

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/267402083>

# GEOLOGIA, GÊNESE E DINÂMICA DA AREIA DE PRAIA DA ILHA DO PORTO SANTO: O SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Article

---

CITATIONS

0

---

READS

84

6 authors, including:



**António Rocha**

Comunidade Intermunicipal Região de Aveiro

2 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

SEE PROFILE



**Joao Silva**

University of Aveiro

15 PUBLICATIONS 93 CITATIONS

SEE PROFILE



**F. Almeida**

University of Aveiro

48 PUBLICATIONS 105 CITATIONS

SEE PROFILE



**Celso Gomes**

University of Aveiro

89 PUBLICATIONS 715 CITATIONS

SEE PROFILE

# **GEOLOGIA, GÉNESE E DINÂMICA DA AREIA DE PRAIA DA ILHA DO PORTO SANTO: O SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA**

ROCHA, António <sup>(1)</sup>, SILVA, João <sup>(2)</sup>, SOARES, Helena <sup>(1)</sup>, ABENTA, Jaime <sup>(1)</sup>,  
ALMEIDA, Fernando <sup>(2)</sup>, GOMES, Celso <sup>(2)</sup>

(1) – UNAVE/LABSIG Edif. Cefasi, 3º Piso - Campus de Santiago 3810-193 Aveiro

(2) – Departamento de Geociências - Campus de Santiago, Universidade de Aveiro 3810-193 Aveiro

## **1. Introdução**

A geologia, génese e dinâmica da areia de praia da ilha do Porto Santo, arquipélago da Madeira foi tema e objectivo do Sistema de Informação Geográfica (SIG) desenvolvido para a referida Ilha e território marítimo adjacente, no âmbito de uma dissertação de doutoramento na área das Geociências.

O SIG foi estruturado de forma a assegurar o desenvolvimento de diversos temas da dissertação, centrando-se os esforços na aquisição e integração de dados e no desenvolvimento de metodologias e técnicas de processamento e interpretação de informação de natureza essencialmente científico-natural nas áreas da geologia, geofísica e geomorfologia.

Baseado em cartografia de várias escalas, desde a localização da ilha ao nível do planeta até ao levantamento aerofotogramétrico local à escala 1:10000, este SIG engloba as seguintes temáticas:

- Geologia
- Prospecção eléctrica (perfis e sondagens)
- Prospecção magnética
- Sondagens mecânicas
- Amostragem de superfície
- Dinâmica do litoral
- Batimetria e natureza dos fundos

Tendo por base os objectivos e a definição do conteúdo do sistema e analisada a efectiva natureza da informação a integrar, bem como as necessidades de análise espacial e de saídas gráficas colocadas pelas várias temáticas, o sistema, nos domínios considerados, foi modelado pelos parâmetros seguintes:

- Natureza da informação  
Carácter tridimensional da maioria da informação a integrar;  
Diversidade de formatos digitais a utilizar (binários e ASCII);  
Carácter tridimensional e temporal de parte da informação a integrar (4D).
- Processamento e análise  
Volume de informação a processar;  
Significância da vertente geométrica da informação;  
Utilização de algoritmos de interpolação.

Recurso frequente a ferramentas de análise espacial, incluindo o desenvolvimento de programas específicos;  
Desenvolvimento de descritores numéricos.

- Produtos

Necessidade de produzir saídas gráficas em planta e corte, com suporte de modelos tridimensionais;

Volume de pedidos para produção de imagens cartográficas ou saídas gráficas para apoio aos trabalhos de campo, execução de publicações e na redacção da dissertação.

Deste conjunto de condicionantes ressalta o carácter técnico e científico do SIG, o que conduziu ao desenvolvimento de metodologias e ferramentas adequadas aos problemas colocados. As soluções encontradas para as especificações do sistema resultaram de uma relação próxima entre as áreas dos SIG, entendidos simultaneamente na perspectiva tecnológica e científica, e das Geociências.

Pretende-se apresentar uma visão global do Sistema de Informação Geográfica criado focando os objectivos, a informação incorporada e a sua meta-informação, as ferramentas desenvolvidas e alguns dos resultados obtidos.

## **2. Estrutura, Componentes e Produtos**

O SIG foi estruturado, no ambiente operativo do WindowsNT4.0, Windows2000, sobre um programa comercial, considerado Desktop GIS, o ArcView3.2 (ESRI). Para além da versão padrão do programa são utilizadas duas extensões: Spatial Analyst (v2.0a) e 3D Analyst (v1.0a).

O SIG foi desenvolvido sobre uma rede local, sendo o processamento distribuído pelos diversos postos de trabalho e a informação base do sistema mantida num servidor de dados, que permitiu a partilha da informação pela equipa de trabalho.

Foram desenvolvidos numerosos projectos sobre a informação do sistema a maioria dos quais com intuitos de processamento.

A aplicação aqui apresentada foi produzida, após estabilização do sistema, tendo por objectivo principal a apresentação de resultados. A aplicação, um produto SIG final, é constituída por 32 projectos estruturados de forma a constituírem um conjunto coerente e racional.

Embora o sistema desenvolvido tenha utilizado e integrado informação de diversos formatos, a cartografia de base e toda a informação de campo apresenta formatos vectoriais nativos, pelo que o presente sistema se pode considerar de base vectorial.

Os principais programas de processamento de informação vectorial utilizados foram o MicroStation95, AutoCad14 e o ArcView3.2a. O processamento de alto nível foi realizado através do ArcInfo7.2.1. A geração e manipulação de formatos matriciais foi realizada com recurso à extensão Spatial Analyst (v.2.0a) do ArcView3.2a. O processamento de imagem foi efectuado através do Idrisi2.007.

Ao nível conceptual e com reflexos nos vários projectos desenvolvidos, a estrutura do SIG desenvolve-se em torno de informação georeferenciada de três tipos:

*Planta* - Informação em que os eixos cartográficos correspondem a coordenadas rectangulares UTM zona 28 (Datum Base SE Porto Santo).

*Perfis* - Informação em que os eixos cartográficos correspondem, respectivamente, a coordenadas *d* (distância a uma origem fictícia) e *Z* (cotas referidas ao Datum altimétrico do marégrafo do porto do Funchal).

*3D* - Informação em que os eixos cartográficos (X,Y) correspondem a coordenadas rectangulares UTM zona 28 (Datum Base SE Porto Santo) e o eixo ortogonal a cotas referidas ao Datum altimétrico do marégrafo do porto do Funchal.

Embora incluída em vistas e cenas diferentes, toda a informação gráfica do sistema representa o mesmo espaço/volume, sendo a ligação entre os três modos de georeferenciação/representação assegurada por aplicações e metodologias específicas.

Do processamento da informação dos perfis de resistividade eléctrica, através de programas informáticos específicos que aplicam as técnicas de inversão, resultam ficheiros ASCII contendo a localização e dados geofísicos associados a cada célula do modelo invertido.

A integração dos dados dos perfis de eléctrica e das sondagens mecânicas no SIG foi realizada através de aplicações desenvolvidas para a sua representação em perfil, obedecendo ao seu posicionamento real em cada um dos sistemas de coordenadas utilizadas.

As aplicações descritas permitem representar o modelo geofísico e a informação geológica segundo um perfil; modo de visualização adequado para a sua interpretação. Para o registo da interpretação efectuada foram utilizadas ferramentas que gravam pontos interpretados e atribuídos sobre o ecrã, das quais resultam ficheiros ASCII. Como instrumento final foi utilizada uma ferramenta para representar em planta a interpretação realizada em perfil (*Rocha et al.*).

Do SIG desenvolvido foram obtidos e derivados diversos tipos de produtos.

- Descritores numéricos
- Saídas gráficas em papel
- Saídas gráficas digitais
- Animações

Os descritores numéricos correspondem a diversos pedidos de informação relativos a questões objectivas sobre o território alvo do sistema. Estes descritores vão desde simples distâncias, comprimentos e áreas, até descritores estatísticos e categorizações baseadas em análise espacial.

As saídas gráficas em papel foram produzidas ao longo de todo o desenvolvimento do sistema com o objectivo principal de auxiliar a compreensão dos fenómenos abordados. Foram produzidos, no final da construção da presente versão do sistema, 16 mapas para integração no documento impresso da dissertação.

As saídas gráficas digitais tiveram por objectivo principal a preparação de materiais necessários para publicações científicas.

Foram realizadas duas animações a fim de criar suportes inovadores de divulgação científica baseados em modelos digitais de terreno para a apresentação de resultados.

Todo o sistema, bem como os produtos mais relevantes, integram um CD-Rom produzido após a conclusão do SIG.

### 3. Fontes e natureza da informação original (meta-informação)

Na presente secção abordam-se dois aspectos relevantes da meta-informação do sistema. As fontes de informação apresentam-se na tabela I.

