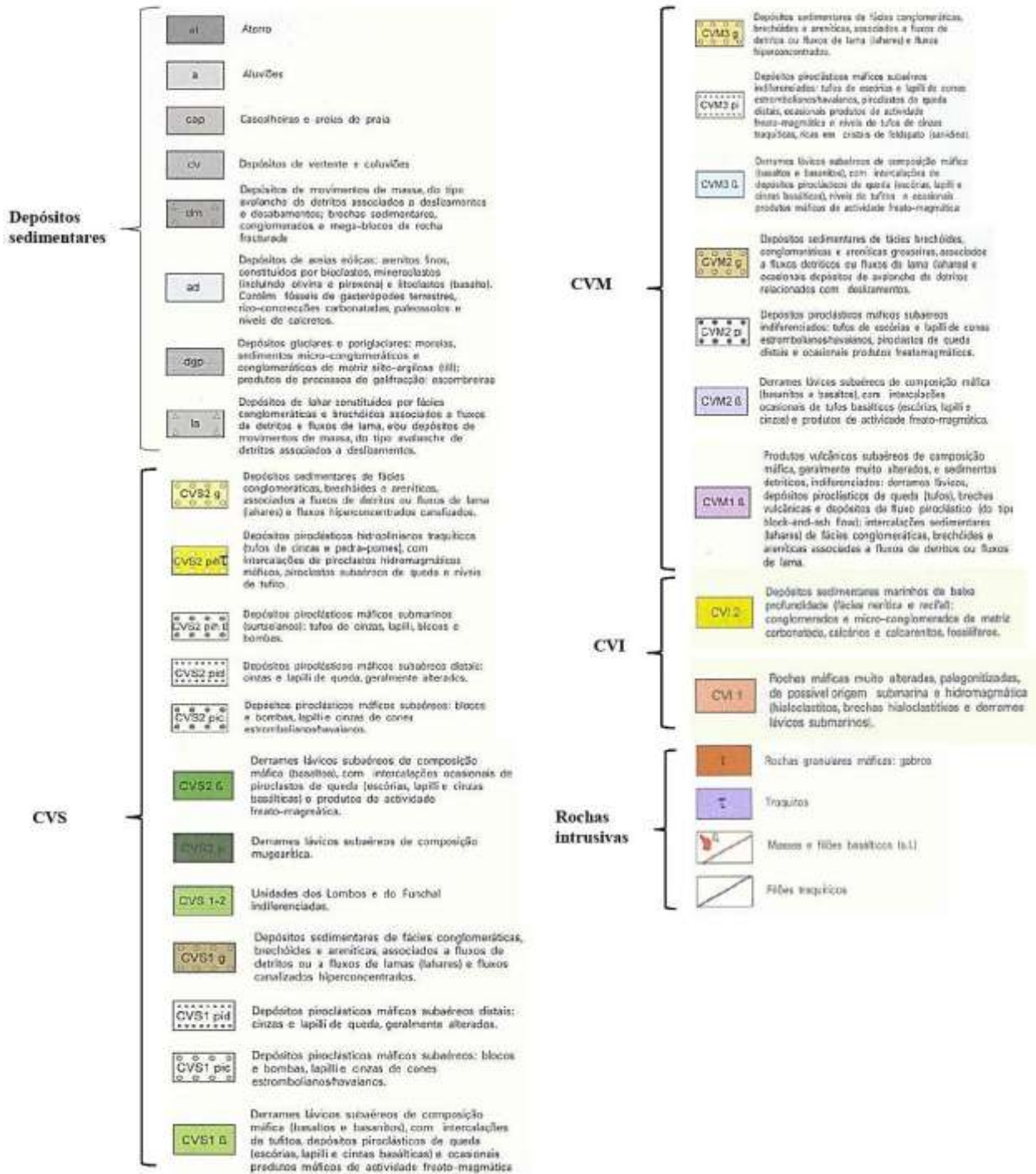


Figura 18. Página anterior: Enquadramento geológico e estratigráfico das duas jazidas em estudo: a) Coluna litoestratigráfica sintética; b) Enquadramento da jazida do Porto da Cruz; c) Possíveis enquadramentos para a jazida de São Jorge: 1) primeiro local prospectado segundo a descrição de Heer (1857); 2) Segundo local mais a montante segundo os mapas de Ziegler (1856) e Hartung e Mayer (1864). Nesta página: legenda. Extracto da Carta Geológica da Ilha da Madeira folha B (Brum da Silveira *et al.*, 2010b).

2.2. Enquadramento geral das jazidas em estudo

2.2.1. Jazida de S. Jorge (Freguesia da Ilha, Santana)

Não foi possível reconhecer este afloramento no campo, apesar dos esforços efectuados na tentativa de o identificar através das descrições dadas por Lyell (1854, 1855), Ziegler (1856), Heer (1857) e Hartung e Mayer (1864). Além de uma orografia difícil e da densa vegetação presente no vale da ribeira Grande de S. Jorge (dificultando o acesso e visibilidade de algum potencial afloramento), este muito provavelmente ficou oculto por um depósito de vertente posterior a 1917 (ver Enquadramento histórico, secção 1.4.2.). Como a literatura sobre a jazida prova, o local onde esta se situava é instável e episódios de derrocadas eram comuns. Juntando a isto tudo temos ainda alterações toponímicas ao longo de mais de 175 anos. Contudo existem dados históricos que permitem realizar uma inferência da sua localização, e situa-la no contexto geológico geral.

No concelho de Santana situava-se a chamada “*leaf-bed*” de São Jorge³³. Este afloramento estaria situado na freguesia da Ilha, pertencente ao concelho de Santana (Fig. 18c). Os autores do séc. XIX dão-no correctamente como localizado em S. Jorge. Isto deve-se ao facto de o sítio da Ilha ter sido elevado a freguesia somente em 1989, tendo pertencido à freguesia de S. Jorge até essa data. Neste trabalho adoptou-se o nome antigo de jazida de S. Jorge de modo a simplificar e evitar confusões toponímicas. Segundo os autores do séc. XIX a jazida de S. Jorge aflorava num afluente da ribeira Grande de São Jorge, situado nas proximidades da actual freguesia da Ilha. Nas vertentes do vale afloram formações pertencentes às unidades CVM2, CVM3 e CVS1. A formação fossilífera poderá estar incluída nas unidades CVM2, Unidade de Peña d’Águia, ou CVM3, Unidade de Curral das Freiras (Figs. 18a e 18c), correspondendo a intercalações sedimentares epiclásticas de fácies “*conglomeráticas, brechoides e areníticas associados a fluxos de detritos ou fluxos de lama (lahares) e fluxos hiperconcentrados*” (Brum da Silveira *et al.*, 2010a). Muito provavelmente a jazida de S. Jorge corresponde a um destes depósitos.

2.2.2. Jazida de Porto da Cruz (Concelho de Machico)

A segunda jazida em análise situa-se no promontório da povoação do Porto da Cruz (Fig.19a). Geologicamente, estes sedimentos estão enquadrados na unidade CVS2 (Unidade do Funchal; Figs.18b e 18b), onde ocorrem “*fluxos hiperconcentrados que originam tufitos e arenitos com intercalações conglomeráticas*” (Brum da Silveira *et al.*, 2010a). Estes encontram-se selados por um derrame mugearítico datado de 1,5 Ma (Mata, 1996, em Prada e Serralheiro, 2000; Figs.19b) restringindo a idade deste depósito sedimentar ao intervalo entre os 1,8 Ma (idade máxima do CVS) e os 1,5 Ma. Estes depósitos poderão estar relacionados com o represamento de linhas de água por movimentos de vertente ou derrames lávicos. O consequente assoreamento de um vale fluvial a montante do bloqueio da drenagem poderá dar origem a espessos depósitos sedimentares fluviais. Desde o século XIX que não se publica sobre este depósito sedimentar e o seu conteúdo fossilífero, sendo que uma descrição pormenorizada da estratigrafia e sedimentologia do local nunca foi efectuada.

³³ Na literatura encontram-se os sinónimos de St. Jorge, St. George ou S. Jorge, conforme os autores.



Figura 19. Localização e aspecto geral do afloramento do Porto da Cruz: **a)** Promontório do Porto da Cruz com a localização (seta) onde foi efectuado o log estratigráfico (imagem Google Earth); **b)** Aspecto da face Este do afloramento do promontório do Porto da Cruz: **1)** Escoda mugearítica; **2)** Sequência sedimentar; **3)** Escoda basáltica.

3. METODOLOGIA

3.1. Abordagem metodológica

Atendendo à antiguidade das publicações mais relevantes e ao seu carácter internacional, foi necessário efectuar uma pesquisa bibliográfica, enquadrando-a sempre que possível na biografia e bibliografia dos seus autores e confrontando-a à luz da história da ciência. Através desta abordagem foi possível restringir a pesquisa e realocização das antigas colecções, e a obtenção de vários documentos importantes na tentativa da localização das jazidas em estudo. Resume-se assim a metodologia em três partes: realocização das colecções e metodologia de campo, metodologia laboratorial e metodologia da análise florística.

3.1.1. Relocização das colecções

Durante a pesquisa bibliográfica, foram contactadas várias instituições, principalmente universidades e museus, os quais estariam ligados directa ou indirectamente aos autores das antigas descrições, de modo a inquirir sobre a presença fósseis de plantas da ilha da Madeira e verificar se actualmente existiriam as colecções do séc. XIX. Foram contactadas as seguintes instituições: em Portugal: *Jardim Botânico da Madeira Eng.º Rui Vieira (JBM)* e Museu Geológico (**LNEG-MG**); em Inglaterra: “*Sedwick Museum of Earth Sciences- Cambridge University*” (**SMC**) e “*Natural History Museum*” (**NHM-UK**); na Suíça o “*Eidgenössische Technische Hochschule Zürich - Departement Erdwissenschaften*” (**ETH-Z-D-ERDW**); na Alemanha: “*Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg- Institut für Geowissenschaften*” (**UH-IG**); e finalmente nos Estados Unidos a “*Paleobotanical Collections of the Paleobotanical Laboratories and Harvard University Herbaria*” (**HUH-PC**). As instituições que responderam positivamente foram novamente contactadas para organizar uma visita às suas colecções de modo a estudar e catalogar os espécimes de interesse.

3.1.2 Métodos de campo e laboratorial

Paralelamente à pesquisa bibliográfica realizou-se uma prospecção de campo com o intuito de realocar os antigos afloramentos com a ajuda dos documentos reunidos durante a pesquisa bibliográfica e na visita às diferentes instituições. Quando foi possível a identificação positiva do afloramento, realizou-se um *log* estratigráfico da sucessão, recolhendo-se ainda amostras dos estratos de fácies não conglomerática de modo a realizar uma análise granulométrica. Por fim foi feita uma prospecção e colheita de macrofósseis em Porto da Cruz, estando esta colecção depositada na Universidade da Madeira (**UMa**).

Os sedimentos silto-argilosos recolhidos durante a realização do *log* estratigráfico do Porto da Cruz foram alvo de uma análise granulométrica por difractometria laser. Foram preparadas 5 amostras colhidas durante a realização do *log* estratigráfico (ver secção 4.2.4). Às amostras foram dadas as siglas de PC02, PC03, PC04, PC05, PC07, conforme a ordem por que foram colhidas no campo. A preparação das amostras para a análise por difractometria laser seguiu os seguintes passos: desagregação de uma porção com almofariz; quarteamento da amostra até obter

aproximadamente 0,8 - 1,00g; pesagem de 0,12-0,18g de cada amostra, colocando-a num copo, no qual se adicionaram 20ml de água desionizada e 4 gotas de hexametáfosfato de sódio diluído; agitou-se a solução e deixou-se repousar algumas horas; Após o repouso, colocaram-se as amostras numa tina de ultra-sons durante 3 minutos de modo a evitar agregados no fundo do copo. Após o procedimento, efectuou-se a análise do preparado pelo método de difractometria laser, com o aparelho de difractomia laser “*Particle Size Analyzer Mastersizer 2000*” da “*Malvern*”. Os dados obtidos foram tratados numa folha de “*Microsoft office Excel 2010*” de modo a obter a classificação textural, a frequência relativa e a frequência acumulada de cada amostra. Para a classificação textural dos sedimentos utilizou-se a convenção revista por Flemming (2000).

O estudo dos espécimes fósseis envolveu duas etapas importantes: uma primeira

parte onde se registou toda a informação pertinente às colecções e aos espécimes (e.g. etiquetas, números, livros de registo de colecção, entre outros); uma segunda parte foi a análise à lupa electrónica (disponibilizada pelas instituições visitadas) e posterior fotografia ou “*scan*” do fóssil. O registo fotográfico dos fósseis foliares foi usado em detrimento do desenho à câmara clara, devido ao curto período de visita às instituições. Foi usado o seguinte material fotográfico usado **SMC:** *Canon PowerShot G6*; **NHM-UK:** *Canon PowerShot A2200*; **ETH-Z-D-ERDW:** *CanonScan 9000F*; **UMa:** *Nikon D700*.

Realizou-se também um herbário de referência para a comparação dos morfótipos fósseis com as folhas actuais. Deste herbário, foram colhidas algumas folhas de tamanho equiparável ao representado no registo fóssil, e feitas fotografias através de um método de transluminescência das folhas. Este método envolve a passagem de um feixe de luz intenso pela folha de modo



Figura 20. Esquema da mesa improvisada para o método de fotografia por transluminescência das folhas. Legenda: 1. Máquina fotográfica; 2. Escala; 3. Placa de difusão de luz; 4. Folha viva; 5. *Flashes*. As setas amarelas indicam o sentido da luz

a salientar a arquitectura da nervação. Para tal foi construída uma pequena mesa de luz (Fig. 20). Os *flashes* da máquina fotográfica (“*Wireless Remote Speedlight SB- 200*” e “*Wireless Speedlight Commander SU-800*”) foram usados como fonte de luz, tendo sido colocados de modo fazer a luz convergir na placa. Para superfície de apoio para as folhas, foi usada uma placa difusora de luz. Foram retiradas fotos a folhas jovens (as mais frequentes no registo fóssil estudado) e folhas adultas e igualmente à face adaxial e abaxial das mesmas.

3.1.3. Métodos de análise florística

Os fósseis foliares foram analisados segundo a metodologia proposta pelo “*Leaf Architecture Working Group*” (1999), *Peppe et al.* (2008) e o “*Paleobotany Project*”³⁴ do “*Denver Museum of Nature & Science*”. Estes autores propõem a análise de floras fósseis através da construção de catálogos de morfótipos. Esta abordagem, segundo os autores anteriormente citados, pressupõe uma classificação informal e independente do sistema Lineano de classificação. O resultado desta classificação poderá coincidir com espécies Lineanas, mas não é obrigatório (i.e. vários caracteres estão ausentes das floras fósseis, pela sua natureza fragmentária, impedindo assim uma determinação a nível genérico); a descrição dos morfótipos foi efectuada segundo os termos propostos pelo *Leaf Architecture Working Group* (1999) e *Ellis et al.* (2009); para a descrição dos fetos usou-se o formato de *Peppe et al.* 2008; para as folhas de dicotiledóneas usou-se o formato proposto por *Ellis et al.* (2009) modificado conforme o estado de preservação dos fósseis em análise³⁵. Para a organização da descrição da flora fóssil adoptou-se o formato apresentado por *Peppe et al.* (2008):

Número do Morfótipo (SJ: São Jorge; PC: Porto da Cruz);
Nome taxonómico (Género e espécie prévia aceite / Género prévio aceite e espécie inválida / Novo nome proposto);
Afinidade sistemática (Classe, Ordem e Família);
Identificação prévia (caso o nº 2 tenha sido revisto);
Sinónimos;
Espécimes;
Figuras;

Descrição: I: Caracteres foliares: inserção da folha (i.e. peciolada ou séssil); filotaxia (e.g. folhas opostas, folhas verticiladas, etc.); organização foliar (e.g. folhas simples, folhas compostas); organização dos folíolos (e.g. alternados, subopostos, etc.); inserção do folíolo (séssil ou peciolulada); características do peciolulo (e.g. com bainha, pulvinado, etc.). **Características da lâmina:** inserção do pecíolo na lâmina (e.g. marginal, peltado, etc...); tamanho laminar (leptófilo: <25 mm²; nanófilo: 25-225 mm²; micrófilo 225-2025 mm²; notófilo: 2025-4500 mm²; Mesófilo: 4500-18225 mm²; macrófilo: 18225-164205 mm²; megáfilo: >164205 mm²); rácio laminar L:W (rácio do comprimento a dividir pela altura da lâmina); forma da lâmina (e.g. elíptica, ovada, obovada, etc.); simetria medial da lâmina (simétrica ou assimétrica); simetria da base (i.e. presença de extensões ou inserções laminares na base); presença de lóbulos (e.g. bilobada, palmada; penatífendida etc.); tipo de margem (inteira, crenada, dentada, serrada); características especiais da margem (e.g. margem revoluta, involuta, undulada, etc.); ângulo do ápice (agudo, obtuso, côncavo); forma do ápice (e.g. recto, convexo, lobado, acuminado, etc.); ângulo da base (e.g. agudo, obtuso; redondo); forma da base (e.g. recta, redonda, cordada, sagitada, etc.); características do ápice terminal (e.g. mucronado, espinhoso, retuso, etc.); Textura (e.g. lisa, papilosa, pubescente etc.); Glândulas superficiais (e.g. marginais, laminares apicais, etc...). **II: Nervação:** categoria de nervação primária (peninérvea, palmada, flabelada, etc.); presença de nervuras basais nuas (i.e. nervura faz parte da margem; podem ser presentes ou ausentes); número de nervuras basais; Nervuras agróficas (i.e. complexo de nervuras em forma de pente,

³⁴ Website: <http://www.paleobotanyproject.org>

³⁵ **Nota:** devido à natureza fragmentária das folhas fósseis, e ao facto de estarem isoladas de um caule, faz com que muitas das características propostas por *Ellis et al.* (2009) não possam ser observadas.

formadas por uma nervura 1ª ou 2ª, das quais ramificam nervuras 2ªs exmediais, com o curso para a margem da folha); Nervação 2ª: Categoria da nervação 2ª (e.g. semicraspedódroma, broquidódroma; cladódroma; **nota**: o termo “*festooned*”, usado para referir a existência de mais do que um conjunto de arcos, é traduzido para “adornado” e.g. “*festooned brochidodromous*” como “broquidódroma adornada”); secundárias interiores (i.e. nervuras que se ligam entre nervuras 1ªs ou entre 1ªs e 2ªs perimarginais); Categoria da nervação 2ª menor (i.e. categoria das ramificações das nervuras 2ªs, designadas de nervuras 2ªs menores); Nervação perimarginal (i.e. nervuras paralelas à margem da folha; e.g. marginais; intramarginais, fimbriais etc.); espaçamento das nervuras principais secundárias (e.g. regular, irregular, decrescente proximal, etc.); variação do ângulo das secundárias (e.g. uniforme, inconsistente, diminuindo ligeiramente proximalmente, etc.); inserção das secundárias principais [e.g. decorrente, escurrente (do inglês “*excurrent*”, i.e. ligação das nervuras secundárias à primária, sem deflexão visível na axila), deflectida, etc.]. Nervuras inter-2ªs (i.e. nervuras com percurso similar às 2ªs principais, mas geralmente mais curtas na sua extensão exmedial, e com calibre intermédio entre as 2ªs principais e as 3ªs): percurso proximal (e.g. paralelas às 2ªs; perpendiculares às nervuras 1ªs, etc.); extensão (e.g. >50% ou <50% das 2ªs adjacentes); percurso distal (e.g. ramifica, paralelo, perpendicular, etc.); frequência das nervuras (i.e. numero por área intercostal). Nervuras 3ª: textura da nervação intercostal (e.g. percurrente, alternado, misto, etc.); ângulo das terciárias percurrentes (e.g. agudo, obtuso, perpendicular); variação dos ângulos das nervuras 3ªs na área intercostal (e.g. inconsistente, consistente, aumentando exmedialmente); nervuras 3ª epimediais (i.e. nervuras 3ªs que intersectam nervuras 1ªs; e.g. percurrentes, ramificadas, reticuladas); percurso das nervuras epimediais (e.g. paralelas às 2ªs subjacentes, perpendiculares à nervura primária etc.); percurso exmedial (e.g. paralelo às intercostais terciárias, basiflectidas, etc.); percurso das terciárias exteriores (ausentes, em *loop*, variáveis, etc.) Nervação 4ª: textura: percurrente, reticulado, ramificação livre. Nervação de ordem superior: não se encontra preservada nos fósseis foliares em estudo **III. Recorte marginal**: espaçamento dos dentes (regular, irregular); número de ordem de dentes; número de dentes por cm; forma do sinus (angular, redondo); forma do dente (descrição do flanco distal e basal; e.g. CV/ST: dente convexo-recto); Nervura principal (i.e. presença ou ausência de nervação associada ao dente; Terminação da nervura (e.g. submarginal, marginal, etc.); percurso da nervura acessória (e.g. convexo em relação à nervura principal do dente, etc.); características do ápice do dente (e.g. simples, foraminoso, mucronado, etc.).

Comentários: Justificações pertinentes ao morfótipo, tais como números de espécimes, o seu estado de preservação, referências bibliográficas e menções posteriores dessas mesmas referências, comparação com espécimes de herbário, a ecologia e probabilidade da sua existência na ilha da Madeira, e o registo fóssil do género, entre outras informações.

As identificações taxonómicas na presente dissertação foram efectuadas segundo a norma usada por *Peppe et al.* 2008. Este autor propõe que as identificações dos morfótipos se insiram em 3 categorias:

1. Morfótipo sem descrição prévia conhecida, não sendo proposto nenhum nome
- 2a. Género incorrecto ou inválido, mas o nome da espécie é válida (e.g. “*Oreodaphne foetens*”).

2b. Morfótipos associados a uma publicação prévia, mas cuja identificação é incerta ou incorrecta (e.g. *Laurus canariensis*).

3. Identificação correcta, dentro do conhecimento actual, sendo o género e espécie válidos (e.g. *Woodwardia radicans*).

Peppe *et al.* (2008) propõe ainda a organização dos morfótipos segundo grandes categorias taxonómicas (fetos, angiospérmicas dicotiledóneas, angiospérmicas monocotiledóneas) e as folhas de dicotiledóneas sejam organizadas conforme a sua organização foliar e recorte marginal.

Para a comparação dos fósseis foi elaborado um herbário, e escolhidas folhas as quais foram fotografadas (metodologia descrita na secção anterior 3.1.2). Além deste material, foram também usadas plantas de herbário de várias instituições, disponibilizado no *site* JSTOR *Plant Science* (<http://plants.jstor.org>). A utilização deste último *site* prende-se pelo facto de disponibilizar espécimes de herbário colhidos durante os séculos XVII-XXI, sendo material contemporâneo aos trabalhos de Heer (1857) ou Bunbury (1859). Somente os espécimes fósseis com boa preservação foram eleitos para esta comparação, e assumindo-se que a flora actual e a flora fóssil são representadas por taxa semelhantes, não só pela idade relativamente recente dos dois depósitos sedimentares analisados, mas pela semelhança da flora actual da ilha da Madeira com o registo fóssil da mesma. Como critério taxonómico e nomenclatural seguiu-se Jardim e Menezes de Sequeira (2008).

4. RESULTADOS

4.1. Jazida de São Jorge (Freguesia da Ilha, Santana)

Como já atrás foi referido, não foi possível encontrar esta jazida. Contudo existem documentos que detalham sua localização e o contexto estratigráfico regional e local. Segue-se a exposição e descrição da possível localização e estratigrafia, conforme os mapas e os artigos escritos sobre o local.

4.1.1. Geologia local

4.1.1.1. Inferência da localização da Jazida de S. Jorge

As descrições da localização deste afloramento são um tanto contraditórias e imprecisas. Os diversos autores referem um afluente da ribeira Grande de S. Jorge, cujo nome mudou pelo menos duas vezes durante o século XIX, tendo actualmente esses nomes caído em desuso. Historicamente, a primeira referência a este depósito

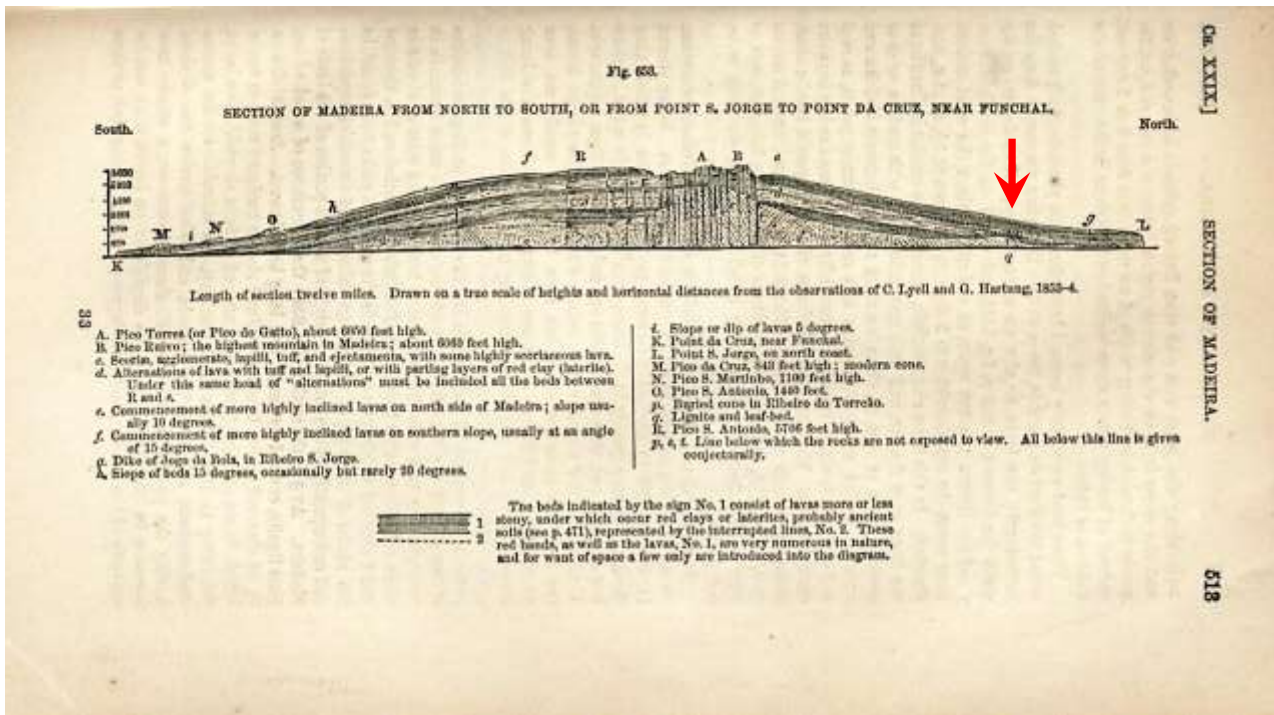


Figura 21. Extracto de Lyell (1855), com o corte geológico da ilha da Madeira mostrando no ponto "q" (seta vermelha a assinalar o ponto) a lenhite e a jazida de folhas.

sedimentar, é dada por Mouzinho de Albuquerque (1837). Este localiza-o num afluente da Ribeira Grande de S. Jorge, no chamado "Ribeiro do Tabaco", nome dado muito provavelmente, devido ao nome dado no séc. XIX à margem direita deste afluente, a "Fajã do Taboado" (ver Fig. 22b). Em 1855, Lyell publica um corte geológico da ilha da Madeira onde é apontada a localização da lenhite e da "leaf-bed" (Fig. 21). Em 1856, Zigler publica um mapa intitulado "Physical map of the Island of Madeira" (1856; Fig. 21) e mais tarde uma nota explicativa do mesmo (1858). Este mapa apresenta correcções feitas por Hartung, Heer e Azevedo, tendo o autor, o cuidado de assinalar as ribeiras e o local onde aflorava a lenhite (Fig. 22b).

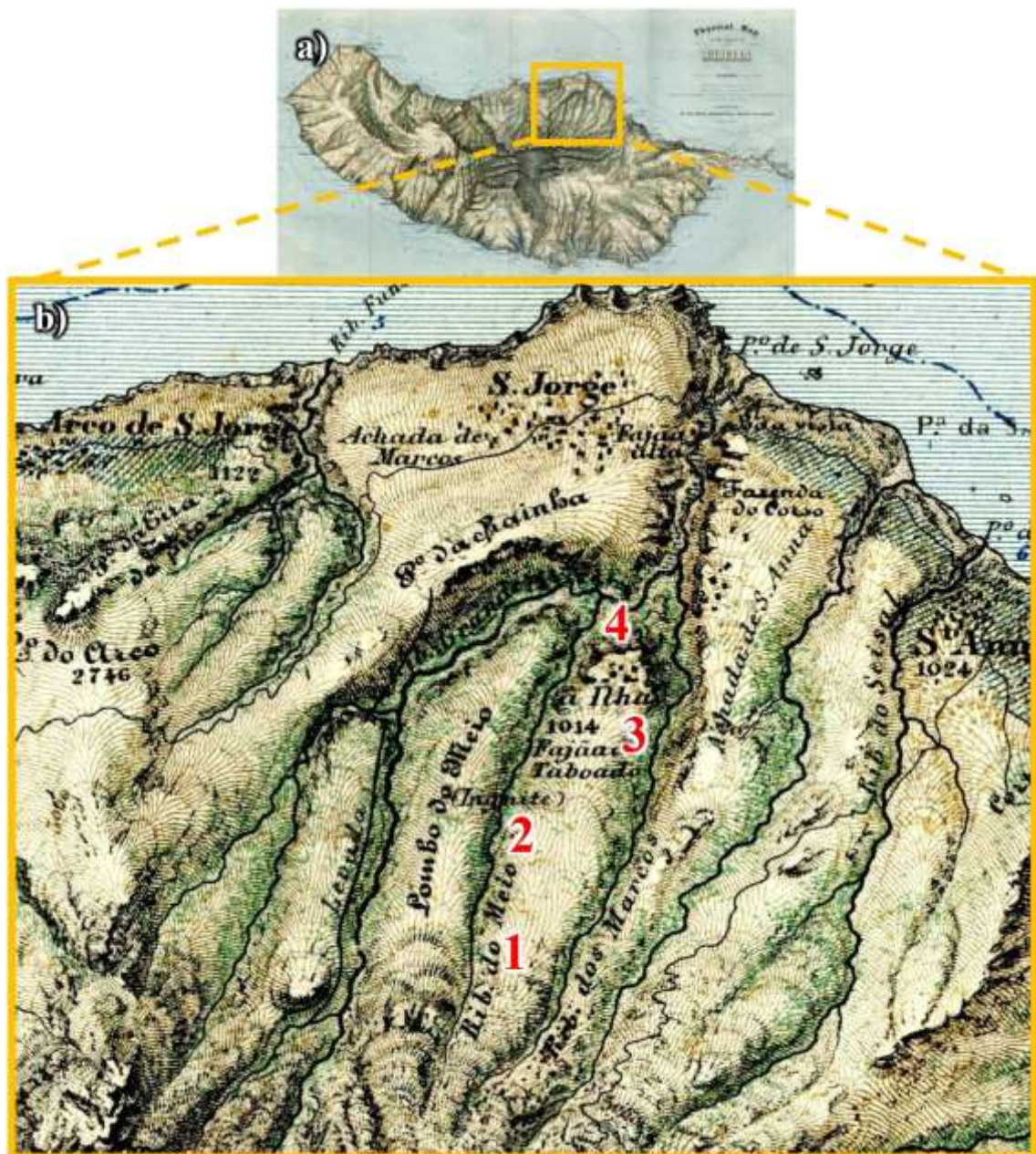


Figura 22. Localização da jazida de São Jorge: a) Mapa de J.M Ziegler na escala de 1/100 000 (1856); b) extracto do mesmo mapa com a localização da ribeira do Meio e o apontamento da existência de lignite. 1) Ribeira do Meio, 2) "lignite" 3) Povoação da Ilha; 4) Localização provável da jazida, segundo as descrições por Heer (1857) e Hartung (1864).

No ano de 1857, Heer publica a memória com a descrição dos fósseis colhidos neste afloramento, juntando-lhe um corte geológico semelhante ao de Lyell, e uma figura do afloramento (Fig. 25), juntamente com uma descrição feita por Hartung da estratigrafia do local. Hartung (Hartung e Mayer, 1864) é quem descreve melhor a posição geográfica deste afloramento, com base numa descrição e com um corte geológico passando directamente no afloramento (Fig. 23). De salientar que os trabalhos germânicos (Heer, 1857; Hartung e Mayer, 1864) estão escritos num alemão arcaico, de difícil compreensão mesmo para quem é fluente na língua alemã actual e versado em geologia (Paul Felber 2012, comunicação pessoal). A acrescentar aos textos, as medições foram efectuadas em unidades que não se usam actualmente.

Segundo o que se depreende dos textos dos antigos autores, a jazida de S. Jorge encontravam-se entre a Ribeira do Marcos (actualmente designada de Ribeira do Marques ou dos Arcos) e a Ribeira Grande de São Jorge, na então chamada “Ribeira do Meio”. O nome deste afluente é dado pelo nome dado a um interflúvio, situado na margem esquerda, designado de Lombo do Meio. A lenhite e a jazida estariam a uma altitude de 1014 pés (~300 m) acima da superfície do mar, na margem direita da ribeira do Meio, na confluência entre este afluente e a ribeira Grande de S. Jorge Fig. 22). Os estratos teriam, segundo o corte geológico de Hartung (Fig. 24), direcção aproximadamente E-W e inclinação para norte. Acima do afloramento haveria uma parede vertical com mais de 300 metros de altura resultante do encaixe do curso de água. No topo desta parede ficaria situada a localidade da fajã do Taboado.

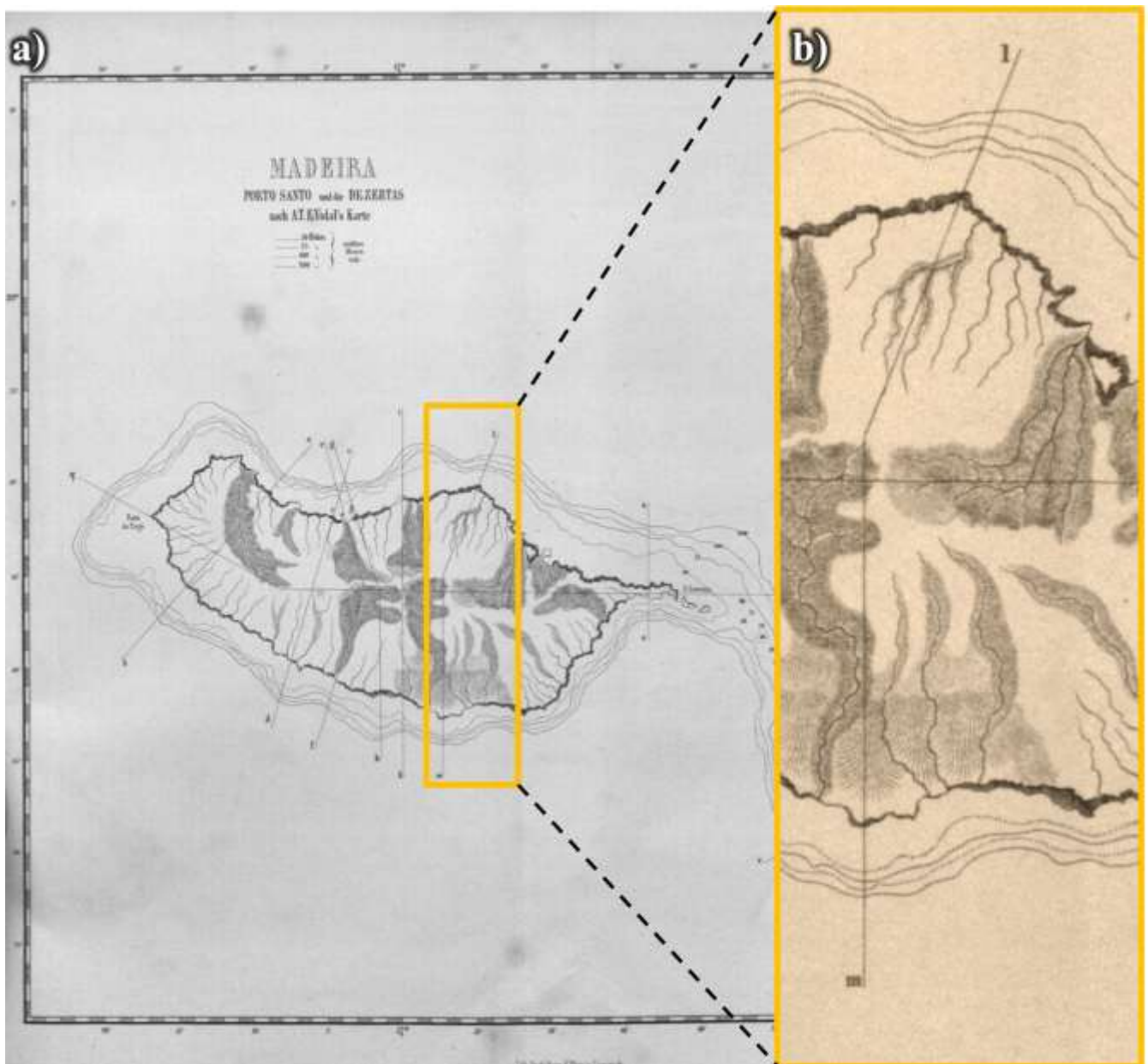


Figura 23. Localização da jazida de S. Jorge segundo Hartung e Mayer (1864): **a)** Mapa dos cortes geológicos apresentados no seu livro; **b)** Localização do corte S-N, SSO-NNE (l-m na carta).

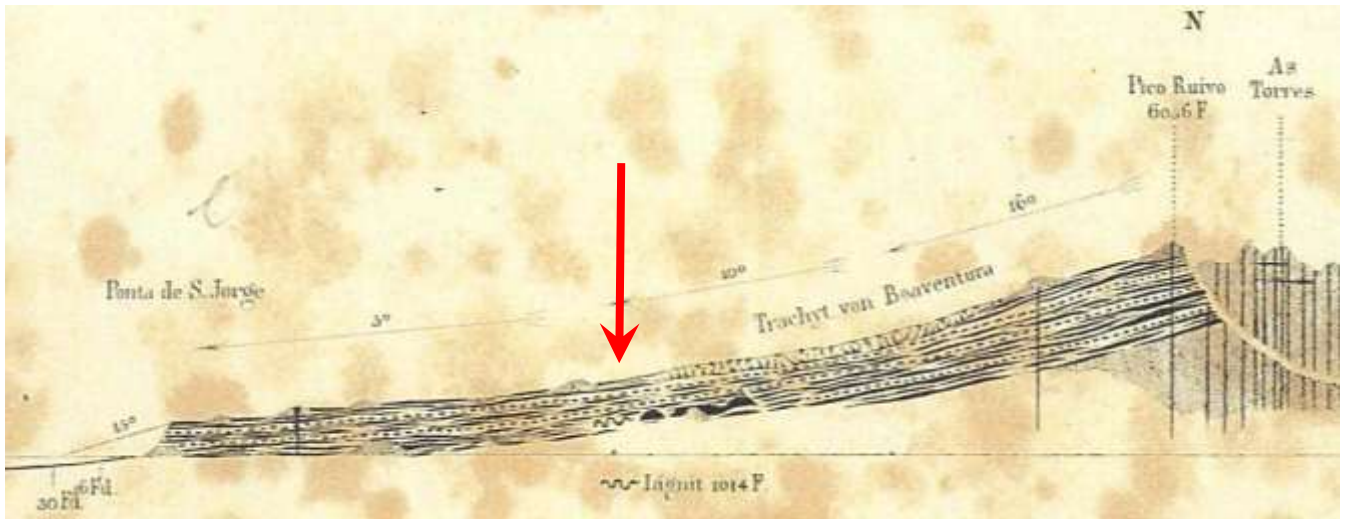


Figura 24. Extracto do corte geológico SSO-NNE, de Hartung e Mayer (1864), apresentado na figura anterior. De notar que o depósito sedimentar de S. Jorge encontra-se assinalado com a presença de lenhite (“Lignit” na figura).

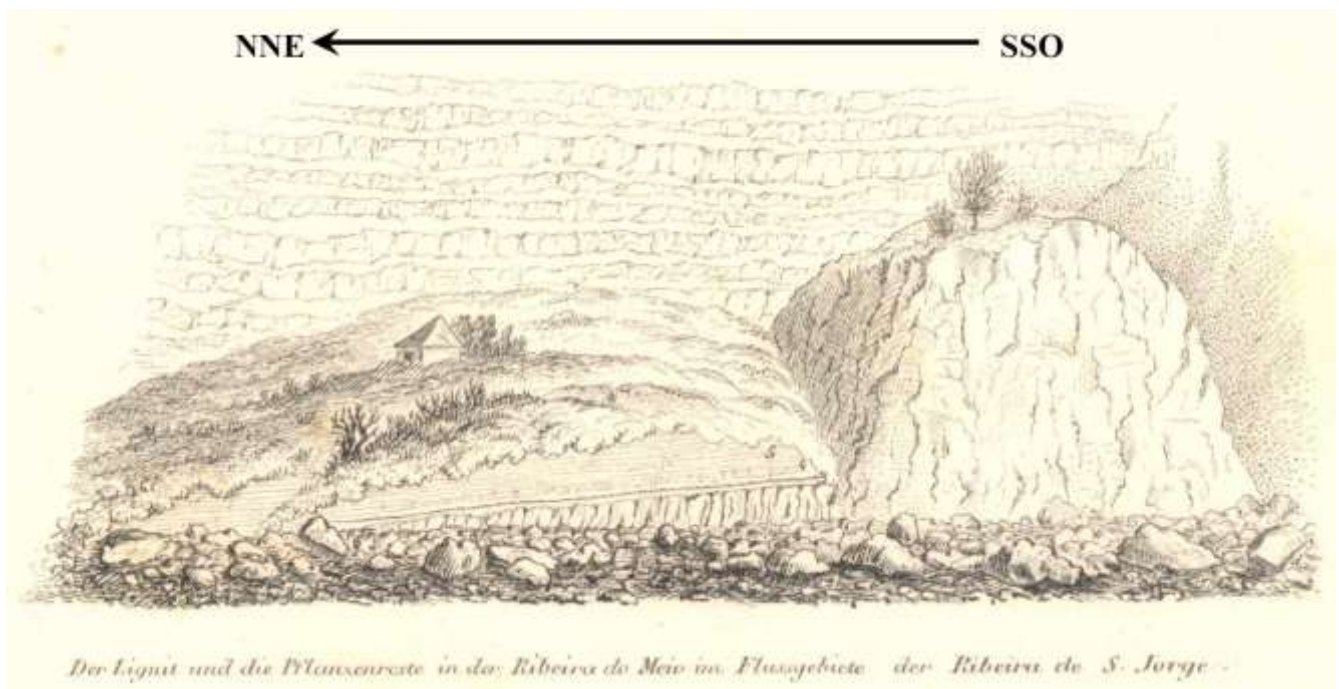


Figura 25. Gravura do afloramento de S. Jorge por Georg Hartung, publicada em Heer (1857). Tradução da legenda: "A lenhite e os restos de plantas na Ribeira do Meio, nas áreas ribeirinhas da Ribeira de S. Jorge".

