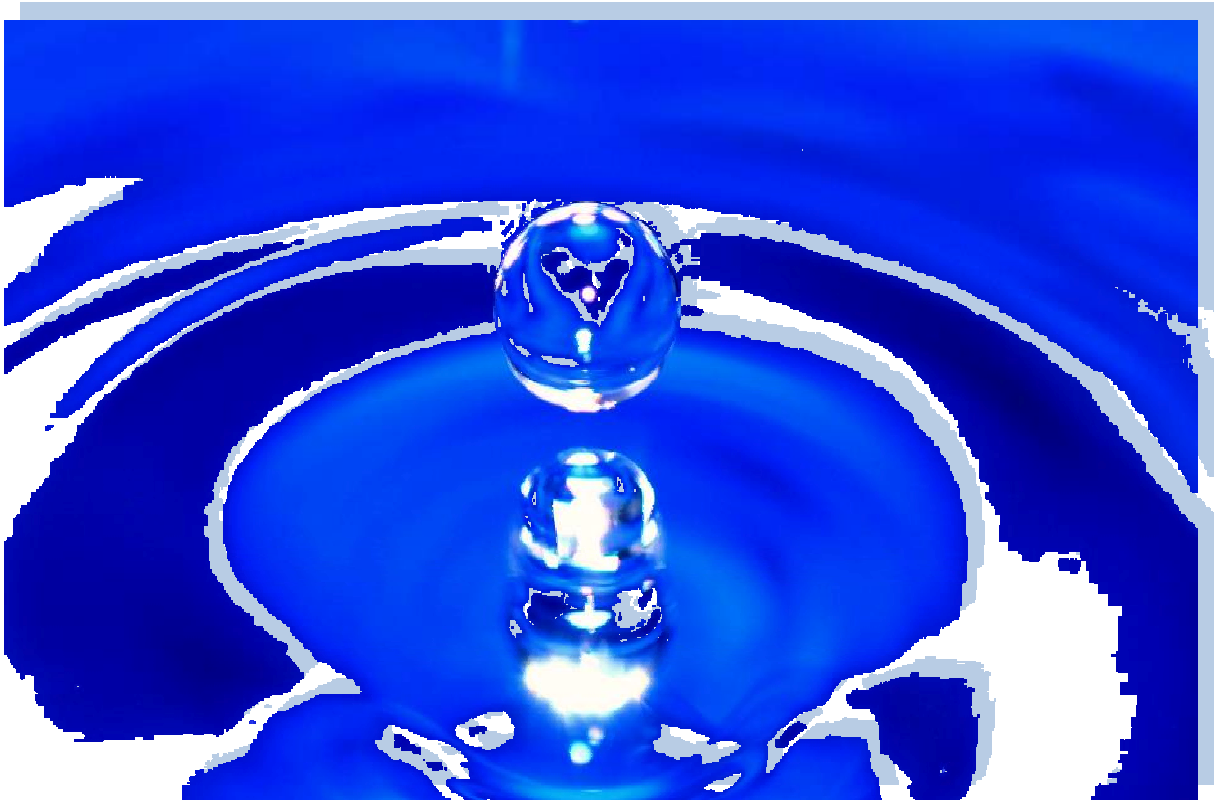




Universidade dos Açores

Departamento de Ciências Agrárias

Mestrado em Gestão e Conservação da Natureza



José Henrique Martins Machado

Angra do Heroísmo

2012



Departamento de Ciências Agrárias
Mestrado em Gestão e Conservação da Natureza



**GESTÃO E CONSERVAÇÃO DE CAPTAÇÕES DE ÁGUA PARA
ABASTECIMENTO NO CONCELHO DE ANGRA DO HEROÍSMO**

**Dissertação apresentada à Universidade dos Açores para a obtenção do grau de Mestre
do curso de Gestão e Conservação da Natureza**

Orientador: Professor Doutor Francisco Cota Rodrigues

José Henrique Martins Machado

Angra do Heroísmo

2012

À MINHA FAMÍLIA,

ÍNDICE GERAL	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE QUADROS	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS	XVI
AGRADECIMENTOS.....	XVII
RESUMO	XVIII
ABSTRACT	XIX
INTRODUÇÃO	01
1. CONDICIONANTES HIDROLÓGICAS INSULARES	03
1.1. ENQUADRAMENTO GERAL	03
1.2. CONTEXTO VULCANO TECTÓNICO	06
1.2.1. GEOLOGIA	09
1.2.2. GEOMORFOLOGIA	11
1.3. SOLOS	14
1.4. VEGETAÇÃO	16
1.5. CLIMA	19
2. HIDROLOGIA	25
2.1. RETENÇÃO E ESCOAMENTO HÍDRICO SUPERFICIAL	26
2.2. RECARGA E BALANÇO HÍDRICO	28
3. HIDROGEOLOGIA	31
3.1. SISTEMAS AQUÍFEROS INSULARES	31
3.1.1. AQUÍFERO DE BASE	31
3.1.2. AQUÍFEROS SUSPENSOS	33

4. CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NO CONCELHO DE ANGRA DO HEROÍSMO	37
4.1. AQUÍFEROS CAPTADOS	37
4.1.1. AQUÍFEROS DE BASE	37
4.1.2. AQUÍFEROS SUSPENSOS	37
4.1.2.1. SISTEMA AQUÍFERO DO CABRITO	37
4.1.2.2. SISTEMA AQUÍFERO DA NASCE ÁGUA	38
4.1.2.3. SISTEMA AQUÍFERO DA FONTE DA TELHA	38
4.1.2.4. SISTEMA AQUÍFERO DOS CINCO PICOS	39
4.1.2.5. SISTEMAS AQUÍFEROS DA SERRETA	39
4.1.2.6. SISTEMA AQUÍFERO DO RAMINHO	39
4.1.2.7. SISTEMA AQUÍFERO DOS ALTARES	39
4.2. PONTOS DE ÁGUA CAPTADOS E CAUDAIS	40
4.2.1. NASCENTES	40
4.2.1.1. NASCENTE DA FURNA DE ÁGUA, CABRITO – CAB	41
4.2.1.2. NASCENTE DA NASCE ÁGUA – NAG	43
4.2.1.3. NASCENTE DA FONTE DA TELHA – FTH	44
4.2.1.4. NASCENTES DA SERRETA, RAMINHO E ALTARES – SER – RAM – ALT.	44
4.2.2. FUROS	46
4.2.2.1. FURO DA VINHA BRAVA – FVB	46
4.2.2.2. FURO DO FARROCO – FAR	47
4.2.2.3. FURO DA TERRA CHÃ – FTC	48
4.2.2.4. FURO DE SÃO MATEUS – FSM	49
4.2.2.5. FURO DA CANADA DO MATO – FCM	50
4.2.2.6. FURO DO SANTANA – FST	50
4.2.2.7. FURO DA ACHADA – FAC	51
4.2.2.8. FURO DO ATERRO - FAT.....	51
5. CARACTERIZAÇÃO SANITÁRIA DAS CAPTAÇÕES.	52

6. SISTEMAS: TRATAMENTO, ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DOMICILIÁRIA DE ÁGUA NO CONCELHO DE ANGRA DO HEROÍSMO	58
6.1. SISTEMAS DE TRATAMENTO	58
6.2. SISTEMAS DE ELEVAÇÃO	59
6.3. SISTEMAS DE ADUÇÃO, ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO	59
7. CONTROLO OPERACIONAL DA QUALIDADE DA ÁGUA	63
8. PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA PARA ANÁLISE	65
9. A ÁGUA: UM RECURSO NATURAL	68
9.1. CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA	68
9.2. CONTAMINAÇÃO ASSOCIADA À DEPOSIÇÃO DE RESÍDUOS NO TERRENO	69
9.3. CONTAMINAÇÃO ASSOCIADA A PROCESSOS BIOLÓGICOS	69
9.4. CONTAMINAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA ASSOCIADA A ATIVIDADES AGRÍCOLAS E INDUSTRIAIS	70
9.5. CONTAMINAÇÃO ASSOCIADA À INTRUSÃO SALINA	72
10. CRITÉRIOS DE APRECIACÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA	73
10.1. PROTEÇÃO DE CAPTAÇÕES	74
10.2. LEI APLICÁVEL À QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO	75
10.2.1. NORMA PORTUGUESA DEFINITIVA NP-836	75
10.2.2. DECRETO-LEI Nº 236/98	75
10.2.3. DECRETO-LEI Nº 382/99	76
10.3. PLANO REGIONAL DA ÁGUA DOS AÇORES	79
11. PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA (PSA)	79
11.1. AVALIAÇÃO DO SISTEMA	81
11.2. MONITORIZAÇÃO OPERACIONAL	81
11.3. PLANOS DE GESTÃO	81
11.4. GESTÃO DE PROCEDIMENTOS EM CONDIÇÕES EXCECIONAIS	83

12. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NAS CAPTAÇÕES PARA ABASTECIMENTO	
PÚBLICO DO CONCELHO DE ANGRA DO HEROÍSMO	85
12.1. DADOS HISTÓRICOS	85
12.2. DADOS DE REFERÊNCIA	87
12.3. DADOS ANALISADOS NESTE TRABALHO	88
12.4. DADOS FORNECIDOS PELOS SMAH	88
12.5. DADOS RECOLHIDOS NOS TRABALHOS DE CAMPO	89
12.5.1. PONTOS DE MONITORIZAÇÃO	89
12.6. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS ANALISADOS	91
12.7. EQUIPAMENTO UTILIZADO	91
13. AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA	92
13.1. TEMPERATURA	92
13.1.1. DADOS DE REFERÊNCIA	92
13.1.2. RESULTADOS OBTIDOS	94
13.2. PH	95
13.2.1. DADOS DE REFERÊNCIA	95
13.2.2. RESULTADOS OBTIDOS	97
13.3. CONDUTIVIDADE	98
13.3.1. DADOS DE REFERÊNCIA	98
13.3.2. RESULTADOS OBTIDOS	99
14. AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E CAUDAIS DAS NASCENTES	101
14.1. NASCENTES DO CABRITO – CAB	101
14.2. NASCENTES DA NASCE ÁGUA – NAG	104
14.3. NASCENTE DA FONTE DA TELHA – FTH	107
14.4. NASCENTES DOS ALTARES – ALT	110
14.5. NASCENTES DO RAMINHO – RAM	113
14.6. NASCENTES DA SERRETA – SER	116

15. AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E CAUDAIS DOS FUROS	119
15.1. FURO DA VINHA BRAVA – FVB	119
15.2. FURO DA TERRA CHÃ – FTC	122
15.3. FURO DA CANADA DO MATO – FCM	125
15.4. FURO DE SÃO MATEUS – FSM	128
15.5. FURO DE SANTANA – FST	130
15.6. FURO DA ACHADA – FAC	133
15.7. FURO O ATERRO – FAT	135
15.8. FURO DO FARROCO – FAR	137
16. ANÁLISE GLOBAL DOS CAUDAIS CAPTADOS	139
17. AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DAS CAPTAÇÕES	144
17.1. DADOS DE REFERÊNCIA	145
17.2. RESULTADOS OBTIDOS	147
18 AVALIAÇÃO QUÍMICA DA ÁGUA DAS CAPTAÇÕES	156
18.1. CLORETOS	156
18.1.2. DADOS DE REFERÊNCIA	156
18.1.3. RESULTADOS OBTIDOS	156
18.2. NITRATOS	159
18.2.1 DADOS DE REFERÊNCIA	159
18.2.2 RESULTADOS OBTIDOS	160
19 CONCLUSÕES	163
BIBLIOGRAFIA	166
ANEXOS	173

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Enquadramento Geográfico do Arquipélago dos Açores. Retirado do Plano Regional da Água (2001).	03
Figura 2 - Divisão administrativa da ilha Terceira. Retirado Plano de Gestão da Região Hidrográfica dos Açores (2011).	04
Figura 3 - Freguesias do concelho de Angra do Heroísmo. Fonte SMAH.	05
Figura 4 - População das freguesias que compõe o Concelho de Angra Heroísmo - Censos 2011. Adaptado do SER - Açores (2012).	05
Figura 5 - Principais estruturas tectónicas da região dos Açores. Crista Médio -Atlântica; Micro - placa dos Açores; Falha Açores - Gibraltar. Retirado do <i>site</i> http://www.speleoazores.com/index.php	06
Figura 6 - Localização dos principais sismos históricos na região dos Açores. Fonte: <i>Silveira (2002), Silva (2005) in PGRH(2011)</i>	07
Figura 7 - Esboço vulcano-tectónico da Ilha Terceira: 1 – Graben das Lajes; A – Falha das Lajes; B – Falha das Fontinhas; 2 – Graben de Santa Bárbara. Coordenadas U.T.M., zona 26S. Retirado do PGRH (2011).	08
Figura 8 - Carta e perfil topográfico da ilha Terceira: 1 – Maciço dos Cinco Picos; 2 – Maciço do Pico Alto; 3 – Zona de transição; 4 – Maciço de Santa Bárbara. Retirado de Rodrigues (2002).	10
Figura 9 - Carta das unidades vulcânica da Ilha Terceira. Retirado do PGRH (2011)	11
Figura 10 - Carta hipsométrica da Ilha Terceira. Retirado do PGRH (2011).	13
Figura 11 - Carta dos principais tipos de solos da Ilha Terceira. Retirado de Pinheiro (1990) <i>in</i> PGRH (2011).	15
Figura 12 - Povoamentos vegetais no interior da ilha Terceira, constituídos predominantemente por <i>Laurus azorica</i> , <i>Erica azorica</i> e <i>Juniperus brevifolia</i> . Foto.:José Machado.	16
Figura 13 - Povoamentos vegetais constituídos predominantemente por <i>Juniperus brevifolia</i> .Foto.: José Machado, 2012.	17
Figura 14 - Valores de temperatura média, máxima e mínima mensal, verificadas no ano de 2008 em Angra do Heroísmo. Retirado de http://www.climaat.angra.uac.pt/ (2012).	21
Figura 15 - Variação da precipitação em Angra do Heroísmo entre 1870 e 2010 . Retirado de PGRH,(2011).	22
Figura 16- Variação espacial da temperatura média anual na ilha Terceira de acordo com o modelo CIELO (2005) Fonte:Climaat.	23

Figura 17 – Variação espacial da humidade relativa anual na ilha Terceira de acordo com o modelo CIELO (2005). Fonte Climaat.....	23
Figura 18 – Variação espacial da precipitação média anual na ilha Terceira de acordo com o modelo CIELO (2005). Fonte Climaat.....	24
Figura 19 – Modelo hidrogeológico da ilha Terceira. Adaptado de Bjarnason (1993) retirado de Mollema <i>et al.</i> (2010).	25
Figura 20 - Aquífero basal da ilha Terceira em 3D. Retirado de Mollema <i>et al</i> (2010).	26
Figura 21 - Turfeira de <i>Sphagnum</i> localizada no interior da ilha Terceira. Foto: José Machado.	27
Figura 22 - Carta hidrográfica da Ilha Terceira. Fonte PGRH (2011).	28
Figura 23 - Balanço hídrico anual para ilha Terceira tendo em conta os dados de Rodrigues (2002). Adaptado do PRA (2001).	30
Figura 24 - Esquema hidrológico subterrâneo do corpo insular. A – Aquífero de base; B – Exploração através de furo do aquífero de base; C – Aquífero de base e aquíferos suspensos; D – Exploração de aquíferos suspensos.Retirado de Falkland(1991).....	32
Figura 25 - Exemplo de uma nascente de arriba. Foto: Paulo Silva.	35
Figura 26 - Perfil hidrológico do maciço de Guilherme Moniz. Retirado de Rodrigues (2002).	37
Figura 27 – Zona de recarga das nascentes do Cabrito.....	38
Figura 28 - Esquema hidrológico subterrâneo da caldeira dos Cinco Picos. Retirado de Rodrigues (2002).	39
Figura 29 - Nascente da Furna de Água (Grupo de nascentes do Cabrito). Foto: Paulo Silva.	41
Figura 30 - Entrada para o tubo lávico onde se localiza a nascente da Furna de Água (Grupo de nascentes do Cabrito - CAB). Foto: José Machado.	42
Figura 31 - Nascente do Cabrito. Calha do escoamento da água. Foto. Paulo Silva; José Machado.	42
Figura 32 - Entrada da nascente da Nasce - Água - NAG. Foto: José Machado.	43
Figura 33 - Captação das Nascentes da Fonte da Telha. – FTH. Foto: José Machado	44

Figura 34 - Estrutura de captação das nascentes da Serreta – SER. Foto: José Machado.	45
Figura 35 - Estrutura de captação das nascentes do Raminho – RAM. Foto: José Machado.	45
Figura 36 - Captação das nascentes dos Altares – ALT. Foto: José Machado.	45
Figura 37 - Furo da Vinha Brava. Estruturas de captação. Foto: José Machado.	47
Figura 38 - Furo do Farroco. Estruturas de captação. Foto: José Machado.	47
Figura 39 - Furo da Terra Chã. Estruturas de captação. Foto: José Machado.	48
Figura 40 - Edifício e ponto de recolha da amostra do furo de S. Mateus. Foto: José Machado.	49
Figura 41 - Edifício e ponto de recolha no furo da Canada do Mato. Foto: José Machado.	50
Figura 42 – Edifício e ponto de recolha do furo de Santana. Foto: José Machado.	50
Figura 43 – Edifício e ponto de recolha do furo de Achada. Foto.:José Machado.	51
Figura 44 – Calha onde se processa o transporte da água da nascente da Furna de Água, Cabrito, ao longo do tubo lávico. Foto.:SMAH.	54
Figura 45 - Galerias na Nasce-Água. Foto: José Machado.	55
Figura 46 - Nascente da Fonte da Telha. Estruturas de decantação. Foto.: José Machado.	55
Figura 47 - Nascente do Borges, Raminho. Foto.: José Machado.	55
Figura 48 - Nascente da Cantaria, Serreta. A água surge de forma difusa em pedra-pomes, sendo captada através de uma calha construída em barro. Foto.:José Machado.	56
Figura 49 - Estruturas de filtragem, medição de caudais. Furo da Achada. Foto.:José Machado.	56
Figura 50 - Furo de São Mateus. Estruturas de decantação e de filtração de água. Foto.:José Machado.	57
Figura 51- Estruturas de decantação, filtração, medição de caudais no Raminho. Foto.: José Machado.	57
Figura 52 - Estruturas de filtração e de apoio no furo da Canada do Mato, São Sebastião. Foto: José Machado.	57
Figura 53 - Zonas de abastecimento de água em Angra Heroísmo.	

Fonte SMAH (2012).	60
Figura 54 – Esquema de funcionamento da rede de distribuição pública de água para consumo humano no concelho de Angra do Heroísmo. Fonte: SMAH.	62
Figura 55 - Exemplo da distribuição dos 3 perímetros de protecção contíguos de uma captação. Retirado do <i>site</i> : www.inag.pt	77
Figura 56 – Chafariz na nascente da fonte da Ribeirinha. Foto.: José Machado	85
Figura 57 – Exemplo de uma atual arquinha. Foto: José Machado	86
Figura 58 – Captações em exploração no concelho de Angra do Heroísmo. Fonte: (SMAH).	90
Figura 59 – Aparelho utilizado nos trabalhos de campo.	91
Figura 60 – Valores da Temperatura registados nos pontos monitorizados.	95
Figura 61 – Valores do pH registados nos pontos monitorizados.	97
Figura 62 – Valores da Condutividade registados nos pontos monitorizados.	100
Figura 63 – Caudais provenientes das nascentes do Cabrito utilizados para abastecimento domiciliário no concelho da Angra do Heroísmo entre 2004 e 2010. Fonte: SMAH.	101
Figura 64 – Variação da temperatura, pH e condutividade da água proveniente da nascente da Furna de Água (Nascentes do Cabrito).	103
Figura 65 – Caudais provenientes das nascentes da Nasce Água utilizados para abastecimento domiciliário no concelho da Angra do Heroísmo entre 2004 e 2010. Fonte: SMAH.	105
Figura 66 – Variação da temperatura, pH e condutividade da água proveniente das nascentes da Nasce-Agua.	106
Figura 67 – Caudais provenientes das nascentes da Fonte da Telha utilizados para abastecimento domiciliário no concelho de Angra do Heroísmo entre 2004 e 2010. Fonte: SMAH.	107
Figura 68 – Variação da temperatura, pH e condutividade da água proveniente da nascente da Fonte da Telha.	109
Figura 69 – Caudais provenientes das nascentes dos Altares utilizados para abastecimento domiciliário no concelho da Angra do Heroísmo entre 2004 e 2010. Fonte: SMAH.	110
Figura 70 – Variação da temperatura, pH e condutividade da água proveniente da nascente dos Altares.	112
Figura 71 – Caudais provenientes das nascentes dos Raminho utilizados	

para abastecimento domiciliário no concelho da Angra do Heroísmo entre 2004 e 2010. Fonte: SMAH.	113
Figura 72 – Variação da temperatura, pH e condutividade da água proveniente da nascente do Raminho.	115
Figura 73 – Caudais provenientes das nascentes da Serreta utilizado para abastecimento domiciliário no concelho da Angra do Heroísmo entre 2004 e 2010. Fonte: SMAH.	116
Figura 74 – Variação da temperatura, pH e condutividade da água proveniente da nascente do Serreta.	118
Figura 75 – Caudais provenientes do furo da Vinha Brava utilizados para abastecimento domiciliário no concelho da Angra do Heroísmo entre 2004 e 2010. Fonte: SMAH.	119
Figura 76 – Normais climatológicas. Fonte IM.	119
Figura 77 -Variação da temperatura, pH e condutividade da água proveniente no furo da Vinha Brava.	121
Figura 78 – Caudais provenientes do furo da Terra Chã utilizados para abastecimento domiciliário no concelho da Angra do Heroísmo entre 2004 e 2010. Fonte: SMAH.	122
Figura 79 - Variação da temperatura, pH e condutividade da água proveniente no furo da Terra-Chã.	124
Figura 80 - Caudais provenientes do furo da Canada do Mato utilizados para abastecimento domiciliário no concelho da Angra do Heroísmo entre 2004 e 2010. Fonte: SMAH.	125
Figura 81 – Variação da temperatura, pH e condutividade da água proveniente no furo da Canada do Mato.	127
Figura 82 - Variação da temperatura, pH e condutividade da água proveniente no furo de S. Mateus.	129
Figura 83 – Caudais provenientes do furo de Santana utilizados para abastecimento domiciliário no concelho de Angra do Heroísmo entre 2004 a 2010. Fonte: SMAH.....	130
Figura 84 - Variação da temperatura, pH e condutividade da água proveniente no furo de Santana.	132
Figura 85 - Variação da temperatura, pH e condutividade da água proveniente no furo do Achada.	134
Figura 86 -Variação da temperatura, pH e condutividade da água proveniente no furo do Aterro.	136

Figura 87 - Variação da temperatura, pH e condutividade da água proveniente no furo do Farroco, Posto Santo.	138
Figura 88 – Evolução anual dos caudais médios das nascentes e furos captados no concelho de Angra do Heroísmo no período entre 2004 e 2010. Dados fornecidos pelos SMAH.	141
Figura 89 – Evolução anual dos caudais médios dos furos e da nascente do CAB captados no concelho de Angra do Heroísmo no período entre 2004 e 2010. Dados fornecidos pelos SMAH.	141
Figura 90 – Evolução anual dos caudais médios dos furos e das nascentes CAB, NAG e FTH, captados no concelho de Angra do Heroísmo no período entre 2004 e 2010. Dados fornecidos pelos SMAH.	142
Figura 91 - Grupo de nascentes do Cabrito – Nascente da Furna de Agua. Fonte SMAH.....	143
Figura 92 - Número de incumprimentos referente a bactérias coliformes nas captações entre 2007 e 2011.	148
Figura 93 - Número de incumprimentos referente a bactérias <i>Enterococos sp.</i> nas captações.	150
Figura 94 – Número de incumprimentos referente a bactérias <i>Eschericia sp.</i> nas captações.	151
Figura 95 - Número de incumprimentos referente a bactérias <i>Clostridium perfringens.</i> nas captações.	153
Figura 96 - Número de incumprimentos referente a bactérias numero de colónias a 22°C(<i>ufc/100ml</i>), nas captações.	154
Figura 97 - Número de incumprimentos referente a bactérias número de colónias a 37°C (<i>ufc/100ml</i>), nas captações.	155
Figura 98 – Variação estatística dos cloretos nos furos em exploração, no concelho de Angra do Heroísmo.	157
Figura 99 - Variação estatística dos cloretos nas nascentes em exploração no concelho de Angra Heroísmo.	158
Figura 100 – Relação entre a condutividade elétrica e o teor de cloretos nos furos FVB, FTC, FAR e FSM.	159
Figura 101 – Variação estatística dos nitratos nas nascentes em exploração no concelho de Angra do Heroísmo.	161
Figura 102 Variação estatística dos nitratos nos furos em exploração.	162
Figura 103 - Relação entre a condutividade elétrica e o teor de nitratos nos furos FCM,FST e FAC.	162

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Variáveis climáticas para a ilha Terceira. Retirado do PGRH (2011).	21
Quadro 2 - Tratamento estatístico dos valores da precipitação. Retirado do PGRH, (2011).	22
Quadro 3 - Balanço hídrico sequencial para Angra do Heroísmo. Adaptado do PGRH (2011).	29
Quadro 4 - Balanço hídrico sequencial para a ilha Terceira. Retirado de Rodrigues (2002).	30
Quadro 5 – Sistemas aquíferos da ilha Terceira e respetivas áreas segundo o com o Plano Regional da Água (2001).	33
Quadro 6 – Nascentes inventariadas no Concelho de Angra do Heroísmo. Projecto (2000).	40
Quadro 7 – Inventário de treze nascentes captadas para abastecimento público no concelho de Angra do Heroísmo. COBA (2003).	40
Quadro 8 – Escala de avaliação das condições sanitárias das captações.	52
Quadro 9 – Avaliação sumária das condições sanitárias de cada uma das captações.	53
Quadro 10 - Tipo de tratamento dado à água bruta nas diferentes ETA.s.	58
Quadro 11 – Esquema conceptual a adotar no desenvolvimento de um PSA, adaptado dos Planos de Segurança da água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento, série guias técnicos do Instituto Regulador de Aguas e Resíduos/Universidade do Minho.	81
Quadro 12 - Exemplos de eventos excepcionais.	82
Quadro 13 – Grupo de Nascentes.	89
Quadro 14 – Grupo de Furos.	89
Quadro 15 - Período de monitorização.	91
Quadro 16 – Valores de temperatura de algumas das captações de água utilizadas para abastecimento humano no concelho de Angra do Heroísmo. Retirado de Melo (2005).	93

Quadro 17 - Valores de pH da água proveniente das principais captações do concelho de Angra do Heroísmo. Retirado de Melo (2005).	96
Quadro 18 – Valores de condutividade elétrica de algumas das captações de água utilizadas para abastecimento humano no concelho de Angra do Heroísmo. Retirado de Melo (2005).	99
Quadro 19 - Recursos hídricos subterrâneos e taxas de recarga (máxima e mínima) da ilha Terceira. Adaptado de Cruz (2004).	138
Quadro 20 – Caudais captados no concelho de Angra do Heroísmo, de 2004 a 2012. Fonte SMAH.....	139
Quadro 21 – Características técnicas dos furos.	142
Quadro 22 – Dados de referência de Lobo (1993).	145
Quadro 23 – Dados de referência do Dec. – Lei 306/2007.	146
Quadro 24 – Dados obtidos de <i>bactérias coliformes</i> . Fonte SMAH.	147
Quadro 25 – Dados obtidos de <i>Enterococos sp.</i> Fonte SMAH.	148
Quadro 26 – Dados obtidos de <i>Eschericia sp.</i> Fonte SMAH.	150
Quadro 27 – Dados obtidos de <i>Clostridium perfringens</i> . Fonte SMAH.	151
Quadro 28 – Dados obtidos de colónias a 22°C. Fonte SMAH.	152
Quadro 29 – Dados obtidos de colónias a 37°C. Fonte SMAH.	154
Quadro 30 – Dados estatísticos dos cloretos obtidos nos furos em exploração no concelho de Angra do Heroísmo.	156
Quadro 31 - Dados estatísticos dos cloretos obtidos nas nascentes em exploração no concelho de Angra do Heroísmo.	157
Quadro 32 - Dados estatísticos dos nitratos obtidos nas nascentes em exploração, no concelho de Angra do Heroísmo.	160
Quadro 33 –. Dados estatísticos dos nitratos obtidos nos furos em exploração, no concelho de Angra do Heroísmo.	161

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I - Tratamento estatístico dos dados monitorizados nos furos de captação em exploração, do Concelho de Angra do Heroísmo (2004 a 2012).....174

ANEXO II - Tratamento estatístico dos dados monitorizados nas nascentes em exploração do Concelho de Angra do Heroísmo (2004 a 2012).....175

ANEXO III - Estatística sumária dos parâmetros físico – químicos monitorizados nas nascentes em exploração, do concelho de Angra do Heroísmo(2004 – 2012).....176

ANEXO IV - Estatística sumária dos parâmetros físico – químicos monitorizados nos furos em exploração, do concelho de Angra do Heroísmo. (2004 – 2012).....177

- ✚ Á Universidade dos Açores – Departamento de Ciências Agrárias pela oportunidade do desenvolvimento deste trabalho e pelo apoio na cedência do material da monitorização.
- ✚ Ao meu orientador Professor Cota Rodrigues, pela disponibilidade, sugestões e amizade demonstrados ao longo do trabalho.
- ✚ Aos Serviços Municipalizados de Angra do Heroísmo, pela cedência dos dados e todo o apoio prestado na monitorização.
- ✚ Aos funcionários dos SMAH, Eng.^a Maria Luísa e Eng.^o Daniel Projeto por toda a colaboração prestada.
- ✚ Aos aguadeiros da zona Oeste da ilha Terceira (Francisco Xavier, Francisco Mendes), Centro (José Vieira) e Este (Marco, Mike), pela colaboração, disponibilidade e amizade demonstrados ao longo de toda a monitorização.
- ✚ Aos funcionários da biblioteca do Pólo da UAC - Terceira, Elisabete Enes e Sr. Matos pela colaboração e amizade.
- ✚ Ao técnico da Universidade Paulo Silva pela colaboração e disponibilidade prestados.
- ✚ A todas as pessoas que de uma forma ou outra me incentivaram na elaboração deste trabalho, o meu muito obrigado.

RESUMO

O arquipélago dos Açores devido à sua natureza geológica apresenta condições hidrogeológicas próprias, diferentes das que ocorrem em zonas continentais, no que respeita aos aquíferos presentes no terreno e à qualidade da água.

A água subterrânea é a principal fonte de abastecimento do arquipélago dos Açores, particularmente a da ilha Terceira.

A maioria dos caudais são captados através de nascentes, e, em menor escala, a partir de furos de captação construídos desde a 2ª Grande Guerra.

Os sistemas aquíferos captados podem ser do tipo suspenso, se associados a intercalações pouco permeáveis no terreno ou de base, correspondente a uma lentícula de água disposta sensivelmente ao nível do mar.

As nascentes associadas ao primeiro tipo de aquíferos, apresentam caudais extremamente variáveis, em função das precipitações de recarga, enquanto os segundos tem normalmente produtividades elevadas.

A água presente no aquífero de base é extremamente vulnerável à intrusão salina, pelo que apresenta condutividades elevadas, enquanto que a associada a aquíferos suspensos tem teores de cloretos baixos, sendo mais susceptível à contaminação micro - biológica.

Com a realização deste trabalho pretende-se efectuar um inventário de pontos de água captados para abastecimento público do concelho de Angra do Heroísmo, caracterizando - se do ponto de vista hidrogeológico, pedológico e geomorfológico o local de emergência da água.

ABSTRACT

Due to its geological nature, the archipelago of the Azores has peculiar hydrogeological conditions especially with regard to aquifers and water quality that differ from the hydrogeological conditions that occur in continental areas.

Groundwater is the main source of water supply in the archipelago of the Azores, particularly on the island of Terceira.

The majority of the flows are captured from springs, and to a lesser extent, from boreholes drilled since the Second World War.

The aquifers from which water is abstracted may be perched, when there is an impermeable layer of rock or sediment, or at the main aquifer, a fresh water lens at about sea level. The springs from the first type of aquifers have an extremely variable flow rate that depends on rainfall recharge, whereas the latter usually have high productivity.

The water in the main aquifer is extremely vulnerable to saltwater intrusion, and has high conductivity.

On the other hand, the water from the perched aquifers has low chloride concentrations, making it more susceptible to microbiological contamination.

This study seeks to make an inventory of the water abstraction points in the municipality of Angra do Heroísmo for public consumption, characterizing each water abstraction point hydrogeologically, pedologically and geomorphologically.

The physicochemical parameters of the water such as the temperature, the pH and the electrical conductivity will be monitored as well as the chemical characteristics of the water based on the test results of tests done by Serviços Municipalizados de Angra do Heroísmo (Municipal Services of Angra do Heroísmo) in recent years.

An analysis of the flow rate of water abstraction, which is essential for water planning and management in the municipality, will also be made.

INTRODUÇÃO

O arquipélago dos Açores localiza-se no Atlântico Norte, entre o 37° e o 40° de Latitude Norte e o 25° e o 31° de Longitude Oeste. Os territórios continentais mais próximos são a Península Ibérica a Leste, a sensivelmente 2000 km e a Nova Escócia a Noroeste, a aproximadamente 2 300 km.

As ilhas apresentam áreas que variam entre os 17,13 km² (Corvo) e os 746,82 km² (S. Miguel) e distâncias entre o seu centro e a orla costeira que não ultrapassam os 10 km, o que, de acordo com Falkland (1991), as inclui no grupo das regiões insulares de pequena dimensão.

Os Açores apresentam características geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas determinadas pela sua natureza vulcânica recente. A presença de formações lávicas do tipo *aa* desprovidas de substrato pedológico – *biscoitos ou mistérios*, as formas de relevo acidentadas e pouco erodidas e uma elevada heterogeneidade e anisotropia dos materiais atestam este facto. Estas características determinam a presença de aquíferos suspensos, com pontos de descarga irregulares e caudal variável.

Do ponto de vista hidrogeológico as ilhas açorianas apresentam características próprias, determinadas pela natureza vulcânica recente dos materiais e pelo clima chuvoso.

Em regiões insulares vulcânicas pequenas como os Açores, a gestão racional dos recursos hídricos induz problemas próprios, associados à disponibilidade de água e à sua qualidade.

No arquipélago, os sistemas de abastecimento de água assentam quase exclusivamente na exploração dos recursos subterrâneos, captados através de nascentes, furos e poços. Este facto é vantajoso, uma vez que os aquíferos comportam uma capacidade autorreguladora relativamente elevada, implicando contudo ações de conservação e proteção das unidades aquíferas.

Os sistemas hídricos subterrâneos da ilha Terceira podem ser divididos em dois grandes grupos: o aquífero basal, correspondente a um nível saturado localizado a cotas próximas do nível do mar, que sobrenada água salgada proveniente de infiltrações do mar, e os aquíferos suspensos, associados a circulações horizontais ou sub - horizontais que ocorrem junto a níveis constituídos por materiais pouco permeáveis, como depósitos piroclásticos alterados, paleossolos ou cinzas compactas.

Na ilha Terceira a maior parte da água utilizada para consumo provém de aquíferos suspensos, utilizando-se o aquífero de base apenas nas épocas de maior procura, ou então quando os caudais dos primeiros começam a apresentar declínio nos volumes de exploração.

Em termos qualitativos, as águas dos aquíferos suspensos diferem significativamente das provenientes do aquífero de base. De acordo com Rodrigues (2002) as primeiras distinguem-se por apresentarem teores de cloretos baixos e serem particularmente susceptíveis a contaminações de natureza microbiológica e agrícola. As segundas, em virtude de fenómenos de intrusão marinha, apresentam normalmente mineralizações elevadas, associadas à presença de cloretos.

De acordo com o Plano Regional da Água, as políticas integradas de gestão da água nos Açores passam pela proteção de aquíferos e pontos de água e pela monitorização sistemática da qualidade deste recurso. Estes objetivos passam pelo conhecimento prévio das condições sanitárias das captações e pelo controlo das características físico-químicas básicas das águas captadas.

Com base neste enquadramento, procura-se neste trabalho caracterizar do ponto de vista qualitativo as águas dos aquíferos captados para abastecimento público do concelho de Angra do Heroísmo, dando especial relevância a aspetos relacionados com a proteção destes sistemas e com as condições sanitárias das captações.

Este trabalho estrutura-se em 3 partes: uma primeira, onde se faz uma caracterização das principais condicionantes do ciclo hidrológico na ilha Terceira, compilando-se a bibliografia existente uma segunda onde se caracterizam as captações existentes do ponto de vista estrutural e sanitário e uma terceira parte onde se estuda a qualidade das águas captadas tendo por base um conjunto de análises fornecidas pela entidade gestora deste recurso no concelho e ainda trabalhos de campo.

1. CONDICIONANTES HIDROLÓGICAS INSULARES

Neste capítulo faz-se uma caracterização geral da ilha Terceira, dando-se relevância aos aspetos que de forma direta ou indireta condicionam o ciclo hidrológico insular.

1.1. ENQUADRAMENTO GERAL

O arquipélago dos Açores situa-se em pleno Atlântico Norte a cerca de 2 000 km do continente europeu, entre os 36°55' e 39°43' de latitude Norte e 24°45' e 31°17' de longitude Oeste. As nove ilhas açorianas dispõem-se ao longo de uma faixa de orientação NW-SE, sendo, de acordo com a sua localização geográfica, divididas em três grandes grupos: o Oriental, que comporta as ilhas de Santa Maria, S. Miguel, o Central que inclui a Graciosa, Terceira, S. Jorge Pico, Faial, e o Ocidental formado pelas ilhas das Flores e do Corvo e alguns ilhéus espalhados por estes grupos. (Figura 1).

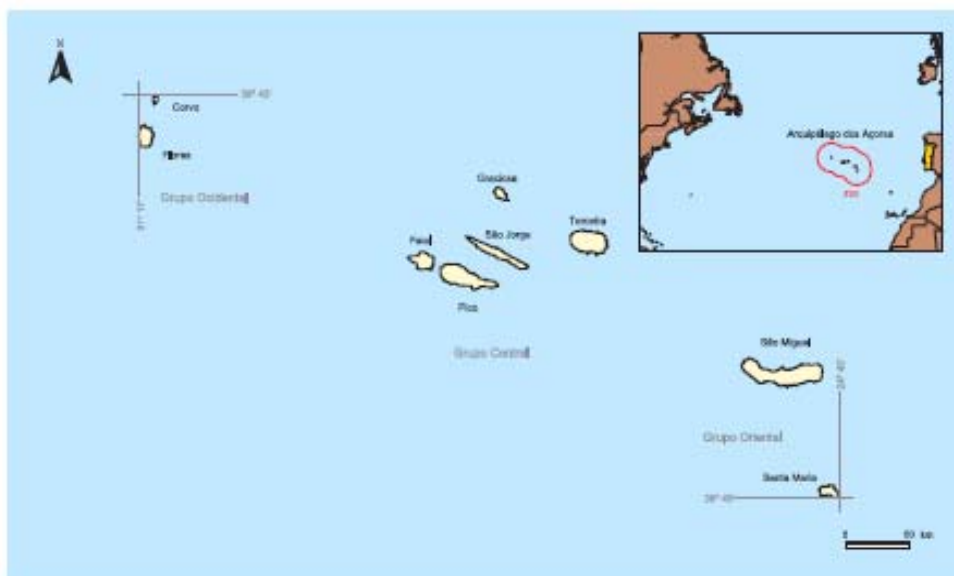


Figura 1 - Enquadramento Geográfico do Arquipélago dos Açores. Retirado do Plano Regional da Água (2001).

Em termos de área total os Açores têm cerca de 2 350 km², tendo, de acordo com os censos de 2011, uma população residente de 246 746 habitantes, vivendo na ilha Terceira cerca de 56 437 habitantes.

A Ilha Terceira integra dois concelhos, o de Angra do Heroísmo (239, 0 km²) e o da Praia da Vitória (161,3 km²) (Figura 2).

De acordo com os Censos de 2011, a população ativa da ilha distribui-se pelos seguintes sectores: primário 10 %; secundário 20 % e terciário 70 %.

A economia da ilha assenta no sector agropecuário, com a pastagem a ocupar grande parte da ilha, existindo pequenas manchas de produção hortícola e vitivinícola. As pescas têm um



Figura 3 – Freguesias do concelho de Angra do Heroísmo. Fonte SMAH.

A zona menos povoada do concelho localiza-se no sector oeste, nas freguesias de Raminho, Altares, Serreta e Doze Ribeiras.

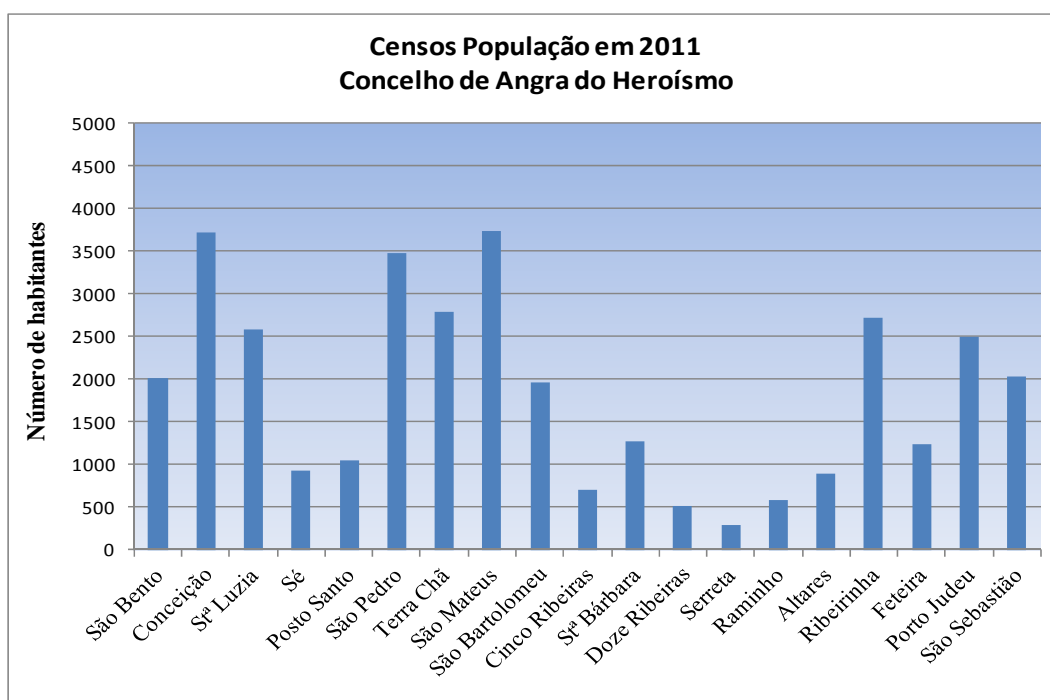


Figura nº 4 - População das freguesias que compõe o Concelho de Angra Heroísmo - Censos 2011. Adaptado do SRE – Açores (2012).

A cidade sede de concelho, Angra do Heroísmo, concentra em grande parte as atividades económicas, serviços, equipamentos e infra-estruturas da ilha, possuindo os maiores consumos de água.

1.2. CONTEXTO VULCANO TECTÓNICO

O arquipélago dos Açores situa-se nas imediações da tripla junção entre as placas Americana, Euro-asiática e Africana, definida pelo *rift* médio Atlântico, por falhas transformantes e pelos troços da fractura Açores – Gibraltar. (Figura 5).