Tabela I  
Sistema de Informação Geográfico  
Ilha do Porto do Santo e território marítimo adjacente  
Meta-informação (Origem)

TEMÁTICA	ORIGEM
<b>Cartografia</b>	
Enquadramento Mundial	ESRI - Environmental Systems Research Institute, Inc
Enquadramento Geotectónico	Geldmacher <i>et al.</i>
Arquipélago da Madeira	Atlas Digital do Ambiente - <a href="http://www.iambiente.pt/atlas/index.html">http://www.iambiente.pt/atlas/index.html</a>
Ilha do Porto Santo	Câmara Municipal do Porto Santo (Geometral, S.A.)
<b>Geologia</b>	
Geologia de superfície	Carta Geológica de Portugal – Folha da Ilha do Porto Santo (Centro de Geociências da Universidade de Coimbra e Instituto Geológico e Mineiro)
Amostragem geológica	Dados da dissertação de doutoramento
<b>Sondagens mecânicas</b>	
Sondagens mecânicas	Secretaria Regional do Equipamento Social e Transportes da R.A.M. (SREST) e Laboratório Regional de Engenharia Civil (LREC)
<b>Prospecção geofísica</b>	
Sondagens eléctricas	SREST e LREC
Prospecção magnética	Dados da dissertação de doutoramento

Tabela I - continuação  
 Sistema de Informação Geográfico  
 Ilha do Porto do Santo e território marítimo adjacente  
 Meta-informação (Origem)

TEMÁTICA	ORIGEM
<b>Batimetria</b>	
Batimetria 1843	Instituto Hidrográfico - “ <i>Carta Geo-Hydrographica da Ilha de Porto Santo e dos Ilheos e Baixos Adjacentes</i> ”
Batimetria 1937	Instituto Hidrográfico – “ <i>Carta hidrográfica da ilha de Porto Santo levantada pela missão hidrográfica das ilhas adjacentes</i> ”
Batimetria 1976	Instituto Hidrográfico – “ <i>Baía de Porto Santo</i> ” executada pela Brigada Hidrográfica n.º1
Batimetria 1982	Instituto Hidrográfico
Batimetria 1986	Instituto Hidrográfico
Batimetria 1988	Instituto Hidrográfico
Batimetria 1993	Instituto Hidrográfico
Batimetria 2000	Administração de Portos da Região Autónoma da Madeira
<b>Litoral</b>	
Topografia de praia e cordão dunar (vários levantamentos)	Dados da dissertação de doutoramento

O formato original, a data de produção e a escala/posicionamento da informação original apresentam-se na tabela II.

Tabela II  
 Sistema de Informação Geográfico  
 Ilha do Porto do Santo e território marítimo adjacente  
 Meta-informação (Formato, Data e Escala original)

TEMÁTICA	FORMATO	DATA	Escala/posicionamento
<b>Cartografia</b>			
Enquadramento Mundial	Binário – Shapefile	1999	1: 10 000 000
Enquadramento Geotectónico	Binário – imagem	2000	Desconhecida
Arquipélago da Madeira	Binário – Shapefile	1993	1:750 000
Ilha do Porto Santo	Binário – AutoCad	1995	1:10 000

Tabela II - continuação  
 Sistema de Informação Geográfico  
 Ilha do Porto do Santo e território marítimo adjacente  
 Meta-informação (Formato, Data e Escala original)

TEMÁTICA	FORMATO	DATA	Escala/posicionamento
<b>Geologia</b>			
Geologia de superfície	Analógico	1996	1:25 000
Amostragem geológica	ASCII	1998-2002	GPS não diferencial
<b>Sondagens mecânicas</b>			
Sondagens mecânicas	ASCII	1977-1999	GPS não diferencial Profundidade, atributos
<b>Prospecção geofísica</b>			
Sondagens eléctricas	ASCII	1998	GPS não diferencial
Perfis eléctrica	ASCII	2001	Distância, cota, atributos
Prospecção magnética	Binário – DBF	2001	GPS não diferencial
<b>Batimetria</b>			
Batimetria 1843	Analógico	1842-1843	±1:40 000
Batimetria 1937	Analógico	1937	1:15 000 – 1:50 000
Batimetria 1976	Analógico	1976	1:2 000
Batimetria 1982	ASCII	1982	1:2 000
Batimetria 1986	ASCII	1986	1:2 000
Batimetria 1988	ASCII	1988	1:10 000
Batimetria 1993	ASCII	1993	1:2 000
Batimetria 2000	Binário – AutoCad	2000	1:1 000
<b>Litoral</b>			
Topografia de praia e cordão dunar	Binário – AutoCad	1998-2000	1:500

#### 4. Análise e interpretação espacial

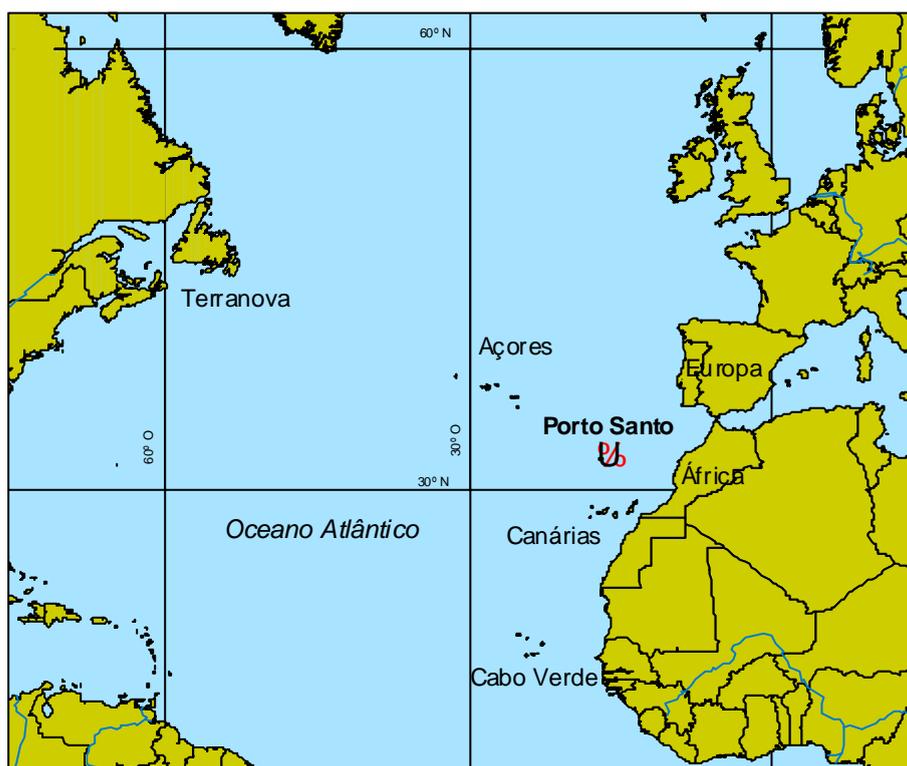
##### 4.1. Aspectos geográficos

A ilha do Porto Santo está localizada no sector ocidental do Atlântico Norte à latitude de 33° 05'N e à longitude de 16° 20'O. Ela integra, conjuntamente com as ilhas da Madeira, das Desertas e das Selvagens, o arquipélago da Madeira. A ilha do Porto Santo situa-se no extremo NE do arquipélago, sendo, por isso, a mais próxima dos continentes europeu e africano (Mapa 1 - Tabela III).

Tabela III  
Posicionamento da Ilha do Porto Santo relativamente a outros territórios

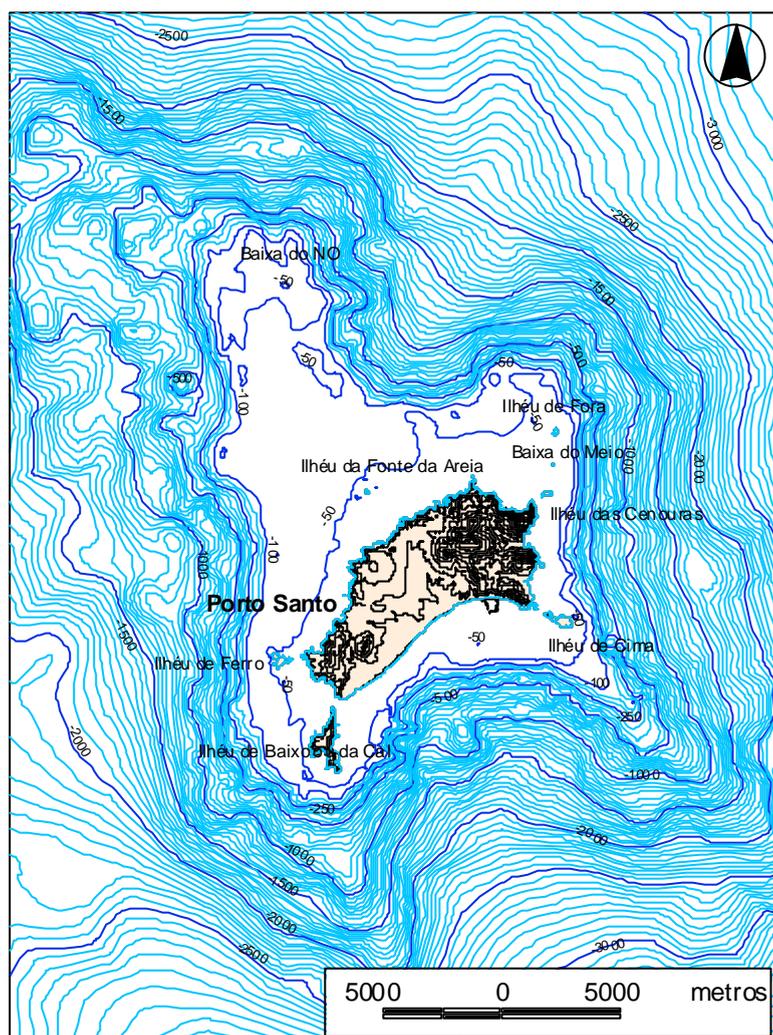
<b>Distâncias (em milhas marítimas) *</b>	
Madeira (Ponta de S. Lourenço)	26.5
Deserta Grande	31
Selvagens	175
Canárias	320
Ponto mais próximo de África (Cabo Hadid)	395
Ponto mais próximo da Europa (Cabo de Sagres)	485
Açores (Santa Maria)	565
Cabo Verde	1210
Ponto mais próximo da América (Terranova)	2130

\* - As distâncias à Ponta de S. Lourenço e à Deserta Grande foram medidas a partir do Porto de Abrigo do Porto Santo.