Segundo a descrição de Heer (1857) e Hartung (1864) aventou-se a hipótese de que a ribeira do Meio seria um afluente que se situaria no sector oeste da povoação da Ilha. A toponímia da ribeira do Meio poderia estar relacionada com o facto de esta se situar entre a ribeira Grande de S. Jorge e a Ribeira do Marques. Contudo dados recolhidos na biblioteca do ETH-Z-D-ERDW já depois da realização de trabalho de prospecção da área, apontam para que a jazida esteja situada mais a montante, a Sudoeste. Os mapas de Ziegler (1856) e de Hartung e Mayer (1864) parecem mostrar apenas os cursos de água principais da zona, marcando a presença da lenhite mais a montante na actual ribeira Grande de S. Jorge, e a Sudoeste da freguesia da Ilha (Figs. 22 e 23). A toponímia do nome do leito principal e dos afluentes da ribeira Grande de S. Jorge, modificou-se ao longo do século XIX, fixando-se apenas no séc. XX. Em 1856, Ziegler considera a existência da ribeira Grande, que desagua no mar, a ribeira dos Marcos, a Este da povoação da Ilha e a Oeste a ribeira do Meio (Fig. 22). Em 1936, é publicada a carta corográfica da ilha da Madeira, pela Direcção Geral dos Trabalhos Geodésicos e Topográficos (Fig. 26a). Nesta carta os cursos de água apresentam os nomes actuais, caindo em desuso os nomes apresentados na carta de Ziegler (1856) e fundamentais para compreender onde se situava a jazida. O nome ribeira do Meio e fajã

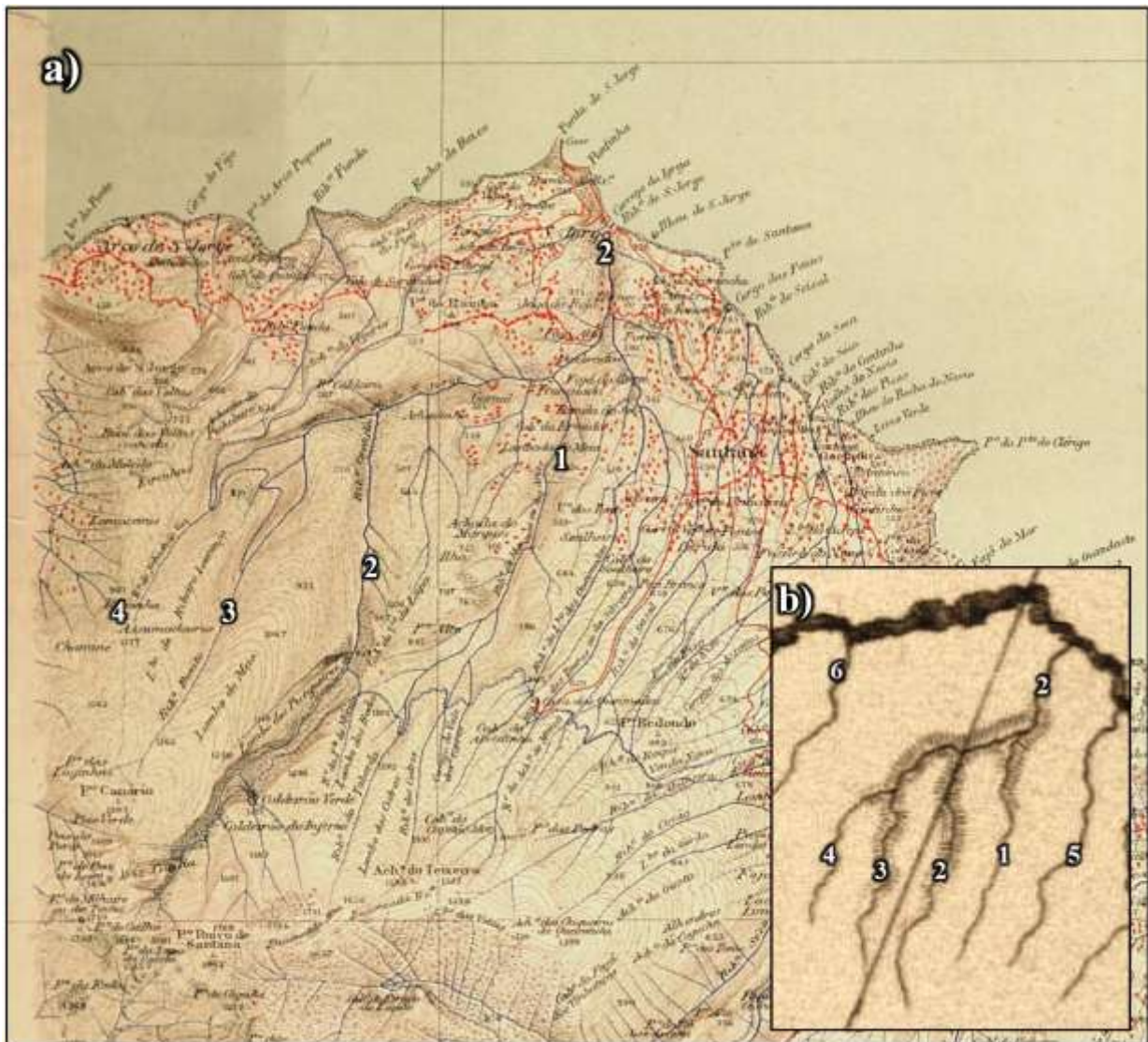


Figura 26. Comparação e interpretação dos cursos de água assinalados na carta corográfica da ilha da Madeira (1936) com o mapa de Hartung e Mayer (1864), segundo a toponímia actual: 1) Ribeira do Marques ou dos Arcos; 2) Ribeira Grande ou de São Jorge; 3) Ribeiro Bonito; 4) Ribeira de Sebastião Vaz; 5) Ribeira da Furna? 6) Ribeira Funda.

do Taboado desaparecem. Ao confrontar os mapas antigos com os mais recentes, o que parece ter acontecido, foi a mudança da nascente da ribeira Grande de S. Jorge, que em 1857, ficaria no que se considera actualmente o ribeiro Bonito, e o troço actual da ribeira Grande, que corre paralelo na parte Oeste da povoação da Ilha, seria então designado de Ribeira do Meio (Fig. 26a e b).

Em 1882 a jazida volta a ser visitada e alvo de uma prospeção por fósseis. Nesse ano Starkie Gardner volta a esta jazida, mas não encontra o local exacto. Este, na sua comunicação afirma que em 1865 houve uma derrocada que ocultou o afloramento. Ainda assim visita o suposto local e faz uma descrição estratigráfica, comparando-a com a publicada por Heer (1857). Outro dado curioso é o relatado pelo elucidário Madeirense (Silva e Meneses, 1940) onde é afirmado que esta jazida fora novamente exposta à luz dia em 1917, mas sem explicar qual a razão para tal, nem dando nenhum pormenor sobre a sua localização. Após estes estudos preliminares, a jazida nunca mais foi estudada, havendo apenas uma continuação de citação dos antigos trabalhos (e.g. Vahl, 1904; Teixeira, 1948; Mitchell-Thomé, 1974; Zbyszewski *et al.*, 1975; Mitchell-Thomé, 1976; Nóbrega, 1999; Sziemer, 2010; Fernández-Palacios *et al.*, 2011).

4.1.1.2. Estratigrafia e sedimentologia

O estudo estratigráfico do afloramento foi feito por Lyell e Hartung entre os anos de 1854 e 1855, tendo sido publicado por Heer (1857) e Hartung e Mayer (1864). A sequência dada pelos dois primeiros trabalhos é a mesma. A sequência publicada por Starkie Gardner é diferente, pois foi realizada mais tarde e após uma derrocada que ocultou o afloramento. As reconstruções das diferentes sequências apresentadas nas publicações estão resumidas na figura 27. A sucessão do corte dado por Heer (1857) e Hartung e Mayer (1864) é a seguinte (Fig. 27a e b):

- 1) "Lenhite menor"- Nível basal de lenhite de espessura indeterminada, estando oculta pelo leito da ribeira.
- 2) Escoda basáltica com espessura de 4,5 a 5m.
- 3) Nível argilítico (*underclay*) com 0,25m.
- 4) "Lenhite superior"- Estrato de lenhite com 0,10m. 5) "Tufo brechoide" com 0,90 m de espessura. Segundo os fósseis observados deste nível, a litologia deste estrato é representado por uma brecha de matriz silto-argilosa, onde se preservaram impressões e incarbonizações foliares. Os clastos são de natureza vulcânica em vários estádios de alteração, sendo que os maiores variam entre muito angulosos a sub-angulosos, com raros clastos rolados.
- 5) "Tufo brechoide" com 0,90 m de espessura. Segundo os fósseis observados deste nível, a litologia deste estrato é representado por uma brecha de matriz silto-argilosa, onde se preservaram impressões e incarbonizações foliares. Os clastos são de natureza vulcânica em vários estádios de alteração, sendo que os maiores variam entre muito angulosos a sub-angulosos, com raros clastos rolados.
- 6) "Massa de lama endurecida" com espessura em 0,10 a 0,90 m.
- 7) "Tufo brechoide" representando o topo da sequência, de espessura indeterminada, passado a uma camada de solo. Suprajacente a esta camada está associada uma sequência vulcânica com mais de 300 metros de espessura (ver figura 17).

Em 1882, Starkie Gardner publica sobre o mesmo afloramento mas apresentando uma estratigrafia diferente (Fig. 27c). Antes observa a escoda basáltica na base, e

superiormente um nível de argilitos, com 2 metros de espessura, com fósseis vegetais (“troncos” e “galhos”). Muito provavelmente este autor não visitou o local exacto, mas antes um equivalente lateral, com mudança de fácies relativamente ao afloramento inicial.

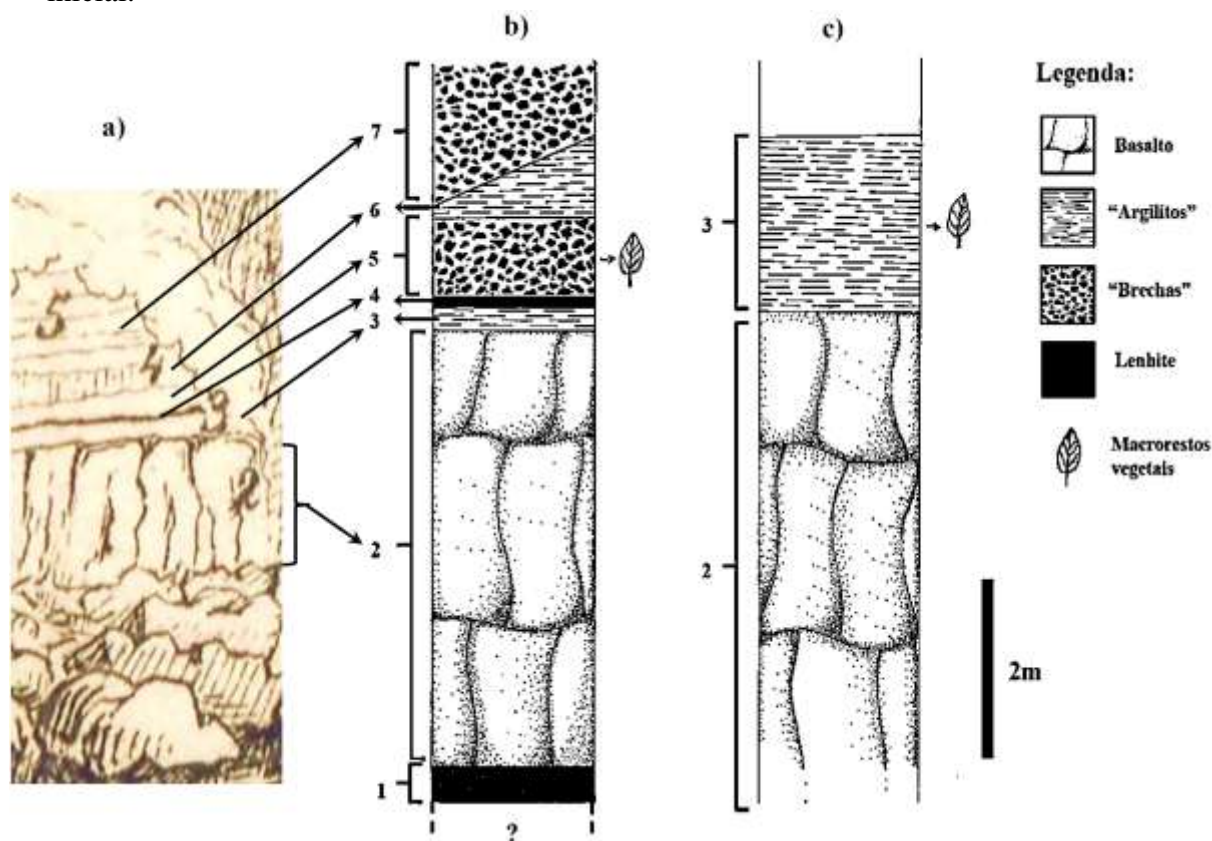


Figura 27. Colunas litológicas sintéticas do afloramento de S. Jorge inferida das publicações feitas sobre o local: a) Pormenor da figura 17, onde se vêem no desenho de Hartung os diferentes estratos; b) Coluna segundo a descrição de Heer (1857) e Hartung e Mayer (1864); c) Coluna segundo a descrição de Starkie Gardner (1882).

4.1.2. Colecções existentes

Historicamente existem duas colecções da jazida de S. Jorge, as quais foram descritas por Heer (1857) e Bunbury (1859). No entanto no decorrer da pesquisa bibliográfica, foi encontrado um texto que evidência a existência de pelo menos mais uma colecção desta jazida, reunida por Hartung (Heer, 1861). Na ilha da Madeira existem possivelmente exemplares de fósseis colhidos nesta jazida, formando uma quarta colecção, mas cujo estudo não foi efectuado (ver secção 4.1.2.4. do actual capítulo). Em seguida é discutido o historial das colecções individualmente, e qual o seu paradeiro actual.

4.1.2.1. Colecção de Sir Charles Lyell

Historicamente esta é a colecção mais bem documentada, quer por cartas, quer por artigos e livros (ver capítulo 1.4.1.1.). Foi colectada por um camponês de S. Jorge posteriormente à sua descoberta por Lyell e Hartung a 18 de Janeiro de 1854. Segundo as cartas de Lyell, este obteve para si uma colecção de mais de 150 espécimes. Desde da

chegada dos exemplares provenientes da Madeira, em 1854, que Bunbury tenta trabalhar nesta colecção. As identificações preliminares efectuadas por este autor foram publicadas por Lyell (1854, 1855). O trabalho culminou em 1859 numa descrição dos fósseis baseados em 140 espécimes (Bunbury, 1859). No total foram identificados por Bunbury, 23 espécies, 11 das quais considerou serem diferentes das de Heer (1857; Tabela 1).

Tabela 1. Lista de morfótipos identificados por Charles Bunbury no artigo de 1859, com a indicação da presença ou ausência dos mesmos na colecção actual.

Nº	Determinação original	Presença
1	<i>Pteris aquilina</i>	Sim
2	<i>Woodwardia radicans</i>	Sim
3	<i>Davalia canariensis</i>	Sim
4	<i>Aspidium Lyelli</i>	Sim
5	<i>Aspidium?</i> (<i>Polystichum</i>)	Sim
6	<i>Nephorodium??</i>	Não
7	<i>Nephorodium?</i>	Não
8	<i>Adiantum? psychodes</i>	Não
9	<i>Cyperus?</i>	Sim
10	<i>Laurus Canariensis</i>	Sim
11	<i>Oreodaphne foetens</i>	Sim
12	<i>Corylus australis</i>	Sim
13	<i>Salix??</i>	Sim
14	<i>Myrtus?</i>	Sim
15	<i>Vaccinium Maderense</i>	Sim
16	<i>Vaccinium Myrtillus?</i>	Sim
17	<i>Erica arborea</i>	Sim
18	<i>Ilex Hartungii</i>	Sim
19	<i>Pittosporum</i>	Sim
20	<i>Phyllites hymenaeoides</i>	Sim
21	<i>Phyllites lobulata</i>	Sim
22	<i>Phyllites</i>	Sim
23	<i>Phyllites</i>	Sim

Segundo o relatório da *Geological Society of London* (Jeffreys *et al.*, 1869), em 1868, Lyell doa a sua colecção de fósseis de plantas da ilha da Madeira ao *Geological Society of London Museum (GSLM)*. Infelizmente no relatório não é indicado o número de espécimes doados. Em 1911 as colecções do **GSLM** foram divididas por 3 instituições: os espécimes britânicos foram deslocados para o *British Geological Survey and Museum (BGS)*, com algumas excepções; os espécimes estrangeiros depositados no **NHM-UK**, também com algumas excepções; Espécimes grandes e decorativos permaneceram na *Burlington House*, a sede da *Geology Society* (Moore *et al.*, 1991).

Actualmente esta colecção está dividida em pelo menos 2 instituições inglesas. O **NHM-UK** contém nas suas colecções uma gaveta (*Foreign tertiary 43I.19 Madeira*) com 32 espécimes desta colecção de Lyell (Fig. 28a). Esta pequena colecção mantém-se neste museu desde a entrega pelo **GSLM**, em 1911. Os fósseis contidos nesta colecção apresentam as etiquetas originais coladas, e a identificação manuscrita por Bunbury. Além disso muitos apresentam uma numeração dada por C. Bunbury, um número dado pela **GSLM** (a vermelho) e um número final (a amarelo) dado pelo **NHM-UK** (Fig. 28b). A pesquisa desta colecção com o nome de Charles Bunbury levou a que fossem encontrados 7 espécimes não catalogados desta colecção no **SMC**. Os espécimes estavam depositados nos armazéns do museu, numa gaveta sob a denominação de “18/2 of 2 Bunbury tertiary”. Estes 7 espécimes não apresentam a catalogação do **GSLM**,



Figura 28. Coleção Sir Charles Lyell: **a)** Gaveta (Foreign tertiary 43I.19 Madeira, grande parte dela ocupada com a coleção de Lyell; **b)** Etiquetas encontradas nos espécimes do NHM: Etiqueta manuscrita por Bunbury onde se pode ler “*Corylus australis*”; Ponto vermelho: Número **GSLM**; Ponto amarelo: Número **NHM**.

pelos que devem ter sido separados da coleção num período prévio a 1911. Estes espécimes contêm o mesmo tipo de etiquetas, manuscritas com a localidade assinalada (S. Jorge). Além da pesquisa nas coleções, foi ainda realizada uma pesquisa nos catálogos manuscritos de Charles Bunbury. No “*Catalogue of fossil plants in my collection, Part 2*”, Bunbury faz referência à presença de pelo menos 4 fósseis atribuídos a “*Laurus canariensis*, Webb?” (Fig. 29). No entanto um inventário efectuado em Julho de 1957 indica a perda de dois dos espécimes. Esta é a única alusão a fósseis de S. Jorge encontrados nos catálogos de Bunbury.

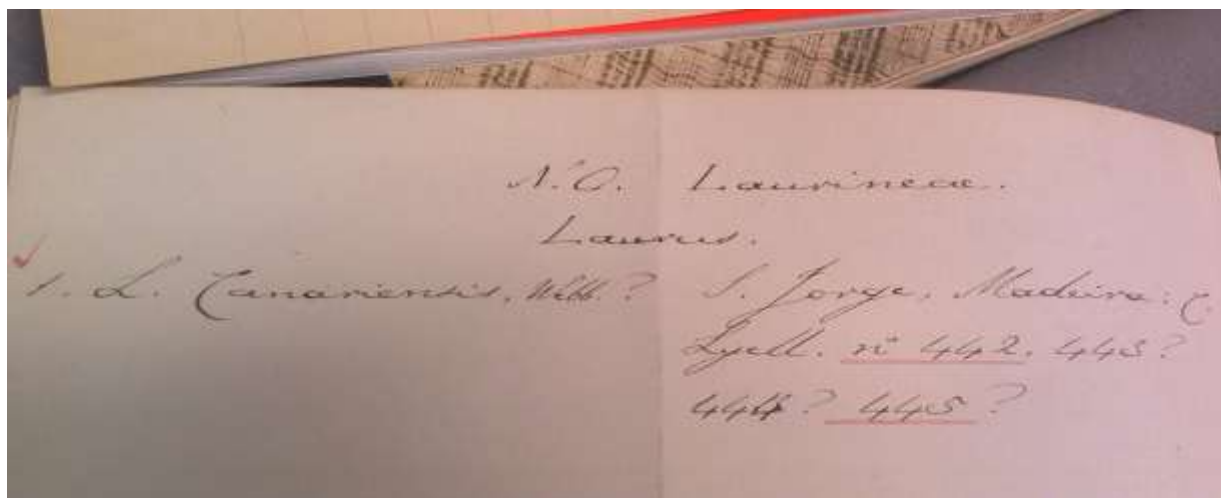


Figura 29. Detalhe do catálogo manuscrito por Bunbury, onde são mencionados os fósseis de *L. canariensis*. De notar os números dos espécimes sublinhados, referentes à sua presença na coleção durante o inventário de 1957.

O resultado da pesquisa na base de dados do **BGS** por fósseis de plantas da Madeira foi negativo, mas existe a possibilidade de haver espécimes ainda por catalogar (veja-se o exemplo recente da descoberta de espécimes supostamente perdidos de Darwin; The British geological Survey, 2012).

A presença de espécimes de S. Jorge no **SMC** poderá dever-se à separação de alguns espécimes, aquando de uma mudança de sede por parte da Geological Society of London, de *Bedford Street* para a *Burlington House* em 1874. O Website do **NHM** transcreve um excerto da obra de Cleevely (1983), onde este autor afirma o seguinte: “*When the Geological Society moved to Burlington House in 1874, numerous duplicates were presented to other institutions, including the British Museum (Natural History) and the Museum of Practical Geology*”.

4.1.2.2. Colecção de Oswald Heer

A proveniência desta colecção está bem narrada no artigo de Heer acerca da macroflora de S. Jorge de 1857. Esta colecção tem origem em duas recolhas efectuadas por Georg Hartung, uma no Inverno de 1853-1854 e outra no Verão de 1854. O número total de espécimes colhidos e estudados é desconhecido. Heer (1857) descreve 25 morfótipos ilustrando cerca de 57 espécimes (Fig. 12A e 12B). Do total de 25 morfótipos descritos, apenas três estão dados como desaparecidos (Tabela 2).

Tabela 2. Lista de morfótipos identificados por Oswald Heer no artigo de 1857, com a indicação da presença ou ausência dos mesmos na colecção actual

Nº	Determinação original	Presença
1	<i>Pteris aquilina</i>	Sim
2	<i>Trichomanes radicans</i>	Sim
3	<i>Woodwardia radicans</i>	Não
4	<i>Osmunda regalis</i>	Sim
5	<i>Asplenium marinum</i>	Sim
6	<i>Asplenium Bunburyanum</i>	Sim
7	<i>Aspidium Lyelli</i>	Sim
8	<i>Salix Lowei</i>	Não
9	<i>Myrica Faya</i>	Sim
10	<i>Corylus australis</i>	Sim
11	<i>Ulmus suberosa</i>	Sim
12	<i>Oreodaphne foetens</i>	Sim
13	<i>Clethra arborea</i>	Sim
14	<i>Erica arborea</i>	Sim
15	<i>Vaccinium maderense</i>	Sim
16	<i>Vinca major</i>	Sim
17	<i>Myrtus communis</i>	Sim
18	<i>Ilex Hartungi</i>	Sim
19	<i>Rhamnus latifolius</i>	Sim
20	<i>Pistacia Phaeacum</i>	Sim
21	<i>Pittosporum</i>	Sim
22	<i>Rosa canina</i>	Sim
23	<i>Psoralea dentata</i>	Não
24	<i>Phyllites (Rhus?) Ziegleri</i>	Sim
25	<i>Gramineen</i>	Sim

Actualmente a colecção de Oswald Heer está alojada nas colecções do **ETH-Z-D-ERDW** numa gaveta com a designação de “*Postglaz. St. Jorge Madeira*” (fig. 30a). Apenas 44 espécimes de uma colecção maior sobreviveram até aos dias de hoje. Destes 44, apenas 20 dos ilustrados no artigo estão presentes na colecção, sendo os restantes novos espécimes. Segundo Stefan Ungricht (comunicação pessoal, 2012), as colecções depositadas no **ETH-Z-D-ERDW**, foram deslocadas de um antigo prédio da universidade para o actual edifício mais recente, onde se situam actualmente as colecções. Durante este processo podem ter-se extraviado alguns espécimes. Existe no entanto muito material fóssil que terá sido estudado por Heer, que ainda não foi revisto nem arquivado, sendo possível a descoberta de novos espécimes da ilha da Madeira. Outro aspecto a salientar é a presença de pelo menos dois espécimes assinalados como “*Laurus nobilis*” não pertencentes aos espécimes colhidos em S. Jorge. Outros dois espécimes são duas compressões de “*Rubus sp.*”, cuja proveniência da jazida de S. Jorge é dúbia.



Figura 30. Coleção Professor Oswald Heer: a) aspecto geral da gaveta; b) Aspecto de dois espécimes de “*Ilex Hartungi*” e das respectivas etiquetas.

4.1.2.3. Coleção de Georg Hartung

A existência desta coleção é denunciada pelo livro de Hartung e Mayer (1864) e por uma carta de Oswald Heer a Bronn (ver capítulo histórico, secção 4.1.2.). No total foram identificadas 8 morfótipos nesta coleção (Tabela 3). Foram feitos vários esforços na tentativa de compreender qual o destino desta coleção, mas sem sucesso. Desconhece-se o paradeiro das coleções paleontológicas de Hartung. Numa publicação sobre gastrópodes fósseis dos Açores, Janssen *et al.* (2008) fazem descrições de novos espécimes, tendo os fósseis originais sido recolhidos por Hartung e estudados por Heinrich Georg Bronn. Isto levou estes investigadores a procurar a localização da coleção de Hartung, mas sem sucesso (Janssen *et al.*, 2008). A consulta pelo paradeiro destes fósseis levou-os a inquirir o NHM de Londres, o “*Muséum nationale d’Histoire naturelle* (Paris) e “*Musée Océanographique de Monaco*” (Mónaco). Com a ajuda do artigo biográfico sobre Hartung (Pinto e Bouheiry, 2007), foram contactadas mais três instituições com vista a procurar esta coleção. Segundo os biógrafos de Hartung, este viveu na cidade de Heidelberg, e frequentemente discutia com Bronn, professor da Universidade de Heidelberg os seus espécimes. Comprovando isto existe a carta de Heer a Bronn, de 1961, em que se discute a identificação de fósseis de S. Jorge. Foi contactada a universidade de Heidelberg, mas as suas coleções não possuem fósseis de plantas da ilha da Madeira. Uma segunda hipótese seria a venda das coleções de plantas de S. Jorge à universidade de Harvard (Massachusetts). Segundo Lurie (1960), Bronn vendeu em 1859 grande parte da sua coleção a Louis Agassiz³⁶, para o então recém-fundado “*Museum of Comparative Zoology*”.

"Agassiz purchased the fossil specimens collected by his former teacher Heinrich G. Bronn, materials from which he had first learned the rudiments of paleontology."

(Lurie, 1960, pg. 238)

³⁶ **Jean Louis Rodolphe Agassiz** (1807-1873) Zoólogo, paleontólogo e geólogo suíço. Emigrou para os E.U.A. onde fundou o *Museum of Comparative Zoology* (Harvard University).

Apesar de a venda ser anterior à carta de Heer a Bronn, poderia ter havido mais trocas posteriores de material fóssil. Os contactos realizados com as colecções paleobotânicas em Harvard (*Paleobotanical Collections of the Paleobotanical Laboratories and Harvard University Herbaria*) revelaram que existem fósseis de plantas comprados a Bronn, nas suas colecções. Infelizmente nenhum material oriundo da Madeira. A última instituição a ser contactada foi o Museu Geológico de Lisboa. Além de poder conter algum material colectado por outros, poderia ter recebido devolução de espécimes, oriundos do estrangeiro a Portugal. Segundo os contactos realizados este museu não possui quaisquer espécimes paleobotânicos registados da ilha da Madeira.

Tabela 3. Lista de morfótipos identificados por Oswald Heer na carta a Bronn em 1861, muito provavelmente da colecção de Georg Hartung.

Nº	Determinação original
1	<i>Laurus canariensis</i>
2	<i>Myrica faya</i>
3	<i>Oreodaphne foetens</i>
4	<i>Osmunda regalis</i>
5	<i>Phyllites Ziegleri</i>
6	<i>Pteris aquilina</i>
7	<i>Pteris cretica</i> (figurado em Hartung 1864)
8	<i>Woodwardia radicans</i>

4.1.2.4. Colecção Museu de História Natural do Seminário do Funchal

Infelizmente esta colecção não integrou este estudo de cariz internacional. O livre acesso desta pequena e fragmentária colecção pública, não foi efectuado, devido a impedimentos ao acesso aos espécimes e a imposições sobre a posterior divulgação e publicação da presente dissertação (Ver anexos 1, 2 e 3). De notar que estas imposições vão contra as próprias competências da instituição Jardim Botânico da Madeira Eng.º Rui Vieira (**JBM**) que tem a guarda desta colecção.

O espólio do Museu de História Natural do Seminário do Funchal (**MADS**, actualmente à guarda do **JBM**) contém vários espécimes de macrofósseis vegetais (uma pequena colecção) e microfósseis (principalmente troncos e ramos) colhidos um pouco por toda a ilha. Existem etiquetas a indicar que alguns espécimes foram colhidos em S. Jorge, porém desconhece-se a origem desta colecção. Segundo Silva (2003), entre os contribuidores do espólio encontram-se Georg Hartung e James Yates Jonhson, dois cientistas que participaram na descoberta e divulgação da paleobotânica da ilha da Madeira. Talvez o fóssil mais importante seja o morfótipo assinalado como “*Frangula azorica*” (Nóbrega, 1999), muito provavelmente proveniente da jazida de S. Jorge, mas sem nenhum estudo paleobotânico a suportar esta afirmação.

4.1.3. Macroflora fóssil de S. Jorge

A macroflora de S. Jorge é constituída por impressões, compressões de elementos foliares (Heer, 1857, descreve também uma flor), numa brecha de matriz silto-argilosa ou somente em matriz silto-argilosa. Estes fósseis foliares são de difícil

interpretação, pois os caracteres mais delicados e frágeis, tais como a nervação de 3ª ordem ou ordens superiores não se encontra preservada, ou quando presente, é de difícil interpretação. São raras as folhas completas, i.e. as folhas fósseis com ápice e base preservados, e mais de metade da lâmina presente (Leaf Architecture Working Group, 1999), dificultando ainda mais a sua revisão. De assinalar que estas dificuldades na análise do material de S. Jorge, já haviam sido referidas por Heer (1857) e por Bunbury (1859). A dificultar a interpretação actual do material existe também a degradação do material colectado ao longo de mais de 150 anos de história da colecção.

Foram inventariados no total 83 espécimes (Tabela 4), divididos num total de três colecções: **NHM-UK**: 32 espécimes e **SMC**: 7 espécimes, perfazendo o total de 39 espécimes sobreviventes de uma colecção de 140 exemplares colhidos na ilha da Madeira por Charles Lyell (Bunbury, 1859); **ETH-Z-D-ERDW**: 44 espécimes, de uma colecção cujo número original de espécimes não foi possível determinar. Os morfótipos listados na tabela 4 estão organizados por grandes grupos morfológicos (fetos, dicotiledóneas e monocotiledóneas) e ordenados alfabeticamente por género. É dado para cada espécime o número de colecção, o local onde se encontra depositado, a principal publicação ou publicações onde o morfótipo é descrito ou referido, e por fim se está figurado nas mesmas ou na corrente dissertação. De notar que um espécime poderá ter mais do que um morfótipo presente (i.e. um bloco poderá conter duas impressões de folhas distintas).

Tabela 4. Lista total dos espécimes existentes actualmente provenientes da jazida de S. Jorge. Legenda: H: Heer (1857); B: Bunbury (1859); *: espécimes com proveniência dúbia; ?: espécimes em que o descritor original duvida da sua validade; NA: Não figurado.

Nº	Morfótipo	Colecção	Nº do Espécime	Publicação	Estampa/ Figura
1	<i>Aspidium lyelli</i> Heer	NHM-UK	V 19899a	H; pg 27/B; pg 53-54	NA
2	<i>Aspidium lyelli</i> Heer	NHM-UK	V 19899b	H; pg 27/B; pg 53-55	Fig. 35b
3	<i>Aspidium lyelli</i> Heer	ETH-Z-D-ERDW	000000002383	H; pg 27/B; pg 53-56	H I, Fig. 15; Fig. 35a
4	<i>Asplenium bunburianum</i> Heer	ETH-Z-D-ERDW	000000002387	H, pg. 27	H I, Fig 14 e 14a; Fig. 38a
5	<i>Asplenium marinum</i> Heer	ETH-Z-D-ERDW	000000002405	H, pg. 26	HI, Fig 16; Fig. 58
6	<i>Davallia canariensis</i> (J. E. Smith)?	NHM-UK	V 19890	B, pg. 53	Fig.41a
7	<i>Davallia canariensis</i> (J. E. Smith)?	SMC	SMC01	B, pg. 53	Fig. 41b
8	<i>Osmunda regalis</i> L.	ETH-Z-D-ERDW	000000002392a	H; pg. 26/ B; pg. 54	H I, Fig. 12; Fig. 31a
9	<i>Osmunda regalis</i> L.	ETH-Z-D-ERDW	000000002382a	H, pg. 26	NA
10	<i>Osmunda regalis</i> L.	ETH-Z-D-ERDW	000000002382b	H, pg. 26	NA
11	<i>Pteris aquilina</i> L.	NHM-UK	V 19891	H; pg 25/ B; pg 53	Fig.34a
12	<i>Pteris aquilina</i> L.	NHM-UK	V 19892	H; pg 25/ B; pg 53	NA
13	<i>Pteris aquilina</i> L.	NHM-UK	V 19893	H; pg 25/ B; pg 53	NA
14	<i>Pteris aquilina</i> L.	NHM-UK	V 19894	H; pg 25/ B; pg 53	NA
15	<i>Pteris aquilina</i> L.	NHM-UK	V 19895	H; pg 25/ B; pg 53	Fig. 42
16	<i>Pteris aquilina</i> L.	NHM-UK	V 19896	H; pg 25/ B; pg 53	NA
17	<i>Pteris aquilina</i> L.	NHM-UK	V 19897	H; pg 25/ B; pg 53	NA
18	<i>Pteris aquilina</i> L.	ETH-Z-D-ERDW	000000002381a	H; pg 25/ B; pg 53	H I, Fig. 6
19	<i>Pteris aquilina</i> L.	ETH-Z-D-ERDW	000000002381b	H; pg 25/ B; pg 53	NA

20	<i>Pteris aquilina</i> L.	ETH-Z-D-ERDW	000000002381c	H; pg 25/ B; pg 53	NA
21	<i>Pteris aquilina</i> L.	ETH-Z-D-ERDW	000000002381d	H; pg 25/ B; pg 53	H I, Fig. 3
22	<i>Pteris aquilina</i> L.	ETH-Z-D-ERDW	000000002381f	H; pg 25/ B; pg 53	Fig. 34b
23	<i>Pteris aquilina</i> L.	ETH-Z-D-ERDW	000000002402	H; pg 25/ B; pg 53	H I, Fig. 7; Fig. 32a
24	<i>Pteris aquilina</i> L.	NHM-UK	V 19912	H; pg 25/ B; pg 53	NA
25	<i>Polystichum(Aspidum?)</i>	NHM-UK	V 19901	B; pg 54	Fig. 43c
26	<i>Trichomanes radicans</i> Sw.	ETH-Z-D-ERDW	2398	H; pg 25	H I, Fig. 11 e 11b; Fig. 36
27	<i>Woodwardia radicans</i> Cav.	NHM-UK	V 19891	H; pg. 26/ B; pg. 53	Fig. 40c
28	<i>Clethra arborea</i> L.	ETH-Z-D-ERDW	000000002403	H, pg. 30 e 31	H II, fig. 19; Fig. 60b
29	<i>Corylus australis</i> Heer	ETH-Z-D-ERDW	000000002386	H, pg 28/ B, pg 55	H II, Fig 1; Fig 55a
30	<i>Corylus australis</i> Heer	ETH-Z-D-ERDW	000000002394	H, pg 28/ B, pg 55	H II, Fig 3
31	<i>Corylus australis</i> Heer	NHM-UK	V 19902	H, pg 28/ B, pg 55	Fig. 55d
32	<i>Erica arborea</i> L.	ETH-Z-D-ERDW	2404	H, pg. 30/ Bunbury 1857, pg 56	H II, Fig. 17 e 17a
33	<i>Erica arborea</i> L.	NHM-UK	V 19911	H, pg. 30/ Bunbury 1857, pg 56	Fig. 46
34	<i>Ilex hartungi</i> Heer	ETH-Z-D-ERDW	000000002393a	H, pg. 31/B, pg. 56	H II, Fig 23; Fig. 50c
35	<i>Ilex hartungi</i> Heer	ETH-Z-D-ERDW	000000002393b	H, pg. 31/B, pg. 56	H II, Fig 24
36	<i>Ilex hartungi</i> Heer	NHM-UK	V 19908	H, pg. 31/B, pg. 56	Fig. 50f
37	<i>Laurus canariensis</i> (Web and Berthelot)?	NHM-UK	V 19905	Bunbury 1857, pg. 54 e 55	NA
38	<i>Laurus canariensis</i> (Web and Berthelot)?	NHM-UK	V 19904	Bunbury 1857, pg. 54 e 55	NA
39	<i>Laurus canariensis</i> (Web and Berthelot)?	NHM-UK	V 19906	Bunbury 1857, pg. 54 e 55	Fig. 44c
40	<i>Laurus canariensis</i> (Web and Berthelot)?	NHM-UK	V 19907	Bunbury 1857, pg. 54 e 55	NA
41	<i>Laurus canariensis</i> (Web and Berthelot)?	SMC	SMC04	Bunbury 1857, pg. 54 e 55	NA
42	<i>Laurus canariensis</i> (Web and Berthelot)?	SMC	SMC05	Bunbury 1857, pg. 54 e 55	NA
43	<i>Laurus canariensis</i> (Web and Berthelot)?	SMC	SMC06	Bunbury 1857, pg. 54 e 54	NA
44	<i>Laurus canariensis</i> (Web and Berthelot)?	SMC	SMC07	Bunbury 1857, pg. 54 e 55	NA
45	<i>Myrica faya</i> L. (Faya fragifera Webb)	ETH-Z-D-ERDW	000000002380d	H, pg. 28	H I, Fig. 21; Fig. 61a
46	<i>Myrtus communis</i> L.	ETH-Z-D-ERDW	000000002400a	H, pg. 31/Bunbury 1857, pg. 56	NA
47	<i>Myrtus communis</i> L.	ETH-Z-D-ERDW	000000002400b	H, pg. 31/Bunbury 1857, pg. 56	H II, Fig. 21
48	<i>Myrtus communis</i> L.	ETH-Z-D-ERDW	000000002400d	H, pg. 31/Bunbury 1857, pg. 56	H II, Fig. 23
49	<i>Myrtus communis</i> L.	NHM-UK	V 19909	H, pg. 31/Bunbury 1857, pg. 56	Fig. 48c
50	<i>Oreodaphne foetens</i> Ait.	NHM-UK	V 19903	H, pg. 29/B, pg. 55	NA
51	<i>Oreodaphne foetens</i> Ait.	ETH-Z-D-ERDW	000000002378	H, pg. 29/B, pg. 55	NA
52	<i>Oreodaphne foetens</i> Ait.	ETH-Z-D-ERDW	000000002395a	H, pg. 29/B, pg. 55	H II, Fig. 15
53	<i>Oreodaphne foetens</i> Ait.	ETH-Z-D-ERDW	000000002395b	H, pg. 29/B, pg. 55	NA
54	<i>Oreodaphne foetens</i> Ait.	ETH-Z-D-ERDW	000000002380a	H, pg. 29/B, pg. 55	NA

55	<i>Oreodaphne foetens</i> Ait.	ETH-Z-D- ERDW	0000000002380b	H, pg. 29/B, pg. 55	H II, Fig. 12
56	<i>Oreodaphne foetens</i> Ait.	ETH-Z-D- ERDW	0000000002401a	H, pg. 29/B, pg. 55	H II, fig. 9; Fig. 44a
57	<i>Oreodaphne foetens</i> Ait.	ETH-Z-D- ERDW	0000000002400d	H, pg. 29/B, pg. 55	H II, Fig. 21
58	<i>Oreodaphne foetens</i> Ait.	ETH-Z-D- ERDW	0000000002380c	H, pg. 29/B, pg. 55	H II, Fig. 10
59	<i>Phyllites hymenaeoides</i> C.B.	NHM-UK	V 19915	B, pg. 56	Fig. 52
60	<i>Phyllites lobulata</i> C.B.	NHM-UK	V 19916	B, pg. 56	Fig. 62
61	<i>Phyllites</i> sp.	NHM-UK	V 19917	B, pg. 56 e 57	NA
62	<i>Phyllites</i> sp.	NHM-UK	V 19918	B, pg. 56 e 57	Fig. 52
63	<i>Phyllites</i> sp.	NHM-UK	V 19919	B, pg. 56 e 57	NA
64	<i>Phyllites</i> sp.	NHM-UK	V 19920	B, pg. 56 e 57	NA
65	<i>Phyllites (Rhus?) ziegleri</i> Heer	ETH-Z-D- ERDW	0000000002389	H, pg. 33 e 34	H II, Fig. 32; Fig. 53
66	<i>Phyllites (Rhus?) ziegleri</i> Heer	ETH-Z-D- ERDW	0000000002388	H, pg. 33 e 34	NA
67	<i>Pistacia Phaeacum</i> Heer	ETH-Z-D- ERDW	0000000002391	H, pg. 32	H II, Fig. 25; Fig. 48a
68	<i>Pittosporum?</i>	NHM-UK	V 19914	H, pg. 32/ Bunbury 1857, pg 56	Fig. 63c
69	<i>Pittosporum?</i>	ETH-Z-D- ERDW	0000000002396	H, pg. 32/ Bunbury pg. 56	H II, Fig. 27; Fig. 63a
70	<i>Rhamnus latifolius</i> Herit.	ETH-Z-D- ERDW	0000000002399	H, pg 35	H I, Fig 25; Fig. 59a
71	<i>Rosa canina</i> L. ?	ETH-Z-D- ERDW	0000000002390	H, pg. 32 e 33	H II, Fig. 26
72	<i>Rubus</i> sp.*	ETH-Z-D- ERDW	0000000002379b	NA	Fig. 55c
73	<i>Rubus</i> sp.*	ETH-Z-D- ERDW	0000000002401b	NA	NA
74	<i>Ulmus suberosa</i> Mönch. ?	ETH-Z-D- ERDW	0000000002379	H, pg 28	H II, Fig 24
75	<i>Vaccinium maderense</i> Link.	NHM-UK	V 19910	H, pg. 30/ B, pg. 56	Fig. 50b
76	<i>Vaccinium maderense</i> Link.	SMC	SMC02	H, pg. 30/ B, pg. 56	Fig. 50a
77	<i>Vaccinium maderense</i> Link.	SMC	SMC03	H, pg. 30/ B, pg. 56	NA
78	<i>Vaccinium maderense</i> Link.	ETH-Z-D- ERDW	0000000002385	H, pg. 30/ B, pg. 56	NA
79	<i>Vaccinium myrtillus?</i>	NHM-UK	V 19911	B, pg. 56	NA
80	<i>Vinca major?</i>	ETH-Z-D- ERDW	000000002384	H, pg. 30	NA
81	<i>Vinca major?</i>	ETH-Z-D- ERDW	0000000002392b	H, pg 28	H II, Fig 20: Fig.59c
82	<i>Cyperus ?</i>	NHM-UK	V 19900	B, pg. 54	NA
83	<i>Cyperus ?</i>	NHM-UK	V 19892	B, pg. 54	Fig. 57

A flora fóssil de S. Jorge é caracterizada pela sua abundância em folhas de dicotiledóneas (65%), onde 64% são folhas de margem inteira e 36% das folhas com margem recortada. Os fetos representam 33% da flora; as monocotiledóneas estão representadas apenas por 2% (Gráfico 1).

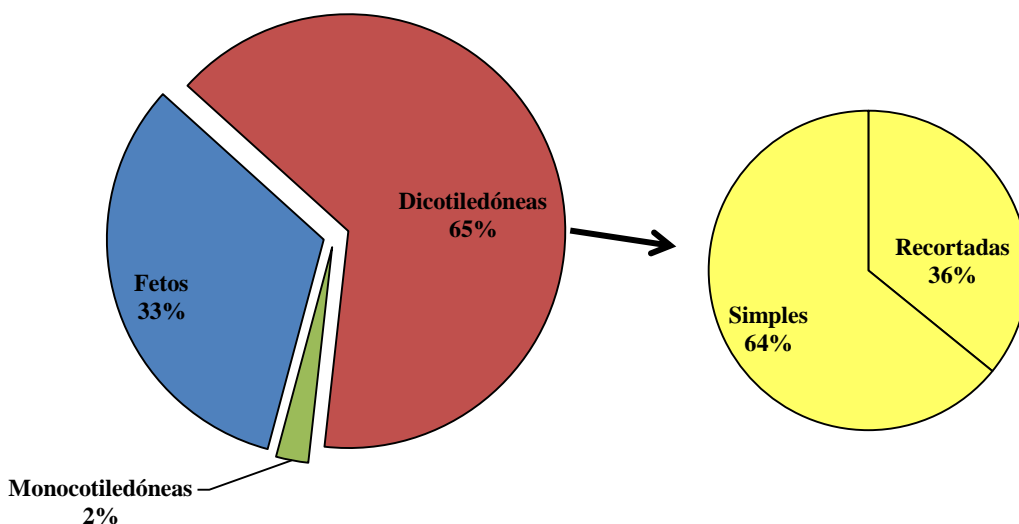


Gráfico 1. Percentagem da composição da flora de S. Jorge. Legenda: Esquerda: percentagem por afinidade taxonômica; direita: percentagem do recorte marginal das dicotiledóneas.

