

Uma Contribuição para a definição de zonas de protecção dos recursos hídricos de superfície na ilha de S. Miguel

Jorge Vazquez

Director do Serviço de Geotecnia da COBA SA, Professor Convidado do I.S.T.

Luís Cunha

Eng.º Civil (I.S.T.), COBA SA

Lurdes Pimenta

Eng.ª Civil (I.S.T.), COBA SA

SUMÁRIO: Neste artigo faz-se inicialmente uma caracterização geral da Ilha de S. Miguel, com especial incidência nas suas características geomorfológicas e hidrogeológicas, e apresentam-se as correlações hidrológicas assumidas nos estudos que apoiaram a modelação da capacidade hídrica das principais linhas de água e que servem de base a um zonamento de áreas de protecção onde deveria ser devidamente acautelada a utilização e ocupação dos terrenos.

ABSTRACT: This paper starts with the general characterisation of the S. Miguel island, with special emphasis on their geomorphological and hidrogeological conditions; overmore we present the hydrological correlations that were assumed in the studies that supported the modelling of the water resources availability of the main streams and that were the basis of the zoning of the protected areas where the land use and occupation should be carefully safeguarded.

1 - INTRODUÇÃO

No âmbito dos estudos de levantamento do potencial hidroenergético da Ilha de S. Miguel, efectuados para a Empresa de Electricidade dos Açores, EDA, estudaram-se as 42 linhas de água principais da ilha, o que permitiu um inventário das suas disponibilidades e o equacionamento de correlações com as condicionantes hidrogeológicas das bacias hidrográficas próprias e vizinhas.

Este trabalho de base, para além de permitir a selecção de aproveitamentos hidroelétricos potenciais, possibilitou a definição de áreas de maiores recursos hídricos de superfície e que são nalguns casos alimentadoras - através de escoamentos subterrâneos - de outras bacias vizinhas.

No momento em que se discute a problemática da eutrofização das lagoas e os efeitos poluidores inerentes à actividade agrícola - devido ao uso intensivo de adubos e à actividade da pastorícia - surge como prioritária a definição de áreas de protecção de recursos hídricos que previnam ou minimizem a progressão destes efeitos poluidores e que, em paralelo com outras medidas, permitam resolver este problema.

2 - CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ILHA

S. Miguel tem 65 km de comprimento segundo a direcção este-oeste e uma largura entre os 8 e 15 km. A sua área total é de 747 km².

A ilha é formada, em linhas gerais, por dois importantes maciços montanhosos, o maciço vulcânico das Sete Cidades a ocidente e o maciço oriental, com uma zona central pouco acidentada, de altitude média entre os 200 e os 250 m, onde ocorrem numerosos cones vulcânicos de pequena dimensão, e a zona mais a oriente integrando alguns maciços montanhosos de relevo muito acentuado, maciço vulcânico da Serra de Água de Pau (lagoa do Fogo), Furnas, Povoação e Serra da Tronqueira, com vários pontos ultrapassando a cota (900).

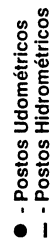
O litoral é em grande parte de arriba, com quedas acentuadas e frequentemente superiores a 100 m, havendo apenas algumas zonas de praia, sobretudo na costa sul.

Cerca de 40% da ilha está acima da cota (400), apresentando 36% de declives superiores a 30% e 20% de declives superiores a 40%, o que indicia bem a topografia acidentada e declivosa da ilha, constatando-se a existência de uma relação directa da distribuição da precipitação com a orografia, exibindo 30% da ilha precipitações superiores a 2000 mm e 14% superiores a 2500 mm anuais (Fig.1).

O regime pluviométrico é favorável, caracterizado por elevadas precipitações e por uma certa regularidade, o que, aliado à permeabilidade dos terrenos, reúne boas condições de recarga dos aquíferos. No semestre mais chuvoso as precipitações atingem 65 a 70% do total anual. Nos meses de menor pluviosidade as precipitações atingem ainda valores de 40 mm a 140 mm em cotas baixas e elevadas, respectivamente.

Há por vezes situações de pluviosidade muito elevada que aumentam os fenómenos de erosão superficial já de si facilitados pela elevada declividade e pela fraca consistência dos terrenos superficiais.

Grande parte da população localiza-se na zona central da ilha, no triângulo **Ponta Delgada - Vila Franca do Campo - Ribeira Grande**, sendo abastecidas pelas ribeiras que nascem no maciço vulcânico da Serra de Água de Pau. Refere-se a título de exemplo o caso da ribeira da Praia que abastece Ponta Delgada e cujo aproveitamento hidroeléctrico tem estado inclusivamente fora de serviço devido à derivação de caudais para abastecimento público (Fig.1).



3 - CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DA ILHA

Na metade ocidental da ilha os eventuais recursos hídricos esgotam-se numa possível utilização das Lagoas - Lagoa das Sete Cidades e pequenas lagoas limítrofes. Efectivamente, nesta metade da ilha, ou não há mesmo linhas de água ou estas são duma maneira geral grotas de regime torrencial. Algumas destas grotas nascem a cotas bastante elevadas, (750) a (800), e em áreas onde a precipitação ronda os 2 750 mm, sendo de admitir que a falta de caudais permanentes nestas linhas de água esteja essencialmente ligada às características geotécnicas das suas bacias hidrográficas, algumas das quais drenando directamente para o mar.

É na metade oriental da ilha que se localizam os principais recursos hídricos. Esta metade da ilha do ponto de vista altimétrico apresenta duas zonas com cotas acima de (800), onde têm origem as principais ribeiras da ilha, uma em redor da Lagoa do Fogo e a outra cerca do Planalto dos Graminhais, zonas estas que correspondem também às precipitações mais elevadas que se verificam na ilha e que atingem anualmente cerca de 3 000 mm.