Mapa 1 – Localização da ilha do Porto Santo no globo terrestre.  
(projecção de Mercator)

A ilha do Porto Santo é composta pela ilha propriamente dita e por um conjunto de 7 ilhéus - 6 ilhéus e 2 “baixas” imersas – associados (Mapa 2). Os ilhéus representam 4.9% da área total da “ilha e ilhéus” e 31.5% do perímetro total da “ilha e ilhéus” (Tabela IV).



Mapa 2 – Ilha do Porto Santo e território marítimo adjacente. Equidistância das curvas batimétricas e altimétricas 50m.

Tabela IV  
Ilha do Porto Santo e Ilhéus associados  
Perímetro e Área

Designação	Perímetro (km)	Área (km <sup>2</sup> )
Ilha do Porto Santo	48.3	40.705
Ilhéus associados	22.2	2.107
<b>Total</b>	<b>70.5</b>	<b>42.812</b>

A interpretação fotogeológica da ilha destaca a existência de duas zonas de relevo acidentado separadas por uma plataforma deprimida, aplanada e basculada para SE. O relevo mais imponente ocupa todo o sector NE da ilha, e o outro, menos expressivo, ergue-se no sector SO.

O sistema de montanhas do sector NE, apresenta quatro formas de relevos independentes, separados de forma muito nítida a partir dos 150m de altitude. A forma de relevo principal é constituída pelo Pico do Castelo (437m), pelo Pico da Juliana (447m), pelo Pico da Gandaia (499m) e culmina no Pico do Facho (517m). Entre o maciço referido e a costa virada a leste dominam as outras três restantes formas de relevo constituídas pelo Pico do Maçarico (285m), Pico do Concelho (324m) e que culminam no Pico Branco (450m).

O sistema de montanhas do sector SO é constituído por três elevações principais que emergem destacadas acima da cota 100m e que culminam no pico de Ana Ferreira (283m), no Pico do Espigão (270m) e no Cabeço do Zimbralinho (183m).

Entre os referidos sectores, o terreno apresenta relevo suave e cotas que em geral não ultrapassam 150m e que decrescem a partir da costa norte até à costa sul, entre a Ponta da Calheta e o Sítio do Penedo, formando a praia de areia fina, com cerca de 9Km de comprimento, que define a baía do Porto Santo. Paralelamente à praia desenvolve-se um cordão irregular de formações dunares. Para norte do cordão dunar, ocorre uma faixa de terrenos planos onde se inserem numerosos leques aluvionares associados a pequenas linhas de água, que na maior parte das vezes não chegam a atingir a linha de costa.

Podemos ainda definir um outro sector, O-NO, que não está integrado em nenhum dos sistemas de elevações atrás referidos, constituído pelo Cabeço de Bárbara Gomes (227 m) e o Cabeço das Canelinhas ou Eiras (176 m).

De referir que a altitude média é ligeiramente superior na ilha (112.5m) do que nos ilhéus (77.8m).

A análise do modelo digital de terreno (MDT) da ilha e ilhéus forneceu a informação que se apresenta na tabela V.

Tabela V  
Ilha do Porto Santo e Ilhéus associados  
Área e Volume

Designação	Área (km <sup>2</sup> )	Volume (km <sup>3</sup> )
Ilha do Porto Santo	40.70	4.5793
Ilhéus associados	2.11	0.1640
<b>Total</b>	<b>42.81</b>	<b>4.7433</b>
Altitude média equivalente = <b>110.8m</b>		
Altitude máxima (Pico do Facho) = <b>516.6m</b>		

$$\text{Altitude média equivalente} = \text{Volume (km}^3\text{)} / \text{Área (km}^2\text{)} * 1000$$

A partir do MDT foram calculados os declives médios do terreno para cada intervalo de altitude. Esta análise permitiu a construção do gráfico 1. Verifica-se que os declives médios são inferiores a 10° até à cota 260m, sendo a partir dessa altitude progressivamente superiores até um máximo de 27° na zona de maior elevação da ilha. O valor mínimo foi detectado entre a cota 0m e a cota 20m e resulta do desenvolvimento que a praia e as zonas dunares associadas

apresenta nesta ilha. Os valores superiores a 5° encontrados entre as cotas 20m e 80m, devem-se à presença de costas em arriba.

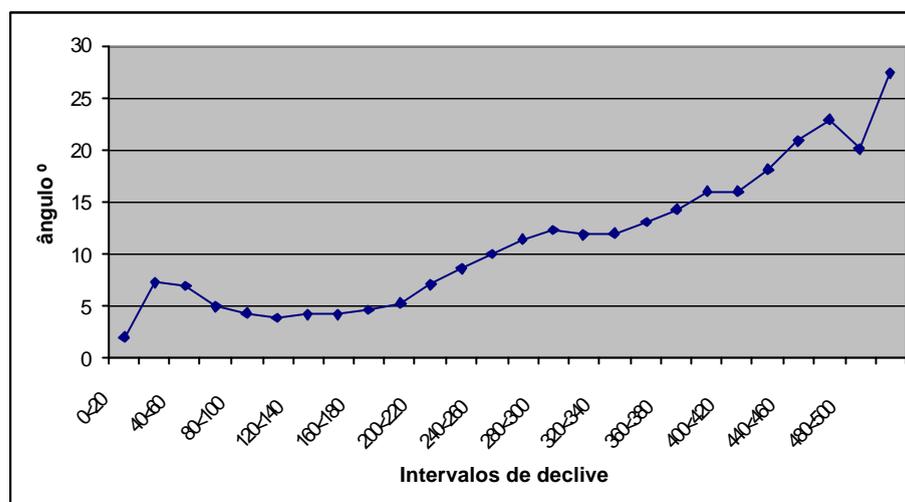


Gráfico 1 – Declive médio em graus sexagesimais por classe de altitude de 20m.

O estudo da morfologia da ilha submersa constitui uma das temáticas do sistema. O modelo mais abrangente corresponde ao levantamento de António Pedro D’Azevedo (1937), o qual apresenta batimétricas contínuas em toda a sua extensão a partir de profundidades correspondentes à cota –800m cota (limite inferior dos dados apresentados). A tabela VI sintetiza as áreas ocupadas pela ilha submersa.

Tabela VI  
Ilha do Porto Santo e território marítimo adjacente  
Áreas em função da classe altimétrica

Classe batimétrica	Área (km <sup>2</sup> )	Área acumulada (km <sup>2</sup> ) Min<cota<0
<b>Intervalos de 50m</b>		
-50<cota<0	85.72	85.72
-100<cota<-50	90.27	175.99
<b>Intervalos de 100m</b>		
-200<cota<-100	26.73	202.72
-300<cota<-200	20.15	222.87
-400<cota<-300	24.25	247.12
-500<cota<-400	27.22	274.34
-600<cota<-500	26.33	300.67
-700<cota<-600	31.55	332.22
-800<cota<-700	36.65	368.87

Estes descritores revelam que a ilha submersa apresenta entre a superfície e os 100m de profundidades uma área substancialmente superior (175.99 Km<sup>2</sup>) às das classes de maior profundidade, as quais até aos 800m apresentam todas valores, aproximadamente, entre 20 a 37Km<sup>2</sup>. Este indicador revela a presença de uma plataforma submarina que circunda a ilha, a qual se desenvolve predominantemente na direcção NNO. A marca da presença desta plataforma e da sua orientação é a existência de sondas reduzidas mínimas de cerca de 8m (8.06 – levantamento de 1988) na denominada “Baixa do Noroeste”, a uma distância de 10100m da ilha. Esta plataforma é rodeada pelas vertentes do pico submarino da ilha.

Comparando a área emersa com os intervalos considerados da porção imersa, verifica-se que os primeiros 50m do território marítimo (85.72km<sup>2</sup>) ocupam cerca do dobro da área da ilha (42.81km<sup>2</sup>).

Comparando os volumes ocupados pelas diversas classes de altitude, tanto da porção emersa da ilha como da sua porção imersa (representados no gráfico II), verifica-se que a variação de volume se mantém constante até aos 200m de profundidade, patamar a partir do qual o volume da ilha se reduz substancialmente.