Quanto ao tamanho foliar das dicotiledóneas, apesar das raras folhas completas, poderá dizer-se que a flora será dominada por folhas de tamanho nanófilo a micrófilo, sendo raras os de tamanho leptófilo e notófilo, sendo estas últimas devido a características de fissura do sedimento que contêm os fósseis.

4.1.4. Análise florística: revisão dos morfótipos

No século XIX foram identificados no total, por Heer e Bunbury, cerca de 37 espécies para a macroflora de São Jorge, Na revisão actual, identificaram-se apenas 34 espécies das 37 originalmente descritas.

A revisão florística actual destes espécimes discriminou a presença de 19 morfótipos, sendo os restantes 15 morfótipos, são inválidos (são baseados em material mal preservado ou incompleto), ou são sinónimos de outros morfótipos (Tabela 2). No total foram contabilizados 9 morfótipos atribuíveis a fetos (numerados de **SJ01-SJ09**); 10 morfótipos atribuídos a folhas de dicotiledóneas (**SJ10-SJ19**), dos quais três morfótipos são folhas simples de margem inteira (**SJ10-SJ12**), um morfótipo de folha simples e recortada (**SJ13**), três de folhas presumivelmente compostas e margem inteira (**SJ14 e SJ16**); dois morfótipos de folha composta e recortada (**SJ17 e SJ18**) e finalmente um morfótipo atribuído a monocotiledónea (**SJ19**). Em seguida é apresentada uma descrição dos morfótipos identificados nesta análise florística. Os espécimes que foram descritos e ilustrados nos artigos do séc. XIX, mas ausentes das colecções actuais, não foram usados nesta revisão. Estes e os espécimes inválidos serão discutidos no subcapítulo 4.1.4.4.

Tabela 5. Tabela 5. Resumo da análise florística da macroflora fóssil de S. Jorge. Legenda: Determinação original: nome retirado da publicação; Publicação: Artigo principal e página onde foi publicado o morfótipo originalmente; Afinidade: Dico: Dicotiledónea; Mono: Monocotiledónea; Material: F: Foliar; Organização: S: Folha simples; C: Folha composta; Margem: I: Inteira; R: Recortada; —: Não aplicável ao espécime; Pág.: página onde se encontra descrito o morfótipo na actual dissertação.

Nº	Determinação original	Publicação	Afinidade	Material	Organização	Margem	Revisões/ Citações/Correcções	Revisão actual	Pág.
SJ01	<i>Osmunda regalis</i> L.	Heer 1857, pg. 26	Feto	F	—	—	—	<i>Osmunda regalis</i> L.	65
SJ02	<i>Pteris aquilina</i> L.	Heer 1857, pg. 25	Feto	F	—	—	—	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	66
SJ03	<i>Aspidium Lyelli</i> Heer	Heer 1857, pg. 27	Feto	F	—	—	—	<i>Arachniodes</i> sp.	68
SJ04	<i>Tricomanes radicans</i> Sw.	Heer 1857, pg. 25	Feto	F	—	—	—	<i>Asplenium</i> cf. <i>onopteris</i>	69
SJ05	<i>Asplenium Bunburyanum</i> Heer	Heer 1857, pg. 27	Feto	F	—	—	—	<i>Asplenium</i> sp.	70
—	<i>Asplenium marinum</i> L.	Heer 1857, pg. 26	Feto	F	—	—	—	<i>Filicopsida</i> indet.	91
SJ06	<i>Woodwardia radicans</i> Cav.?	Heer 1857, pg. 26	Feto	F	—	—	—	<i>Woodwardia radicans</i> Cav.	72
SJ07	<i>Davallia canariensis</i> L.	Bunbury 1859, pg. 53	Feto	F	—	—	—	<i>Davallia canariensis</i> L.	73
SJ08	<i>Pteris aquilina</i> L.	Descrito na presente dissertação	Feto	F	—	—	—	<i>Asplenium</i> sp.	74
SJ09	<i>Polystichum</i> (<i>Aspidium</i> ?)	Bunbury 1859, pg. 54	Feto	F	—	—	—	<i>Polystichum</i> sp.	75
SJ10	<i>Oreodapne foetens</i> Ait.	Heer 1857, pg. 29	Dico	F	S	I	<i>Ocotea foetens</i> (Vahl 1904)	<i>Ocotea foetens</i> (Aiton) Baill.	76
SJ10	<i>Laurus Canariensis</i> Webb and Berthelot	Bunbury 1859, pg. 54 e 55	Dico	F	S	I	—	<i>Ocotea foetens</i> (Aiton) Baill.	76
SJ11	<i>Erica arborea</i> L.	Heer 1857, pg. 30	Dico	F	S	I	—	<i>Erica</i> sp.	78
—	<i>Pittosporum</i> ?	Heer 1857, pg. 32	Dico	F	S	I	—	<i>Dicotyledoneae</i> indet.	94
SJ12	<i>Myrtus communis</i>	Heer 1857, pg. 31	Dico	F	S	I	—	<i>Myrtus communis</i> L.	79

SJ12	<i>Pistacia Phaeacum</i> Heer	Heer 1857, pg. 32	Dico	F	C?	I	<i>Myrtus communis</i> (Lowe 1862; Starkie Gardner, 1881)	<i>Myrtus communis</i> L.	79
—	<i>Rhamnus latifolius</i> Herit.	Heer 1857, pg. 31 e 32	Dico	F	S	I	<i>Rhamnus latifolius</i> (Lowe, 1862)	<i>Dicotyledoneae</i> indet.	92
—	<i>Vinca major</i> L.?	Heer 1857, pg. 30	Dico	F	S	I	—	<i>Dicotyledoneae</i> indet.	92
SJ13	<i>Vaccinium myrtillus?</i>	Bunbury 1859, pg. 56	Dico	F	S	R	—	<i>Vaccinium cf. padifolium</i>	81
SJ13	<i>Vaccinium maderense</i> Link.	Heer 1857, pg. 30	Dico	F	S	R	—	<i>Vaccinium cf. padifolium</i>	81
SJ13	<i>Rosa canina</i> L.	Heer 1857, pg. 32 e 33	Dico	F	S	R	—	<i>Vaccinium cf. padifolium</i>	81
SJ13	<i>Ilex Hartungui</i> Heer	Heer 1857, pg. 31	Dico	F	S	R	<i>Vaccinium</i> (Lowe 1868, Starkie Gardner, 1881)	<i>Vaccinium cf. padifolium</i>	81
—	<i>Myrica faya</i> L.	Heer 1857, pg. 28	Dico	F	S	R	<i>Faya fragifera</i> (Hartung 1864); <i>Ardisia excelsa</i> (Lowe, 1872; Starkie Gardner, 1881)	<i>Dicotyledoneae</i> indet.	93
—	<i>Clethra arborea</i> L.	Heer 1857, pg. 29	Dico	F	S	R	—	<i>Dicotyledoneae</i> indet.	93
SJ14	<i>Phyllites hymenaeoides</i> Bunbury	Bunbury 1859, pg. 56	Dico	F	C?	I	—	<i>Dicotyledoneae</i> indet.	84
—	<i>Phyllites lobulata</i> Bunbury	Bunbury 1859, pg. 56	Dico	F	C?	I	—	<i>Dicotyledoneae</i> indet.	91
SJ15	<i>Phyllites sp.</i>	Bunbury 1859, pg. 56 e 57	Dico	F	C?	I	—	<i>Dicotyledoneae</i> indet.	94
SJ16	<i>Phyllites sp.</i>	Bunbury 1859, pg. 56 e 58	Dico	F	C?	I	—	<i>Dicotyledoneae</i> indet.	85
SJ17	<i>Phyllites (Rhus?) Ziegleri</i> Heer	Heer 1857, pg. 33 e 34	Dico	F	C?	R	—	<i>Dicotyledoneae</i> indet.	86
SJ18	<i>Rubus sp.</i>	Descrito na presente dissertação	Dico	F	C	R	—	<i>Rubus sp.</i>	87
SJ18	<i>Ulmus suberosa</i> Mönch	Heer 1857, pg. 28 e 29	Dico	F	C	R	<i>R. grandifolius</i> (Lowe, 1862)	<i>Rubus sp.</i>	87
SJ18	<i>Corylus australis</i> Heer	Heer 1857, pg. 28	Dico	F	C	R	<i>R. discolor</i> (Lowe, 1862); <i>R. grandifolius</i> (Lowe, 1862)	<i>Rubus sp.</i>	87
SJ19	<i>Cyperus?</i>	Bunbury 1859, pg. 54	Mono	F	—	—	—	<i>Monotyledoneae</i> indet.	90

4.1.4.1. Fetos

SJ01

Osmunda regalis L.

Afinidade sistemática: Classe *Filicopsida*; Ordem *Osmundales*; Família *Osmundaceae*

Espécimes: 0000000002382a; 0000000002392a

Figuras: Fig. 31a) – c)

Descrição: Natureza da fronde desconhecida. Folíolo inteiro. Fragmentos de tamanho nanófilo. Costa sinuosa para o ápice; nervuras secundárias bifurcam pelo menos duas vezes. Nervação termina na margem. Margem serrilhada.

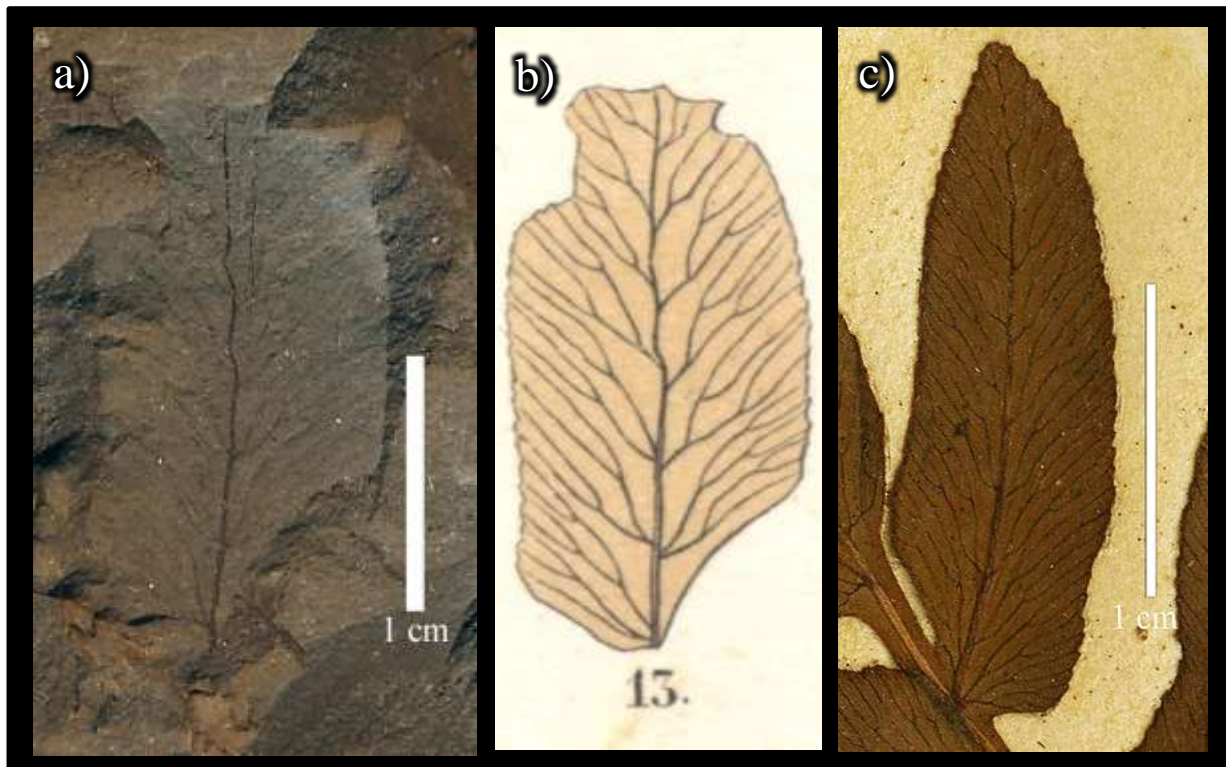


Figura 31. *Osmunda regalis*, SJ01: a) Espécime 0000000002392a; b) Ilustração apresentada por Heer (1857; ver figura 12A, desenho nº13); c) Comparação com um folíolo de *Osmunda regalis* (Fonte: Espécime Ghana Herbarium (GC), GC000008920: <http://plants.jstor.org/specimen/gc000008920?history=true>)

Comentários: Morfótipo reconhecido por Heer (1857). Esta espécie de feto é dada como extinta para a ilha da Madeira (Jardim e Menezes de Sequeira, 2008). Contudo a nervação, tamanho e recorte marginal do fóssil são concordantes com os espécimes vivos (fig. 31c). Heer (1857) descreve que recebeu apenas um espécime deste morfótipo (Fig. 27a, 27b). Na coleção alojada no **ETH-Z-D-ERDW** encontraram-se 2 espécimes (provavelmente um terceiro, mas demasiado incompleto) concordantes com este morfótipo. Uma das explicações para o espécime extra, poderá ser resultante da clivagem de outros espécimes, expondo à luz do dia novos espécimes. A atribuição

deste morfótipo à espécie *O. regalis* é dúbia devido ao estado demasiado fragmentário do fóssil. Contudo esta espécie é dada como nativa para os Açores (notado já por Heer em 1857; Silva *et al.*, 2005), havendo dois espécimes de herbário recolhidos na ilha da Madeira em 1850 e em 1914 (Press e Short, 1994). O registo fóssil europeu deste género data do Miocénico (Schimper, 1869), tendo tido, uma grande janela temporal para a sua dispersão até às ilhas atlânticas. A impossibilidade de obter mais espécimes no depósito sedimentar de S. Jorge, impede a reconfirmação deste morfótipo.

SJ02

Pteridium aquilinum (L.) Kuhn

Afinidade sistemática: Classe *Filicopsida*; Ordem *Dennstaedtiales*; Família *Dennstaedtiaceae*

Identificação prévia: *Pteris aquilina* L.

Espécimes: V19891; V19892; V19893; V19894; V1989; V19896; V19897; V19912;
0000000002381a; 0000000002381b; 0000000002381c; 0000000002381d;
0000000002381f; 0000000002402

Figuras: 32a) e b), 33a) e b)

Descrição: Natureza da fronde desconhecida. Vários fragmentos de pínulas estéreis com tamanhos vários. Pínulas penatipartidas; ápice dos últimos segmentos convexos. Nervação dicotómica, terminal na margem. Margem inteira. Alguns espécimes mostram margens revolutas.

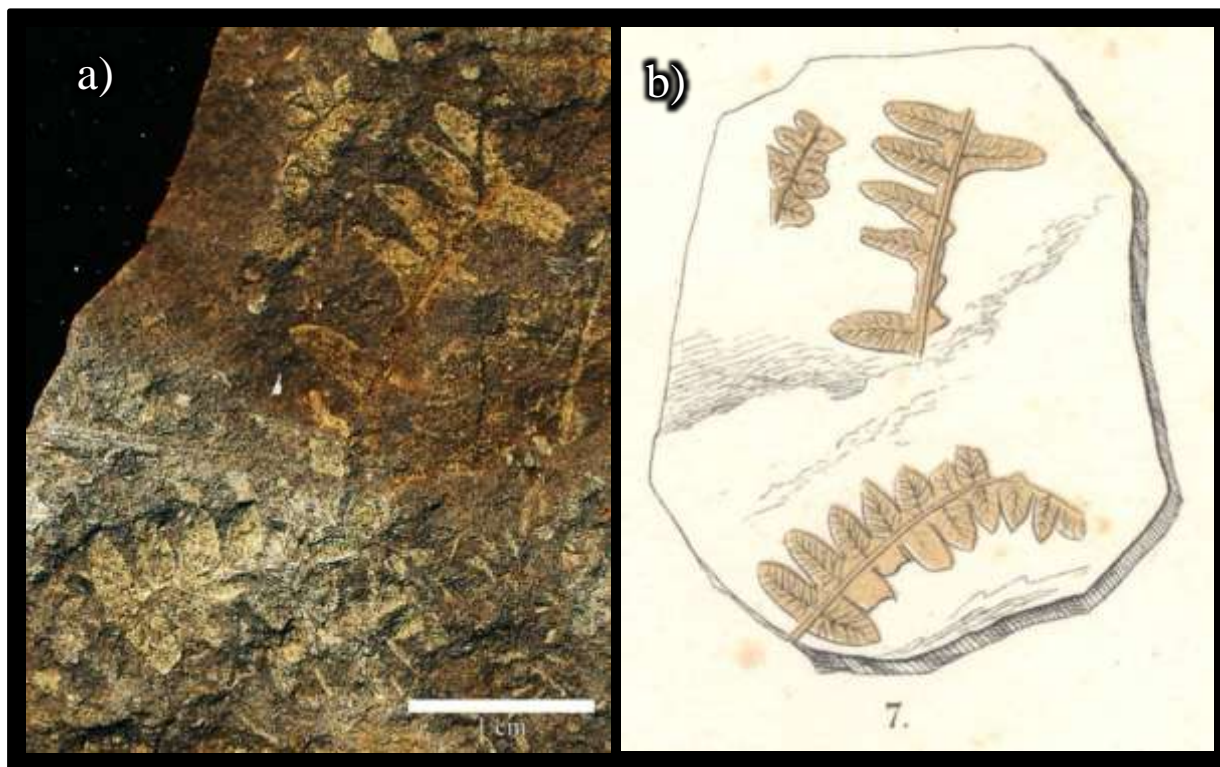


Figura 32. *Pteridium aquilinum*, SJ02. Legenda: a) 0000000002402 pínulas mal preservadas; b) Ilustração do espécime anterior em Heer (1857), Taf.I, Fig. 7.

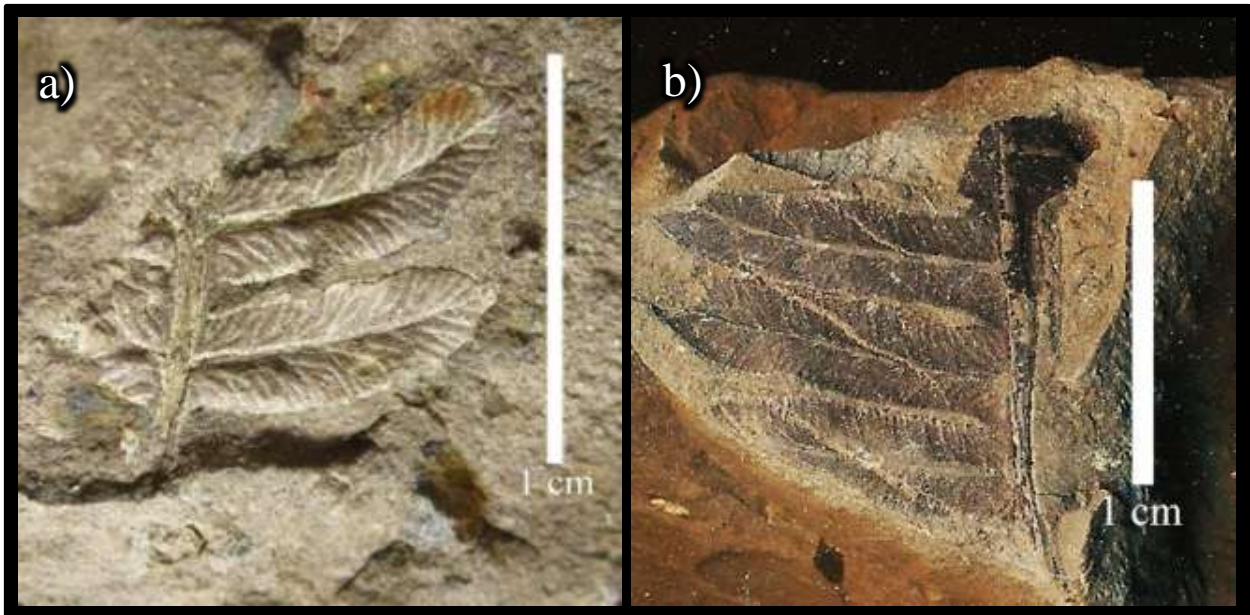


Figura 33. Mais exemplos de *P. aquilinum*, SJ02. Legenda a) V 19891 fragmento de pínula, mostrando a nervação dicotômica; b) 000000002381, fragmento de pínula não ilustrado por Heer (1857).

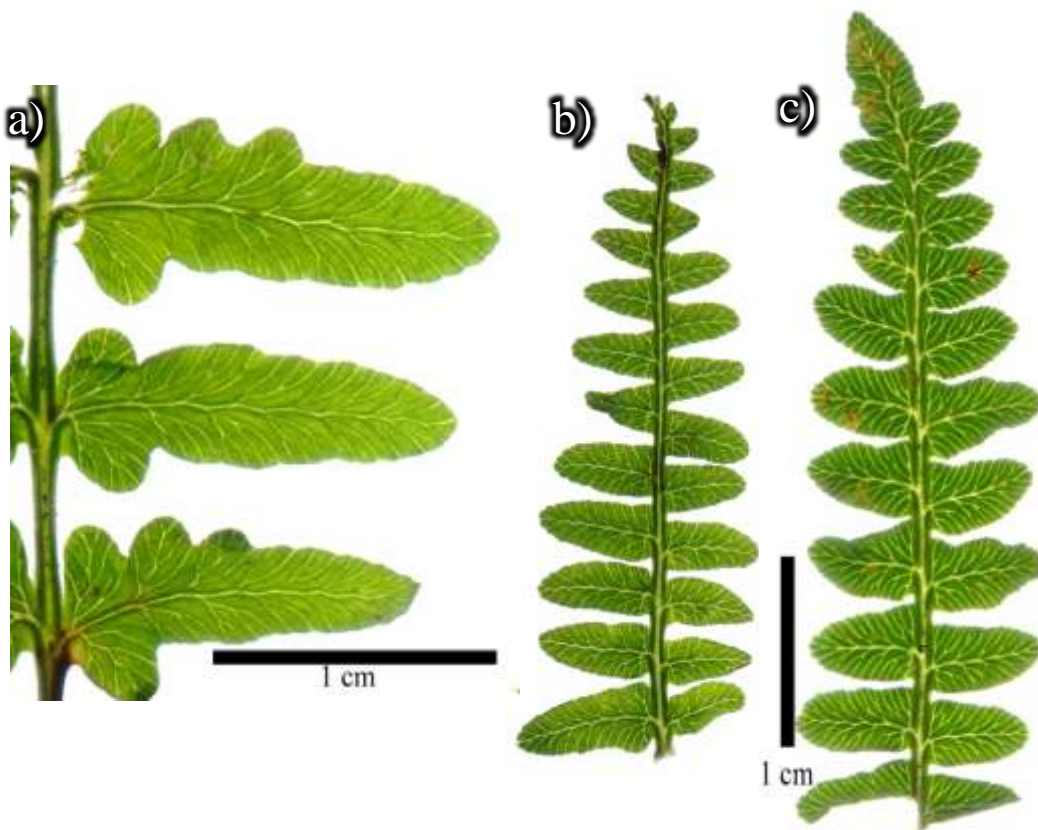


Figura 34. Variação das pínulas de *P. aquilinum*. Legenda: a) Pormenor dos segmentos terminais basais das pínulas basais da fronde; b) Pínula da parte distal da fronde; c) Pínula da parte medial da fronde.

Comentários: Morfótipo reconhecido nas duas publicações sobre a flora fóssil de S. Jorge (Heer, 1857; Bunbury, 1859) e na coleção desaparecida de Hartung (Heer, 1861). É o morfótipo de feto mais abundante na flora de S. Jorge (14 espécimes), representados por vários fragmentos de pínulas (Fig. 32 e 33). São concordantes em tamanho e forma

e nervação com os espécimes actuais de *P. aquilinum* (L.) Kuhn. (Fig. 34; tal como referido por Bunbury, 1859). Na revisão actual manteve-se a identificação prévia, apenas actualizando a nomenclatura. Heer aponta ainda para a possibilidade de alguns fragmentos poderem corresponder a um segundo morfótipo distinto. Somente um estudo detalhado dos espécimes vivos e a sua variação morfológica e dos fósseis poderiam responder em parte a esta questão. A espécie ao qual este morfótipo é atribuído é comum por toda a ilha da Madeira, ocupando habitats abertos (Gibby e Paul, 1994). Existem fósseis atribuíveis ao género *Pteridium* descobertos na Hungria que remontam ao Oligocénico e em Inglaterra ao Miocénico (Marrs e Watt, 2006).

SJ03

Archniodes sp.

Identificação prévia: *Aspidium Lyelli* Heer 1857

Afinidade sistemática: Classe *Filicopsida*; ordem *Aspidiales*; Família *Aspidiaceae*

Espécimes: V 19899a; V 19899b; 0000000002383

Figuras: 35a) – c)

Descrição: Forma e natureza da fronde desconhecida. Pínulas penatipartidas. Fronde fértil

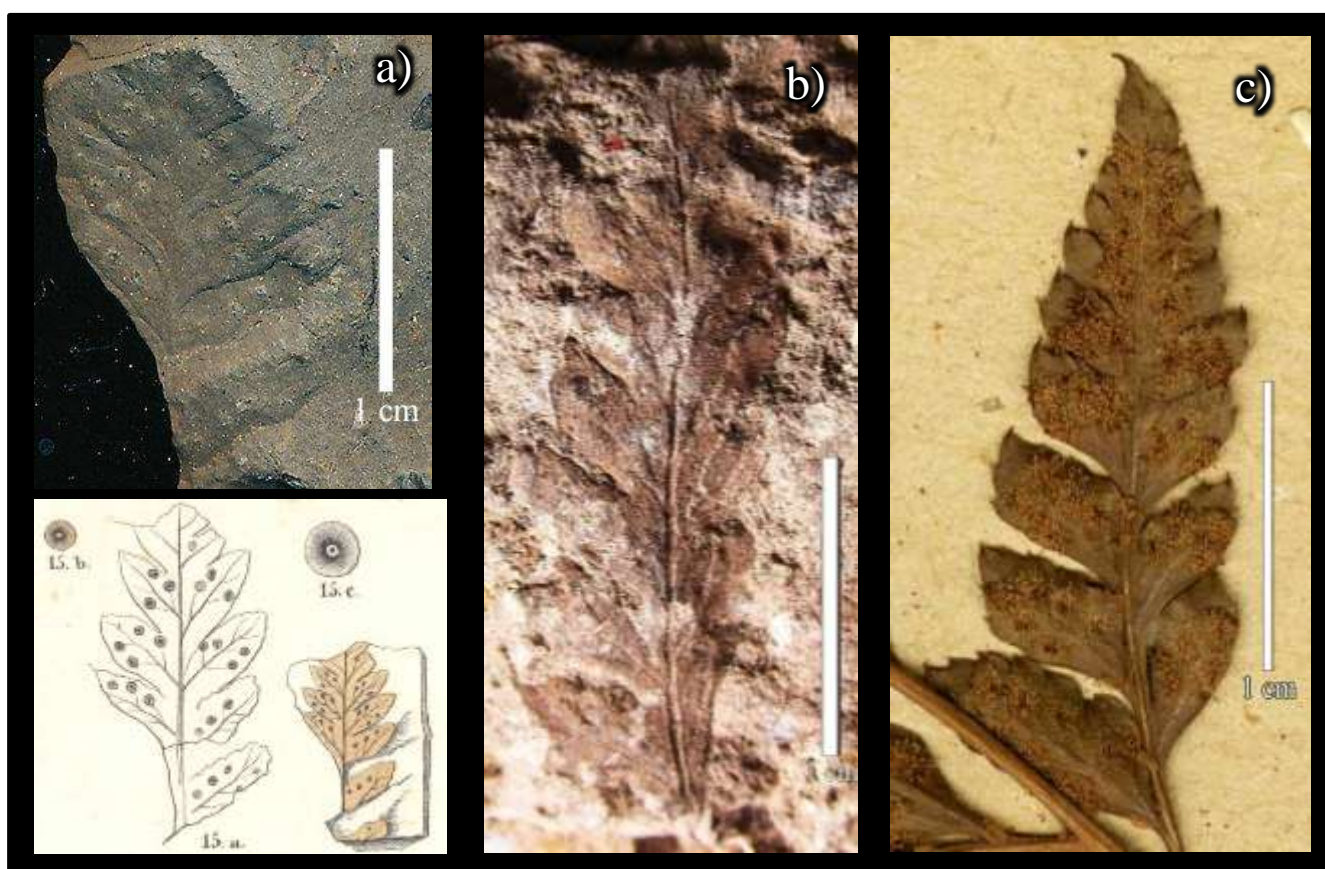


Figura 35. *Archniodes* sp. SJ03. Legenda a) Espécime 0000000002383, ilustrado por Heer (1857), Taf. I, Fig 15; b) V 19899b; d) Pormenor de uma pinula do espécime de herbário “*Aspidium frondosum*” Lowe (fonte: *Muséum National d'Histoire Naturelle* (P), P00636309: <http://plants.jstor.org/specimen/p00636309?history=true>).

com soros dispersos, associados à nervação terciária. Soros aparentemente peltados, formando entre 4 a 6 soros por cada segmento terminal da pínula. Margem dentada; dentes mal preservados.

Comentários: Morfótipo encontrado nas duas colecções históricas. Heer compara-o à espécie actual “*Aspidium frondosum* Lowe” (fig. 35c), actualmente aceite como *Arachniodes webbiana* (A. Braun) Schelpe. A forma geral da nervação e disposição das pínulas e soros entre os dois géneros são semelhantes. O morfótipo *A. Lyelli* é reconhecido nas duas colecções históricas, somando três espécimes fragmentários representados por duas pínulas estéreis (e.g. Fig. 35b) e uma pina fértil (Fig. 35a). Na revisão actual, é proposta a revisão da espécie *Aspidium Lyelli* para o género *Arachniodes* sp. Contudo existem outros fetos cuja morfologia se assemelha às pínulas deste morfótipo. Segundo Gibby e Paul, (1994), trata-se de um feto endémico, comum em florestas em vales de declive acentuado na parte no sector NW da ilha.

SJ04

Asplenium cf. *onopteris*

Afinidade sistemática: Classe *Filicopsida*; ordem *Aspidiales*; Família *Aspleniaceae*

Identificação prévia: *Trichomanes radicans* Sw.

Espécimes: 0000000002398

Figuras: 36a), b) e 37)

Descrição: Natureza da fronde desconhecida. Fragmento de tamanho leptófilo. Pínula penatipartida com inserção peciolada; ápice dos segmentos terminais agudos. Margem inteira. Nervação não vai até à margem. Textura membranácea.



Figura 36. *Asplenium* sp. SJ04. Legenda: a) Espécime 0000000002398; b) o mesmo espécime ilustrado por Heer (1857), Taf. I, Fig. 11 e 11b.

Comentários: Morfótipo identificado por Heer (1857) apenas por uma compressão mal preservada. Pela textura aparentemente membranácea do fóssil, característica dos fetos da família *Hymenophyllaceae*, que apresentam frondes finas e translúcidas (Gibby e Paul, 1994) Contudo o fóssil apresenta características morfológicas que não são concordantes com a espécie à qual foi originalmente atribuída. Os ápices dos dentes terminais da espécie viva *T. radicans* são redondos, discordando com os ápices do morfótipo com forma aguda. Morfologicamente a espécie *Asplenium onopteris* L. é a mais próxima, sendo a forma das pínulas (apresentando dentes longos e acuminados; Fig. 37), tamanho e tipo de nervação semelhantes ao fóssil em análise. Segundo Gibby e Paul, (1994) esta espécie é frequente no lado norte da ilha da Madeira, ocorrendo principalmente entre os 600-1000m de altitude. Os registos fósseis mais antigos, para o género *Asplenium*, datam do Cretácico Inferior da China, identificados através de macrofósseis com esporos preservados *in situ* (Sun *et al.*, 2010).

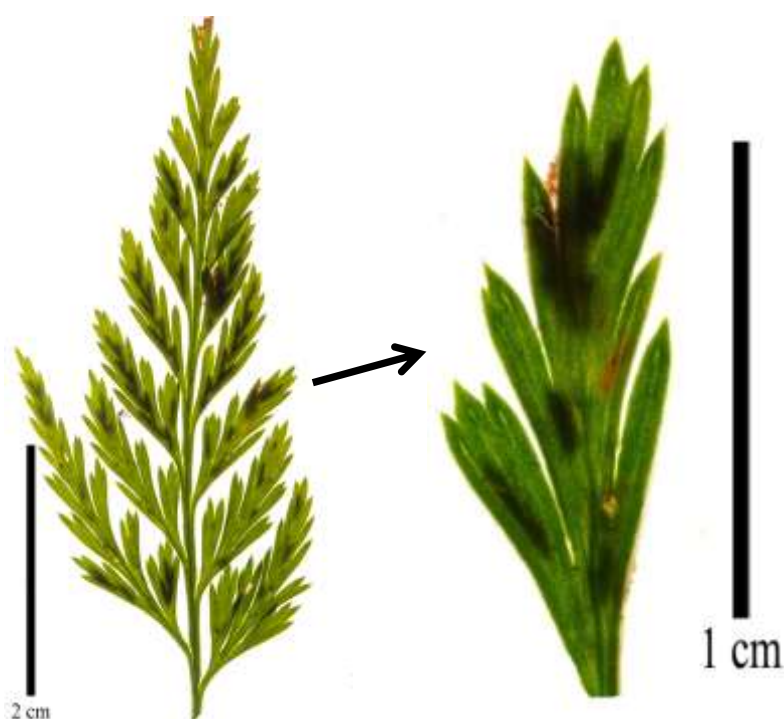


Figura 37. *Asplenium onopteris*. Legenda: **Esquerda:** pina fértil; **Direita:** pormenor de uma das pínulas, onde se observam os ápices dos lóbulos terminais agudos.

SJ05

Asplenium sp.

Identificação prévia: *Asplenium Bunburyanum* Heer 1857

Afinidade sistemática: Classe *Filicopsida*; ordem *Aspidiales*; Família *Aspleniaceae*

Espécime: 0000000002387

Figuras: 38a), b) e 39)

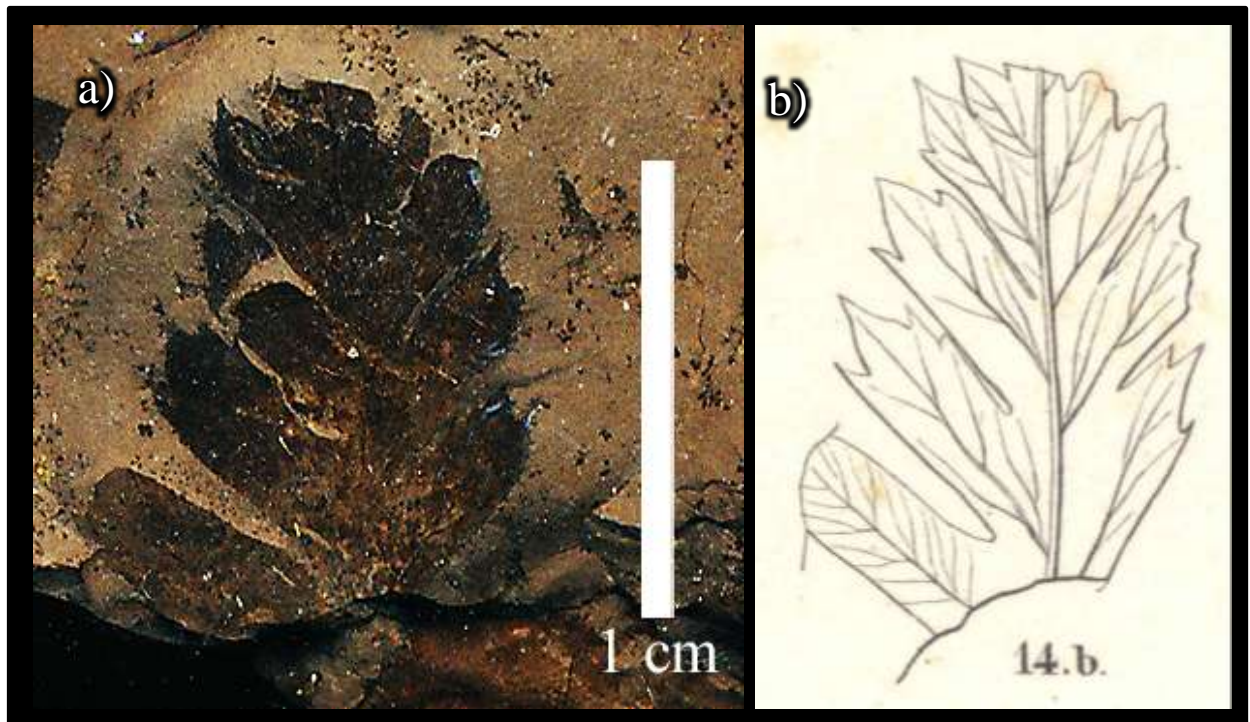


Figura 38. *Asplenium* sp. SJ05. Legenda: a) Espécime 000000002387; b) o mesmo espécime figurado por Heer (1857), Taf.I, Fig 14b.

Descrição: Forma e natureza da fronde desconhecida. Fragmento de tamanho leptófilo. Pínula penatipartida. Margem inteira, excepto nos segmentos terminais da pínula, apresentado dentes apicais grandes, espinhosos voltados para o ápice.

Comentários: O morfótipo em questão é representado apenas por um espécime (fig. 38a) de difícil interpretação. O nome de *A. Bunburyanum* dado em honra a C. Bunbury. Apesar de apresentar características distintas dos restantes morfótipos presentes na macroflora de S. Jorge, a sua classificação é revista para o género *Asplenium*. Heer (1857) compara-o à espécie viva *A. obovatum* Viv., cuja forma terminal das pínulas lembram o fóssil (Fig. 39). Não poderá ser excluída a possibilidade de se tratar de um feto distinto dos fetos actuais, mas sem mais material estéril e fértil e frondes completas será impossível uma classificação taxonómica concreta.



Figura 39. Pormenor de uma pínula do espécime de herbário "*Asplenium obovatum* Viv. var. *typicum* (Luerss.) Maire". Fonte: <http://plants.jstor.org/specimen/rab018924>.

SJ06

Woodwardia radicans (L.) Sm.

Afinidade sistemática: Classe *Filicopsida*; ordem *Blechnales*; Família *Blechnaceae*

Espécimes: V 19891

Figura: 40a) – c)

Descrição: Natureza da fronde desconhecida. Fragmento de tamanho leptófilo. Pínula com nervação anastomosada; Costa saliente e sinuosa; soros alongados junto à costa localizados no interior de auréolas formadas pela nervação. Margem não preservada.

Comentários: este morfótipo é reconhecido por Heer (1857) e por Bunbury (1859). O espécime ilustrado por Heer (fig. 40b) está ausente da actual colecção. A nervação característica e posição dos soros são concordantes com a espécie *W. radicans*, frequente e nativa da ilha da Madeira (Gibby e Paul, 1994). Fósseis atribuídos ao género *Woodwardia* mostram uma distribuição mundial durante o Paleogénico (Collinson, 2001).

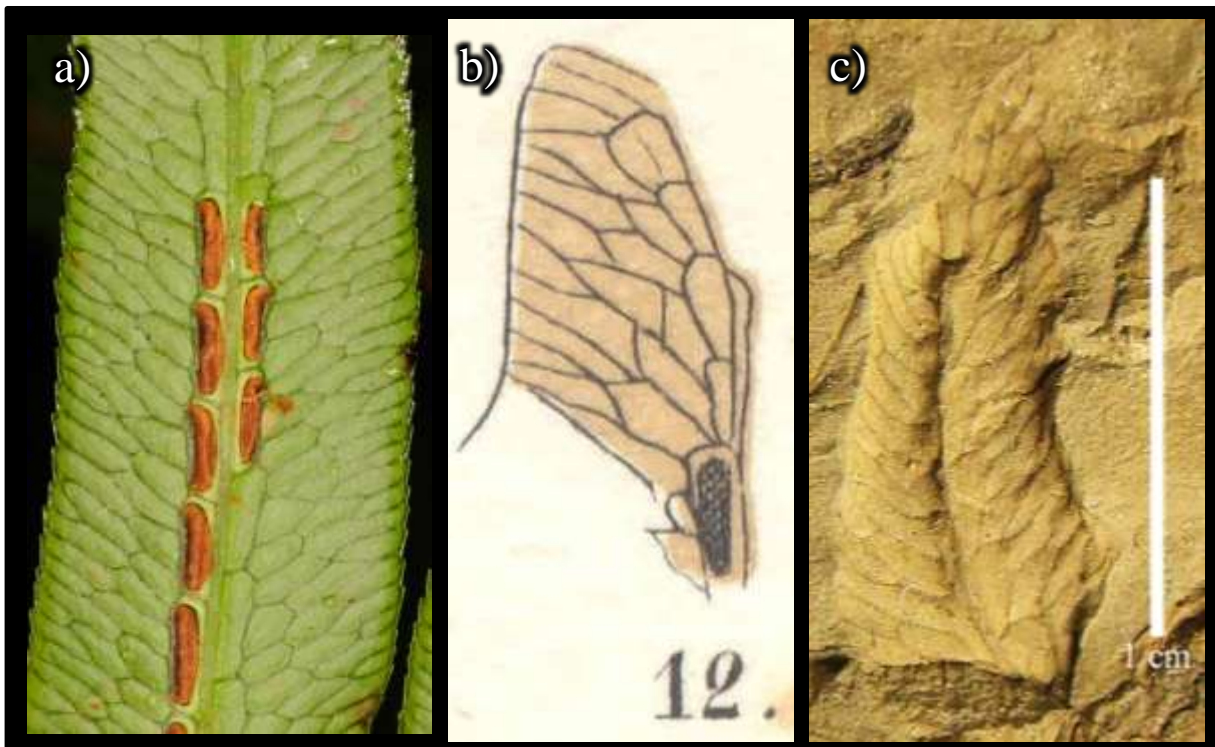


Figura 40. *Woodwardia radicans*, SJ06. Legenda: a) pormenor de uma pínula de *W. radicans*, mostrando a nervação anastomosada, e nervação aureolada ao longo da costa, nos quais são visíveis no interior os indúsios alongados; b) Espécime perdido na colecção de Heer, mas figurado no seu artigo de 1857, onde é visível um soro e a nervação anastomosada; c) Espécime V 19891.

SJ07

Davallia canariensis (L.) Sm.

Afinidade sistemática: Classe *Filicopsida*; ordem *Aspidiales*; Família *Davalliaceae*

Espécimes: V 19890, SMC01

Figuras: 41a) – c)

Descrição: Natureza da fronde desconhecida. Fragmento de tamanho leptófilo. Pínula **penatipartida**; Fronde aparentemente fértil com o que se assemelham a indúsios em forma de copo; preservação da compressão impede uma descrição mais aprofundada.

Comentários: Este morfótipo foi apenas reconhecido na colecção de Lyell por Bunbury (1859). Um facto curioso é a presença da parte e contraparte alojados em instituições diferentes. Uma das partes encontra-se em Cambridge (SMC), não catalogada, tendo-se dado o código de SMC01 (Fig. 41b). A outra parte do fóssil (Fig. 41a) sobreviveu juntamente com a colecção original no **NHM-UK**. Apesar da existência de dois espécimes, este morfótipo é por uma compressão numa matriz grosseira, tornando a interpretação difícil. Contudo a forma da pínula e dos lóbulos terminais, a lembrarem copos, pressupõe a manutenção da determinação por Bunbury em 1857. Conran *et al.* (2010) cita a existência deste fóssil na ilha da Madeira, acrescentando que este género de feto é considerado uma relíquia da “Geoflora Paleotropical” (Postigo Mijarra *et al.*, 2008 em Conran *et al.*, 2010).