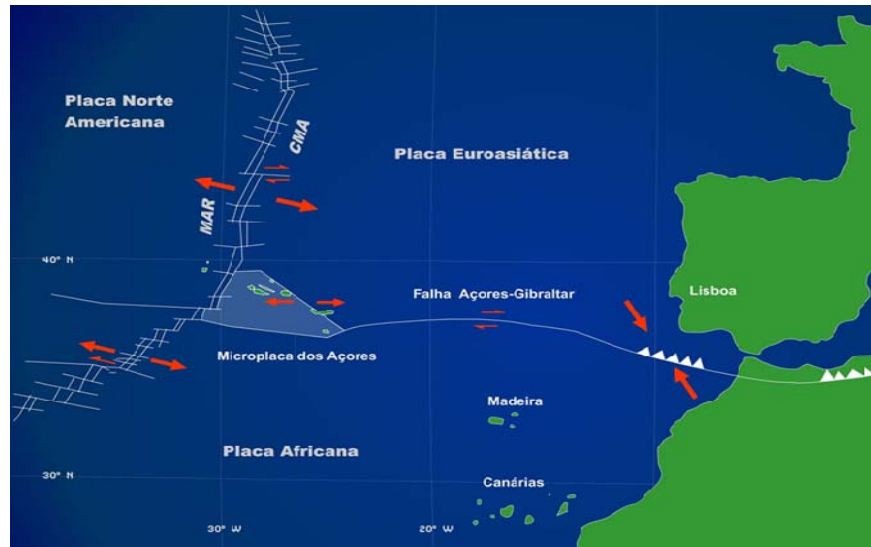


Figura 5 - Principais estruturas tectónicas da região dos Açores. Crista Médio -Atlântica; Micro - placa dos Açores; Falha Açores - Gibraltar. Retirado do *site* <http://www.speleoazores.com/index.php>

De acordo com Machado (1980) existe nos Açores outra importante estrutura vulcano-tectónica, o denominado *rift* da Terceira, definido pelo alinhamento de uma série de bacias, cristas e maciços, compreendendo, de SE para NW, a Fossa das Formigas, os ilhéus das Formigas, a Bacia de S. Miguel, a Ilha de S. Miguel, a Fossa Sul do Hironnelle, o Banco D. João de Castro, a Fossa Norte do Hironnelle, a Crista Submarina da Terceira, a Ilha Terceira, a Bacia Este da Graciosa, a Ilha Graciosa e a Bacia Oeste da Graciosa. Apresenta uma orientação geral WNW-ESSE definida pelo alinhamento das ilhas dos grupos Central e Oriental e converge a oeste com a Crista Média Atlântica e a leste com a Falha Gloria. Esta estrutura é caracterizada por um comportamento distensivo e de desligamento, associada a fenómenos sismogénicos e vulcânicos. (Figura 5).

A consequência deste enquadramento reflete um alinhamento dos epicentros dos sismos e uma intensa actividade sismo - vulcânica observada em todo o arquipélago,

Segundo Rodrigues (2002), a geomorfologia da ilha Terceira resulta da interação entre processos construtivos, claramente marcados pela actividade vulcânica e processos destrutivos, associados a processos tectónicos e fenómenos erosivos.

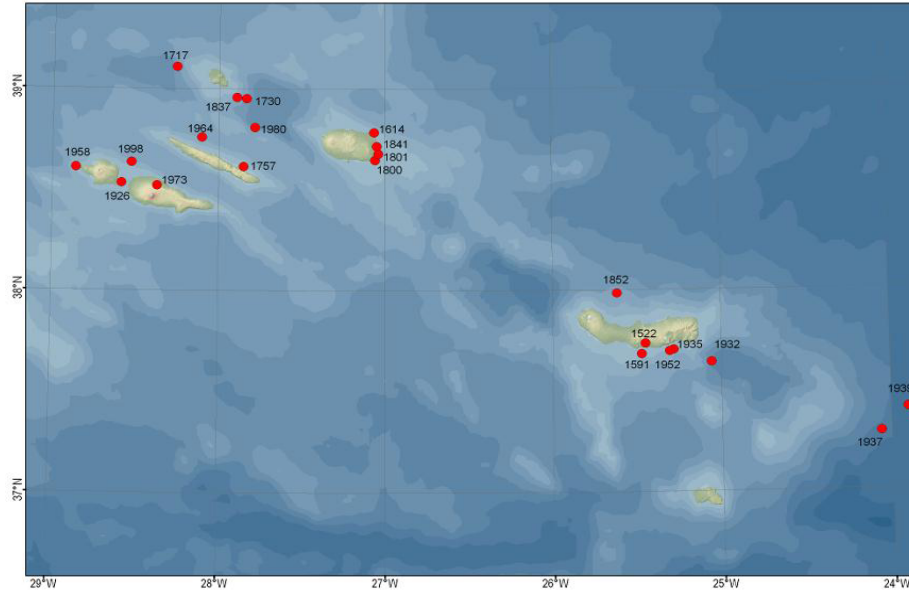


Figura 6 - Localização dos principais sismos históricos na região dos Açores. Fonte: *Silveira (2002), Silva (2005) in PGRH(2011)*.

De acordo com Madruga (1986), no arquipélago dos Açores predomina os piroclásticos de composição traquítica, vulgarmente conhecidos por pedra-pomes, seguindo-se os de composição basáltica (bagacina). As rochas eruptivas mais frequentes são os basaltos, traquibasaltos e traquitos da série de basaltos alcalino - oceânicos.

De acordo com Dias (1996), a maioria das ilhas dos Açores encontram-se recobertas por materiais piroclásticos, resultantes das últimas fases eruptivas e por escoadas lávicas recentes, de natureza basáltica e traquitana. Os materiais piroclásticos apresentam-se por vezes alterados devido a processos de meteorização relativamente rápidos.

Na Figura 7 mostra-se a carta tectónica da ilha Terceira. Como se pode observar a maioria das falhas junta-se no sentido NW – SE, ou seja seguindo a tendência direcional do *rift* da Terceira.

O mecanismo dos deslocamentos sucessivos do *rift* da Terceira para nordeste, condiciona a movimentação das placas na região, sendo a microplaca dos Açores essencial de forma a manter a sua posição sobre o hot-spot dos Açores.

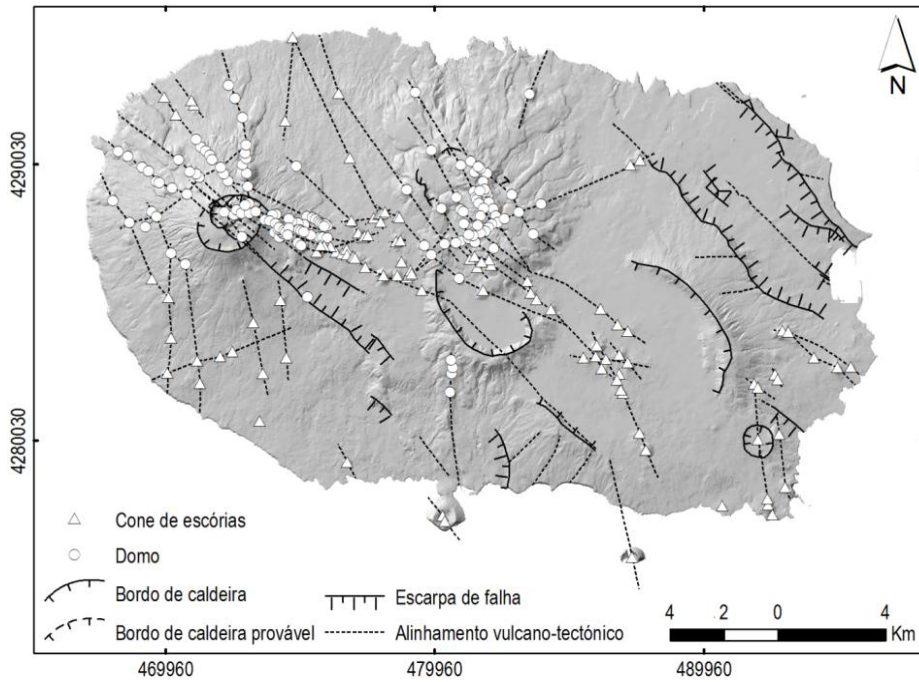


Figura 7 - Esboço vulcano - tectónico da Ilha Terceira. Retirado do PGRH (2011).

Deste modo, os principais fenómenos naturais que foram afetando o arquipélago e a ilha Terceira ao longo dos anos tiveram origem tanto na atividade sísmica como na vulcânica, situando os Açores numa geodinâmica muito activa e original, nomeadamente no que refere ao seu vulcanismo e sismicidade

Em 1761 verificou-se uma erupção na zona central da ilha e muito recentemente, duas erupções submarinas que tiveram lugar na Crista Submarina da Serreta, uma verificada no ano de 1998 e outra no ano de 2001 (Pimentel, 2006).

Estas erupções ocorreram a cerca de 9 km ao largo do farol da freguesia de Serreta, concelho de Angra do Heroísmo, tendo sido descobertas por pescadores em 18 de Maio de 1998, só tendo cessado a sua actividade completamente no ano de 2001.

Estas erupções caracterizaram-se por serem intermitentes e por uma alternância de emissão de bolas de gases e de projecção de piroclastos finos e de lavas em almofada que chegavam até à superfície das águas (Forjaz *et al.*, 2000), citado por França Z.(2009).

1.2.1. GEOLOGIA

Os edifícios vulcânicos que correspondem às diversas ilhas do arquipélago dos Açores emergem a partir da designada Plataforma dos Açores, uma região de forma grosseiramente triangular, onde a crosta oceânica apresenta um espessamento de cerca de 60% (Searle, 1980), definida pela linha batimétrica dos 2 000m (Needham e Francheteau, 1974 *in* PGRH, (2011).

De acordo com Zbyszewski *et al.* (1971), citado por Fernandes (1985) a ilha Terceira é constituída por quatro grandes maciços vulcânicos, formados pelos vulcões dos Cinco Picos, Guilherme Moniz, Pico Alto e Santa Bárbara.

Lloyd e Collis (1981) corroborado por Rodrigues (1993 e 2002) consideram a ilha Terceira constituída apenas por três grandes maciços vulcânicos, formados pelos estratos vulcões dos Cinco Picos, Guilherme Moniz e de Santa Bárbara. Estes autores consideram ainda que entre os dois últimos aparelhos, desenvolve-se uma zona de vulcanismo recente, colectivamente denominada *zona de transição*.

A cartografia geológica da ilha Terceira assenta nos trabalhos de Zbyszewski *et al.* (1971), Self (1974), Lloyd e Collis (1981), Fernandes (1985), Forjaz *et al* (1990) *in* Rodrigues (2002).

Neste trabalho optou-se por seguir o esquema estrutural da ilha Terceira inicialmente preconizado por Zbyszewski *et al.* (1971), complementado pelos trabalhos de Fernandes (1985) e França (2005), e seguir a cartografia geológica de Lloyd e Collis (1981) e Rodrigues (2002). (Figura 8)

De acordo com Rodrigues (2002) o vulcão dos Cinco Picos é constituído por alternância de escoadas lávicas traquibasálticas - traquibasaltos dos Cinco Picos - e depósitos piroclásticos de queda associados (escórias, bombas e *lapilli*), evidenciando uma actividade eruptiva predominantemente estromboliana.

Este autor considera que a presença de depósitos ignimbríticos neste maciço nos níveis mais superficiais está associada ao estratovulcão de Guilherme Moniz e ao Centro Vulcânico do Pico Alto. (Figura 8).

No estratovulcão dos Cinco Picos desenvolvem-se extensas manchas de materiais basálticos - basaltos inferiores da Terceira – (Lloyd e Collis, 1981, Fernandes, 1985 e Rodrigues, 2002) com origem num conjunto de erupções do tipo estromboliano maioritariamente localizadas na caldeira dos Cinco Picos e no sector SE deste maciço (Figura 8).

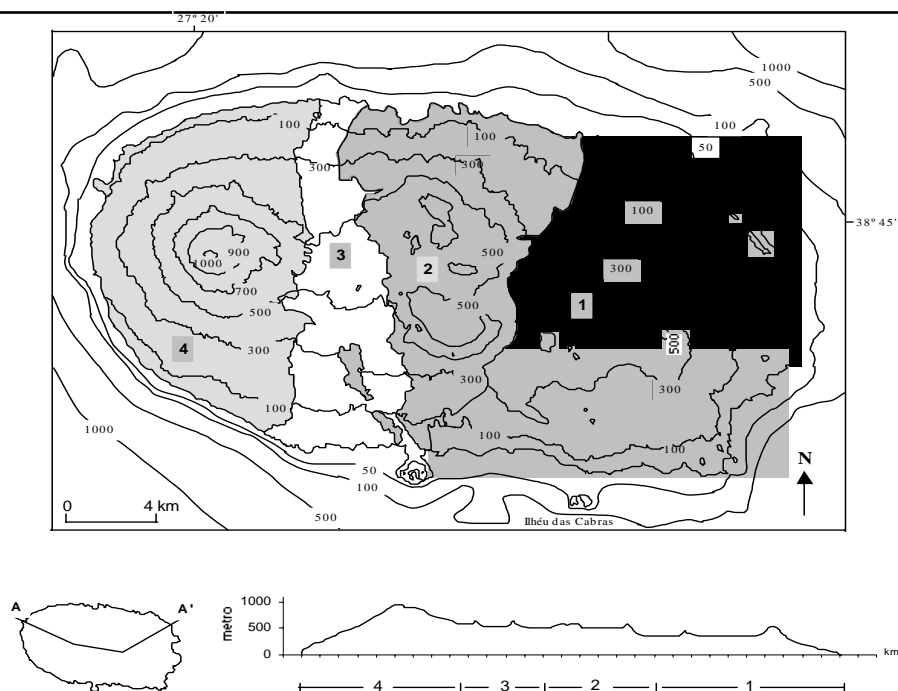


Figura 8 - Carta e perfil topográfico da ilha Terceira: 1 – Maciço dos Cinco Picos; 2 – Maciço do Pico Alto; 3 – Zona de transição; 4 – Maciço de Santa Bárbara. Retirado de Rodrigues (2002).

A área ocupada pelo vulcão de Guilherme Moniz restringe-se à metade sul do terço central da ilha. Inclui um número considerável de domos traquíticos, que surgem de forma coalescente, designados por Lloyd e Collis (1981), Fernandes (1985) e Rodrigues (1993 e 2002), traquitos de Guilherme Moniz. No sector central deste maciço surgem alguns centros eruptivos basálticos (França, 2005) que deram origem a manchas lávicas recentes, que incluem parte dos basaltos superiores da Terceira (Lloyd e Collis, 1981 e Rodrigues, 2002).

O centro vulcânico do Pico Alto dispõe-se no flanco norte do terço central da ilha. Compreende uma série de domos traquíticos coalescentes – formações peralcalinas do Pico Alto – (Lloyd e Collis, 1981 e Rodrigues, 2002), depósitos de cinzas e pomes e extensas manchas ignimbríticas que se estendem desde a zona dos Biscoitos até às Lajes (Fernandes, 1985). O vulcão de Santa Barbara, o mais ocidental da ilha, apresenta nas suas fases iniciais um vulcanismo básico, essencialmente basáltico - basaltos de Santa Bárbara que posteriormente terá evoluído para um tipo de vulcanismo mais explosivo, de natureza traquítica (Fernandes, 1985, Lloyd e Collis, 1981 e França *et al.*, 2005).

A *zona de transição* ou fissural corresponde a uma zona basáltica fissural, considerada por Machado (1965) e por Rodrigues (1993) um *rift*, que se desenvolve no sentido N-S entre os vulcões de Santa Bárbara e Guilherme Moniz. O vulcanismo basáltico desta zona é predominantemente do tipo havaiano a estromboliano, com a ocorrência de episódios efusivos relativamente recentes (Zbyszewski *et al.*, 1971, Rodrigues 1993).

1.2.2. GEOMORFOLOGIA

A ilha Terceira é dominada por quatro grandes estratos vulcões e por numerosos cones secundários implantados em fracturas que se desenvolvem de W para E (Fernandes, 1985).

Estes estratovulcões englobam os maciços dos Cinco Picos, de Guilherme Moniz e de Santa Bárbara e ainda por uma faixa deprimida, localizada entre estes dois últimos aparelhos vulcânicos, genericamente designada de Zona de Transição. (Figuras 8,9).

O maciço dos Cinco Picos, corresponde a um grande estrato vulcão encimado pela caldeira dos Cinco Picos, a maior dos Açores com 7 km de diâmetro.

Esta depressão, de considerável importância do ponto de vista hidrogeológico (Rodrigues, 2002), apresenta uma extensa zona aplanada onde pontuam alguns cones de escórias na sua faixa central. As Serras do Cume (500 metros) e da Ribeirinha (300 metros), correspondem, respectivamente, aos seus bordos E e SW desta depressão (Zbyszewsky *et al.*, 1971).

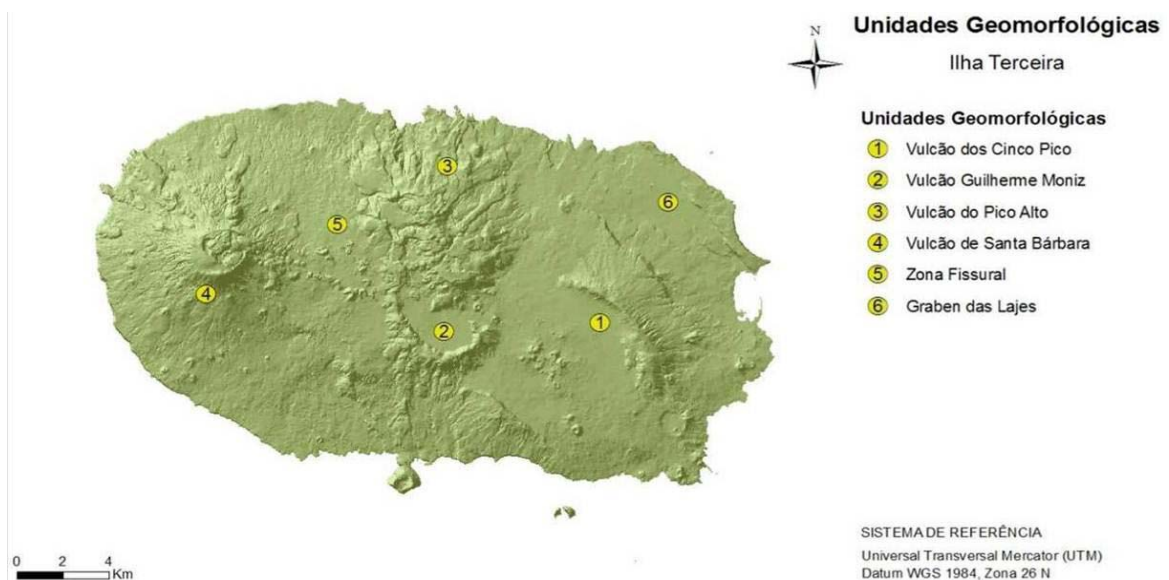


Figura 9 - Carta das unidades vulcânica da Ilha Terceira. Retirado do PGRH (2011)

Lloyd e Collis (1981), citado por Rodrigues (1993) consideram que esta depressão não é uma caldeira, correspondendo ao fundo de um extenso *graben* que integra na sua faixa central o *rift* da Terceira.

Este maciço apresenta várias unidades geomorfológicas distintas (Fernandes, 1985), das quais se destacam o *graben* das Lajes, o paul da Praia, a Serra do Cume, a serra da Ribeirinha e as falhas normais das Fontinhas, de Santiago e da Grota do Vale.

A zona oeste da ilha Terceira é formada pelo maciço de Santa Barbara que corresponde a um estrato vulcão com cerca de 13 km de diâmetro e uma altitude de 1 021 m.

Este aparelho vulcânico é truncado por uma dupla caldeira (Fernandes, 1985), no interior da qual se desenvolveram de forma coalescente uma série de domos e domos-escoada de natureza traquítica.

Os flancos deste vulcão mostram-se bastante ravinados, com uma rede de cursos de água do tipo radial centrífugo.

Os cones vulcânicos secundários do vulcão de Santa Bárbara estão dispostos radialmente ou sobre acidentes tectónicos de orientação geral NW-SE (Zbyszewsky *et al.* 1971) e englobam escoadas lávicas basálticas, depósitos de escória e *lapilli* e domos e domos - escoada de natureza traquítica (Fernandes, 1985).

O maciço de Guilherme Moniz corresponde a um grande aparelho vulcânico constituindo uma caldeira alongada, desmantelada no quadrante norte e, correspondendo aos bordos Oeste e sul à Serra do Morião. Lloyd e Collis (1981), corroborado por Rodrigues (2002) consideram que a caldeira Guilherme Moniz tem uma estrutura elíptica que integra na sua metade Norte o Centro Vulcânico do Pico Alto.

O Centro Vulcânico do Pico Alto é dominado pelo Pico Alto, com 808 metros de altitude, e por um complexo vulcânico com domos, domos - escoadas emitidos a partir de vários centros eruptivos (Fernandes, 1985). O Pico Alto e o Pico das Pardelas são responsáveis pela emissão de materiais de natureza traquítica que moldaram todo o lado Norte da Ilha (Zbyszewsky *et at.*, 1971).

O conjunto de maciços vulcânicos que constituem a Terceira imprime à ilha uma configuração aproximadamente elíptica, orientada no sentido E-W, com um volume estimado de 119 km³, tendo um comprimento e uma largura máximas de 21 km e de 14km, respetivamente.

A orla costeira da ilha Terceira tem uma configuração recortada, com aproximadamente de 126 km de extensão, definida na sua maior parte por escoadas lávicas (Figura 10).

A altitude máxima da Ilha Terceira é atingida na Serra de Santa Bárbara, sendo a zona habitada limitada à faixa costeira que circunda a ilha, que se desenvolve até os 300 m de altitude.

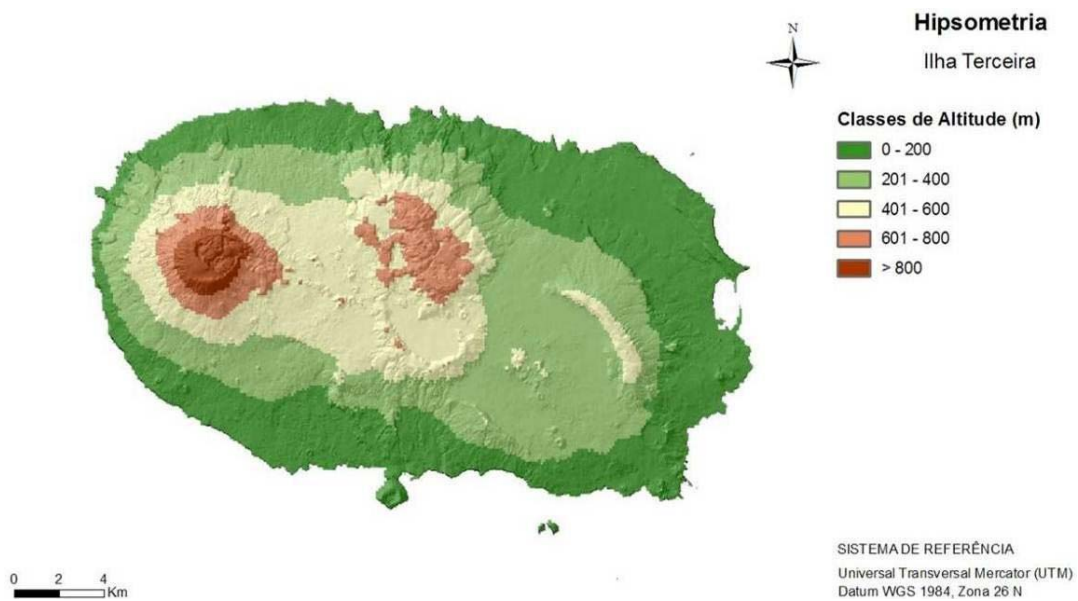


Figura 10 – Carta hipsométrica da Ilha Terceira. Retirado do PGRH (2011).

As restantes cotas altimétricas variam entre os 400 metros até aos 800 metros.

Esta disposição é caracterizada pela alternância de arribas altas e escarpadas, sobretudo na metade ocidental da ilha, com troços de costa baixos, onde se encontram algumas plataformas lávicas e baías abrigadas (Figura 10).

1.3. SOLOS

Os solos das ilhas dos Açores resultam da meteorização de materiais vulcânicos recentes, nomeadamente cinzas, pedra-pomes, ignimbritos e piroclastos de queda de natureza basáltica (Madruga, 1986).

De acordo com Pinheiro (1990), estes integram-se predominantemente na categoria dos andossolos (andossolos típicos e andossolos ferruginosos) e, em menor proporção, na dos solos pardos. Os andossolos típicos são solos profundos, geralmente estratificados devido a acumulações periódicas, com horizontes superficiais escurecidos pela matéria orgânica e com horizontes sub – superficiais pardos - amarelados ou pardo – avermelhados. Estes solos apresentam uma textura predominantemente franca, podendo aparecer, nas altitudes mais elevadas, horizontes sub - superficiais mais evoluídos. À superfície, a estrutura é granulosa, atenuando-se em profundidade pela presença de material pouco alterado, em geral de natureza ácida ou, mais raramente, basáltica. São solos que originam uma taxa de infiltração média levando a algum escoamento superficial pelo que, segundo a classificação hidrológica dos solos da *Soil Conservation Service* (SCS) são enquadrados no tipo B.

A zonalidade climática e a altitude implicam a existência de uma diferenciação pedológica na ilha, que também é influenciada pela natureza e idade dos materiais originários.

Os andossolos apresentam, em geral, perfis profundos, bem drenados, com um horizonte superficial A1 ou Ap, ao qual se seguem horizontes Bw, Bc e/ou C, formando sequencias variáveis resultantes de distintas fases e intervalos de tempo entre os processos de deposição (Pinheiro,1990).

As características e propriedades específicas dos andossolos resultam da natureza da sua fração argilosa, onde predomina a alofana e complexos organo-minerais. De um modo geral, estes solos exibem baixa densidade aparente, dificuldades de dispersão, elevada capacidade de retenção de águas e alterações irreversíveis após a dissecação (Pinheiro,1990).

As cores destes materiais são diferenciadas, sendo de um modo geral pardo - avermelhados, se originários de formações mais básicas e pardos-escuros ou pardo-amarelados quando provém de formações mais ácidas.

De acordo com Madruga (1986) o estado de dissecação do solo tem grande influência nas tonalidades desta característica.

Os andossolos na ilha Terceira distribuem-se desde o nível do mar até ao 500 m de altitude na costa norte e 600 metros na costa sul .

Nas zonas mais baixas da ilha, situadas até aos 200 metros de altitude nas vertentes norte e 300 metros de altitude nas vertentes sul, predominam os andossolos saturados (Pinheiro,1990). (Figura 11).

Pontualmente, nalgumas partes da ilha encontram-se solos pardos, associados a acumulações piroclásticas mais antigas.

Os andossolos ferruginosos predominam acima dos 500 e 600 metros nas vertentes norte e sul respetivamente Pinheiro, (1990).

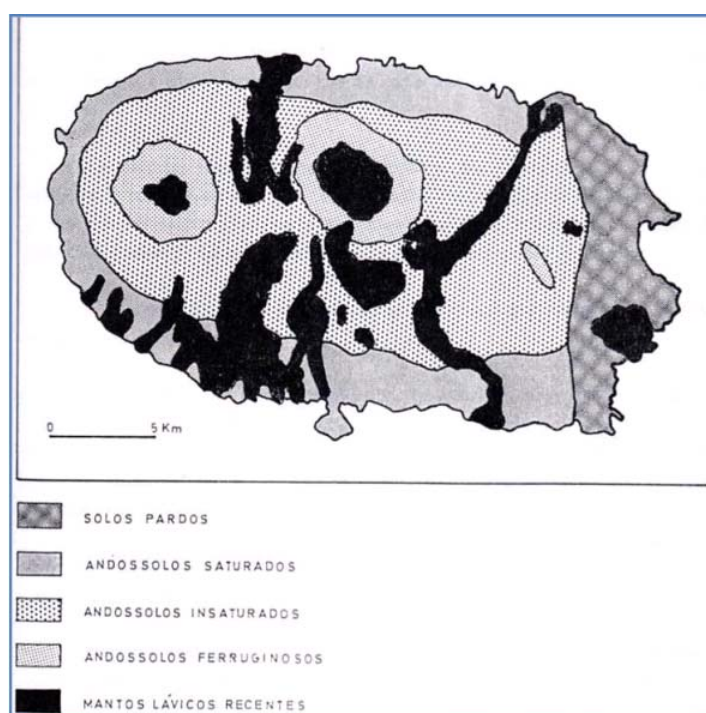


Figura 11 - Carta dos principais tipos de solos da Ilha Terceira. Retirado de Pinheiro (1990) *in* PGRH (2011).

Nas zonas da ilha situadas a cotas inferiores a 150 metros correspondentes a níveis climáticos marcados por períodos de relativa secura estival, surgem solos pardos ou outros em estádios evolutivos intermédios entre estes e os andossolos (Figura 11). Estas formações pedológicas apresentam no geral valores de densidade aparente muito superiores aos valores limite para os andossolos, bem como uma menor capacidade de reter a água (Pinheiro, 1990).

1.4. VEGETAÇÃO

De acordo com Gaspar Frutuoso (séc. XVI) existia na altura do descobrimento das ilhas, uma floresta densa, com espécies como o cedro do mato (*Juniperus brevifolia*), faia da terra (*Myrica faia*), louro (*Laurus Azorica*), urzes e “rapa” (*Erica azorica*). Na sua obra *Saudades da Terra*, este autor afirma textualmente que os primeiros povoadores encontraram “*rochas e terras altas, todas cobertas de alto e espesso arvoredo de cedros, louros, ginjas e faias*” e *altos montes e baixos vales, povoados de arvoredo, com cuja verdura vestida estava toda a terra*.

Na Figura 12 mostra-se alguns povoamentos atuais deste tipo de vegetação.



Figura 12 – Povoamentos vegetais no interior da ilha Terceira, constituídos predominantemente por *Laurus azorica*, *Erica azorica* e *Juniperus brevifolia*.
Foto.: José Machado.

Todas estas espécies encontravam-se distribuídas gradativamente, em função da altitude de acordo com as suas características de adaptabilidade ao meio ambiente.

A percentagem de terrenos ocupados por vegetação endémica na ilha Terceira, cinge-se atualmente a zonas no interior da ilha de difícil acesso, estando a restante área da ilha ocupada por superfícies forrageiras temporárias e pastagens permanentes constituídas por vegetação rasteira, enquadrada por paredes de pedra sobreposta.

A presença da água nestas zonas mais altas da ilha Terceira é frequente, quer a partir das chuvas quer da intercessão dos nevoeiros apresentando um pH baixo e denominando-se de ombrófilas ou águas freáticas, minerotróficas de pH variável. Regista-se ainda a presença pontual de águas termais denominadas de termófitas.

Este fenómeno de características raras, vai dar origem a um tipo de solo pouco profundo, dum horizonte ferro – magnésiano designado de plácico, encharcado conduzindo com alguma frequência à existência de pequenos lagos ou lagoas e dando origem a vastas áreas de zonas húmidas principalmente em altitude sendo o ecossistema mais representativo destas condições a turfeira florestada. Este tipo de floresta açoriana, única na sua constituição é dinâmica e estruturada, sendo um dos tipos de florestas de nuvens que pela intercessão dos nevoeiros captados vai proporcionar quantidades de água captada constituindo um papel fundamental no equilíbrio ambiental das ilhas.

Madruça, (1986) considera que a ilha Terceira é particularmente rica em turfeiras e zonas encharcadas, mercê da sua orografia na parte central e da existência de bacias endorreicas. É deste modo, que as zonas florestadas desempenham um importante papel no ciclo hidrológico insular, contribuindo para a regularização dos fluxos de escoamento superficial e de infiltração.

Dias (1991), considera também ser de primordial importância a existência de espécies endémicas nas ilhas, associadas ao ciclo local da água. As florestas micrófilas que ocorrem no interior da ilha nas zonas de elevada precipitação têm um importante efeito regularizador das turfeiras. (Figura 13).



Figura 13 - Povoamentos vegetais constituídos predominantemente por *Juniperus brevifolia*..
Foto.: José Machado.

O clima açoriano constituiu um fator determinante para o desenvolvimento destas florestas, forçando a adaptações e originando uma biodiversidade rica e diversa.

Ao longo dos tempos, por influência dos povoadores, o coberto florestal das ilhas foi sendo alterado, em função da necessidade de aquisição de terrenos agrícolas. Os primeiros sinais de perturbação do meio natural ocorreram com o lançamento de animais pelas ilhas, cujo objectivo seria conhecer a habitabilidade do território descoberto.

A ocupação destes solos foi uma prioridade dos primeiros povoadores, funcionando como uma garantia de sustento e independência económica.

A introdução de culturas, como o pastel, a cana-de-açúcar, o milho e o trigo, que se foram adaptando ao clima e às características dos terrenos, constituíram um fator de eliminação das espécies naturais.

Muitas das espécies de plantas introduzidas para o cultivo, após terem escapado das culturas, tornaram-se pelo menos sub - espontâneas, do mesmo modo as espécies botânicas introduzidas nos jardins nem sempre se limitaram a esses espaços nem aos fins para que haviam sido escolhidas. Muitas delas também escaparam à cultura e propagaram-se de tal modo, em número e em extensão, que passaram a dominar algumas comunidades vegetais naturais, tornando-se uma ameaça para as espécies consideradas endémicas. Servem de exemplos os casos da hortênsia (*Hidrangea macrophylla*), uma espécie originária da China, introduzida em meados do século XIX, cuja flor tem dado beleza e cor às sebes vulgarizadas pelas propriedades rústicas e bermas das estradas, tornando-se um elemento marcante da paisagem, a roca-de-velha ou conteira (*Hedychium gardnerianum*), introduzida também em meados do século XIX, de sementes facilmente disseminadas pelos pássaros, do incenso (*Pittosporum undulatum*), oriundo do sudoeste da Austrália, introduzido há muitos anos para ser usado em sebes de proteção aos pomares de laranjeiras, que, devido à sua disseminação espontânea e ao crescimento folhoso maior do que o de muitas árvores indígenas transformou a paisagem açoriana.

A criptoméria (*Cryptomeria japonica*), cuja origem foi na China e no Japão, foi usada inicialmente para sombra e para cortinas de abrigo, adaptando-se facilmente ao clima e devido ao seu crescimento rápido foi uma solução para a reflorestação, particularmente acima dos 300 m de altitude, alterando profundamente a paisagem.

A substituição de muitos destes cobertos por outros, particularmente pastagens, poderá em certa medida condicionar a falta de água que muitas vezes as ilhas atravessam.

1.5. CLIMA

O clima dos Açores é essencialmente ditado pela localização geográfica das ilhas, sendo do tipo temperado marítimo.

O arquipélago está localizado numa faixa de transição subtropical, sendo fortemente marcado pela presença do anticiclone dos Açores e pela influência da corrente quente do Golfo que atravessa o Atlântico.

De um modo geral o clima açoriano é húmido e chuvoso no inverno, sobretudo nas zonas altas do interior insular, sendo mais seco na faixa litoral.

Nos meses de Inverno, a tendência de posicionamento do anticiclone dos Açores, mais para sul, acompanha o deslocamento da célula de Hadley no sentido da Zona Intertropical de Convergência (ZITC), e permite uma descida da Frente Polar que se aproxima do arquipélago. A descida em latitude desta frente e o afastamento para sul do anticiclone dos Açores, é geralmente responsável pelo abaixamento da temperatura, precipitação intensa sendo muitas vezes acompanhada por ventos. Deste modo, os meses compreendidos entre Setembro e Março normalmente são caracterizados pela abundância de chuvas, devido à passagem de perturbações depressionárias associadas a frentes polares.

Durante o período dos meses de Verão, a deslocação do anticiclone mais para norte, condicionado pela migração latitudinal da ZITC, conduz ao afastamento da frente polar e das perturbações que lhe estão associadas para latitudes mais elevadas, conferindo uma maior estabilidade atmosférica nos restantes meses, registando-se valores de pluviosidade menores, a cujos ventos sopram com uma intensidade mais moderada.

Ocasionalmente e devido à passagem de tempestades tropicais o arquipélago é atingido por ventos fortes por vezes acompanhados por chuva intensa cuja direcção decorre do trajecto do sistema depressionário em relação ao posicionamento das diferentes ilhas, acompanhadas de rajadas sendo raro o ano em que estas não atinjam velocidades próximas dos 100Km/h.

Por outro lado, as ilhas do arquipélago dos Açores estando situadas numa zona de confluência de diferentes sistemas de circulação atmosférica, são influenciadas tanto por ventos oriundos do bordo superior, como também por sistemas depressionários associados à evolução dos meandros da frente polar devido à posição do anticiclone.

Para Rodrigues (1993) os ventos que assolam a ilha Terceira são predominantemente do quadrante oeste, registando-se em média por ano velocidades entre os 11 km/hora a 24km/hora sendo a percentagem anual de tempo calmo muito reduzida, entre 1,8% a 11,1%.

A sua velocidade média anual dos ventos que assolam o litoral é da ordem dos 17Km h-1 com influência da topografia da ilha.

De acordo com PGRH (2011), nos meses de Inverno a velocidade média aproxima-se dos 20Km h-1, enquanto que, nos meses de verão, o seu valor decresce para valores próximos dos 10Km h-1.. Verifica-se um aumento médio da velocidade do vento das ilhas do grupo oriental para as do grupo ocidental. Em todas as ilhas a velocidade do vento aumenta com a altitude, assumindo, porém, maior regularidade na sua orientação.

A temperatura média anual no arquipélago ronda os 17°C registando-se valores mínimos nos meses de Janeiro a Abril e valores e mais elevados entre Junho a Agosto. A humidade relativa do ar dos Açores caracteriza-se por ser elevada ao longo de todo o ano, apresentando valores médios mensais próximos dos 80%.

Os valores deste parâmetro variam ao longo do dia acompanhando de forma inversa a evolução diária da temperatura do ar. De manhã a humidade relativa do ar situa-se, em média, próximo dos 80%, decresce ligeiramente até aos 77% por meados da tarde subindo para os 87% durante a noite.

Por outro lado, a distância ao mar, a altitude, a própria orientação do relevo são factores que influenciam o clima das ilhas, bem como a própria forma que as ilhas apresentam.

As características climáticas da ilha Terceira são manifestamente idênticas à das restantes ilhas do arquipélago apresentando períodos de elevada precipitação, contrastando com outros de menor pluviosidade, pequenas amplitudes térmicas diárias e anuais e uma humidade atmosférica com valores normalmente elevados.

No quadro nº 1, adaptado de PGRH (2011), mostra-se as variáveis climáticas para a ilha Terceira baseadas nos trabalhos de PGRH (2011).

Como podemos observar a temperatura varia regularmente ao longo do ano, atingido um valor máximo mensal no mês de Agosto, próximo dos 22,0°C. As temperaturas médias mensais mais baixas ocorrem em Fevereiro sendo próximas dos 14 °C.

Quadro 1 - Variáveis climáticas para a ilha Terceira. Retirado do PGRH (2011).

Variável	T (°C)	RH(%)	Prc.(mm)
Mês	Média	Média	Média
Jan	13,8	79	133,3
Fev	13,2	79	127,1
Mar	13,7	77	104
Abr	14,4	75	92,1
Mai	15,9	78	52,5
Jun	18	78	49,8
Jul	20,4	75	34,2
Ago	21,5	75	52,9
Set	20,7	75	90,7
Out	18,4	77	121,3
Nov	16	77	131,9
Dez	14,4	80	135,8
Ano	16,7	77	1125,6

Na figura 14, mostra-se a variação das temperaturas máxima, mínima e média em Angra do Heroísmo no ano de 2008. Como se pode observar o período mais quente, com temperaturas médias superiores a 20°C corresponde aos meses de Julho, Agosto, Setembro e Outubro, enquanto que o mais frio, com temperaturas médias iguais ou inferiores a 15 °C vai de Dezembro a Abril.

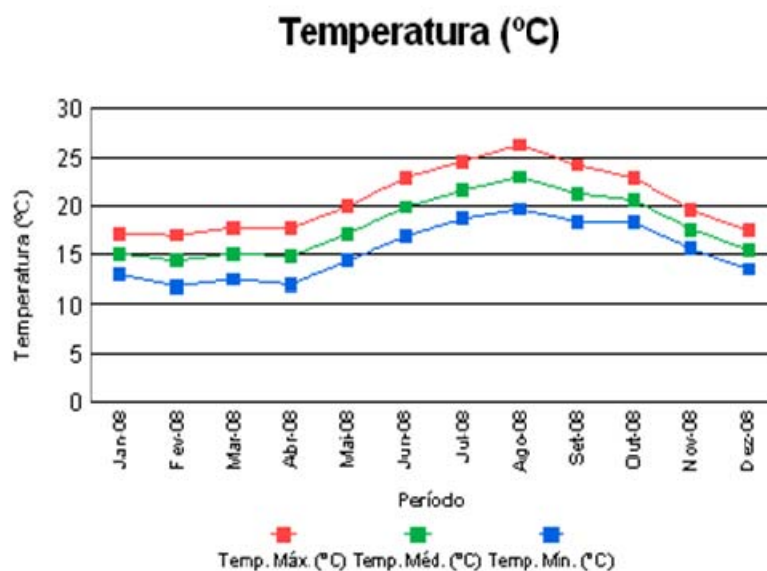


Figura nº 14 - Valores de temperatura média, máxima e mínima mensal, verificadas no ano de 2008 em Angra do Heroísmo. Retirado de <http://www.climaat.angra.uac.pt/> (2012).

Na figura 15 mostra-se a variação da precipitação em Angra do Heroísmo entre 1870 e 2010, conforme o apresentado por PGRH (2011). Verifica-se que a partir do ano 2000 os valores da precipitação registados foram inferiores a outros registados anteriormente, oscilando sensivelmente entre os 800 mm e 1100 mm aproximadamente.

No quadro 2 mostra-se alguns parâmetros estatísticos referentes aos registos de precipitação em Angra do Heroísmo ente 1870 e 2010. Como se pode observar a precipitação média anual neste período foi de 1069,5 mm, variando entre 1681,8 mm e 621,0 mm com uma mediana de 1040,8 e um desvio padrão de 18,8.

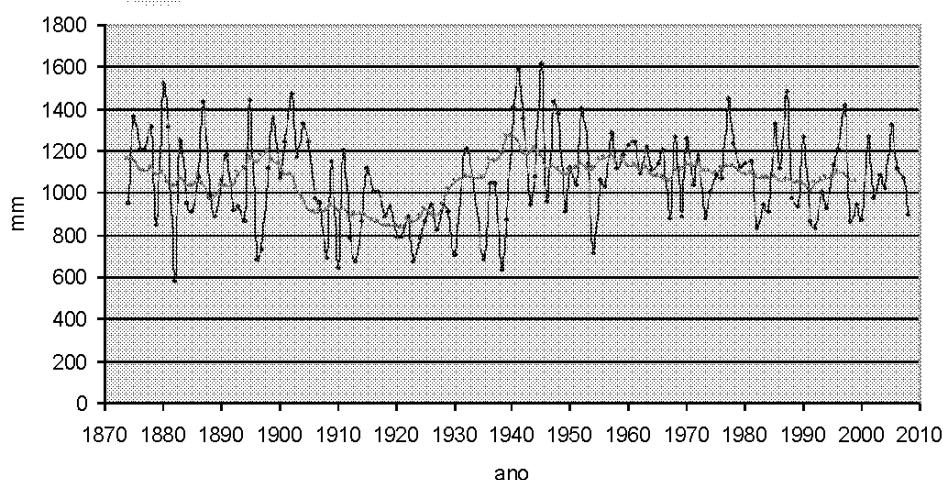


Figura nº 15 - Variação da precipitação em Angra do Heroísmo entre 1870 e 2010 (Retirado de PGRH, 2011).

Tal como nas restantes ilhas, as variáveis climáticas na ilha Terceira sofrem importantes variações com a altitude e com a distância ao mar. De forma genérica verifica-se que a temperatura e a evapotranspiração baixam com a altitude, enquanto a precipitação aumenta significativamente.

Quadro 2 - Tratamento estatístico dos valores da precipitação. Retirado de PGRH, (2011).

Média	1069,5
Erro-padrão	18,8
Mediana	1040,8
Moda	1201,5
Desvio-padrão	215,5
Variância da amostra	46437,2
Intervalo	1060,8
Mínimo	621,0
Máximo	1681,8
Contagem	131

Nas figuras 16, 17 e 18 mostra-se a variação espacial destes parâmetros tendo por base o simulado aplicando o modelo CIELO desenvolvido por Azevedo (1996). Como pode ser observado as temperaturas mais elevadas ocorrem na faixa litoral, que surge mais alargada na zona da Praia da Vitória, Fontinhas e Lajes.