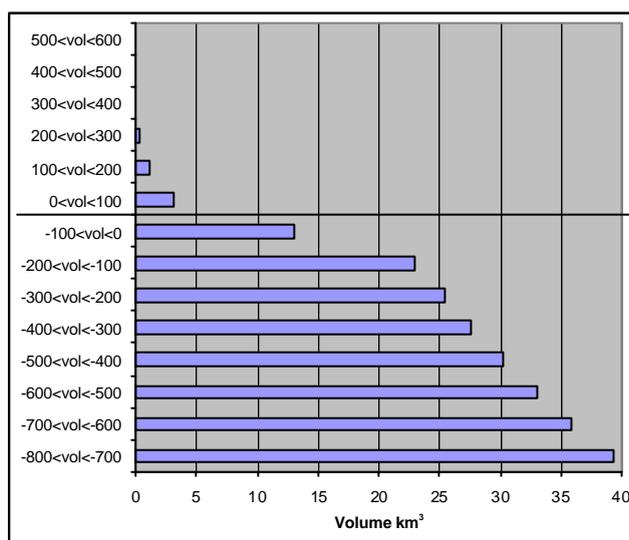


Gráfico II - Volume ocupado por classe de altitude entre a cota -800 e a cota 516.  
O intervalo de classes de altitude é de 100m.

#### 4.2. Aspectos geológicos

A actividade vulcânica da ilha do Porto Santo teve início no Miocénico em meio submarino, com produção de rochas básicas a intermédias, constituindo estas formações o substrato e as áreas de topografia mais acidentada, tendo-se prolongado até ao Quaternário (mapa 3, 4). É admitida a existência de três fases de vulcanismo distintas, seguidas cada uma delas por episódios sedimentares correspondentes a períodos de acalmia (Mottconsult, Consultores de Engenharia, Lda. e Mott MacDonald, 1999).

A primeira fase, caracterizada por derrames lávicos de basaltos, materiais piroclásticos e domos endógenos de traquitos, provavelmente de idade ante-vindobianiano, deu origem ao Pico do Concelho, ao Pico do Facho, ao Pico da Juliana e à Ponta da Calheta, etc.

Seguiu-se a deposição de formações marinhas de calcáriosossilíferos, de que são testemunho pequenos depósitos que ocorrem na ponta nordeste da ilha, a cerca de 300m de altitude e localizados junto do Pico da Juliana e nas cabeceiras do Ribeiro do Moledo, assim como a sudoeste na vertente sul do Pico de Ana Ferreira.

A segunda fase, de natureza fissural cortou e metamorfozou os complexos vulcânicos anteriores, possivelmente de idade ante-pliocénica.

A terceira fase, do tipo intrusivo deu origem a numerosos filões e diques que cortaram as formações calcárias e as formações vulcânicas, sendo de origem variada, basáltica, andesítica, etc. Teve lugar possivelmente no Pliocénico. Seguem-se a deposição de calcoarenitos com camadas argilo-detríticas castanho avermelhadas, típicas de um clima semi-árido, de idade possivelmente Plistocénico terminal, de depósitos de vertente, de depósitos de praia, coluvionares e aluvionares.

A ilha é formada por um conjunto de complexos vulcânicos de composição diferenciada mais expostos nos sectores NE e SO da ilha e, por rochas sedimentares que revestem o sector central e a costa sul da ilha. A actividade dos vários aparelhos vulcânicos deu origem a diversos vulcanitos (incluindo domos) e piroclastos, consolidados em tufos ou sob forma de escórias. Os vulcanitos, incluindo os domos, são agrupados em dois grupos "Basaltos e Andesitos" e "Traquitos e Riolutos".

Os Picos constituídos por rochas de cor escura, correspondem a "Basaltos e Andesitos", enquanto que noutros picos constituídos com rochas de cor clara, estas correspondem a "Traquitos e Riolutos".

A distribuição geográfica dos "Basaltos e Andesitos" é mais importante no sistema de montanhas do sector NE da ilha do que no sistema de montanhas do extremo SO. No primeiro sector, podemos identificar seis manchas, sem referir as inclusões de outras rochas que por vezes ocorrem no seu interior. Assim, a mais importante daquelas manchas tem como núcleo principal o sistema de montanhas que culmina no Pico do Facho e, como outros pontos de referência, situados dentro da mancha ou nas suas proximidades, os locais designados por Pico da Juliana, Cabeço da Pedra Rija, Pico da Cabrita, Serra de Dentro, Sítio da Eira Velha, Lombo Branco, Lombo do Cardal, Matinho, Pé do Pico, Quebrada, Zairão, Pico do Castelo e Pedregal de Fora. Outra mancha, no extremo NE da ilha, identifica-se com os locais designados por Fajã Grande, Lombo dos Amarelos, Fajã de Farinha, Pontinha, Barranco das Feiteiras, Curral Canário e Lombo do Mar. No final do curso superior da ribeira da Serra de Dentro desenvolve-se uma terceira mancha, separada da anterior, que tem como pontos de referência Terra Ferreira, Ferreira Pequena, Ponta dos Ferreiros, Abas do Rio e as Fajãs do Pico do Concelho e Achada. Entre a referida mancha e a costa sul localizam-se ainda duas outras manchas de "Basaltos e Andesitos": uma, prolongando-se desde a Corga à Ponta da Galé; outra, desenvolvendo-se a SE da Rocha de Nossa Senhora, passando por Figueirinha do Brito e quase atingindo Corgas. Finalmente, a última ocorrência,

já em terreno menos acidentado, situa-se entre a Camacha, Pedregal de Fora e Estação Loran.

No segundo sector, sistema de montanhas no extremo SO da ilha, os “Basaltos e Andesitos” estão essencialmente representados por uma mancha que, a partir da costa, entre a Ponta da Calheta e a Ponta da Beberia, se prolonga para o interior, abrangendo o Cabeço de Zimbralinho, o Cabeço do Dragoal, o sítio do Lombo e ainda parte dos Morenos. Devem ser referidas ainda, outras ocorrências com menor expressão. É o caso da mancha que ocupa toda a encosta O e toda a parte superior do Pico de Ana Ferreira, bem como as que se identificam com o Cabeço da Ponta e com o Cabeço das Canelinhas.

Na região que separa os dois sistemas de montanhas, caracterizada por cotas inferiores, os “Basaltos e Andesitos” constituem apenas duas ocorrências dignas de destaque: a mancha da Ribeira do Tanque e a mancha do Cabeço de Bárbara Gomes.

Os “Traquitos e Riolitos”, são assinalados apenas no sistema de montanhas do sector NE da ilha. De acordo com Portugal Ferreira (1996), os referidos géneros petrográficos ocorrem nas seguintes zonas: Cabeço do Guilherme, Ponta/Pico do Ninho do Guincho, Fajã Pequena, Pico Branco-Pico das Urzes-Terra Chã, Pedregal de Fora-Estação Loran, Pico do Castelo-Camacha, Rocha de Nossa Senhora e Vale do Touro-Ribeira do Atalho.

As formações vulcânicas piroclásticas estão representadas por tufos, brechas e escórias. Os tufos encontram-se geralmente cortados por uma densa rede filoneana de rochas basálticas e constituem extensas acumulações nas vertentes dos relevos, tanto no sector NE como no sector SO da ilha, além de constituírem as arribas abruptas da costa N e NO. As brechas vulcânicas são assinaladas apenas no Pico do Maçarico. Por último, as escórias de composição basáltica, ocorrem no Pico do Maçarico, atingindo a sua máxima expressão no Pico do Concelho e na zona Espigão-Morenos-Terra Branca.

As formações sedimentares de idade Quaternária, são representadas por eolianitos calcoareníticos, paleosolos silto-argilosos, depósitos de praia, crostas calcárias, depósitos fluviais e depósitos de vertente.

Os eolianitos calcoareníticos constituem uma extensa e possante ocorrência essencialmente na zona centro ocidental, de cotas inferiores e relevo suave, comparativamente aos dois sistemas de montanhas que a ladeiam. Esta formação denominada por Soares, (1973) de Formação Eolianítica, cobre cerca de 1/3 da superfície total da ilha e, na zona centro-ocidental referida constitui uma espécie de corredor Norte-Sul, onde o eolianito pode atingir espessuras com desenvolvimento vertical da ordem de 40 a 50m, como pode observar-se no local denominado Fonte de Areia.

De acordo com Soares (1973), os calcoarenitos apresentam cor amarelo-esbranquiçada e, são constituídos essencialmente por fragmentos de algas calcárias e de exoesqueletos de organismos marinhos e terrestres, devendo ser classificados como verdadeiros eolianitos. Ainda, segundo o mesmo autor, as areias carbonatadas apresentam alguns níveis intercalados de solo, argiloso de cor castanho-avermelhado, que correspondem ou a depósitos coluviais (contendo maiores ou menores concentrações de calhaus angulosos) ou a horizontes de evolução pedogenética. Os referidos níveis, correspondem

a períodos de pausa no transporte e acumulação das areias, com instalação temporária de um solo ou a ocorrência de inundações episódicas por leques de material lamacento (coluvial e/ou eluvial) oriundo dos relevos próximos, em períodos de pluviosidade mais intensa. Por sua vez, os solos contêm helicídeos em grande abundância, provando a sua formação em meio subaéreo e ciclos de deposição e não deposição das areias.