No que respeita à **zona da lagoa do Fogo**, nascem nas suas imediações ribeiras com caudais elevados e permanentes, nomeadamente, a sul, as ribeiras das Três Voltas, Praia e Água de Alto e, a norte, a ribeira Grande, todas com captações para abastecimento público. Estas ribeiras têm bacias seguramente alimentadas pela lagoa (como se verá adiante), exibindo caudais permanentes reconhecidos, mesmo em alturas de estiagem rigorosa em que menos de uma dúzia de ribeiras na ilha tinham água. As bacias destas ribeiras estão essencialmente cobertas por materiais piroclásticos, ocorrendo ao longo das linhas de água principalmente traquitos, mas também andesitos e basaltos.

No que se refere à ribeira Grande (virada a norte) o afluente direito - ribeira do Rosário - exhibe caudais elevados, salientando-se no entanto que estes caudais aparecem a cotas superiores às do plano de água da Lagoa do Fogo, sendo plausível neste caso a existência de transferências de caudais entre bacias vizinhas. Efectivamente, a linha de cumeadas do Rosário estabelece fronteira com as bacias das ribeiras do Chiqueiro (norte) e das Tainhas (sul) que apresentam caudais inferiores aos que seriam de esperar.

Refere-se ainda que a regularização de ribeira do Rosário resulta, em parte, da vegetação tipo "musgão" que ocorre nas suas margens, retendo uma grande quantidade de água que vai posteriormente "cedendo" à ribeira e também dos depósitos piroclásticos de projecção, de carácter pomítico, no interior dos quais circula grande quantidade de água.

Na **zona do Planalto dos Graminhais** fazem fronteira algumas unidades geomorfológicas muito importantes do ponto de vista dos recursos hídricos da ilha.

Para Sul, os **vulcões das Furnas, da Povoação e a Serra da Tronqueira**, onde nascem respectivamente as ribeiras das Furnas - Quente -, as ribeiras da Povoação - Lagos, Purgar e lomba Grande - e a ribeira do Faial da Terra. Nas suas bacias hidrográficas é frequente

a ocorrência de um nível superior menos consolidado de materiais piroclásticos de projecção pomíticos que, tendo em conta a sua extensão e espessura, se pode prever que transportem grandes quantidades de água que alimentam e regularizam os caudais das ribeiras. No caso da ribeira Quente há ainda que sublinhar o importante efeito alimentador e regularizador da lagoa das Furnas.

Para Norte, as **regiões do Planalto litoral Norte e do Nordeste**, onde se salientam pela sua potencialidade hídrica, respectivamente, as ribeiras dos Caldeirões, da Salga e das Coelhas, e a ribeira do Guilherme.

No que respeita à ribeira do Guilherme é de referir que as suas características hidrogeológicas terão sofrido alterações aquando da cheia de 1986 que subescavou consideravelmente o leito da ribeira nalgumas zonas, verificando-se, em princípio, perdas de caudais a certas cotas que são canalizadas para escoamentos subterrâneos e que podem ou não reaparecer a cotas mais baixas no leito da ribeira.

Do ponto de vista hidrogeológico salienta-se também a zona localizada entre a Lagoa de Fogo e a Lagoa das Furnas, cuja unidade geomorfológica é designada por "**Planalto da Achada das Furnas**", que alimenta um conjunto de ribeiras nas quais foram sempre identificados caudais muito reduzidos e por vezes até inexistentes. Referem-se, nomeadamente, as ribeiras Seca, Tainhas, Vida, Patas e Grande, para sul, e as ribeiras da Cruz, Faleira, Tranca, Salto e Funda para norte. Salientam-se as baixas inclinações médias do leito destas ribeiras, especialmente a cotas elevadas onde a precipitação é maior, factor que favorece a infiltração das águas da chuva.

As bacias hidrográficas destas ribeiras estão na sua maioria cobertas por materiais piroclásticos heterogéneos, existindo na sua superfície vários cones de escórias vulcânicas, alguns alinhados ao longo de antigas fracturas, e ocorrendo ao longo das ribeiras andesitos peridotíticos. Grande parte dos caudais destas ribeiras são canalizados para escoamentos subterrâneos que não voltam a ser restituídos às ribeiras, sendo nalguns casos restituídos ao mar, como é visível em diversas quedas de água na costa sul, nas imediações de Ponta Garça.

Como se verifica dos casos acima expostos, no regime de caudais das ribeiras interferem factores hidrogeológicos difíceis de contabilizar, nomeadamente, alimentações por parte das lagoas, nascentes nas linhas de água ou nas encostas que as alimentam e caminhos preferenciais de percolação que favorecem a transferência subterrânea de águas entre bacias adjacentes e/ou directamente para o mar. Estes fenómenos justificam as incoerências registadas por vezes entre postos udométricos e hidrométricos nas mesmas áreas de influência, que não podem ser explicadas pelas bacias hidrográficas superficiais, e que foram ponderados na avaliação dos respectivos escoamentos.

4 - AVALIAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DAS PRINCIPAIS RIBEIRAS

4.1 - Estudo da Precipitação

O estudo genérico da precipitação sobre a parte Oriental da ilha de S. Miguel efectuou-se recorrendo aos dados disponíveis dos postos udométricos na região, nomeadamente, Lagoa do Fogo II, Lagoa do Fogo III, Salto do Cabrito, Lagoa do Fogo - Lombo, Lameiro, Ribeira da Praia, Limo - Porto Formoso, Monte Escuro, Lomba da Maia, Lagoa das Furnas, Salto do Fojo, Ribeira da Alegria, Salga, Salto do Cavalo, Algarvia, Monte Simplício, Espigão da Ponte, Lomba da Erva e Nordeste (Fig.1).