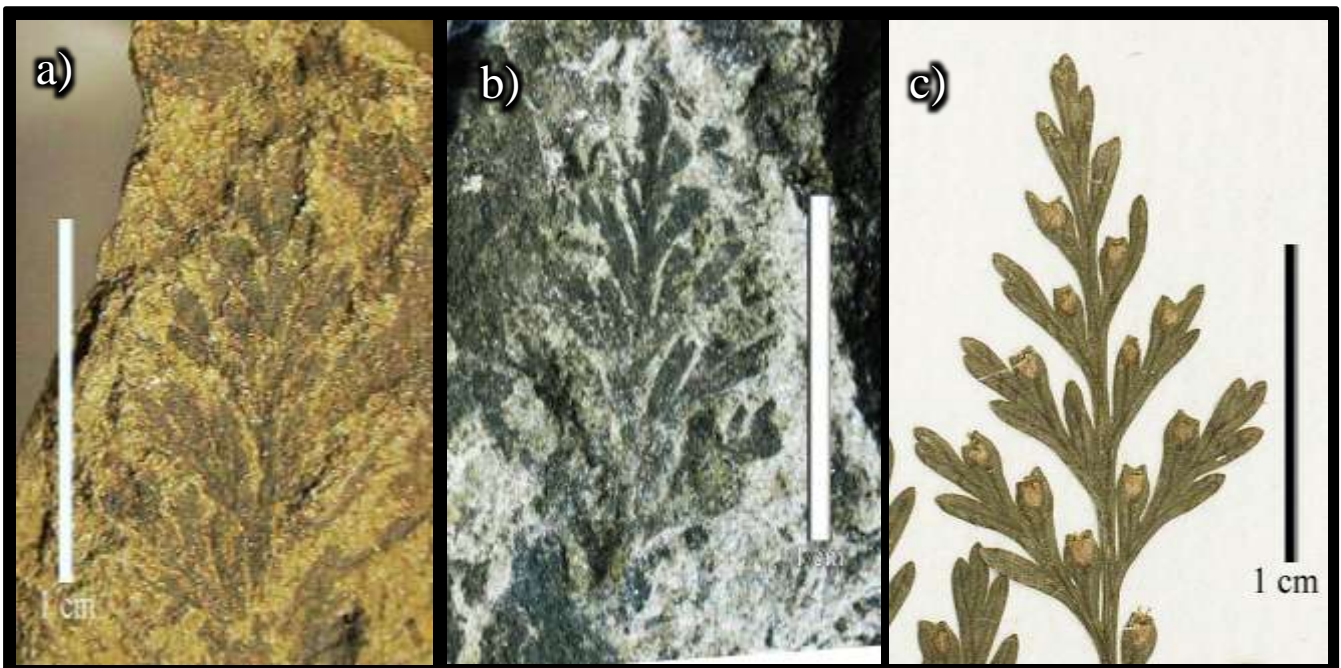


Figura 41. *Davallia canariensis*, SJ08. Legenda: a) V 19890 e b) SMC01, respectivamente molde e contramolde, alojadas actualmente em instituições diferentes em Inglaterra; c) Pormenor do Espécime de herbário *Linnean Society of London Herbarium* (LINN), LINN-HS1635-12, mostrando uma pínula fértil, com os indúsios em forma de copo (fonte: <http://plants.jstor.org/specimen/linn-hs1635-12>)

SJ08

Asplenium sp.

Identificação prévia: *Pteris aquilina* L.

Afinidade sistemática: Classe Filicopsida; Ordem Aspidiales; Família Aspleniaceae

Figuras: 42a) e b)

Descrição: Natureza da fronde desconhecida. Fragmento de tamanho micrófilo Ráquis com pínulas opostas com lóbulos acroscópicos; Inserção das pínulas por pecíolos ausentes (sésseis). Costa bem definida, com nervação dicotómica terminal na margem; Margem crenada regular.

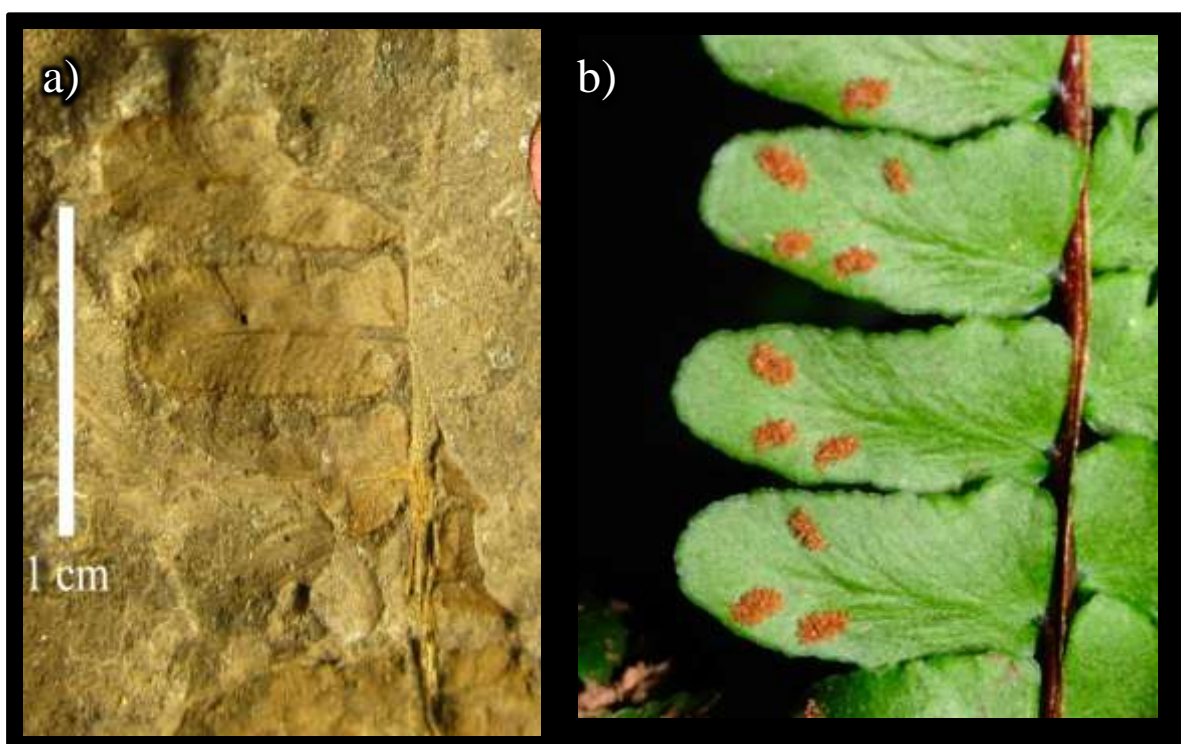


Figura 42. *Asplenium* sp. **SJ09**. Legenda: a) Espécime V19895 representando um novo morfótipo na colecção Charles Lyell, não assinalado por Bunbury na sua análise à macroflora de S. Jorge em 1859. b) Pínulas férteis de *A. anceps*, mostrando semelhanças de inserção e a presença de lóbulos acroscópicos.

Comentários: Morfótipo encontrado na colecção de Lyell, identificado como *P. aquilina* (Fig. 42a), mas cuja inserção e forma das pinas não é concordante com este último. Bunbury descreve mais dois géneros de fetos no seu artigo de 1859, mas nenhuma das descrições efectuadas se aplica a este género. Este morfótipo é colocado provisoriamente no género *Asplenium* sp., diferenciando-se dos restantes *Asplenium* anteriormente descritos, pelos últimos segmentos serem inteiros, fazendo lembrar os *Asplenium* cujas frondes são pinadas como o *A. trichomanes* ou *A. anceps* (Fig. 42b).

SJ09

Polystichum sp.

Afinidade sistemática: Classe *Filicopsida*; ordem *Aspidiales*; Família *Aspidiaceae*

Identificação prévia: *Aspidium* (*Polystichum*, Presl),

Espécimes: V 19901

Figura: 43a) – c)

Descrição: Natureza da fronde desconhecida. Fragmento de tamanho micrófilo. Ráquis com pínulas subopostas apresentando lóbulos acroscópicos; Inserção das pínulas peciolada. Ângulo de inserção agudo. Costa dos últimos segmentos assimétrica, ramificando com várias ramificações desde a base para o ápice do segmento. Nervação aparentemente terminal na margem; Margem serrada regular.

Comentários: Morfótipo descrito por Bunbury (1859), como pertencente provavelmente ao género *Aspidium* ou *Polystichum*. A comparação deste morfótipo com a espécie viva *P. setiferum* (Forssk.) Woy. (Fig. 43a e 43b), dá-nos algumas semelhanças tais como a forma e nervação dos segmentos terminais, a nervação assimétrica, ângulo de inserção das pínulas agudo, e a presença de recorte marginal serrado. Apesar das semelhanças, o facto de o morfótipo ser representado por um fragmento, impossibilita uma determinação a nível específico. A presença deste género na flora de S. Jorge é muito provável, pois a espécie é frequente na ilha da Madeira (Gibby e Paul, 1994).

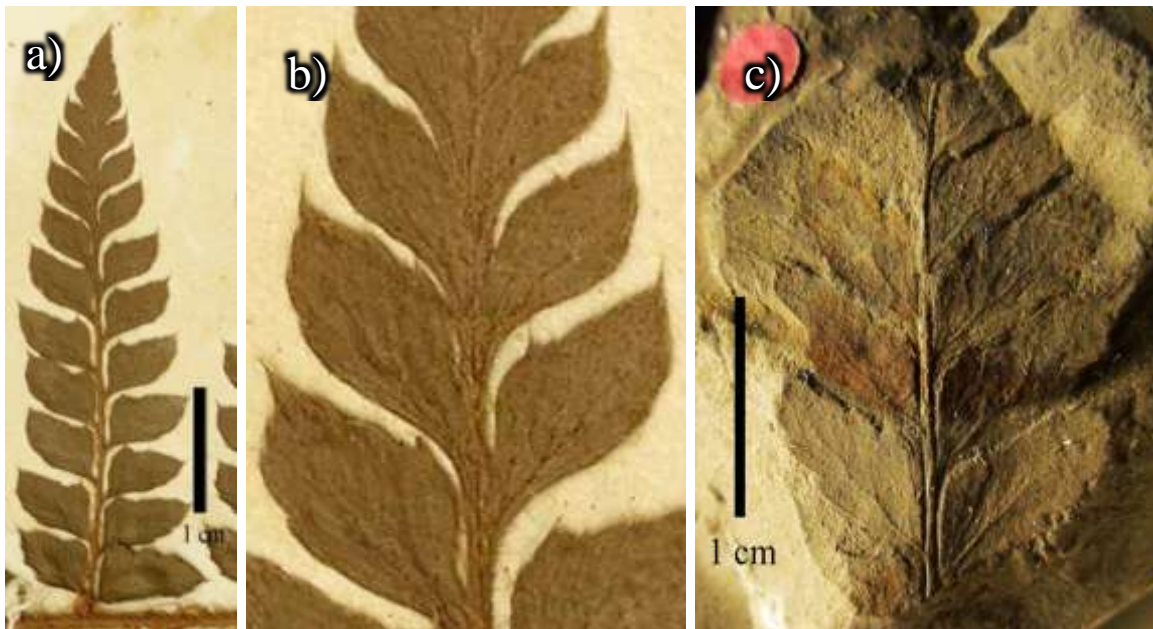


Figura 43. Comparação do morfótipo SJ09 com a espécie *Polystichum setiferum*. Legenda: a) Pínula de *P. setiferum*; b) Pormenor da pínula, mostrando os segmentos terminais, com nervação assimétrica e margem serrada (fonte: Museum Botanicum Hauniense, University of Copenhagen (C), C10002817: <http://plants.jstor.org/specimen/c10002817>); c) Espécime V 19901.

1.4.4.2. Dicotiledóneas

a) Folhas de dicotiledóneas, simples e inteiras

SJ10

Ocotea foetens (Aiton) Baill.

Afinidade sistemática: Classe *Magnoliopsida*; ordem *Lurales*; Família *Lauraceae*

Determinação prévia: *Oreodaphne foetens* Ait.; *Laurus canariensis* Webb and Berthelot?; *Phyllites* sp.

Sinónimos: *Oreodaphne heeri* Gaud.

Espécimes: 0000000002378, 0000000002395a, 0000000002395b, 0000000002380a, 0000000002380b, 0000000002380c, 0000000002401, 0000000002400c, V 19905, V 19904, V 19906, V 19907, SMC04, SMC05 SMC06; V 19919

Figuras: 44a) – c)



Figura 44. *Ocotea foetens* (Aiton) Baill., SJ10. Legenda: **a)** Espécime 0000000002401a; **b)** Ilustração do mesmo espécime (Taf. II, fig. 9), retirado de Heer (1859); **c)** Espécime V 19906, classificado por Bunbury como *Laurus canariensis*, revisto aqui como *O. foetens*.

Descrição: Inserção da folha peciolada; folha simples, pecíolo marginal; Tamanho laminar microfilo; Rácio laminar L:W 2,5:1 a 3:1; forma da lâmina elíptica com simetria medial e base simétrica a assimétrica. Margem inteira. Ângulo do ápice agudo; Forma do ápice convexo; Ângulo da base agudo; forma da base decorrente. Apresenta duas glândulas grandes e escavadas nas axilas das primeiras nervuras secundárias basais. Nervação primária peninérvea; 1 nervura basal; nervuras agróficas simples. Padrão maior das nervuras secundárias broquidódroma simples, espaçamento irregular, com aumento proximal abrupto, secundárias basais formando um ângulo inferior em relação às nervuras secundárias adjacentes; inserção escurrente. Nervação secundária menor broquidódroma simples; espaçamento entre nervuras secundárias irregular. Nervuras intersecundárias presentes; curso proximal das intersecundárias paralelas às secundárias; comprimentos das intersecundárias >50% das secundárias subjacentes e curso distal paralelo às secundárias subjacentes; ocorrem <1 por área intercostal; nervuras terciárias intercostais alternadas percurrentes, formando um ângulo obtuso com a nervura primária, formando ângulos inconsistentes. Nervação superior não preservada nos fósseis analisados.

Comentários: morfótipo mais frequente de dicotiledónea na flora em análise. É representado tanto por compressões, como por impressões foliares. A primeira identificação de lauráceas na macroflora de S. Jorge foi realizada por Bunbury (Lyell, 1854, 1855), tendo Heer sido o primeiro a identificar a presença de “*Oreodaphne foetens* Ait”. (Heer, 1856a, 1856b, 1857). Bunbury (1859) compara os seus espécimes com as figuras dadas por Heer, classificando-os como pertencentes à espécie “*Laurus canariensis* Webb and Berthelot?”. Bunbury assinala apenas um espécime da colecção de Heer como “*O. foetens*”, mas no entanto assinalando que as duas espécies poderiam estar presentes. A análise actual dos espécimes fósseis e comparação com espécimes



Figura 45. Comparação de folhas jovens das quatro espécies de lauráceas descritas para a ilha da Madeira. Da esquerda para a direita: *Ocotea foetens*; *Laurus novocanariensis*; *Apollonias barbujana*; *Persea indica*.

actuais (de tamanho semelhante aos fósseis observados; Fig. 45) levou à conclusão que a grande maioria os *L. canariensis* identificados por Bunbury, na realidade são fósseis atribuíveis à espécie *Ocotea foetens* (Aiton) Baill. *O. foetens* apresenta nervuras secundárias basais opostas a sub-opostas formando um ângulo inferior em relação às nervuras superiores. Associada às nervuras basais existem geralmente um par de glândulas salientes e relativamente grandes (atingindo tamanhos na ordem de vários milimétricos e bem visíveis a olho nu), podendo também aparecer nas axilas das nervuras superiores. O nome actual de “*L. canariensis*”, *L. novocanariensis* Rivas Mart., Lousã, Fern. Prieto, E. Dias, J.C. Costa & C. Aguiar, difere de *O. foetens* pela presença de pequenas glândulas nas axilas, muitas vezes difíceis de distinguir a olho nu e pela ausência das nervuras basais características de *O. foetens*.

SJ11

Erica arborea L.

Afinidade sistemática: Classe *Magnoliopsida*; ordem *Ericales*; Família *Ericaceae*

Espécimes: 0000000002404; V 19911

Figuras: 46) e 47)

Descrição: Inserção da folha peciolada; folha simples, pecíolo marginal; Tamanho laminar leptófilo; Rácio laminar L:W >9:1; forma da lâmina oblonga a linear, com simetria medial. Margem inteira e aparentemente revoluta. Ângulo do ápice agudo, com forma erecta. Base não preservada. Nervação primária penínérvea, bem marcada. Nervação superior ausente nos fósseis.

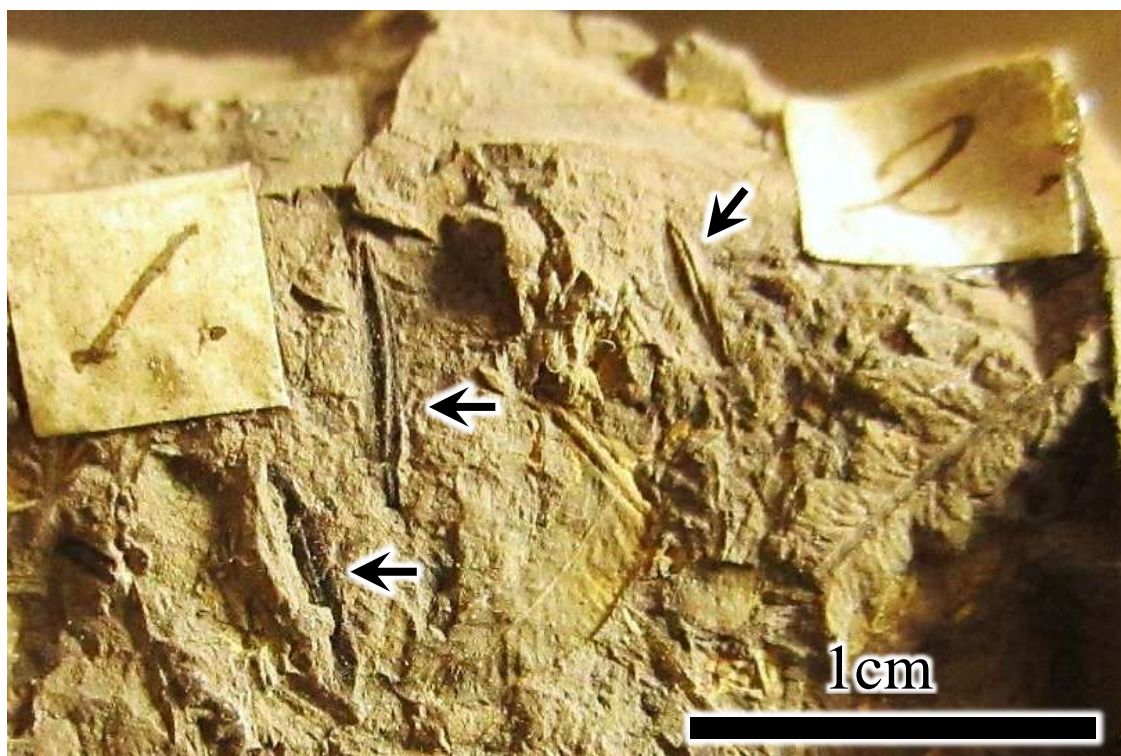


Figura 46. *Erica arborea*., SJ12, espécime V 19911. As setas indicam algumas folhas preservadas de *E. arborea* no bloco. São ainda visíveis pínulas de fetos não identificados.

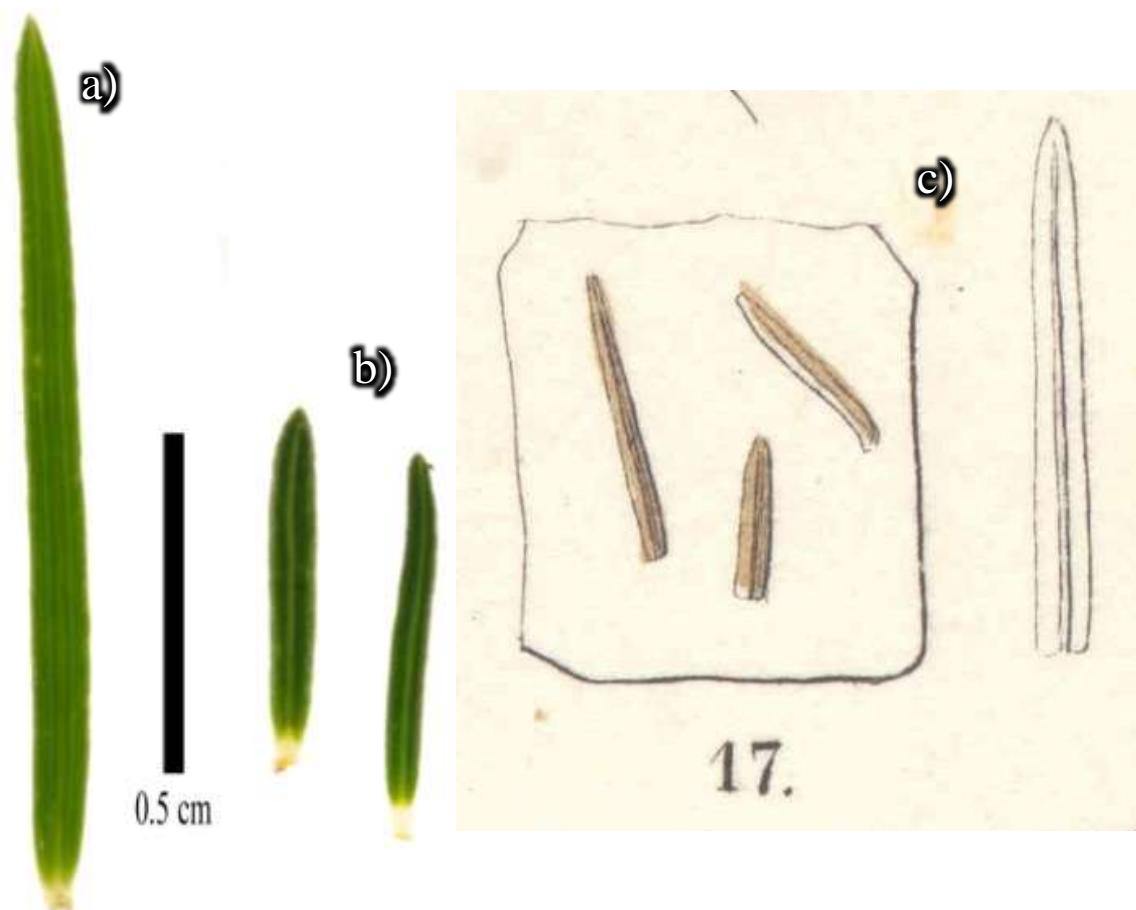


Figura 47. Espécies de *Erica* mais comuns da ilha da Madeira: a) *Erica platycodon subsp. madericola*; b) *E. arborea*; c) Ilustração de *Erica arborea* (Taf. II, fig. 17 E 17a) retirado de Heer (1859).

Comentários: Heer (1857) e Bunbury (1859) referem este morfótipo nas suas coleções. A sua identificação positiva no género *Erica* é suportado pela sua semelhança com os taxa de *Erica* existentes na ilha da Madeira, sendo a única espécie com folhas simples, oblongas lineares, de tamanho leptófilo. Os fósseis observados aproximam-se à espécie *E. arborea* (Fig. 47b), pelo tamanho semelhante e pela presença de uma nervura primária peninérvea forte. *E. platycodon subsp. madericola* (Fig. 47a), difere sobretudo pelo maior tamanho foliar, nervura primária ténue e margem dentada. A espécie *E. arborea* é nativa para ilha da Madeira, estando distribuída desde a beira-mar até aos cumes mais altos. Geograficamente está distribuída todas as ilhas da Macaronésia, região Mediterrânica e África.

SJ12

Myrtus communis L.

Afinidade sistemática: Classe *Magnoliopsida*; ordem *Myrtales*; Família *Myrtaceae*

Espécimes: 0000000002400a, 0000000002400b, 0000000002400d

Figuras: 48a 48b e 49

Descrição: Inserção da folha peciolada; folha simples, pecíolo marginal; Tamanho laminar micrófilo; Rácio laminar (L:W) 1,8:1. Forma laminar elíptica com simetria medial, com base aparentemente simétrica (observada em espécimes mal conservados). Margem inteira. Ápice não preservado; ângulo da base agudo; base decorrente. Apresenta aparentemente glândulas superficiais na lâmina. Nervação primária penínérvea. Nervação secundária maior broquidódroma, com espaçamento regular, formando ângulos uniformes a inconsistentes. Nervação intramarginal aparentemente presente. Nervação de ordem superior não preservada.

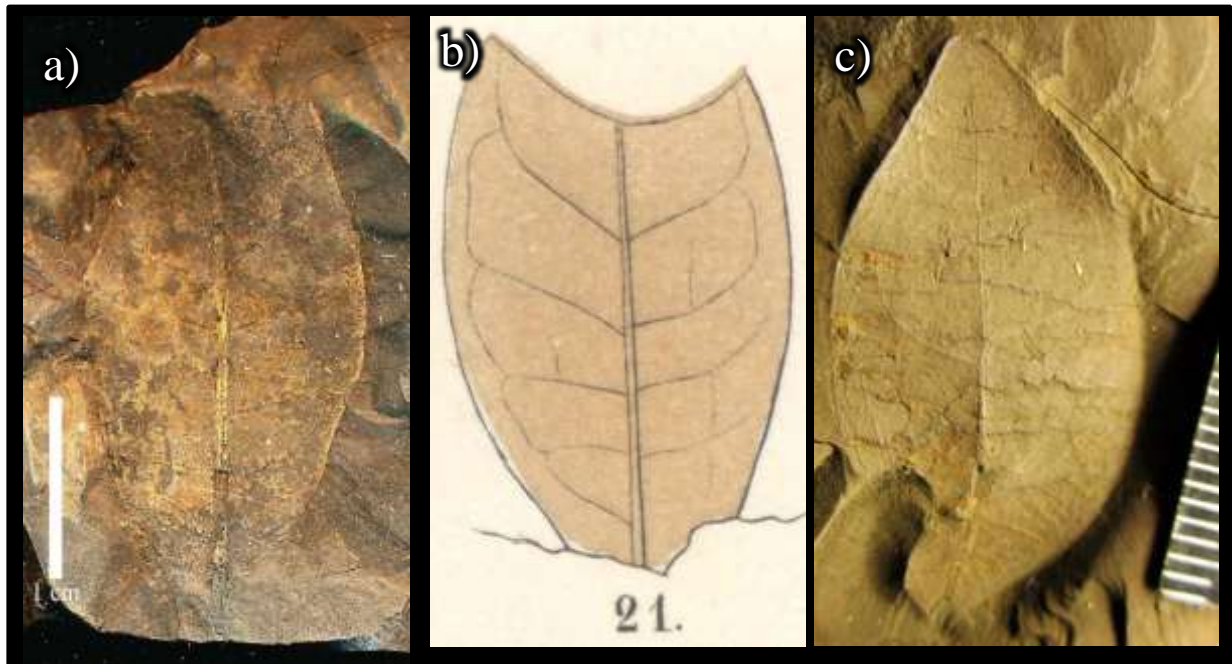


Figura 49. *Myrtus communis* L. SJ14. Legenda: a) Espécime 000000002400b; b) Ilustração por Heer (1857) do mesmo espécime (Taf. II, fig. 21); c) Espécime V 19909 assinalado como *Myrtus* por Bunbury,

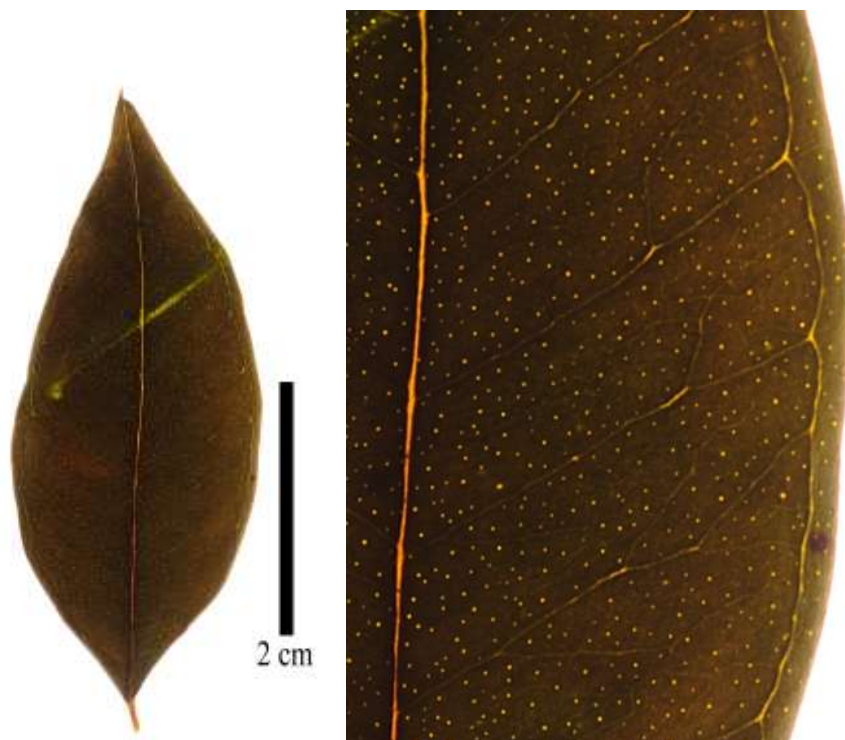


Figura 48. Folha de *M. communis*. Esquerda: Aspecto geral da folha, destacando a forma elíptica e a nervura secundária intramarginal; Direita: Pormenor da nervação primária penínérvea secundária, com a nervura secundária intramarginal, ligando-se a esta as nervuras secundárias. De notar a lâmina pontuada de pequenas glândulas

Comentários: Bunbury foi o primeiro a identificar folhas com afinidade a *Myrtus* na macroflora de S. Jorge (Lyell, 1854, 1855). Contudo Heer (1857) refere a descoberta de ramos em tufo piroclásticos que lembravam esta planta (ver 1.4.1.1, pg. 16), sendo o primeiro a descrever e ilustrar folhas de *M. communis*. As morfologias das folhas fósseis, descritas por Heer (Fig.48b), assemelham-se às de *Myrtus* pela presença da nervação intramarginal (Fig. 49), às quais as nervuras interiores secundárias se ligam, dando um aspecto característico. O espécime determinado como *Pistacia Phaeacum* (Fig. 48a) por Heer, será muito provavelmente um espécime mal preservado de *Myrtus* (Lowe, 1862; Lowe, 1864)

The fossil leaf-impression called by Prof Heer *Pistacia Phaeacum* Heer, can scarcely from its dotted surface have belonged to any Terebinthaceous pl nor do I see in what essential point it differs from the prints of leaves referred by him to *Myrtus communis* L.

(Lowe, 1862, pág 113)

The dotted surface of the fossil leaf, figured by Prof. Heer under the name of *Pistacia Phaeacum* p. 32 t. ii f. 25, forbids entirely its reference to *Pistacia* or indeed to any pl. of the Order *Terebinthaceae* (see p. 113 supra) and establishes a better claim for its reference to *Myrtus communis a latifolia* Subv 1 than remains in the impressions ff. 21, 22 of the same plate referred by Prof Heer unhesitatingly to the last-named pl.

(Lowe, 1864, pág 268)

As nervuras secundárias com espaçamento reduzido a formarem ângulos quase rectos com a nervura principal, são igualmente concordantes com os espécimes actuais. O único espécime assinalado como *Myrtus* por Bunbury (V 19909; Fig.48c) poderá ser uma laurácea, pois apresenta margem inteira e nervação broquidródoma com arcos exteriores, contrastando claramente com a espécie viva de *M. communis*. Actualmente a espécie *M. communis* é comum por toda a ilha, sendo que a sua presença na flora de S. Jorge não poderá ser descartada de todo.

b) Folhas de dicotiledóneas, simples e recortadas

SJ13

Vaccinium cf. padifolium

Afinidade sistemática: Classe Magnoliopsida; Ordem Ericales; Família Ericaceae

Identificação prévia: *Vaccinium Maderense* Link.; *Vaccinium Myrtillus?*; *Ilex Hartungi* Heer; *Rosa canina* L.?

Espécimes: V 19910, SMC02, SMC03, 0000000002385, V 19911, 0000000002403, 0000000002393a, 0000000002393b, V 19908, 0000000002390

Figuras: 50a) – f)

Descrição: Inserção da folha peciolada; folha simples, pecíolo marginal; Tamanho laminar nanófilo a micrófilo; Rácio laminar *L:W* 2,2:1. Forma laminar elíptica com simetria medial, com base simétrica a assimétrica. Margem serrada. Ângulo do ápice aparentemente agudo; ângulo da base obtusa; forma da base convexa a acunhada. Nervação primária penínérvea; 1 nervura basal;

nervuras agróficas não visíveis nos fósseis. Padrão maior das nervuras secundárias semicraspedódromo adornado, apresentando espaçamento irregular, decrescendo ligeiramente para a base; inserção escurrente. Nervação secundária menor semicraspedódroma. Nervação intersecundária visível, curso paralelo ao padrão das secundárias maiores; intersecundárias >50% das secundárias subjacentes, ocorrendo >1 por área intercostal. Nervuras terciárias intercostais percorrentes mistas a percorrentes alternadas, formando ângulos obtusos inconsistentes com a nervura primária. Percurso das nervuras exteriores terciárias termina na margem. Nervação superior não preservada. Espaçamento dos dentes regular, com uma ordem de dentes; 6-10 dentes por cm; sinus angular. Dentes com forma convexo/côncavo a convexo/recto (CV-CC e CV-ST); nervura do dente aparentemente termina no sinus.



Figura 50. *Vaccinium* sp., SJ 16. Legenda: a) Espécime SMC02; b) Espécime V 19910. *Ilex* sp., SJ23; c) Ilustração por Heer (1857) espécime “*I. Hartungi*” (Taf. II, fig. 23); d) Espécime 000000002393a atribuído a “*I. Hartungi*”; e) Espécime “*I. Hartungi*” V 19908.

Comentários: Este morfótipo foi encontrado nas duas colecções existentes e descrito por Heer (1857) e Bunbury (1859) como pertencente a *V. Maderense*. Outros fósseis deste morfótipo foram determinados como *Vaccinium* (e.g. *Ilex Hartungi* Heer, *Rosa canina* L.), em concordância com a revisão de Lowe (1868) que refere na descrição do género *Vaccinium*:

“Professor Heer in his fossil Plants of S. Jorge, p.30, t. ii. ff. 15,16, represents two l. of this pl. And I do not see in what respect his figures of *Ilex Hartungi* p.31,t.ii. ff.23,24 (especially f. 24) differ from large young l. on luxuriant barren shoots of the same”

(Lowe, 1868, pág. 582)

Starkie Gardner igualmente considera “*I. Hartungi*” como “Madeira *Vaccinium*” (Starkie Gardner, 1881). Outro caso é a *Rosa canina* L. que aqui é considerado como sendo um ápice de uma folha de *Vaccinium*. Morfologicamente a arquitectura da folha é semelhante à espécie viva, sendo os dentes ligeiramente maiores no registo fóssil. Contudo a forma da nervação, o ângulo de inserção das secundárias na nervura primária, modo de nervação terciária e presença de recorte marginal igual à espécie viva, leva-nos a determinar este morfótipo como *Vaccinium* sp. (Fig. 51a,b). Os morfótipos *I. Hartungi* e *R. canina* foram revistos e colocados no género *Vaccinium*. Este morfótipo não pode ser assinalado ao género *Ilex* por não apresentar os dentes espinhosos e espaçados característicos do género (Fig. 51c, d).

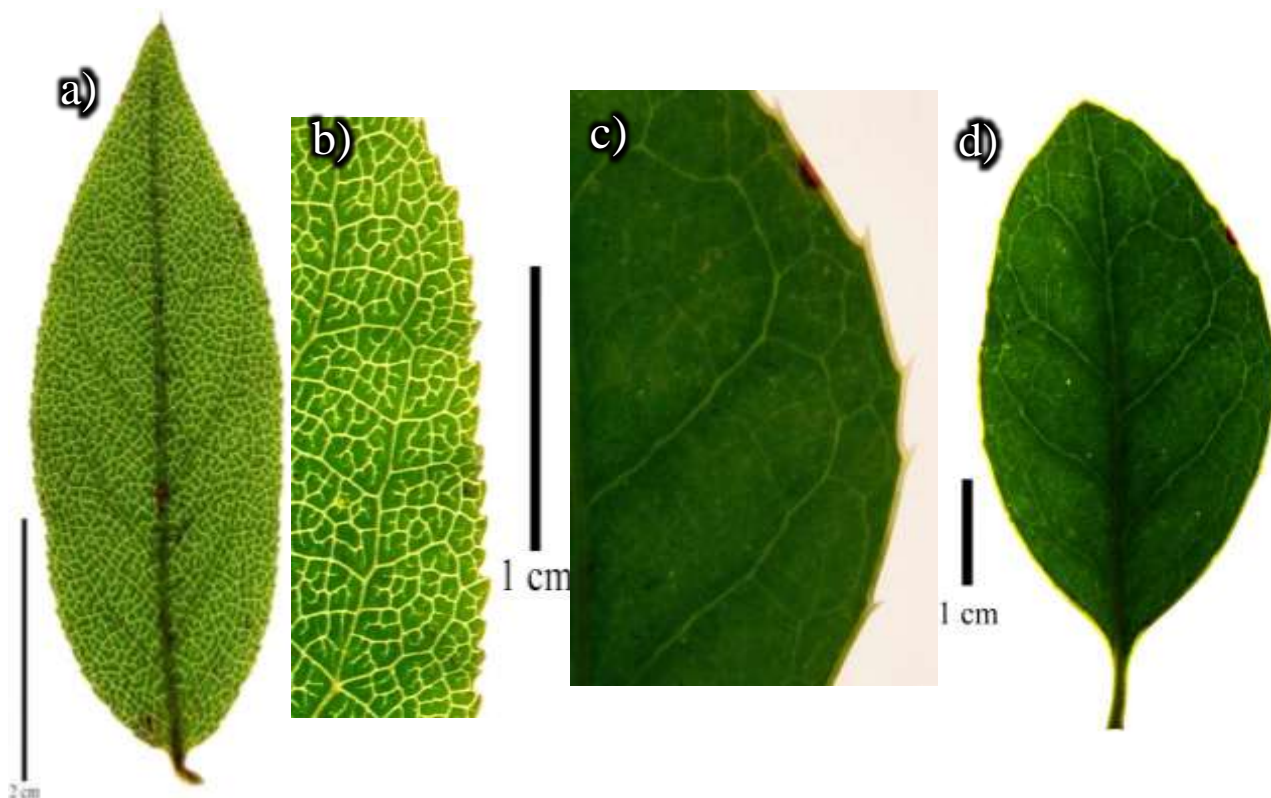


Figura 51. Comparação de folhas de *Vaccinium* e *Ilex*. Legenda: a) folha adulta de *V. padifolium* onde é visível a arquitectura das nervuras secundárias semicraspedódromo adornado e o recorte marginal; b) Pormenor da mesma folha, onde é visível a nervação e os dentes na margem, onde se contam aproximadamente 9 dentes por cm de margem; c) pormenor da margem serrada de uma folha jovem de *I. perado* Aiton, endémico da ilha da Madeira; d) folha de *I. perado*.

c) Folhas de dicotiledóneas, compostas? e inteiras

SJ14

Dicotyledoneae indet.

Afinidade sistemática: Classe *Magnoliopsida*; ordem e Família *Incertae sedis*

Identificação prévia: *Phyllites hymenaeoides*, Bunbury

Espécime: V 19915; V19917?

Figura: 52a

Descrição: Aparentemente um folíolo de uma folha composta; pecíolulo marginal; Tamanho laminar nanófilo; Rácio laminar *L:W* 1,6:1 Forma laminar elíptica com assimetria medial, com base assimétrica. Margem inteira. Ângulo do ápice obtuso; ângulo da base obtusa; Ângulo da base obtuso; forma da base decorrente. Nervação primária peninérvea. Nervação superior não preservada.

Comentários: Bunbury considera este morfótipo como pertencente a uma folha composta, devido à sua assimetria marcada. Contudo este morfótipo é suportado apenas por um fóssil, sendo insuficiente, para confirmar a presença de uma espécie distinta. Pelo tamanho e forma e nervação ausente, poderá ser uma folha muito jovem de outra espécie de dicotiledónea, cuja comparação com uma espécie viva não é possível.

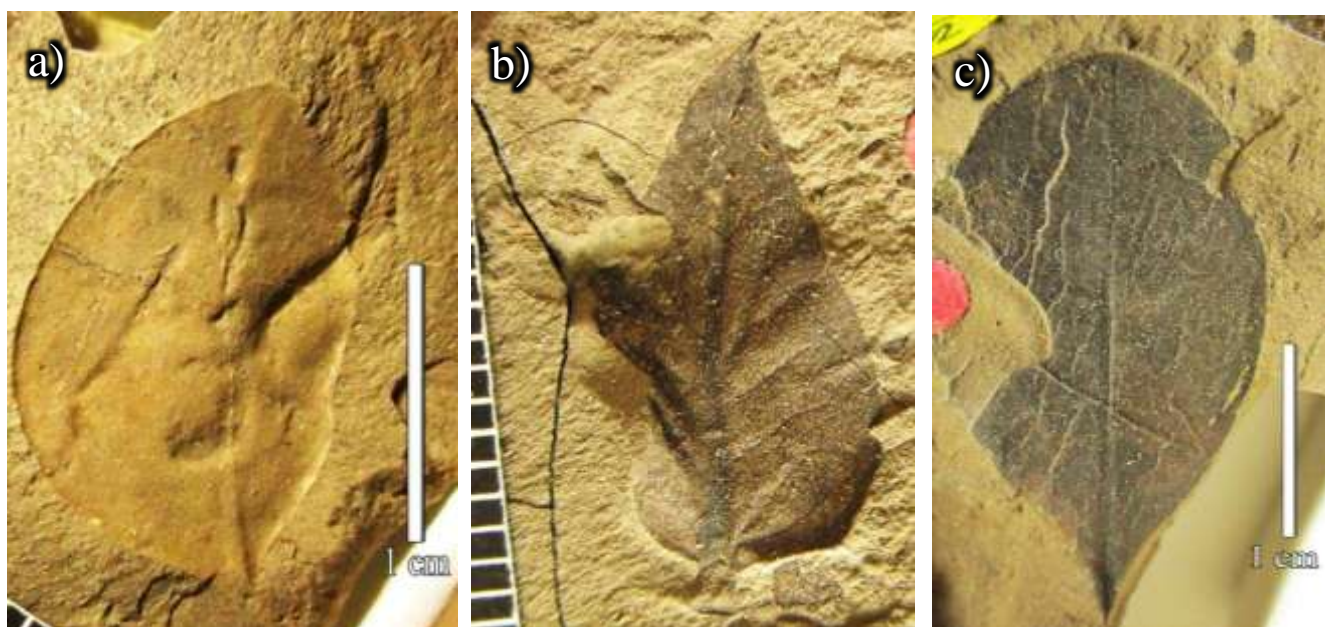


Figura 52. Espécimes de *Phyllites* na coleção Charles Lyell. Legenda: a): *Dicotyledoneae indet.*, SJ14 (*Phyllites hymenaeoides*), espécime V 19915; b) *Dicotyledoneae indet.*, SJ15, espécime 19918, descrito como “23. *Phyllites*” c): *Dicotyledoneae indet.*, SJ16, espécime V 19917, descrito como “22. *Phyllites*”.

SJ15

Dicotyledoneae indet.

Afinidade sistemática: Classe *Magnoliopsida*; Ordem e Família *Incertae sedis*

Identificação prévia: *Phyllites sp.*, Bunbury

Espécime: V 19918

Figura: 52b

Descrição: Aparentemente um folíolo de uma folha composta; pecíolulo marginal; Tamanho laminar nanófilo; Rácio laminar L:W 1,8:1 Forma laminar ovada com assimetria medial, com base assimétrica. Margem inteira. Ângulo do ápice agudo; ângulo da base obtusa; Ângulo da base obtuso; forma da base concavo-convexa. Nervação primária peninérvea. Nervação secundária broquidródoma, apresentando espaçamento irregular; inserção escurente Nervação terciária intercostal aparentemente reticulada regular. Nervação superior não preservada.

Comentários: Folha totalmente distinta das restantes descritas por Heer (1857) e Bunbury (1859). Forma e estrutura de nervação únicos nos espécimes de S. Jorge. A sua determinação a um *taxon* correspondente a uma espécie viva é complexa pela falta de plantas actuais homólogas na flora da Madeira, à forma do fóssil, algo que Bunbury (1859) já tinha igualmente notado.

SJ16

Dicotyledoneae indet.

Afinidade sistemática: Classe *Magnoliopsida*; ordem e Família *Incertae sedis*

Identificação prévia: *Phyllites sp.* Bunbury

Espécimes: V 19917

Figuras: 52c

Descrição: Aparentemente um folíolo de uma folha composta; pecíolulo marginal; Tamanho laminar nanófilo; Rácio laminar L:W 1,7:1 Forma laminar obovada com simetria medial, com base simétrica. Margem inteira. Ângulo do ápice redondo; ângulo da base agudo; forma da base decorrente. Nervação primária peninérvea. Nervação superior não preservada.

Comentários: Folha distinta das restantes mencionadas por Heer (1857). A sua determinação é impossível devido à ausência de nervação, para além da nervação primária. Contudo a sua forma obovada poderia corresponder ao género *Sideroxylon mirmulans* R. Br.

d) Folhas de dicotiledóneas, compostas e recortadas

SJ17

Dicotyledoneae indet.