Segundo Moura (1961), a consolidação das areias carbonatadas organogénicas em calcoarenitos ficar-se-ia a dever à acção das águas meteóricas que, percolando os níveis superiores do sedimento muito poroso, se enriquecem progressivamente por dissolução em bicarbonato de cálcio até que, atingida a saturação em níveis mais profundos, aí precipitam o carbonato de cálcio que vai funcionar como cimento aglutinante das partículas de areia.

Os eolianitos calcoareníticos podem ainda ser observados em pequenos depósitos, sendo evidente a influência da topografia na acumulação das areias. Nos depósitos localizados no extremo SO da ilha, no sítio das Marinhas, Morenos e Zimbralinho, as areias eólicas acumularam-se ao longo de vales, podendo verificar-se aspectos de adaptação às vertentes do Cabeço das Eiras, do Pico do Espigão e Cabeço do Zimbralinho, respectivamente. Ao longo da linha de costa sul, entre a Calheta e o Cabeço da Ponta, e a cidade Vila Baleira e o sítio da Bilra, é também evidente a adaptação local das areias à topografia das vertentes. O mesmo podemos dizer dos depósitos que ocorrem no extremo SE da ilha, no sítio da Prainha e no Porto dos Frades, em que as areias apresentam um paralelismo entre os vectores inclinação das lâminas e o declive das vertentes do Pico do Maçarico e do Pico do Concelho, respectivamente. Por último, os eolianitos calcoareníticos, ainda ocorrem na parte superior dos ilhéus de Cima, de Baixo e do Ferro, revestindo as zonas aplanadas.

Os paleossolos silto-argilosos têm representação nas margens dos ribeiros e ribeiras mais importantes e, apresentam cor castanha ou acinzentada e são constituídos por depósitos coluviais finos e grosseiros. Estes depósitos são formados por clastos subangulosos de várias rochas vulcânicas e de crosta calcária, envolvidos numa matriz silto-argilosa.

As crostas calcárias encontram-se localizadas na parte norte da ilha, definindo uma mancha de contorno irregular, numa zona deprimida, que se estende entre o Cabeço da Lagoa (125m) e a Estação Loran (153m). A formação das crostas calcárias é devido ao movimento ascendente de soluções ricas em bicarbonato de cálcio, que atingem a saturação próximo ou à superfície, sendo a precipitação do carbonato de cálcio, motivada por variações de temperatura.

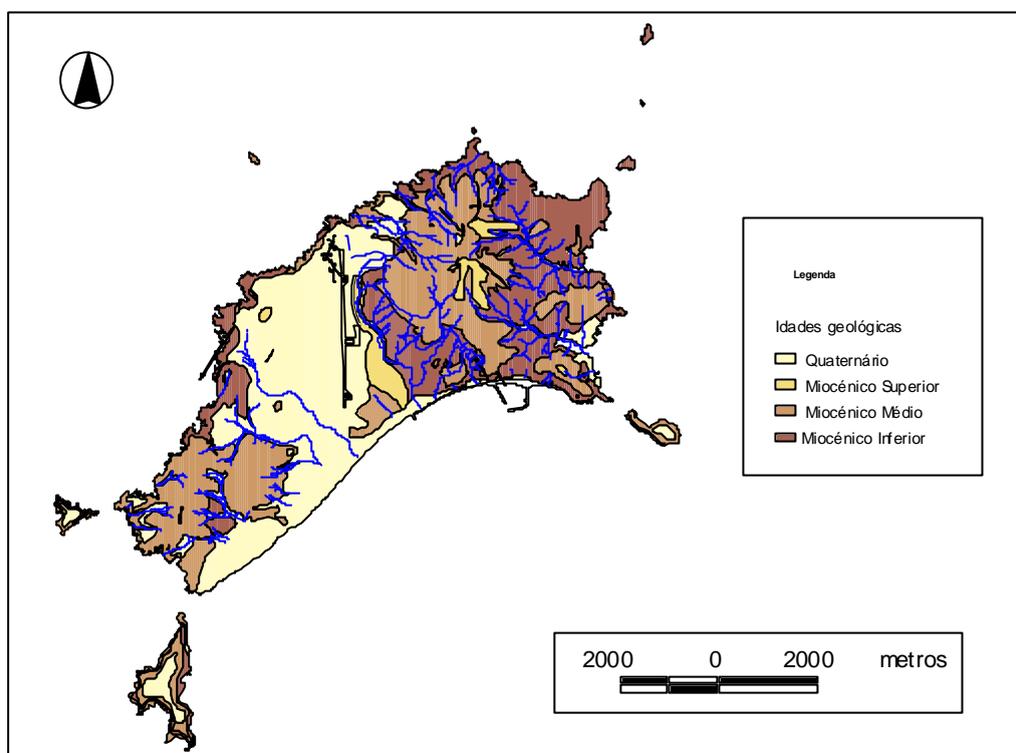
Os depósitos de praia correspondem a acumulações dunares de areias organogénicas. Estas formações estão assinaladas num cordão dunar junto à praia do litoral Sul, mas também ocorre, no nosso entender, na zona dos Mornos ou Covinhas.

Os depósitos fluviais estão restritos à foz da Ribeira do Calhau, na Serra de Fora e à Ribeira da Serra de Dentro, na Serra de Dentro.

Finalmente, a formação de depósitos de vertente está apenas assinalada na zona Penedo-Pico de Baixo, em encosta abrupta e inacessível, directamente sobre o mar. Os referidos depósitos são constituídos por materiais detríticos,

muito heterométricos, provenientes do desmantelamento da capa superficial do solo e de materiais piroclásticos pouco coesos.

A análise dos dados de superfície da carta geológica (mapa 3 e 4), em função da idade geológica, forneceu os indicadores apresentados na tabela VII.



Mapa 3 – Carta geológica do Porto Santo - idades geológicas (adaptada de Portugal Ferreira, 1996).

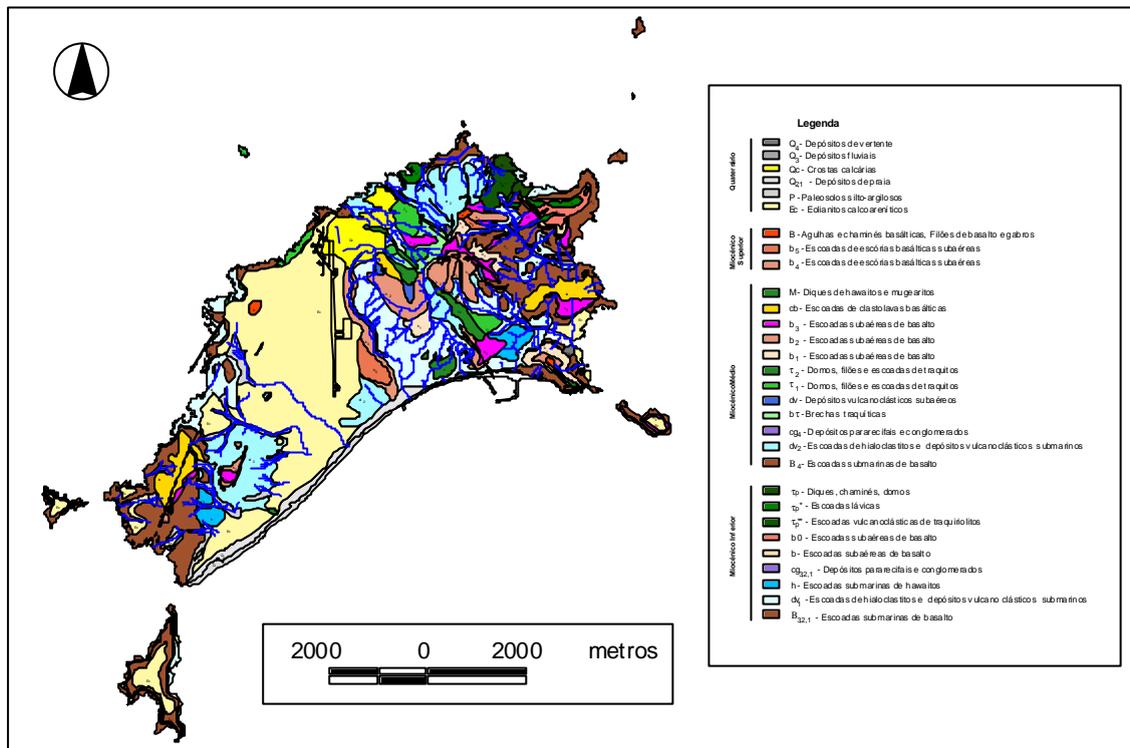
Tabela VII  
Carta Geológica da ilha do Porto Santo  
Áreas em função da Idade Geológica

Idade	Área (Km <sup>2</sup> )	% total	% cumulativa
<i>Miocénico Inferior</i>	11.85	27.83%	27.83%
<i>Miocénico Médio</i>	13.75	32.29%	60.11%
<i>Miocénico Superior</i>	1.53	3.60%	63.71%
<i>Quaternário</i>	15.46	36.29%	100.00%
<b>Total</b>	42.59		

Nota: As diferenças de área entre a cartografia e a geologia devem-se às diferentes fontes de informação.

