



XI CONGRESSO DA GEOGRAFIA PORTUGUESA

# AS DIMENSÕES E A RESPONSABILIDADE SOCIAL DA GEOGRAFIA

9 - 11 de Novembro 2017  
Faculdade de Letras Universidade do Porto

Livro de Atas

COORDENADORES:

Teresa Sá Marques  
José Alberto Rio Fernandes  
José Teixeira  
Patrícia Abrantes  
Fátima Matos  
Laura Soares

# Ensaio metodológico para a Integração das Condicionantes Naturais no Planeamento e Ordenamento do Território em Cabo Verde – O Caso da ilha de Santo Antão

R. Rocha <sup>(a)</sup>, C. Bateira <sup>(b)</sup>, A. Gomes <sup>(c)</sup>

<sup>(a)</sup> Departamento de Geografia / Faculdade de Letras da Universidade do Porto, rosalopesrocha@gmail.com

<sup>(b)</sup> Departamento de Geografia / Faculdade de Letras da Universidade do Porto, carlosbateira@gmail.com

<sup>(c)</sup> Departamento de Geografia / Faculdade de Letras da Universidade do Porto, albgomes@gmail.com

## RESUMO

O Arquipélago de Cabo Verde constitui um pequeno território insular (4033 Km<sup>2</sup>) que apresenta uma reconhecida vulnerabilidade ambiental e elevada escassez de recursos hídricos. Nesse quadro, o Estado de Cabo Verde, vem implementando nos últimos um conjunto de ações políticas, técnicas e administrativas, que visam o estabelecimento de um sistema integrado de planeamento e ordenamento do território. Tendo em atenção o contexto do planeamento em Cabo Verde, o debate científico internacional e, várias experiências desenvolvidas noutras regiões, no presente trabalho, propõe-se analisar o referido sistema de planeamento, colocando a tónica ao nível do planeamento tático operacional. Recorre-se a técnicas de análise espacial em ambiente SIG, para explorar os factores que determinam a disponibilidade de recursos na ilha de Santo Antão e, desenvolvem-se ensaios de delimitação e integração destas condicionantes ao nível do planeamento e ordenamento das bacias hidrográficas.

**Palavras chave:** Planeamento, Condicionantes naturais, Recursos hídricos, Santo Antão

## 1. INTRODUÇÃO

Cada vez mais, o planeamento e o ordenamento do território envolve a gestão de recursos limitados e visa a preservação e a conservação do património natural. A escassez hídrica constitui atualmente, uma das principais preocupações a nível mundial. Localizando-se na vasta região de climas árido e semiárido, em transição para o clima desértico, o arquipélago de Cabo Verde, enfrenta o problema de escassez hídrica, de forma particular. O regime pluvial caracteriza-se por uma curta e aleatória estação pluviosa, entre os meses de Agosto e Outubro, em função das oscilações ocasionais da frente de convergência inter-tropical. Nesse contexto, as altas taxas de evapotranspiração, condicionadas pela temperatura do solo e pela pressão atmosférica, agravam o balanço hidrológico, quase sempre negativo.

Estima-se que no arquipélago, cerca de 20% da água das precipitações se perde pelo escoamento superficial, 13% dirige-se à recarga de aquíferos e 67% desaparece pela evaporação (INMG, 2003). Daí se infere que a capacidade de infiltração e, a subsequente recarga dos aquíferos seja relativamente baixa, porém diferenciada entre as ilhas. O Grupo BURGEAP (1974), através da fórmula empírica  $I = 0,25 (P - 300)$ , em que  $I$  é a infiltração útil em mm/ano e  $P$ , a pluviometria média expressa em mm/ano, corrigida com vários factores como natureza do coberto vegetal, declive do relevo e outros, estimou os recursos hídricos subterrâneos do arquipélago em 173 milhões de m<sup>3</sup> por ano, sendo que 90,3% se concentrariam nas ilhas de Santo Antão (36,1 %), Santiago (27,1,8%), e Fogo (27,1%). Estas estimativas são globalmente concordantes com outras desenvolvidas pelo PNUD/ONUDES, 1987 e pela JICA/Japão 1999.