Para estes postos, os registos mais antigos datam do ano hidrológico de 1968/69 e o período máximo em que existem registos simultâneos em todos os postos compreende os anos hidrológicos de 1978-79 a 1991-92, período adoptado para o estudo, havendo, ainda assim, que preencher algumas lacunas nos registos mensais recorrendo ao modelo estatístico HEC4.

A verificação da consistência e homogeneidade dos dados da precipitação anual para a totalidade destes dezanove postos baseou-se no método duplo-acumulativo, tendo como base os valores anuais dos mesmos, o que permitiu a correcção de alguns valores mensais de precipitação.

Do tratamento dos dados disponíveis pode constatar-se que a precipitação aumenta com a altitude, segundo a seguinte correlação:

$$P \text{ (mm)} = 1391 + 1.572 \times h \text{ (m)} \quad (1)$$

4.2 - Estudo dos caudais nas estações hidrométricas

O estudo dos caudais afluentes às diversas secções das ribeiras na região em estudo, baseou-se nos registos dos caudais médios diários das seguintes estações hidrométricas: Salto do Cabrito, Gramas, Lameiro, Lombadas, Rosário, Praia, Sanguinhal, Lombo Frio, Bispos, Lomba da Erva e Guilherme (Fig.1).

Da análise dos dados hidrométricos verificou-se que apenas algumas estações tinham anos com registos completos e, mesmo assim, em muito escasso número, verificando-se lacunas que vão desde alguns dias no mês a meses inteiros. Acresce ainda que os medidores da região das Furnas, Povoação e Nordeste (Lombo Frio, Bispos, Lomba da Erva e Guilherme) foram destruídos aquando das cheias de 1986.

As séries de valores dos caudais médios diários no período de 1978-79 a 1991-92 foram analisadas mês a mês e correlacionados os caudais de um mesmo grupo de estações, constituído pelas estações com proximidade geográfica e afinidades hidrológicas, o que permitiu corrigir algumas anomalias nos dados e estimar alguns valores em falta.

Para estender as séries de escoamentos mensais de cada estação hidrométrica (expressos em mm de altura da água), foram ensaiadas várias correlações desta variável: com a precipitação do mesmo mês ocorrida na sua bacia; com a precipitação do mesmo mês e do mês anterior; com a precipitação do mesmo mês e o caudal do mês anterior; com a precipitação do mesmo mês e o caudal e precipitação do mês anterior e, ainda, com os caudais registados nas estações hidrométricas mais próximas e hidrologicamente afins. Apresenta-se no Quadro 1 as melhores correlações obtidas.

Quadro 1 - Séries de escoamentos mensais. Correlações

Estações Hidrométricas	Escoamentos
Salto do Cabrito	$H_{SC} = .873 \times H_{LR} + 47.6$
Gramas	$H_i = .221 \times P_i + .673 \times H_{i-1}$
Lombadas	$H_L = 3.266 \times H_R^{2.196}$
Praia	$H_i = 8.908 + .339 \times P_i + .704 \times H_{i-1}$
Lombo Frio	$H_i = 29 + .211 \times P_i + .533 \times H_{i-1}$
Bispos	$H_i = 5.145 + .486 \times P_i + .252 \times P_{i-1}$
Lombo da Erva	$H_i = -23 + .605 \times P_i + .227 \times P_{i-1}$
Guilherme	$H_G = 11 + .465 \times H_{LE}$

H_i - escoamento no mês i
 P_i - precipitação no mês i
 L - Lombadas ; R - Rosário ; G - Guilherme ; LE - Lombo da Erva
 SC - Salto do Cabrito ; LR - Lombadas e Rosário

A análise dos valores de escoamento e da precipitação em ano médio, permitiu verificar a ocorrência de valores do défice de escoamento variáveis desde -665 mm, para o caso da estação da Ribeira da Praia, até 2109 mm, para a Ribeira das Lombadas, que mostram bem o complexo comportamento hidrogeológico da Ilha.

Na Fig. 2 traça-se o andamento comparativo das curvas do escoamento e de precipitação mensais em ano médio para algumas das estações hidrométricas, nomeadamente, Lombadas, Rosário, Praia, Lombo Frio, Bispos e Guilherme.

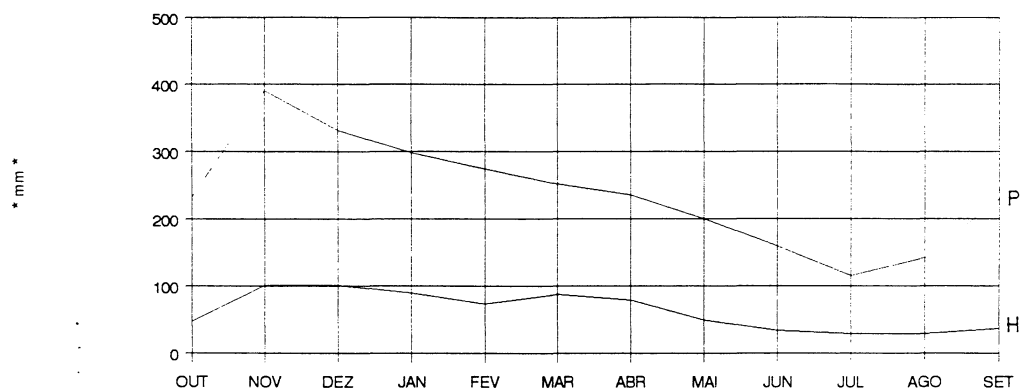
Constata-se que nas secções das estações hidrométricas do Rosário, Praia e Lombo Frio (o mesmo acontecendo para o Salto do Cabrito e Gramas) o valor do escoamento mensal é superior ao da precipitação em um ou mais meses de estiagem, denunciando uma contribuição importante das reservas subterrâneas para o escoamento.