As formações do Miocénico Inferior predominam no sector oriental da ilha a Este do Pico do Facho, na orla marítima Norte, entre o pico da Ana Ferreira e o extremo Sudoeste da ilha e nos Ilhéus a Nordeste. As formações do Miocénico Médio predominam no sector oriental da ilha a Oeste do Pico do Facho, no sector ocidental da ilha, e compõem o ilhéu da Fonte da Areia. As formações do Miocénico Superior situam-se no sector central da ilha e na zona do Pico do

Facho. As formações do Quaternário cobrem, essencialmente, o sector central da ilha, a orla marítima Sul e os Ilhéus situados a Sueste e Sudoeste da ilha.



Mapa 4 – Carta geológica do Porto Santo - formações geológicas (adaptada de Portugal Ferreira, 1996).

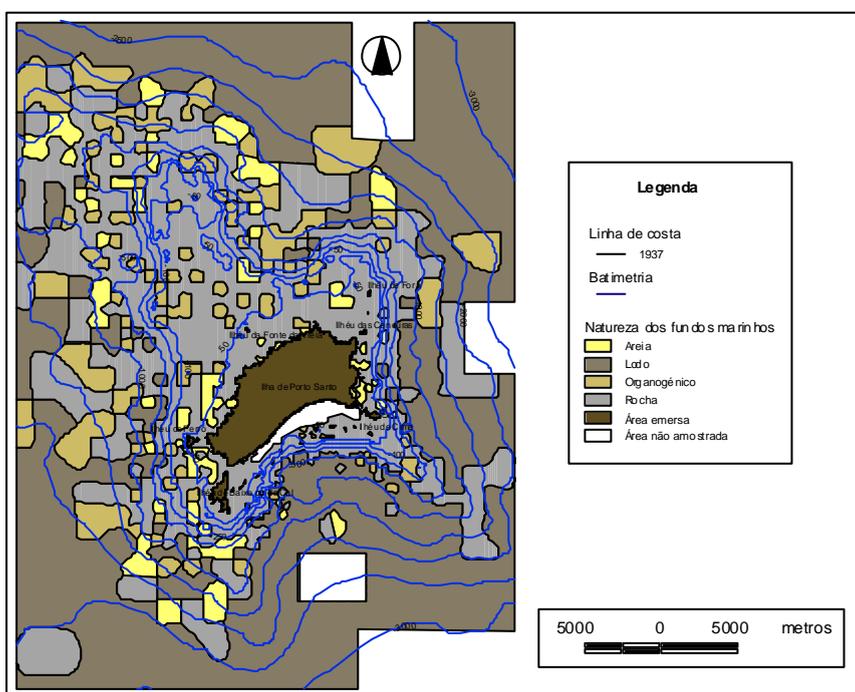
A idade média das areias de praia da ilha do Porto Santo, determinada pelo método do radiocarbono, está estimada em cerca de 15.000AP (antes do presente). As referidas areias teriam resultado da desintegração de um recife coralígeno formado no final do Plistocénico, em torno da ilha mas com maior desenvolvimento na plataforma localizada a noroeste desta, recife no qual dominariam algas rodófitas calcárias. A desintegração do recife teria tido lugar durante a Última Grande Glaciação, quando o nível médio da água do mar baixou significativamente. As areias são constituídas essencialmente por bioclastos das referidas algas.

A análise cumulativa da superfície ocupada pelas diversas formações geológicas da ilha (de um total de 30) forneceu os indicadores apresentados na tabela IX.

Relativamente à parte submersa da ilha, a cartografia da natureza geológica dos fundos permitiu realizar uma descrição quantitativa da distribuição das classes de fundos para o levantamento de António Pedro D’Azevedo, 1937. Foram identificadas quatro classes de fundos, as quais ocupam as áreas brutas apresentadas na tabela X (mapa 5).

Tabela IX  
 Carta Geológica da ilha do Porto Santo  
 Ordenação das formações geológicas (10 mais significativas) em  
 função da sua expressão em área

Rank	Formação	% Total	% Cum.	Idade	Descrição
1	<b>Ec</b>	26.49%	26.49%	<i>Quaternário</i>	Eolianitos Calcoarenitos
2	<b>dv 1</b>	13.43%	39.92%	<i>Miocénico Inferior</i>	Escoadas de hialoclastistos
3	<b>dv 2</b>	9.60%	49.52%	<i>Miocénico Médio</i>	Escoadas de hialoclastistos
4	<b>β 1,2,3</b>	9.05%	58.57%	<i>Miocénico Inferior</i>	Escoadas submarinas de basaltos
5	<b>β 4</b>	7.30%	65.87%	<i>Miocénico Médio</i>	Escoadas submarinas de basaltos
6	<b>Q 1,2</b>	3.16%	69.04%	<i>Quaternário</i>	Depósitos de praia
7	<b>Qc</b>	3.05%	72.09%	<i>Quaternário</i>	Crostras calcárias
8	<b>b 2</b>	2.86%	74.95%	<i>Miocénico Médio</i>	Escoadas sub-aéreas de basalto
9	<b>cb</b>	2.81%	77.76%	<i>Miocénico Médio</i>	Escoadas de clastolavas basálticas
10	<b>P</b>	2.78%	80.54%	<i>Quaternário</i>	Paleosolos silto-argilosos



Mapa 5 – Natureza geológica do fundo marinho.

Com base nestes descritores apresentam-se as principais características das diversas classes de fundos na tabela XI.

Tabela X  
 Natureza geológica dos fundos marinhos - 1937  
 Área ocupada por classe

Natureza dos fundos	Área (km <sup>2</sup> )
Areia	64.5
Lodo	621.3
Organogénico	133.3
Rocha	423.8
Área total	1242.9

As diversas classes de fundos foram caracterizadas em função dos seguintes descritores:

- NP Número de polígonos (incluí polígonos completamente englobados no modelo e de fronteira)
- PCC Percentagem de cobertura de cada classe
- PCMP Percentagem de cobertura do maior polígono de cada classe
- AMP Área média dos polígonos da classe (hectares)
- DPA Desvio padrão da área dos polígonos de cada classe
- MCGP Média da Complexidade geométrica dos polígonos da classe
- MPCG Média ponderada pela área da complexidade geométrica dos polígonos da classe

Tabela XI  
 Natureza geológica dos fundos marinhos - 1937  
 Descritores estatísticos

	NP	PCC	PCMP	AMP	DPA	MCGP	MPCG
Areia	54	5.19	0.45	119	141	1.25	1.35
Lodo	23	49.99	23.74	2701	6739	1.42	2.65
Organogénico	85	10.72	1.12	157	242	1.20	1.36
Rocha	19	34.10	28.53	2230	8064	1.59	7.71
Totais	181	100.00	53.84				

Verifica-se que a areia e os materiais organogénicos aparentam possuir características que aproximam o seu comportamento, cobrem percentagens reduzidas do fundo e apresentam-se fragmentados num número superior de manchas, sem que nenhuma destas individualmente se revele muito expressiva. Pelo contrário, os materiais lodosos e a rocha cobrem áreas significativas do fundo em manchas contínuas. Estas características reflectem-se numa área média por mancha muito inferior no caso da areia e dos materiais organogénicos quando comparados com o lodo e a rocha. Ao nível da complexidade geométrica das manchas, esta é máxima para a rocha, apresentando as outras classes comportamento semelhante.

Relativamente às duas classes mais expressivas, rocha e lodos, verifica-se que a sua distribuição não é homogénea em torno da ilha. A área coberta por rocha situa-se próximo dos limites da parte emersa da ilha, enquanto que a presença de lodo domina a distâncias mais consideráveis.

O cruzamento da informação sobre a natureza dos fundos e as classes de profundidade, no que respeita ao levantamento de 1937, permitiu avaliar a distribuição dos materiais que jazem à superfície do fundo do mar em função da profundidade – Tabela XII.

Tabela XII  
 Natureza geológica dos fundos marinhos - 1937  
 Distribuição relativa em função da profundidade

Natureza do Fundo vs. Classes de Profundidade				
	Lodo	Rocha	Areia	Organogénico
-20<cota<0	0.00%	87.19%	12.81%	0.00%
-50<cota<-20	0.00%	87.99%	8.91%	3.10%
-100<cota<-50	0.00%	76.43%	8.47%	15.10%
-200<cota<-100	1.20%	69.36%	8.78%	20.66%
-500<cota<-200	9.84%	71.28%	5.75%	13.13%
-1000<cota<-500	29.39%	47.04%	10.35%	13.23%
-1500<cota<-1000	36.93%	35.25%	6.62%	21.19%
-2000<cota<-1500	57.19%	25.70%	5.36%	11.76%
-2500<cota<-2000	83.87%	5.62%	1.52%	8.98%
-3000<cota<-2500	93.66%	5.79%	0.00%	0.55%

Os resultados obtidos para a distribuição relativa de materiais à superfície do fundo do mar em função da profundidade estão expressos graficamente no gráfico III.