Contudo, valores mais elevados de precipitação nem sempre correspondem a maior disponibilidade de recursos hídricos. Na região sul do arquipélago, designadamente nas ilhas do Fogo e Santiago, as precipitações médias são mais elevadas, correspondendo a 495mm e 321mm por ano, respetivamente. No entanto, a ilha de Santo Antão com apenas 274,5 mm de precipitação média anual nos últimos 30 anos, tem aprox. 50% dos recursos hídricos disponíveis nas águas provenientes das nascentes ().

A ilha apresenta uma acentuada irregularidade topográfica com declives geralmente elevados (figura 1), potenciadores do escoamento superficial. Os declives suaves, inferiores a 12% representam apenas, 13,9% do território, e, apenas 4,3% apresenta declives inferiores a 5%. Estas áreas correspondem, fundamentalmente, às planícies litorais da região sul da ilha, as áreas planálticas do interior e, aos leitos de alguns vales. Rocha, 2010.

Não obstante, os dados disponíveis (Rocha, 2010) indicam que a ilha de Santo Antão dispõe de um aquífero com relativa capacidade de armazenamento de água nas camadas rochosas mais porosas e facilidade de circulação interna, ou seja, uma significativa condutividade hidráulica. O tempo e a distância de percurso poderão influenciar grandemente as propriedades químicas das mesmas águas, com consequências na sua potabilidade e no funcionamento dos meios utilizados na sua extração.

Face à redução dos níveis de precipitação nas últimas décadas (Rocha, 2010), a subsequente redução dos caudais e a importância dos recursos hídricos como garantia da sustentabilidade da economia insular, essencialmente dependente do sector agrícola, é fundamental

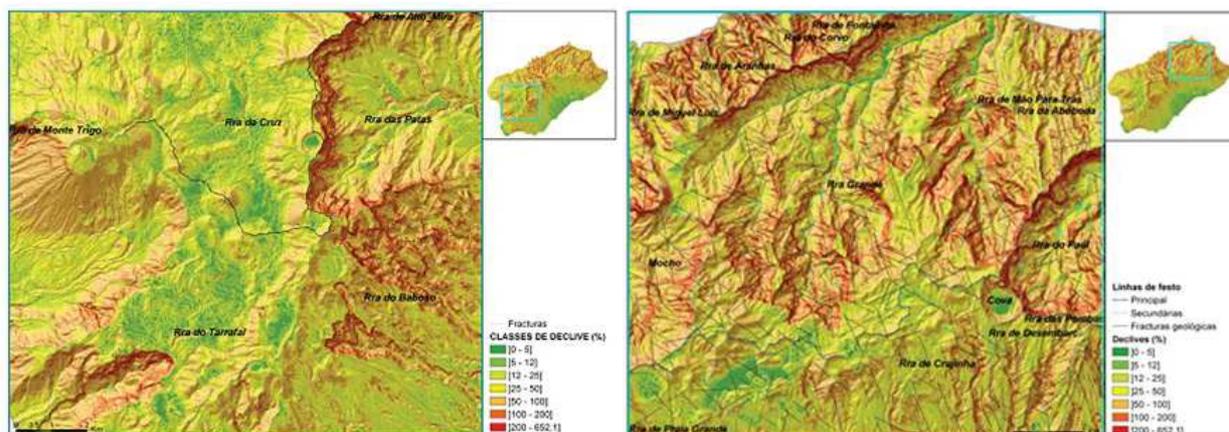


Figura 1 - Mapas de declives ilustrativos das regiões ocidental e oriental da ilha de Santo Antão.

garantir a preservação das áreas de recarga dos aquíferos. A intervenção na paisagem, com o objetivo de reter a água no solo e facultar a infiltração profunda deve assim constituir uma das componentes fundamentais do ordenamento do território nesta ilha.

O presente estudo visa analisar e compreender os processos que interferem na disponibilidade hídrica na ilha de Santo Antão e propor um modelo conceptual que permita definir as potenciais áreas de infiltração e, subsequente integração desta condicionante natural no sistema de planeamento e ordenamento do território.