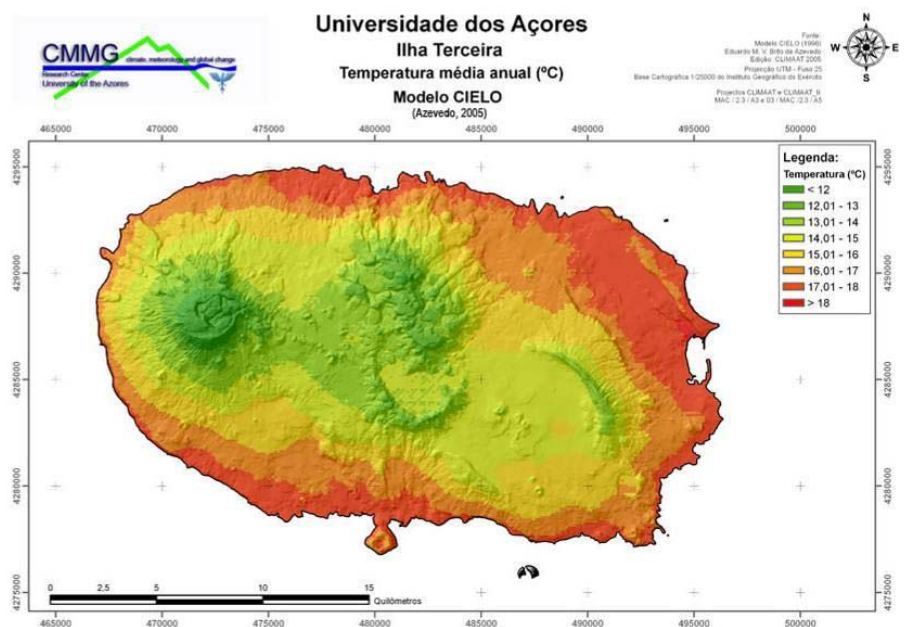


Figura 16 - Variação espacial da temperatura média anual na ilha Terceira de acordo com o modelo CIELO (2005).Fonte Climaat.

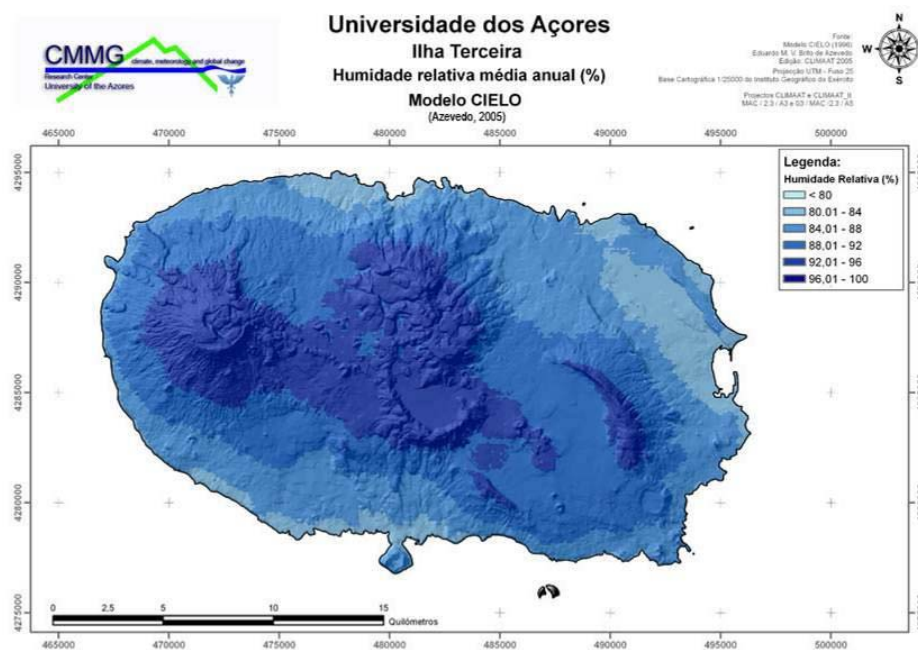


Figura nº 17 – Variação espacial da humidade relativa anual na ilha Terceira de acordo com o modelo CIELO (2005).Fonte Climaat.

A humidade relativa é mais elevada no centro da ilha, sobretudo nos maciços de Guilherme Moniz e Santa Bárbara enquanto que é mais baixa na faixa litoral, sobretudo na zona das Lajes e S. Mateus.

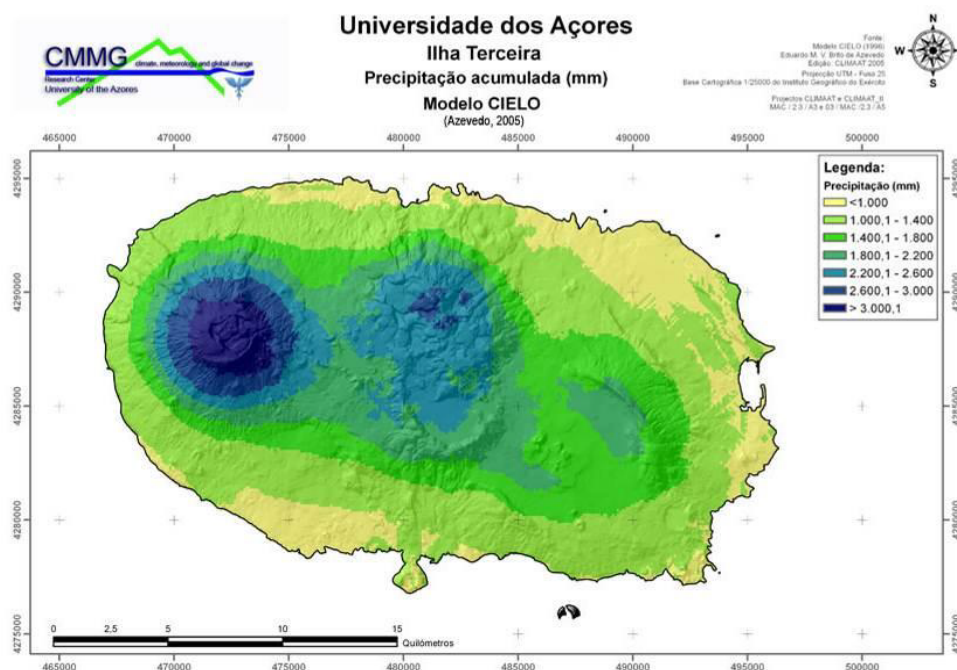


Figura 18 – Variação espacial da precipitação média anual na ilha Terceira de acordo com o modelo CIELO (2005). Fonte Climaat.

A precipitação apresenta variações significativas sendo mais elevada no maciço de Santa Bárbara.

O maciço central da ilha, correspondente aos vulcões de Guilherme Moniz e do Pico Alto, apresenta também precipitações elevadas, superiores a 2 000 mm, o que se reveste de especial importância para a recarga dos principais aquíferos da ilha.

A caldeira dos Cinco Picos apresenta precipitações mais elevadas nos seus extremos, localizados na vizinhança das serras da Ribeirinha e do Cume.

2. HIDROLOGIA

O abastecimento domiciliário de água na ilha Terceira assenta na exploração de recursos hídricos subterrâneos, captando-se nascentes, furos e poços.

A complexidade geológica e estrutural que caracteriza os terrenos vulcânicos, a presença de solos pouco evoluídos e a pequena dimensão das ilhas, imprimem características hidrogeológicas particulares, que condicionam o volume de água disponível para captação. (Rodrigues, 1998).

De acordo com Cruz, (1997), as condições hidrogeológicas nos aquíferos vulcânicos são heterogéneas, reflectindo a tipologia das formações e a alteração e fracturação das rochas. O escoamento de água nas escoadas lávicas faz-se através de diáclases, tubos de lava, cavidades, brechas e vazios entre as escoadas. Os depósitos piroclásticos possuem um comportamento hidrogeológico diferenciado, função dos espaços entre clastos, e dos graus de alteração, compactação e consolidação dos depósitos (Rodrigues 2002).

Na figura 19 mostra-se um modelo hidrogeológico da ilha Terceira de acordo com Bjarnason (1993). Como se pode verificar admite-se a existência de um aquífero basal único, que sobrenada a água do mar, existindo contudo massas de água subterrânea associadas a paleossolos e outras intercalações impermeáveis, formando aquíferos suspensos. (Figura 20).

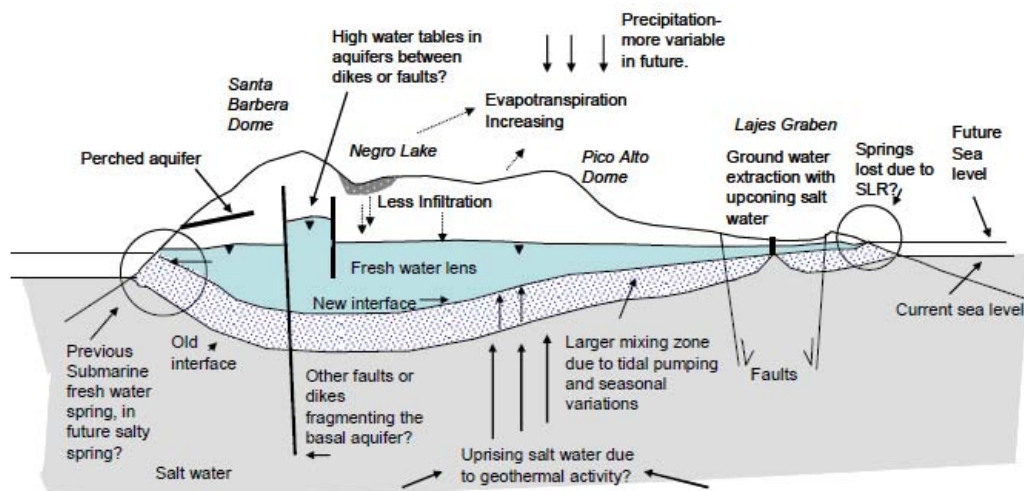


Figura 19 – Modelo hidrogeológico da ilha Terceira. Adaptado de Bjarnason (1993) retirado de Mollema *et al.* (2010).

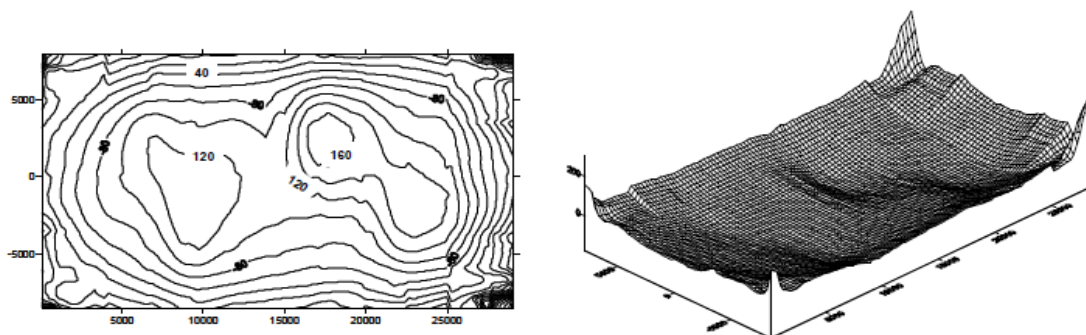


Figura 20 - Aquífero basal da ilha Terceira em 3D. Retirado de Mollema *et al* (2010)

Os modelos hidrogeológicos admitidos para a ilha Terceira assentam na presença de corpos hídricos basais, localizados a cotas próximas do nível do mar, e de aquíferos suspensos, associados a intercalações horizontais pouco permeáveis.

Rodrigues (2002) apresenta um esquema similar associando os principais aquíferos suspensos da ilha a estruturas depressionárias do tipo caldeira (*e.g.* caldeiras de Guilherme Moniz e Cinco Picos) e graben (*e.g.* Graben das Lajes) e um aquífero basal formado por uma lenticula de água doce que sobrenada água salgada proveniente de infiltrações do mar.

2.1. RETENÇÃO E ESCOAMENTO HÍDRICO SUPERFICIAL

A retenção hídrica superficial corresponde à fracção do *input* hídrico associado à precipitação que é temporariamente retida em lagoas, charcos, pântanos e turfeiras. Segundo Rodrigues (2002) esta é determinada por diversos factores de acordo com aspectos de ordem hidrológica, geomorfológica, pedológica e associados à vegetação.

A retenção hídrica em turfeiras, a mais importante do ponto de vista hidrológico, ocorre associada a formações do género *Spagnum* (Figura 21), que surgem nas zonas mais húmidas do interior da ilha e no topo dos grandes maciços vulcânicos.

As características foliares deste coberto vegetal, permitem a retenção de água, numa proporção volumétrica que ronda 10 vezes mais a da massa vegetal .

De acordo com Rodrigues (2002) são retidos superficialmente na ilha Terceira 1,8 m³ de água, sendo 0,11 hm³ em lagoas e 1,70 hm³ em turfeiras.

O escoamento superficial é fundamentalmente determinado pela geomorfologia, geologia e pedologia do terreno, bem como, pelo revestimento vegetal e ocupação humana (Rodrigues, 1993).

De um modo geral o escoamento é mais elevado nas zonas de declive, constituídas por formações lávicas antigas e piroclastos alterados.

Nas zonas de maior precipitação, correspondentes às vertentes mais elevadas dos maciços, o escoamento superficial é elevado, apresentando regimes marcadamente torrenciais.

Nas áreas onde se desenvolvem cobertos vegetais do género *Sphagnum*, os processos de escoamento são influenciados pela retenção superficial de água, atenuando-se a torrencialidade dos cursos

A Terceira possui um elevado número de bacias hidrográficas, caracterizadas por possuírem cursos de água irregulares com perfis jovens. Estas são essencialmente exorreicas, desembocando os cursos de água directamente no mar.

A rede de drenagem dispõe-se predominantemente de forma radial, em torno dos três grandes maciços estruturais (Figura 22). Os leitos das linhas de água tendem a ser irregulares apresentando perfis denunciadores da sua formação recente. É frequente os cursos de água apresentarem quebras bruscas de declive associados a descontinuidades litológicas ou a acidentes tectónicos (Rodrigues, 1993).

Na ilha existem também bacias endorreicas que desaguam em zonas de grande infiltração. Saliente-se as existentes no *graben* das Lajes e as localizadas no topo do maciço do Pico Alto (Rodrigues, 2002).



Figura 21 - Turfeira de *Sphagnum* localizada no interior da ilha Terceira. Foto: José Machado.

Os contornos regulares das bacias hidrográficas imprimem coeficientes de compacidade (Kc) inferiores a 2,5. Por outro lado, cerca de 40% da superfície insular apresenta bacias com um factor forma (Kf) inferior ou igual a 0,3, reflectindo estruturas estreitas e alongadas (Rodrigues, 2002).

A densidade de drenagem varia directamente com a extensão do escoamento superficial e fornece uma indicação da eficiência da drenagem natural das bacias hidrográficas. O valor médio da densidade de drenagem na ilha Terceira ronda os 2,3 km (Rodrigues, 2002), o que reflecte escoamentos elevados.

Tendo por base o modelo CIELO, desenvolvido por Azevedo *et al.* (1996), Rodrigues (2002) estimou para a ilha Terceira um escoamento hídrico superficial na ordem dos 216,7 hm³/ano, o que corresponde a 32 % do *input* hídrico da ilha.

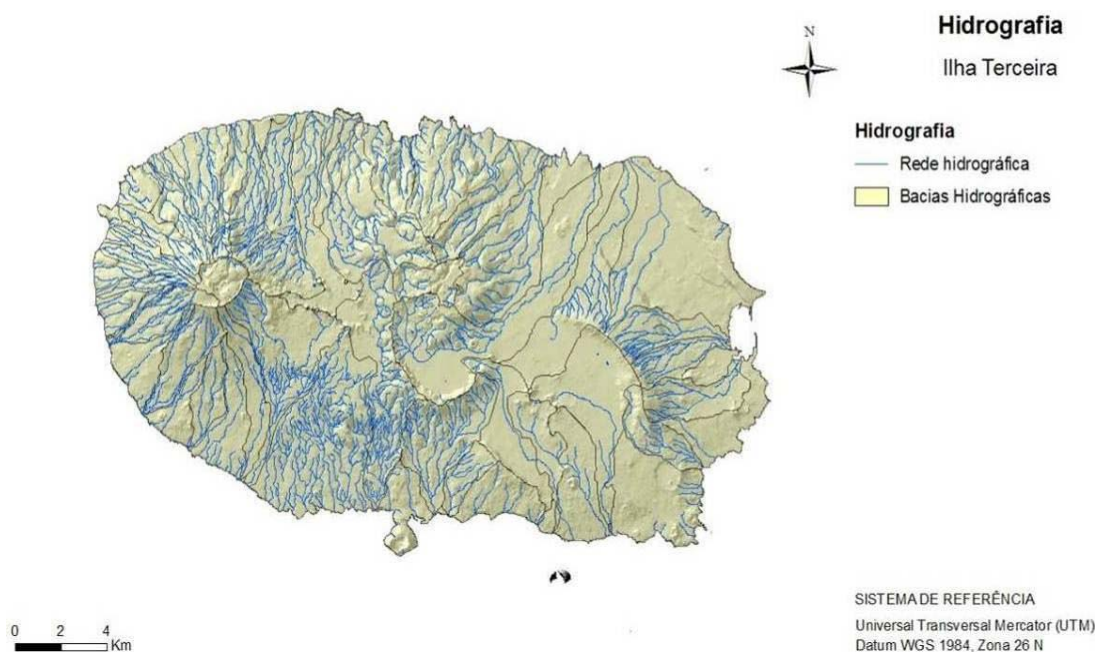


Figura - 22 - Carta hidrográfica da Ilha Terceira. Fonte PGRH (2011).

2.2. RECARGA E BALANÇO HÍDRICO

No Quadro 3, adaptado de PGRH (2011) mostra-se um balanço hídrico sequencial para Angra do Heroísmo. A sua análise permite concluir que entre Maio e Agosto verifica-se uma situação de *deficit* hídrico enquanto que entre Outubro e Março se verifica uma situação de equilíbrio hídrico.

Os meses de Setembro e Abril tendem para o equilíbrio, sendo a evapotranspiração sensivelmente idêntica à precipitação.

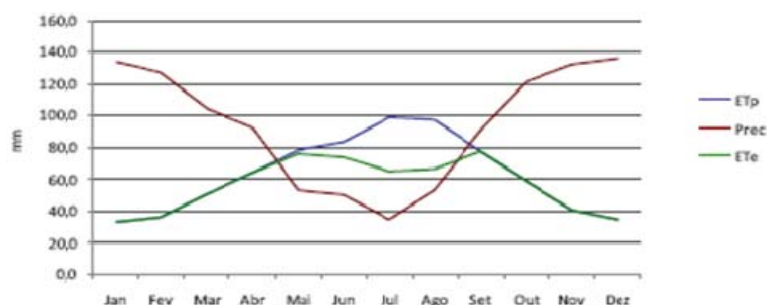
É no período entre Outubro e Março, correspondente a situações de *superavit* hídrico, que ocorre grande parte do escoamento hídrico superficial e se verificam situações de recarga dos sistemas aquíferos.

Quadro nº 3 - Balanço hídrico sequencial para Angra do Heroísmo. Adaptado de PGRH (2011).

Balanço Hídrico Sequencial, método de Thornthwaite - Angra do Heroísmo													
Etp - Penman/ Monthet													Capacidade da reserva útil do solo = 120 mm
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Etp	32,5	35,9	50,3	64,0	78,0	83,1	98,4	97,4	77,1	58,4	39,8	34,3	749
Prec	133,3	127,1	104,0	92,1	52,5	49,8	34,2	52,9	90,7	121,3	131,9	135,8	1126
Prec-Etp	100,8	91,2	53,7	28,1	-25,5	-33,3	-64,2	-44,5	13,6	62,9	92,1	101,5	376
L	0,0	0,0	0,0	0,0	-25,5	-58,9	-123,1	-167,6	-122,3	-14,7	0,0	0,0	
Ras	120,0	120,0	120,0	120,0	97,0	73,5	43,0	29,7	43,3	106,2	120,0	120,0	
ΔRas	0,0	0,0	0,0	0,0	-23,0	-23,5	-30,5	-13,3	13,6	62,9	13,8	0,0	
Ete	32,5	35,9	50,3	64,0	75,5	73,3	64,7	66,2	77,1	58,4	39,8	34,3	672
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	9,8	33,8	31,2	0,0	0,0	0,0	0,0	77
SH	100,8	91,2	53,7	28,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	78,3	101,5	454

la - Índice de Aridez	10%	lu - Índice de Humidade	61%	lh - Índice Hídrico	54%
lb - Concentração Térmica:	36%	Classificação Climática de Thornthwaite: B2 B'2 r a'			

balanço hídrico - Angra
Clima: B2 B'2 r a'



A precipitação que ocorre no mês de Setembro potencia fenómenos de escoamento superficial torrenciais, com taxas de infiltração relativamente baixas.

A recarga aquífera constitui um dos métodos mais utilizados na quantificação de recursos hídricos subterrâneos.

De acordo com Cruz (2004) o volume total de recarga aquífera nos Açores situa-se nos 1587 x 10⁶ m³.ano⁻¹, valor que corresponde em termos médios a 33 % da precipitação.

Quadro nº 4 - Balanço hídrico sequencial para a ilha Terceira. Retirado de Rodrigues (2002).

Parcelas do balanço hídrico	Quantitativos hídricos estimados (hm ³)	Percentagens (%)
Precipitação atmosférica (P)	638,9	100
Precipitação oculta (P0)	38,8	
Evapotranspiração real (ET real)	248,6	36,7
Escoamento superficial (E _{scsup})	216,7	32
Recarga aquífera (R)	212,4	31,3

Na Figura 23, retirada de Rodrigues (2002), mostra o balanço hídrico anual para ilha Terceira tendo em conta os dados apresentados por este autor no Quadro 4.

Como pode ser observado o volume da infiltração ronda os 212,4 hm³, o que corresponde a sensivelmente a 31,3% da precipitação.

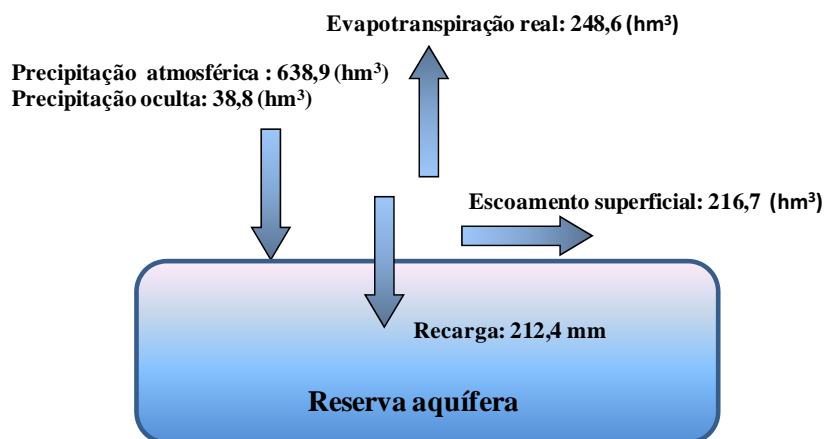


Figura 23 - Balanço hídrico anual para ilha Terceira tendo em conta os dados de Rodrigues (2002). Adaptado do PRA (2001).

3. HIDROGEOLOGIA

3.1. SISTEMAS AQUÍFEROS INSULARES

Entende-se por aquífero os materiais que, pelas suas características de porosidade e permeabilidade, permitem a circulação e o armazenamento de água, possibilitando o seu aproveitamento (Rodrigues, 1998).

De acordo com Lobo (1996), a ilha Terceira comporta vários aquíferos suspensos e um aquífero de base ou costeiro, cujas bacias de recarga se dispõem nos grandes maciços estruturais que formam o corpo da ilha.

3.1.1. AQUÍFERO DE BASE

O aquífero de base é um conjunto de formações saturadas por água doce situadas a cotas próximas ou abaixo do nível do mar (Paradela, 1980; Bjarnarson, 1993 e Rodrigues, 1993 e 2002).

De acordo com este último autor, dada a pequena dimensão da ilha, elevada permeabilidade dos materiais que a constituem e grande dispersividade do meio, considera-se que a maior parte das formações que constituem o corpo geológico insular encontram-se saturadas de água salgada proveniente das infiltrações do mar. Nestas circunstâncias, a água doce infiltrada, ao entrar em contacto com essa massa de água, sobrenada-a, dada a diferença de densidade (Paradela, 1980, Rodrigues, 1993 e Rodrigues, 1998), formando o aquífero de base.

Na zona de contacto entre as massas de água doce e salgada estabelece-se uma zona de transição, em que os valores da salinidade variam gradualmente.

As condições de equilíbrio hidrodinâmico entre as duas massas de água podem ser definidas pela equação de Ghyben-Herzberg, admitindo-se que por cada metro de água doce situada acima do nível do mar existam vinte metros de água salgada abaixo deste (Paradela, 1980 e Rodrigues, 1993).

O fluxo de água doce do aquífero de base varia em função das características hidrogeológicas dos terrenos e das características climáticas da ilha. Assim é de esperar maiores fluxos de recarga nas zonas mais pluviosas (*e.g.* do interior da ilha) e nas áreas deprimidas ou recobertas por formações basálticas recentes (*e.g.* caldeiras de Guilherme Moniz, Santa Barbara, Cinco Picos e zona de transição).

A recarga do aquífero de base é feita em toda a superfície insular, quer de forma directa ou indirecta a partir de água proveniente de aquíferos suspensos.

De acordo com Rodrigues (1993), as nascentes da Ilha Terceira dividem-se em nascentes de base, se associadas ao aquífero do mesmo nome, e superiores se relacionadas com aquíferos suspensos.

Na figura 24 mostra-se esquematicamente o aquífero de base, com e sem a presença de aquíferos suspensos no corpo insular.

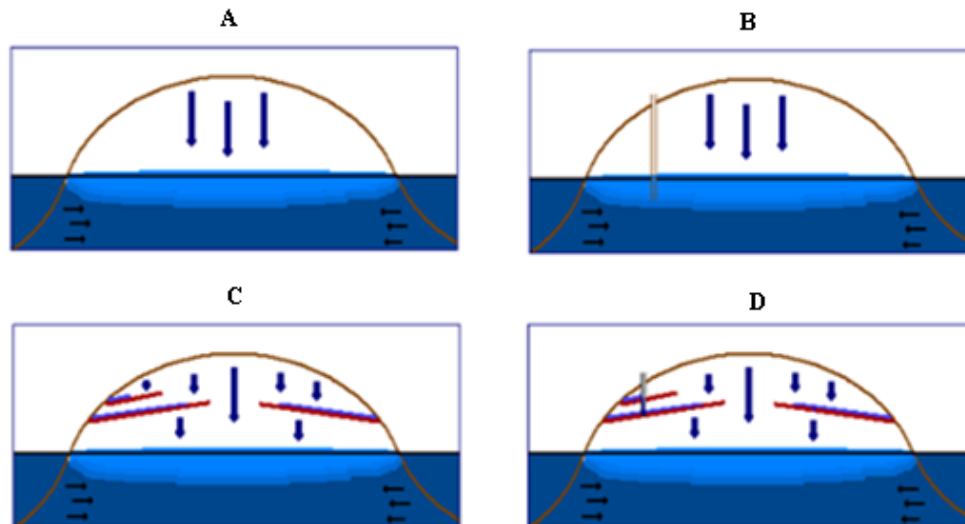


Figura 24 - Esquema hidrológico subterrâneo do corpo insular. A – Aquífero de base; B – Exploração através de furo do aquífero de base; C – Aquífero de base e aquíferos suspensos; D – Exploração de aquíferos suspensos. Retirado de Falkland(1991)

As descargas do aquífero de base processam-se na linha de costa da ilha, sobretudo na zona intertidal. Podem ser emersas, popularmente conhecidas por *nascentes de maré*, e submarinas, se localizadas abaixo do nível da baixa – mar.

De acordo com Rodrigues (2002) as *nascentes de maré* dispõem-se a uma cota inferior ao nível das marés ou muito próximo deste limite, e resultam da saída de água ao longo da periferia do aquífero de base, encontrando-se dispostas ao longo da linha de costa da ilha. Algumas apresentam termalismo ou forte mineralização devido a efeitos geotermiais.

As *nascentes de maré* apresentam variações de caudal muito marcadas consoante a posição da maré, sendo mais elevadas na baixa – mar. A zona de emergência em geral prolonga-se para os fundos adjacentes sendo frequentes as nascentes submarinas, facilmente detectáveis pelo contraste de temperatura e salinidade com a água do mar (Meneses, 1993). De acordo com o inventário de nascentes na ilha Terceira apresentado em Rodrigues (2002), as emergências deste tipo são caudalosas especialmente as situadas nas costas do Porto Judeu, S. Mateus (Negrito e Bravio) e Serreta (Água Azeda).

As “nascentes submarinas”, estão localizadas a uma cota inferior à do nível médio do mar. De acordo com uma carta de pontos de água publicada em Rodrigues (2002), as principais localizam-se na baía de Angra do Heroísmo, Baía da Salga e S. Mateus-Negrito.

3.1.2. AQUÍFEROS SUSPENSOS

Os aquíferos suspensos resultam do armazenamento da água infiltrada no substrato rochoso associado à presença de níveis pouco permeáveis, como sejam paleossolos, cinzas compactas e depósitos piroclásticos alterados (Lobo, 1993).

As camadas pouco permeáveis geralmente não impedem a circulação vertical da água, uma vez que podem existir fracturas e diáclases. Nestas circunstâncias a água tende a infiltrar-se até a zonas profundas, acumulando-se no aquífero de base (Rodrigues, 1998).

Na ilha Terceira foram identificados vários aquíferos suspensos que podem ser agrupados por famílias com base em critérios de ordem litológica e altitudinal (LNEC, 2001; Rodrigues, 2002 e Cruz, 2004). Rodrigues (2002) considerou 31 aquíferos suspensos na ilha Terceira, 13 no maciço dos Cinco Picos, 10 no maciço de Guilherme Moniz e 8 no maciço de Santa Bárbara que no seu conjunto debitam 598 ls^{-1} , tendo considerado o aquífero do Cabrito localizado na caldeira de Guilherme Moniz como sendo o mais importante para o abastecimento de água à ilha Terceira. De acordo com este autor, o maciço de Guilherme Moniz/Pico Alto é o que apresenta nascentes mais caudalosas enquanto que no de Santa Barbara os caudais são mais irregulares.

Segundo o Plano Regional da Água (2001) para a Região Autónoma dos Açores foram identificados 11 sistemas aquíferos na ilha Terceira e respectivas áreas. (Quadro 5).

Quadro nº 5 – Sistemas aquíferos da ilha Terceira e respectivas áreas segundo o Plano Regional da Água (2001).

Sistema aquífero	Área km ²
Biscoitos/Terra - Chã	57,99
Caldeira Guilherme Moniz-S.Sebastião	78,13
Central	24,28
Graben	17,57
Ignibrito das Lajes	33,46
Labaçal-Quatro Ribeiras	52,67
Serra da Cume	23,39
Serra da Ribeirinha	9,45
Serra de Santiago	4,91
Santa Barbara Inferior	84,75
Santa Barbara Superior	16,85

Os principais sistemas aquíferos suspensos da ilha Terceira localizam-se no interior de grandes caldeiras desenvolvendo-se em formações piroclásticas e escoadas lávicas (*e.g.* Cabrito - Nasce Água e Cinco Picos), apresentando paleossolos com espessuras que raramente excedem os 2,0 m (Rodrigues 2002).

Os aquíferos suspensos que ocorrem em formações piroclásticas (*e.g.* sistemas da Serreta, Raminho e Altares) apresentam uma capacidade de armazenamento geralmente muito baixa. (LNEC, 2001 e Rodrigues 1993, 2002) não admitiram a existência de aquíferos suspensos na zona de transição. Contudo, após a abertura do furo do Pico de Viana, a Sul dos Biscoitos, foi identificado uma destas massas de água subterrânea, bastante produtiva.

Os aquíferos suspensos pouco profundos e com zonas saturadas muito permeáveis, são muito vulneráveis à poluição (Menezes, 1987).

A localização superficial de alguns sistemas aquíferos induz processos de contaminação difusa acentuada, associada à utilização de fertilizantes e degradação de excrementos, dada a intensa actividade agropecuária que se faz sentir na ilha.

Nas zonas onde a rede de drenagem é desenvolvida, os aquíferos mais superficiais são interceptados pelos cursos de água, formando-se uma série de pequenas unidades muito pouco extensas dispostas nos interflúvios dos cursos de água (*e.g.* Sistemas da Serreta, Raminho e Altares).

Os aquíferos suspensos captados para abastecimento público no concelho de Angra do Heroísmo são os do sistema Cabrito, Nasce Água, Fonte da Telha, Cinco Picos, Serreta, Raminho e Altares.

Os pontos de descarga dos aquíferos suspensos fazem – se a partir de nascentes, que ocorrem de forma natural e de poços e furos propositadamente construídos.

De acordo com Menezes (1993), as nascentes associadas a aquíferos suspensos podem ser agrupadas do seguinte modo:

- Nascentes de arriba
- Nascentes de contacto
- Nascentes de fissura
- Nascentes associadas a derrames lávicos
- Exsurgências freáticas

As nascentes de arriba (Figura 25) são as mais frequentes na ilha Terceira apresentando uma produtividade moderada. Resultam da exposição de níveis saturados, suprajacentes a um paleossolo ou outras camadas pouco permeáveis, associada a mecanismos tectónicos ou erosivos.



Figura 25 - Exemplo de uma nascente de arriba. Foto.:Paulo Silva.

As nascentes de arriba aparecem nos pontos mais baixos do contacto exposto onde a convergência das linhas de fluxo leva à concentração de caudais.

Por mecanismos de erosão pura, sem componente tectónica, estas nascentes são comuns ao longo de ribeiras, particularmente quando estas cortam depósitos pomíticos onde estão intercalados paleossolos (*e.g.* nascentes da Serreta, Raminho e Altares).

Os aquíferos que normalmente suportam estas nascentes são pouco extensos, com uma capacidade de armazenamento fraca e com importantes perdas para níveis inferiores. Estas características induzem caudais muito sensíveis à recarga, registando-se mínimos no verão.

As nascentes de contacto resultam da existência de descontinuidades expostas entre materiais com condutividades hidráulicas muito diferenciadas, que induzem a deformação das linhas de fluxo no sentido horizontal e a acumulação de uma pequena lentícula de água saturando o aquífero e a base da camada superior. As nascentes deste tipo tem caudais fracos e frequentes ao longo da frente das grandes escoadas traquíticas (Meneses, 1993).

Devido a processos de compactação, cozedura e facturação apresentam caudais pequenos o que faz com que o seu aproveitamento seja apenas para abastecimento de alguns bebedouros (*e.g.* Cales e Terreiro de Dentro nos Altares, Lagos no Raminho e Fajãs na Serreta).

As nascentes de fissura aparecem associadas a falhas, filões ou outras descontinuidades laterais das formações, capazes de actuar como colectores e vias preferênciais de escoamento das águas subterrâneas (Meneses, 1993).

Na maioria dos casos, a água provém de aquíferos profundos e que as descontinuidades referidas podem levar à concentração de água proveniente de grandes áreas, estas nascentes têm em geral grandes caudais e são resistentes à estiagem (*e.g.* Nasce Água).

As nascentes associadas a derrames lávicos resultam de escoadas basálticas fluidas e formam-se no extremo de fissuras ou de cavidades deixadas na lava por arrefecimento diferencial. Podem apresentar grandes caudais, particularmente quando associadas a derrames muito extensos e com bons impermees subjacentes geralmente paleossolos almagrizados. De um modo geral este tipo de nascentes são vulneráveis à poluição devido à predominância de escoamento em meio fissurado onde os mecanismos de filtração natural são bem menos eficazes. (Meneses, 1993)

A origem deste tipo de nascentes está associada a tubos lávicos, a brechas de base ou de topo e a outras formações semelhantes (*e.g.* Furna de Água e Furna do Cabrito).

As exurgências freáticas são pequenas nascentes difusas resultantes do afloramento à superfície de níveis saturados. Estas emergências, geralmente de carácter difuso, surgem quando um nível saturado intercepta a superfície do terreno em geral no fundo de um vale ou outras áreas deprimidas (Meneses, 1993).

A área circundante à Fonte de S. Sebastião, ao lugar de Santana, freguesia de S. Sebastião é exemplo de um local de afloramento do nível freático enquadrando-se dentro deste tipo de acidente geológico.

4. CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NO CONCELHO DE ANGRA DO HEROÍSMO

4.1. AQUÍFEROS CAPTADOS

4.1.1. AQUÍFERO DE BASE

O aquífero de base é captado no concelho de Angra do Heroísmo para abastecimento público na sua franja costeira, a partir dos furos da Vinha Brava (FVB), Farroco (FAR), Terra Chã (FTC) e S. Mateus (FSM).

Na zona do Posto Santo, o aquífero basal é fortemente influenciado por fluxos geotérmicos, apresentando temperaturas da ordem dos 40°C e uma mineralização elevada.

4.1.2. AQUÍFEROS SUSPENSOS

Os aquíferos suspensos captados para abastecimento domiciliário no concelho de Angra do Heroísmo são os do Cabrito, Nasce Água, Fonte da Telha, Cinco Picos, Serreta, Raminho e Altares.

4.1.2.1. SISTEMA AQUÍFERO DO CABRITO

O sistema aquífero Cabrito insere-se no sistema Guilherme Moniz – S. Sebastião. Localiza-se na zona central da ilha, no interior da caldeira de Guilherme Moniz (Figura 26). Comporta uma zona pouco profunda, que se desenvolve no contacto entre formações piroclásticas de natureza traquítica e formações basálticas superiores (Rodrigues 2002).



Figura 26 – Caldeira Guilherme Moniz – Sistema aquífero do Cabrito. Foto: José Machado

Os principais pontos de descarga deste sistema aquífero correspondem ao grupo de nascentes do Cabrito (Figura 27), todas localizadas em tubos de lava. A zona de recarga do aquífero do Cabrito é ainda pouca conhecida. Novo (2003) considera que esta se restringe à zona da Caldeira Guilherme Moniz aonde afloram basaltos do Algar do Carvão enquanto que Rodrigues (2002), considera uma área mais vasta que engloba a área correspondente à Caldeira de Guilherme Moniz definida por Lloyd & Collis (1981)

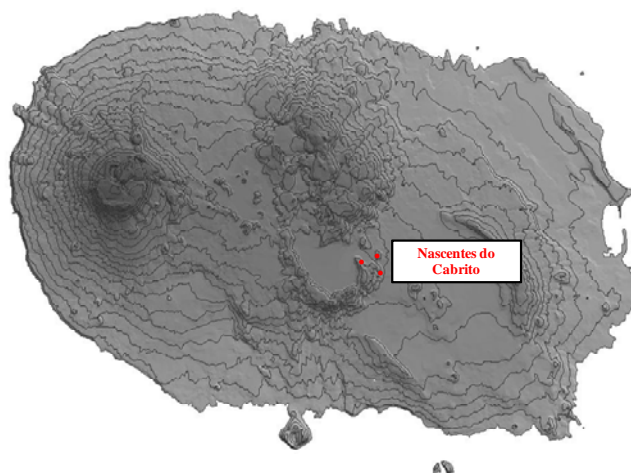


Figura 27 Zona de recarga das nascentes do Cabrito.

4.1.2.2. SISTEMA AQUÍFERO DA NASCE ÁGUA

Este aquífero localiza-se na vertente sul da Serra do Morião e apresenta uma elevada produtividade em termos de captação de caudal. As suas nascentes (grupo de nascentes da Nasce Água) dispõem-se numa zona de contacto entre dois domos da serra do Morião, numa região fracturada (Rodrigues, 2002), não tendo sido possível identificar os materiais saturados nem o nível impermeável.

Muito provavelmente este aquífero para além de ser recarregado no interior da caldeira Guilherme Moniz, recebe contributos dos flancos localizados a sul da Serra do Morião.

4.1.2.3. SISTEMA AQUÍFERO DA FONTE DA TELHA

Este aquífero dispõem-se no flanco sudoeste da Serra do Morião. Desenvolve-se numa interface entre material pomítico e um nível de brecha muito alterado de uma escoada traquítica. O seu sector ocidental apresenta um nível estratigráfico superior constituído por escoadas basálticas superiores, na zona das Veredas e esta recoberto por um solo litólico incipiente (Rodrigues, 1993). Rodrigues (2002) utilizando técnicas isotópicas ambientais, define como zona de recarga deste aquífero uma extensa faixa de terreno, localizada na zona de transição na ilha Terceira.

4.1.2.4. SISTEMA AQUÍFERO DOS CINCO PICOS

Este sistema desenvolve-se na caldeira dos Cinco Picos, entre as serras do Cume e da Ribeirinha. É captado por vários furos, nomeadamente pelo FAT, FAC, FST, FCM, e ainda por outros dois em fase de equipamento. Na Figura 28 mostra-se a configuração espacial deste aquífero, de acordo com Rodrigues (2002).

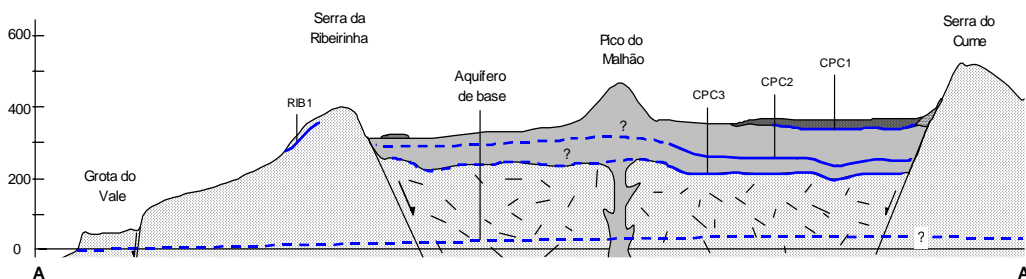


Figura 28 - Esquema hidrológico subterrâneo da caldeira dos Cinco Picos. Retirado de Rodrigues (2002).

4.1.2.5. SISTEMA AQUÍFERO DA SERRETA

Estes sistemas de aquíferos desenvolvem-se num espesso depósito piroclástico pomítico, originário das erupções do Negrão que assenta sobre um extenso paleossolo argiloso com elevada percentagem de matéria orgânica (Rodrigues, 1993). Estes aquíferos comportam uma série de pequenas unidades muito superficiais e pouco extensas dispostas nos interflúvios dos cursos de água, sendo responsável por uma série de nascentes de arriba na sua maior parte associadas ao talvegue da Ribeira do Além. Estas apresentam caudais reduzidos e são muito sensíveis a variações de precipitação (Rodrigues, 2002).

4.1.2.6. SISTEMA AQUÍFERO DO RAMINHO

O sistema aquífero do Raminho apresenta características muito semelhantes ao da Serreta desenvolvendo-se em depósitos piroclásticos pomíticos provenientes da erupção do Pico Rachado. Tal como o sistema da Serreta este também é pouco produtivo, sendo o volume de descargas extremamente dependente das precipitações (Rodrigues, 2002).

4.1.2.7. SISTEMA AQUÍFERO DOS ALTARES

O sistema aquífero dos Altares é semelhante ao do Raminho e ao da Serreta apresentando formações saturadas em piroclastos pomíticos (Rodrigues, 2002).

O nível impermeável está contido associado a *mudflows* e *lahars* que apresentam uma estrutura compacta e muito meteorizada.

Este sistema é muito superficial, comportando caudais reduzidos e muito variáveis em função da precipitação.

4.2. PONTOS DE ÁGUA CAPTADOS E CAUDAIS

4.2.1. NASCENTES

Projecto (2000), inventariou 90 nascentes, no concelho de Angra do Heroísmo. Deste número 75 estavam associadas a aquíferos suspensos e 15 ao aquífero de base (Quadro 6). O maciço de Guilherme Moniz é o que possui maiores caudais, que em termos médios rondam os 23 000 m³/d.

Quadro 6 – Nascentes inventariadas no concelho de Angra do Heroísmo. Projecto (2000).