Afinidade sistemática: Classe *Magnoliopsida*; ordem e Família *Incertae sedis*

Identificação prévia: *Phyllites (Rhus?) Ziegleri*, Heer

Espécimes: 0000000002388; 0000000002389?

Figuras: 53a), b)

Descrição: Folha aparentemente composta. Inserção por peciólulo; peciólulo marginal; Tamanho laminar micrófilo; Rácio laminar (L:W) aproximado de 3:1; forma da lâmina elíptica com simetria medial e base aparentemente assimétrica. Margem serrada. Ângulo do ápice agudo; forma do ápice convexa; ângulo da base agudo; forma da base recta. Nervação primária peninérvea. Nervação secundária principal craspedódroma, com espaçamento regular e uniforme; inserção escurente. Nervação terciária intercostal aparentemente reticulada regular. Espaçamento dos dentes regular, com uma ordem de dentes; 4 dentes por cm; forma do sinus angular; forma dos dentes convexos/ rectos (CV-ST); Nervura termina aparentemente no ápice do dente.

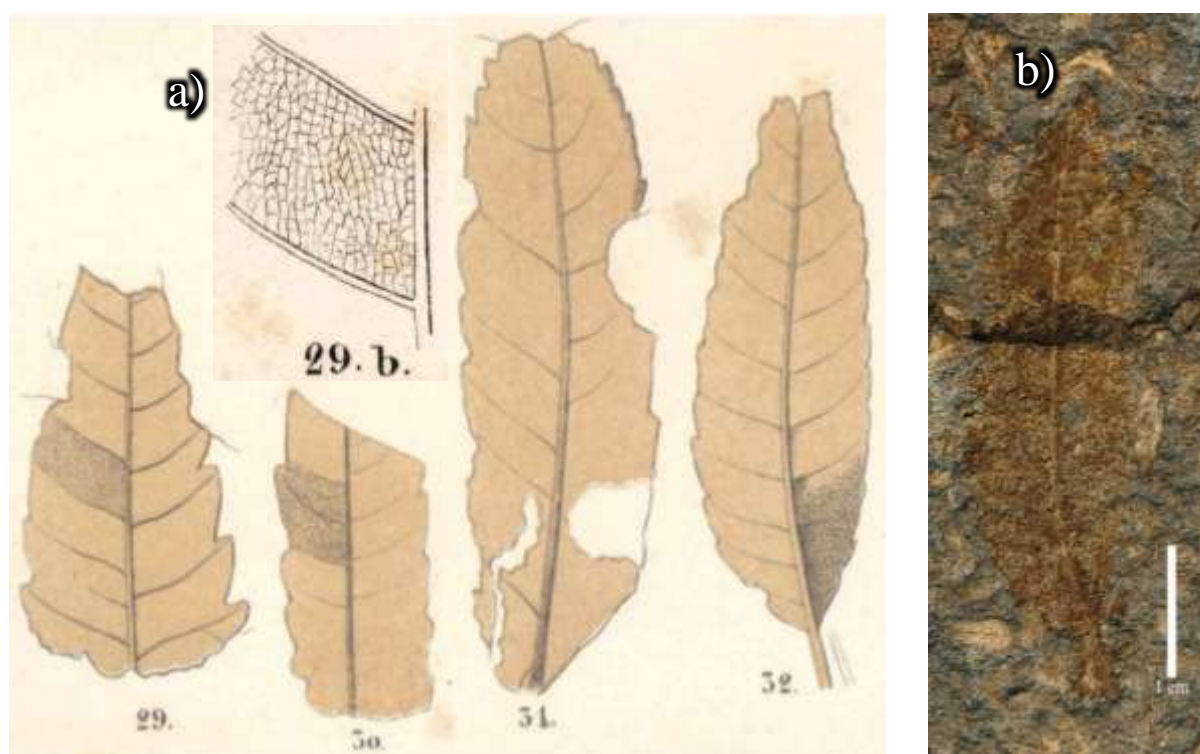


Figura 53. *Dicotyledoneae indet.*, SJ25. Legenda: a) Ilustração por Heer (1857) dos espécimes assinalados a *Phyllites (Rhus?) Ziegleri Heer* (Taf. II). De notar a ilustração da nervação terciária intercostal reticulada regular; b) Espécime 0000000002389, ilustrado ao lado na figura assinalada com o número 32.



Figura 54. *Marcetella maderensis* (Bornm.) Svent. Legenda: a) folha composta imparipenatissecta; b) Pormenor dos folíolos mostrando uma nervação e recorte marginal semelhantes aos fósseis de “*P. Ziegleri*”.

Comentários: Descrito por Heer (1857) com base em pelo menos 4 espécimes (Fig. 53a). Actualmente existe apenas um espécime (Fig. 53b), estando ausente da colecção de Lyell. Este morfótipo foi classificado ao género *Phyllites* pela incapacidade de o incluir num género de uma planta actual da ilha da Madeira. Contudo Heer compara os seus fósseis ao género *Rhus coriaria* L, planta introduzida na ilha da Madeira (Jardim e Menezes de Sequeira, 2008). Morfologicamente o género *Marcetella maderensis* (Bornm.) Svent.(Fig. 54) é semelhante, pela margem serrada, nervação craspedódroma e forma elíptica. Contudo este género tem diferenças marcantes em relação ao fóssil, tais como o número de nervuras secundárias ser superior e menos espaçadas entre si e a base cordada e assimétrica. A má preservação e fósseis incompletos não permitem para uma identificação a nível genérico deste morfótipo distinto da flora de S. Jorge.

SJ18

Rubus sp.

Afinidade sistemática: Classe *Magnoliopsida*; Ordem *Rosales*; Família *Rosaceae*

Identificação prévia: *Ulmus suberosa* Mönch.; *Corylus australis* Heer, *Psoralea dentata* Dec.

Espécimes: 0000000002379;0000000002399; 0000000002386; 0000000002394;V 19902; 0000000002379b; 0000000002401; V 19910; SMC02; SMC03; 0000000002385; V 19911; 0000000002403

Figuras: 55 e 56

Descrição: Folha composta, peciolo marginal; Tamanho laminar micrófilo a notófilo; Rácio laminar $L:W$ 1,5:1 a 1,8:1. Forma laminar oblonga com simetria medial e base assimétrica. Margem serrada. Ângulo do ápice agudo; forma do ápice acuminado, por vezes caudada; Ângulo da base obtuso; forma da base arredondada. Nervação primária peninérvea; nervuras agróficas compostas. Padrão maior das nervuras secundárias craspedódroma com espaçamento uniforme e inserção escurante. Nervuras interiores secundárias ausentes; Padrão menor da nervação secundárias craspedódroma. Nervuras terciárias intercostais opostas percurrentes convexas a sinuosas; formam ângulos obtusos com variação de ângulo consistente, em relação à nervura primária. Nervuras epimediais terciárias alternadas percurrentes; curso proximal perpendicular à nervura primária; curso distal paralelo às terciárias intercostais. Curso da nervação exterior termina na margem. Espaçamento dos dentes irregular, com pelo menos duas ordens; 4 a 6 dentes/cm; Forma do sinus angular e os dentes variam entre convexas/flectido a convexas/rectos (CC/FL a CC/ST). Dentes com nervura principal que termina no ápice.

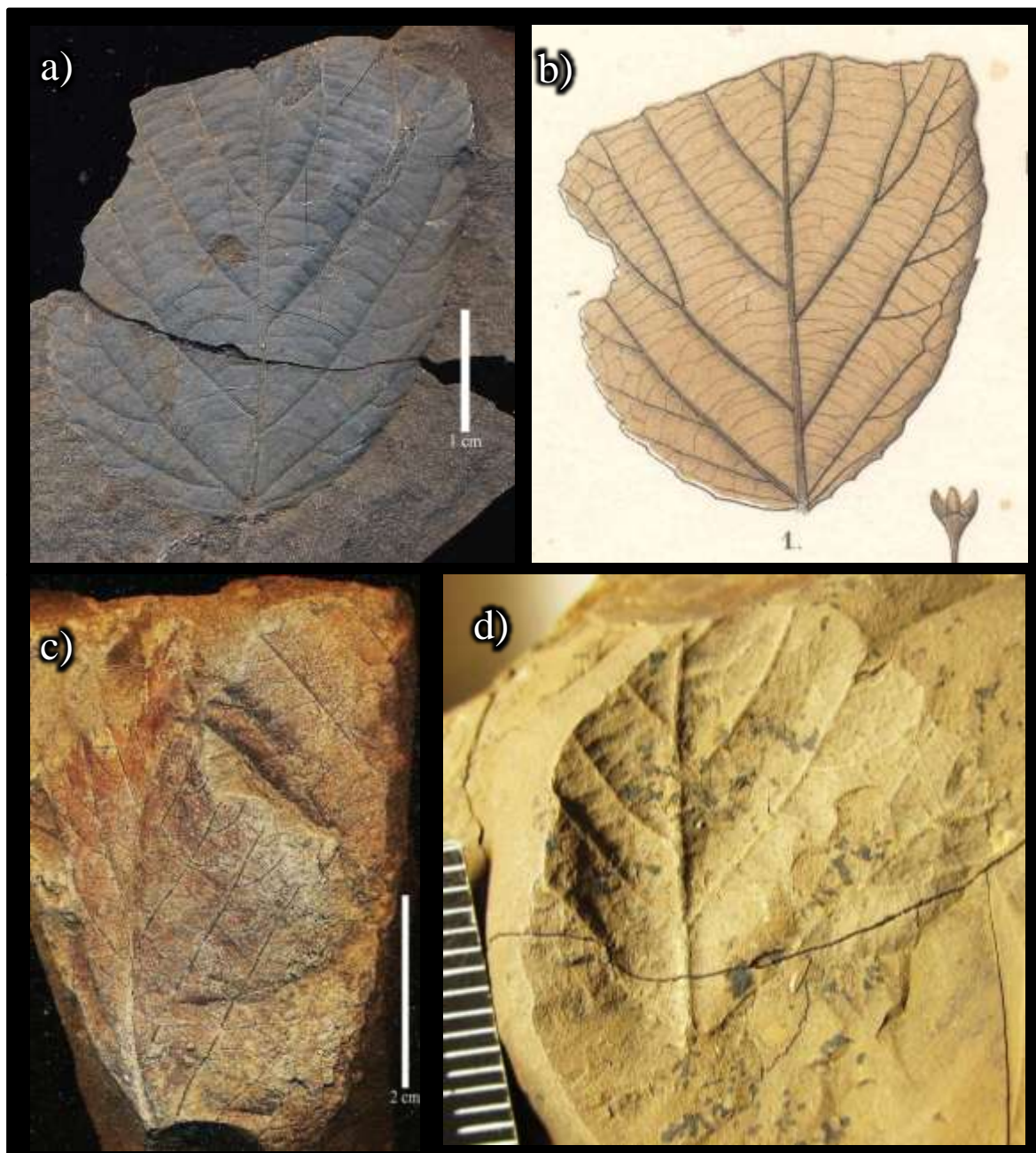


Figura 55. *Rubus* sp., SJ26. Legenda: a) espécime 000000002386; b) Ilustração por Heer (1857) do espécime anterior (Taf. I, fig. 1); c) Espécime 000000002379b presente na coleção de Heer; d) Espécime V 19902, coleção Lyell.

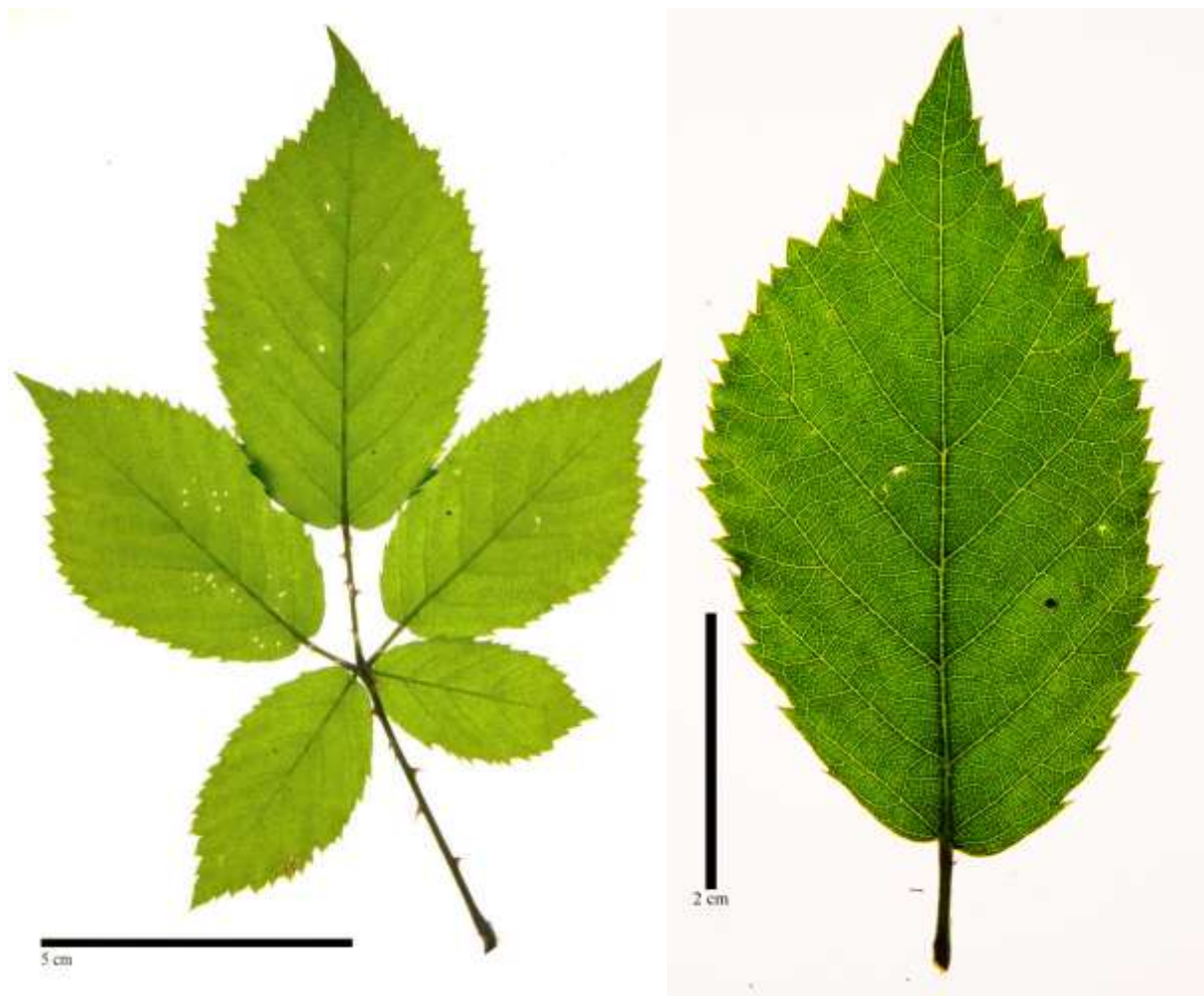


Figura 56. Folha de *Rubus cf. bollei*. Esquerda: fotografia geral; direita: Pormenor do folíolo.

Comentários: Os espécimes agora revistos são os que mais deram polémica e introduzindo descrédito nos resultados de Heer (1857) relativos à paleobotânica da ilha da Madeira (ver ponto 1.4.1.2. da corrente dissertação). Contudo Bunbury (1859) encontra igualmente um morfótipo semelhante aos descritos por Heer, na colecção de Lyell (Fig. 55d). Lowe (1862) é o primeiro crítico redeterminando muitos dos fósseis de Heer como pertencentes ao género *Rubus*:

“The fossil leaves figured and described by Dr. Heer in his very valuable and interesting Memoir on the Fossil Pl. of S. Jorge (4to, Zurich, Nov. 1855), p. 28. T. ii. F. 1, 2, under the name of *Corylus australis*, appear to be impressions of the under surface of terminal lfts. of *R discolor*. On the other hand fig. 3, by its freer coarser larger serrature and absence of cancellating or reticulating cross-veinlets, is rather an impression of the upper surface of a lft. of *R grandifolius*.

(Lowe 1862, pág. 249)

“*Ulmus suberosa* Mönch” of Heer's Fossil Pl. of S. Jorge, p. 28 t.i.f. 24 is the impression of a side-lft. of this *Rubus*; and not only t. ii. f. 3 of “*Corylus australis*” but his “*Psoralea dentata* Dec.?” p.33, t. ii. f. 28, are also, most probably, impressions of the upper surface of side-lfts. of the same the “little points” or dots of the latter exactly corresponding with impressions of the fine granulations or ultimate reticulate compartments on the upper surface of the lfts. of either *R. grandifolius* or *R discolor*.”

(Lowe 1862, pág. 251)

Hartung, em 1864 citando Heer, aponta igualmente para a incerteza da determinação dos fósseis de *Corylus australis* (Fig.55a e 55b). Parcialmente a determinação destes fósseis a géneros de plantas europeias, por parte de Heer, deriva da ideia então proposta das ilhas terem estado ligadas ao continente europeu. Este pressuposto terá influenciado a identificação dos fósseis, de forma a apoiar a hipótese aventada pelo autor. Contudo, e apesar da revisão por parte de Lowe, e repetição da existência desta revisão por alguns autores (e.g. Starkie Gardner, 1881; Starkie Gardner, 1882; Cockerell, 1928), as antigas identificações de Heer foram as mais citadas, perdurando até aos dias de hoje (e.g. Fernández-Palacios *et al.*, 2011)

Morfologicamente os folíolos de *Rubus sp.* e os fósseis foliares em análise partilham a mesma forma geral, recorte marginal, tipo e forma de nervação primária, secundária e terciária (Fig. 56). A ausência de acúleos, abundantes nas folhas, peciólulos e caules, poderá igualmente ter levado à má interpretação dos fósseis. Outro ponto a favor da identificação deste género na flora de S. Jorge é o facto de ser um género distribuído por toda a Europa, e Macaronésia, havendo pelo menos duas espécies endémicas à ilha da Madeira (Jardim e Menezes de Sequeira, 2008).

Outra nota importante é a presença de dois fósseis atribuídos a *Rubus sp.* não figurados por Heer, na sua colecção (Fig. 55c). Estes dois espécimes estão catalogados como pertencentes à macroflora de S. Jorge. Contudo a sua origem é dúbia, devido a terem uma matriz e cor ligeiramente diferentes dos restantes fósseis.

4.1.4.3. Monocotiledóneas

SJ19

Monotyledoneae indet.

Afinidade sistemática: Classe Liliopsida; ordem e família *Incertae sedis*

Identificação prévia: *Cyperus?*; *Gramineen.*

Espécimes: V 19900, V 19892

Figuras: 57

Descrição: Fragmentos de lâminas com nervação paralela, característica das monocotiledóneas.

Comentários: A nervação paralela e tamanho dos fragmentos remetem para restos de monocotiledóneas, provavelmente géneros associadas a ambientes higrófilos (e.g. *Cyperus*, *Carex*). Contudo não poderá ser descartada a hipótese de se tratar fragmentos de folhas de gramíneas. Estes macrorestos estão associados geralmente a outros restos foliares presentes nos espécimes.



Figura 57. *Monotyledoneae indet.*, SJ20. Espécime V 19892.

4.1.4.4. Morfótipos inválidos e desaparecidos

Como já atrás foi referido, muitas das identificações feitas por Heer (1857) e Bunbury (1859), são baseadas em material demasiado fragmentário, incompleto e baseado muitas vezes em espécimes únicos. A análise florística exclui a existência dos seguintes espécies para a flora de S. Jorge: **fetos:** *Asplenium marinum?*; **Dicotiledóneas:** *Rhamnus latifolius*; *Vinca major*; *Clethra arborea*, *Myrica faya*, *Phyllites lobulata* e *Pittosporum sp.* Existem igualmente espécimes desaparecidos, os quais serão abordados juntamente com os fósseis restantes de espécimes inválidos. Estes são: **Fetos:** *Pteris cretica*, *Nephrodium?* (Nº6), *Nephrodium?* (Nº7), *Adiantum psychodes?* **Dicotiledóneas:** *Salix Lowei*. Em seguida è comentada a exclusão destas espécies na presente flora.

a) Fetos inválidos

Asplenium marinum (espécime 0000000002405; Fig. 58): Esta espécie foi descrita com base numa pínula terminal, muito incompleta, que actualmente não preserva caracteres suficientes para se conseguir distingui-lo como um morfótipo distinto na actual flora. Este espécime deverá ser classificado como *Filicopsida* indeterminada.



Figura 58. “*Asplenium marinum*” revisto como *Filicopsida Incertae sedis*. Legenda: a) Espécime 0000000002405; b) o mesmo espécime (direita) figurado em Heer (1857) e a sua comparação com uma ilustração de uma folha actual (Taf. I, fig. 16 e 17).

b) Fetos desaparecidos

Pteris cretica: feto identificado por Heer, na colecção de Hartung (Heer, 1861). Surge ilustrado em Hartung e Mayer (1864), juntamente com as folhas fósseis de Porto da Cruz. A ilustração sugere tratar-se de uma pina longa, inteira, e com uma costa

saliente, mas sem a análise do fóssil, não é possível realizar mais comentários (ver figura 14, fóssil assinalado com o número 12).

Nephrodium? (Nº6), *Nephrodium?* (Nº7), *Adiantum psychodes?*: Fetos fósseis descritos por Bunbury (1857), mas desaparecidos da colecção na colecção actual. O facto de nunca terem sido ilustrados, ou descritos detalhadamente impossibilita qualquer comparação com fetos actuais.

c) Dicotiledóneas inválidas

Rhamnus latifolius (espécime 000000002399; Fig. 59a e 59b): Actualmente esta planta é designada como *Frangula azorica* Grubov. Lowe (1862) considera a identificação de Heer (1857) como válida. Contudo a análise florística identifica este fóssil como dicotiledónea indeterminada. O espécime é incompleto, representado por uma base de uma folha de dicotiledónea. A forma da base redonda, em conformidade com a espécie viva, é muito provavelmente uma característica moldada pela fractura conchoidal que o sedimento apresenta. Outro aspecto é a incapacidade de determinar o tipo de nervação secundária presente neste espécime. O morfótipo que mais se assemelha a este espécime seria o SJ19 (*Rubus sp.*), mas o estado fragmentário e o facto de estar preservado numa brecha, não permite a sua identificação.

Vinca major (Espécimes 000000002384; 000000002392b; Fig. 59c e 59d): Heer baseia-se apenas na parte apical de uma folha incompleta de dicotiledónea, com nervação peninérvea e nervação superior de difícil interpretação. O morfótipo que mais se assemelha a este espécime seria o SJ 12 (*Myrtus sp.*). A espécie de *Vinca* dada para a Madeira (*V. major*) é uma planta introduzida (Jardim e Menezes de Sequeira, 2008), o que vem reforçar a ideia da exclusão deste género na flora de S. Jorge.

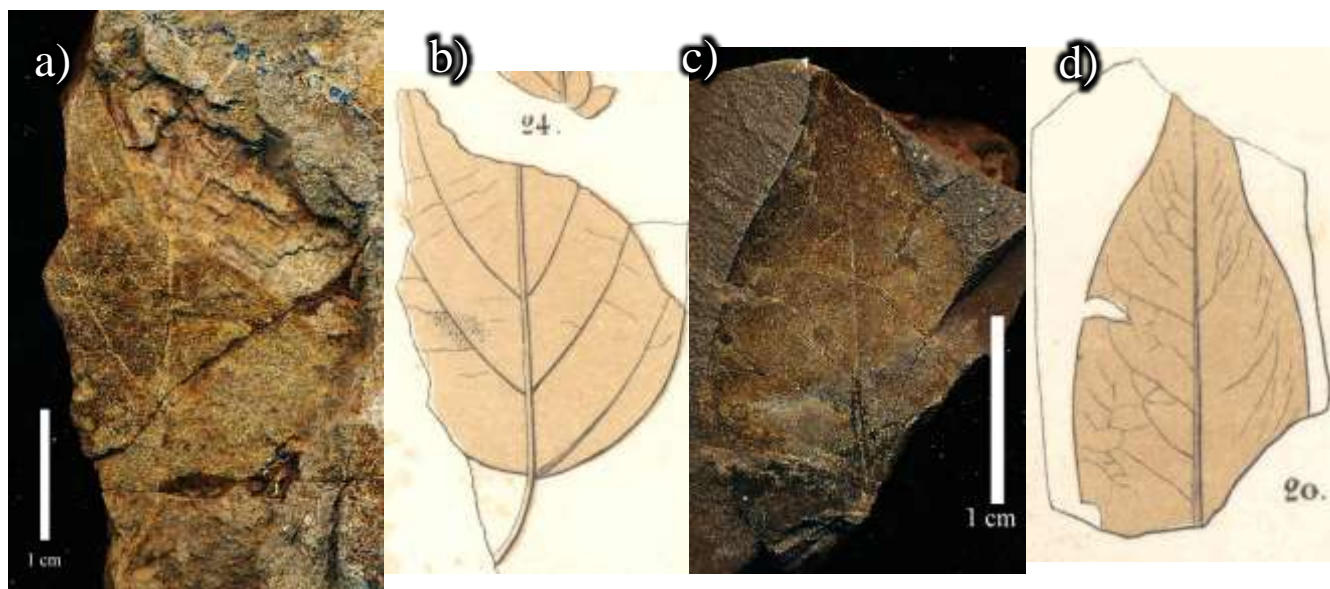


Figura 59. Esquerda “*Rhamnus latifolius*”: a) Espécime 000000002399; b) Ilustração por Heer (1857) do mesmo espécime (Taf. I, fig. 25). Direita: “*Vinca major*”: c) Espécime 000000002392b; d) Ilustração por Heer (1857) do mesmo espécime (Taf. II, fig. 20)

Clethra arborea (espécime 0000000002403; Fig. 60a): Identificação baseada em pelo menos 2 espécimes (ilustrado por Heer, 1857; Fig. 60b). Actualmente apenas existe 1 exemplar (Fig. 60a), representado por uma folha sem ápice, nem base e margem aparentemente serrada e nervação principal peninérvea, secundária broquidódroma e terciárias intercostais percurrentes alternadas. A ausência de mais caracteres não permite a identificação da espécie *C. arborea* (comparar com a figura 60c). Contudo as suas características gerais fazem lembrar o morfótipo SJ13 (*Vaccinium sp.*).

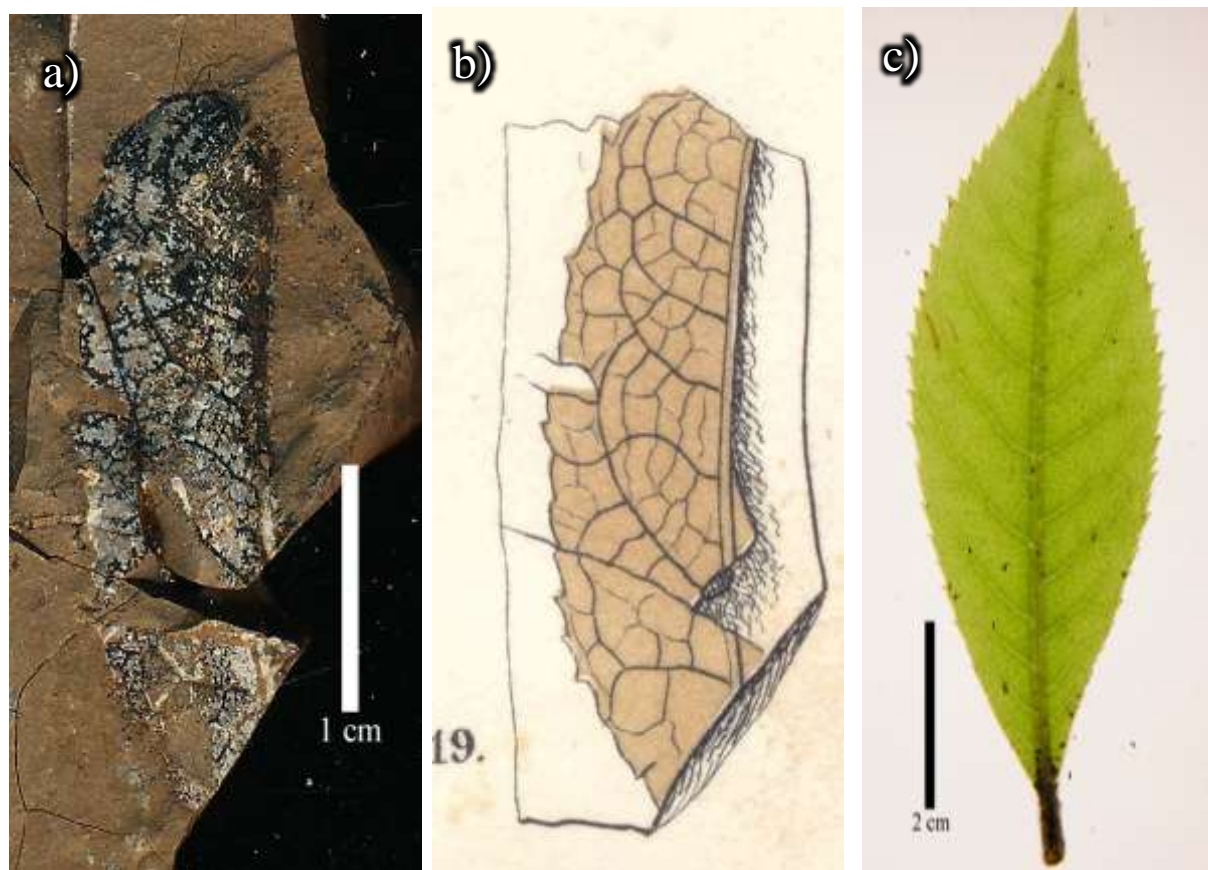


Figura 60. “*Clethra arborea*”. Legenda: a) espécime 0000000002303; b) Ilustração por Heer (1857) do mesmo espécime (Taf. II, fig. 19); c) Folha jovem de *C. arborea*.

Myrica faya (Espécime 0000000002380d; Fig. 61a e 61b): Heer baseia-se em cinco fragmentos de folhas de dicotiledóneas, de folha inteira, forma obovada, de base decurrente, nervação primária peninérvea e nervação secundária broquidódroma, nervação superior não preservada. A nervação secundária com ângulo regular difere das folhas de *M. faya* actuais (fig 61c). Outro facto é que todos os espécimes designados por Heer a *M. faya* sejam inteiras, pois as folhas desta espécie podem variar entre inteiras a irregularmente dentadas (Short, 1994). Lowe (1872) revê os fósseis de Heer como sendo fósseis de “*Ardisia excelsa*”, actualmente *Heberdenia excelsa* (Aiton) Banks ex DC. (Fig.63d):

“The leaf-impressions figured by Prof Heer (Foss. Pl. of S. Jorge p. 28, t.i. ff. 19-23) under the name of *Myrica Faya* L. assuredly belong rather to the present pl. (*H. excelsa*)”

(Lowe, 1872, pg. 34)

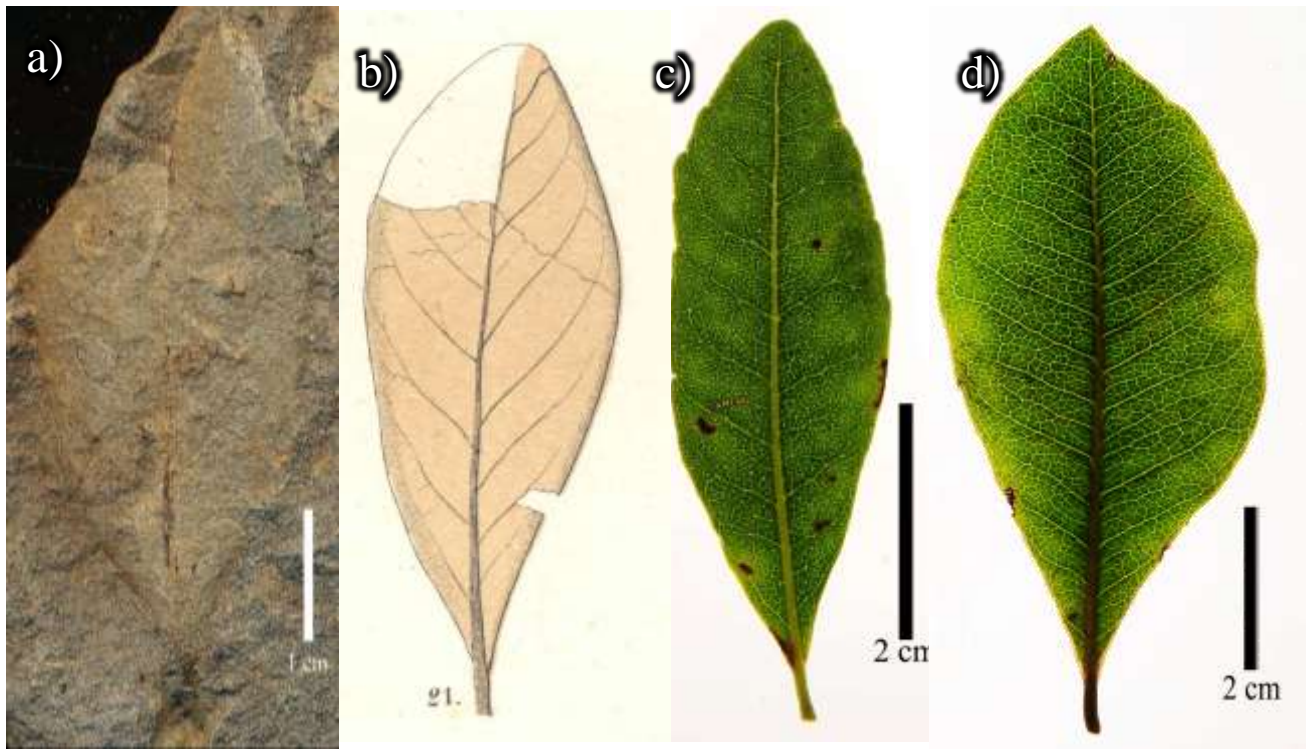


Figura 62. “*Myrica faya*” e a comparação com as folhas actuais. Legenda: a) Espécime 000000002380d, com a nervação quase ténue e de difícil interpretação; b) Ilustração por Heer (1857) do mesmo espécime (Taf. I, fig. 21); c) Folha adulta de *M. faya*; c) Folha jovem de *H. excelsa*.

A revisão de Lowe é fundamentada pelas semelhanças morfológicas entre as folhas fósseis identificadas como *M. faya* e as folhas de *H. excelsa*, principalmente pela forma da lâmina obovada, base decurrente, e nervação secundária broquidódroma com espaçamento regular (Fig. 61b e 61d). Contudo a ausência de mais caracteres foliares, tais como nervação de ordem superior, impossibilita a sua identificação positiva.

Phyllites lobulata (espécime V19916; Fig. 62): Morfótipo é representado por um ápice de uma folha de margem inteira, com assimetria medial e ápice redondo, nervação primária aparentemente peninérvea e secundária broquidódroma apresentando pelo menos um lóbulo. Esta última característica é usada por Bunbury (1859) para diferenciar esta folha das restantes folhas fósseis. Porém a presença de assimetria e de lóbulos em folhas poderá advir de crescimentos anómalos da lâmina, ou causados por parasitas. Estas anomalias não são raras por exemplo em *L. novocanariensis*. Este espécime, por estar incompleto não pode ser positivamente identificado.

Pittosporum? (espécimes V 19914; 000000002396; Fig. 63): Dois ápices de folhas de dicotiledóneas inteiras, nervação primária peninérvea e secundária broquidódroma. As nervuras secundárias inserem nas primárias com um ângulo quase recto. A determinação a nível genérico não é passível de ser realizada.



Figura 61. “*Phyllites lobulata*”, espécime V 19916

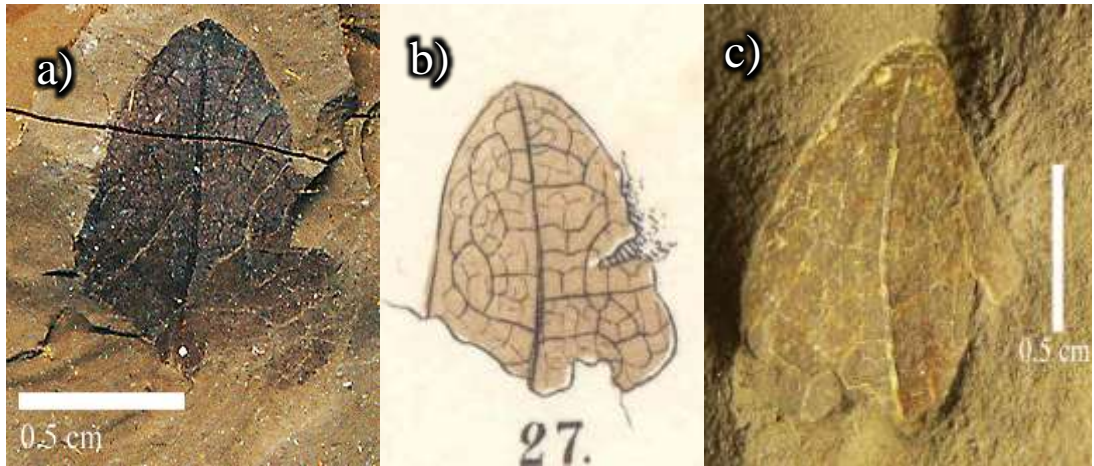


Figura 63. *Pitosporum* sp. Legenda: a) Espécime 000000002396; b) Ilustração por Heer (1857) do mesmo espécime (Taf. II, fig. 27); c) espécime V 19914.

d) Dicotiledóneas desaparecidas

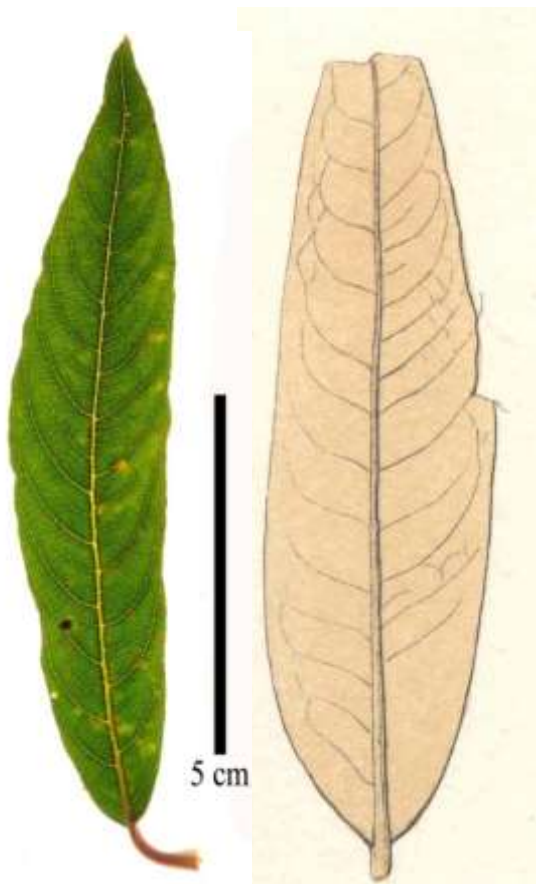


Figura 64. Comparação da folha actual de *S. canariensis* com a figura de Heer dada como *S. Lowei*, evidenciando muitas semelhanças morfológicas entre as duas folhas (figura da direita aumentada 2x).

***Salix Lowei*:** Espécie descrita e figurada por Heer e identificada por Bunbury na colecção de Lyell. A figura dada por Heer (1857, Taf.1 fig.18) representa uma folha inteira, lanceolada, base com forma convexa, apresentando uma nervação primária **peninérvea** e secundária broquidódroma, coerente com a nervação dos espécimes actuais de *S. canariensis* C. Sm. ex Link (Fig.. A espécie em questão é muito comum em linhas de água, por toda a ilha da Madeira. Atendendo que o depósito sedimentar de S. Jorge muito provavelmente se formou pelo bloqueio de uma linha de água, não é de excluir a presença do género *Salix* na flora de S. Jorge.

Flor de *O. foetens*: Heer descreve juntamente com os macrorestos foliares revistos como *O. foetens* na presente dissertação, uma flor que assinala como sendo pertencente a esta espécie (Taf. II, 14 e 14b). Infelizmente não foi possível localizar o espécime.

4.2. Jazida de Porto da Cruz (Concelho de Machico)

4.2.1. Geologia local

4.2.1.1. Estratigrafia e sedimentologia

O log estratigráfico foi efectuado na face oriental do promontório do Porto da Cruz (ver Fig. 19a) nas coordenadas 32° 46,530'N, 16° 49,606'W (WGS84). No total observaram-se 11 seqüências, subdivididas num total de 23 estratos. Em resumo segue-se a descrição dos estratos observados (Fig. 65):

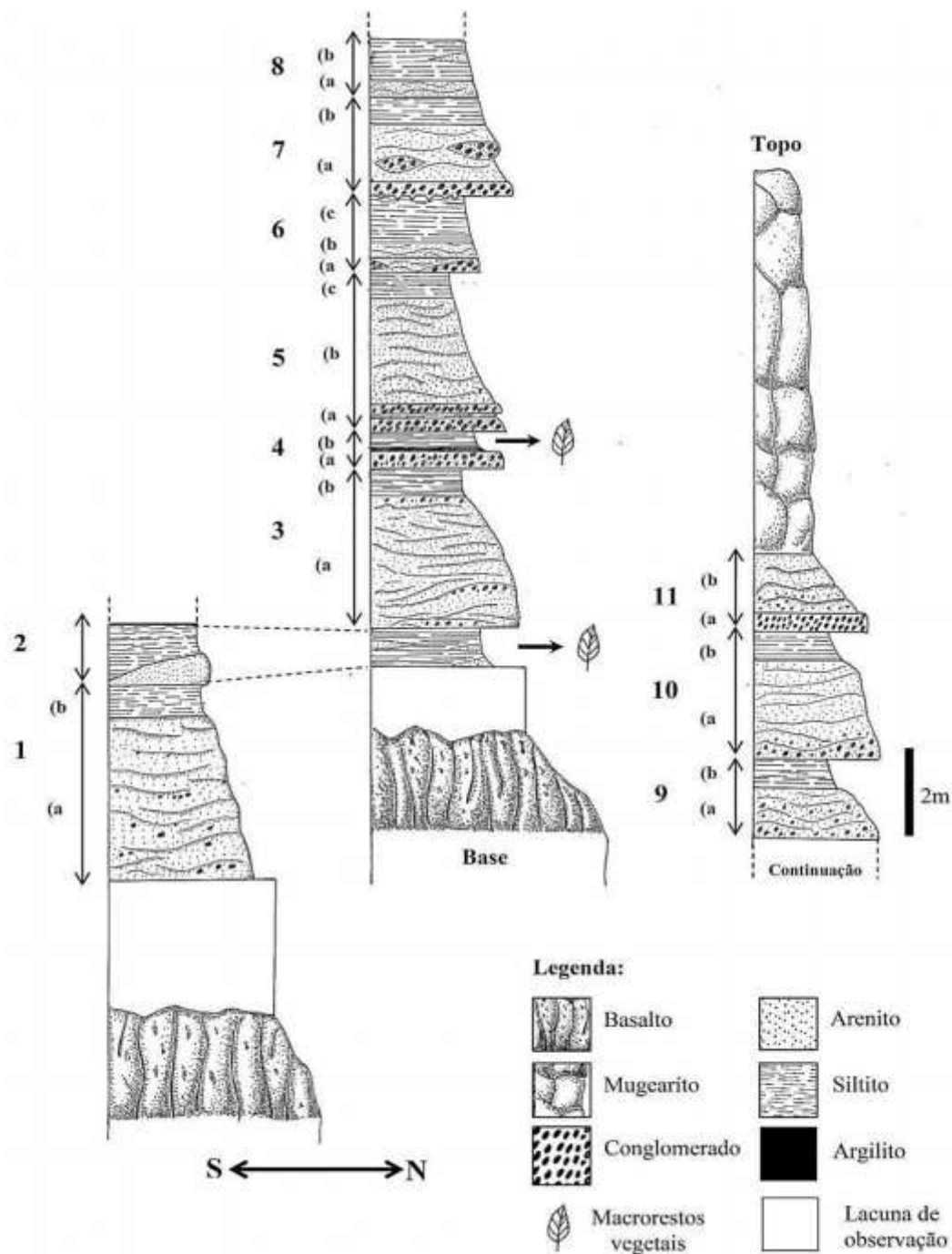


Figura 65. Coluna litológica sintética da seqüência sedimentar do promontório de Porto da Cruz.

1) Sequência com espessura total variando entre 3,8m no quadrante norte a 6,7m no quadrante sul. Assenta sobre um derrame lávico basáltico com superfície do topo ondulada dando origem a variações de espessura significativas nos sedimentos que sobre ele se depositam.