### 1.1 Análise do Contexto Geológico e Hidrogeológico da Ilha

A natureza, espessura e profundidade dos materiais sólidos da crosta terrestre bem como, da sua distribuição superficial e subsuperficial, constitui um requisito prévio à compreensão da ocorrência do movimento da água subterrânea. (Lencastre e Franco, 1992). Geologicamente, na ilha de Santo Antão, o Complexo Antigo

(CA- OV na figura 2) constitui um substrato impermeável (Bourguet, 1989), e as principais nascentes da ilha surgem no seu contato. A série intermédia (PA), muito espessa, constitui a maior parte das arribas de basalto e tufo. Repousando sobre o substrato do CA (impermeável) e alimentado pelas séries piroclásticas, recentes, que o recobrem, o PA constitui o principal aquífero da ilha (Bourguet, 1989). A análise espacial dos dados resultantes de um inventário exaustivo dos recursos hídricos na ilha de Santo Antão e respetivas localizações na carta geológica (figura 2), resulta que, 78.1% dos pontos de água superficial e, 77% do caudal diário disponível através das nascentes estão associados ao substrato geológico caracterizado como basanitos intercalados com diques e piroclastos (OV), correspondente ao substrato mais antigo da ilha (Pliocénico, de 7,5 à 2 Ma). 15,4% (140) do nº total de pontos de água e, 18% (5072 m<sup>3</sup>/dia) do caudal diário total disponível associa-se ao substrato geológicos caracterizado pela predominância de lavas traquibasálticas e defríticos,

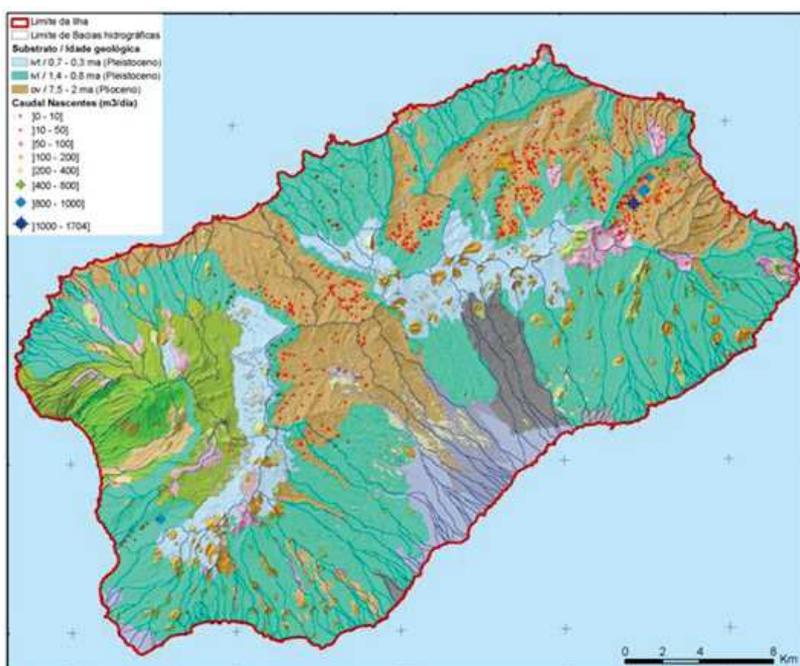


Figura 2 – Distribuição das nascentes e substrato geológico da ilha de Santo Antão.

mais neflinica (IVL), corresponde a rochas de idade mais recente (Pleistoceno 1.4 - 0.7 ma).

Heilweil et al. (2006) afirmam que, em geral, a infiltração ocorre, preferencialmente, nas regiões de maior altitude das ilhas, onde as taxas de precipitação são mais elevadas. Por outro lado, segundo os mesmos autores, a baixa permeabilidade de brechas, tufos e piroclásticos podem agir como barreiras de fluxo horizontal ou vertical.

Sobrepondo os dados do referido inventário à carta de precipitação média da ilha (1980-2009), constata-se que, parcialmente, as afirmações dos referidos autores confirmam que os pontos de água com caudais mais significativos se concentram, essencialmente, nas bacias hidrográficas com exposição dominante norte e nordeste da ilha, a jusante da região com níveis pluviométricos mais elevados (figura 3). Contudo, esta constatação não é linear pois, verifica-se que, na bacia hidrográfica do Tarrafal, com exposição a sudoeste e, num contexto de extrema aridez, localizam-se importantes nascentes, um dos quais correspondendo ao terceiro maior caudal da ilha.