Maciço	Aquíferos suspensos		Aquífero de base
	Nº de nascentes	Q médio anual (m ³ /d)	Nº de nascentes
Maciço de Guilherme Moniz	18	23000	6
Maciço dos Cinco Picos	12	430	3
Maciço de Santa Barbara	45	1200	6
Total de nascentes	75	24630	15

COBA (2003) inventariou 13 nascentes captadas para abastecimento público no concelho de Angra do Heroísmo (Quadro 7).

Quadro 7 – Inventário de treze nascentes captadas para abastecimento público no concelho de Angra do Heroísmo. COBA (2003).

Nome da captação	Caudal m ³ /d	Observações
FTH 3 (Lágrimas)	70	Captada Angra Heroísmo
FTH 5 (Carvão)	190	Captada Angra Heroísmo
FTH 6 (Jacinto Sousa)	60	Captada Angra Heroísmo
Gamelão 1	90	Captada Angra Heroísmo
Gamelão 2	80	Captada Angra Heroísmo
FTH 1 (Principal)	1800	Captada Angra Heroísmo
FTH 4 (Vimieiro)	500	Captada Angra Heroísmo
FTH 2 (Valadão)	650	Captada Angra Heroísmo
NAG 1	6800	Captada Angra Heroísmo
NAG 2 (Carvão)	350	Captada Angra Heroísmo
NAG 3	200	Captada Angra Heroísmo
NAG 4	130	Captada Angra Heroísmo
Raminha	80	Captada Angra Heroísmo

As nascentes que foram objecto de monitorização neste trabalho são as seguintes:

- CAB - Nascente da Furna de Água (grupo de nascentes do Cabrito)
- NAG - Nascente da Nasce Água nº 1 (grupo de nascentes da Nasce Água)
- FTH - Nascente da Fonte da Telha nº 1 (grupo de nascentes da Fonte da Telha)
- SER - Nascente da Serreta (Igreja) (grupo de nascentes da Serreta)
- RAM - Nascente do Borges (grupo de nascentes do Raminho)
- ALT - Nascente da Cafua (grupo de nascentes dos Altares)

4.2.1.1. NASCENTE DA FURNA DE ÁGUA, CABRITO – CAB

De acordo com Rodrigues (2002) as nascentes do Cabrito localizam-se no extremo oriental da caldeira de Guilherme Moniz a 438 metros de altitude, constituindo pontos de descarga do aquífero suspenso do Cabrito. (Figura 28). Dispõe-se em tubos de lava que surgem associados a formações basálticas superiores e a um paleossolo constituído por cinzas muito alteradas. Estes pontos de água são, no seu conjunto, os mais caudalosos da ilha, constituindo a sua água, base do sistema de abastecimento domiciliário Ribeirinha – Cabo da Praia e a apoio à atividade agrícola da bacia leiteira dos Cinco Picos. A água aflora à superfície a partir de fracturas localizadas no material rochoso onde se localiza o sistema aquífero, que está suprajacente a um paleossolo.(Figura 29).



Figura 29 - Nascente da Furna de Água (Grupo de nascentes do Cabrito). Foto.:Paulo Silva



Figura 30 - Entrada para o tubo lávico onde se localiza a nascente da Furna de Água (Grupo de nascentes do Cabrito - CAB). Foto.: José Machado

A nascente da Furna de Água, onde se processou a monitorização efectuada neste trabalho, encontra-se num tubo de lava com 560 m de comprimento, enquadrando-se, de acordo com a sistematização de Menezes (1993) na categoria das nascentes associadas a derrames lávicos (Figura 30 e 31). A água surge a partir de fracturas que ocorrem na massa rochosa basáltica, sendo colectada a partir de uma estrutura construída em betão do tipo calha.



Figura 31 - Nascente do Cabrito. Calha do escoamento da água. Foto. Paulo Silva; José Machado.

4.2.1.2. NASCENTE DA NASCE ÁGUA – NAG

A nascente da Nasce Água localiza-se na vertente sul da Serra do Morião a sensivelmente 250 metros de altitude. Desenvolvem-se ao longo de uma série de falhas que cortam formações traquíticas de Guilherme Moniz, inserindo-se na categoria das nascentes de fissura de acordo com a tipologia de Meneses (1993).

Estas captações constituem uma das principais fontes de água utilizadas para abastecimento doméstico do concelho de Angra do Heroísmo, com um caudal médio total da ordem dos 70 l/s.

Estes pontos de água, correspondem a descargas do aquífero da Nasce Água que provavelmente tem recargas no interior da caldeira de Guilherme Moniz ou os flancos do quadrante sul da Serra do Morião (Rodrigues, 2002).

A captação principal resulta de uma galeria, cuja longitude não ultrapassa os 50 m, ao longo das qual a água surge em pequenas fracturas que existem no material rochoso.(Figura 32)

Estas nascentes apresentam um caudal relativamente estável o que evidencia um aquífero profundo provavelmente coincidente com o fundo da caldeira (Rodrigues, 1993, 2002).

A água é colhida a partir de uma calha única, localizada na base da galeria, impermeabilizada com betão .



Figura 32 - Entrada da nascente da Nasce – Água – NAG.
Foto.:José Machado

À volta das nascentes captadas constituiu-se uma zona de protecção, bem vedada onde se podem encontrar criptomérias e alguns eucaliptos.

4.2.1.3. NASCENTE DA FONTE DA TELHA - FTH

As nascentes da Fonte da Telha localizam-se a 340 metros de altitude na encosta sudoeste do maciço de Guilherme Moniz, dispendo-se ao longo de uma falha que corta formações traquíticas de Guilherme Moniz. Correspondem a um dos pontos de descarga do aquífero da Fonte da Telha que parece desenvolver-se para Noroeste, incluindo formações basálticas superiores que cobrem os traquitos de Guilherme Moniz (Rodrigues 2002).

O número de nascentes captadas é de seis (Nasce Água, Valadão, Lágrimas, Carvão, Vimieiro e Jacinto de Sousa) sendo a nascente principal a da Fonte da Telha. Esta última, objecto de monitorização neste trabalho, encontra-se protegida por um edifício de alvenaria com boas condições logísticas e de fácil acesso, estando em bom estado de conservação. Todas as nascentes localizam-se numa zona devidamente protegida, onde se pode encontrar matas de criptoméria e pastagens à sua volta. (Figura 33).



Figura 33 - Captação das Nascentes da Fonte da Telha. – FTH. Foto.:José Machado

4.2.1.4. NASCENTES DA SERRETA, RAMINHO E ALTARES – SER, – RAM, – ALT.

As nascentes da Serreta, (Figura 34) Raminho (Figura 35) e Altares (Figura 36), localizam-se no maciço de Santa Barbara tendo surgido predominantemente ao longo de um estrato pomítico que se sobrepõe a paleossolos pouco contínuos. Ocorrem entre os 190 e os 930 metros de altitude, apresentando com frequência um carácter difuso.

De acordo com Rodrigues (1993), todas estas nascentes apresentam caudais extremamente dependentes da recarga aquífera, apresentando variações de caudal muito significativas.

Nas nascentes da Serreta, Raminho e Altares, a água tende a surgir de forma difusa em depósitos pomíticos que se sobrepõe a um paleossolo. É captada através de pequenas galerias, como nas nascentes do Borges no Raminho, ou de estruturas escavadas no terreno que comportam uma calha em barro, como nas nascentes da Serreta e Altares.



Figura 34 - Estrutura de captação das nascentes da Serreta – SER.
Foto.: José Machado.

Algumas nascentes do Raminho surgem no leito de ribeiras, em fracturas localizadas em escoadas, sendo captadas a partir de pequenos açudes construídos em betão (*e.g.* nascente do Pico Rachado). (Figura 35).



Figura 35 - Estrutura de captação das nascentes do Raminho – RAM.
Foto.: José Machado.



Figura 36 – Estrutura de captação das nascentes dos Altares – ALT.
Foto.: José Machado.

4.2.2. FUROS

Nas últimas décadas foram construídos na ilha Terceira cerca de três dezenas de furos de captação de água subterrânea, estando a sua maioria localizados na zona do concelho da Praia da Vitória, mais especificamente no fundo do *graben* das Lajes. A sua maioria dispõem-se na faixa litoral a menos de 2 500 metros da linha da costa, com excepção dos furos localizados no interior da ilha, na zona de depressão dos Cinco Picos.

Segundo Moura (1996), estas captações estão associadas a baixas produções de água nas nascentes por falta de pluviosidade, o que obriga à sua exploração durante períodos mais secos.

Estes pontos de água interceptam na sua maioria o aquífero de base, havendo alguns que captam aquíferos suspensos.

De acordo com (MOURA, 1996), no aquífero de base, a captação por furos é delicada, pois obriga à limitação dos caudais bombeados aos valores dos caudais específicos, equivalentes à boa recuperação dos níveis freáticos a partir de águas pluviais de recarga natural para evitar, tanto quanto possível, o aumento do teor de cloretos por intrusão salina.

Os furos para captação de água construídos no concelho de Angra do Heroísmo que captam o aquífero de base são o da Vinha Brava (FVB), o do Farroco FAR, o furo da Terra - Chã (FTC) e o de S. Mateus (FSM), sendo os que captam aquíferos suspensos o furo da Canada do Mato (FCM), Santana 1(FST), Santana 2, Tinchais (FTT), e Achada (FAC).

Neste trabalho foram monitorizados os furos da Vinha Brava, do Farroco, da Terra-Chã, de S. Mateus, Canada do Mato, Santana 1, Achada e Aterro.

4.2.2.1. FURO DA VINHA BRAVA - FVB

O furo da Vinha Brava dispõem-se na vertente sul da Serra do Morião, integrando o maciço de Guilherme Moniz. A sua cota de implantação é de 168 metros de altitude e uma profundidade de 159 metros, o que representa uma penetração a massa aquífera basal de 9 metros (Rodrigues, 2002).

Este furo capta a massa aquífera basal insular no sector central da ilha, apresentando intrusão marinha (Rodrigues, 2002). De acordo com os relatórios de ensaio de caudal, a capacidade de extracção deste furo é de 1 036 m³/dia, constituindo a prazo a sua principal limitação, fenómenos de intrusão salina.

O local da recolha da água deste furo encontra-se protegido por estrutura de construção recente, apresentando boas condições de segurança de uso e conservação.

Todas estas instalações de captação de águas encontram-se bem vedadas e devidamente isoladas do acesso público. (Figura 37).



Figura 37 - Furo da Vinha Brava. Estruturas da captação. Foto.: José Machado.

4.2.2.2. FURO DO FARROCO - FAR

O furo do Farroco dispõe-se ao sul do maciço de Guilherme Moniz, na vertente da serra do Morião.

A cota de implantação da sua boca é de 180 metros de altitude e a profundidade os 138 metros o que perfaz uma penetração na massa aquífera basal de 42 metros (Rodrigues, 2002).

Este furo apresenta água muito mineralizada com temperaturas relativamente elevadas, pelo que a sua exploração apenas se faz nas situações mais críticas de escassez de água. A sua capacidade extrativa ronda os 259,2 m³/dia.



Figura 38 - Furo do Farroco. Estruturas de captação. Foto.:José Machado.

O local de captação encontra-se no interior de uma estrutura própria em condições ideais pouco recomendáveis numa zona de terrenos agrícolas. As condições de acesso são

razoáveis, não apresentando quaisquer perímetros de segurança de protecção, nem um perímetro de protecção imediata. (Figura 38).

4.2.2.3. FURO DA TERRA CHÃ – FTC

O furo da Terra Chã dispõe-se a sudoeste do maciço de Guilherme Moniz, muito provavelmente na zona de transição. A sua cota de implantação é de 106 metros de altitude e a profundidade os 97 metros o que perfaz uma penetração na massa aquífera basal e 9 metros (Rodrigues, 2002).

Este furo apresenta uma capacidade extractiva de 1 296 m³ /dia, interceptando a captação tubular, parte sul do aquífero de base, sendo provavelmente recarregado na faixa central da ilha (COBA, 2001).

O local de recolha da água encontra-se no interior de um edifício de construção recente, apresentando boas condições de conservação.

Este edifício deveria apresentar condições de protecção mais eficazes, sobretudo no que respeita às vedações, uma vez que é frequente a presença de gado ovino nas imediações. Partindo da hipótese que esta ocorrência tenha sido pontual, não implica contudo o cumprimento apertado das regras de segurança estabelecidas pela lei, a serem cumpridas na íntegra e conforme estabelecido pela mesma.

Esta captação apenas apresenta um perímetro de protecção imediata. (Figura 39).



Figura 39 - Furo da Terra Chã. Estruturas de captação. Foto.: José Machado.

4.2.2.4. FURO DE SÃO MATEUS - FSM

O furo de captação de águas subterrâneas de S. Mateus apresenta uma capacidade extractiva que ronda os 1 209,6 m³ por dia.

Este furo está inserido num edifício construído muito recentemente, com boas estruturas de protecção.

O edifício apresenta boas condições de manutenção, apresentando-se caiado na face exterior sendo o seu interior recoberto por azulejos brancos com boas condições de limpeza. (Figura 40).

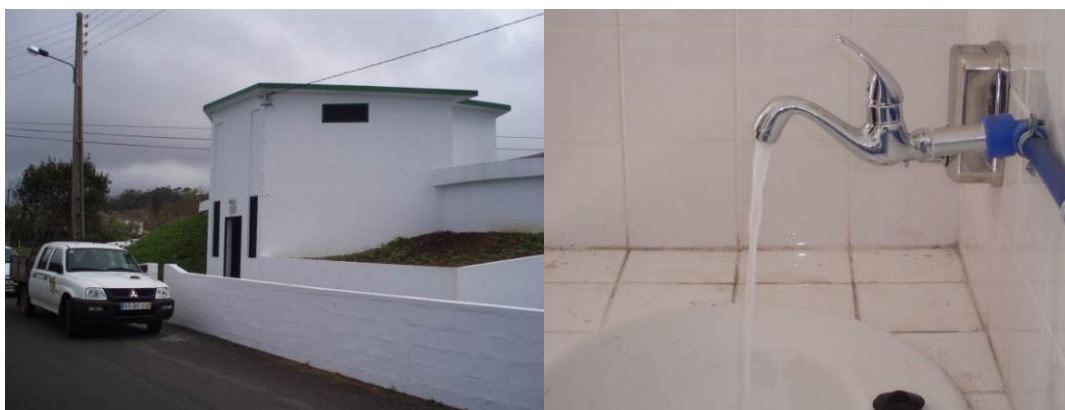


Figura 40 - Edifício e ponto de recolha da amostra do furo de S. Mateus. Foto.: José Machado.

4.2.2.5. FURO DA CANADA DO MATO – FCM

Este furo tem uma cota de implantação de 199 metros e uma profundidade de 104,0 metros, captando um aquífero suspenso tendo a penetração desta estrutura no aquífero uma profundidade de 20,30 m.

Este furo apresenta uma capacidade máxima de extração de água de 864 m³/dia.

O local de captação da água encontra-se anexado a um edifício em boas condições de conservação e protegido por vedação. (Figura 41).

A zona imediata que circunda esta captação localiza-se numa área de pastagem, onde as actividades agropecuárias se fazem de forma intensiva.

Não existem perímetros de protecção, o que torna vulnerável o aquífero captado a processos de poluição microbiológica, associados às fezes dos animais e química relacionada com a aplicação de fertilizantes



Figura 41 - Edifício e ponto de recolha no furo da Canada do Mato. Foto. :José Machado.

4.2.2.6. FURO DO SANTANA - FST

A cota de implantação da boca deste furo encontra-se a 257 metros de altitude e a sua profundidade é de 147 metros. De acordo com Rodrigues (2002) esta captação intercepta um aquífero suspenso, penetrando 34 m na zona saturada.

O local de captação da água encontra-se no interior de um edificio em boas condições de conservação (Figura 42).e a sua capacidade máxima de extração ronda os 1036,8 m³/dia.

Este local também está delimitado por terrenos de pastagem, com um perímetro de segurança pouco eficiente.



Figura 42 – Edifício e ponto de recolha do furo de Santana. Foto.: José Machado.

4.2.2.7. FURO DA ACHADA - FAC

Este furo iniciou exploração em 2011 e encontra-se localizado ao lugar da Achada, (Figura 43). De acordo com os dados técnicos, fornecidos pelos SMAH, esta captação implanta-se a 355 metros de altitude e apresenta uma profundidade total de 110 metros, surgindo a água que é captada a 46,9 metros de profundidade. A penetração do furo no interior do aquífero é de 53,1 metros, inserido num aquífero suspenso e localizado em terrenos vulcânicos.

O furo foi equipado do ponto de vista electromecânico com uma bomba submersível, com capacidade para extrair 25 litros de água por segundo, um sistema eléctrico de transformação de corrente e estruturas anexas para localização do equipamento. A capacidade máxima de extração de água ronda os 1 296 m³/dia.



Figura 43 – Estrutura de captação do furo da Achada. Foto.:José Machado.

É de salientar que este furo encontra-se situado numa zona de intensa actividade agrícola e relativamente perto do parque industrial da ilha e do aterro municipal, contudo está bem protegido apresentando-se em boas condições de segurança e sanitárias.

4.2.2.8 FURO DO ATERRO

Este furo encontra-se dentro da caldeira dos Cinco Picos, a uma distância do mar de 2 750 metros. O caudal máximo desta captação ronda os 30 m³/d. Localiza-se a 75 m da periferia do Aterro Municipal da ilha Terceira e muito perto do parque industrial. A água deste furo não abastece a rede pública. A monitorização da sua água apenas serve-nos como um indicador do estado dos recursos hídricos subterrâneos nesta zona central da ilha Terceira.

5. CARACTERIZAÇÃO SANITÁRIA DAS CAPTAÇÕES

No Quadro 8 mostra-se uma escala de avaliação das condições sanitárias para as captações do concelho de Angra do Heroísmo.

Quadro 8 – Escala de avaliação das condições sanitárias das captações.

Estruturas de proteção (edifício e caixa colectora)	Inexistentes	Não existe casa de protecção nem caixa colectora
	Más	Edifício de protecção e caixa colectora em mau estado de conservação.
	Razoáveis	Edifício de protecção e caixa colectora em estado de conservação aceitáveis, sendo contudo necessárias reparações.
	Boas	Edifício de protecção e caixa colectora em bom estado de conservação.
Isolamento de águas superficiais	Inexistentes	Não existem estruturas que garantam isolamento de águas superficiais
	Más	As estruturas para isolamento de águas superficiais não funcionam
	Razoáveis	As estruturas de isolamento de águas superficiais funcionam necessitando contudo de reparações.
	Boas	Não existem contactos das águas captadas com águas superficiais
Isolamento de pessoas e animais	Inexistente	Não existem vedações que impeçam a presença de pessoas e animais
	Más	As estruturas de vedação não impedem a presença de pessoas e animais
	Razoáveis	As estruturas de vedação aceitáveis, necessitando ser reforçadas
	Boas	Estruturas de vedação funcionais.
Acessos	Más	Não existem acessos à captação ou são muito maus.
	Razoáveis	Os acessos existentes são aceitáveis, necessitando reparações.
	Bons	Acessos funcionais.
Perímetro de segurança	Inexistente	Não existe perímetro de segurança
	Maus	Perímetro de segurança ineficaz
	Razoáveis	Com perímetro de segurança, mas sem eficácia garantida
	Boas	Com perímetro de segurança eficaz
Equipamentos de tratamento e medição	Inexistentes	Sem equipamentos de tratamento e medição.
	Más	Equipamentos de tratamento e medição danificados e pouco eficazes
	Razoáveis	Com equipamentos de tratamento e medição.
	Boas	Com equipamentos de tratamento e medição eficazes.
Sanidade no interior da captação	Más	Edifício com paredes interiores sem qualquer manutenção
	Razoáveis	Edifício com paredes interiores caiadas ou revestidas de azulejos, a necessitar de manutenção
	Boas	Edifício com paredes interiores caiadas ou revestidas de azulejos

No Quadro 9 faz-se uma avaliação sumária com base na escala de avaliação atrás referenciada, para cada uma das captações monitorizadas.

Quadro 9 – Avaliação sumária das condições sanitárias de cada uma das captações.

		CAB	FTH	NAG	RAM	ALT	SER	FVB	FAR	FSM	FTC	FCM	FST	FAC
Estruturas de protecção - edifício e caixa colectora -	Inexistentes													
	Más													
	Razoáveis								X		X			
	Boas	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X
Isolamento de águas superficiais	Inexistentes													
	Más													
	Razoáveis	X							X		X	X		X
	Boas		X	X	X	X	X	X		X			X	
Isolamento de pessoas e animais	Inexistente													
	Más								X					
	Razoáveis										X	X	X	X
	Boas	X	X	X	X	X	X	X		X				
Acessos	Más													
	Razoáveis													
	Bons	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Perímetro de segurança	Inexistente													
	Maus								X					
	Razoáveis		X									X	X	
	Boas	X		X	X	X	X	X		X	X			X
Equipamentos de tratamento e medição	Inexistentes													
	Más													
	Razoáveis								X		X			
	Boas	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X
Sanidade interior	Más													
	Razoáveis													
	Boas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

De notar que nesta escala é feita uma avaliação sumária tendo em conta o objectivo do trabalho, não se tratando de uma avaliação higieno – sanitária, pretendendo-se apenas uma caracterização sintetizada do estado actual das captações e alertar para uma manutenção sustentável e melhoria das mesmas.

Como se constata em todas as captações existem estruturas de protecção próprias, ou edifício ou uma caixa colectora. A maior parte das construções é recente e isola o local onde se procede à captação de água. No furo do Farroco, pouco utilizado dada a má qualidade da água extraída, estas instalações necessitam manutenção urgente.

Com excepção da captação FAR, todas as outras estão devidamente isoladas, sem a possibilidade de contacto com águas provenientes de escoamento superficial imediatas, no terreno. Neste ponto (FAR) a estrutura montada não garante que o requisito de higiene seja efetivo. Na grande maioria das captações não é possível a circulação de animais, dadas as estruturas de vedação construídas. Constituem excepção os furos FTC, FAR e FST, localizados junto a pastagens, onde as vedações existentes não garantem um isolamento

adequado. As condições de salubridade no interior das captações e no edifício de proteção são satisfatórias em todas as captações, estando as paredes efectivamente caiadas ou revestidas por azulejos e apresentando sinais evidentes de limpeza.

O acesso às captações é bom em todas as captações. No ponto NAG e FAR o acesso é feito por caminho de terra batida, sujeitos a grande erosão nos períodos mais chuvosos.

Algumas captações não têm o edifício inserido num perímetro de segurança, situação particularmente delicada nos furos FTC, FST e FCM, localizados numa área de pastagem onde os animais circulam livremente. Este facto tem relevância devido à acumulação de fezes nas proximidades da captação, uma vez que os animais circulam em pastoreio livre.

A recolha de água no concelho de Angra do Heroísmo é feita nas captações, constituídas por 6 nascentes, 7 furos e uma lagoa artificial localizada nos Altares.

Nas nascentes do Cabrito, Nasce Água e Fonte da Telha a água aflora à superfície a partir de fracturas localizadas no material rochoso onde se localiza o sistema aquífero, sendo captada através de um sistema coletor constituído por calhas construídas em betão (Figuras 44 a 46).



Figura 44 – Calha onde se processa o transporte da água da nascente da Furna de Água, Cabrito, ao longo do tubo lávico. Foto: SMAH.

No caso das nascentes da Nasce Água, construíram-se pequenas galerias, cuja longitude não ultrapassa os 50 m, ao longo das quais a água surge em pequenas fracturas que existem no material rochoso.

A água é colhida a partir de uma calha única, localizada na base da galeria, impermeabilizada com betão.



Figura 45 - Galerias na Nasce-Água. Foto.:José Machado.



Figura 46 - Nascente da Fonte da Telha. Estruturas de decantação. Foto.: José Machado.

Nas nascentes dos Altares, Raminho e Serreta a água tende a surgir de forma difusa em depósitos pomíticos que se sobrepõe a um paleossolo. É captada através de pequenas galerias, como nas nascentes do Borges no Raminho, (Figura 47), ou surgem no leito de ribeiras, em fracturas localizadas em escoadas, sendo captadas a partir de pequenos açudes construídos em betão (e.g. nascente do Pico Rachado).



Figura 47 - Nascente do Borges, Raminho. Foto.: José Machado.

Por outro lado, as nascentes da Serreta e Altares surgem de estruturas escavadas no terreno que comportam uma calha em barro, como o exemplo da nascente ao lugar da Cantaria na Serreta. (Figura48).



Figura 48 - Nascente da Cantaria, Serreta. A água surge de forma difusa em pedra-pomes, sendo captada através de uma calha construída em barro. Foto.:José Machado.

Com exceção da nascente do Rachado, no Raminho que surge no leito de uma ribeira, e das nascentes do Cabrito, localizadas no interior de tubos lúvicos, todas as captações do concelho de Angra do Heroísmo são protegidas por edifícios, que, para além de comportarem um acesso com porta bem fechada e pequenas janelas de arejamento, tem no seu interior um conjunto de equipamentos de medição de caudais e de decantação e filtração da água (Figuras 49,50,51,52).



Figura 49 - Estruturas de filtração, medição de caudais. Furo da Achada. Foto.:José Machado.



Figura 50 - Furo de São Mateus. Estruturas de decantação e de filtração de água. Foto.: José Machado.



Figura 51- Estruturas de decantação, filtração, medição de caudais no Raminho. Foto.: José Machado.



Figura 52 - Estruturas de filtração e de apoio no furo da Canada do Mato, São Sebastião. Foto.: José Machado.

6. SISTEMAS: TRATAMENTO, ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DOMICILIÁRIA DE ÁGUA NO CONCELHO DE ANGRA DO HEROÍSMO

O sistema de abastecimento de água instalado no concelho de Angra do Heroísmo comporta a distribuição domiciliária de água às populações e a sectores associados às actividades económicas, como a indústria e parcialmente à agricultura.

O sistema comporta um conjunto de captações, estações de tratamento de água (ETAs), reservatórios, adutoras, centrais elevatórias e uma rede domiciliária de distribuição.

6.1. SISTEMAS DE TRATAMENTO

O sistema de tratamento tem por função conferir à água características físicas, químicas e bacteriológicas compatíveis com as exigências da legislação.

A qualidade da água captada determina o sistema de tratamento a implementar a jusante da abdução de modo a garantir que as características físicas, químicas e bacteriológicas da água tratada sejam as apropriadas ao consumo humano.

No concelho de Angra do Heroísmo, o tratamento da água para o consumo humano é feito em estações de tratamento, vulgarmente conhecidas pela designação (ETA).

No quadro 10 assinalam-se para as captações existentes as estações de tratamento da água, bem como do tipo de tratamento utilizado.

Quadro 10 - Tipo de tratamento dado à água bruta nas diferentes ETA.s

Nascentes	Furos	ETA	Tipo de tratamento/Nascentes	Tipo Tratamento/Furos
CAB	FTC	CAB	Desinfecção (cloro Gás)	Hipoclorito de sódio
FTH	FST			
NAG	FAR	NAG ou	Desinfecção (cloro Gás)	Hipoclorito de sódio
CAB	FVB	CAB		
FTH		FTH ou	-	Hipoclorito de sódio
CAB		CAB ou		
NAG		NAG		
SER		SER	-	Hipoclorito de sódio
ALT		ALT	Pré-cloragem coagulação/floculação, decantação, filtração rápida através de dois filtros de areia, afinação com filtro de carvão activado	Hipoclorito de sódio

Como pode ser observado a ETA do Cabrito trata a água dos pontos CAB, FTH por desinfecção com cloro e com hipoclorito de sódio os pontos FTC e FST.

A ETA da NAG ou a da CAB trata por desinfecção com cloro, as nascentes NAG e CAB e com hipoclorito de sódio os furos FAR e FVB.

Por outro lado e sempre que necessário as ETAs da FTH ou CAB ou NAG tratam com hipoclorito de sódio as nascentes FTH, CAB e NAG, bem com a ETA da nascente da Serreta.

A ETA da nascente dos Altares por seu lado efectua vários tratamentos à água, a saber: pré-cloragem de coagulação / floculação, decantação e filtração rápida através de dois filtros de areia e afinação com filtro de carvão activado, efectuando também sempre que se justificar tratamento à água com hipoclorito de sódio.

6.2. SISTEMAS DE ELEVAÇÃO

Os sistemas de elevação têm por função transmitir energia à água, de modo a que ela passe não só a circular a uma pressão conveniente, como também a ter a possibilidade de vencer desníveis topográficos e a garantir as pressões necessárias nos pontos de consumo.

No sistema de distribuição pública de água do concelho de Angra do Heroísmo e na regularização dos caudais, quer na abdução quer na distribuição, a mesma é garantida através de 4 reservatórios com função de bombagem e 8 condutas elevatórias distribuídas ao longo das adutoras e dos sistemas de distribuição.

Estes funcionam a partir de energia eléctrica fornecida pela rede pública.

6.3. SISTEMAS DE ADUÇÃO, ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO

Os sistemas de abdução têm por função transportar a água, geralmente sem serviço de percurso, para as zonas de consumo, por vezes muito afastadas do local de captação.

O sistema de armazenamento tem por função armazenar a água por períodos variáveis, seja para regularização dos caudais, seja para garantir reservas de incêndio e de avaria. Vulgarmente definidos por sistemas em alta estabelecem a ligação a partir das origens até aos reservatórios de distribuição por intermédio de tubagens de grandes diâmetros.

Os sistemas de distribuição pública têm por função fazer a distribuição de água na zona a abastecer, garantindo pressões e caudais convenientes nos diversos pontos de consumo.

Geralmente são constituídos por reservatórios de nível fixo, podendo também ser de nível variável e uma rede de tubagens que estabelece ligação até ao consumidor.

O ciclo de vida dos sistemas de abastecimento de água pode considerar-se constituído por diversas fases, algumas das quais constituindo aquilo que pode ser designado por vida útil do sistema.

Estes sistemas podem ser muito heterogéneos quanto à sua dimensão e complexidade mas por norma são todos constituídos por adutoras, reservatórios, redes de distribuição e pelos ramais domiciliários.

De acordo com o plano de gestão de águas dos Serviços Municipalizados de Angra do Heroísmo o concelho de Angra do Heroísmo distribui em média 10 000 m³ de água por dia.

Ainda de acordo com este plano a área do concelho divide-se em cinco zonas geográficas de distribuição distintas, definidas tendo em conta a uniformidade da qualidade da água repartida: zona A1 (ZA1), zona A2 (ZA2), zona A3 (ZA3), zona A4 (ZA4) e zona A5 (ZA5).

Cada zona é abastecida durante grande parte do ano por nascentes e/ou furos. Nos períodos mais secos, correspondentes ao final da época de estio, as captações de maior caudal reforçam as zonas onde as origens de água são menos produtivas, uma vez que há interligação entre os sistemas ZA1, ZA2, ZA3 e ZA4.

Na Figura 53 mostra-se a distribuição espacial de cada uma destas zonas.

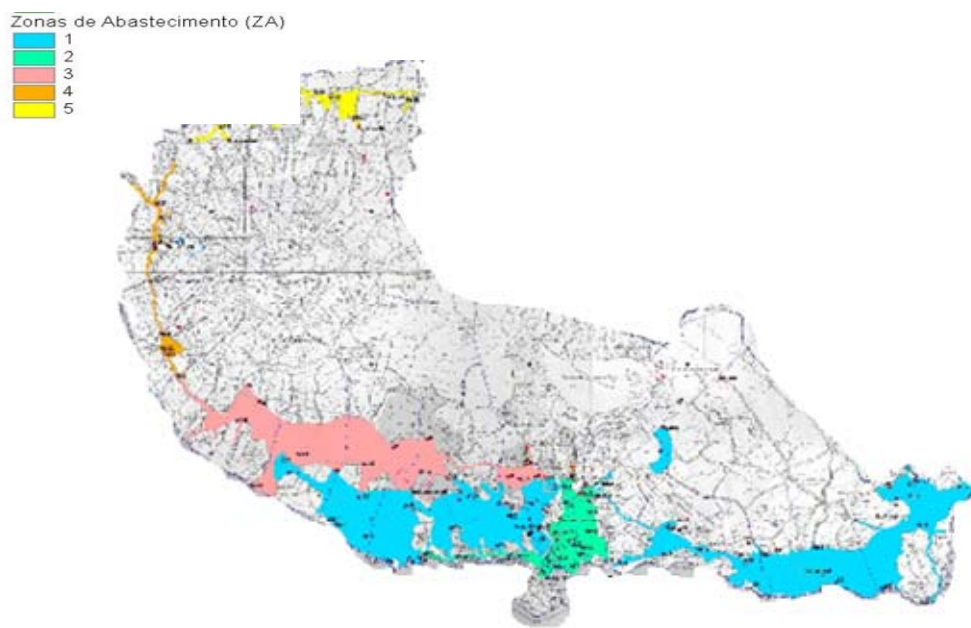


Figura 53 - Zonas de abastecimento de água em Angra Heroísmo. Fonte SMAH (2012).

Estas zonas de abastecimento fornecem água às seguintes freguesias do concelho:

ZA1: S. Sebastião, Porto Judeu, Feteira, Ribeirinha, S. Bento, Sta. Luzia, Pedro, Posto Santo, Terra-Chã, S. Mateus, Bartolomeu, Cinco Ribeiras;

ZA2: S. Bento, Conceição, Sé, Sta. Luzia, S. Pedro, S. Mateus;

ZA3: Posto Santo, Terra-Chã, S. Bartolomeu, Cinco Ribeiras, Santa Barbara;

ZA4: Santa Barbara, Doze Ribeiras, Serreta;

ZA5: Raminho, Altares,

A ZA1 assenta na captação das nascentes do Cabrito, Furo de São Sebastião, furo da Terra – Chã e sazonalmente pode também ser necessário reforçar com manancial da nascente principal da Fonte da Telha.

A ZA2 dependente das nascentes da Nasce Água, recorre quando necessário aos furos do Farroco, da Vinha Brava e à nascente do Cabrito.

A ZA3 é abastecida a partir da captação FTH . Sazonalmente esta zona é reforçada pelas captações CAB e NAG.

A ZA4 é abastecida pelas nascentes da Serreta. O reforço sazonal, se necessário, é realizado a partir da ZA3.

A ZA5 não tem interligação com as restantes zonas de abastecimento de água do concelho de Angra do Heroísmo. Os seus caudais provêm das nascentes dos Altares e do Raminho e da nascente dos Moinhos localizada no concelho da Praia da Vitória (Quatro Ribeiras). O abastecimento às duas freguesias que constituem esta zona, pode ser reforçado também a partir de duas lagoas artificiais localizadas na freguesia dos Altares caso o volume de água proveniente do concelho vizinho se revele insuficiente.

A lagoa artificial dos Altares constitui a única fonte de abastecimento da ilha Terceira com origem superficial, processando-se o tratamento físico-químico na ETA dos Altares (ETA - ALT). A regularização dos caudais, quer na abdução quer na distribuição, é garantida através de 32 reservatórios com uma capacidade total de armazenamento de 15 190 m³, ao longo de 400 Km de condutas feita por condução gravítica através de adutoras construídas em PVC.

A delimitação de cada zona de abastecimento (ZA) é definida tendo em conta a uniformidade da qualidade da água distribuída numa determinada área geográfica. Cada zona é abastecida, durante grande parte do ano, por origens diferentes embora na época de estio, as origens com maior manancial reforcem as zonas com captações menos produtivas. Apesar deste reforço necessário, a uniformidade da qualidade da água é garantida pela sua mistura antes da distribuição.

Na figura 54 mostra-se de forma esquemática os sistemas de distribuição pública de água para consumo humano no concelho de Angra do Heroísmo.

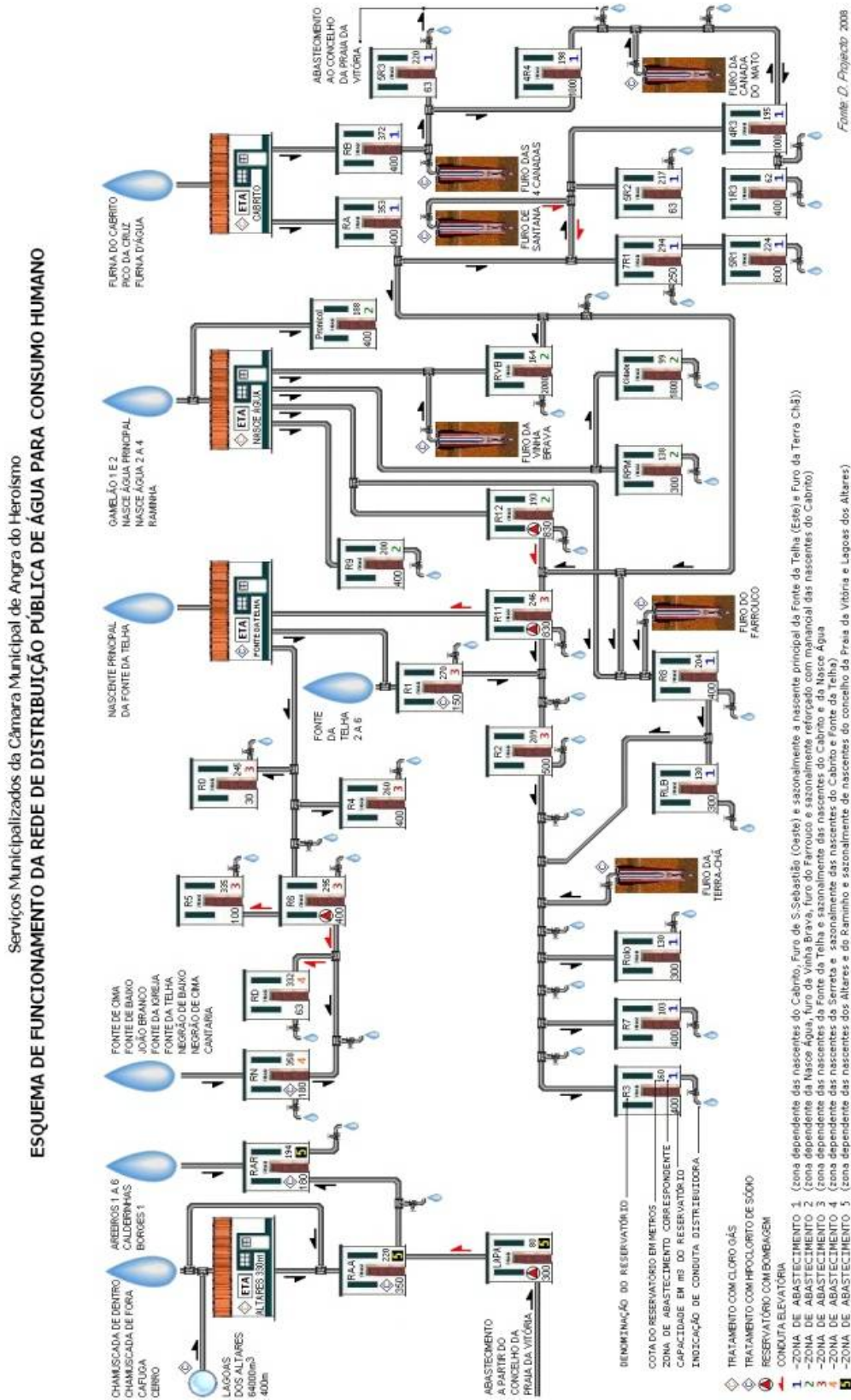


Figura 54 - Esquema de funcionamento da rede de distribuição pública de água para consumo humano no concelho de Angra do Heroísmo. Fonte: SMAH.

7. CONTROLO OPERACIONAL DA QUALIDADE DA ÁGUA

Os problemas mais frequentes que se verificam nas redes de distribuição de água reportam à presença de micro – organismos bem como a perturbações na turvação, cheiro e sabor.

Este facto deve-se a falhas no sistema de desinfeção sobretudo quando os teores de desinfetante residual livre na água tratada são reduzidos ou quando existem roturas em condutas e ramais, avarias em órgãos hidromecânicos diversos e fenómenos de corrosão das tubagens.

Frequentemente os incumprimentos com parâmetros organolépticos conduzem a reclamações por parte dos consumidores da água da rede pública, havendo a necessidade de se corrigir ou reajustar o doseamento do desinfetante aplicado.

No intuito de se manter a rede limpa, livre de sedimentos, águas estagnadas e contaminantes as descargas de água pontuais podem constituir uma importante ferramenta de limpeza.

O controlo operacional da qualidade da água no concelho de Angra do Heroísmo é feito por um laboratório externo. A água é monitorizada diretamente nas captações – *água bruta* – e no sistema de distribuição – *água tratada* – obtendo-se assim elementos referentes à evolução da qualidade da água no sistema, partindo do princípio que a monitorização frequente da água antecipa a deteção de potenciais problemas o que permite actuar de forma preventiva.

Os parâmetros controlados e a frequência da monitorização estão de acordo com o estipulado na legislação. Contudo, em situações específicas são adaptados em função das características da qualidade da água explorada e dos riscos identificados.

Na prática a garantia da qualidade da água para abastecimento público tem sido baseada na deteção de possíveis constituintes microbiológicos, físico-químicos e radiológicos, potencialmente perigosos para a saúde humana, através da análise de conformidade dos resultados obtidos na monitorização da qualidade da água fornecida aos consumidores com os valores paramétricos estipulados nas normas legalmente estabelecidas.

No caso da captação ter origem superficial, como no reservatório dos Altares, a monitorização inclui parâmetros como o caudal captado, os níveis da água na captação, o pH, a condutividade elétrica, a temperatura, a turvação e o carbono orgânico total.

Para além destes parâmetros, poderá ainda ser necessário e de acordo com as características da água, controlar a presença de *E.coli*, do azoto amoniacal, ferro, manganés, nitratos, fosfatos e cloretos.

A frequência da amostragem em cada ponto tem em conta o histórico da captação durante dois anos hidrológicos consecutivos.

Sempre que se justifique e no caso de haver necessidade efetuam-se recolhas de amostras num ponto a montante da captação e noutra ponto a jusante da mesma, longe de possíveis fontes de poluição que possam afetar a qualidade da água.

O estado trófico da água é ainda periodicamente avaliado através de parâmetros de controlo do oxigénio dissolvido, clorofila, fitoplâncton, azoto total e fósforo total.

No caso das captações serem de origem subterrânea o controlo da qualidade da água é feito controlando-se os seguintes parâmetros: pH, condutividade elétrica, presença de bactérias coliformes e *E.coli*.

Também e de acordo com as características da água é por vezes necessário controlar outros parâmetros como nitratos, azoto amoniacal, oxibilidade, cloretos, ferro, manganés, arsénio, dureza, alcalinidade, cálcio, magnésio e sódio.

No caso de ser necessário reatar alguma origem, como por exemplo o reservatório artificial dos Altares, a água não é introduzida diretamente na rede, misturando-se com outra proveniente das Quatro Ribeiras no reservatório dos Altares, onde se processa a homogeneização da qualidade da água a distribuir ao consumidor.

O abastecimento de água em alta respeita os processos de captação, tratamento e abdução até aos reservatórios.

O abastecimento em baixa está, por seu lado, associado à componente do sistema que integra a distribuição, desde o reservatório de origem até ao contador do consumidor.

No caso do concelho de Angra do Heroísmo a gestão de ambos estes sistemas é assegurada pela empresa municipal, Serviços Municipalizados de Angra Heroísmo.

8. PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA PARA ANÁLISE

A colheita de amostras de água para ser representativa, implica um conjunto de regras de forma a garantir resultados seguros (Clesceri *et al.*, 1998), citado por Costa (2001).

Os frascos normalmente utilizados na recolha de amostras são de vidro, usando-se também os frascos de plástico, sendo que, uns e outros têm vantagens e desvantagens.

Os frascos de vidro são inertes à maioria dos constituintes, enquanto os frascos de plástico têm tendência para ceder à água amostrada produtos orgânicos como a sílica e o fósforo.

Os frascos utilizados para recolher amostras destinadas a análises microbiológicas, devem ser de material resistente às condições de esterilização e à acção solvente da água e não devem libertar compostos tóxicos como bactericidas ou substâncias nutritivas durante a esterilização. Os materiais utilizados para os recipientes de recolha podem ser de vidro neutro, de vidro pirex ou de plástico autoclavável, com boca larga para facilitar a recolha da amostra e a limpeza do mesmo. Frascos de polietileno também são usados apesar da sua menor resistência à autoclavagem (Rodier, 1984), citado por Costa (2001).