Na estação hidrométrica da Ribeira da Praia, o valor do escoamento mensal é superior ao da precipitação mensal na bacia própria aparente em 10 meses no ano, atingindo diferenças muito significativas no semestre mais seco, o que sugere transferências de caudais subterrâneos muito importantes de bacias vizinhas. Efectivamente, se se fizer o exercício de somar a

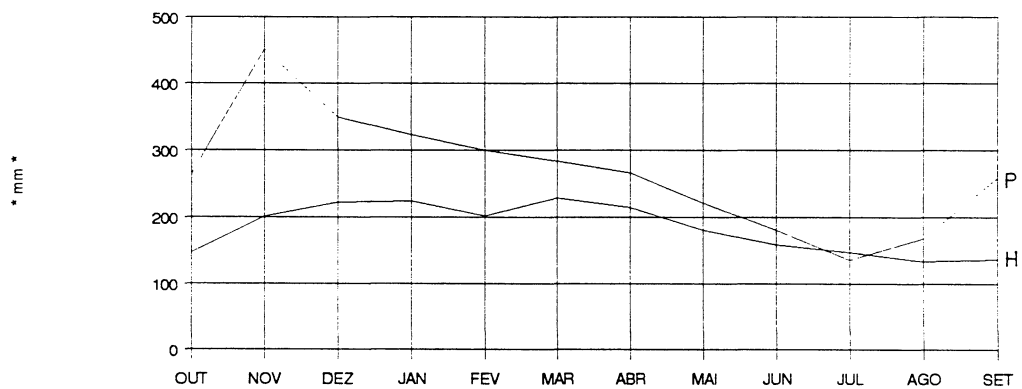
Fig. 2 - PRECIPITAÇÃO E ESCOAMENTO EM ANO MEDIO

1/2

ESTAÇÃO HIDROMETRICA DAS LOMBADAS



ESTAÇÃO HIDROMETRICA DO ROSARIO



ESTAÇÃO HIDROMETRICA DA RIBEIRA DA PRAIA

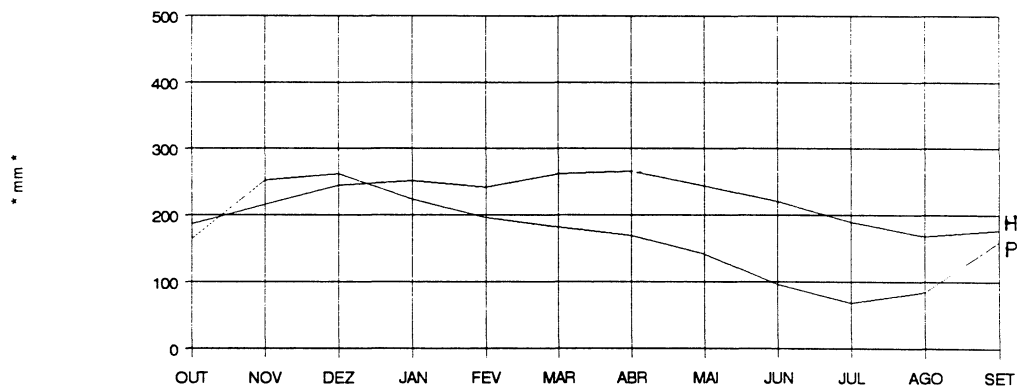
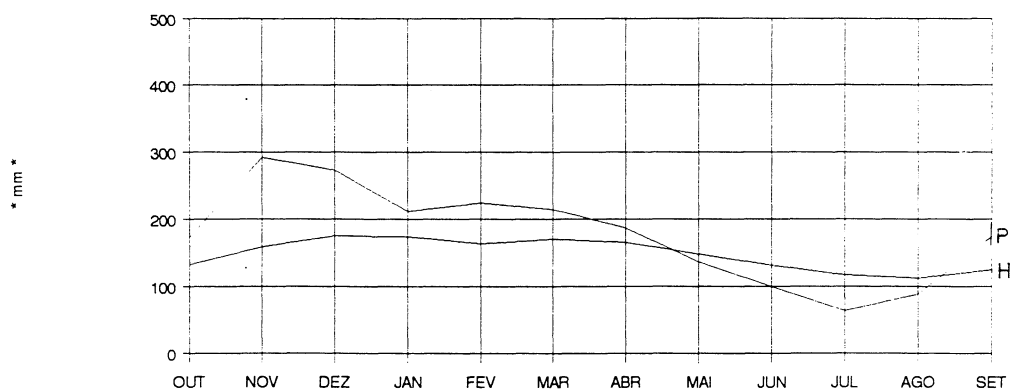


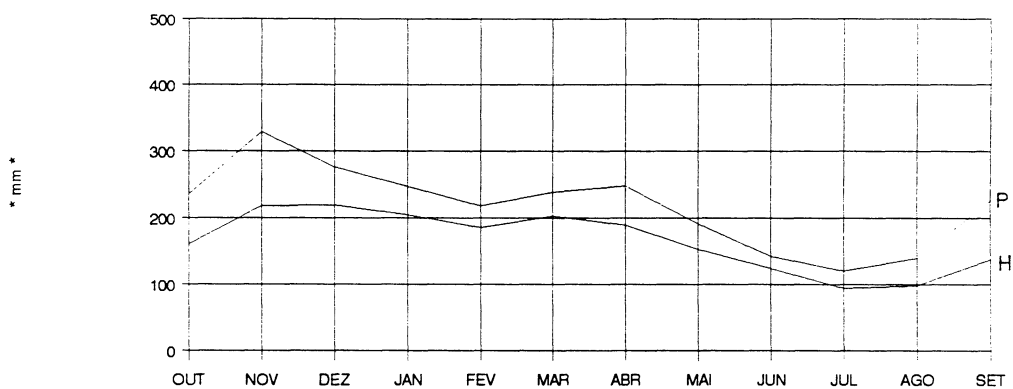
Fig. 2 - PRECIPITAÇÃO E ESCOAMENTO EM ANO MEDIO