Bourguet (1989) afirma que, do substrato PA, o qual constitui o principal aquífero da ilha, provém a nascente principal do Tarrafal e a maior parte das nascentes altas dos vales do Nordeste. Contudo, questiona-se sobre a localização as zonas de recarga e a estrutura

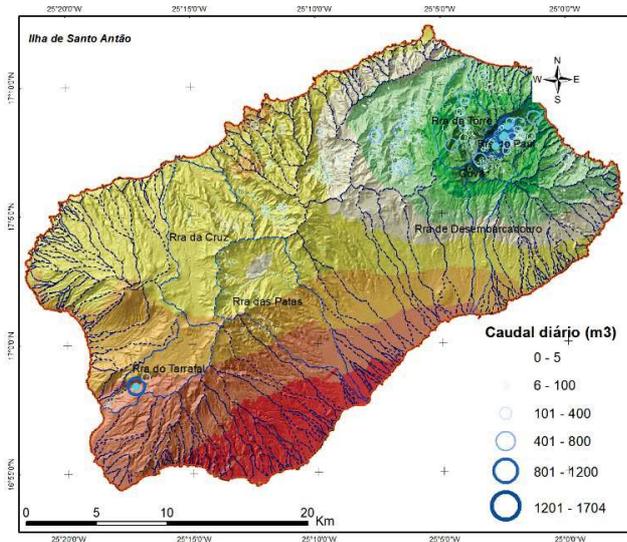


Figura 3 - Carta de Precipitação Média e localização das Nascentes.

que conduz a água às nascentes, tendo em atenção os baixos níveis de pluviometria na região envolvente.

Constata-se, porém, que, as nascentes se localizam numa escarpa que evidencia um acidente geológico e, a jusante de uma área cuja topografia, tipo de substrato geológico e os solos, conferem-lhe características de zonas áreas com alto potencial de infiltração e subsequente recarga. Adicionalmente, a carta geológica evidencia uma possível falha ou fratura que une a cratera vulcânica de Topo de Coroa a uma das nascentes na Ribeira do Tarrafal, intercetando o leito da ribeira à cota dos 400 metros, como se pode constatar na figura 4. Heilweil et al. (2006) afirmam que a presença de filões basálticos ou diques verticais intrusivos podem atuar como barreiras de fluxo horizontal, de acordo com a figura 5.

Com efeito, apesar do substrato geológico da ilha ser constituída por rochas eruptivas vulcânicas de natureza basáltica, as quais apresentam, em geral, uma baixa produtividade dos aquíferos (Lencastre e Franco, 1992), contudo a existência de fraturas geológicas e de filões atuando como barragens subterrâneas antes da sua captação. A imagem da Figura 5a, corresponde uma paisagem típica das zonas montanhosas da ilha, com maior incidência na região ocidental, nas bacias hidrográficas de Ribeira das Patas, Alto Mira, Garça e Ribeira Grande.

Contudo, a análise de correlação entre os dados relativos aos caudais dos pontos de água e a densidade de fracturação geológica, não é significativa, como se poderá constatar na figura 6. Esta informação poderá

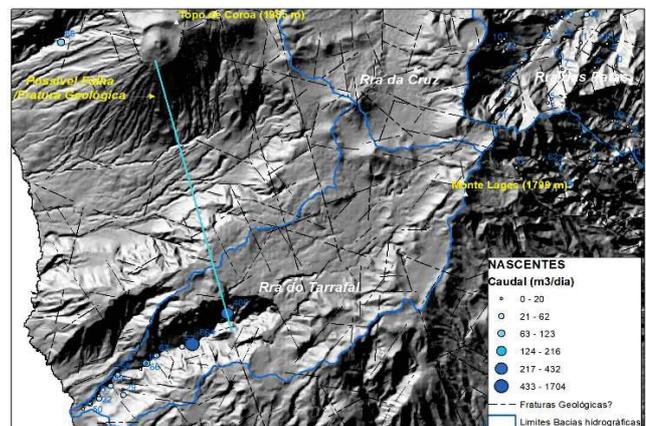


Figura 4 - Localização de Possível Falha entre Topo de Coroa e Tarrafal.