A técnica a usar na recolha da amostra depende do tipo da água que se pretende recolher na amostragem como por exemplo a água tratada, bruta ou residual dependendo também do tipo da análise a ser solicitada, como no caso de uma análise físico-química, microbiológica.

De acordo com Perrone *et al.* (2000): Nas recolhas de amostras de águas para análise proveniente da rede pública dever-se-á ter em conta os seguintes considerandos :

- Verificar se o ponto de colheita recebe água directamente da rede pública, evitando-se a recolha da água de uma caixa de água ou de um reservatório domiciliário;
- Verificar se a torneira de onde se está a retirar a água não apresenta vazamento;
- Fazer correr a água durante um certo tempo, que não poderá ser inferior a 10 minutos, se as amostras a colher tiverem origem numa torneira;
- Remover a tampa do frasco conjuntamente com o papel protector com todos os cuidados de assepsia, tomando as precauções necessárias para evitar a contaminação da amostra pelos dedos, luvas ou outro qualquer material.
- Segurar o frasco verticalmente e proceder ao seu enchimento, deixando um espaço vazio de 2,5 a 5,0 cm no topo, possibilitando a homogeneização correcta da amostra antes do início da análise.
- Fechar o frasco imediatamente após a recolha identificando a amostra no frasco e na ficha de recolha.

De um modo geral o ensino do procedimento destas técnicas encontra-se generalizado, com variantes de acção minimizadas que não interferem no objectivo final pretendido.

Com base nestes considerandos e no intuito de se incrementar uma uniformidade de procedimentos, foi criado o Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR) de Portugal, mais tarde e pelo Decreto-Lei n.º 277/2009, de 2 de Outubro, é aprovada a orgânica da Entidade Reguladora de Serviços Águas e Resíduos (ERSAR) como entidade reguladora destes serviços em Portugal sendo-lhe imputado um conjunto importante de determinações, tais como e entre outros, a inspecção periódica da qualidade da água nos sistemas de abastecimento e a supervisão dos laboratórios de análises de água.

Deste modo, esta entidade de regulação (ERSAR) estabelece que “o rigor com que o procedimento da amostragem é realizado é primordial para que os resultados analíticos obtidos no laboratório correspondam à real qualidade da água e não sejam resultantes de incorrecções na amostragem, que possam conduzir quer a uma contaminação da amostra quer à obtenção de resultados inferiores aos reais”.

Assim e no que toca ao manuseamento particular da recolha de uma amostra de água deve-se-á proceder do seguinte modo:

- ✓ Assegurar que os frascos de recolha sejam os mais adequados para a amostra que se pretende efectuar;
- ✓ Cada amostra deverá ter uma folha de registo de dados correspondente, elaborada em sistema informático prévio;
- ✓ Nesta folha de controlo deverá constar a data da recolha bem como a hora em que foi efectuada;
- ✓ A indicação do parâmetro;
- ✓ A indicação dos parâmetros determinados no local;
- ✓ A indicação do tipo de controlo a que se destina a amostra (CR1, CR2 ou CI);
- ✓ O nome do técnico da recolha responsável pela execução da amostragem;
- ✓ Outros aspectos de registo tais como condições ambientais, acessórios adaptados à torneira e não retirados ou o estado de higiene no local.

Com estas indicações passou a haver uma uniformidade de critérios e de procedimentos no que toca a recolha da amostragem de água para determinação da análise química.

Os resultados obtidos destas amostragens passaram a ser mais fiáveis e comparáveis a todas as entidades envolvidas neste processo de colheita, pelo facto de terem executado as recomendações por determinação da Entidade Reguladora (ERSAR).

O procedimento de amostragem deve reflectir tanto quanto possível a qualidade da água que é efectivamente influenciada pela rede de distribuição e pela rede predial até à torneira do consumidor.

- Em primeiro lugar retirar se possível os acessórios externos e adaptados à torneira, filtros ou outras aplicações
- Sem escoamento prévio abrir a torneira e recolher 1 (um) litro de água. Fechar a torneira. Esta amostra deve ser para a análise do chumbo, níquel e cobre podendo também ser utilizada para a análise dos restantes metais.
- De seguida desinfectar a torneira, preferencialmente por flamejamento ou se não for possível por outro método adequado como por exemplo usando hipóclorito ou álcool sanitário. No caso de torneiras com boca de terminação em plástico, limpar a boca da torneira com algodão embebido em álcool e de seguida mergulhar a boca da torneira em álcool durante 2 a 3 minutos.
- Abrir a torneira, deixar escoar durante 5 a 10 segundos com o fluxo máximo de modo a eliminar a influência do desinfectante.
- Reduzir o fluxo e recolher a amostra para análise dos parâmetros microbiológicos, garantindo condições de assepsia. Para evitar contaminações do ambiente o frasco esterilizado só deve estar aberto pelo período de tempo estritamente necessário para a recolha da amostra.
- Recolher de seguida as amostras para a análise dos restantes parâmetros seguindo as indicações das normas de ensaios.

As denominadas recolhas CR1 e CR2 são destinadas a serem analisados parâmetros de rotina. Na recolha com parâmetros enquadrados de CI pretende-se efectuar uma recolha para a análise de parâmetros mais abrangentes e enquadrados na denominada inspecção.

9. A ÁGUA: UM RECURSO NATURAL

A água é um recurso natural, renovável, escasso e imprescindível à vida, cuja disponibilidade em termos de qualidade determina investimentos avultados quer nos processos de tratamento quer na monitorização, evitando-se assim possíveis contaminações e causando mal-estar às populações.

Numa região insular como os Açores, constituída por ilhas de pequena dimensão, este bem assume importância especial que o diferencia de outros recursos: não pode ser transferida em grandes quantidades de outras regiões por ser economicamente insustentável e a sua renovação em termos de ciclo hidrológico, é extremamente dependente de fatores hidrometeorológicos, nomeadamente da precipitação e evapotranspiração.

9.1. CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA

Durante muito tempo, foi alimentada a falsa noção de que os recursos hídricos, seriam infinitos e que por isso nunca acabaria a sua exploração.

Muito pior foi a crença de que os mares, rios e por cá as ribeiras poderiam ser um meio para lavagem, ou ainda corresponderiam a um reservatório para sobras indesejáveis que “a água lavaria e levaria muito para longe”. As ilhas de plástico no oceano Pacífico são o exemplo.

Por conta disso, grande parte da água doce disponível e das águas dos mares costeiras já estão comprometidas, devido ao aumento da contaminação dos aquíferos superficiais por produtos químicos tóxicos e pela presença de microrganismos patogénicos emergentes que resistem aos tratamentos convencionais.

Essencialmente a contaminação da água pela actividade humana é sobretudo por produtos utilizados na actividade agrícola e industrial e consiste na modificação da sua qualidade tornando-a imprópria para consumo. Assim, devido ao comportamento incorrecto ambiental como o despejo inadequado de esgotos, resíduos tóxicos, óleos e deficiência no sistema de tratamento, poderá transmitir inúmeros microrganismos causadores de doenças prejudiciais para a saúde humana.

Deste modo, a qualidade das massas de água é uma preocupação constante e crescente na gestão dos recursos hídricos regionais.

9.2. CONTAMINAÇÃO ASSOCIADA À DEPOSIÇÃO DE RESÍDUOS NO TERRENO

Os resíduos sólidos depositados no solo ou em ribeiras, lixiviados podem contaminar facilmente solos e água. Esta situação para além de constituir um mote degradável na paisagem põe frequentemente em risco a qualidade das águas superficiais e subterrâneas e condicionam perigosamente a circulação de água nas ribeiras (Rodrigues, 1998).

As atividades domésticas constituem importantes fontes de poluição dos solos e das águas, em especial nas áreas mais povoadas. Por outro lado, as águas residuais, carregadas com grandes quantidades de matéria orgânica e microrganismos e dos esgotos são frequentemente lançadas, sem tratamento prévio, nas nossas ribeiras, o que constitui uma grave ameaça para a saúde das populações.

Por conseguinte, em muitas freguesias e povoados ainda se verifica que a água dos esgotos vai para fossas, por vezes incorretamente construídas e que não são periodicamente limpas. Nestes casos, estas águas infiltram-se no solo, podendo juntar-se às águas subterrâneas, poluindo-as.

Por vezes encontram-se hidrocarbonetos, plásticos e restos de materiais vegetais (especialmente restos de troncos e materiais de poda) que são arrastados pelas enxurradas, dispersos ao longo dos leitos e finalmente depositados no mar ou no fundo de lagoas (RODRIGUES, 1998).

Assim, o aumento do nível de vida tem conduzido a uma crescente produção de lixos, sem que se tenha verificado uma grande alteração de hábitos das populações no sentido de utilizarem os serviços de recolha fornecidos pelas autarquias. Esta situação tem contribuído para uma grande dispersão de lixos e entulhos um pouco por toda a parte, especialmente nos leitos das ribeiras.

9.3. CONTAMINAÇÃO ASSOCIADA A PROCESSOS BIOLÓGICOS

As águas subterrâneas e superficiais constituem em todo o arquipélago o meio recetor mais atingido pela contaminação biológica em que os principais contaminantes são os microrganismos de origem fecal. Esta situação deve-se à ocupação dos solos quase exclusivamente por pastagem ocupada por bovinos em pastoreio livre (Rodrigues, 1998).

Os animais devem ser afastados ao máximo, dos pontos de captação de água visto que, mesmo não tendo livre acesso à água, os seus dejectos contaminam o solo provocando um aumento da matéria orgânica na água, e conseqüente contaminação por organismos patogénicos que os contaminam, podendo também atingir o homem.

A tuberculose bovina, a brucelose e a febre aftosa são exemplo de entre outras doenças que podem contaminar o homem cuja origem provem da água contaminada.

Os microrganismos presentes nos excrementos ou que intervêm nos processos conducentes à sua degradação, tendo dimensão microscópica, podem ser arrastadas pelo movimento das águas de infiltração, contaminando localmente os aquíferos, em especial os poucos profundos ou os localizados em formações muito permeáveis.

Assim e de acordo com Rodrigues (1998), relativamente às águas superficiais, a origem da contaminação prende-se com a presença de grande quantidade de excrementos de gado nas pastagens, os quais são arrastados pelo escoamento superficial. No caso de se acumularem em lagoas, estes detritos ricos em matéria orgânica e outros nutrientes, contribuem para o aparecimento de fenómenos de eutrofização.

9.4. CONTAMINAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA ASSOCIADA A ATIVIDADES AGRÍCOLAS E INDUSTRIAIS

A prática da agricultura e as atividades de pecuária são consideradas fontes geradoras de cargas de poluição difusa das águas. Um efeito colateral significativo destas atividades é a contaminação de córregos e conseqüentemente da água subterrânea.

A elevada utilização de fertilizantes e pesticidas na agricultura moderna tem como consequência para além da poluição dos solos a degradação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Entre os produtos químicos que contaminam a água podemos considerar os pesticidas e herbicidas, mercúrio, bactérias, vírus e parasitas, metais pesados, sulfuretos, cianeto, dioxinas e outros.

A presença de compostos químicos em concentrações indesejáveis nas massas de água insulares é relativamente à contaminação biológica, restrita.

Os componentes mais comuns são compostos azotados (nitratos e nitritos) especialmente na água de aquíferos superficiais, lagoas e ribeiras localizadas em zonas de pastagem fertilizada ou em áreas que recebem cargas orgânicas devido à existência de habitações que utilizam fossas rotas. (Rodrigues,1998).

De acordo com Lobo (1993), os fertilizantes empregues na agricultura classificam-se em naturais e sintéticos.

Os fertilizantes naturais provêm dos estrumes de diferentes origens, da compostagem resultante da degradação da matéria orgânica em presença do oxigénio do ar sob condições controladas pelo homem, de lamas das estações de tratamento e ainda das águas residuais e de resíduos das indústrias alimentares.

Os fertilizantes sintéticos são provenientes de compostos químicos potencialmente significativos e usados como fertilizantes e pesticidas, altamente mais eficientes em termos de resultados na produção, contudo se utilizados inadequadamente ou em excessiva incrementação do solo contribuirão para a degradação deste e para o pouco aproveitamento por parte das plantas.

Os fertilizantes sintéticos mais utilizados vulgarmente são os amoniacais, os nítricos e os amídicos.

Os fertilizantes inorgânicos como o amoníaco, sulfato de amónio, nitrato de amónio e carbonato de amónio e os orgânicos como a ureia são os responsáveis pelo incremento de nitrato, nitrito e amónio nas águas subterrâneas. Isto deve-se ao facto da quantidade de fertilizantes aplicada ser superior à quantidade necessária para o desenvolvimento das plantas.

Assim, os principais problemas de poluição por atividades agrícolas são:

- A utilização inadequada de fertilizantes em solos permeáveis e aquíferos suspensos o que, traduz um aumento considerável de nitratos no aquífero;
- Lançamento indiscriminado de resíduos animais sobre o solo em zonas vulneráveis;
- Utilização incorreta ou exagerada de pesticidas em solos muito permeáveis com escassa capacidade de adsorção.

Por outro lado e segundo Rodrigues (1998), o aparecimento nas águas subterrâneas de elevados teores de fluoretos, ferro, manganês e outros elementos está ligado à composição química de algumas formações vulcânicas do arquipélago.

9.5. CONTAMINAÇÃO ASSOCIADA À INTRUSÃO SALINA

A intensa exploração de água proveniente de um aquífero de base provoca o abaixamento do nível freático da água.

Esta diminuição da coluna de água doce vai provocar uma subida da água salgada de forma a equilibrar a pressão entre ambas.

Se por ventura a exploração de água deste aquífero for prolongada no tempo verificar-se-á uma intrusão de água proveniente do oceano, com um teor em cloretos elevado, poluindo o aquífero.

Para colmatar esta situação, ter-se-á em conta a distância do fundo do furo com a interface águas: doce/salgada, os ciclos de recarga e descarga naturais do aquífero, a oscilação dos movimentos de maré, o regime de bombardeamento e as variações no volume da água infiltrada.

De acordo com o Plano Regional da Agua da RAA, o recurso/água deverá ser sempre gerido de forma rigorosa e sustentada reconhecendo que se trata de um recurso escasso e vulnerável.

A exploração das reservas de água nos Açores deverá ter sempre em consideração a recarga dos aquíferos (base ou suspensos), não podendo ser efectuada a uma taxa superior à sua reposição.

Este princípio assume especial importância quando se constata que em algumas ilhas a atual sobre exploração das reservas está a propiciar a ocorrência de fenómenos de intrusão salina.

Esta ocorrência regista-se na ilha Terceira visto que o aquífero de base é explorado na franja costeira próximo da interface água doce/água salgada implicando frequentemente fenómenos de alguma intrusão salina.

Segundo Cruz et al., (2002), a salinização tem implicado constrangimentos ao desenvolvimento dos recursos hídricos subterrâneos, o que resultou no abandono de diversos furos de captação.

10. CRITÉRIOS DE APRECIÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

A garantia da qualidade da água para o consumo humano fornecida por um sistema público constitui um elemento essencial das políticas da saúde pública.

Até finais do século XIX a avaliação e o controlo de riscos para a saúde humana por transmissão de doenças provocadas por consumo de água eram realizadas de forma empírica confiando-se primordialmente na aparência física da água.

Mais tarde a descoberta da existência de microrganismos por Louis Pasteur (1863) e os avanços científicos nos métodos de deteção de microrganismos por Robert Cock em investigações epidemiológicas ficou provado a ligação estreita entre o consumo da água com a possível contaminação fecal. Esta conjugação constituiu bases científicas determinantes para a associação do consumo da água com a saúde pública, servindo de ponto de partida para o controlo da sua qualidade.

Até meados do século XX a qualidade da água para consumo humano era avaliada essencialmente através das suas características organoléticas tendo por base o senso comum de se exigir que ela se apresentasse límpida, agradável ao paladar e sem cheiro desagradável. No entanto este tipo de avaliação foi-se revelando falível em termos de proteção da saúde pública contra microrganismos patogénicos e contra substâncias químicas perigosas presentes na água. (IRAR, 2006).

No início do século XX, após alguns surtos epidémicos de cólera e febre tifóide na Europa desenvolveram-se meios técnicos e legais para a desinfecção da água nos sistemas públicos de abastecimento.

Na prática a garantia da qualidade da água para abastecimento tem sido baseada na deteção de possíveis incumprimentos através de análises de conformidade dos resultados obtidos na monitorização com os valores paramétricos estipulados nas normas legalmente estabelecidas. De acordo com o decreto-lei 236/98 de 1 de Agosto – anexo VI, são definidos dois patamares de qualidade da água distintos: o VMA e o VMR.

O VMA (Valor máximo admissível), corresponde á quantidade máxima admissível em ordem de grandeza de norma de qualidade que não deverá ser ultrapassado ou seja os teores do elemento acima deste valor são perigosos para a saúde pública e a água deve ser considerada imprópria para o uso doméstico.

O VMR (Valor máximo recomendado), corresponde ao valor máximo recomendável, em termos de valor de norma de qualidade e que de preferência deve ser respeitado ou não excedido. A água com as características abaixo destes valores pode considerar-se de excelente qualidade.

10.1. PROTECÇÃO DAS CAPTAÇÕES

A água é suscetível de ser afetada por pressões diversas sendo a adoção de medidas de proteção e gestão imprescindíveis no sentido de rentabilizar caudais assegurando a sustentabilidade do recurso, protegendo a sua qualidade e constituindo um real valor ambiental, social, económico e cultural.

Sendo um bem público a água deve ser gerida com rigor e ponderação.

A constituição de um mercado da água, como medida de protecção seria indispensável para alterar o desperdício por parte da procura.

Por outro lado, em ilhas vulcânicas a gestão racional dos recursos hídricos subterrâneos coloca problemas adicionais comparativamente com áreas continentais quer em resultado da reduzida dimensão e limitação geográfica destes espaços quer devido às condicionantes específicas de índole geológica e hidrogeológica.

Estes constrangimentos, genericamente promovem a limitação da capacidade de auto regulação da água subterrânea nos aquíferos o que constitui uma das vantagens da utilização dos mesmos, comparativamente com a água superficial e inversamente acentuam a necessidade de conservar e proteger estas unidades geológicas (CRUZ *et al.*, 2004).

Noutra vertente, a contaminação das águas subterrâneas é na generalidade das situações, persistente pelo que a recuperação da qualidade destas águas é regra geral muito lenta e difícil.

A protecção das captações das águas subterrâneas constitui, assim, um objectivo estratégico da maior importância no quadro de um desenvolvimento equilibrado e duradouro (ROCHA *et al.*, 2000).

10.2. LEGISLAÇÃO APLICÁVEL NAS ZONAS DE PROTECÇÃO DAS CAPTAÇÕES

10.2.1. NORMA PORTUGUESA DEFINITIVA NP-836

A Norma Portuguesa Definitiva - NP 836, estabelece os limites de duas zonas de protecção de captações de águas subterrâneas, a saber:

Uma zona próxima e uma zona afastada.

As restrições a atividades nas zonas indicadas encontram-se descritas na norma, incluindo por exemplo a proibição da existência de casas ou indústrias na zona próxima e da existência de dispositivos de infiltração de águas residuais ou de irrigação com águas residuais na zona afastada.

Esta Norma determina para a definição exacta dos limites das zonas indicadas:

Limite da zona próxima: 5 a 10 metros;

Limite da zona afastada: 20 metros;

Estes valores poderão ser reduzidos sempre que se tenha a certeza de não existir escoamento subterrâneo em direcção ao ponto de captação.

10.2.2. DECRETO-LEI Nº 236/98

O decreto-lei referenciado, estabelece normas, critérios e objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos.

O artigo 18º deste decreto-lei incumbiu as Direções Regionais de Ambiente (DRA) em sintonia com os municípios territorialmente competentes, a determinação da fixação das áreas de protecção das captações de águas subterrâneas destinada à captação e exploração de água para consumo humano, ficando essas áreas sujeitas a condicionalismos e sistemas de controlo adequados, enquadradas dentro dos planos municipais de ordenamento do território dos respectivos municípios

O artigo 21º determina as principais características da qualidade da água para consumo humano indicando que esta deve ser agradável ao paladar e à vista dos consumidores, não causar deterioração às diferentes partes do sistema de abastecimento e essencialmente não por em risco a saúde humana.

10.2.3. DECRETO-LEI Nº 382/99

Este decreto-lei da Republica Portuguesa aplicável às Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira, estabelece normas e critérios para a delimitação de perímetros das captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público e tem como finalidade a protecção da qualidade da água dessas captações.

Trata-se de áreas definidas na vizinhança dessas captações em que se estabelecem restrições de utilidade pública ao uso e transformação do solo, em função das características pertinentes às formações geológicas, que armazenam as águas subterrâneas exploradas pelas captações e dos caudais extraídos,

De acordo com este decreto-lei, os perímetros de protecção das captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público apontam para:

- Prevenir, reduzir e controlar a poluição das águas subterrâneas por infiltração de águas pluviais lixiviantes e de águas excedentes de rega e de lavagens;
- Potenciar os processos naturais de diluição e de auto depuração das águas subterrâneas;
- Prevenir, reduzir e controlar as descargas acidentais de poluentes;
- Proporcionar a criação de sistemas de aviso e alerta para a protecção dos sistemas de abastecimento de água com origem nas captações de águas subterrâneas, em situações de poluição acidental dessas águas.

A delimitação dos perímetros de protecção, obedece a critérios geológicos, hidrogeológicos e económicos estabelecidos em função das características do aquífero em que se encontra a captação, as condições da captação e os caudais de exploração, mediante a realização de estudos hidrogeológicos e económicos.

A fixação dos caudais de exploração e o dimensionamento das captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público têm que atender, necessariamente, aos aspetos económicos, já que a delimitação dos perímetros de protecção das captações impõe restrições ao uso do solo em áreas significativas que se traduzem em custos económicos que se repercutem sobre o custo da água na origem.

De facto, não se afigura razoável delimitar perímetros de protecção com áreas ou com restrições excessivas se tal não se traduzir num benefício efetivo em termos da protecção das águas subterrâneas, pelo que se tem de exigir que a delimitação dos perímetros de protecção seja baseada em estudos hidrogeológicos suficientemente rigorosos para evidenciar a eficácia das medidas de protecção

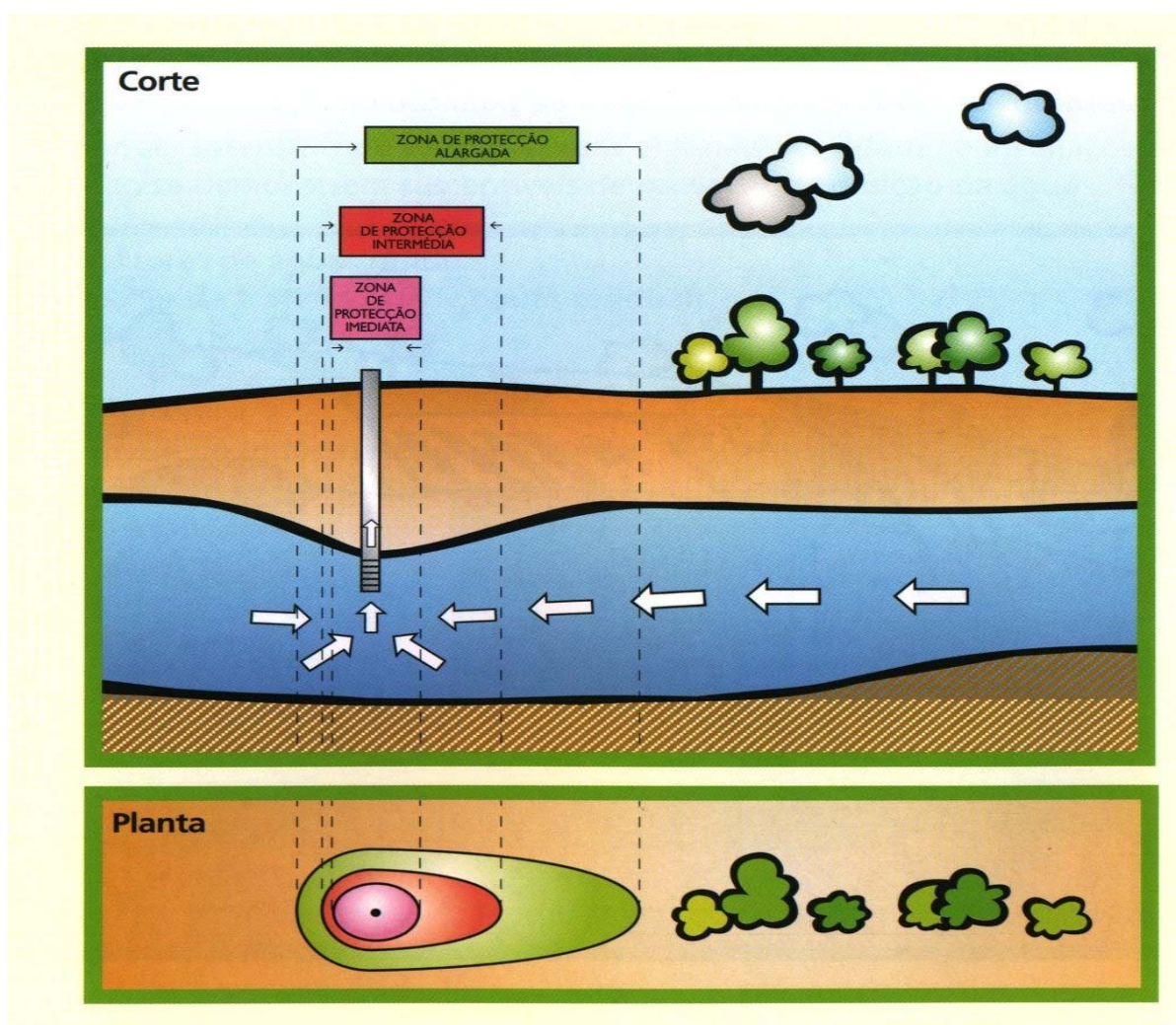


Figura 55 - Exemplo da distribuição dos 3 perímetros de proteção contíguos de uma captação. Retirado do *site*: www.inag.pt

Ainda citando o Decreto-Lei nº 382/99 de 22 de Setembro, o perímetro de proteção é a área contígua à captação na qual se interdita ou condicionam as instalações e as atividades suscetíveis de poluírem as águas subterrâneas, que engloba as seguintes zonas:

- a) Zona de proteção imediata — área da superfície do terreno contígua à captação em que, para a proteção direta das instalações da captação e das águas captadas, todas as atividades são, por princípio interdita;
- b) Zona de proteção intermédia – área da superfície do terreno contígua exterior à zona de proteção imediata, de extensão variável, tendo em conta as condições geológicas e estruturais do sistema aquífero, definida de forma a eliminar ou reduzir a poluição das águas subterrâneas, onde são interditas ou condicionadas as atividades e as instalações suscetíveis

de poluírem aquelas águas, quer por infiltração de poluentes, quer por poderem modificar o fluxo na captação ou favorecer a infiltração na zona próxima da captação;

c) Zona de proteção alargada — área da superfície do terreno contígua exterior à zona de proteção intermédia, destinada a proteger as águas subterrâneas de poluentes persistentes, tais como compostos orgânicos, substâncias radioativas, metais pesados, hidrocarbonetos e nitratos, onde as atividades e instalações são interditas ou condicionadas em função do risco de poluição das águas, tendo em atenção a natureza dos terrenos atravessados, a natureza e a quantidade de poluentes, bem como o modo de emissão desses poluentes.

Quando não existam e não seja possível realizar os estudos hidrogeológicos mencionados no número anterior, mediante prévio parecer favorável da direção regional do ambiente territorialmente competente, a determinação das zonas de proteção poderá ser feita através de recurso ao método do raio fixo, calculado de acordo com o anexo ao presente diploma, que dele faz parte integrante, ou outro método considerado mais adequado.

Os estudos hidrogeológicos e a aplicação do método do raio fixo têm de ser realizados por técnicos com as habilitações académicas adequadas para o efeito.

O perímetro de proteção poderá não incluir as zonas de proteção intermédia ou a zona de proteção alargada relativamente a captações de águas subterrâneas em sistemas aquíferos cujo risco de poluição seja reduzido, demonstrado por estudos hidrogeológicos.

Sempre que se justifique, nomeadamente em zonas em que haja conexão hidráulica direta ou através de condutas cársticas ou fissuras, o perímetro de proteção poderá ainda englobar zonas de proteção especial, mediante a realização de estudos hidrogeológicos específicos.

Nas zonas costeiras onde exista ou possa existir intrusão marinha, o perímetro de proteção inclui ainda zonas de proteção especiais para prevenir o avanço da cunha salina, mediante a realização de estudos hidrogeológicos específicos.

10.3. PLANO REGIONAL DA ÁGUA DOS AÇORES

Grande parte das normas referentes á qualidade da água no arquipélago dos Açores está sintetizada no Plano Regional da Água - Açores (PRA – Açores).

O Plano Regional da Água da Região Autónoma dos Açores é um plano estratégico que deve ser encarado como um instrumento de planeamento capital em matéria de gestão da qualidade e da quantidade dos recursos hídricos da Região Autónoma dos Açores.

Este plano determina, fomentar a nível regional a valorização, proteção e gestão equilibrada da água, funções estas que a nível nacional estão asseguradas pelo Plano Nacional da Água de acordo com o Decreto-Lei n.º 45/94 de 22 de Fevereiro.

Nesse sentido o PRA – A, estabelece comandos de orientação para a atuação dos diversos intervenientes no processo de planeamento e gestão da utilização dos recursos regionais em especial para os órgãos legislativos e para a Administração Pública Regional.

A Constituição Portuguesa determina no seu artigo 228 alínea f, a componente dos recursos hídricos da Região Autónoma dos Açores (RAA) como de interesse específico para a Região. Assim o estatuto político-administrativo da Região Autónoma dos Açores compreende norma que opera idêntica qualificação de acordo com determinação do artigo 8º alínea f. deste estatuto.

Por conseguinte nos termos das disposições conjugadas dos artigos 227º alínea a), 232º 1 e 112º,4 da Constituição, bem como das normas constantes dos artigo 31º,1, alínea c), e 34º,1 do estatuto político-administrativo da Região Autónoma dos Açores, conclui-se que o teor elaborado e determinado do Plano Regional da Água, como sendo um instrumento fundamental de planeamento ambiental destinado a regular os recursos hídricos na Região Autónoma dos Açores e consequentemente aprovado como Decreto Legislativo Regional.

11. PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA (PSA)

De acordo com o IRAR (2005), em 1958 surgiu a primeira publicação da Organização Mundial da Saúde (OMS) dedicada especificamente à qualidade da água para consumo humano intitulada *Internacional Standards for Drinking-water*. Mais tarde em 1984 e em 1985 surgiu a publicação de três volumes, através da primeira edição das GDWQ (*Guidelines for drinking water quality*), preconizando um plano de segurança da água para consumo humano definindo-o como um documento que identifica e prioriza riscos plausíveis que podem surgir no abastecimento público da água, desde a origem da água bruta até à sua utilização na torneira do consumidor e estabelece processos para verificar a eficiência da gestão dos sistemas de controlo e a qualidade da água produzida.

O seu principal objetivo é o de garantir a qualidade da água para consumo humano através das boas práticas de utilização no sistema de abastecimento de água, redução ou remoção da contaminação durante o processo de tratamento e prevenção de pós-contaminação durante o armazenamento, a distribuição e o manuseamento da água na distribuição. (IRAR, 2005).

Com a estruturação deste plano de uma forma organizada implementando um sistema operacional de gestão da qualidade da água podem-se identificar três etapas fundamentais:

- Avaliação do sistema – processo de análise e avaliação de riscos, compreendendo todo o sistema de abastecimento, desde a fonte até à torneira do consumidor;
- Monitorização operacional – identificação e monitorização dos pontos de controlo críticos, de modo a reduzir os riscos identificados;
- Planos de gestão – desenvolvimento de esquemas efetivos para a gestão do controlo dos sistemas, assim como de planos operacionais para atenderem a condições de operação de rotina e a condições de operação de carácter excepcional. (IRAR, 2005) (Quadro 11).

Quadro 11 – Esquema conceptual a adotar no desenvolvimento de um PSA, adaptado dos Planos de Segurança da água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento, série guias técnicos do Instituto Regulador de Águas e Resíduos/Universidade do Minho.

Etapa	Objectivo	Informação
Avaliação do sistema	Assegurar que o sistema de abastecimento de água, como um todo, forneça água com uma qualidade que garante os objectivos de saúde estabelecidos	Identificação de perigos
		Caracterização de riscos
		Identificação e avaliação de medidas de controlo
Monitorização operacional	Garantir o controlo dos riscos detectados e assegurar que sejam alcançados os objectivos de qualidade da água	Estabelecimento de limites críticos
		Estabelecimento de procedimentos de monitorização
		Estabelecimento de acções correctivas
Planos de gestão	Assegurar que descrevem as acções a tomar e documentam a avaliação e monitorização do sistema	Estabelecimento de procedimentos para a gestão de rotina
		Estabelecimento de procedimentos para a gestão em condições excepcionais
		Estabelecimento de documentação e de protocolos de comunicação

11.1. AVALIAÇÃO DO SISTEMA

Nesta etapa evidencia-se os principais perigos que a água poderá usufruir decorrente do seu armazenamento, havendo uma grande probabilidade de voltar a ser contaminada.

A possível contaminação poderá ter origem física, química ou microbiológica dependendo do evento que possa ter ocorrido.

Neste ponto de controlo os perigos mais importantes que poderão ocorrer devem-se à presença de microrganismos patogénicos na água tratada ou de subprodutos provenientes de uma desinfeção.

11.2. MONITORIZAÇÃO OPERACIONAL

A monitorização operacional constitui uma etapa de verificação da conformidade dos chamados limites críticos estabelecidos para cada ponto de controlo de água, sendo os respetivos procedimentos organizados e distribuídos em planos de monitorização.

11.3. PLANOS DE GESTÃO

Relativamente aos planos de gestão, estes devem conter e descrever as ações a tomar no que concerne à documentação sobre a avaliação e a monitorização do sistema.

De acordo com o IRAR (2010), um plano de gestão deverá garantir a existência de um plano de suporte com procedimentos e registos para aplicação do plano de segurança da água, nomeadamente:

- ✓ Manutenção e calibração de equipamentos;
- ✓ Limpeza e higiene de instalações e pessoal;
- ✓ Formação e competências de pessoal;
- ✓ Garantias de fiabilidade de resultados analíticos;
- ✓ Receção de produtos químicos.

Um plano de gestão deverá harmonizar o Plano de Segurança da Água (PSA), com os planos existentes na entidade distribuidora das águas de modo a respeitar os parâmetros e as frequências de monitorização, as responsabilidades e as ações corretivas.

Deverá também elaborar um plano de acção para implementar medidas de controlo, sendo estas priorizadas de acordo com a avaliação dos riscos efetuados anteriormente, para além de

analisar os dados registados nas ações de gestão de rotina analisando as causas prováveis e as ações corretivas estabelecidas.

Uma gestão adequada de controlo de um plano deve ainda incluir:

- Uma definição de responsabilidades;
- Um registo dos procedimentos adotados;
- Um plano de formação que garanta competências adequadas ao pessoal, relacionado com a operação do sistema.

A metodologia a aplicar deve ser apropriada à dimensão e complexidade do sistema de abastecimento.

Um plano de segurança de água deverá abranger todos os aspetos relacionados com o controlo das origens da água, tratamento e distribuição, competindo a responsabilidade da sua aplicação à entidade gestora do sistema de abastecimento da água.

O êxito da aplicação de um plano deverá ter em conta condições operacionais e recursos humanos adequados, o que se pressupõe estabelecer:

- ✓ A constituição de uma equipa multidisciplinar com conhecimento de todo o sistema e com competências para fazer uma avaliação relativamente à sua capacidade de atingir os objetivos de qualidade previstos;
- ✓ Identificação dos locais onde podem ocorrer contaminações e das medidas de controlo que devem ser utilizadas para prevenir, reduzir ou eliminar a contaminação;
- ✓ A aplicação de um sistema de monitorização que garanta a qualidade da água de todo o sistema de abastecimento, de acordo com as normas legais em vigor;
- ✓ A aplicação de ações corretivas para dar uma resposta imediata a desvios nos objetivos de qualidade previstos;
- ✓ A validação dos métodos utilizados no controlo dos perigos.

11.4. GESTÃO DE PROCEDIMENTOS EM CONDIÇÕES EXCEPCIONAIS

Um Plano de Segurança da Água determina que todo o sistema de abastecimento de água seja objeto corrente de monitorização no âmbito das recomendações da entidade superintendente.

Contudo poderá eventualmente ocorrer incidentes que pela sua natureza apenas surgem em situações muito pontuais.

Neste aspecto realça-se por exemplo os eventos de origem tectónica ou eventualmente os de origem vulcânica.

Deste modo, todos os habitantes das ilhas açorianas conhecem muito bem as dificuldades por que passam nos dias seguintes à ocorrência de um forte sismo em que, para além do susto inerente a este evento natural, entre as diversas consequências muitas vezes verificam -se cortes de abastecimento de água nas suas habitações, ou a existir, esta é distribuída mas imprópria para o consumo.

Felizmente, a ocorrência destes eventos telúricos com magnitudes elevadas, não se verificam com grande frequência, e os eventos de menor amplitude não prejudicam os equipamentos da distribuição pública da água.

Constituiu a determinação das entidades gestoras de água do concelho de Angra do Heroísmo de equiparem a distribuição pública da água em instalações e distribuição bastante consistentes e resistentes a possíveis sismos de grau elevado.

Esta preocupação com a segurança é também e de um modo geral extensiva aos particulares, que devido a um melhor esclarecimento desta situação efetuam com regularidade obras de restauro e manutenção nas suas moradias.

Tornou-se frequente o uso de materiais de qualidade na distribuição da água, mais adequados e resistentes e seguindo as recomendações impostas no momento no que concerne à segurança e conforto das suas habitações.

Para fazer face a uma situação pontual de natureza sísmica, é recomendável integrar um plano de ação para dar uma resposta cabal e eficaz na solução desta ou de outra eventualidade de grau e risco considerado.

Resumidamente e num plano de ação bem estabelecido, considera-se as seguintes situações de emergência: (Quadro 12).

- Desastres naturais;
- Por iniciativa do homem;
- Incidentes inesperados.

Como se pode observar verifica-se em destaque que os tipos de eventos que mais assolam as comunidades açorianas são para além dos eventos de origem tectónica ou eventualmente vulcânica, as possíveis inundações e os ventos de origem ciclónica.

Em menor percentagem de ocorrência e de gravidade verificam-se eventos com origem antrópica ou eventualmente mecânica.

Quadro 12 - Exemplos de eventos excecionais.

Tipo de evento	Descrição
Desastres naturais	<ul style="list-style-type: none"> - Sismos - Inundações - Ventos ciclónicos - Condições meteorológicas extremas
Ações humanas	<ul style="list-style-type: none"> - Vandalismo - Derrame accidental de produtos químicos - Sabotagem/bioterrorismo
Incidentes inesperados	<ul style="list-style-type: none"> - Incêndio - Interrupção do abastecimento da água - Falhas em equipamentos mecânicos - Acidentes de construção - Contaminação accidental no sistema de abastecimento - Problemas com pessoal (perda de operador, emergência médica).

12. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NAS CAPTAÇÕES PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO DO CONCELHO DE ANGRA DO HEROÍSMO

12.1. DADOS HISTÓRICOS

Um grande número de doenças está associado à composição química e microbiológica da água. Na ilha Terceira, até à primeira metade do Século XX eram frequentes as infeções intestinais, sobretudo em idosos e crianças, grande parte com origem em águas provenientes de poços, cisternas ou fontanários com abduções de má qualidade. Até meados da década de 70 do século passado, as freguesias da zona N e W do concelho eram abastecidas a partir de sistemas por gravidade sem distribuição domiciliária. Estes comportavam uma ou mais captações junto a nascentes, reunidas numa junção, que era por sua vez ligada através de encanamentos com barro cozido para os locais centrais dos povoados, onde se ligava a um chafariz (Figura 56).



Figura 56 – Chafariz na nascente da fonte da Ribeirinha.
Foto.: José Machado

As captações compunham-se de um sistema de recolha de água da nascente, através de um canal de junção, construído em alvenaria, que comunicava com o encanamento. A proteção da água era garantida por um pequeno edifício designado *caixa de água* que estava vedado por uma tampa de madeira com fechadura.

O transporte da água era feito em superfície livre, em canais ou em encanamentos de barro. De cem em cem metros colocavam-se estruturas de acesso à canalização, as *caixas de limpeza*, que para além de permitirem a limpeza das tubagens, funcionavam como perda de carga.

No caso de se dispor de grandes caudais associados a ribeiras, os sistemas de adução estavam ligados a reservatórios, que tinham a importante função de armazenar e regular os caudais.

No século XIX implantou-se nalgumas das freguesias do concelho de Angra sistemas de distribuição domiciliária do tipo *arquinha*, utilizando como unidade de medida de água a *palha de água* que correspondia a 2,5 l/ min. Estes sistemas funcionaram em muitos locais até ao início dos anos 80 do século XX. (Figura 57).



Figura 57 – Exemplo de uma atual arquinha. Foto.:José Machado

Quer numa quer noutra situação, não se efetuavam quaisquer tratamentos da água, não obstante os graves problemas de sanidade que iam surgindo. Os encanamentos eram deficientes, sujeitos ao vandalismo e à perfuração por raízes de árvores, tornando - se um importante veículo de contaminação.

As *arquinhas*, pela sua localização junto às habitações tornaram-se perigosos focos de contaminação, porque algumas eram acessíveis a pessoas e animais e, muitas vezes, permitiam a entrada de águas superficiais.

Na década de 30 do século passado iniciou-se a modernização do abastecimento de água às populações com a reformulação de captações e a implantação de sistemas com tubagem em fibrocimento sob pressão, adutoras em ferro fundido e distribuição com canos e ferro galvanizado.

Até à década de 80 do século XX o tratamento da água para abastecimento domiciliário consistia apenas no arejamento e no endurecimento da água.

A partir desta década iniciou-se a desinfecção de água no concelho de Angra do Heroísmo, através de cloro gasoso sob pressão, decisão que foi muito contestada pelas populações porque lhes desagradava o sabor.

12.2. DADOS DE REFERÊNCIA

Lobo (1993), com base em elementos colhidos em Setembro de 1981, Maio de 1982 e Fevereiro de 1987, faz uma avaliação da qualidade da água para consumo humano no concelho de Angra do Heroísmo, incidindo nos seguintes parâmetros físico – químicos: pH, Temperatura, Condutividade, Resíduo Seco, HCO₃, CO₃, NO₃, Cl, F, SO₄, SiO₂, Na, K, Ca, Mg, Oxigénio dissolvido e CO₂. A nível microbiológico a avaliação centrou-se na pesquisa de Mesófilos aeróbios, Coliformes totais, Coliformes fecais e Estreptococos fecais.

Rodrigues (2002). Numa perspetiva hidrogeológica, faz uma análise da qualidade da água nas captações da ilha Terceira, incidindo nos seguintes parâmetros: pH, Temperatura, Condutividade, Resíduo Seco, HCO₃, CO₃, NO₃, Cl, F, SO₄, SiO₂, Na, K, Ca, Mg, Oxigénio dissolvido e CO₂.

Durante os trabalhos afetos ao Projeto Geotérmico da ilha Terceira efetuou-se uma monitorização das captações consideradas de risco, tendo-se levado a cabo um controle dos caudais nos pontos correspondentes a sete nascentes e três furos, com medições diárias de condutividade, pH, e Temperatura nos pontos de saída da água. Não obstante diligências efetuadas, não nos foi possível aceder a estes dados, que reportam um período compreendido entre 2 de Abril de 2002, 16 de Julho de 2002 e 21 de Maio de 2003.

Cruz (2004), coligindo dados recolhidos ao longo de mais de dez anos dedicados à investigação hidrogeológica do arquipélago dos Açores, compilou para a ilha Terceira dados relativos a nascentes e furos referente a parâmetros físico-químicos (ph, temperatura, condutividade) em valores médios.