2/2

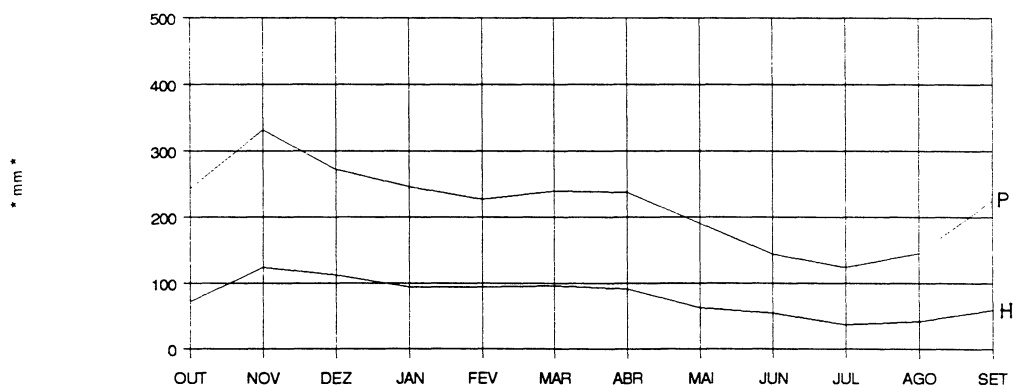
ESTAÇÃO HIDROMETRICA DO LOMBO FRIO



ESTAÇÃO HIDROMETRICA DOS BISPOS



ESTAÇÃO HIDROMETRICA DO GUILHERME



área da bacia hidrográfica da Lagoa do Fogo à desta estação hidrométrica, obtém-se uma bacia hidrográfica total de cerca de 7.9 Km², com uma precipitação anual de cerca de 2220 mm, o que conduz a um escoamento de 1478 mm na estação hidrométrica - equivalente ao volume afluente registado de $11.679 \times 10^6 \text{ m}^3$ - e a um défice de escoamento de cerca de 742 mm, que é um valor dentro de limites muito aceitáveis.

Parece, pois, muito plausível a aceitação da transferência de caudais subterrâneos das bacias hidrográficas superiores para as bacias hidrográficas vizinhas da encosta Sul do maciço do Fogo, confirmado aliás pelas inúmeras nascentes que aí se encontram, algumas delas já captadas para abastecimento de água.

O andamento do diagrama de escoamentos relativamente ao de precipitações na estação do Rosário sugere escoamentos subterrâneos importantes, devido à uniformidade dos valores e diferimento do escoamento, o que não seria de esperar em bacias tão diminutas - o mesmo acontecendo no Salto do Cabrito e Gramas. Uma parte destes caudais poderá encontrar justificação em contribuições de ribeiras cujas bacias confinam com estas e que apresentem caudais inferiores aos previsíveis como é o caso, por exemplo, da Ribeira das Taínhas e Chiqueiro, relativamente ao Rosário.

Já na secção da estação hidrométrica do Lombo Frio, na Ribeira Quente, que se assumiu dominar também a bacia hidrográfica da Lagoa das Furnas, os valores do escoamento mensal são superiores aos da precipitação mensal em quatro meses no ano, de Maio a Agosto. Para a grande uniformidade do escoamento mensal e altos caudais de estiagem, muito contribuirá o factor regularizador da Lagoa das Furnas.

Nas estações hidrométricas das Lombadas, Bispos e Guilherme (o mesmo acontecendo no Lameiro e Lomba da Erva) os valores dos escoamentos são sempre inferiores aos da precipitação mensal, notando-se a clara dependência do escoamento relativamente à precipitação. Os valores e os gráficos correspondentes apresentados para as Lombadas e Guilherme sugerem até uma perda de água significativa por parte das bacias hidrográficas aparentes definidas.

Constata-se que os escoamentos são mais uniformes ao longo do ano e com valores relativamente mais altos em épocas de estiagem, nas ribeiras cuja bacia hidrográfica é influenciada pelas lagoas. Este facto torna-as particularmente interessantes do ponto de vista hidroeléctrico, como se confirma aliás pela actual rede de centrais hídricas, interesse este que terá que ser compatibilizado com o abastecimento público feito a partir de algumas das ribeiras.

Com base nos escoamentos mensais atribuídos às secções das estações hidrométricas, determinaram-se os caudais médios mensais e os caudais médios anuais. Verifica-se que, por unidade de bacia hidrográfica, as ribeiras com maior potencial hídrico são as ribeiras da **Praia, Rosário, Lomba Grande, Ribeira Grande, Quente e Faial da Terra**, com caudais específicos em ano médio superiores a 50 l/s, apresentando valores de 84 l/s, 70 l/s, 63 l/s, 58 l/s, 56 l/s e 55 l/s, respectivamente. Valores baixos apresentam as ribeiras das Lombadas e do

Guilherme, com valores de 24 l/s e 30 l/s, respectivamente, cujos défices de escoamento - 2109 e 1687 mm - sugerem a perda de água por escoamento subterrâneo.

4.3 - Determinação dos caudais nas ribeiras

Para a extrapolação do cálculo do escoamento afluente a outras secções das ribeiras e a secções de outras ribeiras sem medições de caudais estabeleceram-se correlações entre o escoamento anual e a precipitação anual:

Salto do Cabrito	$H = 0.617 \times P + 222$	(mm)	(2)
Gramas	$H = 0.527 \times P + 151$	(mm)	(3)
Lombadas	$H = 0.406 \times P - 408$	(mm)	(4)
Rosário	$H = 0.742 \times P - 209$	(mm)	(5)
Lombo Frio	$H = 0.502 \times P + 662$	(mm)	(6)
Bispos	$H = 0.797 \times P - 129$	(mm)	(7)
Lomba da Erva	$H = 0.747 \times P - 78$	(mm)	(8)
Guilherme	$H = 0.251 \times P + 278$	(mm)	(9)

Embora as expressões com ordenadas na origem positivas não traduzam o fenómeno hidrológico precipitação-escoamento, mantêm todavia o seu valor quantitativo dado os condicionalismos referidos de transferências subterrâneas de caudais.