1a) Nível com 3,1 a 6,0m de sedimento areno-conglomerático apresentado laminação ondulada. Os clastos maiores variam entre 0,5 e 20 cm, apresentando formas sub-roladas a sub-angulosos e são constituídos por rocha ígnea com composição basáltica com diferentes graus de alteração. Encontram-se dispersos numa matriz arenítica grosseira a microconglomerática, muito mal calibrada. Para sul o depósito é um pouco mais grosseiro e apresenta frequentes estratificações oblíquas, com truncaturas, indicando correntes para norte.

1b) Nível com 0,7m de sedimento siltítico, muito homogéneo, apresentando laminações mal definidas.

2) Nível com 0,9m de silte com intercalações lenticulares de arenito grosseiro a microconglomerático. Os elementos dos níveis areníticos são muito pouco rolados (sub-angulosos e raros bem rolados). O arenito da base passa de 65cm a sul para 15cm de espessura no local do *log* principal (variações laterais de espessura bastante marcadas). Os elementos dos níveis areníticos são essencialmente litoclastos (lapilli?) e uma fracção menos importante de mineroclastos (olivina e piroxena). O sedimento silto-argiloso é bastante homogéneo, apresenta uma laminação pouco desenvolvida e cor cinzento-acastanhada (Cor Munsell a seco 5Y4/1- cinzento escuro). A análise granulométrica do nível siltítico (amostra PC02) acusou uma maior fracção de siltes grosseiros (cerca de 24,79% no intervalo 32-16 μm ; Anexos 4 e 5). Durante a realização do *log* colheu-se neste nível um microfóssil do que parece ser uma compressão de uma folha de gramínea. Prospecções posteriores deram uma colecção de macrorestos neste nível (ver secção 4.2.1.2 desta dissertação). O local produtor de microfósseis é uma camada lenticular com aproximadamente 20cm de espessura. A base desta camada é constituída por argilitos siltíticos de cor negra, acusando a presença de matéria orgânica, testemunhando a possível presença de um paleossolo (Fig. 66a). No topo desta camada ocorrem os macrorestos sob forma de impressões e compressões foliares de dicotiledóneas e monocotiledóneas (Fig. 66b e 66c). Este nível apresenta 3 escavações que correspondem a explorações do sedimento ou talvez antigos abrigos de botes, actualmente soterrados parcialmente pela construção (em 2004) do caminho do lado Este.

3) Sequência com 3,6m de espessura, subdividida em 2 níveis.

3a) Nível com 3m de espessura, composto de arenito conglomerático a conglomerado fino, apresentando estratificações entrecruzadas bem desenvolvidas. A matriz é uma areia mal calibrada (areias finas a grosseiras). Os clastos são predominantemente de basalto denso a vacuolar com dimensões entre 0,3 a 6 cm, com grau de rolamento muito variável (rolados a angulosos).

3b) Nível de 0,6m de sedimento silto-argiloso contendo leitos de arenito fino a muito fino intercalados. A cor a seco é 2,5Y 5/2 (castanho acinzentado). A análise granulométrica da amostra PC03, colhida neste nível acusou uma percentagem semelhante de siltes médios (cerca de 25,58% no intervalo 16-8 μm) e de siltes grosseiros (32-16 μm ; Anexo 4 e 5).

4) Sequência com a espessura de 0,9m, apresentado 2 níveis distintos.

4a) Nível com 0,4m de conglomerado de matriz arenítica com estratificações planas ténues. Os clastos maiores são de natureza variada (basaltos maciços, vacuolares, sedimento arenítico de níveis inferiores), apresentando rolamento variável desde calhaus rolados a bem rolados, a elementos angulosos, com predominância dos clastos sub-rolados a sub-angulosos.

4b) Nível de siltito com 0,5m de espessura apresentando na base um leito de argila castanha (cor de chocolate) com 4 cm de espessura. Os siltitos apresentam uma laminação plana ténue. A cor em seco 2,5Y 6/2 (“*Light vanilla grey*”). A análise granulométrica da amostra PC04 colhida neste nível acusou uma maior percentagem (25,05% do total amostrado) de siltes muito grosseiros (63-32 μm ; anexo 1 e 2). Neste nível foram descobertos no lado Oeste do promontório, restos de caules incarbonizados (Fig. 68).

5) Sequência com uma espessura total de 3,7m, representada por 3 níveis distintos.

5a) Camada de conglomerado com 0,6m, apresentando 2 níveis separados por 5 cm de siltito. Os clastos têm entre 1 a 11 cm de diâmetro, composição basáltica, maciços a muito vesiculares, de textura afanítica a porfírica, apresentando graus de alteração variados. Alguns elementos são constituídos por tufo piroclástico. Os calhaus rolados a bem rolados são mais abundantes nos níveis inferiores, ocorrendo também clastos sub-rolados, sub-angulosos e raros angulosos. Os calhaus estão suportados por uma matriz arenítica grosseira a microconglomerática estando localmente apoiados uns nuns outros. Estes níveis conglomeráticos são lenticulares e passam lateralmente a arenitos grosseiros ou a arenitos conglomeráticos.

5b) Cerca de 2,5m de arenitos grosseiros conglomeráticos com estratificação ondulada a oblíqua, mais grosseiros na base que no topo. Este nível está parcialmente coberto por material caído e em zona de acesso difícil, pelo que a descrição é pouco precisa.

5c) Nível com cerca de 0,6m de sedimento siltito-argiloso com finas laminações planas.

6) Sequência com 1,8 m de espessura, apresentado 3 níveis.

6a) Nível lenticular com 0,30m de conglomerado onde predominam calhaus rolados e bem rolados numa matriz arenosa grosseira, passando lateralmente a arenitos conglomeráticos.

6b) Nível de espessura variável entre 0,35 e 0,60m. Sequência de níveis de arenito silto-argilosos ou de arenito conglomerático, com estratificação plana, tornando-se granulometricamente mais finos para o topo.

6c) Sequência de argilitos/siltitos com 0,9 a 1,15 m de espessura apresentando estratificação incipiente. Observam-se no interior da sequência, superfícies de dessecação com fendas de retração e zonas de brechificação dos argilitos. Os níveis que cobrem essas superfícies apresentam numerosas escamas de argila retomadas à superfície que sofreu dessecação. As fendas de dessecação de maior dimensão foram preenchidas por escamas e flocos de argila. A análise granulometria deste nível siltítico (amostra PC06) acusa uma maior percentagem de siltes grosseiros (cerca de 20,72% no intervalo 32-16 μm ; Anexo 1 e 2).

7. Sequência com 2,2m de espessura, onde se distinguem 2 níveis.

7a) Nível inferior com 1,6m de espessura, constituído por uma alternância de conglomerados, arenitos conglomeráticos e arenitos grosseiros, apresentando

estratificação plana a ondulada. Os níveis conglomeráticos são lenticulares e sem grande continuidade lateral. O nível mais contínuo é o nível inferior.

Os elementos do conglomerado variam entre 0,5cm e 13 cm sendo constituídos por basaltos maciços e vacuolares com graus de alteração variados e ainda calhaus de conglomerado. O grau de rolamento é predominantemente sub-rolado, mas ocorrendo desde calhaus bem rolados a angulosos. Localmente os calhaus apresentam imbricação indicando correntes para o quadrante norte.

7b) 0,6m de sedimento silto-argiloso (não observado directamente por estar inacessível nuns locais ou coberto por depósitos de vertente noutros locais).

8) Sequência com 1,2m de espessura, distinguindo-se 2 níveis.

8a) Nível com cerca de 0,3m de arenitos com estratificação plana a ondulada.

8b) Nível com 0,9m de sedimento silto-argilítico finamente laminado, apresentando ocasionalmente leitos areníticos ou areníticos conglomeráticos com espessuras inferiores a 4cm. A análise granulométrica do sedimento silto-argilítico (amostra PC07) acusou uma maior fracção de siltes finos (cerca de 26,88% no intervalo 16-8 μm ; Anexo 1 e 2).

Nota: As sequências suprajacentes (números 9, 10 e 11) não foram observadas directamente, por estarem inacessíveis no *log* efectuado no campo. Foi realizada uma inferência no campo e por fotografia da sua espessura e constituição. Segue-se a sua descrição:

9) Sequência com 1,8m, onde se distinguem 2 níveis.

9a) Nível com ~1,1m de sedimento areno-conglomerático.

9b) Nível com ~0,7m de sedimentos silto-argiloso.

10) Sequência com 2,9m onde se distinguem 2 níveis.

10a) Nível com ~2,25m de sedimento areno-conglomerático.

10b) Nível com 0,65m silto-argiloso.

11) Sequência com ~2,8m onde se distinguem 2 níveis

11a) Nível com ~1,5m sequência areno-conglomerática.

11b) Nível com ~1,3m de sedimento arenítico.

A selar o topo desta sequência sedimentar encontra-se um derrame mugearítico que neste local tem cerca de 8,7 metros de espessura.

4.2.1.2. Potencial fossilífero da jazida de Porto da Cruz

A realização de trabalhos de prospecção na sequência sedimentar de Porto da Cruz levou à descoberta de três locais produtores de macrorestos de plantas fósseis. O primeiro nível onde foram identificados foi o nível 2 (ver *log* estratigráfico; Fig. 65) onde foram colhidos abundantes macrofósseis de plantas, principalmente adpressões incompletas de folhas de dicotiledóneas e monocotiledóneas. O local situa-se no sector Este, a aproximadamente 30 metros a Norte do local onde foi efectuado o *log* estratigráfico (Fig. 66a). Este é o local onde se encontram os fósseis mais bem preservados (Fig. 66b e 66c).

O segundo local é uma camada equivalente ao nível 2, mas situada no sector Oeste do promontório. Os fósseis de plantas aqui encontrados são compressões e



Figura 66. Jazida do nível 2 situada no lado Este do promontório do Porto da Cruz. Fotos: a) Aspecto geral da jazida; b) Impressão parcial de folha de dicotiledónea, onde é visível a nervação peninérvea e possível nervação caspedódroma; c) Incarbonização parcial de uma folha de monocotiledónea, onde é visível a nervação paralela.

impressões foliares de monocotiledóneas, e raras compressões fragmentárias de dicotiledóneas (Fig. 67). Foram ainda recolhidos fósseis com preservação tridimensional, os quais poderiam lembrar estróbilos de Cavalinhas (*Equisetum sp.*), os quais serão descritos mais à frente na secção 4.2.3 da corrente dissertação.

O terceiro local produtor de fósseis é um nível superior ao anterior, o nível 5c. Este nível produz troncos e ramos fósseis incarbonizados (fig. 30). Foram colhidos fósseis *in situ* (fig. 68a) e blocos caídos da encosta para níveis inferiores contendo muito provavelmente fósseis deste nível (fig. 68b).



Figura 68. Fósseis da jazida do nível 2 situada no lado Oeste do promontório do Porto da Cruz. Fotos: a) Fóssil com afinidades a *Equisetum sp.*?; b) Compressões parciais de folhas de monocotiledóneas.



Figura 67. Fósseis da jazida nº 3: Troncos fósseis no sector Oeste do promontório de Porto da Cruz. Fotos: tronco incarbonizado encontrado em blocos que se soltaram de níveis superiores; b) foto do tronco fóssil incarbonizado *in situ*.

No total foram colhidos, nos depósitos sedimentares do Porto da Cruz, mais de 50 espécimes fósseis nos três locais referidos anteriormente (maioritariamente fragmentos de monocotiledóneas).

4.2.2. Colecções existentes

Historicamente a jazida do Porto da Cruz foi menos estudada que a jazida de S. Jorge. Contudo, existem algumas colecções dispersas por Inglaterra e na ilha da Madeira. A descoberta do local onde afloram fósseis no depósito sedimentar desta localidade, permitiu a recolha de uma colecção com aproximadamente 50 espécimes, na sua grande maioria fragmentários. Em seguida é apresentado um resumo das colecções actualmente existentes, ou descritas nos antigos livros da geologia da Madeira.

4.2.2.1. Coleção de George Hartung

Segundo Hartung e Mayer (1864) os fósseis desta coleção foram recolhidos por James Yates Johnson em Janeiro de 1859 e por Hartung durante a sua estada na ilha. Hartung publica no seu livro de 1864 a descrição dos fósseis e uma estampa com desenhos pormenorizados dos espécimes analisados. O número total não é conhecido, mas Hartung e Mayer (1864) publicam uma estampa com 11 espécimes de Porto da Cruz (o 12º espécime figurado é pertencente à coleção de S. Jorge; ver ponto 4.1.4.4), onde são reconhecidas duas espécies. Tal como a coleção de S. Jorge, não se conhece o paradeiro desta coleção de fósseis vegetais de Porto da Cruz.

4.2.2.2. Coleção George Walter Grabham

Na busca dos fósseis foliares de S. Jorge, surgiu uma pequena coleção de fósseis vegetais de Porto da Cruz no **SMC** (Cambridge), pelo nome de “*Tertiary Madeira*” (Fig. 69b). Esta pequena coleção é composta por seis espécimes recolhidos pelo geólogo George Walter Grabham sem data de recolha e não numerados. Estes espécimes não constam na bibliografia.

4.2.2.3. Coleção John Starkie Gardner

Os macrofósseis descritos com brevidade no seu artigo sobre a geologia da Madeira (Starkie Gardner, 1882) encontram-se actualmente alojados nas coleções paleontológicas do **NHM-UK** (Fig. 69a). Segundo a base de dados do **NHM-UK**, esta coleção foi comprada a Starkie Gardner a 24 Maio de 1884. O *website* dos *Bolton Museums* (<http://www.boltonmuseums.org.uk>), informa que este geólogo começou a vender as suas coleções de fósseis em 1876, maioritariamente para o **NHM-UK**. Esta pequena coleção está alojada juntamente com a coleção de S. Jorge, na gaveta



Figura 69. Aspecto geral das duas coleções de Porto da Cruz: a) coleção John Starkie Gardner b) coleção G.W. Grabham.

Foreign tertiary 43I.19 Madeira. De notar que apenas se encontram espécimes atribuídos ao morfótipo “*Carex pendulata*”. Os fósseis de dicotiledóneas (*Rubus sp.*) mencionados no artigo de 1882 não constam nesta colecção.

4.2.2.4. Colecção do Museu de História Natural do Seminário do Funchal

Número de espécimes desconhecido, mas presentes. Esta colecção não foi alvo de estudo devido aos motivos explicados no ponto 4.1.2.4 desta dissertação (ver também anexos 1, 2 e 3).

4.2.2.5. Colecção da Universidade da Madeira

A exploração do depósito sedimentar de Porto da Cruz, levou à identificação de dois níveis produtores de microfósseis, em 3 locais diferentes (ver secção 4.2.1.2). Os fósseis colhidos estão alojados no Centro de Ciências da Vida, Universidade da Madeira (antigo departamento de Biologia). São maioritariamente fragmentos de monocotiledóneas, e raros fragmentos de dicotiledóneas e ramos incarbonizados. Somente uma pequena percentagem pode ser estudada devido à sua má preservação.

4.2.3. Macroflora fóssil de Porto da Cruz

A macroflora de Porto da Cruz é constituída por impressões e compressões numa matriz silto-argilítica, de folhas, caules, sementes e possivelmente estróbilos. Tal como acontece na flora de S. Jorge, estes fósseis foliares são de difícil interpretação, pois os caracteres mais pequenos, tais como a nervação de 3ª ordem ou ordens superiores não se encontra muitas vezes preservada. Outro problema é a clivagem do próprio sedimento, que raramente expõe folhas completas, mas antes folhas incompletas.

Tabela 6. Lista dos espécimes da macroflora de Porto da Cruz observados ou possivelmente encontrados em instituições estrangeiras. Legenda: SG: Starkie Gardner (1882); HM: Hartung e Mayer (1864); NP: não publicado; NA: Não aplicável/inexistente.

Nº	Identificação	Colecção	Nº do Espécime	Publicação	Plate	Fig.	Notas adicionais
1	<i>Carex pendula?</i>	NHM-UK	V 518a	SG	NA	Fig. 75a	Espécime com folhas monocotiledóneas e Inflorescências
2	<i>Carex pendula?</i>	NHM-UK	V 518b	SG	NA	–	Bloco com várias folhas de monocotiledóneas
3	<i>Carex pendula?</i>	NHM-UK	V 518c	SG	NA	–	3 fragmentos de folhas monocotiledóneas e inflorescências
4	" <i>Rubus?</i> "	SMC	SMC08	NP	NA	Fig. 72b	Colhido por G. W. Grabham em data desconhecida
5	" <i>Rubus?</i> "	SMC	SMC09	NP	NA	Fig. 73a	Colhido por G. W. Grabham em data desconhecida
6	" <i>Carex?</i> "	SMC	SMC10	NP	NA	–	Colhido por G. W. Grabham em data desconhecida
7	" <i>Carex?</i> "	SMC	SMC11	NP	NA	–	Colhido por G. W. Grabham em data desconhecida
8	" <i>Carex?</i> "	SMC	SMC12	NP	NA	–	Colhido por G. W. Grabham em data desconhecida
9	" <i>Carex?</i> "	SMC	SMC12	NP	NA	–	Colhido por G. W. Grabham em

							data desconhecida
10	<i>Rubus fruticosus</i> L.	Hartung	NA	HM	Taf. VIII	Fig.12 (Taf VIII, Fig. 6-11)	6 espécimes
11	<i>Carex</i> sp.	Hartung	NA	HM	Taf. VIII	Fig. 12 (Taf. VIII, Fig. 1-5)	3 espécimes

A flora fóssil da jazida de Porto da Cruz é composta por poucos espécimes, quando comparada com a flora de S. Jorge, muito devido à falta de recolha e estudo. Os únicos estudos foram publicados por Hartung (1864) e Starkie Gardner (1882). Ao longo dos anos há várias citações ao local (ver perspectiva histórica), mas a sua flora nunca foi revista, ou mais fósseis colhidos. Foram observados em colecções estrangeiras 11 espécimes (5 no **NHM-UK**; 6 no **SMC**). Com a soma da colecção desaparecia de Hartung, o número total de espécimes provavelmente ascenderia a 20 espécimes (Tabela 6). A colecção colhida durante a execução deste trabalho (colecção Universidade da Madeira) contém aproximadamente 50 espécimes, a sua maioria demasiado fragmentária para ser descrita, tendo sido escolhidos 14 espécimes mais completos para serem analisados (tabela 7).

Tabela 7. Lista dos espécimes da colecção **UMa** estudados na presente análise florística.

Número do Espécime	Jazida	Afinidade taxonómica	Notas adicionais	Figuras
UMa01	nº2	aff. Equisetaceae?	Compressão de Estróbilo?	Fig. 70
UMa02	nº2	aff. Equisetaceae?	Compressão de um caule?	–
UMa03	nº2	dicotiledónea?	Impressão de fragmento foliar?	–
UMa04	nº2	monocotiledónea	Compressões e impressões várias folhas	–
UMa05	nº2	monocotiledónea	Impressões várias folhas	–
UMa06	nº2	dicotiledónea?	Compressão de fragmento foliar?	–
UMa07	nº1	monocotiledónea	Impressões/compressões várias folhas	Fig. 75
UMa08	nº1	dicotiledónea	impressão foliar mal preservada	–
UMa09	nº1	dicotiledónea	compressão foliar ténue (2 partes)	Fig. 74
UMa10	nº1	dicotiledónea	impressão foliar ténue (2 partes)	–
UMa11	nº1	dicotiledónea	Impressão foliar ténue	Fig. 73c
UMa12	nº1	Equisetaceae	Impressão de fragmento de um caule	Fig. 71a
UMa13	nº1	dicotiledónea	Impressão foliar parcial	Fig.73b
UMa14	nº1	dicotiledónea	Compressão foliar	Fig.72a

4.2.4. Análise florística: descrição e revisão dos morfótipos

A análise dos fósseis foliares discriminou a presença de 4 morfótipos (identificados com a sigla PC) presentes nas colecções antigas e na colecção recolhida durante a execução da corrente dissertação. Apenas fósseis foliares, ou de estruturas reprodutivas foram usadas na actual revisão. Foram atribuídos um morfótipo a cavalinhas (*Equisetaceae*), numerado como PC01; dois morfótipos a dicotiledóneas, um com folha composta e recortada (numerado como PC02); um possivelmente de folha simples e recortada (numerado como PC03); e uma monocotiledónea (PC04).

4.2.4.1. *Equisetáceas*

PC01

Equisetum sp.

Afinidade sistemática: Classe *Equisetopsida*; Ordem *Equisetales*;
Familia *Equisetaceae*

Espécimes: UMa01(?); UMa02 (?);
UMa14

Figuras: 70, 71

Descrição: Fragmentos de caule com estrias lineares, apresentando nódulos verticilados de micrófilos, articulados.

Comentários: Esta espécie é nova para a jazida de Porto da Cruz. É concordante em tamanho e características morfológicas com *E. telmateia* Ehrh. (Fig. 71a, b e c), nativo da ilha e com distribuição cosmopolita. Trata-se de uma espécie higrófila, que poderia muito provavelmente colonizar o paleossolo da camada n°2. Foram descobertos outros dois fragmentos, que em parte se assemelhavam a estróbilos desta espécie, devido semelhança a um eixo com marcas de inserção, provavelmente de esporângioforos. Contudo a sua má preservação não permite uma classificação segura, sendo considerados *incertae sedis* (Fig. 70).

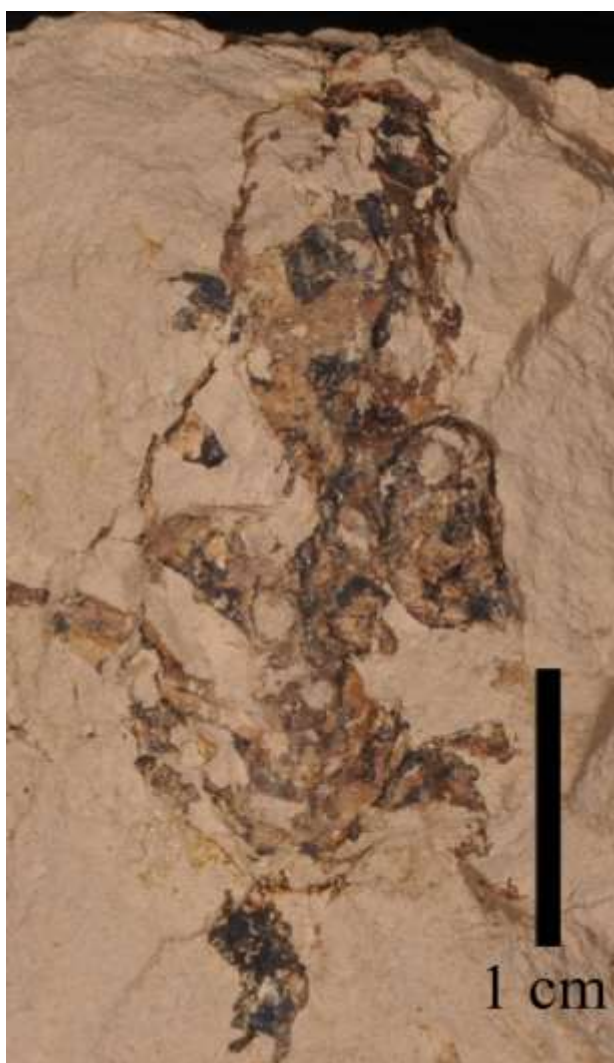


Figura 70. Espécime UMa01 “*Incertae sedis*”. Fragmento vegetal fazendo lembrar um estróbilo de *Equisetum*.

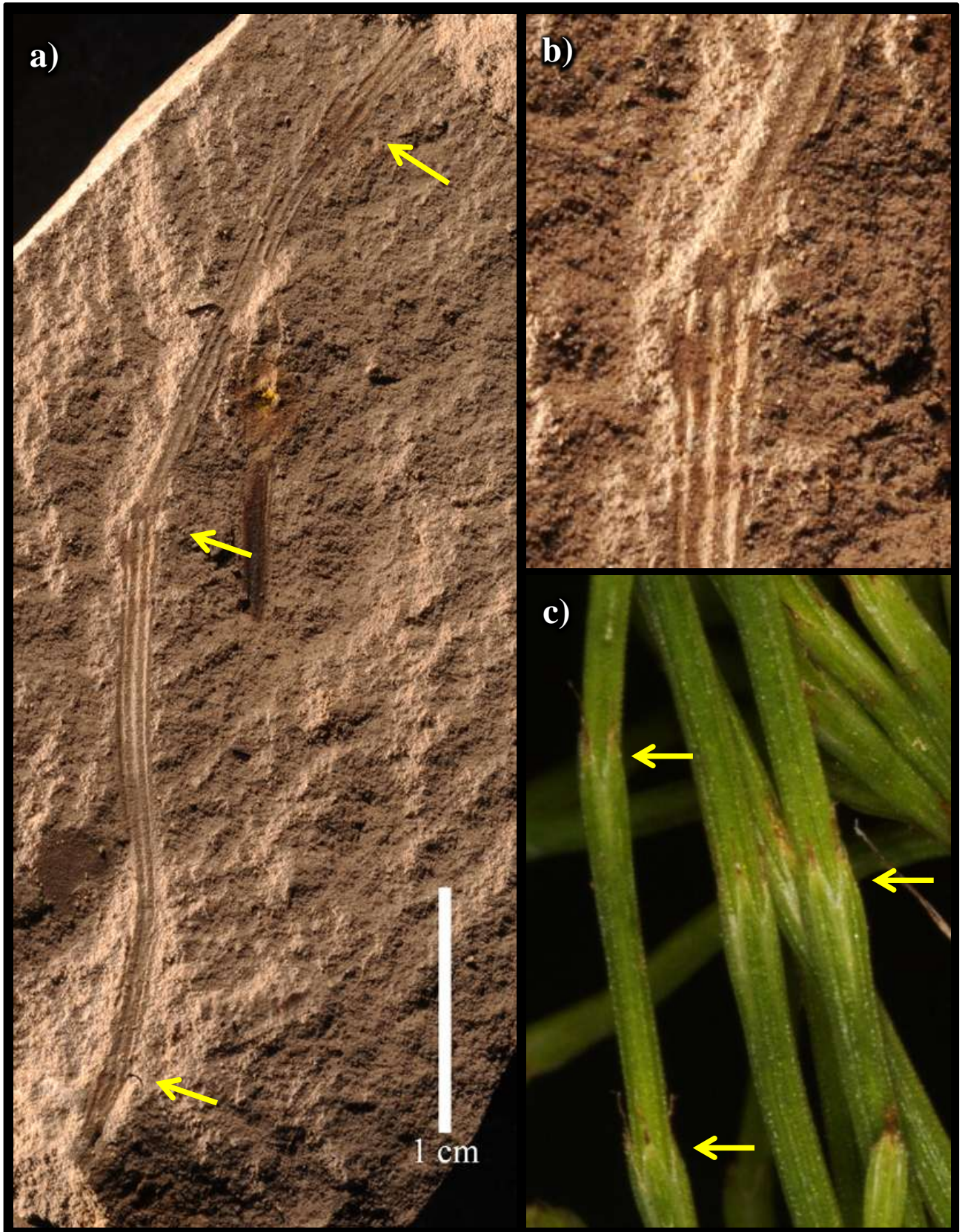


Figura 71. *Equisetum* sp., PC01. Legenda: a) Espécime UMa12: Impressão de um ramo lateral, onde são visíveis os nós (assinalados pelas setas) formados pelos verticilos dos microfílos; b) Pormenor do nó; c) Pormenor de ramos laterais de *E. telmateia* onde são visíveis os nós, com os microfílos em verticilos.

4.2.4.2. Dicotiledóneas

a) Folhas de dicotiledóneas, compostas e recortadas

PC02

Rubus sp.

Afinidade sistemática Classe *Magnoliopsida*; Ordem *Rosales*; Família *Rosaceae*

Identificação prévia: *Rubus fruticosus L.*

Espécimes: UMa09; UMa10; SMC08; SMC09

Figuras: 72a, b; 73a – c

Descrição: Semelhante ao *Rubus sp.* da macroflora de S. Jorge (ver secção 1.4.4.2); morfótipo descrito através dos fósseis recolhidos e dos figurados por Hartung e Mayer (1864); folha composta, peciólulo marginal; Tamanho laminar micrófilo a notófilo; rácio laminar (*L:W*) variável 1,5:1 a 1,8:1. Forma laminar aparentemente obovada a oblonga, com simetria medial e base assimétrica. Margem serrada. Ângulo do ápice agudo; forma do ápice acuminado, por vezes caudado; ângulo da base obtuso; forma da base redonda a ligeiramente caudada. Nervação primária **peninérvea**; nervuras agróficas compostas. Padrão maior das nervuras secundárias craspedódroma com espaçamento uniforme e inserção escurante. Nervuras interiores secundárias ausentes; Padrão menor da nervação secundárias craspedódroma. Nervuras terciárias intercostais opostas percurrentes convexas a sinuosas; formando ângulos obtusos com variação de ângulo consistente, em relação à nervura primária. Nervuras epimediais terciárias alternadas percurrentes; curso proximal perpendicular à nervura primária curso distal paralelo às terciárias intercostais. Curso da nervação exterior termina na margem. Espaçamento dos dentes irregular,

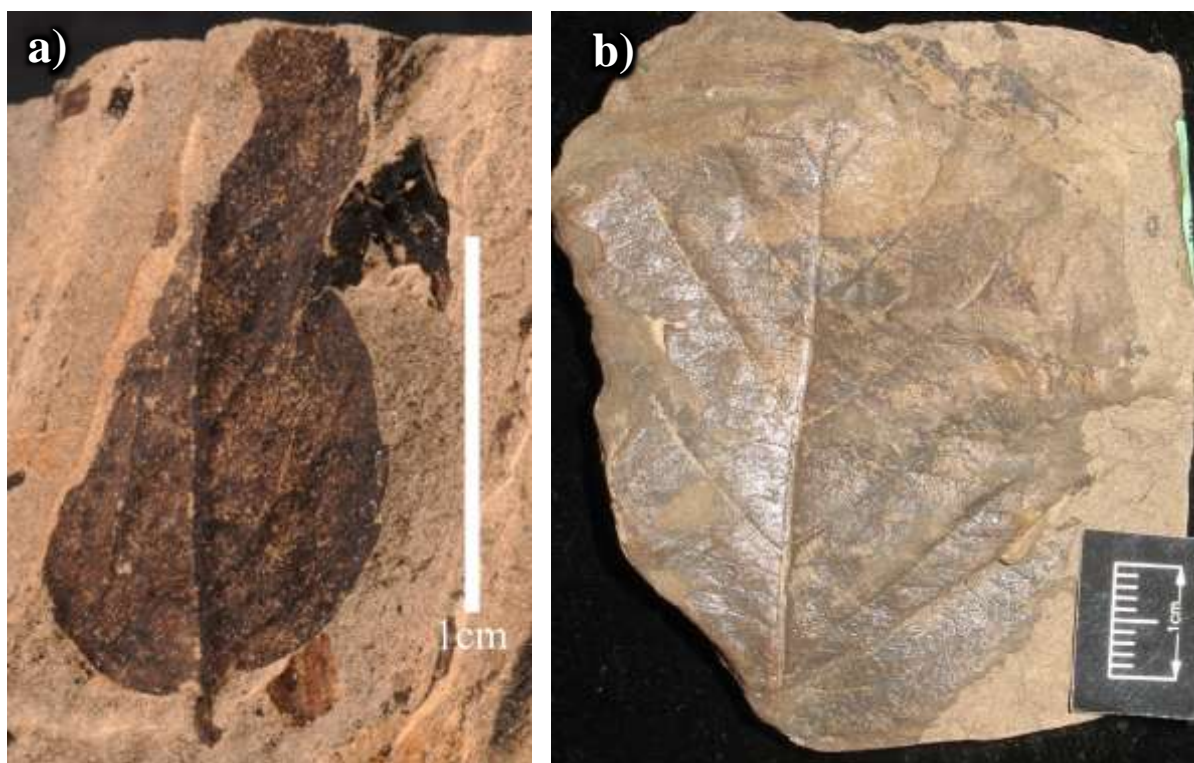


Figura 72. *Rubus sp.*, PC02. Legenda: a) espécime UMa14; b) espécime SMC08

com pelo menos duas ordens; aparentemente 4 a 6 dentes/cm; Forma do sinus angular e os dentes variam entre convexos/reflectidos a convexos/rectos (CC/FL a CC/ST). Dentes apresentam uma nervura principal que termina no ápice. Associado aos restos foliares, Hartung figura um espécime com caules com acúleos.

Comentários: Trata-se de um morfótipo abundante na macroflora de Porto da Cruz, representado por vários espécimes fragmentários. Os espécimes mais completos, são os

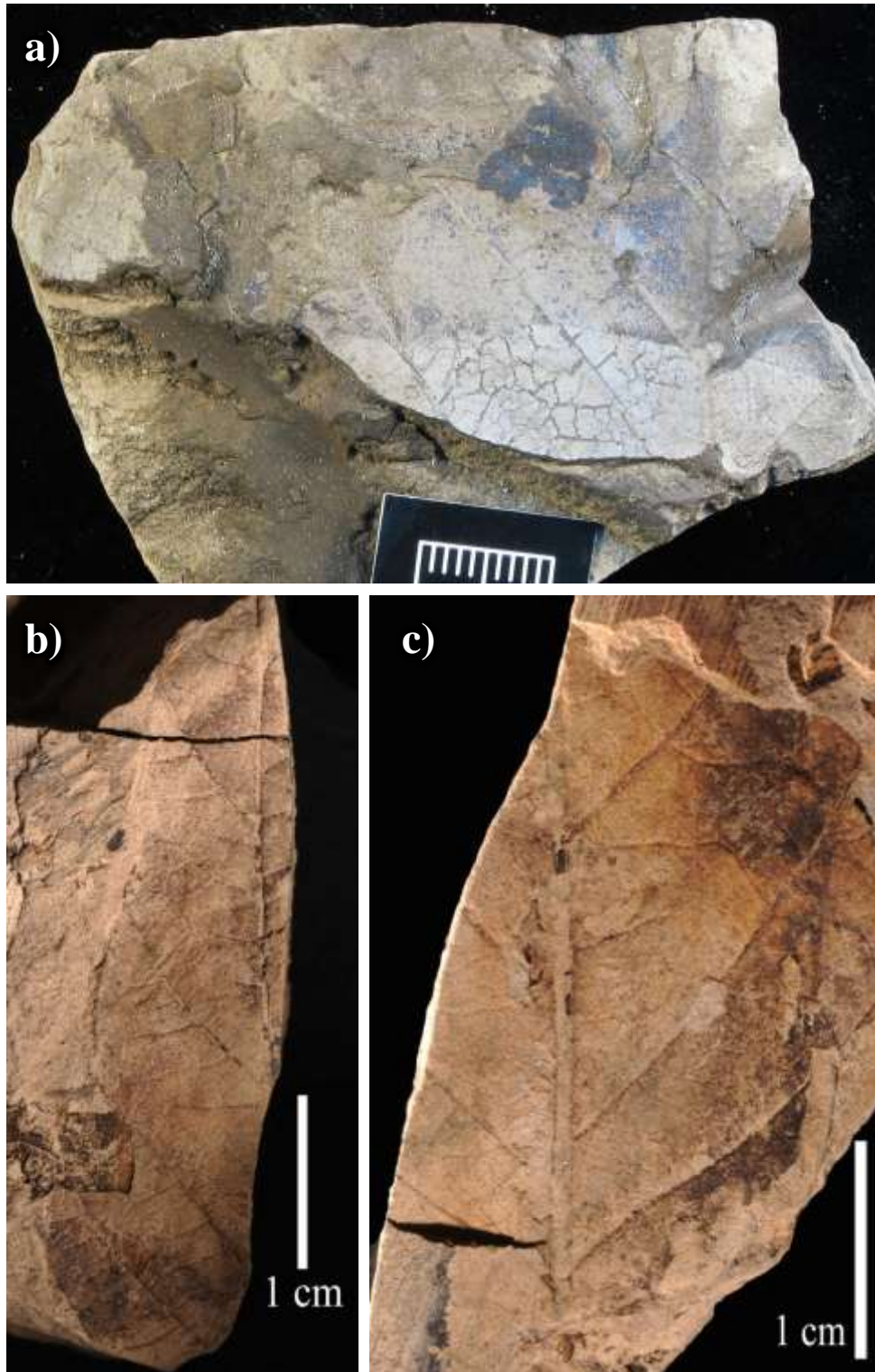


Figura 73. Prováveis espécimes de *Rubus sp.* Legenda: a) espécimes SMC09; b) Espécime UMa13; c) Espécime UMa11.

que são ilustrados por Hartung (1864, Taf. VIII; ver Fig. 12). Os espécimes analisados e ilustrados são morfologicamente semelhantes a folíolos de *Rubus sp.*, partilhando a mesma forma geral, recorte marginal, tipo e forma de nervação primária, secundária e terciária (ver flora de S. Jorge, Fig. 57). A presença de caules com acúleos (ver Fig. 14, desenho nº 10) e a presença de uma folha composta com 4 folíolos (Fig. 14, desenho nº 11) na estampa apresentada por Hartung e Mayer (1864) aponta para a uma identificação clara deste género na flora de Porto da Cruz.

b) Folha de dicotiledónea com organização foliar desconhecida e recortada

PC03

Dicotyledoneae indet.

Afinidade sistemática Classe *Magnoliopsida*; Ordem e Família *Incertae sedis*

Espécimes: UMa09; UMa09a

Figuras: 74



Figura 74. Espécime UMa09, com aparente nervação semicraspedódroma.

Descrição: Folha de tamanho nanófilo, aparentemente elíptica e com recorte marginal serrado. Ápice e base não preservados. Nervação primária peninérvea e nervação secundária aparentemente semicraspedódroma. Nervação de ordem superior de difícil interpretação. Espaçamento dos dentes regular; 1 ordem de dentes; 7 dentes por cm; sinus angular; Dentes com forma recta/convexa (ST/CV).

Comentários: Morfótipo identificado apenas por um resto foliar mal preservado, mas aparentemente com nervação distinta de *Rubus sp.* A descrição deste resto foliar serve de chamada de atenção para a possibilidade de se encontrar outros morfótipos de dicotiledóneas. Somente com futuras recolhas se poderá reconfirmar a existência deste morfótipo na macroflora de Porto da Cruz.

4.2.4.3. Monocotiledóneas

PC04

Carex sp.

Afinidade sistemática Classe *Liliopsida*; Ordem *Cyperales* e Família *Cyperaceae*

Espécimes: UMa04; UMa05; UMa07; SMC10; SMC11; SMC12; SMC13; 5 espécimes
V 518

Figuras: 75a - c

Descrição: lâminas com comprimentos decimétricos variadas, incompletas, apresentando nervação paralela, associadas a infrutescências e sementes.

Comentários: Macrofóssil mais abundante da jazida de Porto da Cruz. Hartung (1864) publica a identificação deste género por parte de Heer, através de restos foliares e sementes. Mais tarde Starkie Gardner recolhe igualmente em Porto da Cruz compressões de folhas e infrutescências (Fig.75a) pertencentes a este género. Este autor identifica os seus fósseis como pertencentes a *C. pendula* Huds. Contudo este fóssil pelas suas dimensões poderá pertencer a outras espécies endémicas tais como *C. lowei*

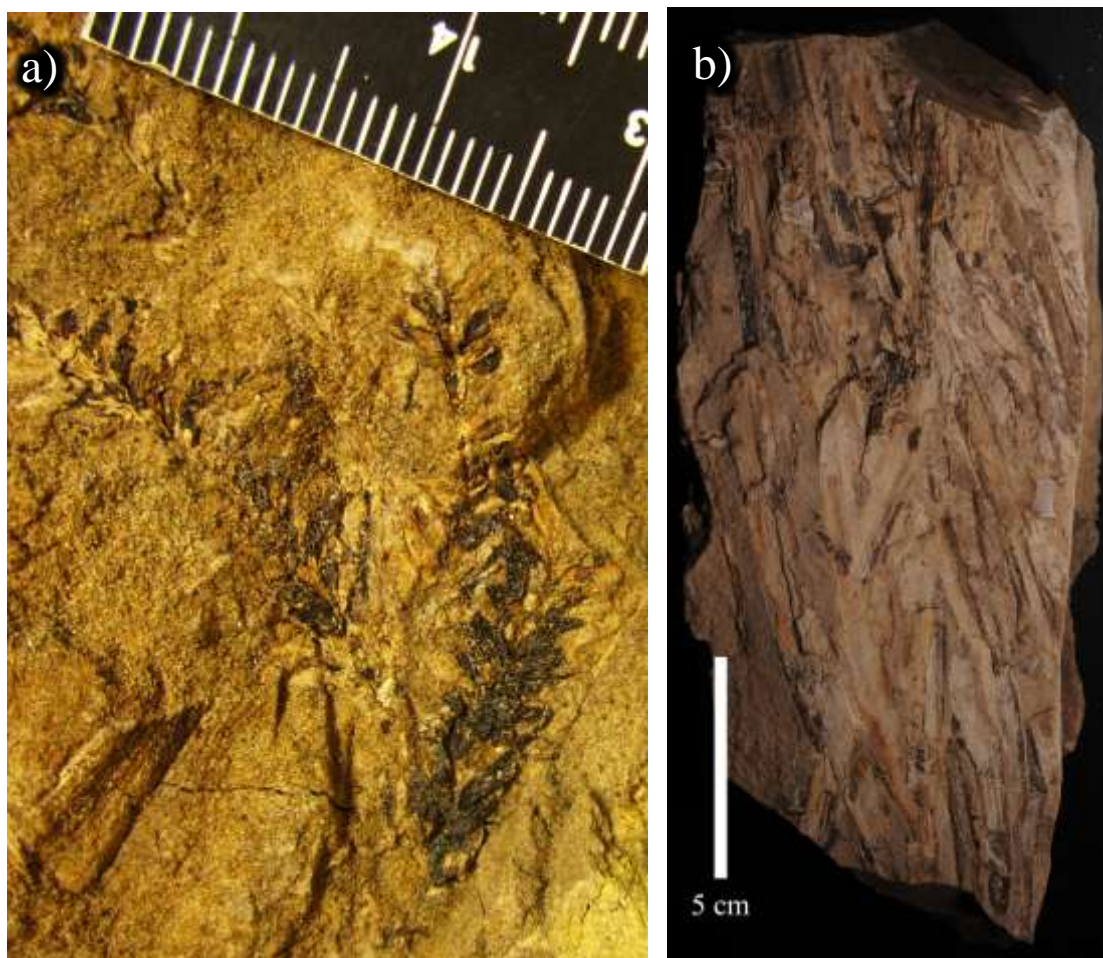


Figura 75. *Carex sp.* PC04. Legenda: a) Espécime V 518a apresentando infrutescências carbonizadas; b) Espécime UMA07.



Figura 76. Pormenor do espécime UMa07, mostrando a nervação paralela

Bech ou *C. malato-belizii* Raymond. Este género higrófilo é concordante com a paleoecologia do depósito, e a sua abundância e disposição das folhas (Fig.75a, b; 76), muito provavelmente foi fossilizado *in situ*.

4.2.5. Outras localidades com registo de macrofósseis de plantas

4.2.5.1. Jazida em Câmara de Lobos

O acesso a fotos da colecção dos fósseis foliares do **MADS**, obtidas em 2008 (aquando da realização de um trabalho efectuado pelos alunos de licenciatura em Biologia da universidade da Madeira, para a cadeira de Paleontologia), revelou uma etiqueta da colecção fóssil, com a referência à existência de tufo com impressões de folhas do Sítio do Convento em Câmara de Lobos (Fig. 77). A etiqueta apresenta a data de Agosto de 1931. Os espécimes foram recolhidos pelo Eng.º M. Barreto. Infelizmente o estudo desta colecção não foi autorizada (ver secção 4.2.2.4. deste capítulo), não permitindo obter mais informações sobre esta possível jazida.

4.2.5.2. Lenhite no Porto Moniz

Outra etiqueta presente na colecção levanta para a hipótese da existência de lenhite (?) no sítio da Lagoa, no concelho de Porto Moniz (Fig 78). Estes restos foram recolhidos pelo Eng.º M. Barreto em 1932, que escreve na etiqueta: “*Muito abundante nas escavações que foram feitas para colocar uma torneira para saída da água de rega.*”



Figura 78. Exemplo da etiqueta e de espécime com impressão foliar presente na colecção do MADS indicando a presença de fósseis nesta localidade (foto F. Cesaretii).