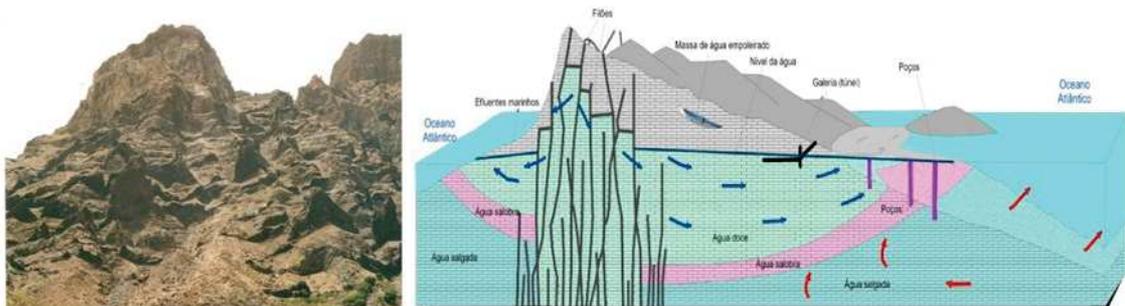


Figura 5 - a) Diques verticais na bacia hidrográfica de Ribeira das Patas; b) esquema dos aquíferos da região (adaptado de Victor M. Heilweil et al., 2006).

evidenciar que a localização dos pontos de água não coincide com as zonas de recarga dos aquíferos.

Daí se infere que uma complexidade de fatores, nomeadamente estruturais, condicionam a disponibilidade hídrica na ilha de Santo Antão.

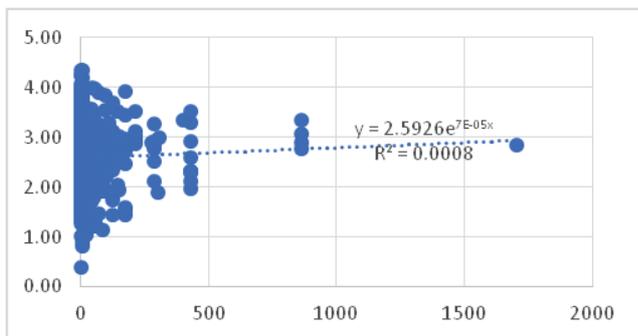


Figura 6 – Correlação entre a fracturação e o número de nascentes.

### 3. METODOLOGIA

No presente estudo propõe-se a aplicação de técnicas de geoprocessamento e análise espacial em ambiente SIG, para explorar os fatores que condicionam a disponibilidade hídrica e delimitar as áreas mais favoráveis à infiltração e recarga dos aquíferos (figura 7). Dentro os parâmetros analisados citam-se o substrato geológico, a densidade de fracturação geológica, a morfologia do terreno (curvatura), os declives, a densidade hidrográfica ou de drenagem, a precipitação, a estrutura do solo, a ocupação do solo e os índices de vegetação. O projeto desenvolvido em SIG permitirá a sistematização dos processos, combinação de dados espaciais, análise das interações e desenvolver previsões através de um modelo empírico, cujos resultados serão validados com medições de níveis de infiltração no campo.