A representação das rectas correspondentes a cada uma das equações acima apresentadas, mostra que as rectas respeitantes às estações hidrométricas de escoamento elevado se reúnem num grupo individualizado das correspondentes às ribeiras de alto défice de escoamento como é o caso das Lombadas e do Guilherme.

Uma vez que se procuram expressões genéricas com aplicabilidade em ribeiras de uma extensa área, marcaram-se em gráfico os pontos correspondentes aos pares de valores - precipitação e escoamento anual médio - respeitantes a cada uma das estações hidrométricas, tendo-se escolhido as três correlações seguintes:

$$\text{.Ribeiras de elevado escoamento } H = 0.720 \times P - 12 \text{ (mm)} \quad (10)$$

$$\text{.Ribeiras de baixo escoamento com regime de caudais permanentes } H = 0.308 \times P - 5 \text{ (mm)} \quad (11)$$

$$\text{.Ribeiras com escoamento muito baixo e regime de caudais não permanentes } H = 0.308 \times P - 281 \text{ (mm)} \quad (12)$$

4.4 - Estudo das curvas de duração de caudais

As curvas de duração média anual do caudal médio diário foram elaboradas com base nos caudais médios registados. Recorrendo, então, aos registos dos caudais médios diários observados, foram traçadas, para cada uma das estações hidrométricas, as referidas curvas sob

a forma adimensional, isto é, dividindo os caudais observados pelo módulo do respectivo período. A análise comparativa do andamento das referidas curvas permite tirar as seguintes ilacções, relativamente a algumas das principais linhas de água da ilha:

i) A curva de caudais classificada para a Ribeira Quente explicita claramente a influência de um caudal de base regularizador - em princípio da Lagoa das Furnas - que é altamente favorável do ponto de vista hidroeléctrico, dado que em 80% do tempo o caudal é superior a 75% do módulo e sempre superior a cerca de 60% do módulo. Com um caudal nominal de 1.5 do módulo, perder-se-iam apenas os caudais ocorridos em cerca de 20 dias.

ii) Algo semelhante acontecerá com o Salto do Cabrito, Rosário e Gramas, em que, para as duas primeiras estações, em 80% do tempo o caudal é superior a 65% do módulo e para a última, a 60% do módulo, possivelmente em função de alimentações de ribeiras vizinhas e da Lagoa do Fogo.

iii) As ribeiras da Lomba Grande e do Faial da Terra apresentam também curvas favoráveis, embora sem indícios de tão grande regularização, o que está de acordo com a sua localização, mais afastada relativamente às lagoas, sendo todos os caudais superiores a, respectivamente, 35% do módulo e, em 80 % do tempo, superando, respectivamente, 35 % e 50% do módulo.

iv) Naturalmente, e pelo que vem sendo dito, as curvas das ribeiras do Guilherme e Lombadas são menos favoráveis, com caudais ocorrentes sempre superiores a 20% do módulo e, em 80% do tempo, superiores a valores da ordem de 25% do módulo.

v) A curva tipificada para as ribeiras de mais fraca capacidade hídrica, apresenta-se francamente mais desfavorável, como seria aliás de esperar, com caudais nulos em 83% do tempo e inferiores a 50% do módulo em 70% do tempo.

4.5 - Delimitação de zonas de protecção

Tendo em conta o resultado dos estudos hidrológicos efectuados sobre as estações hidrométricas, a interpretação dos dados geomorfológicos disponíveis e, ainda, os dados recolhidos nas missões de reconhecimento efectuadas em diferentes épocas do ano, foi possível diferenciar as ribeiras da região em estudo em quatro grandes grupos:

1) Ribeiras de muito alto escoamento anual ($H > 1500$ mm na foz) e com elevada capacidade de regularização anual: Quente, Poiso das Pombas, Lagos, Purgar, Lomba Grande, Faial da Terra e Grande (Ribeira Grande), cujos volumes disponíveis em ano médio são, respectivamente, 69.2, 4.3, 13.5, 18.9, 10.6, 25.8 e 26.9 hm³, num total de 169.2 hm³.

2) Ribeiras de alto escoamento anual ($1000 < H < 1500$ mm) e com elevada capacidade de regularização anual: Três Voltas, Praia, Água de Alto, Mãe de Água, Caldeirões,

Coelhas, Salga, Lime, Currelense e Gramas, cujos volumes disponíveis em ano médio são, respectivamente, 3.4, 7.6, 5.8, 2.6, 15.3, 7.1, 12.5, 2.9, 6.0 e 8.6 hm³, num total de 71.8 hm³.

3) Ribeiras de médio a fraco escoamento ($500 < H < 1000$ mm), moderada capacidade de regularização e caudais permanentes: Guilherme, Mulher, Folhado, Achada, Cachaço, Mato da Cruz, Funda, Cruz, Gorreana, Foros e Chiqueiro, cujo volume total é de 42 hm³.