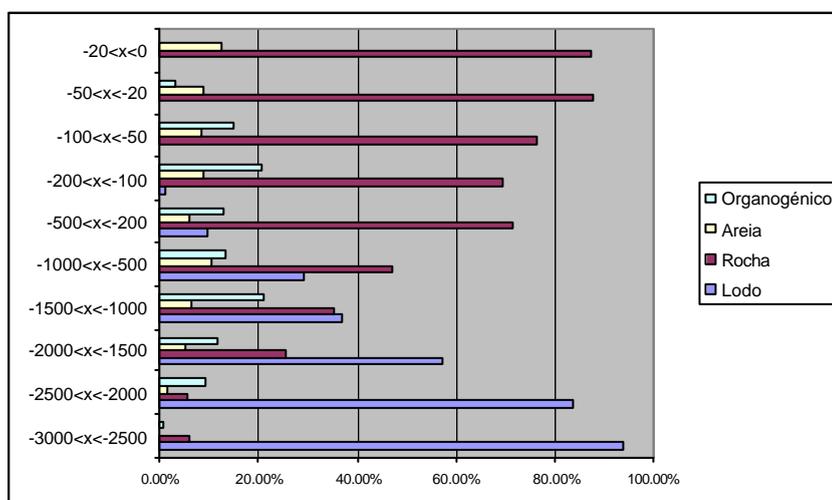


Gráfico III – Distribuição relativa dos materiais geológicos à superfície do fundo do mar em função da profundidade.

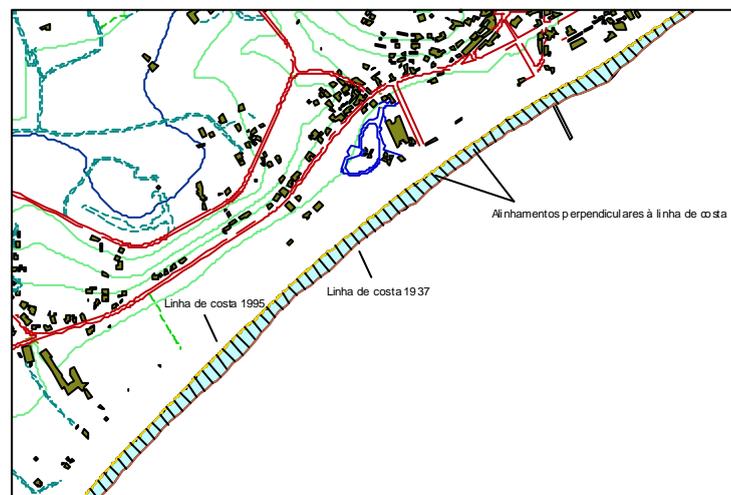
### 4.3. Linha de costa

O estudo da evolução da linha de costa na praia do Porto Santo foi efectuado utilizando a informação obtida em 1937 e 1995. A metodologia para a definição da linha de costa não foi igual nas duas datas, o que impõe cuidados na interpretação dos resultados. A linha de costa em 1937 foi obtida do levantamento hidrográfico realizado nesse ano. A linha de costa é representada nas pranchetas originais por entidades vectoriais. Embora não seja seguro, esta representação deverá ser fidedigna e corresponder a observações directas no campo. O EMQ desta informação varia entre 9 e 11m. A linha de costa em 1995 foi obtida através de estereorestituição para produção de cartografia 1:10000. O EMQ desta informação deverá ser inferior a 5m. A linha de costa em 1995 inclui o porto de abrigo, entretanto construído.

O estudo da evolução da linha de costa na praia do Porto Santo abrangeu o troço entre a Ponta da Calheta, a Oeste, e as Pedras Altas, a Leste. O análise incidiu sobre as áreas de regressão/ transgressão, bem como na quantificação linear das alterações. Para efeitos de análise, a extensão descrita foi dividida em dois sectores. O sector Oeste abrange o troço entre a Ponta da Calheta e o contra-molhe do porto de abrigo (7000m). O sector Leste abrange a extensão entre o contra-molhe do porto de abrigo e as Pedras Altas (1600m), incluindo o próprio porto de abrigo.

O estudo das alterações lineares foi efectuado apenas no sector Oeste, uma vez que a construção do porto de abrigo alterou de tal modo o perfil original, no sector Este, que o tipo de abordagem empregue não teria significado. Foi adoptada a seguinte metodologia (mapa 6).

1. Definição de um azimute perpendicular à linha de costa –  $320^{\circ}\text{N}$
2. Construção de um conjunto de alinhamentos com o azimute definido anteriormente e com 25m de espaçamento entre si.
3. Intersecção de cada alinhamento com as linhas de costa respectivas
4. Obtenção do comprimento de cada alinhamento intersectado



Mapa 6 – Metodologia utilizado para estudo da evolução da linha de costa.

Os resultados desta análise que abrange uma extensão de 6925m e 278 observações resumem-se na tabela XIII.

Tabela XIII  
Evolução da linha de costa - Alterações lineares  
1937 - 1995  
Ponta da Calheta ao contra-molhe do porto de abrigo

	Zona de transgressão	Zona de regressão
<b>N.º de observações</b>	26	252
<b>N.º de sectores</b>	3	3
<b>Comprimento (m)</b>	625	6275
<b>Varição média</b>	4.6 m	41.0 m
<b>Varição máxima</b>	11.6 m	92.0 m
<b>Desvio padrão</b>	2.73	23.54

A análise dos recuos em termos da sua expressão em área resume-se na tabela XIV.

Tabela XIV  
Evolução da linha de costa - Alterações de superfície  
1937 - 1995  
Ponta da Calheta ao contra-molhe do porto de abrigo

	Área de transgressão	Área de regressão
Varição de 1937 a 1995	3017 m <sup>2</sup>	259200 m <sup>2</sup>
Saldo	-256183 m <sup>2</sup>	
	-25.62 ha	

Os recuos lineares nas áreas transgressivas apresentam pouca significância, uma vez que a sua variação média se encontra dentro dos limites de definição da informação. No entanto, as áreas transgressivas aparentam corresponder, quase na íntegra, à zona de intervenção da construção do porto de abrigo. Os recuos verificados nas áreas regressivas são muito superiores à definição da informação pelo que a sua presença é significativa. Excluindo a área directamente afectada pelo porto, obtêm-se os seguintes valores médios para as taxas de recuo nos sectores regressivos:

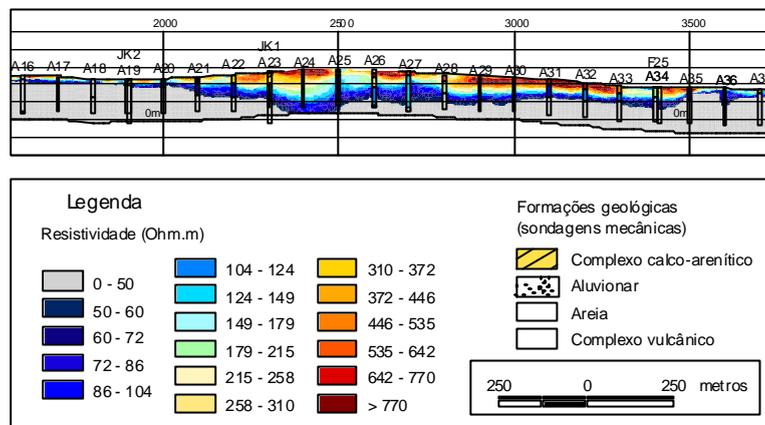
Recuo máximo médio - 1.6m/ano

Perda líquida de área - 4417m<sup>2</sup>/ano

#### 4.4. Aspectos geofísicos/geológicos

A interpretação dos dados geofísicos conjuntamente com a informação obtida através de cortes geológicos feitos em afloramentos da formação de eolianitos calcoareníticos ao longo de cursos de água e arribas fósseis e da interpretação dos logs de sondagens mecânicas e estudos micropaleontológicos feitos em

amostras de vulcanitos, permitiram delimitar e estimar a espessura da formação de eolianitos calcoareníticos (mapa 7).



Mapa 7 – Prospecção eléctrica, sondagens mecânicas (adaptado de Silva, J., *et al.* 2000).

A espessura da formação aumenta gradualmente a partir da Lapeira de Dentro para o extremo sul do Aeroporto, passando pelo sítio das Pontinhas. No entanto, é na zona dos Mornos ou Covinhas e na zona dos Assoprões onde o eolianito apresenta maior espessura.