Melo (2005) com base nos dados colhidos no âmbito do projeto geotérmico da ilha Terceira, referente ao controle analítico de água em zonas consideradas de risco, procedeu ao controle dos caudais nos pontos correspondentes a sete nascentes todas associadas a aquíferos suspensos (Nascente do Cabrito, Fonte da Telha, Nasce-Água, Moinhos na Agualva, Alagoa - Moinhos nas Quatro Ribeiras, e lagoa do Algar do Carvão) e três furos que captam do aquífero basal da ilha (Furo da Vinha Brava, Terra-Chã e Farroco) e três zonas húmidas relacionadas com escoamento superficial (charco da bagacina, zona húmida a Este da Pedreira e charco das Furnas do Enxofre), NAG, FTH) tendo incidido na amostragem em campanhas expeditas, intermédias e alargadas.

As campanhas de monitorização expeditas constaram de análises *in situ* da temperatura, pH e condutividade e de parâmetros organoléticos (cor, cheiro e turvação). As campanhas intermédias constam destes parâmetros tendo sido também determinada em laboratório o teor dos cloretos, substâncias tensoativas aniónicas, hidrocarbonetos e azoto amoniacal. A campanha alargada constou de todas estes parâmetros e ainda a prospeção de sólidos suspensos totais, salinidade, alcalinidade, sulfatos, dióxido carbono livre, Arsénio, Ferro, Manganês, Chumbo, Cádmio, Zinco, germes totais a 22°C e 37°C, *Eschericia coli* e *Streptoococ fecais*.

A monitorização regular da qualidade das águas para consumo humano no concelho de Angra do Heroísmo é da responsabilidade da entidade concelhia dos Serviços Municipalizados de Angra do Heroísmo da Camara Municipal de Angra do Heroísmo e teve o seu início no ano de 2007. A recolha de parâmetros referentes à Temperatura, pH, e Condutividade elétrica e parâmetros microbiológicos e químicos é feita trimestralmente no âmbito de um plano anual pré-elaborado e de acordo com o estabelecido pela lei.

12.3. DADOS ANALISADOS NESTE TRABALHO

Os dados analisados neste trabalho foram colhidos no terreno, junto das captações e, parte deles fornecidos pelos Serviços Municipalizados de Angra do Heroísmo.

12.4. DADOS FORNECIDOS PELOS SMAH

Estes dados, fornecidos pelos Serviços Municipalizados de Angra do Heroísmo referem-se ao período de monitorização que decorreu entre 2007 e 2011.

Os pontos de recolha foram nas nascentes do Cabrito, Nasce – Água, Fonte da Telha, Raminho, Serreta, Altares e nos furos da Vinha Brava, S. Mateus, Terra – Chã, Farroco, Canada do Mato, Santana, Achada.

Os parâmetros cedidos foram a Temperatura, o pH e a Condutividade elétrica em que para além da análise aos constituintes maiores das águas colhidas foram também cedidas determinações de constituintes menores e vestigiais.

12.5. DADOS RECOLHIDOS NOS TRABALHOS DE CAMPO

12.5.1. PONTOS DE MONITORIZAÇÃO

Os pontos de água monitorizados neste trabalho coincidiram com as captações utilizadas para consumo humano no concelho de Angra do Heroísmo, que correspondem a seis nascentes e sete furos ou poços (Quadros 13 e 14 e Figura 58).

Quadro 13 – Grupo de Nascentes.

Grupo de Nascentes	Acrónimo	Localização	Tipo aquífero
Cabrito	CAB	Cabrito, Porto Judeu	Suspenso
Nasce - Água	NAG	Nasce -Água, Porto Judeu	Suspenso
Fonte da Telha	FTH	Posto Santo	Suspenso
Serreta	SER	Serreta	Suspenso
Raminho	RAM	Raminho	Suspenso
Altares	ALT	Altares	Suspenso

Todas as nascentes monitorizadas constituem pontos de descarga de aquíferos suspensos relativamente bem individualizados.

Os furos FAT, FAC, FST, FCM, localizados no interior da depressão dos Cinco Picos, captam massas de água suspensas (Quadros 12 e 13), os furos FVB, FTC, FAR e FSM captam zonas da franja costeira do aquífero basal (Figura 58).

Quadro 14 – Grupo de Furos.

Furo	Acrónimo	Localização	Tipo aquífero
Vinha Brava	FVB	Vinha Brava, S. Bento	Base
Farroco	FAR	Posto Santo	Base
Terra-Chã	FTC	Terra-Chã	Base
S. Mateus	FSM	Cda. Cap-Mor, S. Mateus	Base
Santana	FST	Porto Judeu	Suspenso
Cda. Mato	FCM	Cda. Mato, S. Sebastião	Suspenso
Achada	FAC	Achada, Porto Judeu	Suspenso
Aterro	FAT	Aterro Municipal	Suspenso

O furo do Aterro – FAT, localizado nas imediações do aterro sanitário, também avaliado neste trabalho, é apenas utilizado para monitorizar a qualidade das águas subterrâneas que ocorrem nas imediações desta estrutura de deposição de resíduos. A sua inclusão neste trabalho prendeu-se com o facto deste ponto se localizar a meia distância entre a captação FAC e o aterro sanitário, podendo funcionar como um ponto prévio de controlo das águas subterrâneas deste sector da ilha.



Figura 58 – Captações em exploração no concelho de Angra do Heroísmo. Fonte: (SMAH).

12.6. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS ANALISADOS

Os parâmetros físico-químicos sujeitos a análise neste trabalho foram a temperatura, o pH e a condutividade eléctrica, cloretos e nitratos. Para além destes dados também foram analisados os caudais das nascentes e dos furos.

Os dados reportam o período de monitorização que decorreu entre Abril de 2011 e Janeiro de 2012 e os elementos fornecidos pelos SMAH que reportam monitorizações efetuadas entre Abril de 2007 e Dezembro de 2011. (Quadro 15).

Quadro 15 - Período de monitorização.

2007		2008		2009		2010				2011						2012		
Abr	Set	Mai	Nov	Mai	Set	Jan	Abr	Jul	Out	Jan	Abr	Jul	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev

12.7. EQUIPAMENTO UTILIZADO

Para efetuar as medições *in situ* correspondentes à verificação dos valores da temperatura, do pH e da condutividade foram utilizados respetivamente um potenciómetro (registo em unidades de pH) e um condutivímetro (registo em $\mu\text{S}/\text{cm}$) portáteis WTW Multi 197i que registaram igualmente os valores da temperatura em décimas de graus Celsius. (Figura 59).



Figura 59 – Aparelho utilizado nos trabalhos de campo.

13. AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

13.1. TEMPERATURA

13.1.1. DADOS DE REFERÊNCIA

A temperatura de uma água pode ser definida como o seu potencial calorífico tendo como referência a sua origem, sendo por norma a escala normalmente utilizada na medição deste parâmetro em graus centígrados ($^{\circ}\text{C}$).

Este parâmetro tem especial importância, uma vez que interfere na velocidade das reações químicas que se processam entre massa líquida e o meio rochoso circundante, determina o desenvolvimento de microrganismos e pode intensificar a intensidade do cheiro e sabor (Borges, 2002).

De acordo com Rodrigues *et al.* (1993) e Rodrigues (2002), este facto está associado às propriedades isolantes do meio rochoso do terreno onde se localiza o aquífero, que dificultam o contacto com as variações da temperatura do ar.

De um modo geral, as águas subterrâneas apresentam uma amplitude térmica baixa com a exceção das águas captadas em aquíferos suspensos pouco profundos (Rodrigues, 2002). Por seu lado as águas superficiais caracterizam-se por apresentarem temperaturas próximas das do ar, apresentando um grau de variabilidade elevado.

De acordo com Custodio & Llamas (1983) a amplitude térmica de uma água subterrânea corresponde à média anual das temperaturas atmosféricas do local aonde está situada a captação, que pode ser incrementada pelo gradiente geotérmico do local.

No âmbito do controlo analítico da qualidade da água para consumo humano no concelho de Angra do Heroísmo, Lobo (1993) refere valores de temperatura para as nascentes do Cabrito, Nasce Água e Fonte da Telha. Estas oscilam entre 12°C e 16°C apresentando a nascente do Cabrito os valores mais baixos, inferiores a 13°C .

Rodrigues (2002) refere que as águas das nascentes dos aquíferos suspensos rondam em média uma temperatura dos 15°C enquanto que para os aquíferos de base a temperatura em média é de 18°C . Ainda de acordo com este autor existe uma relação direta entre este parâmetro e a altitude da captação, correspondendo as temperaturas mais baixas aos mananciais localizados nos pontos mais altos.

Cruz (2004), tendo em conta a classificação de Schoeller (*in* Custodio & Llamas, 1976), considera que na ilha Terceira as temperaturas das águas subterrâneas provenientes de nascentes correspondem a *águas frias* e *ortotermais*, apresentando uma mediana igual a

14°C e oscilando entre um mínimo de 11°C e um máximo de 17°C. Ainda de acordo com este autor, a temperatura da água proveniente dos furos, ronda em média os 18°C, com um valor mínimo de 14,5°C e um máximo de 22,5°C, evidenciando a influência de gradientes geotérmicos elevados.

Melo (2005) com base nos dados de Rodrigues (2002) refere valores de temperatura médios entre 18,2°C e 18,3 °C para águas provenientes do aquífero de base e entre 15,2 °C e 15,4 °C para águas associadas a aquíferos suspensos.

De acordo com Anexo VI do DL 236/98 de 1 de Agosto – VMR e VMA e Anexo I do DL 243/2001 de 5 de Setembro, o valor máximo recomendado para a temperatura das águas subterrâneas captadas para abastecimento público é de 22°C enquanto que o valor máximo admissível é de 25°C.

No Quadro 16 são apresentadas temperaturas da água de algumas captações do concelho de Angra do Heroísmo, retiradas de Melo (2005).

Como se pode observar, os valores são muito diversos, variando entre 13°C e os 27 °C.

Quadro 16 – Valores de temperatura de algumas das captações de água utilizadas para abastecimento humano no concelho de Angra do Heroísmo. Retirado de Melo (2005).

	02-Abr-02	16-Jul-02	21-Mai-03	Média
CAB	13,0	13,5	14,0	13,5
NAG	15,0	15,0	16,0	15,3
FTH	15,0	15,5	16,0	15,5
VIB	17,5	19,0	19,0	18,5
TCH	27,0	25,5	26,6	26,4
FAR	27,0	26,5	27,3	26,9

A temperatura da água proveniente dos furos apresenta valores claramente mais elevados, oscilando entre 17,5°C e 27 °C, enquanto que a das nascentes varia entre 13°C e 16°C.

13.1.2. RESULTADOS OBTIDOS

As temperaturas medidas *in situ* nos pontos monitorizados oscilam entre 13,6°C (CAB) e 27,4 °C (FAR), correspondendo os registos mais elevados a três furos: FVB, FTC e FAR. A média dos registos foi de 17,8 °C com um desvio padrão de 3,15 °C e uma mediana de 17,4°C.

Ao nível das nascentes a temperatura média obtida foi 16,8°C, com um desvio padrão de 1,85°C, e a mediana foi de 16,5°C. Os valores obtidos para os furos foram de 19°C de média, com um desvio padrão de 3,14 °C e uma mediana de 18°C.

A diferença de valores médios de temperatura entre a água proveniente das nascentes e furos está associada à influência dos gradientes geotérmicos.

Na figura 60 mostram-se as temperaturas observadas nos pontos monitorizados. Da sua análise ressalta o seguinte:

- Os furos FVB, FTC e FAR, que intercetam massas de água basais, são as captações que apresentam temperaturas mais elevadas. Tal facto deve-se, muito provavelmente, à influência do gradiente geotérmico do terreno;
- Os furos FCM, FST, FAC e FAT, que intercetam massas de água subterrânea suspensas localizadas na depressão dos Cinco Picos, apresentam temperaturas próximas das verificadas nas nascentes monitorizadas.
- Os furos FAC e FAT, dispostos a curta distância um do outro, apresentam temperaturas em torno dos 15°C e uma variabilidade baixa. Estes valores parecem indicar que as respetivas águas têm uma origem comum, provavelmente associadas ao mesmo aquífero;
- O furo FSM, não obstante intercetar uma massa de água subterrânea localizada abaixo do nível médio da água do mar, apresenta alguns valores de temperatura baixos quando comparado com os furos FVB, FAR e FTC. Este facto indicia influências geotérmicas pouco significativas e a presença de águas subterrâneas infiltradas em zonas altas do interior da ilha, onde as temperaturas médias do ar são mais baixas;
- Com exceção dos furos FAT e FAC, todas as captações apresentam uma variabilidade de valores elevada.

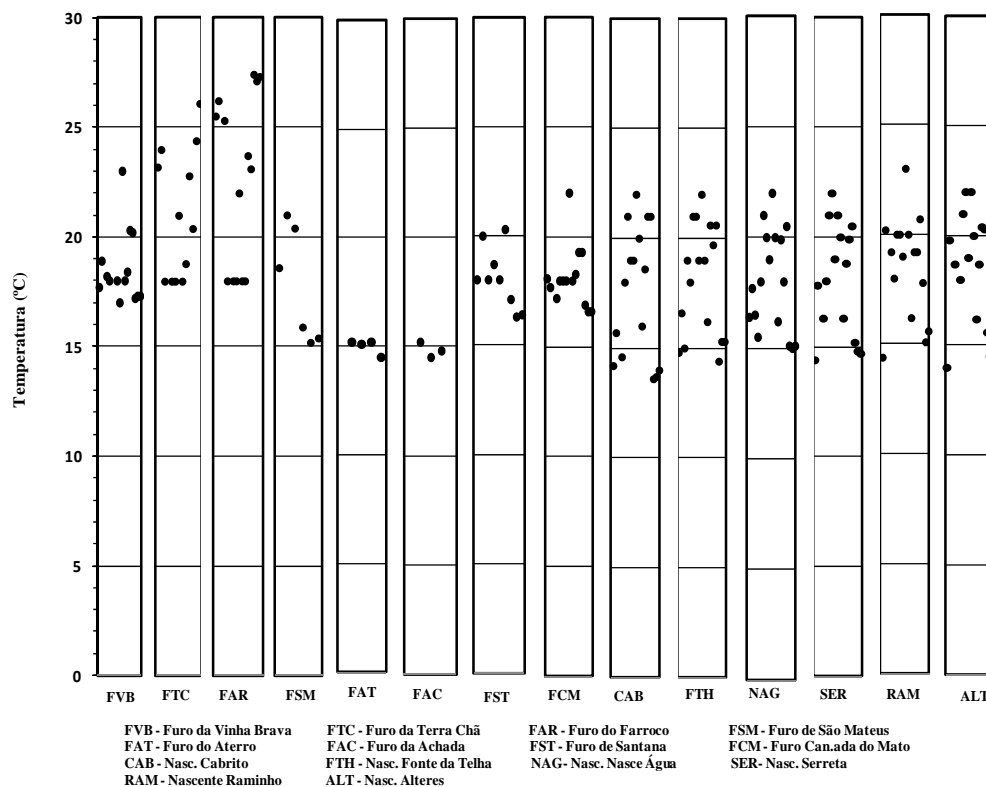


Figura 60 – Valores da Temperatura registados nos pontos monitorizados.

A variação da temperatura ao longo do tempo tem um comportamento diversificado nos pontos considerados. De um modo geral, nas nascentes e furos associadas a aquíferos suspensos, verificam-se temperaturas mais baixas nos meses de inverno e mais elevadas nos de verão, refletindo uma clara influência da temperatura do ar

Nos furos de captação que intercetam o aquífero de base as variações exibem um padrão semelhante, provavelmente associado à influência da temperatura da água do mar no corpo hídrico basal.

13.2. pH

13.2.1. DADOS DE REFERÊNCIA

O pH ou potencial de hidrogénio iónico, é um índice que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio.

A acidez de uma água é determinada pelo balanço dos iões H^+ e hidróxido OH^- . Numa água pura os iões H^+ estão em equilíbrio com os OH^- e o pH é neutro, ou seja, apresenta um valor igual a 7. Uma água com um pH inferior a 7 é ácida e superior a este valor é alcalina.

A escala utilizada na determinação deste parâmetro é a de Sorensen.

Nas águas subterrâneas o valor do pH varia entre 6,5 e 8 e, mais raramente, entre 5,5 e 8,5, podendo em casos excepcionais variar entre os 3 e 11 (Custódio & Lamas, 1983).

O pH é muito influenciado pela decomposição de matéria orgânica, sendo mais elevado onde esta é significativa.

No âmbito do controlo analítico da qualidade da água para consumo humano no concelho de Angra do Heroísmo, Lobo (1993) reporta valores de pH para as nascentes do Cabrito, Nasce Água e Fonte da Telha que oscilam entre 6,7 e 7,3.

Cruz (2004) refere que as águas da ilha Terceira são ligeiramente ácidas a alcalinas, com valores que oscilam entre os 6,0 e os 8,6, apresentando um valor médio da ordem dos 7,1.

Melo (2005), com base nos dados de Rodrigues (2002), determina valores médios de pH para as águas subterrâneas terceirenses provenientes do aquífero de base da ordem dos 7,3 e de 7,1 para os aquíferos suspensos.

De acordo com Anexo VI do DL 236/98 de 1 de Agosto – VMR e VMA e Anexo I do DL 243/2001 de 5 de Setembro, o valor máximo recomendado para o pH das águas subterrâneas captadas para abastecimento público esta enquadrado numa escala de valores compreendida entre 6,5 – 8,5 enquanto que o VMA é de 9,5 na escala de Sorensen.

No Quadro 17 são apresentados valores de pH da água proveniente de captações do concelho de Angra do Heroísmo, retiradas de Melo (2005). Como se pode observar, os valores são muito diversos, variando entre 6,6 e 8,9. A água proveniente dos furos tende a apresentar valores ligeiramente mais elevados.

Quadro 17 - Valores de pH da água proveniente das principais captações do concelho de Angra do Heroísmo. Retirado de Melo (2005).

	02-Abr-02	16-Jul-02	21-Mai-03	Média
CAB	7,73	7,45	7,37	7,5
NAG	7,76	7,55	6,91	7,4
FTH	6,94	7,11	6,56	6,9
VIB	8,41	8,15	8,62	8,4
TCH	7,72	7,72	6,93	7,5
FAR	8,92	8,82	7,32	8,35

13.2.2. RESULTADOS OBTIDOS

O valor do pH da água subterrânea proveniente das captações no concelho de Angra do Heroísmo oscilou entre um valor mínimo de 6,1 (ALT) e um valor máximo de 8,6 (FVB). Em termos médios os valores centram-se em torno de 7,1, com um desvio padrão de 0,76, evidenciando a natureza meteórica das recargas.

Na figura 61 mostra-se a variação deste parâmetro em cada um dos pontos monitorizados. Da sua análise, salienta-se o seguinte:

- Os valores mais baixos deste parâmetro, sempre inferiores a 7,0 verificam-se nas captações ALT evidenciando provavelmente fenómenos de decomposição de matéria orgânica na zona de recarga do sistema aquífero;
- No furo FSM os valores monitorizados também são inferiores a 7;
- Os valores mais elevados ocorrem no furo FVB, onde este parâmetro é frequentemente superior a 8. Este facto pode estar associado a fenómenos de intrusão salina, frequentes nesta captação após períodos de exploração superiores a 1 mês;
- Os furos FAT, FAR e FST apresentam valores de pH sempre superiores a 7.
- Nas captações FTC, FST, FCM, CAB, FTH, NAG, SER e RAM os valores deste parâmetro na água oscilam em torno de 7.

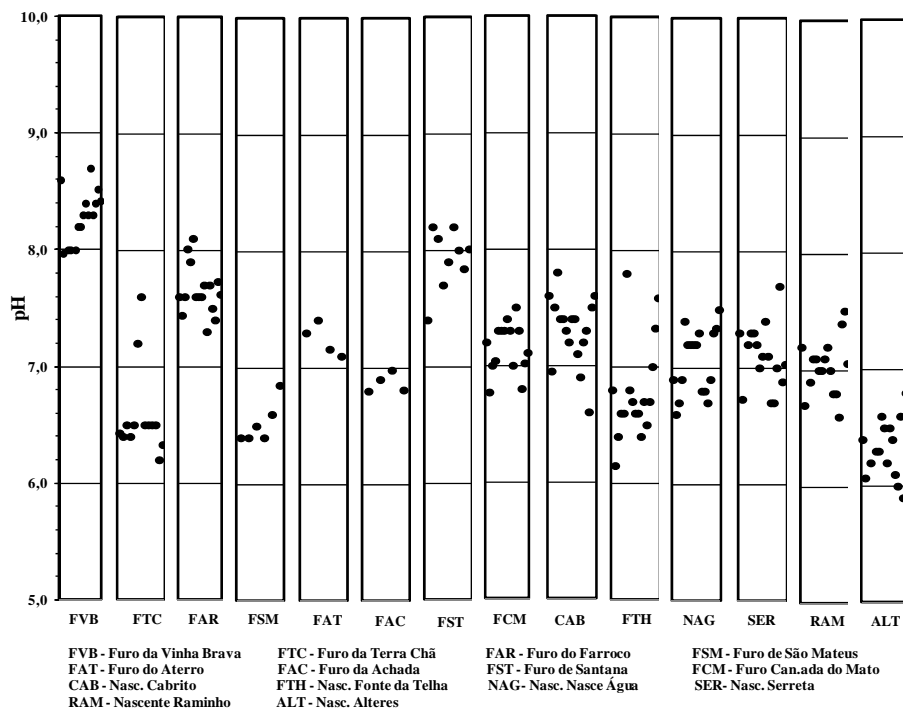


Figura 61 – Valores do pH registados nos pontos monitorizados.

Todos os valores monitorizados estão em sintonia com os recomendados pelo Dec. - Lei 236/98 de 1 de Agosto relativamente aos parâmetros de qualidade de águas subterrâneas (VMR-6.5/8.5 e VMA – 9.5), bem como com a média dos valores apresentados por Cruz (2004) relativamente às nascentes da ilha Terceira.

13.3. CONDUTIVIDADE

13.3.1. DADOS DE REFERÊNCIA

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui para conduzir eletricidade, associada à presença de iões. Esta capacidade é expressa por unidade de superfície dividida pela diferença do potencial por unidade de comprimento.

A condutividade elétrica expressa-se em $\mu\text{S}/\text{cm}$ e, naturalmente, aumenta com o teor de sais dissolvidos na água.

De acordo com Custodio & Llamas (1983) a água do mar apresenta em média uma condutividade da ordem dos 45 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a uma temperatura de 18°C, podendo contudo ser mais baixa em zonas de mistura com água doce.

No âmbito do controlo analítico da qualidade da água para consumo humano no concelho de Angra do Heroísmo, Lobo (1993) aponta valores de condutividade elétrica baixos para as nascentes CAB, NAG e FTH, que oscilam entre 90 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 139 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A nascente CAB, localizada a maior altitude e drenando o aquífero do Cabrito, apresenta os valores mais baixos. Para Cruz (2004) a condutividade das águas subterrâneas da ilha Terceira oscila entre os 55 a 1371 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Em termos gerais verificam-se nas nascentes valores entre os 36 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e os 72 $\mu\text{S}/\text{cm}$ com uma média de 154 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Melo (2005) utilizando dados de Rodrigues (2002), refere para as águas subterrâneas basais da ilha Terceira apresentam condutividades médias da ordem dos 2415,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Fevereiro de 1994) e de 2539,6 (Setembro de 1994). Para a água associada a aquíferos suspensos, este autor indica valores da ordem dos 135 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Fevereiro de 1994 e Setembro de 1994).

De acordo com Anexo VI do DL 236/98 de 1 de Agosto – VMR e VMA e Anexo I do DL 243/2001 de 5 de Setembro, o valor máximo recomendado para a condutividade elétrica das águas subterrâneas captadas para abastecimento público é de 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ enquanto que o valor paramétrico é de 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

No Quadro 18 são apresentadas condutividades da água proveniente de captações do concelho de Angra do Heroísmo retiradas de Melo (2005). Como se pode observar, os valores são muito diversos, variando entre 125 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 1228 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A condutividade da

água proveniente dos furos apresenta valores claramente mais elevados, oscilando entre 287 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 1228 $\mu\text{S}/\text{cm}$ enquanto que a de nascentes varia entre 125 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 155,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Quadro 18 – Valores de condutividade elétrica de algumas das captações de água utilizadas para abastecimento humano no concelho de Angra do Heroísmo. Retirado de Melo (2005).

	02-Abr-02	16-Jul-02	21-Mai-03	Média
CAB	132,4	137,9	125	131,8
NAG	155,8	154	154	154,6
FTH	139,1	142,1	136	139,1
VIB	287	385	323	331,7
TCH	650	665	608	641
FAR	1228	1126	1119	1157,7

Da água proveniente das nascentes, a do CAB é a que apresenta valores mais baixos enquanto que na da Nasce Água estes são mais altos.

De todos os furos de captação de água que intercetam o aquífero basal na ilha Terceira, o ponto de captação FAR é o que apresenta água com condutividades mais altas, as quais, após períodos de exploração relativamente curtos, ultrapassam com frequência os 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Melo, 2005).

13.3.2. RESULTADOS OBTIDOS

O valor de condutividade mais baixo registado nas captações monitorizadas foi de 66,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ALT) e um máximo de 1207,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (FAR). O valor médio foi de 276,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com um desvio padrão de 265,64 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Os valores deste parâmetro para água proveniente de aquíferos suspensos, oscilaram entre 66,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ALT) e 207 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (FCM), apresentando um valor médio de 156 $\mu\text{S}/\text{cm}$ com um desvio padrão de 67,37 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este valor médio enquadra-se nos resultados obtidos em anteriores monitorizações, nomeadamente nas efetuadas por Melo (2005) Rodrigues (2002) e Cruz (2004).

A água dos furos que intercetam o aquífero basal tem uma condutividade média de 675,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ com um máximo de 1207 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (FAR), um mínimo de 178 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (FTC) e um desvio padrão de 326,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Na figura 62 apresentam-se as condutividades registadas em todos os pontos monitorizados. Da sua análise evidencia-se o seguinte:

- As captações correspondentes aos pontos de água FVB, FTC e FAR, são as que apresentam água com uma condutividade maior. Este facto está associado a fenómenos de intrusão salina e dependentes do tempo de exploração uma vez que estas captações intercetam o aquífero de base;
- O furo FAR é o que apresenta condutividades mais elevadas, superiores a 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- As nascentes CAB, FTH, NAG, FTH, SER, RAM e ALT e os furos FAT, FAC, FST e FCM apresentam condutividades inferiores a 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, evidenciando a presença de águas pouco mineralizadas;
- A água do furo FSM apresenta alguns valores de condutividade ligeiramente superiores a 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sendo contudo mais baixos nos outros furos que captam o aquífero de base. Este facto indicia a presença de água basal pouco mineralizada

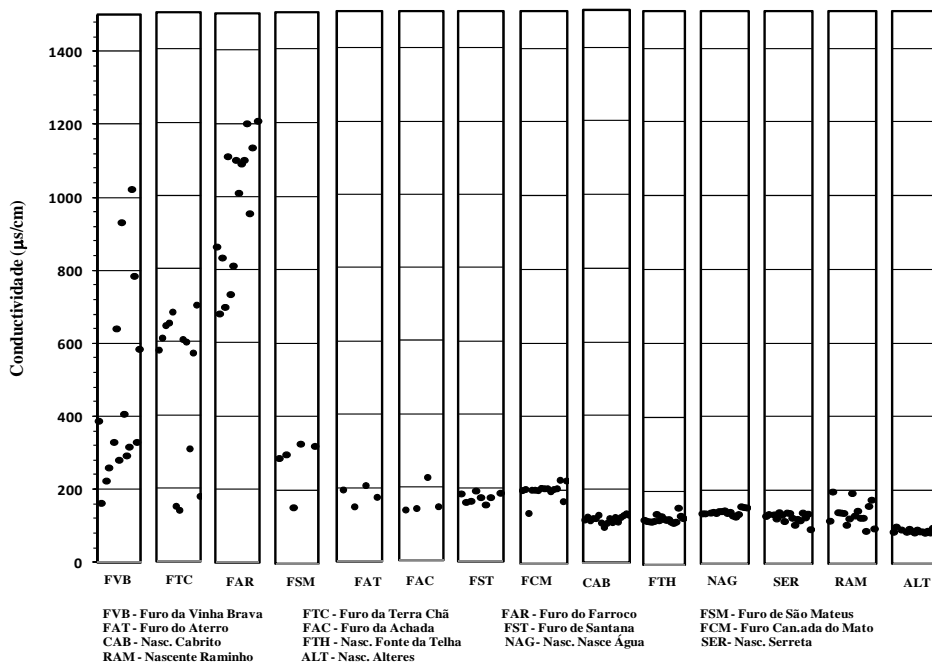


Figura 62 – Valores da Condutividade registados nos pontos monitorizados.

Todos os pontos monitorizados apresentam valores enquadrados com o legalmente estabelecido, (1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). para o Valor Máximo Recomendado conforme determina o Dec. Lei 236/98 de 1 de Agosto – VMR e VMA e Anexo I do Dec – Lei 243/2001 de 5 de Setembro.

14. AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E CAUDAIS DAS NASCENTES

14.1. NASCENTES DO CABRITO - CAB

O ponto principal de captação das nascentes do Cabrito (Furna de Água), localizada no lugar do Cabrito, engloba água das nascentes da Furna de Água, Cabrito 1, e Cabrito 3, constituindo de acordo com Rodrigues (2002) pontos de descarga do aquífero suspenso do Cabrito. São todas captadas pelos SMAH, sendo a sua água utilizada para abastecimento domiciliário.

Segundo Novo *et al* (1998) os caudais das nascentes do Cabrito oscilaram entre 3 200m³/dia no período do estio e 22 000m³/dia no período de Inverno.

Na nascente da Furna de Agua verificou-se uma variação entre 6 280m³/d no início do mês de Dezembro e de 920m³/d no final do período de estiagem. Ainda segundo os mesmos autores, o caudal anual das nascentes do Cabrito é de 7,7x10⁶ m³ verificando-se uma drenância descendente pela base do aquífero num valor de 5x10⁶ m³/ano.

COBA/ Geoterceira, (2002), citando (DRENA/SM Angra do Heroísmo, 1984) refere que o caudal anual das nascentes do Cabrito e Furna de Água no seu conjunto em 1945/46, foi de 6,145x10⁶ m³

COBA/Geoterceira (2003), registou um caudal médio anual de 3 600 m³/d, para as nascentes da Furna do Cabrito e um volume de 4 500 m³/d para o caudal da nascente da Furna de Agua.

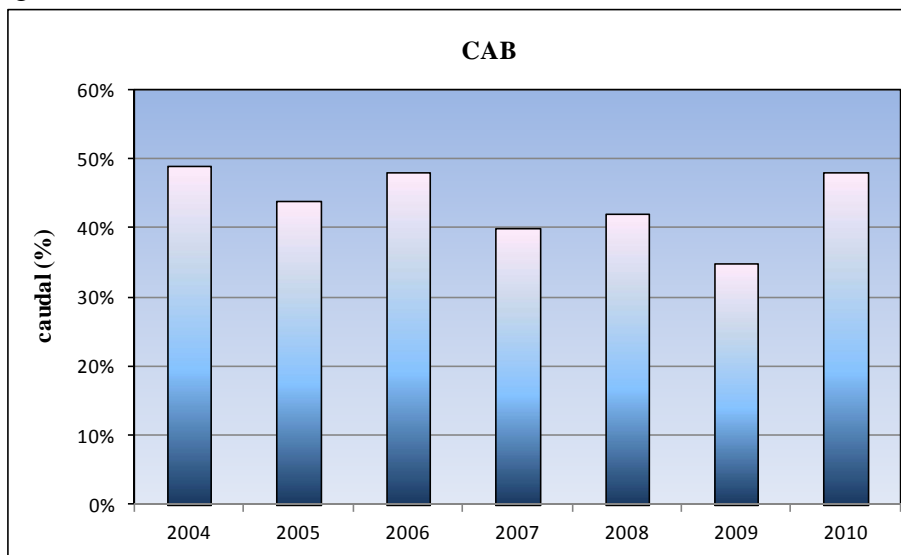


Figura 63 – Caudais provenientes das nascentes do Cabrito utilizados para abastecimento domiciliário no concelho da Angra do Heroísmo entre 2004 e 2010. Fonte: SMAH.

O caudal das nascentes do Cabrito representou em média 42% da água utilizada para abastecimento domiciliário no concelho de Angra do Heroísmo no período de 2004 a 2010, tendo contribuído com 49% em 2004 e 35% em 2009 (Figura 63).

A temperatura média da água monitorizada neste ponto de captação foi de 15,9 °C com um mínimo de 13,6°C (Outubro de 2011), e um máximo de 18,8°C (Julho de 2011). O espectro de variação deste parâmetro foi elevado, da ordem dos 5,2 °C, facto que está provavelmente associado à pequena profundidade do sistema aquífero, o que torna a água mais suscetível de ser influenciada pelas variações que ocorrem na temperatura do ar.

Ao longo do período do tempo correspondente dos dados monitorizados as temperaturas da água mais baixas ocorreram nos meses mais frios, ou seja entre Novembro e Abril, com um valor médio de 15°C°, oscilando entre 14,2 °C e 16,0°C.

No período mais quente, entre Maio e Outubro, a temperatura média da água foi de 17,4°C, variando entre 16,2 °C e 18,8 °C.

Na Figura 64 mostra-se a variação da temperatura entre Abril de 2007 e Janeiro de 2012 na nascente da Furna de Água. Como pode ser observado há uma clara diferenciação entre os registos do período de verão e do período de inverno, indiciando a influência da temperatura do ar.

Os valores de temperatura registados nesta nascente enquadram-se nos limites especificados para o Valor Máximo Recomendado (VMR/22°C) e para o Valor Máximo Admissível (VMA/25°C) definido pelo anexo VI do Dec.-lei 236/98 de 1 de Agosto – VMR e VMA e anexo I do Dec.-lei 243/2001 de 5 de Setembro/Valor paramétrico e objetivos ambientais de qualidade mínima. Estes valores estão ainda enquadrados nos referidos por Lobo (1993), Rodrigues (2002) e Cruz (2004).

Por outro lado, o valor médio do pH foi de 7,3, com um mínimo de 6,6 (Outubro de 2011) e um máximo de 7,8 (Novembro de 2008) (Figura 64). A amplitude dos registos deste parâmetro foi pequena, oscilando entre 6,6 e 7,6 da escala de Sorensen.

Estes registos são idênticos aos referidos por Lobo (1993), Rodrigues (2002), Cruz (2004) e Melo (2005), enquadrando-se dentro dos valores recomendados pela legislação em vigor, (Anexo VI do Dec.-lei 236/98 de 1 de Agosto e Anexo I do Dec-Lei 243/2001 de 5 de Setembro) que indica um VMR entre 6,5 e 8,5.

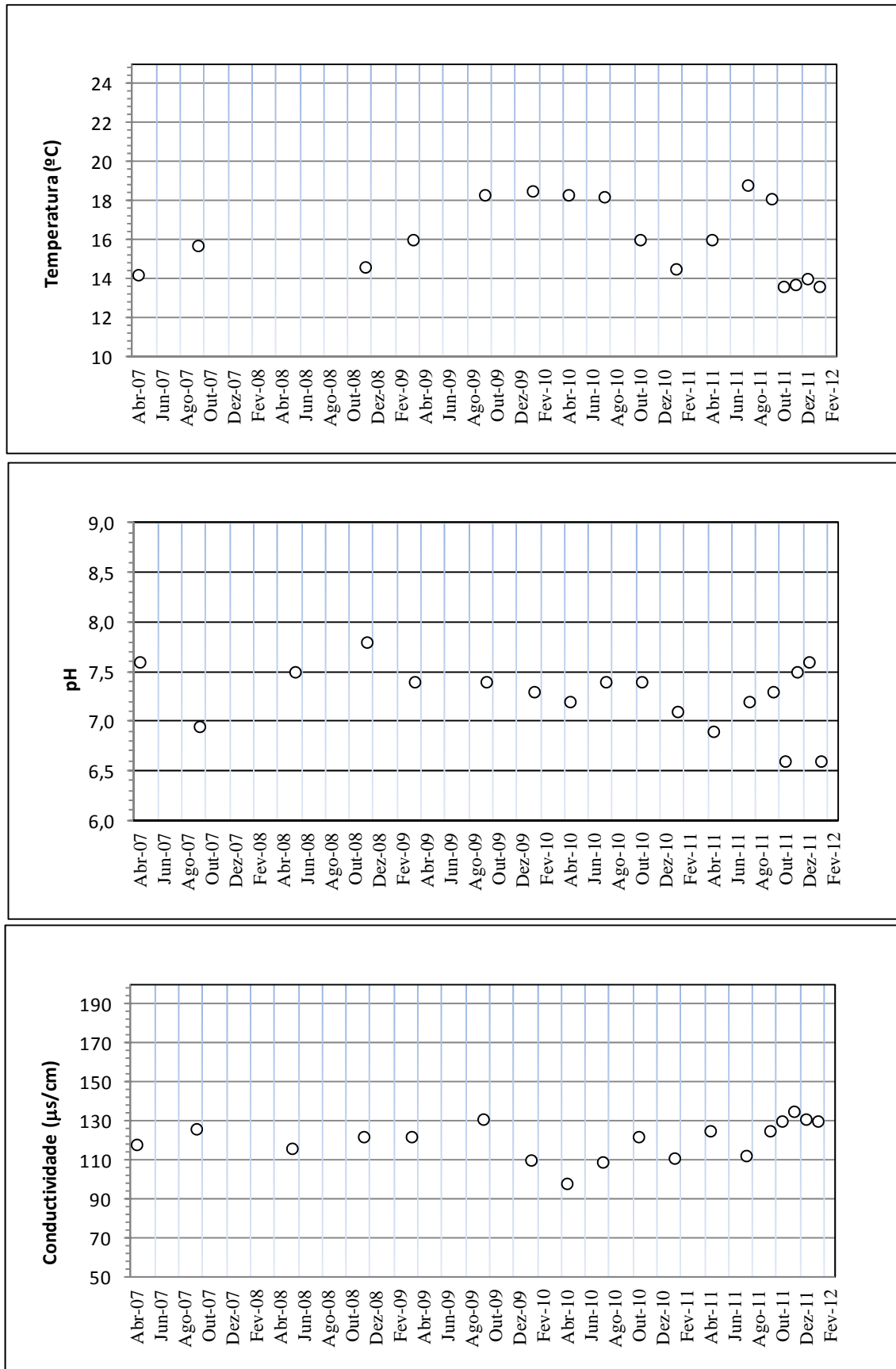


Figura 64 – Variação da temperatura, pH e condutividade da água proveniente da nascente da Furna de Água (Nascentes do Cabrito).

A condutividade elétrica nesta nascente apresenta um registo mínimo de 98,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Abril 2010) e um máximo de 135,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Novembro 2011) e a média obtida 120,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (Figura 64) Este último valor é ligeiramente mais baixo que o valor referido por Cruz, (2004) e Rodrigues, (2002), sendo ligeiramente mais elevado do que o registado por Lobo, (1993).

Os valores registados enquadram-se todos no Valor Máximo Recomendado (VMR) pelo Anexo VI do Dec - Lei 236/98 de 1 de Agosto e Anexo I do Dec. - Lei 243/2001 de 5 de Setembro que aponta para um limite de (1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Na figura 64 mostra-se a variação deste parâmetro durante o período de análise. Como se pode observar a amplitude de variação das condutividades registadas foi de 37 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o que poderá refletir variações associadas à recarga.

14.2. NASCENTES DA NASCE ÁGUA - NAG

A nascente da Nasce-Água engloba água da nascente principal – NAG-1, bem como das nascentes NAG-2 (Carvão), NAG-3 e NAG-4, estando, de acordo com COBA/Geoterceira (2003), aglomeradas no sistema do aquífero Central.

De acordo com COBA/Geoterceira (2003) os caudais médios captados na NAG-1 rondam os 6 800 m^3/d , enquanto que na NAG-2 são de 350 m^3/d , 200 m^3/d na NAG-3) e 130 m^3/d na NAG-4.

A exploração do caudal destas nascentes, no seu conjunto, representou em média 31% da água utilizada para abastecimento domiciliário no concelho de Angra do Heroísmo (2004 – 2010). Durante 2010 os caudais desta nascente representaram 27 % do volume de água utilizado no concelho para este fim enquanto que em 2007 rondaram os 39%. (Figura 65).

O valor médio de temperatura obtido nesta nascente foi de 17°C, apresentando um valor mínimo de 15°C em Janeiro de 2012 e um máximo de 19.6 °C em Setembro de 2009. (Figura 66).

O espectro de variação deste parâmetro foi da ordem dos 4,6 °C o que poderá refletir a presença de um aquífero pouco profundo ou que recebe contributos de zonas pouco profundas (Figura 66).

Ao longo do período correspondente aos dados analisados, as temperaturas da água mais baixas ocorreram nos meses mais frios, ou seja entre Novembro e Abril, com um valor médio de 16.4°C, oscilando entre 15 °C e 18,0°C. O período mais quente corresponde aos meses entre Maio e Outubro, sendo a temperatura média de 17,7°C, variando entre 16,5 °C e 19.6°C.

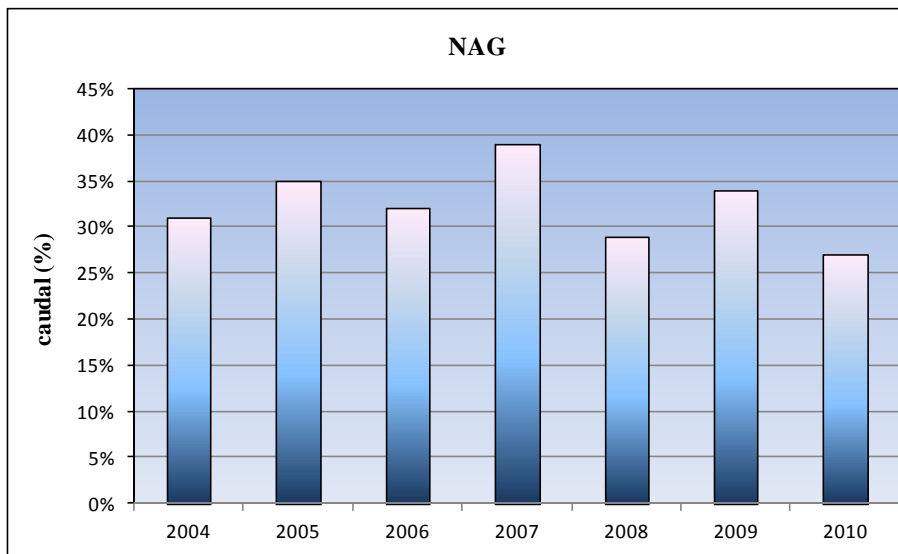


Figura 65 Caudais provenientes das nascentes da Nasce Água utilizados para abastecimento domiciliário no concelho da Angra do Heroísmo entre 2004 e 2010. Fonte: SMAH.

Na Figura 66 mostra-se a variação da temperatura entre Abril de 2007 e Janeiro de 2012. Como pode ser observado há uma clara diferenciação entre os registos de verão e de inverno, indiciando a influência da temperatura do ar.

Todos estes valores enquadram-se dentro dos valores referencia recomendáveis por lei, (Anexo VI do Dec-Lei 236/98 de 1 de Agosto e Anexo I do Dec-Lei 243/2001 de 5 de Setembro (VMR-22°C e VMA-25°C), embora apresentando-se sensivelmente elevados em relação a outros valores referidos na bibliografia.

Os registos de pH, oscilaram entre um valor mínimo de 6,6 em Setembro de 2007 e um valor máximo de 7,5 em Dezembro de 2011, sendo o seu valor médio de 7,1 na escala Sorensen. (Figura 66). O valor médio registado coincide ligeiramente com os valores referidos por Lobo (1993), Cruz (2004), enquadrando-se também nos valores de Rodrigues, (2002), mantendo-se estes registos de monitorização dentro dos valores recomendados pelo Dec-lei 236/98 de 1 de Agosto num intervalo de valores do VMR (6,5 e 8,5).

O valor médio da condutividade registado nesta nascente foi 145.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sendo o seu mínimo de 128,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no mês de Julho 2011 e o valor máximo de 203 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 203, no mês de Maio de 2008 (Figura 66).