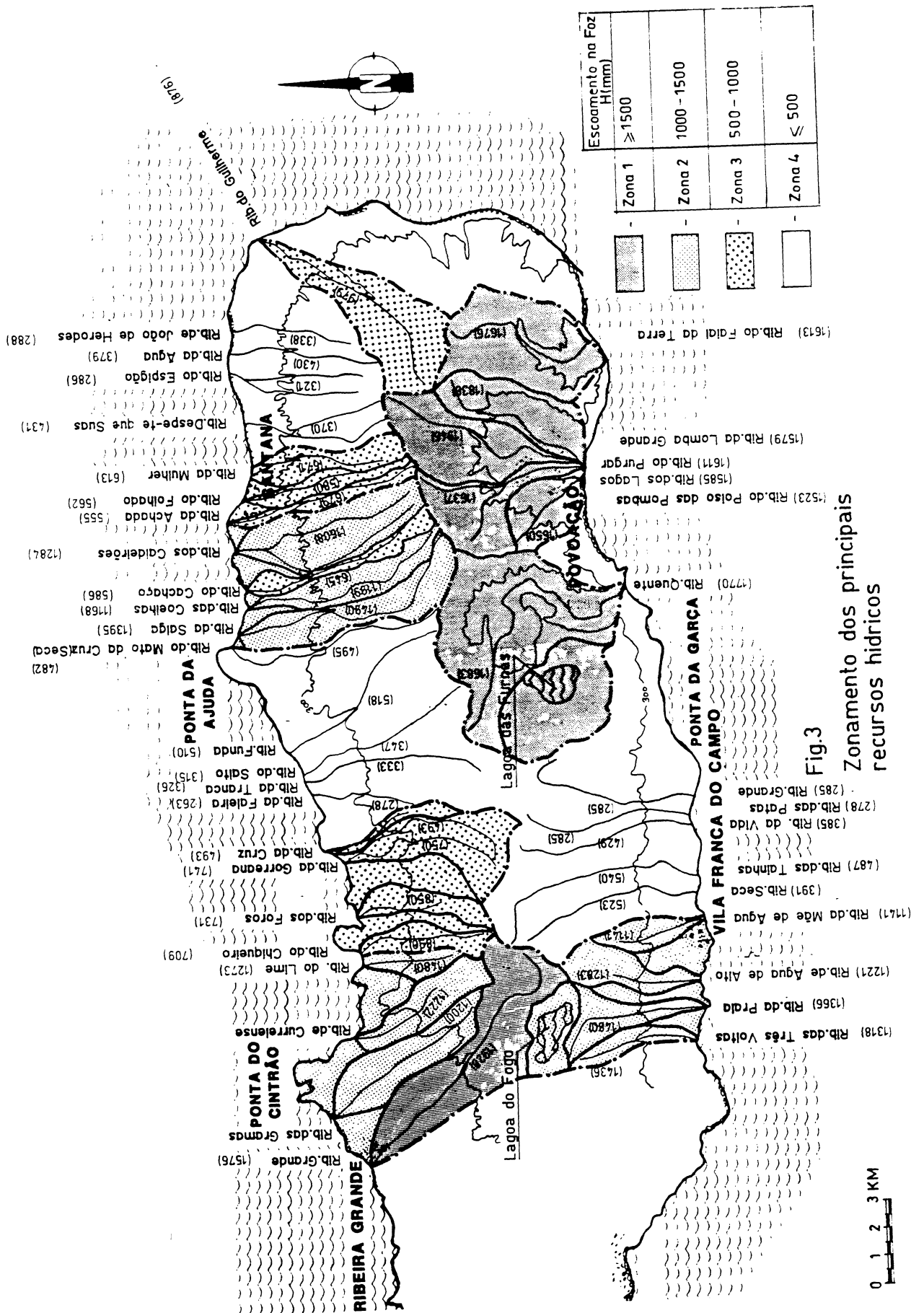
4) Ribeiras de fraco a muito fraco escoamento ($H < 500$ mm), com indicações de perdas de caudais, sem capacidade de regularização e regime de caudais temporário: Seca, Taínhas, Vida, Patas, Grande (Ponta da Garça), João de Herodes, Água, Espigão, Despe-te que Suas, Salto, Tranca e Faleira, cujo volume total é de 26 hm³.

Sublinha-se a importância hídrica das zonas 1 e 2 cujo volume disponível é cerca de 80% do volume total em ano médio, sendo de salientar em particular, na zona 1, a **ribeira Quente** com 69.2 hm³, as **ribeiras da Povoação** com 47.2 hm³, a **ribeira Grande** (Ribeira Grande) com 26.9 hm³ e a **ribeira do Faial da Terra** com 25.8 hm³ e, na zona 2, as **ribeiras dos Caldeirões** e a **ribeira da Salga**, no Planalto litoral Norte, com, respectivamente, 15.3 e 12.5 hm³.