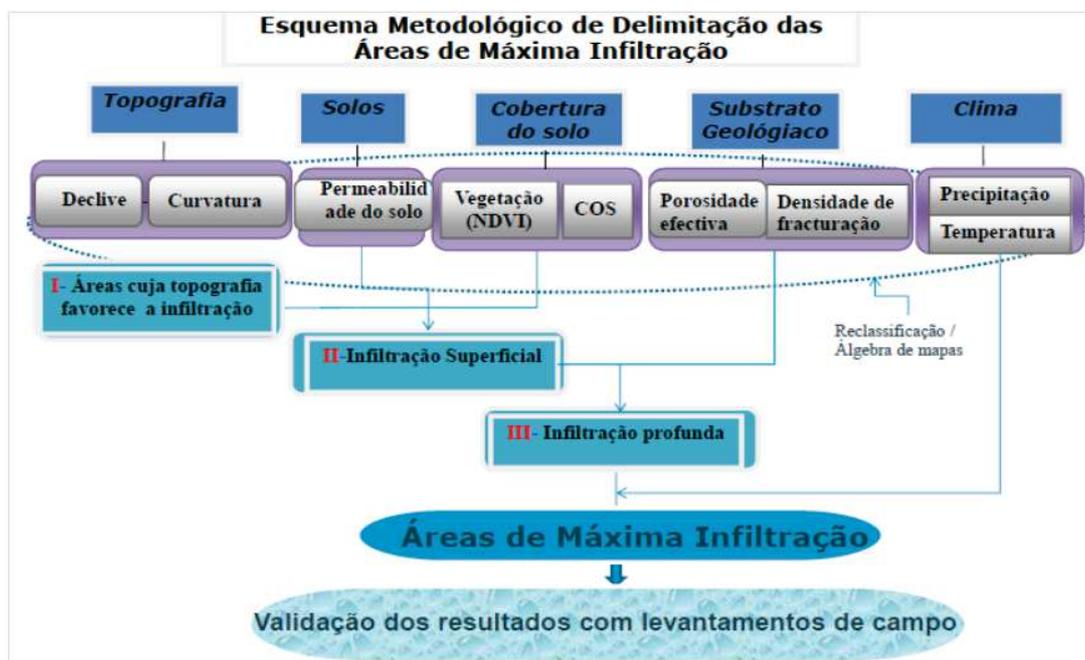


Figura 7 - Esquema metodológico de delimitação das áreas de máxima infiltração.

### 4. RESULTADOS

Os resultados obtidos mediante a aplicação da modelação proposta compõe as figuras 8, 9 e 10.

Da análise interativa dos parâmetros e resultados preliminares obtidos no ensaio metodológico, pode-se inferir que:

a) a localização das áreas de máxima infiltração, não justifica, *per si*, a inexistência de recursos hídricos subterrâneos na bacia hidrográfica do Desembarcadouro e a abundância destes recursos na bacia do Paúl. Esta diferenciação poderá ser justificada pela não coincidência dos limites topográficos (superficiais) e dos freáticos (subterrâneos) das bacias hidrográficas (figura 8);

b) a ocorrência de escoamento de água a nível subterrâneo aumenta a disponibilidade hídrica nas bacias

hidrográficas expostas a N/NE em detrimento das expostas à Sul;

c) é possível a existência de um desnivelamento da camada impermeável ou a sua inclinação para a região N/NE.

Face a estes dados e face ao conhecimento que temos deste território adianta-se que a intervenção na paisagem, com o objetivo de reter a água no solo e facultar a infiltração profunda deve constituir uma das componentes do ordenamento do território. Deve-se ter em conta que a impermeabilização das áreas com declives suaves situadas a montante de bacias hidrográficas e que correspondem a solos geralmente mais desenvolvidos, interfere na função de recarga dos aquíferos destas áreas e que o planeamento/ordenamento das bacias hidrográficas visando a promoção do aumento da dispo-

nibilidade de água não deve cingir ao limite topográfico das referidas unidades (figura 9). Um cuidado especial deve ser dado às áreas planálticas (figura 10), que ape-

sar de apresentarem uma morfologia propícia à edificação, a sua impermeabilização poderá comprometer a recarga dos aquíferos da ilha.