O valor médio deste parâmetro foi ligeiramente elevado em relação ao valor apresentado por Lobo (1993) e mais baixo em relação aos valores da campanha da Geotermia apresentados por Melo (2004), bem como com os valores de Cruz (2004).

As condutividades registadas neste ponto estão dentro dos valores recomendados pelo Anexo VI do Dec-Lei 236/98 de 1 de Agosto e Anexo I do Dec-Lei 243/2001 de 5 de Setembro que apresenta um valor limite do VMR de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

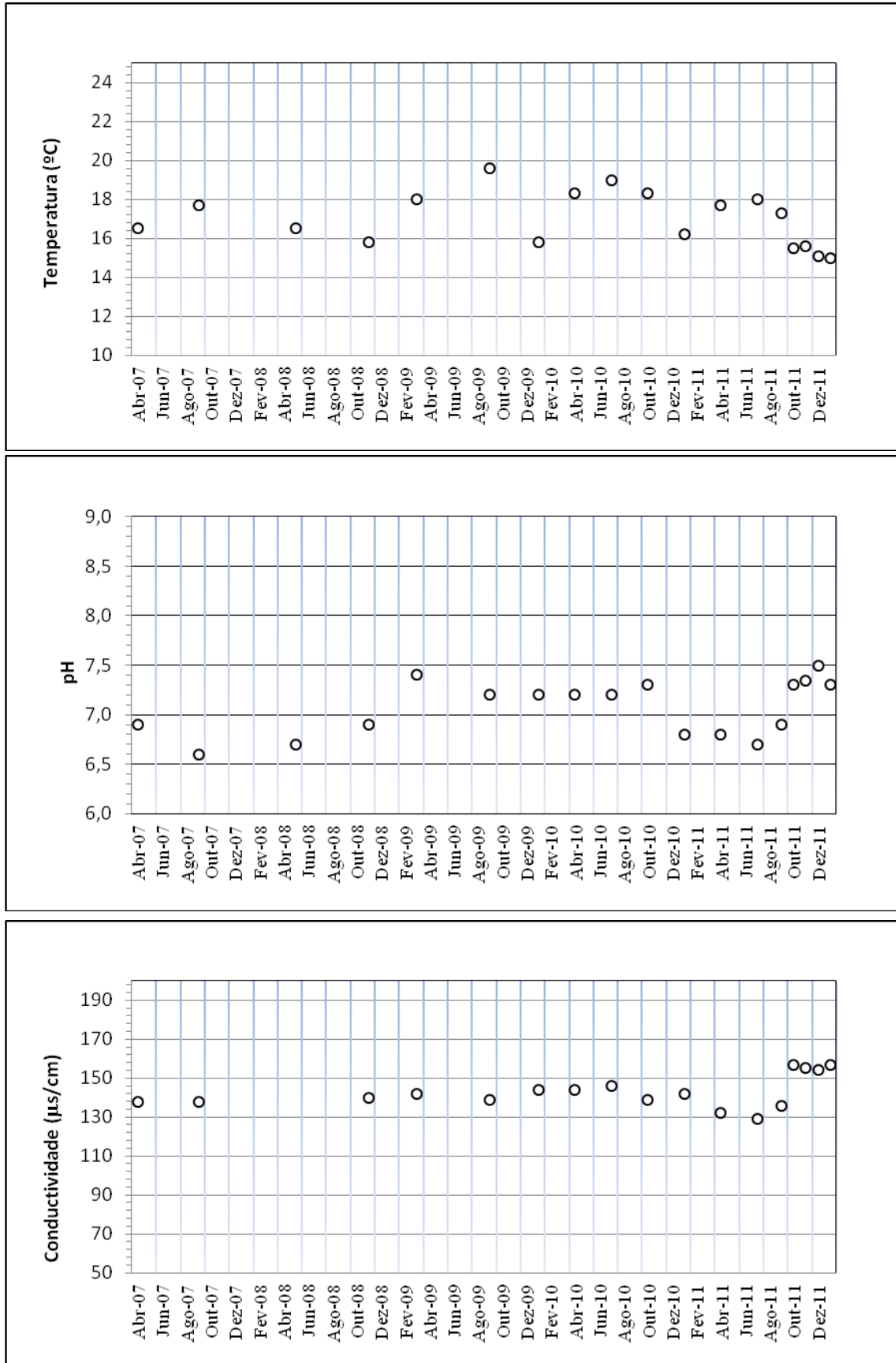


Figura 66 – Variação da temperatura, pH e condutividade da água proveniente das nascentes da Nasce-Agua.

14.3. NASCENTE DA FONTE DA TELHA - FTH

Os caudais desta nascente englobam a água proveniente da nascente principal - Fonte da Telha 1 (FTH1) – e a da nascente da Fonte da Telha 4 (FTH4) (Vimieiro) e da Fonte da Telha 2 (FTH2) (Valadão).

COBA (2003) refere que o caudal médio extraído na FTH 1 registou um volume de 1 800 m³/d, sendo a FTH-4 de 500m³/d e a FTH2 de 650m³/d.

Relativamente ao período de tempo de 2004 a 2010, o caudal destas nascentes, no seu conjunto, representou em média 10% da água utilizada para abastecimento domiciliário no concelho de Angra do Heroísmo tendo contribuído com 8% em 2009 e 18% em 2010. (Figura 67).

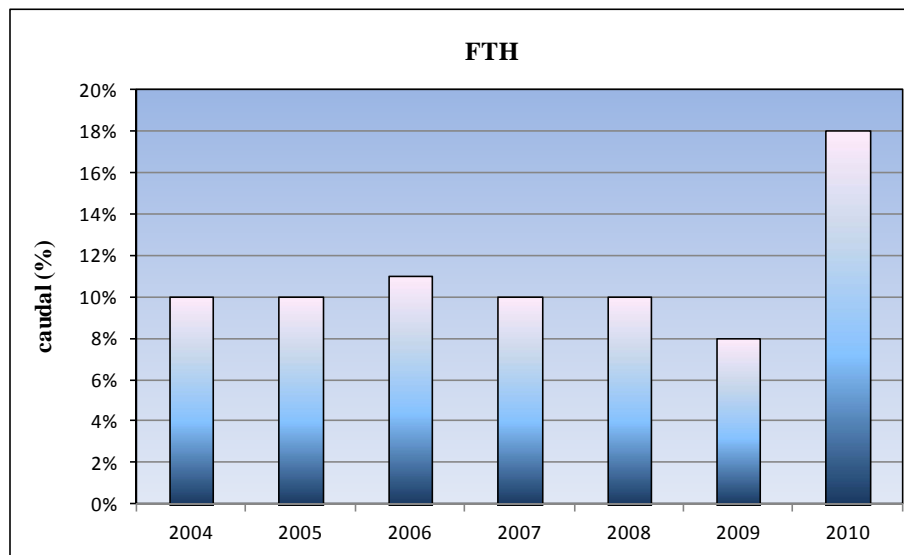


Figura 67 – Caudais provenientes das nascentes da Fonte da Telha utilizados para abastecimento domiciliário no concelho de Angra do Heroísmo entre 2004 e 2010. Fonte: SMAH.

A temperatura média da água no ponto FTH1 ao longo do período de tempo monitorizado foi de 16,6°C, sendo o valor mínimo registado de 14,8°C (Abril, 2007) e o valor máximo de 19,0 em (Outubro, 2010) (Figura 68).

O valor da temperatura média registado na FTH1 foi ligeiramente elevado em relação aos referidos por Cruz (2004) e Rodrigues (2002), enquadrando-se sensivelmente nos valores apresentados por Lobo (1993) e Melo (2005).

A amplitude térmica obtida foi de 4,2°C, indiciando a superficialidade do aquífero. Os valores mínimos ocorreram nos meses de Inverno e os máximos no verão (Figura 68).

Os valores de temperatura monitorizados enquadram-se nos limites legalmente estabelecidos pela lei e de acordo com o anexo VI do Dec - Lei 236/98 de 1 de Agosto e Anexo I do Dec - Lei 243/2001 de 5 de Setembro (VMR de 22°C e VMA de 25°C).

Quanto ao pH, o valor mínimo registado foi de 6,2 (Setembro de 2007) enquanto que o máximo foi de 7,8 (Setembro de 2009), com um valor médio de 6,8.

Nesta nascente os valores monitorizados tendem para a neutralidade, raramente ultrapassando 7. A amplitude deste parâmetro foi pequena, oscilando entre 6,2 e 7,8, com um desvio padrão de 1,3 (Figura 68).

Os valores registados enquadram-se dentro dos valores referidos Lobo (1993) sendo ligeiramente inferiores aos apresentados por Rodrigues (2002) e Cruz (2004). Encontram-se contudo dentro do VMR (6,5 a 8,5).

A condutividade nesta nascente oscilou entre um mínimo de 114,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Julho de 2011) e um máximo de 156,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Outubro de 2011 e Janeiro de 2012), sendo o valor médio de 127,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 68).

O valor médio obtido é ligeiramente mais baixo do que o valor determinado por Rodrigues, (2002), Melo (2004) e Cruz, (2004), enquadrando-se dentro dos valores referidos por Lobo (1993), ajustando-se contudo ao estabelecido pela lei (Anexo VI do Dec-Lei 236/98 de 1 de Agosto e Anexo I do Dec-Lei 243/2001 de 5 de Setembro) no intervalo de valores limite para o VMR (1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

A amplitude de variação deste parâmetro foi baixa relativamente a outros pontos monitorizados da ordem dos 41,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 68). Estas variações estão associadas aos processos de recarga, uma vez que a água das chuvas tem condutividades mais baixas.

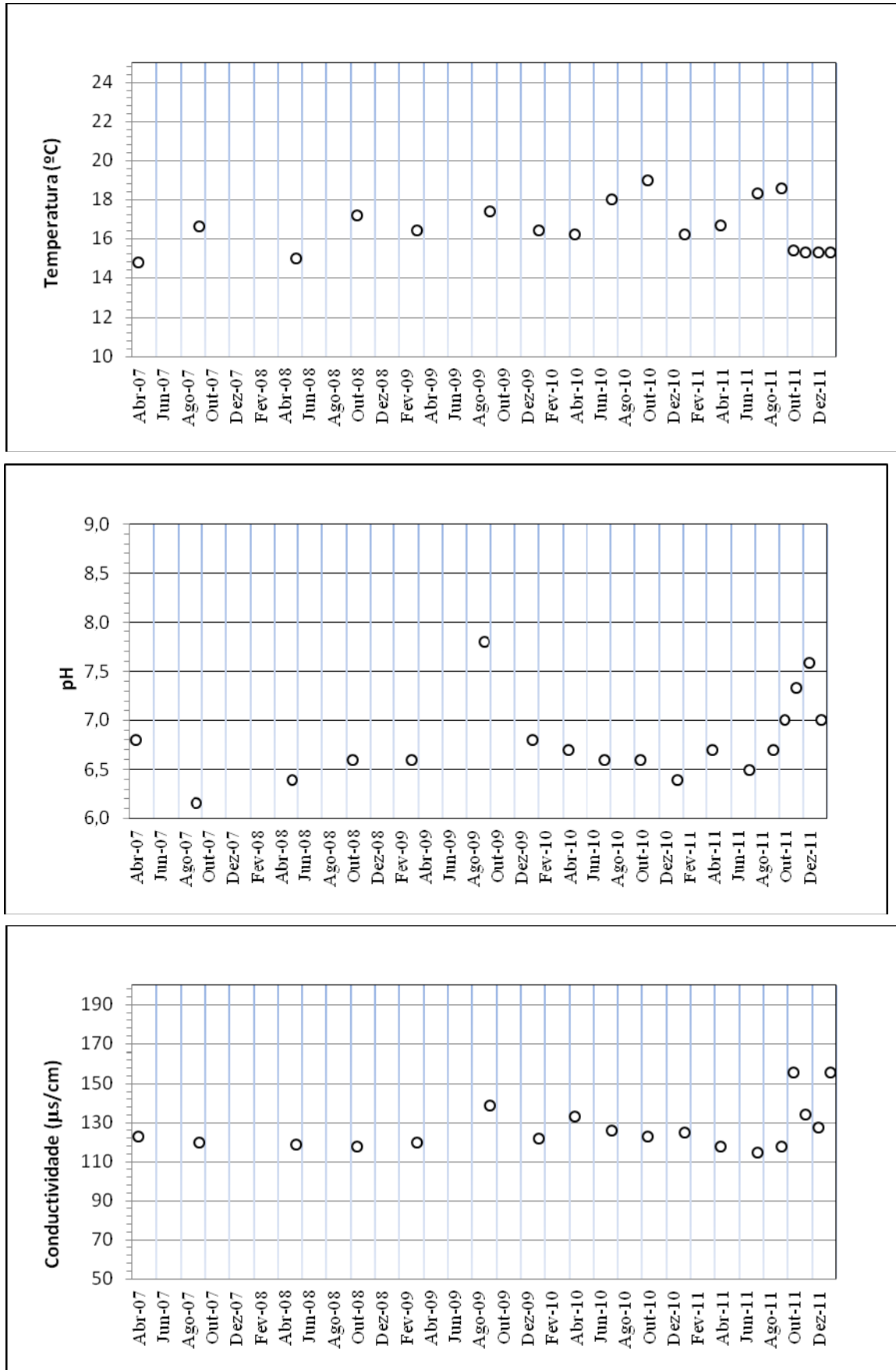


Figura 68 – Variação da Temperatura, pH e condutividade da água proveniente da nascente da Fonte da Telha.

14.4. NASCENTES DOS ALTARES - ALT

As nascentes dos Altares (Cerro, Cafua, Chamuscada de Dentro e Chamuscada de Fora) drenam o Sistema de Aquífero de Santa Barbara Inferior.

De acordo com COBA/Geoterceira (2003), os caudais médios anuais destas nascentes foram de 160 m³/d para a nascente do Cerro, 80m³/d para a nascente da Chamuscada de Fora, 60m³/d para a nascente da Chamuscada de Dentro e 30m³/d para a nascente da Cafua.

O caudal destes pontos de captação, no seu conjunto, corresponderam em termos médios a 2% da água captada para abastecimento domiciliário ao concelho de Angra do Heroísmo (Figura 69), entre os anos de 2004 a 2010.

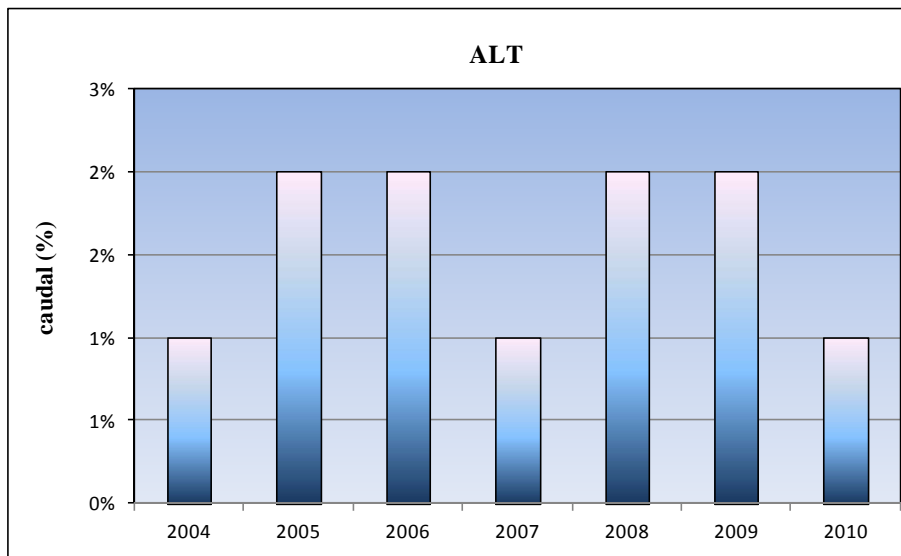


Figura 69 – Caudais provenientes das nascentes dos Altares utilizados para abastecimento domiciliário no concelho da Angra do Heroísmo entre 2004 e 2010. Fonte: SMAH.

A temperatura apresentou um valor mínimo de 14,0°C (Abril de 2007), e um valor máximo de 22,0°C (Julho de 2010), sendo o valor médio 17,3°C (figura 70). Apesar destes valores monitorizados serem relativamente elevados encontram-se dentro do estimado por lei e de acordo com o estipulado no anexo VI do Dec-Lei 236/98 de 1 de Agosto e Anexo I do Dec-Lei 243/2001 de 5 de Setembro.

A amplitude térmica da água neste ponto foi de 8°C, revelando uma forte susceptibilidade às variações da temperatura do ar. As temperaturas da água mais baixas ocorreram entre Novembro e Abril e as mais elevadas no período entre Maio e Outubro (Figura 70).

Os valores de pH registados oscilaram entre um mínimo de 5,9 (Outubro de 2011 e Janeiro de 2012) e um valor máximo de 7,8 (Novembro (2011), apresentando um valor médio de 6,4.

Ao longo do período de monitorização, a maioria dos valores de pH obtidos mantiveram-se abaixo de 7, ou seja, dentro dos valores referenciados por Lobo (1993), Cruz (2004), Melo (2005) e Rodrigues (2002) (Figura 70).

Os valores registados estão todos em consonância com a lei (Anexo VI do Dec - Lei 236/98 de 1 de Agosto e Anexo I do Dec-Lei 243/2001 de 5 de Setembro).

O facto deste ponto de monitorização se localizar numa zona da ilha de grande atividade agro - pecuária, sujeita a fenómenos de decomposição de matéria orgânica na zona de recarga e zonas encharcadas circundantes, pode explicar o valor relativamente baixo deste parâmetro.

A condutividade apresentou um mínimo de 66,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Abril de 2010) e um valor máximo de 102,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Setembro de 2007), sendo o seu valor médio de 90,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Estes valores enquadram-se nos trabalhos referidos por Lobo (1993), Cruz (2004), Rodrigues (2002) e de Melo (2005).

O espectro de variação das condutividades neste ponto foi de 66 $\mu\text{S}/\text{cm}$, refletindo os *input* de água da chuva no aquífero. (Figura 70).

Os valores de condutividade registados neste ponto enquadram-se dentro do limite estabelecido por lei para o valor máximo recomendado (VMR) de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

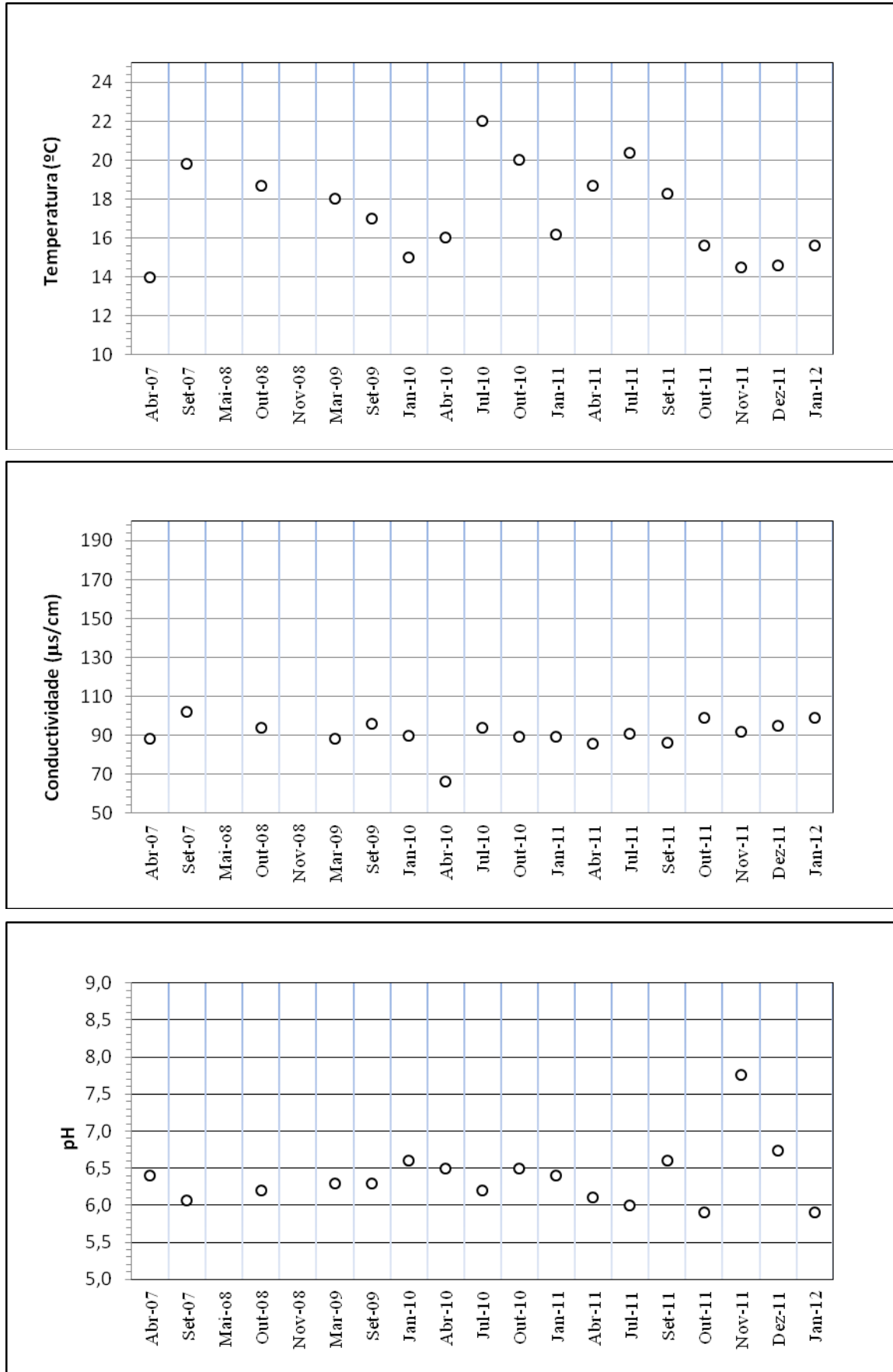


Figura 70 – Variação da Temperatura, pH e condutividade da água proveniente da nascente dos Altares.

14.5. NASCENTES DO RAMINHO - RAM

A nascentes do Raminho captadas para abastecimento público são a nascente do Borges e a do Gil Correia, enquadrando-se no Sistema Aquífero Santa Barbara Inferior.

COBA/ Geoterceira (2003), refere que a nascente do Borges tem um caudal médio anual de 40 m³/d e a nascente de Gil Correia um caudal de 20m³/d.

O caudal destas nascentes, no seu conjunto, representou em média 1% da água utilizada para abastecimento domiciliário no concelho de Angra do Heroísmo, (2004 – 2010), tendo excepcionalmente contribuído com 2% em 2009. (Figura 71).

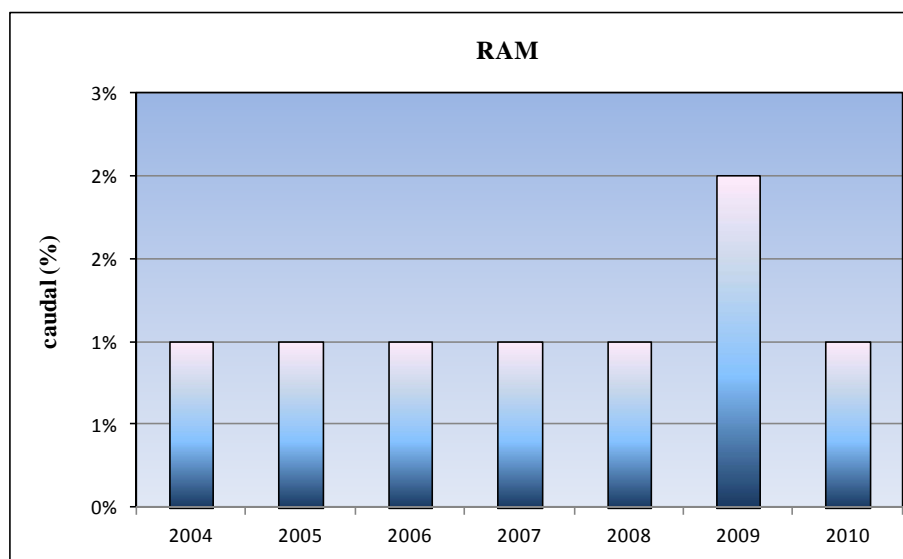


Figura 71 – Caudais provenientes das nascentes dos Raminho utilizados para abastecimento domiciliário no concelho da Angra do Heroísmo entre 2004 e 2010. Fonte: SMAH.

As temperaturas registadas neste ponto tiveram um mínimo de 14,4°C (Abril 2007) e um máximo de 19,2°C (Setembro de 2009). O valor médio determinado foi de 17,1°C.

O espectro de variação deste parâmetro foi da ordem dos 4,8 °C (Figura 72).

Os valores de temperatura registados nesta nascente enquadram-se nos limites especificados para o VMR (22°C) e para o VMA (25°C) definido pelo Anexo VI do Dec-lei 236/98 de 1 de Agosto – VMR e VMA e anexo I do Dec - Lei 243/2001 de 5 de Setembro/Valor paramétrico e objetivos ambientais de qualidade mínima.

Relativamente ao pH, o valor mínimo monitorizado foi de 6,6 (Setembro 2011) e um valor máximo de 7,5 (Março de 2009, Julho, 2010 e Novembro de 2011), apresentando um valor médio de 7,1 (Figura 72).

Estes valores coincidem sensivelmente com os apresentados por Cruz (2004) e Rodrigues (2002), enquadrando-se dentro dos valores recomendados por lei (Anexo VI do Dec - Lei 236/98 de 1 de Agosto e Anexo I do Dec - Lei 243/2001 de 5 de Setembro) onde é estipulado um VMR entre 6,5 a 8,5.

A condutividade desta nascente oscilou entre um valor mínimo de 90,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Setembro de 2011), e um valor máximo de 197,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no mês de Setembro de 2007. O valor médio registado foi de 138,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 72).

O valor médio monitorizado é inferior ao valor dos trabalhos de Cruz, (2004) e relativamente superior aos valores apresentado por Rodrigues (2002), estando contudo enquadrados nos limites legalmente estabelecidos (VMR de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

O espectro de variação das condutividades obtidas foi de 106,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

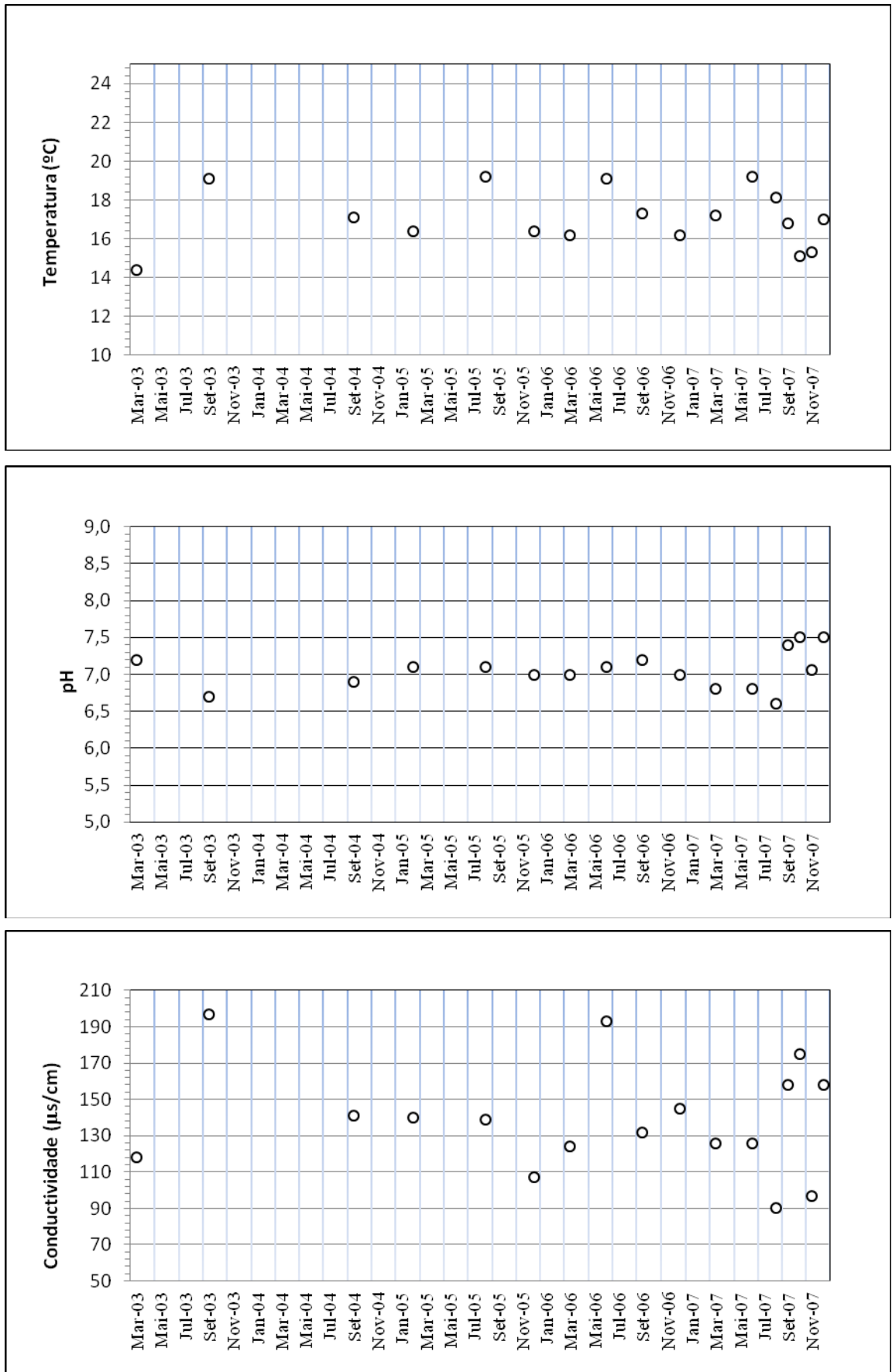


Figura 72 – Variação da Temperatura, pH e condutividade da água proveniente da nascente do Raminho.

14.6. NASCENTES DA SERRETA - SER

As nascentes da Serreta captadas para abastecimento público englobam as nascentes da Igreja, Telha, Negrão de Baixo, Negrão de Cima e Cantaria, constituindo pontos de descarga do aquífero suspenso de Santa Barbara Inferior.

Segundo, COBA/Geoterceira (2003) o caudal médio anual da nascente Negrão de Cima foi de 80 m³/d, Negrão de Baixo 70 m³/d, Telha 50 m³/d; Igreja 45m³/d e a Cantaria com 30m³/d. O caudal destes pontos, de captação representou, no seu conjunto, em média 2% da água utilizada para abastecimento domiciliário no concelho de Angra do Heroísmo, durante o período de tempo considerado de 2004 a 2010. (Figura 73).

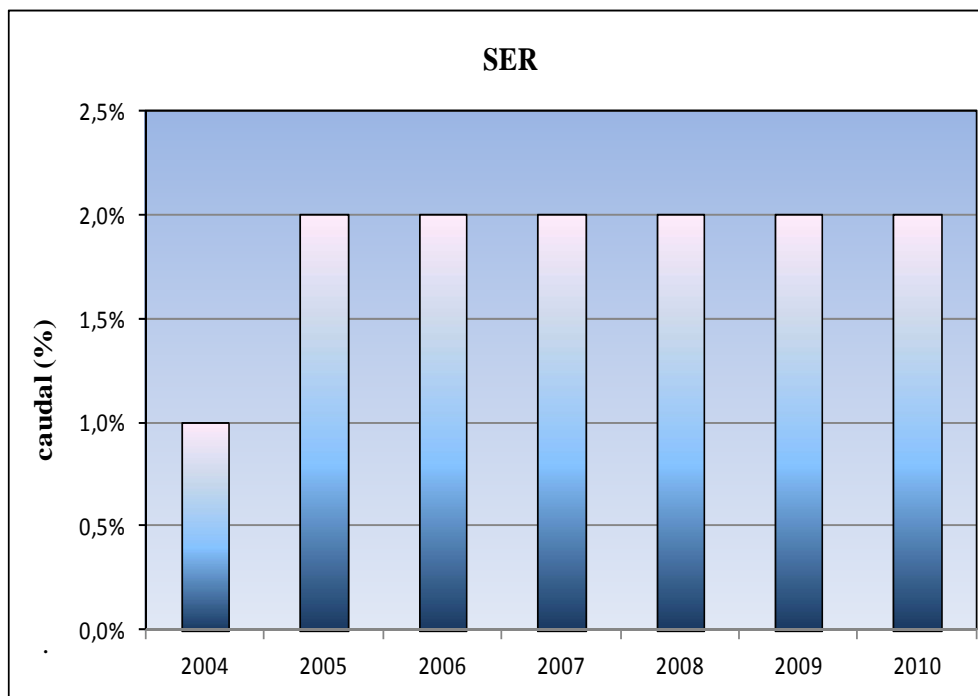


Figura 73 – Caudais provenientes das nascentes da Serreta utilizados para abastecimento domiciliário no concelho da Angra do Heroísmo entre 2004 e 2010. Fonte: SMAH.

A temperatura mínima registada na nascente da Igreja foi de 14,2°C (Novembro de 2011) e o máximo de 18,8°C (Setembro, 2011) com um valor médio de 16,2°C. O espectro de variação deste parâmetro foi de 4,6 °C (Figura 74), facto que está muito provavelmente associado à pequena profundidade do sistema aquífero.

Ao longo do período correspondente dos dados analisados, as temperaturas da água mais baixas ocorreram nos meses mais frios, entre Novembro e Abril, com um valor médio de 15°C°, enquanto que a mais elevada deu-se no período mais quente, entre Maio e Outubro, com uma temperatura média de 15,2°C.

Na figura 74 mostra-se a variação da temperatura durante o período de monitorização. Como pode ser observado há uma clara diferenciação entre os registos de verão e de inverno, indiciando a influência da temperatura do ar.

Os valores de temperatura registados nesta nascente enquadram-se nos limites especificados para o Valor Máximo Recomendado (VMR/22°C) e para o Valor Máximo Admissível (VMA/25°C) definido pelo anexo VI do Dec - Lei 236/98 de 1 de Agosto – VMR e VMA e anexo I do Dec – Lei 243/2001 de 5 de Setembro/Valor paramétrico e objetivos ambientais de qualidade mínima.

Estes valores refletem provavelmente anomalias térmicas do terreno e possíveis fluxos geotérmicos do aquífero. Saliente-se que há relativamente poucos anos esta zona da ilha Terceira foi afetada por fenómenos de natureza vulcânica submarina permanecendo em atividade durante vários anos a pouca distancia de terra.

O valor do pH oscilou entre um mínimo de 6,7 em Setembro de 2007 e em Abril e Junho de 2011 e um valor de 7,7 em Outubro de 2011, registando-se um valor médio de 7,1 na escala de Sorensen (Figura 74).

Os valores monitorizados enquadram-se dentro dos referidos por Lobo (1993) bem como com os apresentados por Cruz (2004) e Rodrigues, (2002), e estando de acordo com os valores recomendados pelo (Anexo VI do Dec-Lei 236/98 de 1 de Agosto e Anexo I do Dec-Lei 243/2001 de 5 de Setembro) em que se estipula para o Valor Máximo Recomendado uma escala de valores entre 6,5 a 8,5 e para o Valor Máximo Admissível (VMA) o valor de 9,5.

A condutividade apresenta um valor mínimo de 107,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Abril de 2011) e um máximo de 141,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Setembro, 2009), sendo o médio de 129,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (Figura 74).

O valor médio encontra-se enquadrado nos referidos por Rodrigues (2002) e dentro dos limites legalmente estabelecidos para um Valor Máximo Recomendado de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

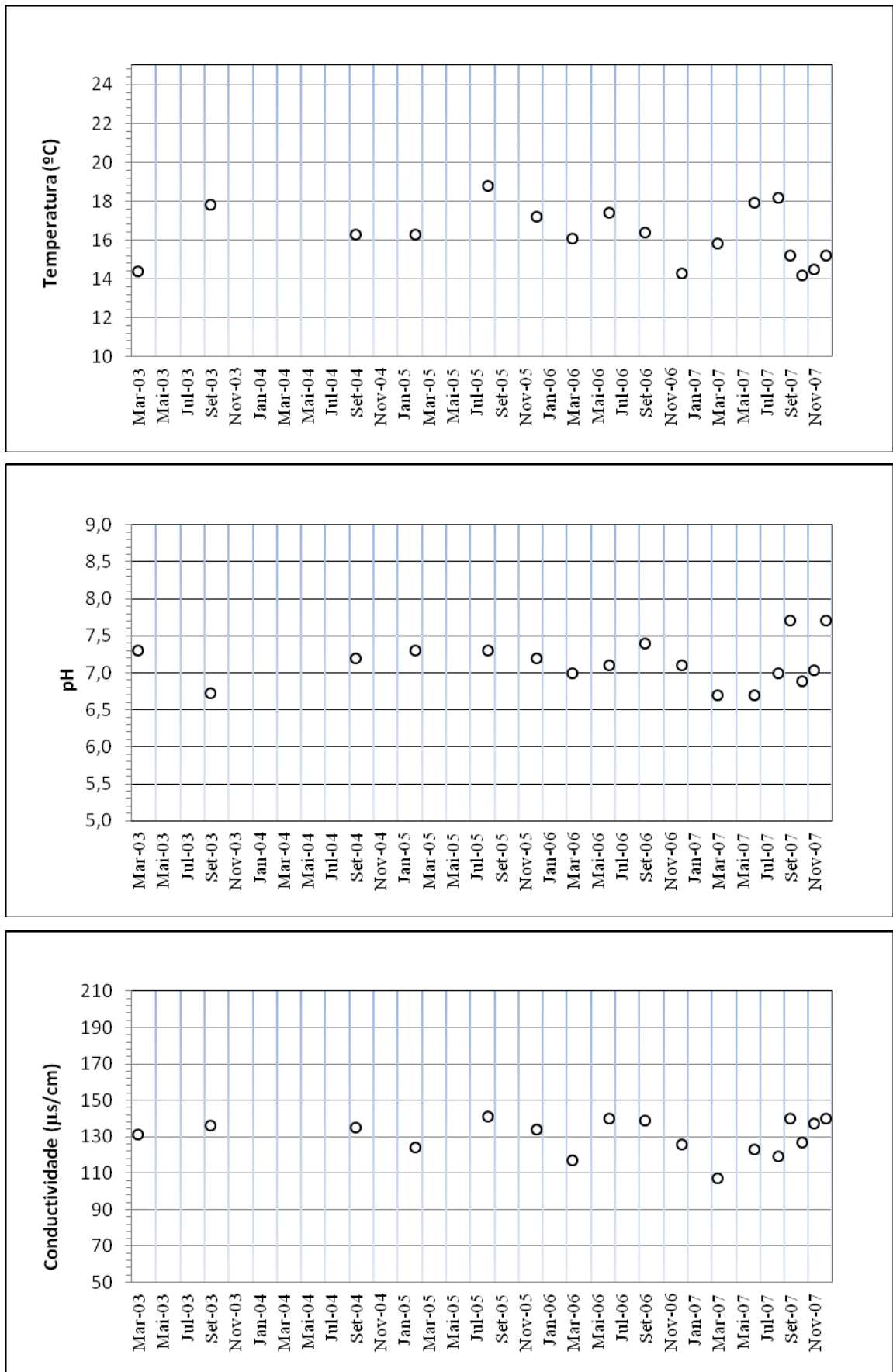


Figura 74 – Variação da Temperatura, pH e condutividade da água proveniente da nascente do Serreta

15. AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E CAUDAIS DOS FUROS

15.1. FURO DA VINHA BRAVA - FVB

Este furo está localizado a Norte da cidade de Angra do Heroísmo a uma distância ao mar de 2 225 m, captando água do aquífero de base da ilha. Encontra-se a uma altitude de 172,6 m e a uma profundidade de 177,0 m, tendo iniciado a sua exploração em 1994.

O caudal deste furo contribuiu em média com 4% da água utilizada para abastecimento domiciliário no concelho de Angra do Heroísmo entre 2004 a 2010, tendo atingido no ano de 2009 um valor de exploração de 7% e no ano de 2006 e 2010 o valor de 1% (Figura 75).

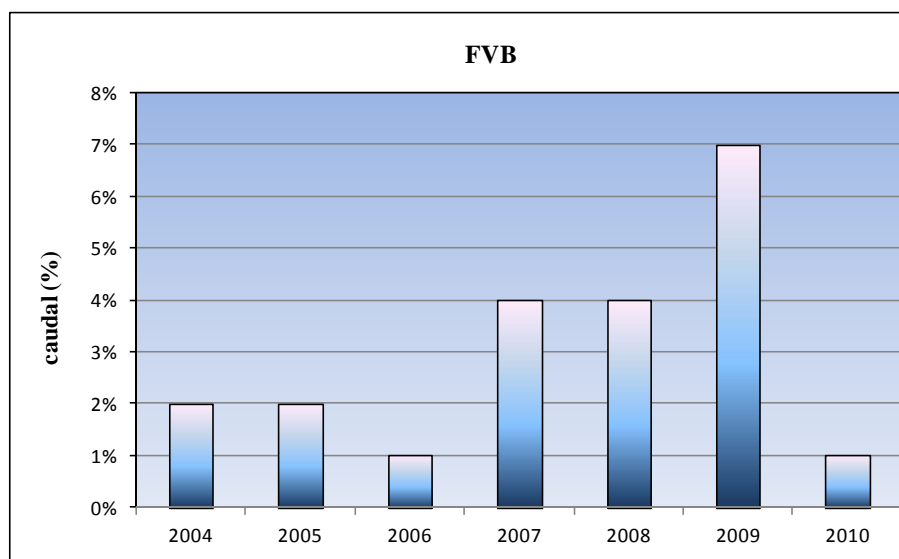


Figura 75 – Caudais provenientes do furo da Vinha Brava utilizados para abastecimento domiciliário no concelho da Angra do Heroísmo entre 2004 e 2010. Fonte: SMAH.

Os valores de exploração elevados em 2009 estão, por um lado, associados às baixas precipitações ocorridas na ilha (Figura 76) e, por outro, relacionados com avarias nas condutas das nascentes dos Cabrito.

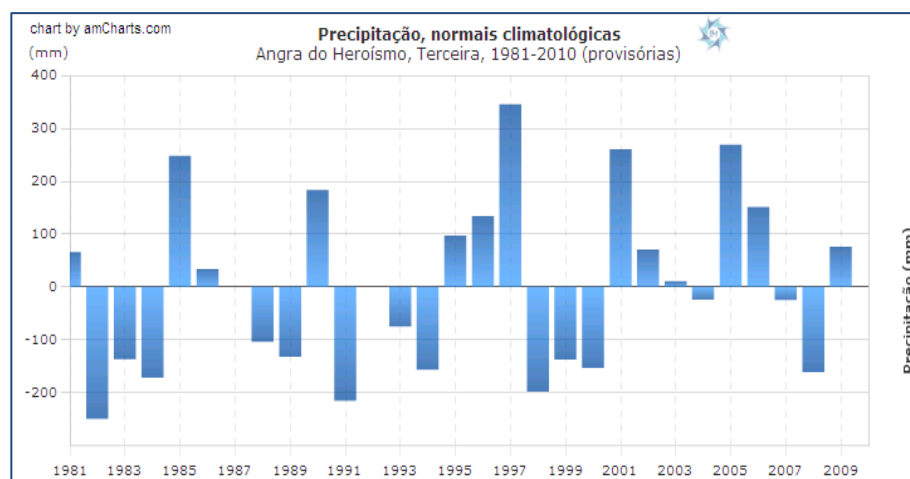


Figura 76 – Normais climatológicas. Fonte IM.

A capacidade extrativa de água deste furo é de 1036,8 m³/d, contudo e de acordo com os SMAH no ano de 2011 conseguiu-se extrair 1440m³/d, de água.

O valor médio das temperaturas observadas neste furo foi de 18,4°C com um mínimo de 17,0°C (Junho de 2010) e um máximo de 23°C (Setembro de 2010). (Figura 77).

O valor médio obtido coincide com os valores referenciados por Cruz, (2004) e Rodrigues, (2002). Todos os valores registados enquadram-se dentro dos limites legalmente estabelecidos, ou seja entre os 22°C previstos no VMR e os 25°C do VMA.