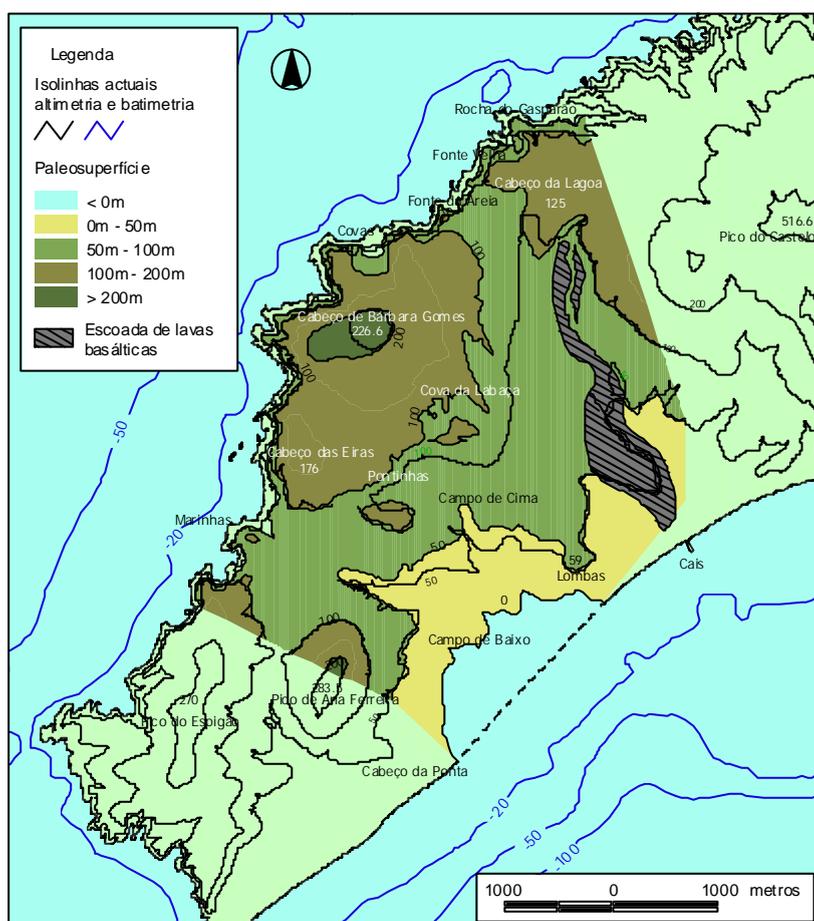
Na interpretação dos dados geofísicos não é possível individualizar as unidades solo da unidade eolianítica quando se trata de espessuras reduzidas. No entanto, a descontinuidade entre a formação de eolianitos calcoareníticos e a formação de vulcanitos que lhe serve de base é nítida. Os valores de resistividade eléctrica obtidos para a formação de eolianitos calcoareníticos são muito variáveis, dependendo do grau de consolidação e cimentação das areias.

Nos locais onde era difícil definir a existência da formação de eolianitos calcoareníticos devido ao facto dos valores de resistividade eléctrica não a discriminarem das formações vulcânicas, realizaram-se perfis do gradiente magnético no sentido de se estabelecer o limite de ambas as formações. A formação de eolianitos calcoareníticos apresenta valores de gradiente magnético compreendidos  $-180\text{nT}$  a  $+300\text{nT}$ , muito inferiores aos das formações vulcânicas subjacentes  $>+300\text{nT}$ .

A transposição da informação interpretada (d,Z,atributo) para a planimetria foi realizada sem perda de informação, resultando em pontos (x,y,z,atributo) distribuídos ao longo da geometria dos pontos. Este conjunto de pontos permitiu a construção de um MDT da superfície da base da formação, uma paleosuperfície.

O sector nordeste da ilha do Porto Santo, onde predominam rochas de composição fundamentalmente ácida a intermédia, encontra-se disposto lateralmente ao alinhamento principal e parece também estar ladeado por uma crista de menor desenvolvimento desde o Baixo do Nordeste até ao ilhéu de Cima ou do Farol. Os distintos tipos de rochas encontradas entre os dois sectores da ilha que se delimitam através da paleo-superfície alinhada segundo a orientação estrutural regional fortalece o modelo apresentado na base de um condicionamento tectónico.

A cota 0m da paleosuperfície na costa Sul (mapa 8), permite reconstruir um modelo da linha de costa do tipo golfo com desenvolvimento de pequenos braços, em estreita relação com o vale submarino, que se estendeu para o interior da ilha, desenhando um arco entre os sítios da Lombas, Campo de Cima, Campo de Baixo e Cabeço da Ponta. No referido golfo desenvolveu-se sobre os vulcanitos, e por alteração destes, uma formação de natureza argilosa, que exhibe normalmente cor castanha escura, constituída por glauconite, esmectite, interestratificado irregular glauconite – esmectite, feldspato potássico, quartzo e calcite (Silva, *et al.*, 2001). Nalguns locais, sobre a formação argilosa ocorrem misturas com abundantes conchas de bivalves e gastrópodes (lumachelas), de acordo com a informação constante dos “logs” das sondagens mecânicas SP5, SP6 e JK6, localizadas no Campo de Baixo, e da sondagem RH6 localizada no sítio das Pontinhas no Campo de Cima.



Mapa 8 – Base da formação de eolianitos calcoareníticos: Paleosuperfície (adaptado de Silva, J., *et al.* 2000).

Admitimos a formação de duas bacias, a primeira tendo-se desenvolvida desde a Fonte Velha-Fonte da Areia-Covas até ao Campo de Baixo, controlada pelo aparelho vulcânico do Cabeço de Bárbara Gomes e pela escoada basáltica; a segunda bacia, de menor dimensão, tendo-se desenvolvido desde as Marinhas até ao Campo de Baixo, foi controlada pelos Cabeços das Canelinhas e Carvalho e pelos Picos do Espigão e de Ana Ferreira.

Nas amostras da formação argilosa estudada foi possível identificar uma fauna de foraminíferos bentónicos, que se desenvolveu entre o substrato vulcânico e

a formação de eolianitos calcoareníticos. A referida fauna revela a ocorrência de um ambiente marinho pouco profundo de águas costeiras temperadas a quentes, onde as variações diurnas e sazonais da temperatura e da salinidade eram consideráveis. A presença de foraminíferos na formação argilosa parece apoiar a hipótese da sua génese ter ocorrido num fundo marinho pouco profundo. Atendendo ao princípio da sobreposição, a formação argilosa deve ter-se formado num período anterior ao da deposição das areias, durante o qual o nível relativo do mar seria mais elevado que o actual. Esta fase provavelmente precedeu a última grande glaciação, designada por glaciação de Würm.

Após os episódios vulcânicos do Miocénico, os depósitos eólicos de natureza areno-calcária, cobriram essa paleosuperfície que se deveria ter prolongado mais para norte da actual linha de costa.

## **5. Conclusões**

Em termos globais, a construção de um Sistema de Informação Geográfica no contexto apresentado teve por objectivo integrar e processar informação, suportando as seguintes funções:

- Constituir uma base de ligação entre a cartografia e toda a informação disponibilizada e obtida no âmbito dos trabalhos da dissertação que possuísse natureza geográfica;
- Implementar e integrar a gestão, a visualização, o processamento e a interpretação da informação;
- Montar um sistema produtor de descritores numéricos e de saídas gráficas digitais e analógicas;
- Produzir uma aplicação SIG Desktop integrando a informação mais relevante de modo a disponibilizar uma ferramenta de consulta e pesquisa;
- Construir um Sistema de Informação Geográfica para a área de estudo, susceptível de desenvolvimento futuro.

## **6. Bibliografia**

António Pedro D’Azevedo (1937) - Ilha de Porto Santo, Carta hidrográfica levantada pela Missão Hidrográfica das Ilhas Adjacentes. Instituto Hidrográfico, Lisboa.

Geldmacher, Jörg; Bogaard, Paul; Hoernle, Kaj; Schmincke, Hans-Ulrich (2000). Ar age dating of the Madeira Archipelago and hotspot track (eastern North Atlantic). Geochemistry, geophysics, geosystems, vol. 1, 2000

Ferreira, M. Portugal (1996) – Carta Geológica de Portugal, Folha da Ilha de Porto Santo. Centro de Geociências da Universidade de Coimbra e Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.

Mottconsult, Consultores de Engenharia, Lda. e Mott MacDonald (1999). Estudo de Avaliação Técnica Financeira das Diferentes Opções para Garantia do abastecimento de água a Porto Santo. Região Autónoma da Madeira, Secretaria Regional do Equipamento Social e Ambiente, Instituto de Gestão da Água. Fase I, Estudo Preliminar, Lisboa, Capítulo 3, 40 p.

Moura, A. R. (1961) – Foraminíferos das areias de praia e dos calcoarenitos da ilha de Porto Santo. Memórias e Notícias, Rev. Mus. Lab. Min. Geol. Universidade Coimbra, nº 51, pp. 64-82, Est. FIV.

Rocha, A. C.; Fartura, J.; Soares, H.; Moura, R. P.; Machado, A.; Bernardes, C.; Almeida, F. (2001). Sistema de Informação Geográfica aplicado a Projecto de Prospecção Geofísica. ESIG 2001 – VI Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica. 28-30 Novembro, Tagus Park, Oeiras.

Silva, J.; Almeida, F.; Rocha, A.; Gomes, C. (2000). Geophysical Methods Used in the Reconstruction of the Paleosurface that Separates the Miocene Bentonite Deposit from the Overlying Quaternary Eolian Sands, in Porto Santo Island (Madeira Archipelago). Proceedings of the 1<sup>st</sup> Latin American Clay Conference, Funchal 2000, Vol. II, pp 68-75.

Silva J., Martins V., Gomes C. & Gomes, V. (2001). Palaeogeographic and palaeoclimatic reconstruction, based on information provided by marine benthic foraminifera thanatocoenoses, of the clayey formation that underlies the Quaternary deposits of carbonate aeolianite in Porto Santo island. V Reunião do Quaternário Ibérico, Lisboa, pp. 156-159.

Silva, João (2002) – Areia de praia da ilha do Porto Santo: geologia, génese, dinâmica e propriedades medicinais. Dissertação de Doutoramento em Geociências, Universidade de Aveiro, 276 p.

Soares, A. F. (1973) – A formação eolianítica da ilha de Porto Santo. Memórias e Notícias, Rev. Mus. Lab. Min. Geol. Universidade Coimbra, nº 73, pp. 47-88.