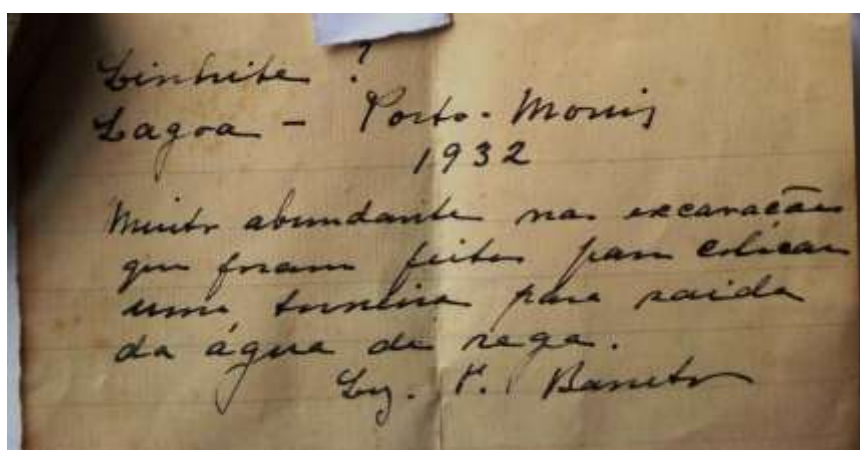


Figura 77. Etiqueta anexa aos carvões fósseis existentes no MADS (foto F. Cesaretii).

4.2.5.3. Dunas da Piedade: Rizoconcreções

Esta localidade (já discutida no capítulo introdutório) é mencionada por vários, autores desde 1825. Existem vários trabalhos paleontológicos sobre este depósito sedimentar eólico, que focam essencialmente a fauna fóssil presente: e.g. gastrópodes (e.g. Cotter, 1898), aves (e.g. Pieper, 1985; Rando *et al.*, 2012) e mamíferos e répteis (Pieper, 1981). O trabalho sobre a estratigrafia do depósito (Goodfriend *et al.*, 1996) foi o que mais se debruçou sobre a paleobotânica do local, cuja análise micropaleontológica revelou a presença de pólenes e fitólitos. Os macrofósseis vegetais são representados por rizoconcreções, que pela sua natureza, não contêm informação anatómica. Esta sequência sedimentar data entre 200,000-300,000 anos até ao século XX (Goodfriend *et al.*, 1996).

4.2.5.4. Rizólitos do Funchal

Mouzinho de Albuquerque (1837) descreve que a Oeste da Pontinha, (Praia Formosa?) existiria uma formação análoga à das dunas da Piedade, onde surgia uma

camada com rizólitos. Infelizmente este depósito sedimentar, ao que parece, não sobreviveu até aos dias de hoje, provavelmente devido à expansão da construção nas áreas do Funchal.

4.2.5.5. Depósito de lenhite no Paul da Serra

Alguns autores referem a presença de lenhite em dois locais na ilha da Madeira, o primeiro em S. Jorge e um segundo local no Paul da Serra (Teixeira, 1948; Mitchell-Thomé, 1974, 1976):

“Na região do Paúl da Serra, por exemplo, observam-se cineritos compactos que contêm fragmentos de madeira lignitizada, entre os quais podem citar-se caules de Taxus baccata. Sobre os cineritos repousa um manto basáltico, mais ou menos horizontal, cujo prolongamento para ocidente vai formar o planalto do Paúl da Serra, enquanto que para leste se continua pelos picos mais elevados. A lignitização da madeira não é muito acentuada.”

(Teixeira, 1948, pg.199)

Michell-Thomé (1976), muito provavelmente cita o trabalho de Teixeira (1948), mas sem lhe dar crédito:

“Rather low-grade lignite deposits, e.g. in Ribeira de São Jorge, Paúl da Serra, have long been known to scholars, much longer to the local inhabitants who used the material for fuel, but no explicit details are known of these occurrences.”

(Michell-Thomé, 1976, pg. 132)

De salientar que já em 1885, James Yates Johnson chama a atenção para a não utilização desta lignite como combustível. O segundo local muito certamente refere-se a material carbonizado existente num paleossolo subjacente a um depósito piroclástico no Paúl da Serra. Este material foi recentemente usado para datar a erupção vulcânica (Geldmacher *et al.*, 2000), sendo usado como referência para a erupção vulcânica mais recentes do Complexo Vulcânico Superior (datações com aproximadamente 7000 anos, Brum da Silveira *et al.*, 2010a).

5. DISCUSSÃO

Os resultados do inventário e revisão dos fósseis foliares de São Jorge e de Porto da Cruz serão discutidos, separadamente para cada macroflora, dando-se ênfase aos aspectos históricos, ao estado das colecções actuais e seus respectivos espécimes. Igualmente será realizada a discussão da geologia dos afloramentos e revisões efectuadas. Para finalizar serão discutidos os aspectos paleoecológicos das jazidas, comparando-os à ecologia actual, e os aspectos biogeográficos, comparando-os com o registo paleobotânico das restantes ilhas da Macaronésia.

5.1. Jazida de S. Jorge

Os macrorestos foliares da ilha da Madeira foram descobertos, analisados e descritos por eminentes cientistas da segunda metade do séc. XIX. Ward (1885) considera Oswald Heer e Sir Charles Bunbury como duas das grandes autoridades na paleobotânica do séc. XIX. Outra autoridade na área da geologia é Sir Charles Lyell cujo trabalho influenciou e mudou o paradigma da geologia como ciência. Todavia quando se fala da paleobotânica e geologia da ilha da Madeira, há que realçar o nome de Georg Hartung, cujo trabalho de campo foi fundamental para que todos os cientistas anteriormente citados pudessem ter publicado sobre a paleobotânica e geologia da ilha. Hartung conheceu Heer em 1851 e realizou trabalho de campo com o mesmo, este foi também responsável por acompanhar Lyell durante dois meses, nos anos de 1853-1854. Esta última excursão levaria à descoberta de fósseis foliares (a 18 de Janeiro de 1854) num afluente da ribeira de S. Jorge. Desta descoberta, resultou a recolha de uma colecção de mais de 140 exemplar, sendo provas fundamentais para demonstrar as ideias uniformitaristas de Lyell, sobre as ilhas vulcânicas. Hartung, continuando o trabalho de campo realizado com Lyell, dedica-se a recolher mais uma colecção de fósseis foliares. Conhecendo o interesse de Oswald Heer na paleobotânica, Hartung envia esta colecção para o paleontólogo suíço. Em 1855, Oswald Heer apresenta a mais importante obra sobre a paleobotânica da ilha da Madeira até então, e que veio a ser publicada em 1857. Em 1859, Bunbury publica uma revisão dos macrofósseis foliares de Lyell, baseada no artigo de Heer. Em 1864, Hartung publica o seu livro sobre a geologia da Madeira, onde figura pela primeira vez a macroflora de Porto da Cruz, descoberta por James Yates Johnson em 1859. Esta flora foi analisada igualmente por Heer. Passados 18 anos desde a publicação de Hartung, o inglês Starkie Gardner volta a abordar a paleobotânica da ilha da Madeira (1882), onde realça os aspectos fragmentários dos fósseis e a inacessibilidade ao afloramento de S. Jorge. Com esta publicação, Starkie Gardner encerra a exploração, colheita e estudo dos fósseis na ilha da Madeira.

Ao longo de 150 anos as colecções sofreram uma considerável erosão com a perda de colecções históricas (e.g. colecção de Hartung), ou de parte considerável dos espécimes colectados no séc. XIX. A colecção de Lyell diminuiu em mais de um terço, de um total de 150 espécimes (Lyell, 1854), para menos de 50 actuais. De notar porém que esta redução, não implicou uma redução importante nos taxa representados (somente alguns fetos e uma dicotiledónea estão em falta). Possivelmente terá existido uma tentativa de manter os espécimes mais importantes juntos, tendo sido, provavelmente descartados espécimes mais fragmentários. O mesmo ocorre provavelmente na colecção de Oswald Heer, muito embora não se saber número

original de espécimes, de facto os *taxa* identificados no artigo de 1857 continuam armazenados juntos, sendo possível que tenha ocorrido uma redução no número de espécimes. Outra nota a salientar é o estado de preservação dos espécimes, em geral excepcional para a idade de recolha e fragilidade, foi possível verificar que alguns que se deterioraram, principalmente fósseis foliares mais delicados, onde é notório o desaparecimento de algumas características das margens foliares (e.g. *Clethra arborea* que é ilustrada com margem dentada, característica de difícil interpretação no espécime actual correspondente; Fig. 60a e 60b).

A idade da jazida de S. Jorge é discutida por alguns autores na bibliografia recente. Alguns autores consideram a jazida como tendo aproximadamente 2 Ma (Sziemer, 2010; Fernández-Palacios *et al.*, 2011), ou dão um intervalo tempo datando-a como mais recente que 3,8 Ma, possivelmente entre 3 e 0,7Ma (Anderson *et al.*, 2009) segundo a estratigrafia dada por Geldmacher *et al.* (2000). Segundo o enquadramento geológico efectuado, a jazida de S. Jorge poder-se-á datar aproximadamente de $\geq 1,8$ Ma, tendo em conta o limite superior do Complexo Vulcânico Intermédio (Brum da Silveira *et al.*, 2010a). Este valor vem de encontro aos apontados pelos diversos autores, cuja estratigrafia foi inferida pelas obras antigas do séc. XIX de Lyell e Heer. A impossibilidade de identificar o afloramento no campo não permite datar em concreto a macroflora de S. Jorge.

A descrição histórica revela a presença de duas camadas de lenhite na jazida de S. Jorge. O local era conhecido e descrito em vários guias da ilha da Madeira pelas lenhites de S. Jorge (ver perspectiva histórica). A presença de carvões pouco evoluídos é notável, muito provavelmente associados a uma grande deposição de matéria orgânica, possivelmente vinda das florestas que cobriam então a ilha, ou a formação *in situ* de uma acumulação de briófitas (e.g. *Sphagnum* sp.) na pequena bacia sedimentar que deu origem ao depósito de S. Jorge. O conseqüente recobrimento destas camadas por sequências sedimentares e vulcânicas provavelmente proporcionou a temperatura e pressão suficientes para a formação das camadas de lenhite observadas. A impossibilidade de aceder novamente ao afloramento de S. Jorge, não permite retirar mais conclusões sobre estas camadas.

A revisão actual dos espécimes sobreviventes da macroflora de S. Jorge revelou a presença de 19 morfótipos. Além dos morfótipos indeterminados, 14 são atribuídos a géneros ou a espécies actualmente viventes:

Fetos:	Dicotiledóneas, simples e inteiras:
<i>Osmunda regalis</i>	<i>Ocotea foetens</i>
<i>Pteridium aquilinum</i>	<i>Erica arborea</i>
<i>Arachniodes</i> sp.	<i>Myrtus communis</i>
<i>Asplenium</i> cf. <i>onopteris</i>	
<i>Asplenium</i> sp.	Dicotiledóneas, simples e recortadas:
<i>Asplenium</i> aff. <i>anceps</i>	<i>Vaccinium</i> sp.
<i>Woodwardia radicans</i>	
<i>Davallia canariensis</i>	Dicotiledóneas, compostas e recortadas:
<i>Polystichum</i> sp.	<i>Rubus</i> sp.

O primeiro autor a tentar uma identificação informal dos fósseis foliares de S. Jorge foi Bunbury, identificando uma variedade de fetos e possivelmente uma mirtácea

e lauráceas (Lyell, 1854). Oswald Heer, tendo acesso a espécimes, ao artigo de Lyell, e informações enviadas por Hartung, escreveu o artigo, onde identificou várias espécies baseadas em vários espécimes incompletos.

Segundo a análise efectuada, das 25 espécies descritas, Heer identificou correctamente apenas 36% das espécies (baseadas em 9 morfótipos), sendo que os restantes 64% correspondem a fósseis mal identificados (16 morfótipos), ou demasiado fragmentários para serem identificados. A má identificação dos fósseis foliares terá tido por base a tentativa de provar que as ilhas teriam estado ligadas ao continente, numa alusão à teoria de *Atlantis* (Heer, 1857, Lyell 1881).

Um dos erros que perdeu, apesar das dúvidas de Heer (Hartung e Mayer, 1864), revisões efectuadas Lowe, na sua obra sobre a flora da ilha da Madeira (Lowe, 1857-1872), e comentários de Starkie Gardner (1881), foi a determinação de folíolos de *Rubus sp.* com folhas de árvores extintas, incluídas à “Geoflora Arctoterciária”. Estas árvores de folha larga, caducifólias, associadas a climas temperados (Mai, 1991), tais como *Corylus sp.* e *Ulmus sp.*, seriam a prova de que Heer necessitava para reforçar a sua teoria, tal como anteriormente referido. Outras espécies mal identificadas, com origem continental, que comprovavam a teoria de Heer, seriam os restos identificados como “*Pistacia Phaecum*”, e “*Psoralea dentata*”.

Bunbury (1859), ao identificar os seus fósseis com base no artigo de Heer, repete os mesmos erros. Um dos erros mais flagrantes de Bunbury é a confusão das folhas de *O. foetens* por “*Laurus canariensis*” (actualmente *L. novocanariensis*). Contudo a presença desta espécie, não poderá ser excluída de todo da macroflora de S. Jorge, pois alguns restos de folhas de margem inteira, poderiam corresponder a esta espécie, mas a sua má preservação proíbe a sua identificação positiva. O erro de Bunbury perdeu, muito provavelmente pela ausência de ilustrações, ou de uma descrição completa do fóssil. Contudo Bunbury é cauteloso na sua identificação dos fósseis de S. Jorge. Alguns exemplares, apresentando grande variabilidade morfológica foram atribuídos ao género “*Phyllites*”. Este género dado para a família *Anacardiaceae* actualmente não tem espécies nativas na ilha da Madeira sendo a sua determinação efectuada certamente para demonstrar que se tratavam de morfótipos diferentes.

A inexistência de uma metodologia de descrição de restos foliares, conjuntamente com dúvidas sobre a validade das identificações efectuadas com fósseis tão mal preservados, conduziu a uma má identificação de muitos dos espécimes. Estes casos de má identificação de fósseis foliares datados do séc. XIX e inícios do séc. XX são referidos por Dilcher (1874), sendo o caso da macroflora de S. Jorge um exemplo clássico. A ausência de uma revisão dos fósseis estudados por Heer e Bunbury fez com que ao longo dos anos os erros fossem mantidos de forma reiterada. Contudo há que dar crédito aos excelentes trabalhos de Heer e Bunbury, pelas identificações dos macrofósseis e correlações biogeográficas efectuadas num período, em que os conhecimentos sobre a geologia e a botânica da ilha da Madeira eram escassos.

5.2. Jazida de Porto da Cruz

A descoberta de macrofósseis em Porto da Cruz por J.Y. Johnson, em 1859, e envio a Hartung desses exemplares, levou a que estes fossem analisados por Oswald Heer e publicados mais tarde no livro de Hartung sobre a geologia da ilha da Madeira (1864). Mais tarde, em 1880, Starkie Gardner (1882) realiza novamente trabalho de campo, encontrando alguns restos que actualmente estão depositados no **NHM-UK**. Na

bibliografia o último a citar trabalho de campo com intuito de recolher macrofósseis foi Cockerell, mas sem sucesso (Cockerell, 1928).

Apesar de menos importantes, as colecções de Porto da Cruz foram em parte preservadas até aos dias de hoje. As colecções de macrofósseis foliares de Porto da Cruz foram encontradas no contexto da pesquisa de fósseis de S. Jorge. Somente a colecção de Starkie Gardner estava referenciada na literatura (Starkie Gardner, 1882). A colecção de G. W. Grabham poderá ter resultado do seu interesse pela geologia da ilha da Madeira (1948). As colecções desta jazida são reduzidas no número de espécimes, provavelmente pelo sedimento frágil e pela flora monótona, onde abundam restos foliares de monocotiledóneas, pouco informativas, quando comparados com restos de dicotiledóneas. Contudo Hartung figurou uma colecção com várias folhas de dicotiledóneas, atribuíveis ao género *Rubus sp.* (presentemente desaparecidas). A recolha de uma nova colecção (colecção **UMa**), veio revelar a existência de mais morfótipos aos estudados.

A idade do depósito sedimentar de Porto da Cruz é delimitada entre 1,8 a 1,5 Ma na Unidade do Funchal (CVS 2g). O estudo estratigráfico revela uma sequência sedimentar provavelmente resultante do assoreamento de uma linha de água bloqueada por movimentos de vertente ou derrames lávicos, sendo este tipos de intercalações sedimentares, comuns um pouco por toda a ilha da Madeira (e.g. Ribeira de S. Jorge, Foz da Ribeira de Natal, Ribeira do Porco; Brum da Silveira *et al.*, 2010a). No caso particular do Porto da Cruz, a estratigrafia e sedimentologia deste depósito fluvial, revela ciclos controlados essencialmente pelo clima, onde é possível observar, desde níveis grosseiros (conglomeráticos e areníticos) associados a grandes descargas vindas de montante, até níveis mais finos associados à decantação das partículas mais finas durante fases de redução de energia e ciclos de seca representados pelas fendas de dissecação (identificadas no nível 6c). Associado a um paleossolo surgem fósseis foliares no nível 2, e no nível 5c, associadas às descargas vindas de montante, surgem ramos e troncos fossilizados. A inexistência de trabalhos actuais e mais pormenorizados sobre as rochas sedimentares da ilha da Madeira, não permite a comparação deste depósito com outros semelhantes.

As identificações publicadas por Hartung e Mayer (1864) e efectuadas por Heer são assumidas como correctas ao nível do género. São no total descritos 4 morfótipos dos quais, 3 são atribuídos a géneros nativos:

Equissetáceas

Equisetum sp.

Monocotiledóneas

Carex sp.

Dicotiledóneas, compostas e recortadas

Rubus sp.

Esta flora é caracterizada pela abundância de monocotiledóneas higrófilas, e por lianas de folha composta, com folíolos de margem recortada e nervação do tipo craspedódroma (representado pelo género *Rubus sp.*). De notar a presença de *Equisetum sp.*, espécie higrófila, sendo o primeiro registo fóssil deste género para as ilhas da Macaronésia. A macroflora deste local foi escassamente discutida por autores posteriores a Hartung (1864). Somente houve algumas menções à existência de macrofósseis descritos para esta formação (e.g. Vahl, 1904; Zbyszewski *et al.*, 1975; Mitchell-Thomé, 1976; Anderson *et al.*, 2009), mas nunca havendo a revisão ou estudo desta flora. Um dado curioso é a citação de Burton e MacDonald (2008) de *Rubia*

fruticosa e *Pteris aff. cretica*. Esta citação deverá ser uma confusão com os géneros descritos por Hartung (ver explicação ponto 1.4.3.). A flora de Porto da Cruz e de São Jorge partilham um género, *Rubus sp.* (morfótipos SJ19 e PC02). Um segundo morfótipo partilhado poderia ser *Carex sp.*, mas cujo género não foi identificado positivamente na macroflora de S. Jorge.

5.3. Paleoecologia da Flora fóssil de S. Jorge e Porto da Cruz

A associação fóssil de S. Jorge contém semelhanças inegáveis com as associações florísticas actuais da ilha. A dominância de Lauráceas, nomeadamente *O. foetens* e outras folhas do tipo lauróide não identificadas (e.g. “*Myrica faya*” identificada por Heer) e a presença de uma percentagem elevada de fetos e lianas e em menor percentagem de gramíneas aponta para que a flora de S. Jorge seja homóloga à associação da Laurissilva Temperada do Til (*Clethro arboreae-Ocoteo foetentis sigmetum*; Capelo *et al.*, 2004), e respectivo sub-bosque nemoral e algumas plantas de orla. Esta associação tem como clímax a dicotiledónea de folha inteira mais abundante na Flora de S. Jorge, a *O. foetens* (morfótipo SJ10). As espécies do sub-bosque nemoral são representadas por vários géneros encontrados na macroflora em estudo como por exemplo os fetos *Asplenium onopteris* (semelhante ao morfótipo SJ04), *Woodwardia radicans* (SJ06), *Arachnioides webbianum* (semelhante ao morfótipo SJ03) e por lianas e.g. *Rubus bollei* (morfótipo SJ18) e monocotiledóneas, representadas pelas espécies *Festuca donax*, *Carex lowei* ou *Carex peregrina* (semelhantes à folha de monocotiledónea indeterminada SJ19). A orla e primeira etapa de substituição da Laurissilva Temperada do Til são dominadas por espécies tais como *Erica platycodon subsp. maderincola*, *E. arborea* e *Vaccinium padifolium*. Estas espécies são encontradas na macroflora de S. Jorge, *E. arborea* (morfótipo SJ11) e *Vaccinium cf. padifolium* (SJ13), podendo corresponder à associação *Vaccinio padifoli-Ericetum maderincolae* (Capelo *et al.* 2004). Outras espécies companheiras estão igualmente presentes como o caso de *Pteridium aquilinum* (SJ02); podem ocorrer de forma desassociada da Laurissilva do Til ou possivelmente representando outro andar bioclimático de vegetação a ocorrência de *Myrtus communis* (sendo comum no matagal da série *Semele androgynae-Apollonio barbujanae sigmetum*; Capelo *et al.* 2004).

Outro facto é a dominância de folhas de tamanho nanófilo e micrófilo. Em espécimes de herbário ou no campo observam-se géneros aos quais os morfótipos foram atribuídos, com folhas de tamanho notófilo até mesófilo (e.g. folhas de *O. foetens*). Spicer (1989), na análise da dispersão das folhas para um ambiente sedimentar, realça o facto de quanto maior a área de uma folha, mais barreiras estáticas esta encontra numa floresta. O efeito causado é as folhas mais pequenas terem a maior tendência para serem transportadas e fossilizadas. Contudo, factores ambientais poderão estar envolvidos no pequeno tamanho das folhas ou mesmo factores de deposição, onde as partículas são separadas consoante o seu tamanho; as áreas foliares reduzidas podem dever-se ao número reduzido de espécimes, representando apenas uma parte da diversidade foliar presente na flora que lhe deu origem.

Pelo contexto geológico em que esta associação de espécies se apresentava, é de suspeitar uma origem relacionada com o transporte rápido (e.g. por enxurrada) evidenciado pelo estado fragmentário dos espécimes e pela preservação numa brecha de matriz silto-argilosa, de uma antiga manta morta ou solo, correspondente à série do que actualmente se considera a Laurissilva do Til.

A jazida de Porto da Cruz revela a presença de uma flora pouco abundante, com apenas 4 morfótipos reconhecidos e 3 géneros identificados, muito provavelmente devido à pouca exploração de que foi alvo nos últimos anos. A macroflora revela plantas de cariz higrófilo (e.g. *Carex sp.*, *Equisetum sp.*) e lianas (*Rubus sp.*) géneros característicos da associação florística *Sibthorpio peregrinae-Clethrion arboreae* (Capelo et al., 2004). Muito provavelmente estas plantas aproveitaram um episódio de seca da bacia sedimentar, instalando-se no nicho recém-criado. A ocupação foi suficiente para que um paleossolo se formasse (Fig. 66, nível 2). A consequente subida da água fez com que o nível com plantas fosse soterrado *in situ* testemunhado pela grande quantidade de folhas de *Carex sp.* presentes numa só camada, pelo facto de não estarem fragmentadas e as folhas estarem aparentemente orientadas segundo direcção aproximada S-N. Provavelmente uma análise paleopalinológica poderia dar-nos mais pistas sobre a eventual comunidade encontrada neste depósito.

5.4. Implicações Biogeográficas

A identificação de géneros e espécies de plantas fósseis e o seu enquadramento geológico permite, muitas das vezes reescrever a biogeografia, realizada através de análises filogenéticas que descuram a geologia e o registo fóssil. A flora fóssil de S. Jorge ($\geq 1,8$ Ma) e de Porto da Cruz (1,8 a 1,5 Ma), apesar de fragmentárias, permitiram a identificação de *taxa* viventes na ilha, e ainda inclui-las em comunidades florísticas actuais *sensu* Capelo et al. (2004). Estas identificações são importantes para a compreender o conceito de “*Deep-time florae*” (Graham, 2003), i.e. as floras actuais e as floras do Cretácico superior/Cenozóico fazem parte de um contínuo. No caso das floras fósseis da ilha da Madeira este contínuo vem desde o Paleocénico (65-23 Ma) com a “*Geoflora Paleotropical*” e subsequente refúgio destes elementos nas ilhas da Macaronésia. Assim, a sua comparação das floras fósseis da Macaronésia, com as floras fósseis madeirenses é imperativa. Assim, a comparação das floras fósseis da Macaronésia com as floras fósseis madeirenses é imperativa. A reforçar ainda mais a necessidade desta comparação é a ideia recente que de estas ilhas poderão ter existido e partilhado floras desde há 60 Ma (Fernández-Palacios et al., 2011).

As macrofloras fósseis das ilhas Cárias foram discutidas brevemente por Anderson et al. (2009), com ênfase na ilha de Grã Canária. Nesta ilha são mencionados três tipos de associações florísticas fósseis, das quais duas poderão ter similitudes às macrofloras madeirenses de S. Jorge e de Porto da Cruz:

1. Macrofloras com afinidades termófilas: macroflora de Barranco de Mogán com 13.3 – 13.0 Ma (Miocénico), onde foram identificados os seguintes géneros: (García-Talavera et al., 1995 em Anderson et al. 2009): *Bystropogon*, *Chamaecytisus*, *Echium*, *Cistus*, *Carlina*, *Maytenus* e *Kleinia*; (Anderson et al. 2009): cf. *Euphorbia* e cf. *Crassulaceae*; macroflora de Barranco de Tirajana, c. 3.9, Ma, onde Anderson et al. (2009) descreve 4 morfótipos (não estudados), incluindo cf. *Euphorbia* e cf. *Phoenix*. Os géneros representados nestas duas floras não estão representados na macroflora fóssil madeirense, contudo a presença de *Myrtus communis* (morfótipo SJ12), denuncia a presença de um género de carácter mais termófilo. A ausência de géneros fósseis em comum com a ilha da Madeira poderá dever-se aos estudos ainda preliminares destas macrofloras de Canárias.

2. Macrofloras representado florestas de Laurissilva: Las Cuevas del Guincho (entre 4.5 e 4 Ma), onde Anderson et al. (2009) reconhece 10 morfótipos de folhas atribuíveis a lauráceas e dicotiledóneas indeterminadas, monocotiledóneas e um feto; Macrofloras de Berrazales- El Hornillo, Pajonales e Soria (< 3.9 Ma): Schmincke (1967,

1968) em Anderson *et al.* (2009): caules dolomitizados, folhas de possíveis Lauráceas e de palmeiras; Anderson *et al.* (2009): moldes e contramoldes *in situ* de cepos e troncos prostrado; fragmentos de madeira; Folhas *cf. Ocotea*, *cf. Arbutus*, *cf. Ilex*, *cf. Hedera*, *cf. Asplenium*, *Tetraclinis sp.* Estas duas macrofloras grã-canarinas apresentam uma associação semelhante à macroflora de S. Jorge, onde poderiam partilhar dois géneros, *Ocoeta* (SJ10) e *Asplenium* (SJ04; SJ05 SJ08). Quando comparada com a flora actual da ilha da Madeira, as macrofloras de Laurissilva Grã-canarinas, apresentam mais géneros em comum (e.g. *cf. Ilex*, *cf. Hedera*). Contudo a ausência de mais trabalhos posteriores a Anderson *et al.* (2009), não permite mais comparações.

3. Coníferas associadas a altitude, dominadas por *Pinus canariensis* e *Tetraclinis sp.*, cujos vestígios não surgem nas macrofloras abordadas na actual dissertação. Contudo, e à semelhança de Grã Canária, a presença de fósseis de coníferas na ilha da Madeira está igualmente associada à altitude, como é o caso da presença de *Taxus baccata* no depósito piroclástico no Paul da Serra (Teixeira, 1948; ver secção 1.4.2 e 4.2.5.5).

O arquipélago dos Açores apresenta vários registos e trabalhos sobre microfósseis de plantas (Fig. 79), datados do séc. XX. (e.g. Guppy, 1917; Agostinho, 1950; Krejci-Graf *et al.*, 1958; Diniz, 1962; Forjaz *et al.*, 1970; Forjaz e Fernandes,

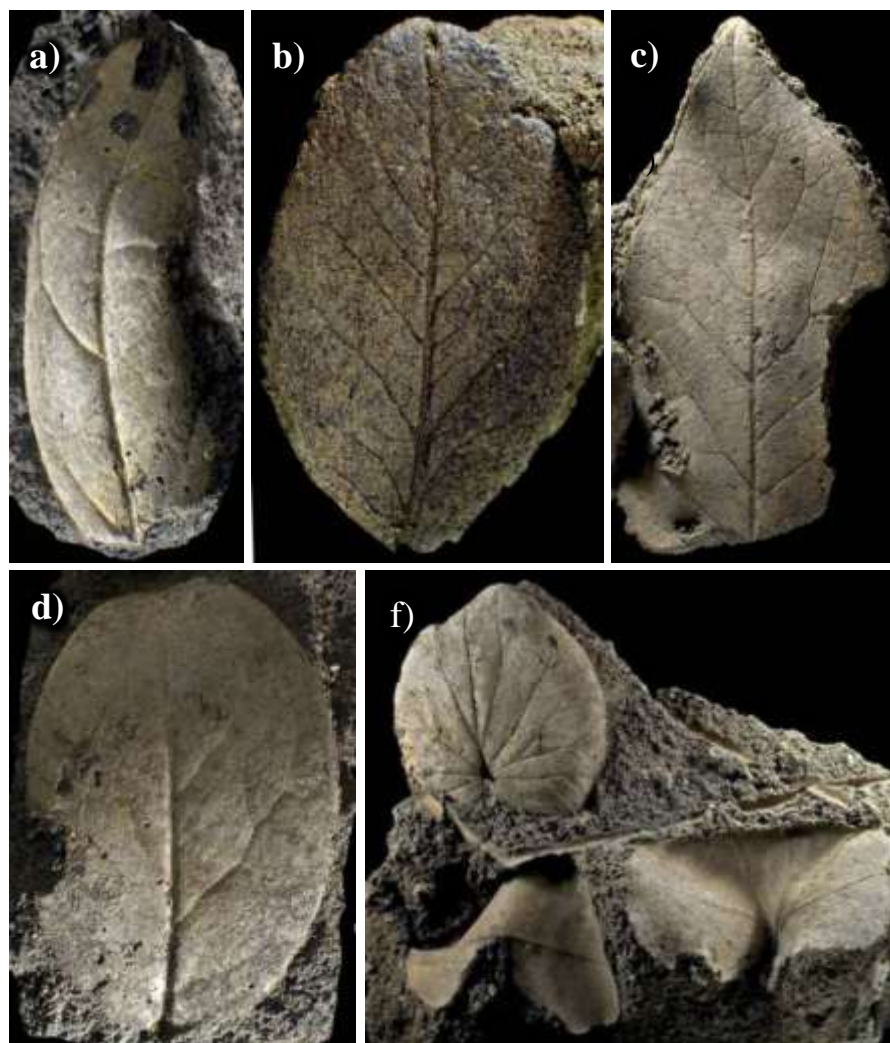


Figura 79. Exemplos de macrofósseis foliares do arquipélago dos Açores. Legenda: a) *Ocotea foetens*; b) *Laurus nobilis*; c) *Phytollaca sp.*; d) *Viburnum tinus var. subcordatum*; f) *Hedera canariensis*; Fósseis a), c) e d) colhidos na Ponta do Cintrão, São Miguel); Fóssil b) na Ponta da Espalamaca, Faial); Fóssil f) colhido em Angra do Heroísmo, Terceira. Fonte das imagens: GEOBASES- colecções do Museu Geológico: (LNEG: http://geoportal.lneg.pt/index.php?option=com_content&id=52&lg=pt).

1975; Mitchell-Thomé, 1976; Teixeira e Pais, 1976; Madeira, 1998). Os macrofósseis encontrados em 5 ilhas dos Açores (Faial, Pico, Terceira, S. Miguel e S. Jorge) correspondem a várias jazidas espalhadas pelas ilhas, datadas do Plistocénico ou mais recentes (Forjaz *et al.*, 1970; Madeira, 1998). Nesta macroflora foram determinados géneros partilhados com a macroflora fóssil da Madeira ou mesmo a géneros da flora actual (Tabela 8). No total são descritos 30 *taxa* fósseis para os Açores, dos quais 23 *taxa* são partilhados com a flora nativa actual da ilha da Madeira; Apenas cinco *taxa* são partilhados com a flora de S. Jorge (*Polysticum sp.*, *Asplenium sp.*, *Pteridium aquilinum*, *Ocoeta foetens* e *Vaccinium cf. padifolium*); A flora de Porto da Cruz não tem géneros em comum com a flora fóssil dos Açores. Contudo há que ter em atenção a idade dos estudos da macroflora das ilhas Açorianas em que a contribuição mais recente data da década de 60 do século passado (Diniz, 1962).

Tabela 8. Tabela resumo com a listagem das espécies descritas para as ilhas dos Açores e comparação com a flora nativa da ilha da Madeira e macroflora de S. Jorge. Legenda: F.N: flora nativa da ilha da Madeira; Madeira: macroflora Madeira (S. Jorge e Porto da Cruz); x: presente; xg: apenas género presente; -: Ausente. Adaptado de Teixeira e Pais (1976).

Espécie	Sinónimos	Faial	Pico	Terceira	S. Miguel	S. Jorge	F.N	Madeira
<i>Polysticum sp.</i>	-	x	-	-	-	-	x	x
<i>Blechnum spicant</i>	-	x	-	-	x	-	x	-
<i>Pteris serrulata</i>	<i>Pteris incompleta</i>	-	-	x	-	-	x	-
<i>Asplenium marinum</i>	-	-	-	-	x	-	x	-
<i>Asplenium cf. billotii</i>	-	-	x	-	-	-	x	-
<i>Asplenium sp.</i>	-	-	x	-	-	-	x	x
<i>Pteridium aquilinum</i>	-	-	-	-	x	-	x	x
<i>Dryopteris azorica</i>	-	-	x	-	-	-	xg	-
<i>Juniperus oxycedrus</i>	<i>Juniperus cedrus</i>	-	-	-	x	-	-	-
<i>Juniperus brevifolia</i>	-	x	-	-	-	-	-	-
? <i>Taxus baccata</i>	-	?	-	-	-	-	x	-
<i>Cyperus badius</i>	-	x	-	-	-	-	xg	-
<i>Smilax excelsa</i>	-	-	-	-	x	-	x	-
<i>Myrica faya</i>	-	-	-	x	x	-	x	-
<i>Daphne laureola</i>	-	-	-	-	x	-	-	-
<i>Phytolacca americana</i>	-	-	-	-	x	-	-	-
<i>Pittosporum undulatum</i>	-	-	-	-	x	-	-	-
? <i>Pittosporum coriaceum</i>	-	?	x	-	-	-	x	-
<i>Hedera canariensis</i>	-	x	-	x	x	x	x	-
<i>Laurus azorica</i>	-	x	x	x	x	x	xg	-
<i>Ocoeta foetens</i>	-	-	-	-	x	-	x	x
<i>Ilex hartungii</i>	<i>Vaccinium cf. padifolium</i>	-	-	x	-	-	x	x
<i>Ilex perado</i>	-	-	-	-	x	-	x	-
<i>Notelaea excelsa</i>	<i>Picconia excelsa</i>	-	-	-	x	-	x	-
<i>Erica azorica</i>	-	-	-	-	x	-	xg	-
<i>Vaccinium cylindraceum</i>	-	-	-	-	x	-	xg	-
<i>Lonicera etrusca</i>	-	-	-	-	x	-	-	-
<i>Viburnum tinus</i> Var. <i>subcordatum</i>	-	-	-	-	x	-	-	-
<i>Persea azorica</i>	-	x	-	-	-	-	xg	-
<i>Picconia azorica</i>	-	x	x	x	-	-	xg	-
moldes de caules	-	-	x	-	-	x	-	-

Para Cabo Verde Mitchell-Thomé (1976), lista *Tamarix senegalensis* e *T. canariensis* para a ilha de Santo Antão. Este registo, embora importante, não representa nenhum género existente ou fóssil da ilha da Madeira.

A comparação dos registos de macrorestos fósseis da Macaronésia permite afirmar que as floras fósseis dos arquipélagos das Canárias e Açores, representam um contínuo ao longo do tempo, com a presença de florestas de Laurissilva desde pelo menos 4,5-4 Ma no caso da macroflora de Las Cuevas del Guincho, de <3.9 Ma no caso das macrofloras de Berrazales- El Hornillo, Pajonales e Soria, e $\geq 1,8$ Ma no caso da macroflora de S. Jorge. As macrofloras açorianas não estão incluídas neste contínuo pois são constituídas por várias jazidas, desconhecendo-se os enquadramentos geológicos, parecem, ainda assim, suportar a mesma ideia de contínuo florístico. A ideia da floresta Laurissilva como uma associação pobre do que outrora seria uma luxuriante floresta durante o Paleogénico é reforçada, pois são identificados géneros que remontam ao Oligocénico e que se mantém actualmente como espécies que ocorrem nas ilhas, e.g. *Ocotea foetens*: Oligocénico inferior: *O. heeri* (Catalán, 1994), Pliocénico: *O. heeri* (Teixeira, 1973); Pliocénico: cf. *Ocotea* (Anderson et al., 2009); Plistocénico inferior: *O. foetens* (dissertação actual) e actualmente encontrada na nas florestas Laurissilva das ilhas da Macaronésia. São igualmente encontrados fósseis correspondentes a um género da flora “paleo-mediterrânica xerofítica, esclerófila e termófila”, representado pelos fósseis de *Myrtus sp.*, correspondendo provavelmente a um andar bioclimático inferior (Capelo et al., 2004) actualmente descrito para a ilha da Madeira (ver ponto 5.1.2), mas cujos primeiros registos fósseis para uma associação semelhante, na ilha de Grã Canária, datam de 13.3 – 13.0 Ma (macroflora de Barranco de Mogán).

A flora de S. Jorge e de Porto da Cruz não só permite validar a antiguidade dos taxa neles encontrados, mas igualmente inferir a antiguidade de uma associação florística actualmente ocorre na ilha da Madeira. Somente a continuidade dos trabalhos de paleobotânica na ilha da Madeira e restantes ilhas da Macaronésia permitirá compreender a origem, dinâmica e evolução da flora destas ilhas.

6. CONCLUSÕES

A paleobotânica da ilha da Madeira, apesar de esquecida desde o séc. XIX, apresenta-nos uma história rica, relativamente bem documentada e com grande interesse actual, principalmente para a compreensão da biogeografia da flora das ilhas da Macaronésia. Podem então resumir-se as principais ilações tiradas do presente trabalho:

1) O primeiro registo histórico sobre plantas fósseis na ilha da Madeira remonta ao início do séc. XIX, com a exploração das dunas da Piedade por Bowdich, em 1823. No seu livro póstumo de 1825 são publicadas as primeiras ilustrações de fósseis de plantas (rizoconcreções) desta formação sedimentar.

2) A realização de trabalhos posteriores a 1825, por vários naturalistas e geólogos, e consequente publicação destas observações, fez com que houvesse uma maior interesse na compreensão da geologia das ilhas atlânticas, cuja origem era explicada de maneira simplista com base em teorias catastrofistas.

3) Sir Charles Lyell com o intuito de contestar as teorias catastrofistas então vigentes, tenta visitar as ilhas Canárias, para ele próprio poder realizar observações geológicas. O seu intuito era descobrir provas de que as ilhas se construíam de modo gradual. Durante esta viagem, no Inverno de 1853 desloca-se à ilha da Madeira, ficando intrigado com a sua geologia, passando 2 meses no Inverno de 1853-1854 explorando e descrevendo a geologia da ilha, juntamente com Georg Hartung. No dia 18 de Janeiro de 1854, os dois realizam a descoberta de macrofósseis foliares em S. Jorge (actual freguesia da Ilha), numa formação sedimentar intercalada numa sequência vulcânica. Os macrofósseis de S. Jorge foram as primeiras provas a suportar as ideias uniformitaristas da formação das ilhas vulcânicas.

4) Da exploração do depósito sedimentar de S. Jorge resultam dois artigos, um publicado por Heer em 1857 e outro por Bunbury em 1859, sendo os únicos trabalhos que abordam os macrorestos foliares desta jazida.

5) O depósito sedimentar de Porto da Cruz é menos importante, mas também é visitado por Lyell, correspondendo a mais uma prova de intercalações sedimentares terrestres entre escoadas lávicas. Em 1859 James Yates Johnson descobre os primeiros restos foliares, sendo descritos por Heer e publicados por Hartung (1864).

6) Na tentativa de relocalizar as antigas jazidas conclui-se que a jazida de S. Jorge está actualmente inacessível, provavelmente ocultada por um depósito de vertente posterior a 1917; A jazida de Porto da Cruz foi a única identificada no campo.

7) O enquadramento geológico mostra que a jazida mais antiga é a de S. Jorge com idade superior a 1,8 Ma (CVM3 g). A jazida de Porto da Cruz tem uma idade entre 1,8 e 1,5 Ma (CVS2 g).

8) O estudo estratigráfico do depósito sedimentar de Porto da Cruz revelou 11 sequências estratigráficas, constituídas por um total de 23 estratos. A deposição destes sedimentos estará relacionada com um represamento e consequente assoreamento de uma linha de água. A prospecção da jazida de Porto da Cruz revelou a existência de pelo menos 3 locais produtores de macrofósseis foliares e de ramos e troncos fósseis.

9) O depósito sedimentar de S. Jorge, segundo a descrição do séc. XIX, apresentava dois estratos de lenhite, testemunhando uma grande deposição de matéria orgânica. Infelizmente mais não poderá ser dito, devido à inacessibilidade ao afloramento.

10) A tentativa de relocalizar as colecções colhidas no séc. XIX foi bem-sucedida. Para a jazida de S. Jorge foram localizadas a colecção estudada por Heer

(1857), depositada nas colecções do **ETH-Z-D-ERDW** (44 espécimes), e a colecção de Lyell, estudada por Bunbury (1859), depositada maioritariamente no **NHM-UK** (32 espécimes), e no **SMC** (7 espécimes). Foram localizadas duas pequenas colecções colhidas no Porto da Cruz, uma obtida por Starkie Gardner (1882) alojada no **NHM-UK** (5 espécimes) e outra por Grabham em data incerta, alojada nas colecções do **SMC** (6 espécimes).

11) A revisão dos fósseis sobreviventes aponta para que mais de dois terços das determinações da flora fóssil de S. Jorge correspondam a géneros ou espécies mal determinados ou indeterminados. A análise florística da flora de S. Jorge revelou a presença de 19 morfótipos, sendo que apenas 14 morfótipos foram identificados até ao género, contrastando com as 37 espécies descritas originalmente no séc. XIX. Isto deve-se sobretudo a má preservação, incompletude dos fósseis e do conhecimento escasso sobre a geologia e botânica, na época em que estes estudos primordiais foram desenvolvidos.

12) A revisão das colecções de Porto da Cruz, juntamente com uma pequena colecção colhida durante os trabalhos de campo para a presente dissertação, confirmaram os géneros já identificados, adicionando apenas um género novo para esta flora fóssil, o *Equisetum* L.

13) A flora fóssil de S. Jorge é dominada por folhas inteiras de nervação broquidódroma característica das lauráceas actuais e por fetos, por folhas com recorte marginal e nervação semicraspedódroma adornada e folíolos com recorte marginal e nervação craspedódroma. Esta flora fóssil representa semelhanças notáveis com a actual associação florística da Laurissilva temperada do Til (*Clethro arboreae- Ocoteetum foetentis*).

14) A flora fóssil de Porto da Cruz é caracterizada pela abundância de monocotiledóneas higrófilas, equissetáceas e folíolos de margem recortada e nervação do tipo craspedódroma. Esta flora representa possivelmente um evento de seca ou abaixamento do nível da água, permitindo a instalação de espécies higrófilas oportunistas no novo nicho criado. A subida do nível de água, e conseqüente deposição de sedimentos, soterrou as plantas *in situ*.

7. PERSPECTIVAS FUTURAS

O estudo da paleobotânica na ilha da Madeira e em geral nas ilhas da Macaronésia está ainda na sua infância, havendo claramente um vazio de conhecimento nesta área. Destacam-se em seguida as principais futuras linhas de investigação:

Realização de um estudo mais pormenorizado, incluindo desenhos detalhados, dos espécimes de S. Jorge e de Porto da Cruz, algo que não foi efectuado devido aos custos inerentes a visitar as instituições estrangeiras. Este estudo deveria igualmente incluir a colecção alojada no **JBM**.