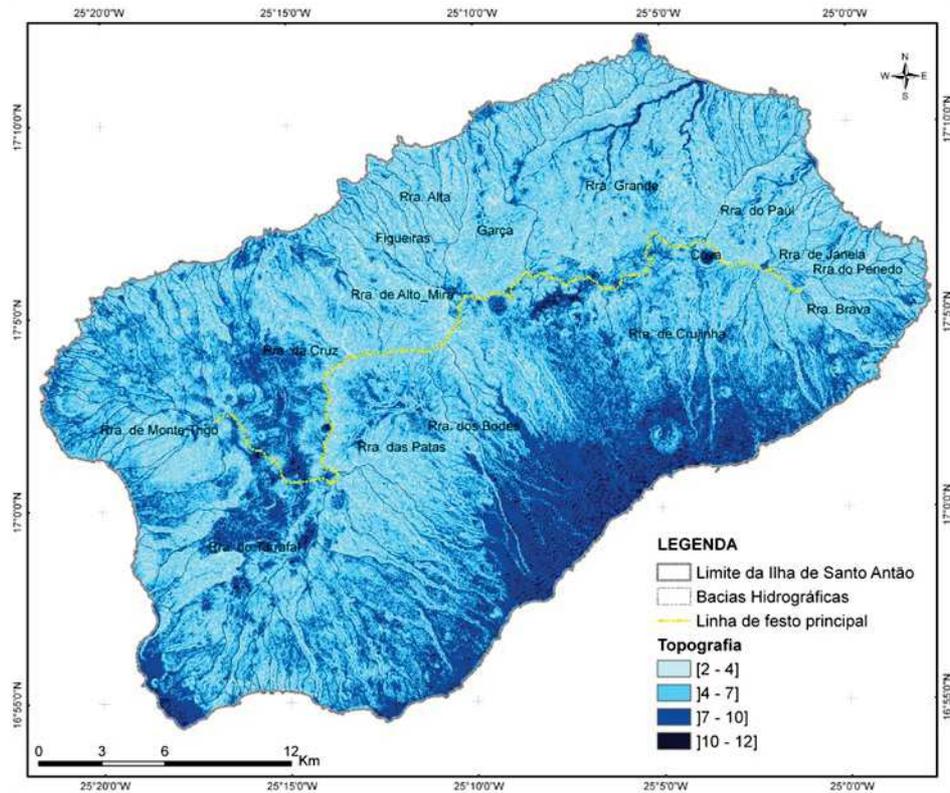


Figura 8 – Áreas cuja topografia (declives e curvatura) favorece a infiltração.

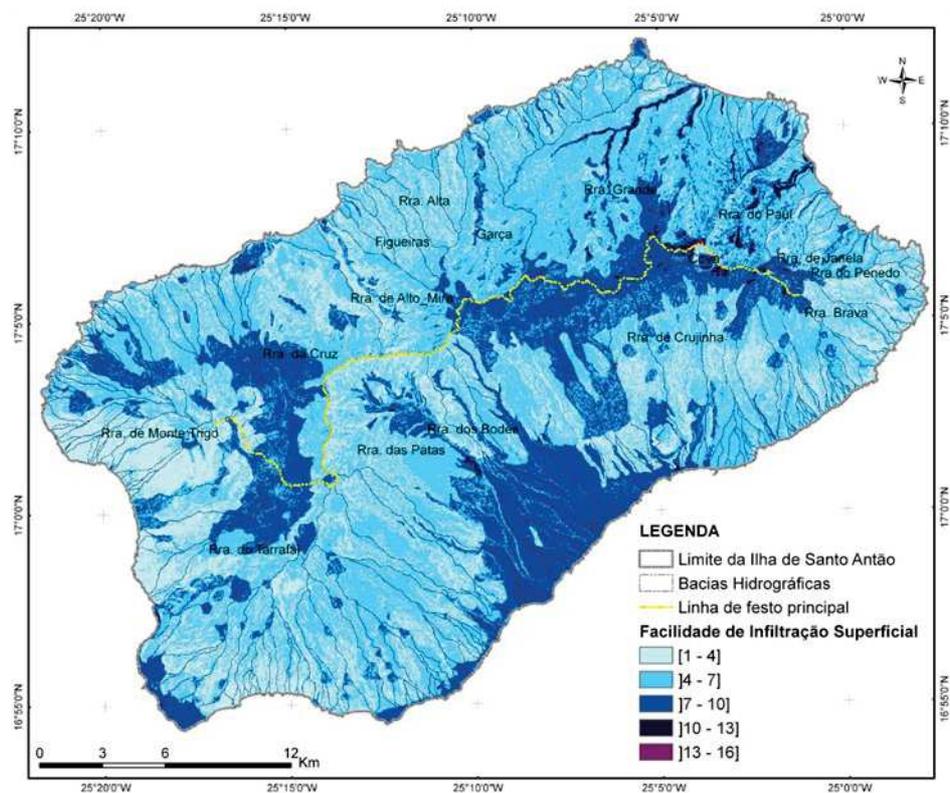


Figura 9 – Áreas cuja topografia (declives e curvatura), permeabilidade e cobertura do solo facilitam ou dificultam a infiltração superficial.