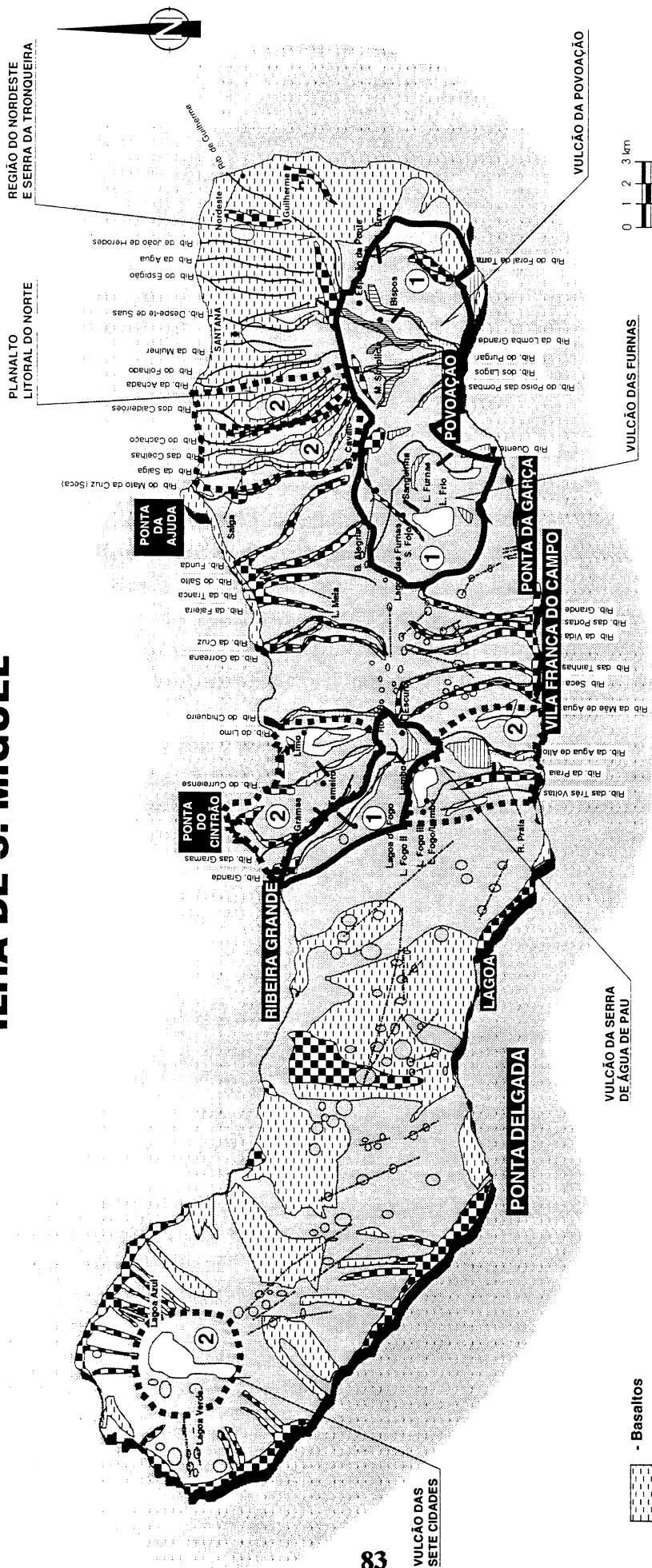
Na Fig. 3 marca-se, nas ribeiras estudadas, os escoamentos anuais (em mm) na foz e à cota (300.00) e divide-se a ilha em 4 zonas, de acordo com o escalonamento dos principais recursos hídricos, correspondentes às bacias hidrográficas das ribeiras dos 4 grupos acima definidos e das lagoas alimentadoras, devendo as **zonas 1 e 2**, em conjunto com a **bacia hidrográfica da lagoa das Sete Cidades** (já que este é o único recurso hídrico significativo da outra metade da ilha), ser no futuro objecto de preocupação particular no sentido de ser devidamente acautelada a utilização e ocupação dos terrenos.

Na Fig. 4 representam-se sobre o esboço geológico da ilha as zonas hídricas mais importantes - 1 e 2 -, referindo-se por curiosidade que, na zona 1, a ribeira Quente e a ribeira Grande têm aproveitamentos hidroeléctricos em funcionamento (Tambores, Canário, Túneis e Foz da ribeira na ribeira Quente e Fajã Redonda na ribeira Grande) e, na zona 2, a ribeira da Praia tem também um aproveitamento em funcionamento (Nova). No que respeita ao abastecimento de água, a zona 2, virada a sul, tem várias captações de abastecimento de água, nomeadamente, nas ribeiras das Três Voltas, Praia, Água de Alto e Mãe de Água e a zona 1 apresenta também algumas captações, nomeadamente, na ribeira Grande. Salienta-se ainda que a maior parte das nascentes de água se localizam precisamente nas zonas 1 e 2.

As zonas 1 e 2 referenciadas estão intimamente ligadas às bacias hidrográficas das lagoas do Fogo e das Furnas e ao Planalto dos Graminhais. Estas áreas de coberto vegetal e geomorfologia específicas constituem elementos preponderantes na caracterização hídrica, nas quais se deverão prevenir alterações ao ecossistema que poderão comprometer fortemente os recursos hídricos da ilha. A progressão da ocupação de áreas para a agricultura e pastorícia



ILHA DE S. MIGUEL



- Basaltos
- Andesitos
- Traquitos
- Conglomerados da Povoação
- Materiais Piroclásticos de Projecção
- Zona de Protecção 1 (100 Km²)
- Zona de Protecção 2 (95 Km²)
- Falha
- Postos Udométricos
- Postos Hidrométricos
- Área Total da Ilha 747 Km²

Fig. 4
Esboço Geológico
e Zonas de Protecção

tem vindo a revelar a grande sensibilidade destas áreas aos efeitos poluidores inerentes, podendo a médio prazo contribuir de forma importante para a contaminação de uma boa parte dos recursos hídricos da ilha.

À semelhança do que se vem passando noutros locais os recursos hídricos nesta "zonas protegidas" poderiam ser rentabilizados no futuro através de captações de parte das disponibilidades a cotas elevadas e a sua turbinagem em escalões intermédios no circuito de adução, permitindo a sua posterior utilização para abastecimento público.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos efectuados permitiram confirmar a contribuição, em muitos casos determinante, dos escoamentos subterrâneos para as disponibilidades hídricas das principais ribeiras da ilha de S. Miguel e possibilitaram a delimitação de duas áreas fundamentais (zonas 1 e 2) e, ainda, a área da bacia hidrográfica da lagoa das Sete Cidades (que se inclui, em termos da classificação de escoamentos, na zona 2), onde se concentram parte importante das disponibilidades hídricas, que se considera deverem ser classificadas como zonas protegidas, no sentido de minimizar processos de contaminação que se vêm já manifestando com algum significado.

Nestas zonas seria de todo o interesse o prosseguimento dos estudos neste domínio, apoiados em programas de reconhecimento específicos, que permitissem o melhor conhecimento da hidrogeologia local, de modo a basearem acções integradas de preservação dos recursos hídricos da ilha.