A bibliografia e as fotos de etiquetas dos espécimes do **JBM** revelam futuros locais passíveis de serem investigados. Alguns exemplos são dados na secção 4.2.5. da corrente dissertação. Estes locais poderão a vir ser promissores em macrofósseis, tais como a jazida dos “tufos com impressões foliares de Câmara de Lobos”, ou as lenhites do Paúl da Serra. Igualmente no decorrer dos trabalhos de campo surgiram mais locais, mas que devido a questões temporais e financeiras, não foram explorados. A prospecção, de mais intercalações sedimentares nos vales do conselho de Santana, poderá vir a dar mais vestígios de plantas fósseis. A continuação da exploração das jazidas de Porto da Cruz provavelmente resultará em mais espécimes de macrofósseis foliares e novos morfótipos.

Outros trabalhos futuros passam pela identificação de macrorestos de caules fósseis, através da análise da sua anatomia. A identificação correcta deste tipo de macrorestos está dependente de estudos paleoautoecológicos, principalmente a descrição de arquitecturas foliares, características cuticulares e dos polénes. Este trabalho seria igualmente importante para futuras análises de floras fósseis que venham a ser descobertas noutras ilhas da Macaronésia e mesmo para macrofloras do cenozóico Europeu/Africano.

A análise paleopalinológica (pólenes e fitólitos) dos sedimentos de Porto da Cruz e de S. Jorge poderiam complementar e reforçar as identificações efectuadas pelos macrofósseis e aumentar até o número de *taxa* presentes. Outras intercalações sedimentares poderiam, também, ser investigadas pelos seus conteúdos palinológicos. Os resultados obtidos contribuiriam para a interpretação da paleoecologia e a evolução da flora madeirense.

Por fim, e não menos importante, a revisão e inventário das macrofloras fósseis da Macaronésia. O arquipélago dos Açores apresenta um registo de macrofósseis foliares notável, mas o seu estudo está descurado desde os anos 70 do século passado, sendo notória a necessidade uma revisão moderna. Igualmente as macrofloras fósseis do arquipélago das Canárias necessitam de ser mais bem exploradas, e os trabalhos antigos revistos (algo já mencionado por Anderson *et al.*, 2009). O arquipélago de Cabo Verde, apesar do seu fraco registo paleobotânico, provavelmente será também um bom local para investigações futuras na área da paleobotânica.

8. BIBLIOGRAFIA

- Agostinho, J. (1950) O monte Brasil. *Açoreana, Boletim da Sociedade Afonso Chaves*, 4, 343-355.
- Anderson, C.L. (2007) Dating Divergence Times In Phylogenies. Tese de Doutoramento. *Faculty of Science and Technology, University of Uppsala*.
- Anderson, C.L., Channing, A. & Zamuner, A.B. (2009) Life, death and fossilization on Gran Canaria – implications for Macaronesian biogeography and molecular dating. *Journal of Biogeography*, 36, 2189-2201.
- Araújo, F.D.A. (1866) Luiz da Silva Mouzinho d'Albuquerque. In: *Ilustração Popular N° 33*, Lisboa.
- Arnold, C.A. (1947) *An Introduction to Paleobotany*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Barrón, E. (2003) Evolución de las floras terciarias en la Península Ibérica. *Monografías del Jardín Botánico de Córdoba*, 11, 63-74.
- Barrón, E., Rivas-Carballo, R., Postigo-Mijarra, J.M., Alcalde-Olivares, C., Vieira, M., Castro, L., Pais, J. & Valle-Hernández, M. (2010) The Cenozoic vegetation of the Iberian Peninsula: A synthesis. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 162, 382-402.
- Bateman, R.M. (1991) Palaeoecology. *Plant fossils in geological investigation. The Palaeozoic* (ed. por C.J. Cleal), pág. 34-116. Ellis Horwood Limited, London.
- Bedemar, V. (1837) *Resumo das Observações Geológicas Feitas em uma Viagem às Ilhas da Madeira, Porto Santo e Açores, nos anos de 1835 e 1836*. Lisboa, Galhardo e Irmãos, Lisboa, 1-7.
- Bonnet, T.G. (1898) Smith, James. In: *Dictionary of National Biography* (ed. por S. Lee), pág. 67-68. Smith, Elder, & Co., London.
- Bowdich, S. (1825) *Excursions in Madeira and Porto Santo during the autumn of 1823, while on his third voyage to Africa*. George B. Whittaker, Ave-Maria Lane, London.
- Braadbaart, F. & Poole, I. (2008) Morphological, chemical and physical changes during charcoalification of wood and its relevance to archaeological contexts. *Journal of Archaeological Science*, 35, 2434-2445.
- Brown, A.S. (1901) *Brown's Madeira and the Canary Islands with the Azores: A practical and complete guide for the use of invalids tourists and residents with trade statistics*. Sampson Low, Marston & Co., Limited, London.
- Brum da Silveira, A., Madeira, J., Ramalho, R., Fonseca, P. & Prada, S. (2010a) *Notícia explicativa da carta geológica da ilha da Madeira na escala 1:50.000, Folhas A e B*. Edição da Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais, Região Autónoma da Madeira, Funchal. ISBN: 978-972-98405-2-4
- Brum da Silveira, A., Madeira, J., Ramalho, R., Fonseca, P.E., Rodrigues, C.F. & Prada, S. (2010b) *Carta Geológica da Região Autónoma da Madeira, na escala 1:50.000, Folhas A e B*. Editado por Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais, Região Autónoma da Madeira, Funchal. ISBN: 978-972-98405-1-7

- Bryans, R. (1959) *Madeira, Pearl of Atlantic*. Robert Hale Limited, London.
- Buch, L.V. (1826) Observations made during a Visit to Madeira, and a Residence in the Canary Islands. *Edinburgh New Philosophical Journal*, 1 and 2, 380-384; 373-386.
- Bunbury, C.J.F. (1859) On some Vegetable Remains from Madeira. *Quarterly Journal of the Geological Society*, 15, 50-59.
- Burnham, R.J. (1993) Plant deposition in modern volcanic environments. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 84, 275-281.
- Burton, C.J. & MacDonald, J.G. (2008) *A field guide to the geology of Madeira*. Geological Society of Glasgow, Glasgow.
- Capelo, J., Menezes de Sequeira, M., Jardim, R. & Costa, J.C. (2004) Guia da excursão geobotânica dos V Encontros ALFA 2004 à ilha da Madeira. *A paisagem vegetal da ilha da Madeira. Quercetea* 6 (ed. por J. Capelo), pp. 5-45.
- Capelo, J., Menezes de Sequeira, M., Jardim, R. & Mesquita, S. (2007) Biologia e ecologia das florestas das ilhas- Madeira. *Árvores e Florestas de Portugal: Açores e Madeira - A Floresta das Ilhas* (ed. by J. Silva), pp. 81-134. Público, Comunicação Social SA, Fundação Luso Americana para o Desenvolvimento e Liga para a Protecção da Natureza.
- Carita, R. (2008) *História da Madeira: O longo século XIX: do liberalismo à República. A monarquia constitucional (1834-1910)*.VII. Governo Regional da Madeira, Secretaria Regional da Educação, Funchal.
- Catalán, A.S.S. (1994) La evolución de las paleofloras en las cuencas cenozoicas catalanas. *Acta Geologica Hispanica*, 29, 169-189.
- Cérésole, V. (1858) Catalogue de la Bibliothèque de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles. *Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, Lausanne.
- Cleal, C.J. & Thomas, B.A. (2001) Introduction to the Mesozoic and Tertiary palaeobotany of Great Britain. *Mesozoic and Tertiary Palaeobotany of Great Britain* (ed. por C.J. Cleal, B.A. Thomas, D.J. Batten and M.E. Collinson), pág. 1-15. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.
- Cleevely, R.J. (1983) *World Palaeontological Collections*. British Museum (Natural History) and Mansell Publishing Ltd, London.
- Cockerell, T.D.A. (1928) Aspects of the Madeira Flora. *Botanical Gazette*, 85, 66-73.
- Cockerell, T.D.A. & Weber, W.A. (2000) *The American Cockerell: a naturalist's life, 1866-1948*. University Press of Colorado, Colorado.
- Collins, N.J. (1969) The effects of volcanic activity on the vegetation of Deception Island. *British Antarctic Survey Bulletin*, 21, 79-94.
- Collinson, M. (2001) Cainozoic ferns and their distribution. *Brittonia*, 53, 173-235.
- Conran, J.G., Kaulfuss, U., Bannister, J.M., Mildenhall, D.C. & Lee, D.E. (2010) Davallia (Polypodiales: Davalliaceae) macrofossils from Early Miocene Otago (New Zealand) with in situ spores. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 162, 84-94.
- Costa, M.R.A. (1948) Achados vegetais na perfuração dum túnel na ilha da Madeira. *Técnica*, 183, 993.

- Cotter, J.C.B. (1898) Notícia de alguns fosséis terciários do Archipelago da Madeira *Comunicações da Comissão dos Trabalhos Geológicos de Portugal*, Tomo II, 232-254
- Custódio de Moraes, J.C. (1948) Os arquipélagos da Madeira e Selvagens. *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, Vol. VII, 1-32.
- Dean, D.R. (1980) Graham Island, Charles Lyell, and the Craters of Elevation Controversy. *Isis*, Vol. 71, 571-588.
- Dilcher, D.L. (1974) Approaches to the identification of Angiosperm leaf remains. *Botanical Review*, 40, 1-157.
- Diniz, F. (1962) Vegetais dos tufos vulcânicos da ilha de São Miguel, Açores. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, Tomo XLVI, 317-329.
- Ellis, B., Daly, D., Hickey, L.J., Johnson, K.R., Mitchell, J., Wilf, P. & Wing, S.L. (2009) *Manual of Leaf Architecture*. Cornell University Press, New York.
- Ettingshausen, C.v. (1854a) Über die Nervation der Blätter und blattartigen Organe bei den Euphorbiaceen, mit besonderer Rücksicht auf die vorweltlichen Formen. *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe*, 12, 138-160.
- Ettingshausen, C.v. (1854b) Über die Nervation der Blätter der Papilionaceen. *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe*, 12, 600-663.
- Fernández-Palacios, J.M., de Nascimento, L., Otto, R., Delgado, J.D., García-del-Rey, E., Arévalo, J.R. & Whittaker, R.J. (2011) A reconstruction of Palaeo-Macaronesia, with particular reference to the long-term biogeography of the Atlantic island laurel forests. *Journal of Biogeography*, 38, 226-246.
- Flemming, B.W. (2000) A revised textural classification of gravel-free muddy sediments on the basis of ternary diagrams. *Continental Shelf Research*, 20, 1125-1137.
- Forjaz, V.H. & Fernandes, N.S.M. (1975) *Carta Geológica de Portugal na escala de 1:50000. Notícia explicativa das Folhas "A" e "B", Ilha de São Jorge (Açores)*. Serviços Geológicos de Portugal.
- Forjaz, V.H., Mojardino, J.L. & Fernandes, N.S.M. (1970) Contribuição para o estudo das jazidas fossilíferas das ilhas do Faial, Pico, S. Jorge e Terceira (Açores). *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, Tomo LIV, 27-37.
- Fridriksson, S. (1987) Plant colonization of a volcanic island, Surtsey, iceland. *Arctic and Alpine Research* 19, 425-431.
- Galopim de Carvalho, A.M. & Brandão, J.M. (1991) *Geologia do Arquipélago da Madeira*. Museu Nacional de História Natural da Universidade de Lisboa (Mineralogia e Geologia), Lisboa.
- García-Talavera, F., Sánchez-Pinto, L. & Socorro, S. (1995) Vegetales fósiles en el complejo traquítico-sienítico de Gran Canaria. *Revista de la Academia Canaria de Ciencias*, VII, 77-91.
- Geldmacher, J., van den Bogaard, P., Hoernle, K. & Schmincke, H.-U. (2000) The ⁴⁰Ar/³⁹Ar age dating of the Madeira Archipelago and hotspot track (eastern North Atlantic). *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 1, 1-26.

- Geldmacher, J., Hoernle, K., Bogaard, P.v.d., Duggen, S. & Werner, R. (2005) New $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age and geochemical data from seamounts in the Canary and Madeira volcanic provinces: Support for the mantle plume hypothesis. *Earth and Planetary Science Letters*, 237, 85-101.
- Gibby, M. & Paul, A.M. (1994) Pteridophyta. *Flora of Madeira* (ed. por B. Press and M. Short), pág. 25-53. Natural History Museum, London.
- Gonçalves, F. (1984) Notícia bio-biliográfica sobre Carlos Teixeira (1910-1982). *Separata do Boletim da Sociedade Portuguesa da Ciências Naturais*, Vol. XXII, 1-4.
- Goodfriend, G.A., Cameron, R.A.D., Cook, L.M., Courty, M.-A., Fedoroff, N., Livett, E. & Tallis, J. (1996) The Quaternary eolian sequence of Madeira: stratigraphy, chronology, and paleoenvironmental interpretation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 120, 195-234.
- Grabham, C.W. (1948) Esboço da formação geológica da Madeira. *Boletim do Museu Municipal do Funchal*, 3, 65-83.
- Graham, A. (2003) The concepts of Deep-Time Floras and Paleobotanical Hot-spots. *Sistematic Botany*, 28, 461-464.
- Guppy, H.B. (1917) *Plants, seeds, and currents in the West Indies and Azores: the results of investigations carried out in those regions between 1906 and 1914*. Williams and Norgate, London
- Hansen, A. (1980) A list of Botanical collectors, Madeira archipelago. *Bocagiana*, N° 51, 1-12.
- Harcourt, E.V. (1851) *A sketch of Madeira containing information for the traveller, or invalid visitor*. John Murray, London.
- Harpe, J.D.I. (1855) Seance du 21 novembre 1855 (générale). *Bulletin de la Société Vaudoise Des Sciences Naturelles*, 37, 340-341.
- Harpe, J.D.I. (1856) Séance du 2 avril 1856. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 38.
- Hartung, G. (1857) Die geologischen Verhältnisse der Inseln Lanzarote und Fuerteventura. *Neue Denkschriften der allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften*, Band XV, 1-168.
- Hartung, G. & Mayer, K. (1864) *Geologische Beschreibung der Inseln Madeira und Porto Santo. Mit dem systematischen Verzeichnisse der fossilen Reste dieser Inseln und der Azoren von Karl Mayer*. Engelmann, Leipzig
- Heer, O. (1856a) Osw. Heer: über die fossilen Pflanzen von St. Jorge in Madeira (N. Denkschrift d. allgem. Schweiz. Gesellsch. f. Naturwiss 1855, 40 SS., 3 Tfln). *Neues Jahrbuch Für Mineralogie, Geognosie, Geologie Und Petrefakten-Kunde*, Jahrgang 1856, 241-244.
- Heer, O. (1856b) Dr. O. Heer, über die fossilen Pflanzen von St. Jorge in Madeira. *Gartenflora Fünfter Jahrgang*, 348-349.
- Heer, O. (1857) Ueber die fossilen Pflanzen von St. Jorge in Madeira. *Neue Denkschriften der allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften*, Band XV, 1-40.

- Heer, O. (1861) Pflanzenreste von St. Jorge in Madeira (Lettre à M. Bronn). *Neues Jahrbuch Für Mineralogie, Geognosie, Geologie Und Petrefakten-Kunde*, Jahrgang 1861, 315.
- Hickey, L.J. (1973) Classification of the Architecture of Dicotyledonous Leaves. *American Journal of Botany*, Vol. 60, 17-33.
- Hickey, L.J. & Wolfe, J.A. (1975) The Bases of Angiosperm Phylogeny: Vegetative Morphology. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, Vol. 62, 538-589.
- Internacional Geological Congress (1913) Members- July 21 Numerical List. Victoria Memorial Museum, Ottawa.
- Janssen, A.W., Kroh, A. & Ávila, S.P. (2008) Early Pliocene heteropods and pteropods (Mollusca, Gastropoda) from Santa Maria Island (Azores, Portugal): systematics and biostratigraphic implications. *Acta Geologica Polonica*, 58, 355-369.
- Jardim, R. & Menezes de Sequeira, M. (2008) As plantas vasculares (Pteridophyta e Spermatophyta) dos arquipélagos da Madeira e das Selvagens. *Listagem dos fungos, flora e fauna terrestre dos arquipélagos da Madeira e Selvagens* (ed. por P.V. Borges, C. Abreu, A.M.F. Aguiar, P. Carvalho, R. Jardim, I. Melo, P. Oliveira, C. Sérgio, A.R.M. Serrano and P. Vieira), pág. 181-207. Direcção Regional do Ambiente da Madeira e Universidade dos Açores, Funchal e Angra do Heroísmo.
- Jeffreys, J.G., Duncan, P.M. & Wiltshire, T. (1869) Geological Society of London. Annual general meeting feb. 19, 1869. Report of the council fev. 1868. *Quarterly Journal of the Geological Society*, 25, XII.
- Johnson, J.Y. (1885) *Madeira its climate and scenery : a handbook for invalid and other visitors with chapters on the fauna, flora, geology and meteorology* 3 ed. Dulau & Co., London.
- Kent, M., Owen, N.W., Dale, P., Newnham, R.M. & Giles, T.M. (2001) Studies of vegetation burial: a focus for biogeography and biogeomorphology? *Progress in Physical Geography*, 25, 455-482.
- Klappa, C.F. (1980) Rhizoliths in terrestrial carbonates: classification, recognition, genesis and significance. *Sedimentology*, 27, 613-629.
- Krejci-Graf, K., Frenchen, J., Wetzell, W. & Colom, G. (1958) Gesteine und fossilien von den Azoren. *Senckenbergiana Lethaea*, 39, 303-351.
- Leaf Architecture Working Group (1999) *Manual of leaf Architecture - Morphological description and categorization of dicotyledonous and net-veined monocotyledonous angiosperms*. Washington, D.C.
- Lockley, M. (1990) How volcanism affects the biostratigraphic record. *Volcanism and Fossil Biotas* (ed. por M. Lockley and A. Rice), pág. 1-12. Geological Society of America.
- Lowe, R.T. (1857-1872) *A Manual for Flora of Madeira and the adjacent Islands of Porto Santo and the Deserts*. Vol. 1: part. 1, 1857, part. 2, 1862, part. 3 1864, part. 4, 1868, part. 5, 1868; Vol. 2, part. 1, 1872. John Van Voorst London.
- Lowe, R.T. (1862) *A Manual Flora Madeira and the adjacent Islands of Porto Santo and the Deserts*. Vol. 1, part 2, John Van Voorst, London.

- Lowe, R.T. (1864) *A Manual Flora Madeira and the adjacent Islands of Porto Santo and the Deserts*. Vol. 1, part 3, John Van Voorst, London.
- Lowe, R.T. (1868) *A Manual Flora Madeira and the adjacent Islands of Porto Santo and the Deserts*. Vol. 1 part 5, John Van Voorst, London.
- Lowe, R.T. (1872) *A Manual Flora Madeira and the adjacent Islands of Porto Santo and the Deserts*. Vol. 2, part 1, John Van Voorst, London.
- Lurie, E. (1960) *Louis Agassiz: a life in science*. University of Chicago Press.
- Lyell, C. (1854) On the Geology of some parts of Madeira. *Quarterly Journal of the Geological Society*, 10, 325-328.
- Lyell, C. (1855) *A manual of elementary geology* 5 edn. John Murray, Albemarle Street, London.
- Lyell, C. & Hartung, G. (1856) On the Geological Structure of the Islands of Madeira & Porto Santo. Edinburgh University Library (Digitized for the Humboldt Project).
- Lyell, H. (1906) *The Life of Sir Charles J.F. Bunbury Bart.2*. John Murray, London.
- Lyell, K.M. (1881) *Life, Letters, and Journals of Sir Charles Lyell, Bart.2*. John Murray, London.
- Lyell, K.M. (1890) *Memoir of Leonard Horner, F.R.S., F.G.S - Consisting of Letters to his Family and from Some of his Friends*. Cambridge University Press.
- Macaulay, J. (1840) Notes on the Physical Geography, Geology and Climate of the Island of Madeira. *Edinburgh New Philosophical Journal*, 29, 336-375.
- Macaulay, J. (1844) IX.—On the Vegetation and Botany of the Island of Madeira. *Transactions of the Botanical Society of Edinburgh*, 1, 71-74.
- MacGinitie, H.D. (1969) The Eocene Green River flora of northwestern Colorado and northeastern Utah. *University of California Publications in Geological Sciences*, 83, 140 pág.
- Machado, A. (2006) The type material of the species of *Laparocerus* Schönherr, 1834 (Coleoptera, Curculionidae, Entiminae). *Journal of Natural History*, 40, 2001-2055.
- Madeira, J. (1998) Estudos de Neotectónica nas ilhas do Faial, Pico e S. Jorge: uma contribuição para o conhecimento geodinâmico da junção tripla dos Açores. Tese de Doutoramento. Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Mai, D.H. (1989) Development and regional differentiation of the European vegetation during the Tertiary. *Plant Systematics and Evolution*, 162, 79-91.
- Mai, D.H. (1991) Palaeofloristic changes in Europe and the confirmation of the Arctotertiary-Palaeotropical geofloral concept. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 68, 29-36.
- Malloizel, G. & Zeiller, R. (1887) *Oswald Heer: Bibliographie et tables iconographiques précédé d'une notice biographique*. F. & G. Beijers Förlag, Stockholm.
- Marrs, R.H. & Watt, A.S. (2006) Biological Flora of the British Isles: *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. *Journal of Ecology*, 94, 1272-1321.
- Mata, J.S. (1996) *Petrologia e Geoquímica das Lavas da Ilha da Madeira: implicações para os modelos de evolução mantélica*. Tese de Doutoramento. Universidade de Lisboa, Lisboa.

- Menezes de Sequeira, M., Jardim, R. & Capelo, J. (2007) A Chegada dos portugueses às ilhas – o antes e o depois - Madeira. *Árvores e Florestas de Portugal: Açores e Madeira - A Floresta das Ilhas* (ed. by J. Silva), pp. 165-196. Público, Comunicação Social SA, Fundação Luso Americana para o Desenvolvimento e Liga para a Protecção da Natureza.
- Menezes de Sequeira, M., Santos-Guerra, A., Jarvis, C.E., Oberli, A., Carine, M.A., Maunder, M. & Francisco-Ortega, J. (2010) The Madeiran plants collected by Sir Hans Sloane in 1687, and his descriptions. *Taxon*, 59, 598-612.
- Meyer, A. (2009) Charles Darwin's Reception in Germany and What Followed. *PLoS Biol*, 7.
- Mitchell-Thomé, R. (1974) The sedimentary rocks of macaronesia. *Geologische Rundschau*, 63, 1179-1216.
- Mitchell-Thomé, R. (1976) *Geology of the Middle Atlantic islands*. Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Moore, D.T., Thackray, J.C. & Morgan, D.L. (1991) A short history of the Museum of the Geological Society of London, 1807-1911, with a catalogue of the British and Irish accessions and notes on surviving collections. *Bulletin of the British Museum of Natural History (Historical Series)*, 19, 51-160.
- Mouzinho de Albuquerque, L.d.S. (1837) Observações para servirem para a história geológica das ilhas da Madeira, Porto Santo e Desertas. *Memórias da Academia Real das Sciencias de Lisboa*, tomo XII, 1-28.
- Nóbrega, M. (1999) Uma Ilha dentro de outra: Aspectos científicos da Ilha de Santana. *Islenha*, 25, 131-154.
- Pais, J. (2010) Plantas do Neogénico e paleoclimas. Evidências em Portugal. *Ciências Geológicas: Ensino e Investigação* (ed. por J.M.C. Neiva, A. Ribeiro, L.M. Victor, F. Noronha and M. Ramalho), 357-363.
- Pão, N. (2005) A Madeira na rota da ciência e das investigações científicas. Listagem de personalidades que estudaram a história natural da Madeira (1601-1978). *As ilhas e a ciência. História da ciência e das Técnicas* (ed. por Centro De Estudos De História Do Atlântico), 37-108, Funchal.
- Peppe, D.J., Hickey, L.J., Miller, I.M. & Green, W.A. (2008) A Morphotype Catalogue, Floristic Analysis and Stratigraphic Description of the Aspen Shale Flora (Cretaceous–Albian) of Southwestern Wyoming. *Bulletin of the Peabody Museum of Natural History*, 49, 181-208.
- Pieper, H. (1981) Ein subfossiles Vorkommen der Hausmaus (*Mus musculus* s.l.) auf Madeira. *Bocagiana*, Vol. 59, pg. 1-3.
- Pieper, H. (1985) The fossil land birds of Madeira and Porto Santo. *Bocagiana*, Vol. 88, pg. 1-5.
- Pinto, M.S. & Bouheiry, A. (2007) The German geologist Georg Hartung (1821–1891) and the geology of the Azores and Madeira islands. *Four Centuries of Geological Travel: The Search for Knowledge on Foot, Bicycle, Sledge and Camel* (ed. by P.N.W. Jackson), pp. 229-238. Geological Society (London, Special Publications), London.
- Postigo Mijarra, J., Gómez Manzaneque, F., Morla, C. (2008) Survival and long-term maintenance of tertiary trees in the Iberian Peninsula during the Pleistocene: first

- record of *Aesculus* L. (Hippocastanaceae) in Spain. *Veg. Hist. Archaeobot.*, 17, 351-364.
- Prada, S. & Serralheiro, A. (2000) Stratigraphy and evolutionary model of Madeira island. *Bocagiana*, 200, 1-13.
- Press, J. & Short, M. (1994) *Flora of Madeira*. Natural History Museum, London.
- Rando, J.C., Pieper, H., Alcover, J.A. & Olson, S.L. (2012) A new species of extinct fossil scops owl (Aves: Strigiformes: Strigidae: Otus) from the Archipelago of Madeira (North Atlantic Ocean). *Zootaxa*, 3182, 29-42.
- Rebok, S. (2009) La exploración naturalista de Madeira en el siglo XIX: Los viajeros alemanes y su interés por esta isla. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 185, 1323-1337.
- Rex, G.M. & Chaloner, W.G. (1983) The experimental formation of plant compression fossils. *Paleontology*, 26, 231-252.
- Rivas-Martínez, S. (2009) Ensayo geobotánico global sobre la Macaronesia. *Homenaje al Prof. Wolfredo Wildpret de la Torre* (ed. por E. Beltrán Tejera, J. Afonso-Carrillo, A.G. Gallo and O.R. Delgado), pág. 255-296. Instituto de Estudios Canarios, La Laguna (Santa Cruz de Tenerife).
- Rudwick, M.J.S. (1998) Lyell and the Principles of Geology. *Lyell: the man and his times* (ed. by D.J. Blundell and A.C. Scott), pág. 3-15. Geological Society (Special Publications), London.
- Saporta, G. (1879) *Le monde des plantes avant l'apparition de l'homme*. G. Masson, Paris.
- Schimper, W.P. (1869) *Traité de Paléontologie végétale ou la flore du monde primitif dans ses rapports avec les formations géologiques et la flore du monde actuel*. 1. J. B. Baillièere et fils: Libraires de l'académie Impériale de Médecine, Paris.
- Schmincke, H.-U. (1967) Mid-Pliocene fossil wood from Gran Canaria. Preliminary note. *Cuadernos de Botánica*, 2, 19-20.
- Schmincke, H.-U. (1968) Pliozäne, subtropische Vegetation auf Gran Canaria. *Naturwissenschaften*, 55, 185-186.
- Scott, A.C. & Jones, T.P. (1991) Fossil charcoal: a plant-fossil record preserved by fire. *Geology Today*, 7, 214-216.
- Short, M.J. (1994) XXIV. Myricaceae. *Flora of Madeira* (ed. por B. Press and M. Short), p. 57. NHM, London.
- Shute, C.H. & Cleal, C.J. (1987) Palaeobotany in Museums. *Geological Curator*, 4, 533-559.
- Silva, F.A. & Meneses, C.A. (1940) *Elucidário Madeirense*. 3 volumes. 2º edição, Funchal.
- Silva, L., Pinto, N., Press, B., Rumsey, F., Carine, M., Henderson, S. & Sjögren, E. (2005) Lista das plantas vasculares (Pteridophyta e Spermatophyta). *A list of the terrestrial fauna (Mollusca and Arthropoda) and flora (Bryophyta, Pteridophyta and Spermatophyta) from the Azores* (ed. by P.V. Borges, R. Cunha, R. Gabriel, A.F. Martins, L. Silva and V. Vieira), pp. 131-155. Direção Regional do Ambiente e Universidade dos Açores, Horta, Angra do Heroísmo e Ponta Delgada.

- Silva, S.D.M. (2003) *Realidade Museológica no Arquipélago da Madeira – da génese à actualidade*. Tese de Mestrado. Universidade Lusófona, Lisboa.
- Smith, J. (1841) On the Geology of the island of Madeira. *Proceedings of the Geological Society of London*, 3, 351-356.
- Spicer, R.A. (1989) The Formation and Interpretation of Plant Fossil Assemblages. *Advances in Botanical Research* (ed. por J.A. Callow), pág. 95-191. Academic Press.
- Stafleu, F.A. & Cowan, R.S. (1976) *Taxonomic literature : a selective guide to botanical publications and collections with dates, commentaries and types.v. 2* (1979) [Authors H-Le]. Bohn, Scheltema & Holkema, Utrecht.
- Stafleu, F.A. & Cowan, R.S. (1981) *Taxonomic literature : a selective guide to botanical publications and collections with dates, commentaries and types.v. 3* (1981) [Authors Lh-O]. Bohn, Scheltema & Holkema, Utrecht:.
- Starkie Gardner, J. (1881) Fossil Flora of Sumatra. *Nature*, 25, 200.
- Starkie Gardner, J. (1882) The Geology of Madeira. *Quarterly Journal of the Geological Society*, 38, 277-281.
- Sun, Y., Liu, H., Wan, C. & Quan, C. (2010) In situ spores of Asplenium and their implications for the evolution of the Aspleniaceae: a case study from the Lower Cretaceous Changcai Formation in eastern Jilin Province, China. *Cretaceous Research*, 31, 424-432.
- Sziemer, P. (2010) *Madeira's natural history in a nutshell*. Francisco Ribeiro & Filhos, Lda., Funchal.
- Taylor, T.N., Taylor, E.L. & Krings, M. (2009) *Paleobotany: The Biology and Evolution of Fossil Plants* (2 edn). Academic Press, Amsterdam.
- Teixeira, C. (1948) Notas sobre a geologia das ilhas atlânticas. *Anais da Faculdade de Ciências do Porto*, Vol. 33, 193-233.
- Teixeira, C. (1973) "Oreodaphne heeri Gaud." une nouvelle espèce fossile du Pliocène de Rio Maior. *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, Vol. XVIII, 147-149.
- Teixeira, C. & Pais, J. (1976) *Introdução à Paleobotânica: As grandes fases da evolução dos vegetais*, Lisboa.
- Tereso, J.P.V. (2007) *Paleoetnobotânica do povoado romano da Terronha de Pinhovelo (NE Transmontano)*. Tese de Mestrado. Ecologia da Paisagem e Conservação da Natureza, Universidade do Porto, Porto.
- The British geological Survey (2012) Darwin's "Lost" fossils found. Press release. In: *BGS Press release*, pág. 1-2, London.
- Tierno, J. (1897) Relatório do Veterinário do Funchal. *Boletim da Direcção Geral de Agricultura, sexto ano*, Nº 11, 1055-1072.
- Vahl, M. (1904) *Madeiras Vegetation: Geografisk Monografi*. Gyldendalske Boghandel Nordisk forlag, København og kristiania.
- Vieira, A. (2006) A Madeira na Rota das Ciências e das Investigações Científicas. *As Ilhas e a Ciência. História da Ciência e das Técnicas. I Seminário Internacional*, pág. 23-36. Secretaria Regional do Turismo e Cultura. Madeira: Centro de Estudos de História do Atlântico.

- Von Zittel, K.A. (1901) *History of Geology and Paleontology to the end of the nineteenth century*. Walter Scott, Paternoster square, London.
- Ward, L.F. (1885) *Sketch of Paleobotany*. Fifth Annual Report U. S. Geol. Survey. United States Geological Survey, Washington.
- White, R. (1851) *Madeira, its climate and scenery: containing medical and general informaion for invalids and visitors; a tour of the island, etc.; and an appedix* Cradock & Co. Paternoster Row; and F. Wilkinson & co. Madeira, London
- Whittaker, R.J. & Fernández-Palacios, J.M. (2007) *Island Biogeography: Ecology, Evolution and Conservation*. Oxford University Press, New York.
- Wilhelm, E.A. (1997) *Visitantes e escritos germânicos da Madeira: 1815-1915*. Direcção regional dos assuntos culturais, Funchal.
- Wilson, L.G. (1998) Lyell: the man and his times. *Lyell: the Past is the Key to the Presen* (ed. by D.J. Blundell and A.C. Scott), pp. 21-37. Geological Society (Special Publications), London.
- Wilson, L.G. (2007) The geological travels of Sir Charles Lyell in Madeira and the Canary Islands, 1853–1854. *Four Centuries of Geological Travel: The Search for Knowledge on Foot, Bicycle, Sledge and Camel*. (ed. por P.N.W. Jackson), pp. 207-228. Geological Society (Special Publications), London.
- Zbyszewski, G., Ferreira, O.V., Medeiros, A.C., Aires-Barros, L., L. Silva, Munhá, J. & Barriga, F. (1975) *Notícia explicativa das folhas “A” e “B” da ilha da Madeira. Carta Geológica de Portugal na escala 1:50000*. Serviço Geológico Portugal, Lisboa.
- Ziegler, J.M. (1856) Physical map of the Island of Madeira. Constructe by J.M Ziegler from that of Captain Vidal, R.N. with corrections communicated by G. Hartung, Esq. Major P. de Azevedo Portuguese Engineers, Prof. O. Heer and his own observations. Dedicated to the Royal Geographical Society of London by the author. In, London: Wurster, Randegger & Co.
- Ziegler, J.M. (1858) Explanations of the Physical Map of the Island of Madeira. *Proceedings of the Royal Geographical Society of London*, 2, 366-371.

Websites:

- Darwin Correspondence Database: Charles Lyell to Darwin 1–2 May 1856 (<http://www.darwinproject.ac.uk/entry-1862>), acedido a 15 de Fevereiro de 2013.
- Darwin Correspondence Database: J. D. Hooker to Darwin 17 Mar 1862 (<http://www.darwinproject.ac.uk/entry-3474>), acedido a 15 de Fevereiro de 2013.
- Darwin Correspondence Database: Edward William Vernon Harcourt, 1825–1891 (<http://www.darwinproject.ac.uk/namedef-2102>) acedido a 15 de Fevereiro de 2013.
- The International Plant Names Index (IPNI): Martin Valh http://www.ipni.org/ipni/idAuthorSearch.do?jsessionid=FD463364C89F39861F660A300C0796EC?id=12957-1&back_page=&show_history=true), acedido a 15 de Fevereiro de 2013.

9. ANEXOS

Anexo 1. Pedido de estudo das colecções do **MADS**, à guarda do **JBM**.



FAX 351-291-705399
Funchal, 18 Abril 2011
Páginas / Pages: 1

Ref: 291 - 211206

Para - Adressé à - Addressed to:

Directora do Jardim Botânico da Madeira
Eng.a. Luísa Gouveia

De - Expéditeur - From:

Miguel Sequeira
Centro de Competências de Ciências da Vida
Universidade da Madeira
FAX 291-705399

Texto - Texte - Text:

Exma. Sr.^a. Directora
Eng.^a. Luísa Gouveia


No âmbito da realização da tese final de mestrado em geologia -Estratigrafia, Sedimentologia e Paleontologia Faculdade de Ciências de Lisboa, subordinada ao tema "Paleobotânica da ilha da Madeira" pelo Licenciado Carlos Alberto Góis Marques sob minha co-orientação é da máxima importância o estudo e catalogação dos registos fósseis de plantas incluídos em colecções da RAM. Assim é fundamental realizar o estudo do material incluído nas colecções do Jardim Botânico da Madeira pelo que solicito seja concedido acesso às colecções ao aluno de mestrado acima referido nos próximos dias 3, 5 e 6 de Maio.

Agradecendo antecipadamente a sua atenção,


Miguel Sequeira
Professor Auxiliar
Universidade da Madeira

Anexo 2. Resposta do JBM à proposta de estudo das colecções de fósseis à sua guarda.

6/04/2011 15:51 JARDIM.BOTANICO.MADEIRA 5291705249 NUM853 001
291211206



FAX



Para: Exmo. Senhor Doutor Miguel Sequeira
Centro de Competências de Ciências da Vida
Universidade da Madeira

De: Luisa Maria Gouveia
Direcção de Serviços do Jardim Botânico da Madeira Eng.º Rui Vieira

Fax: 291 705 399 pág. 1
Data: 26 de Abril de 2011

Ass.: " Acesso às colecções de fósseis de plantas" CC:

Urgente ♦ Apreciar p.f. ♦ Comentar p.f. ♦ Responder p.f. ♦ Fazer circular p.f.

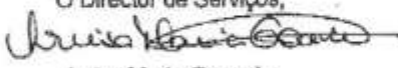
Exmo. Senhor Professor Doutor Miguel Sequeira,

Em resposta ao solicitado por V. Exa., e reportando-nos ao assunto identificado em epígrafe, informamos nos termos seguintes:

À presente data, a Direcção de Serviços Jardim Botânico da Madeira Eng.º Rui Vieira (JBM) desenvolva com a colaboração de especialistas na área o estudo e a catalogação dos registos fósseis existentes no Museu de História Natural.

Pelo que antecede, a autorização em apreço só será superiormente equacionada e ponderada com a entrega de uma declaração, sob o compromisso de honra, dos orientadores e do mestrando, em como os dados recolhidos serão utilizados única e exclusivamente na produção da tese de mestrado, ou seja, qualquer utilização dos dados resultantes do estudo dos fósseis do espólio do Museu de História Natural do JBM, fora da sua utilização na tese de mestrado, é interdita. Assim como se comprometem a facultar uma cópia da tese ao JBM e que a dita tese só será disponibilizada para consulta ou publicação, a bibliotecas ou a terceiros, 3 anos após a sua defesa.

Com os melhores cumprimentos,

O Director de Serviços,

Luisa Maria Gouveia

Direcção Regional de Florestas, Estrada Comandante Carnacheo de Freitas, nº308, 9000 – 324 Funchal, Tel: 351 291 740060, Fax 351 291 740065, www.sra.pt, E-mail drfsra@gov-madeira.pt

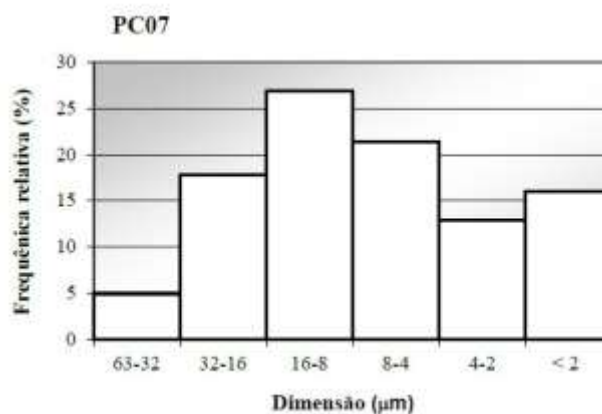
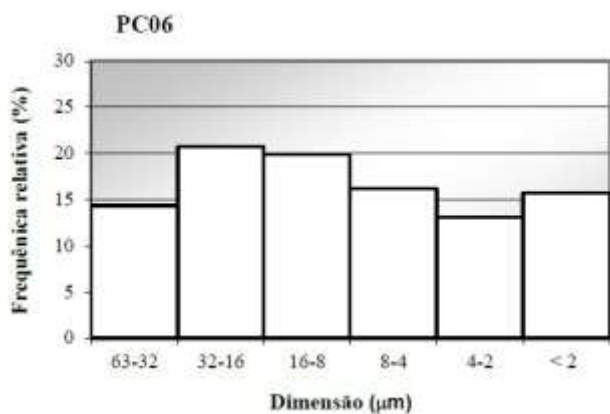
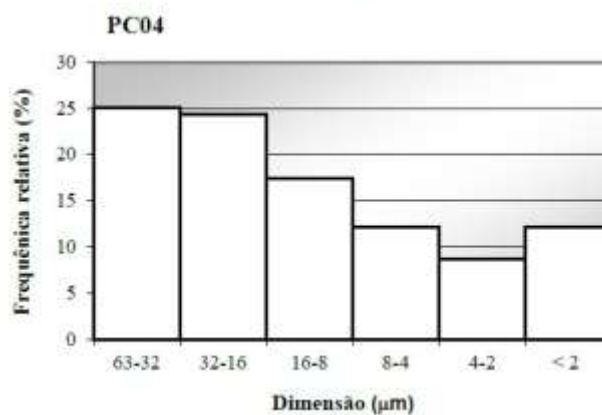
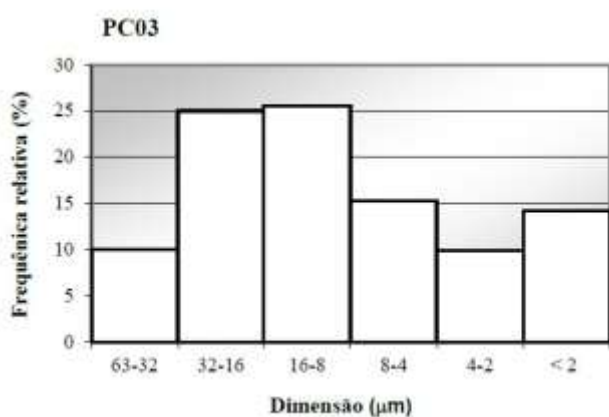
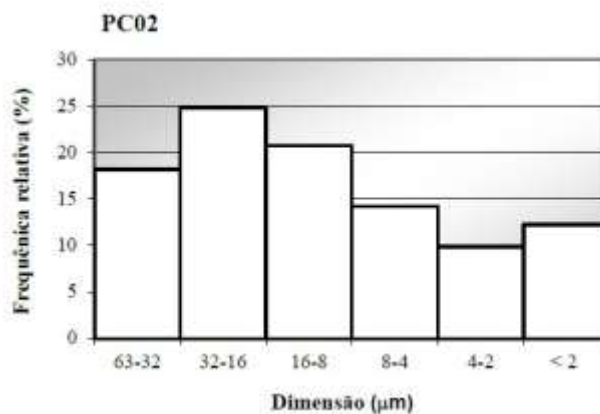
Hora de recepção 26. Abr. 2011 15:57 Nº. 2357

Anexo 3. Segunda resposta a uma segunda tentativa de incluir o estudo desta colecção na presente dissertação.

 REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA GOVERNO REGIONAL DA MADEIRA	<p>Exmo. Senhor Professor Auxiliar José Madeira Faculdade de Ciências Universidade de Lisboa Edifício C 2 - 5º Piso - Campo Grande 1749-016 Lisboa</p>
 SRA DIRECÇÃO REGIONAL DE FLORESTAS	<p>Sec. Reg. Ambiente e Recursos Naturais Dir. Regional de Florestas</p> <p>Saidas OF 23242 2011/10/25 P 6-01.00.0 DIR. DIRECTOR REGIONAL</p>
Sua Referência	Sua Comunicação de
<p>ASSUNTO "ACESSO ÀS COLECÇÕES DE FÓSSEIS DE PLANTAS DO MUSEU DE HISTÓRIA NATURAL"</p>	
<p>Com referência ao vosso ofício de 14/09/2011, sobre o assunto mencionado em epígrafe, vimos pelo presente informar V. Exa. que presentemente a Direcção de Serviços Jardim Botânico da Madeira Eng.º Rui Vieira (JBM) desenvolve com a colaboração de especialistas na área o estudo e a catalogação dos registos fósseis existentes no Museu de História Natural, como é do já do seu conhecimento, pelo que o acesso do Licenciado Carlos Alberto Góis Marques aos espécimes paleobotânicos da Madeira incluídos nas colecções do Museu de História Natural à guarda do Jardim Botânico da Madeira Eng.º Rui Vieira só é possível nas condições já apresentadas ao Sr. Professor Miguel Sequeira, através do nosso FAX de 26/04/2011, enviado ao Centro de Competências de Ciências da Vida - Universidade da Madeira.</p>	
<p>Com os melhores cumprimentos,</p>	
<p>O DIRECTOR REGIONAL,  (Paulo Congração Rocha da Silva)</p>	
<p>... /PP Direcção Regional de Florestas, Estrada Comandante Camacho de Freitas, nº308, 9000 - 324 Funchal, Tel: 351 291 740060, Fax: 351 291 740065. www.sra.mz E-mail: dir.forestas@ar.gov-madeira.mz</p>	

Anexo 4. Histogramas da frequência relativa das amostras colhidas no afloramento do Porto da Cruz.

Escala	Classificação segundo Flemming (2000)
63-32	Silte muito grosseiro
32-16	Silte grosseiro
16-8	Silte médio
8-4	Silte fino
4-2	Silte muito fino
< 2	Argila



Anexo 5. Gráficos das frequências relativas e das frequências acumuladas das amostras colhidas no afloramento do Porto da Cruz