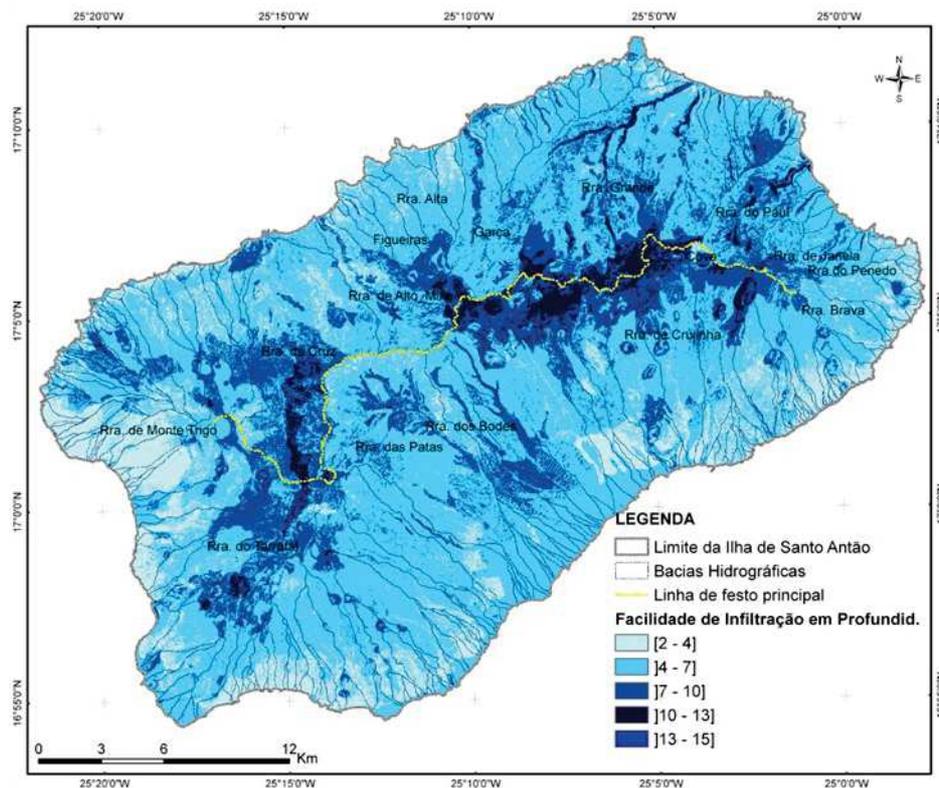


Figura 10 – Áreas cuja topografia, permeabilidade, cobertura do solo e substrato geológico facilitam ou dificultam a infiltração em profundidade.

## 5. CONCLUSÕES

A integração das condicionantes a disponibilidade hídrica, nomeadamente as áreas de máxima infiltração, nos instrumentos de gestão territorial (IGTs) constitui um imperativo legal.

Contudo, face a complexidade dos fatores intervinientes, esta condicionante, normalmente não vem sendo integrada nos instrumentos de planeamento, a nível regional e municipal. Sublinha-se que, raros são os Planos Diretores Municipais já aprovados que referem as áreas de máxima infiltração. Nesses casos, o critério adotado baseia-se nos limites das áreas cujo substrato geológico corresponde a aluviões, seguindo a prática constatada no sistema de planeamento e ordenamento do território noutros países como em Portugal.

Os resultados do ensaio desenvolvido neste trabalho mostram que é possível e desejável integrar no IGTs de Cabo Verde a condicionante relativa à disponibilidade hídrica, uma vez que se dispõe de ferramentas que permitem a obtenção fundamentada de áreas com diferentes aptidões para esta condicionante.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- BURGEAP (1974). Etude et Mise en Valeur des Eaux Souterraines Dans L' Archipel de Cap Vert.. Lisboa, Ministério da Coordenação, Brigada das Águas Subterrâneas.
- Bourget, L. (1989). Etude de Mise en Valeur des Eaux Souterraines - Relatório de Missão à Santo Antão. République Française e República de Cabo Verde. Praia, CNAG-RRS.
- Heilweil, V., Solomon, K., Gingerich, S & Verstraeten, I (2006). Oxygen, hydrogen, and helium isotopes for investigating groundwater systems of the Cape Verde Islands, West Africa. *Hydrogeology Journal* (2009) 17: 1157–1174
- Heilweil et al. (2006). Evaluation of Baseline Ground-Water Conditions in the Mosteiros, Ribeira Paul, and Ribeira Fajã Basins, Republic of Cape Verde, West Africa. U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey
- Lencastre, A & Franco, F. (1992). Lições de Hidrologia. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Rocha, R. (2010). Aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica em Estudos de Caracterização Biofísica da Ilha de Santo Antão em Cabo Verde. Dissertação de Mestrado, UTAD, 195p.