O valor médio dos registos na monitorização do pH neste de furo foi de 8,4 na escala de Sorensen, compatíveis com águas de natureza basal, tendo oscilado entre um mínimo de 8,0 (Setembro de 2009) e o um máximo de 8,7 (Junho de 2011), (Figura 77). Estes valores são ligeiramente superiores aos monitorizados por Cruz, (2004) e Rodrigues, (2002), enquadrando-se contudo dentro dos recomendados pela lei, particularmente no Valor Máximo Recomendado (VMR) situados no intervalo de valores entre 6,5 – 8,5.

Analisando a evolução temporal deste parâmetro verifica-se que os valores registados tendem para a alcalinidade, o que se poderá dever a influência de intrusão salina. (Figura 77).

O valor da condutividade neste furo registou um mínimo de 163,00 µS/cm em Setembro de 2007 e um valor máximo de 1 023,00 no mês de Setembro de 2009 (Figura 77)

O valor médio registado, de 463,9 µS/cm, encontra-se enquadrado nos valores registados por Cruz (2004) e por Rodrigues (2002).

O valor máximo registado neste ponto é relativamente superior ao recomendado por lei, que aponta para um VMR de 1 000 µS/cm.

A oscilação do parâmetro condutividade neste ponto está, por um lado, associada ao tempo de exploração, sendo mais elevada após longos períodos de extração de caudais, e à intensidade da exploração.

Registe-se também que para períodos de exploração prolongados se verificam teores de cloretos elevados o que indicia fenómenos de intrusão salina.

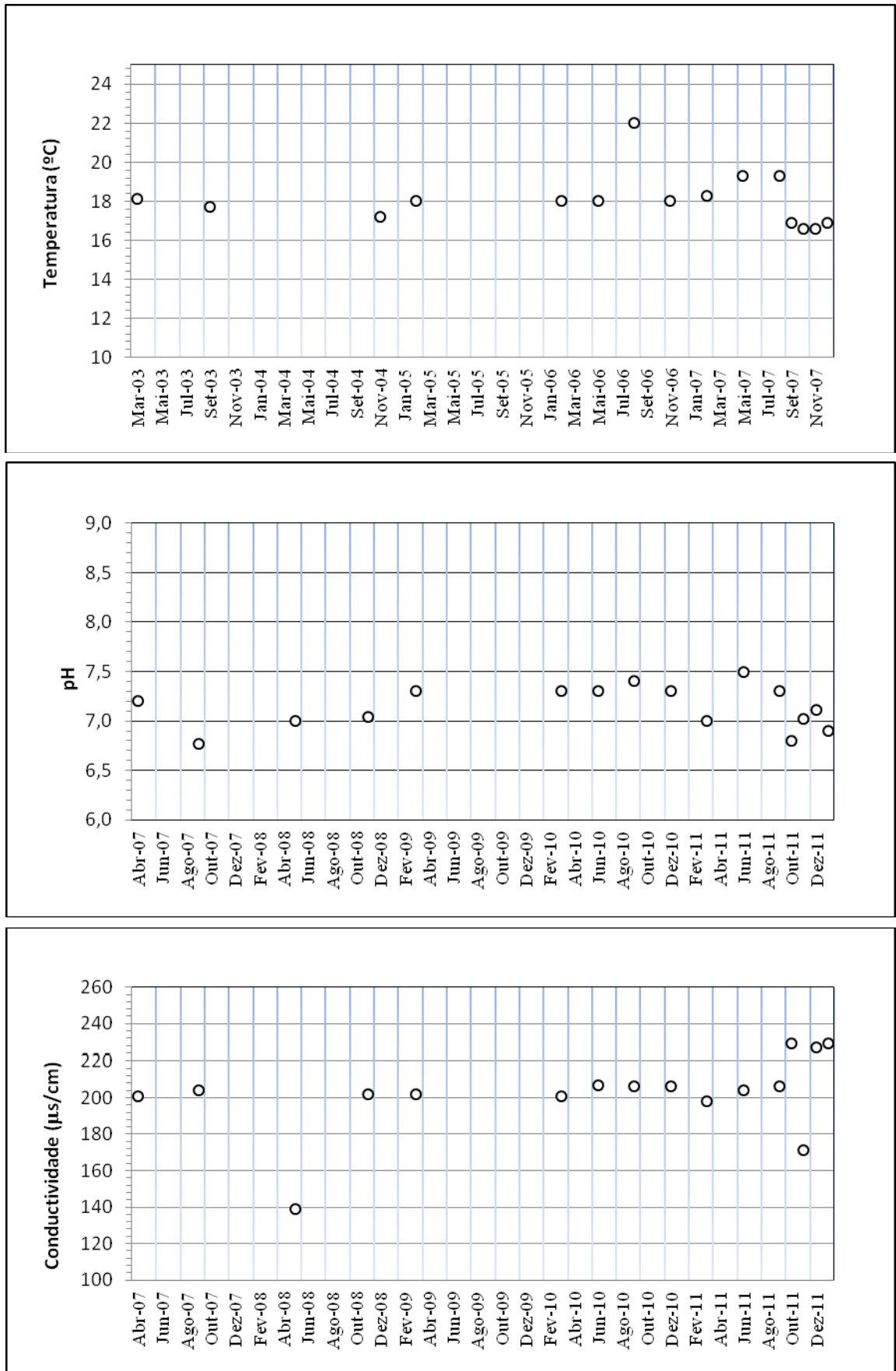


Figura 77 -Variação da Temperatura, pH e condutividade da água proveniente no furo da Vinha Brava.

15.2. FURO DA TERRA CHÃ – FTC

O furo da Terra-Chã encontra-se em exploração no centro da freguesia da Terra-Chã a uma distância de 1900 metros da orla costeira e a uma altitude de 106,0 m. A profundidade desta captação é 115 m, captando o aquífero de base da ilha.

O início da exploração desta captação foi no ano de 1993.

Durante o período de tempo de 2004 a 2010, os caudais deste furo contribuíram em média com 5% da água utilizada para abastecimento domiciliário no concelho de Angra do Heroísmo, tendo atingido no ano de 2009 um valor de exploração de 8% e em 2010 de 1% (Figura 78).

Nos anos de 2008/9, os valores de precipitação na ilha Terceira foram relativamente baixos em relação a anos anteriores, obrigando à utilização acentuada deste furo (Figura 78).

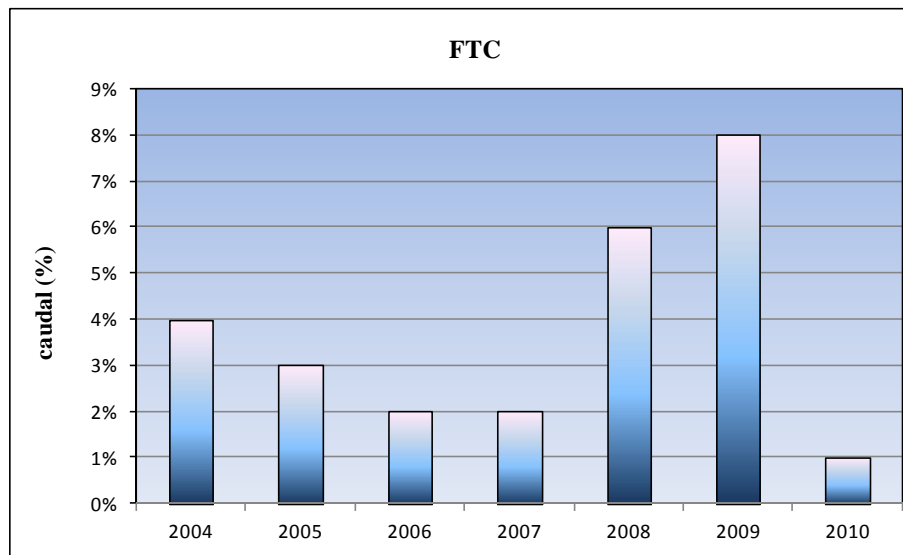


Figura 78 – Caudais provenientes do furo da Terra Chã utilizados para abastecimento domiciliário no concelho da Angra do Heroísmo entre 2004 e 2010. Fonte: SMAH.

A capacidade de extração do caudal de água do Furo da Terra Chã é de 1 296 m³/d

O valor médio da temperatura nesta captação foi de 21,3° C, tendo variado entre os 18,0°C (Dezembro de 2010) e os 26,1° C (Novembro de 2011). Estes valores estão em consonância com os referidos por Cruz (2004) e Rodrigues, (2002) (Figura 79).

Apesar de relativamente elevados, os valores deste parâmetro enquadram-se em média nos limites estabelecidos pela lei (VMR de 22°C e VMA de 25°C). Pontualmente podem ocorrer nas águas deste furo valores de temperatura acima do estipulado na lei, como o que foi registado em Novembro de 2011 (26,1°C). Estas temperaturas relativamente elevadas estão muito provavelmente associadas à presença de fenómenos geotérmicos no aquífero.

Recorde-se que no furo do Posto Santo, localizado sensivelmente a 1000 m a NW deste ponto, ocorrem águas com temperaturas superiores a 40°C.

O pH médio obtido nesta captação foi de 6,6, com um valor mínimo registado de 6,2 (Outubro de 2011) e de 7,6 (Setembro de 2010).

Estes valores encontram-se dentro do valor máximo recomendado por lei (6,5/8,5).

A tendência evolutiva deste parâmetro indica-nos que os valores registados estão ligeiramente abaixo dos observados em outros pontos de captação, indiciando um certa propensão para a acidez. (Figura 79).

A condutividade situa-se entre um mínimo de 140,0 $\mu\text{S/cm}$ (Setembro de 2010) e um máximo de 701,0 $\mu\text{S/cm}$ (Janeiro de 2012), sendo o valor médio de 473,9 $\mu\text{S/cm}$. (Figura 79)

Os registos deste parâmetro encontram-se dentro dos valores estabelecidos pelo Dec – lei 1236/98 de 1 de Agosto correspondendo ao limite legalmente estabelecido para o VMR (1000 $\mu\text{S/cm}$), bem como dentro dos valores registados por Cruz (2004) e Rodrigues (2002).

O espectro de variação da condutividade elétrica durante o período de monitorização foi de 561 $\mu\text{S/cm}$ sendo mais elevados durante os períodos prolongados de exploração (Figura 79).

Este facto indicia claramente que os registos mais altos deste parâmetro estão associados a processos de intrusão salina.

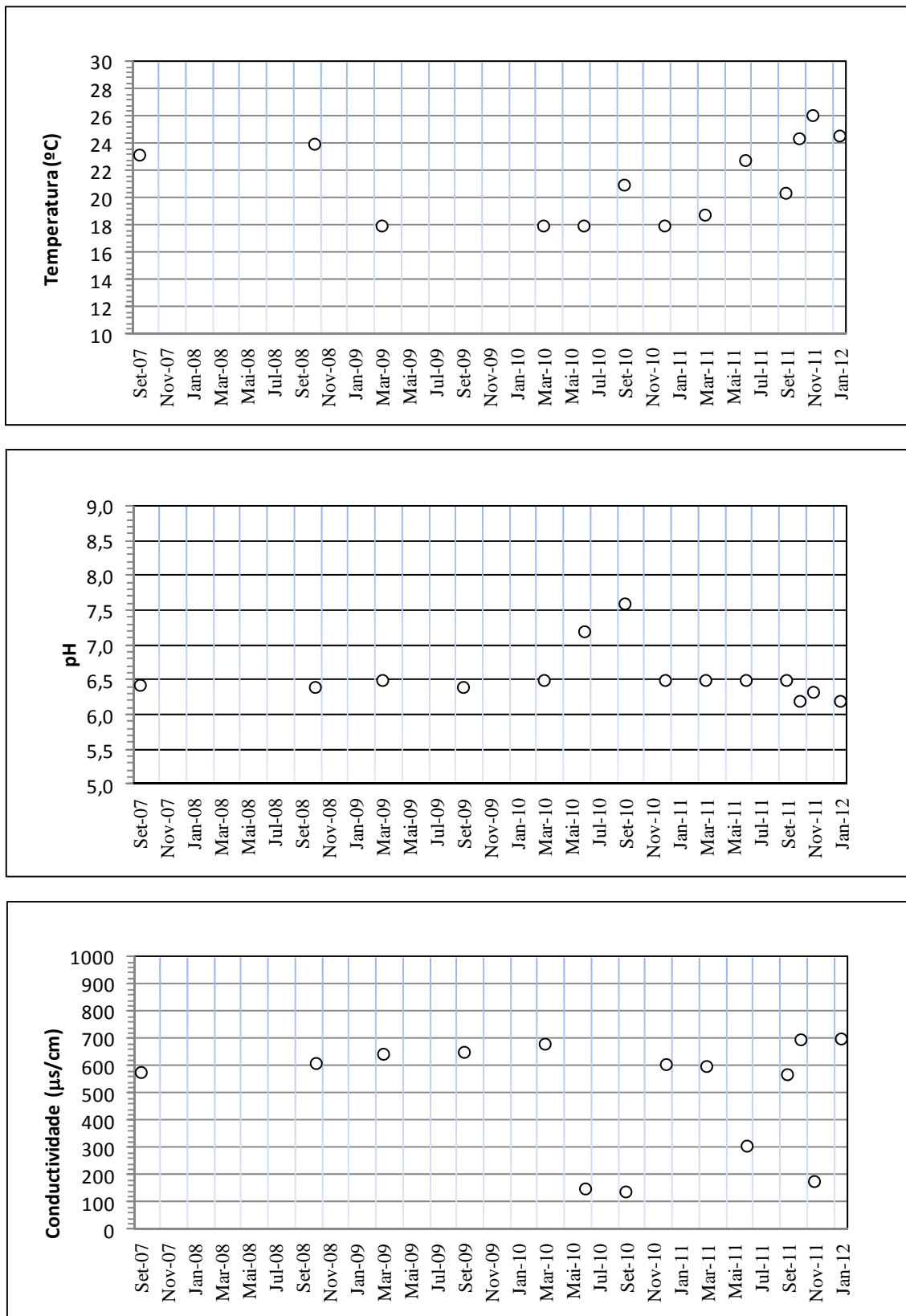


Figura 79 - Variação da Temperatura, pH e condutividade da água proveniente no furo da Terra-Chã.

15.3. FURO DA CANADA DO MATO - FCM

O furo da Canada do Mato localiza-se na freguesia de Sebastião, concelho de Angra de Heroísmo a uma distância de 2 300 metros do mar, tendo uma profundidade de 101,3 m captando água do aquífero suspenso do Sistema Guilherme Moniz/S. Sebastião.

De acordo com os SMAH (2011), o caudal máximo de exploração deste furo em 2011, atingiu o valor de 1 200 m³/d.

No seu conjunto e durante o período de tempo de 2004 a 2010, o caudal deste furo representou em média 2% da água utilizada para abastecimento domiciliário no concelho de Angra do Heroísmo.

No ano de 2008 a exploração desta captação de água correspondeu a 4%, da água explorada, uma vez que os caudais das nascentes nesse ano baixaram de forma significativa no verão (Figura 80).

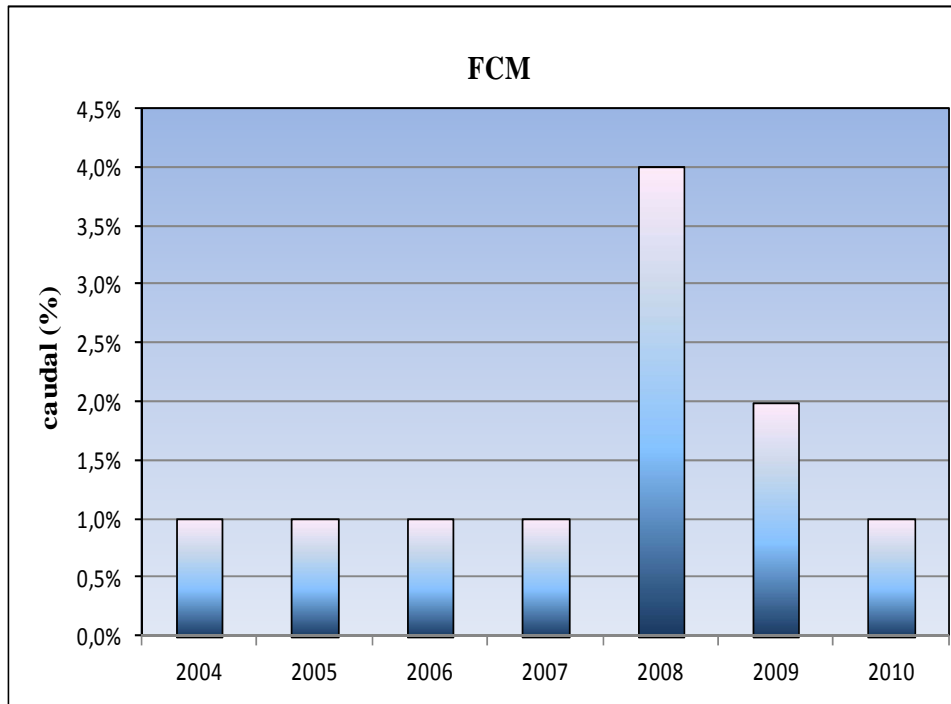


Figura 80 - Caudais provenientes do furo da Canada do Mato utilizados para abastecimento domiciliário no concelho da Angra do Heroísmo entre 2004 e 2010. Fonte: SMAH.

Os valores de temperatura nesta captação oscilaram entre um mínimo de 16,7°C em Dezembro de 2011 e um valor máximo de 22,0°C, em Setembro de 2010, apresentando um valor médio de 18,1°C. (Figura 81).

Estes valores enquadram-se nos valores monitorizados por Cruz, (2004) e por Melo (2005), bem como com os valores apontados por Rodrigues, (2002) .

Apesar destes valores serem sensivelmente elevados, encontram-se dentro dos estabelecidos pela lei (Dec - lei 236/98 de 1 de Agosto e Dec - lei 243/2001 de 5 de Setembro).

Os valores de pH registados oscilaram entre 6,8 em Setembro de 2007 e 7,5 em Julho de 2011, apresentando um valor médio de 7,1 na escala da Sorensen. (Figura 81)

Estes valores são ligeiramente mais baixos que os monitorizados por Cruz, (2004), enquadrando-se nos valores de Rodrigues (2002). Encontrando-se contudo dentro dos valores recomendados pela lei.

A condutividade obtida neste furo teve um valor mínimo de 139,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Maio de 2008) e um valor máximo de 229,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Janeiro de 2012).

A média dos valores registados foi de 201,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (Figura 81)

Os valores referenciados enquadram-se dentro dos valores recomendados pela lei (Dec-Lei 236/98 de 1 de Agosto e Dec -Lei 243/2001 de 5 de Setembro), dentro do limite estabelecido para o VMR de (1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Estes valores são ainda relativamente baixos em relação aos apontados por Cruz (2004) e de Rodrigues (2002).

A variação da condutividade nesta captação durante o período de monitorização foi relativamente elevada, atendendo ao facto de tratar-se de um aquífero suspenso.

Este facto, para além de estar associado as recargas, relaciona-se muito provavelmente com os ciclos de fertilização dos terrenos, indutores de teores de nitratos na água.

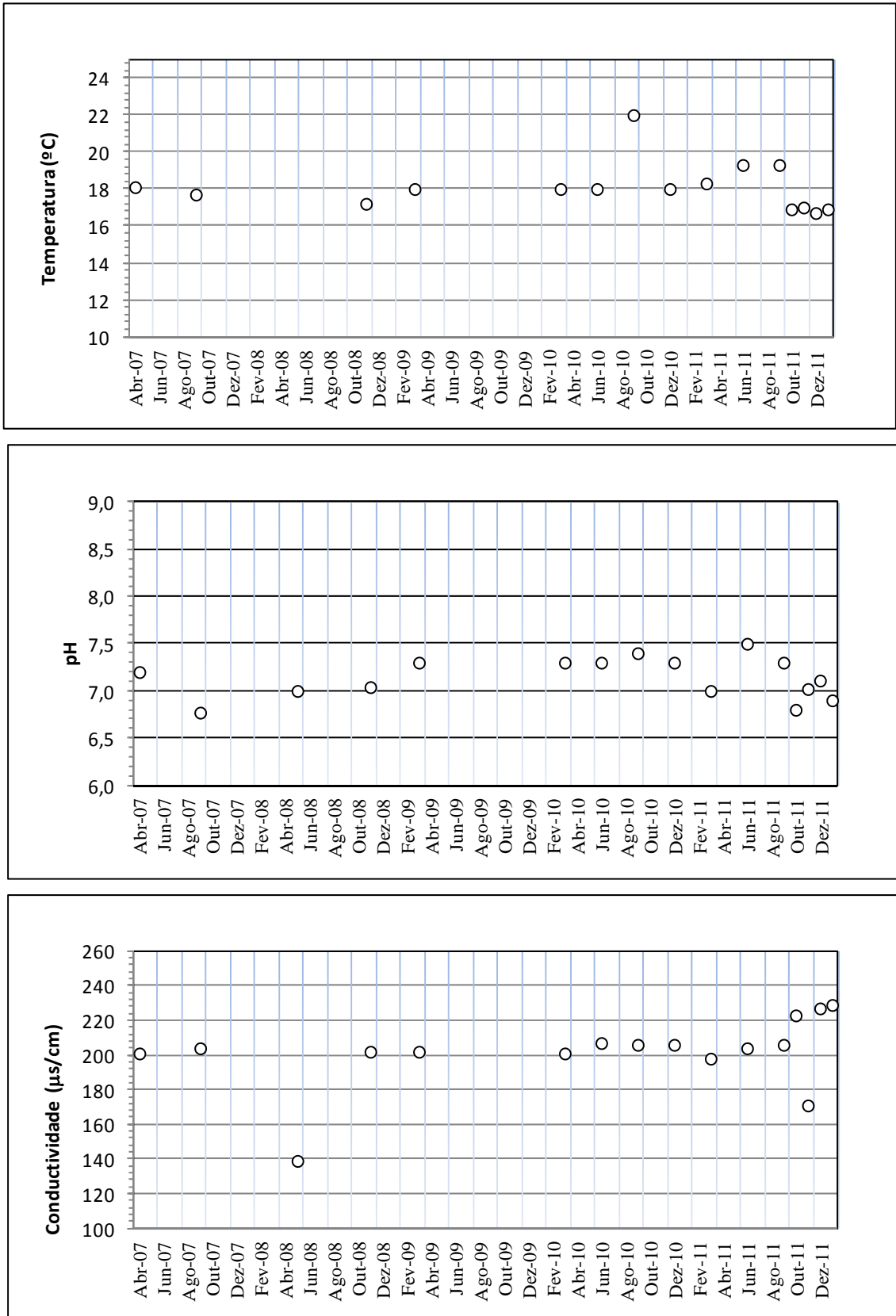


Figura 81 – Variação da Temperatura, pH e condutividade da água proveniente no furo da Canada do Mato.

15.4. FURO DE SÃO MATEUS - FSM

Este furo localiza-se na Canada do Capitão-Mor da freguesia de S. Mateus a uma distância ao mar de 1 739 m captando o aquífero basal da ilha. O caudal máximo possível de extracção desta captação ronda os 1 209 m³/d.

A sua exploração regular iniciou-se em 2011, pelo que não se encontra dentro da análise pontual de caudais inserida neste trabalho. A exploração da água deste furo complementa o abastecimento de água à rede pública, sobretudo na zona de S. Mateus e Caminho de Baixo de S. Pedro.

As temperaturas da água subterrânea registadas neste furo variaram entre o mínimo de 15,2°C (Novembro de 2011) e um máximo de 21,0°C (Junho de 2011). O valor médio obtido foi de 17,5°C.

O valor médio monitorizado está legalmente enquadra-se no estabelecido no Dec-lei 236/98 de 1 de Agosto e no Dec-Lei 243/2001 de 5 de Setembro (VMR-22°C e VMA-25°C).

A variação deste parâmetro ao longo da monitorização foi de 5,8°C (Figura 82), o que reflete as variações da temperatura do ar e da água do mar, uma vez que se trata do aquífero de base.

O valor médio do pH foi de 6,5 com um mínimo de 6,4 (Janeiro de 2012) e um máximo de 6,9 na escala de Sorensen (Dezembro de 2011). (Figura 82).

Estes valores são ligeiramente mais baixos do que os referidos por Rodrigues (2002) e Cruz (2004) para o aquífero basal da ilha Terceira. Enquadram-se contudo nos valores recomendados pela legislação em vigor, (Anexo VI do Dec-Lei 236/98 de 1 de Agosto e Anexo I do Dec-Lei 243/2001 de 5 de Setembro).

Analisando a tendência evolutiva deste parâmetro verifica-se que estes valores são sensivelmente constantes, variando 0,5 pontos na escala de Sorensen. (Figura 82).

As condutividades neste ponto oscilaram entre um valor mínimo de 154,0 µS/cm (Setembro de 2011) e um máximo de 330,0 µS/cm (Novembro de 2011) e o valor médio registado de 286,3 µS/cm

Estes valores não se enquadram com os referidos por Rodrigues (2002) e Cruz (2004) para o aquífero de base nem tampouco com o referido por este primeiro autor para os aquíferos suspensos. Este facto indicia tratar-se de uma situação intermédia, ou seja, o furo explora uma zona do aquífero de base sujeita contudo a influências de água proveniente de aquíferos suspensos.

A água captada por este furo encontra-se dentro dos limites legalmente estabelecidos.

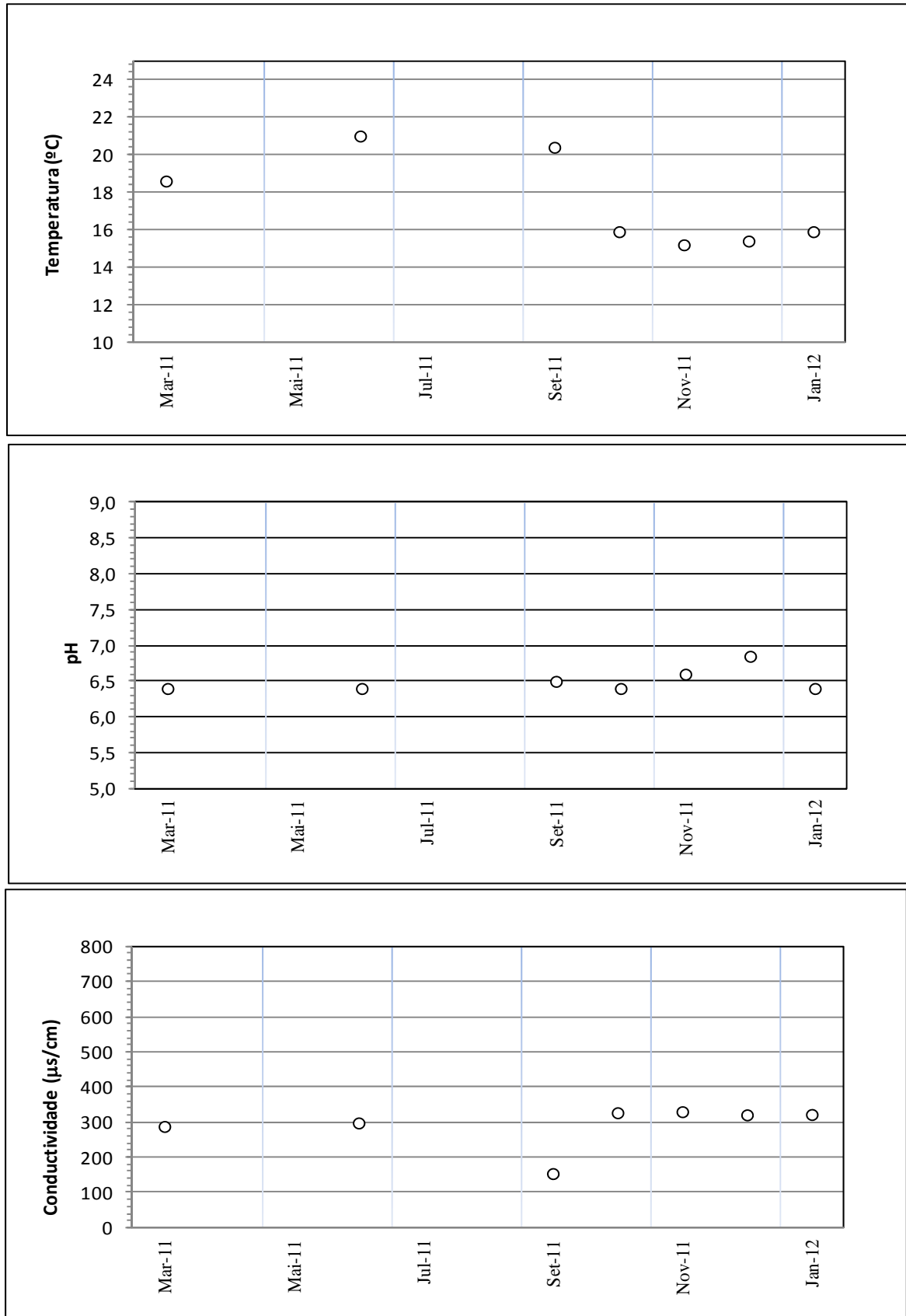


Figura 82 - Variação da Temperatura, pH e condutividade da água proveniente no furo de S. Mateus.

15.5. FURO DE SANTANA - FST

O furo da Canada de Santana localiza-se na freguesia do Porto Judeu ao lugar da Ribeira do Testo e dista do mar 3200 metros integrando-se no aquífero suspenso Guilherme Moniz/S. Sebastião.

A sua exploração teve início em Dezembro de 2002, contudo só a partir do ano de 2008 se procedeu a uma exploração contínua devido à ocorrência de falta de água que se verificou no abastecimento domiciliário no concelho de Angra do Heroísmo.

É de referir que nos anos de 2008/9, foram anos de pouca precipitação na ilha Terceira, verificando-se valores de volume de água captada abaixo dos valores normalmente explorados, tendo havido a necessidade de se recorrer à abertura de vários furos de captação de água subterrânea na ilha para colmatar esta situação de falta de água no abastecimento à população da ilha.

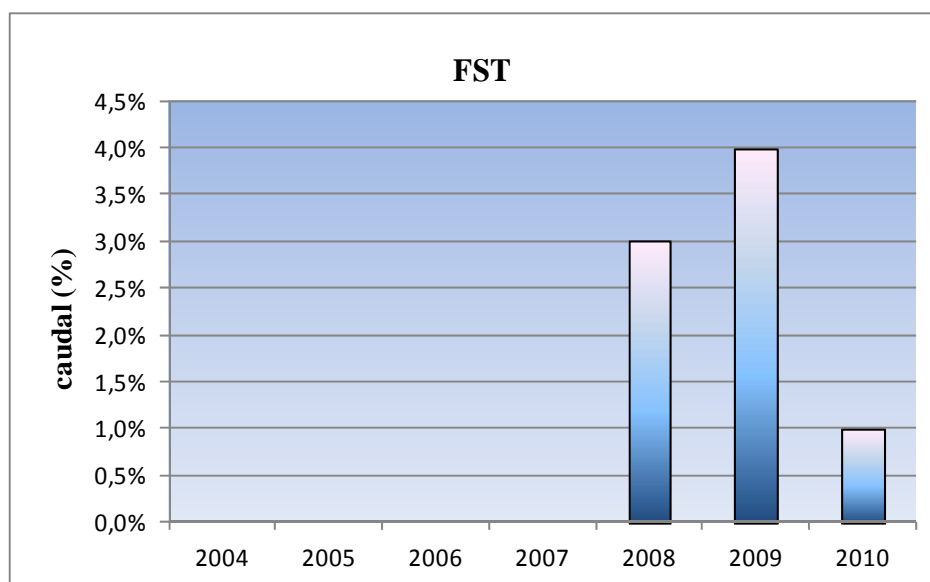


Figura 83 - Caudais provenientes do furo de Santana utilizados para abastecimento domiciliário no concelho da Angra do Heroísmo entre 2004 e 2010. Fonte: SMAH.

Deste modo, a exploração deste furo em termos de volume de caudais captados foi residual tendo contribuído apenas com 1% de média dos caudais captados, para o abastecimento público do concelho de Angra do Heroísmo, verificando-se no ano de 2009 um valor de exploração de 4% e de 3% no ano de 2008.(Figura 83).

De acordo com informação dos SMAH (2011), o caudal máximo extraído desta captação no ano de 2011 atingiu um volume de água da ordem dos 1 209 m³/d.

O valor da temperatura da água deste furo oscilou entre 16,3°C (Novembro de 2011) e um valor máximo de 20,3°C (Setembro de 2011) sendo o seu valor médio registado de 18,0°C.

A média registada enquadra-se nos valores obtidos por Cruz (2004) e Rodrigues (2002). Todos estes valores enquadram-se dentro dos valores referencia recomendáveis por lei, (Anexo VI do Dec-Lei 236/98 de 1 de Agosto e Anexo I do Dec-Lei 243/2001 de 5 de Setembro).

Ao longo do período de monitorização a temperatura oscilou 4°C, revelando forte influência atmosférica (Figura 84).

O valor médio de pH neste ponto é de 7,9, com um mínimo de 7,4 (Junho de 2011) e um máximo de 8,2 (Setembro, 2011).

Estes são sensivelmente mais elevados do que os referidos nos trabalhos de Rodrigues (2002) e Cruz (2004).

Todos os registos de pH estão enquadrados dentro dos valores estabelecidos pela lei (Dec - Lei 236/98 de 1 de Agosto e Anexo I do Dec - Lei 243/2001 de 5 de Setembro).

Na figura 83 mostra-se a variação do pH neste ponto durante o período de monitorização. Como se pode observar entre o mínimo observado e o máximo, os valores foram baixos, não ultrapassando os 0,8 (Figura 84).

Os valores de condutividade observados situam-se entre 154,00 µS/cm (Setembro de 2011) e 192,0 µS/cm (Março de 2011), sendo o seu valor médio de 173.3 µS/cm.

Estes valores enquadram-se dentro do estabelecido por lei concretamente no Anexo VI do Dec -Lei 236/98 de 1 de Agosto e Anexo I do Dec - Lei 243/2001 de 5 de Setembro.

A variabilidade deste parâmetro ao longo da monitorização foi de 38,0 µS/cm, valor relativamente baixo quando comparado com o de outros pontos. (Figura 84)

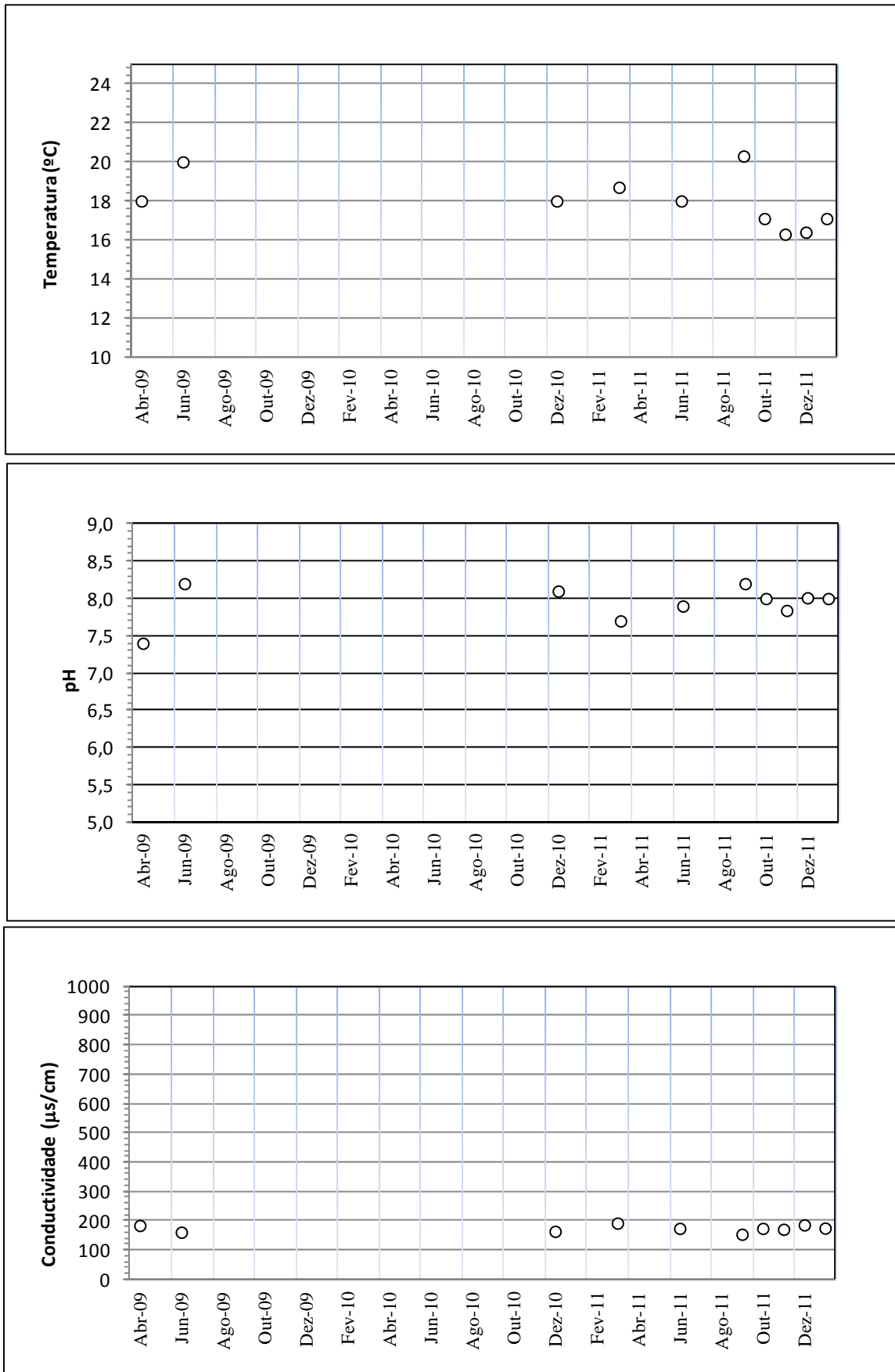


Figura 84 - Variação da Temperatura, pH e condutividade da água proveniente no furo de Santana.

15.6. FURO DA ACHADA - FAC

Este furo localizado sensivelmente a meio na via rápida Angra – Praia no lugar da Achada, iniciou a sua exploração no ano de 2011, captando água de aquífero suspenso.

A distância ao mar da boca do furo é de 4 675 metros.

De acordo com os dados dos SMAH (2011), o caudal máximo de exploração deste ponto de água no ano de 2011, foi da ordem dos 1 680 m³/d.

Este furo está integrado num aquífero suspenso que se desenvolve na metade norte da caldeira dos Cinco Picos e que engloba muito provavelmente o furo do Aterro (FAT).

As temperaturas registadas neste ponto variaram entre os 14,5 °C (Novembro de 2011) e 15,2 °C (Setembro de 2011) com uma média de 14,9 °C (Figura 85).

Estes valores enquadram-se dentro dos referidos por Rodrigues (2002) e Cruz (2004) e com o estipulado pela legislação em vigor que estabelece um teto de 22°C para o VMR.

A baixa variabilidade da temperatura neste ponto, que oscilou numa amplitude de 0,7°C, está associada ao número diminuto de registos e à sua incidência nos meses mais frios de inverno.

Os valores de pH registados nas cinco monitorizações efetuadas variaram entre 6,8 e 7,0, apresentando um valor médio de 6,9 (Figura 85).

A escassa variabilidade deste parâmetro está associada ao número diminuto de registos e à sua incidência nos meses mais pluviosos de inverno, onde ocorre a maior parte da recarga.

A condutividade elétrica apresenta nesta captação um valor médio de 159,4 µS/cm registando-se um valor mínimo de 138,0 µS/cm em Setembro de 2011 e um valor máximo de 227,0 µS/cm em Novembro de 2011 (Figura 85).

Estes valores enquadram-se nos apresentados por Cruz (2004) e foram ligeiramente superiores aos referidos por Rodrigues (2002).

Todos os valores monitorizados estão no seu conjunto de acordo com o estabelecido por lei particularmente para o VMR (1000 µS/cm).

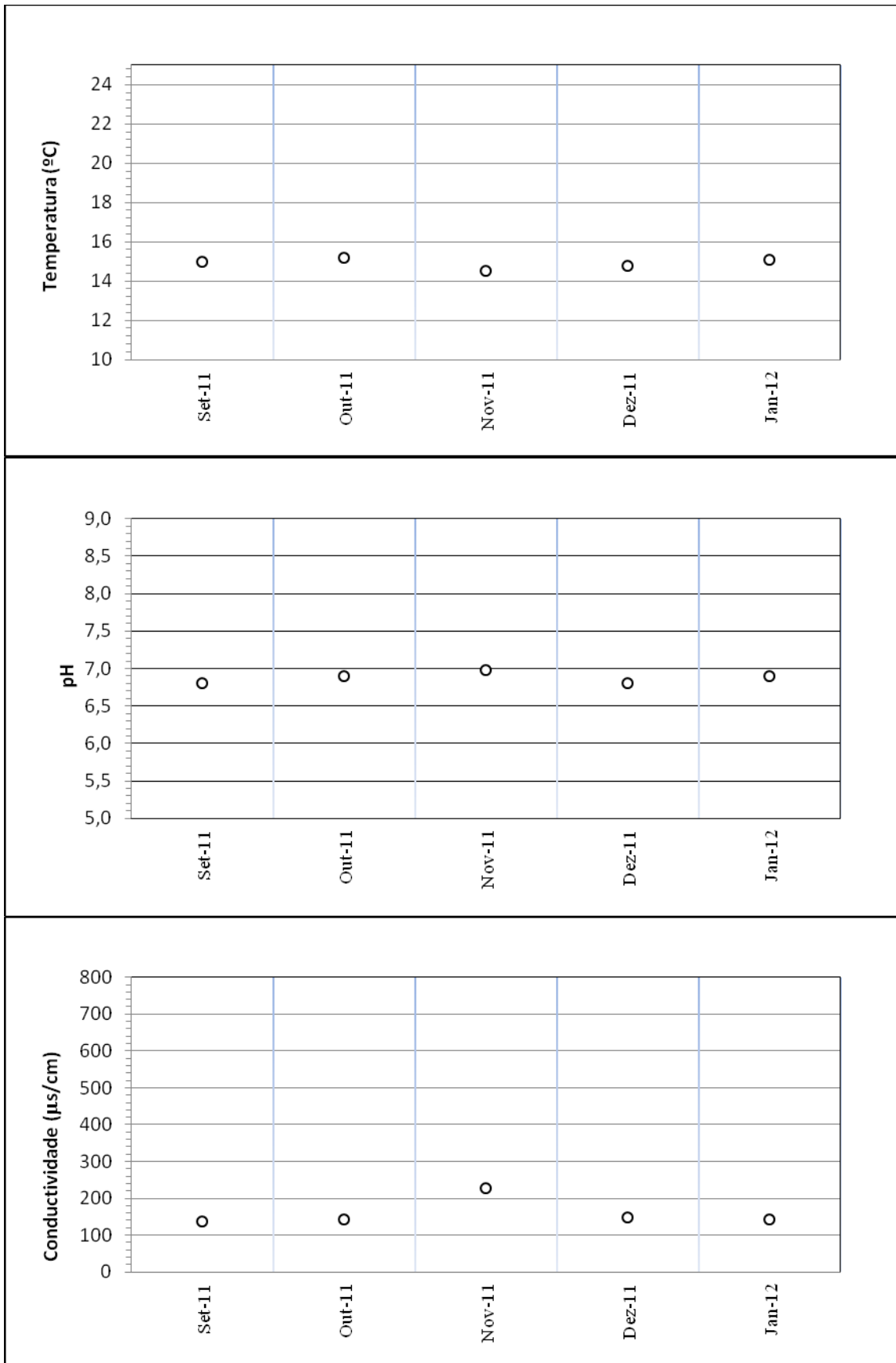


Figura 85 - Variação da Temperatura, pH e condutividade da água proveniente no furo do Achada.

15.7. FURO DO ATERRO – FAT

A água deste furo não é utilizada para abastecimento domiciliário. A sua monitorização fez-se apenas porque esta captação encontra-se localizada a meia distância entre o aterro sanitário e o furo FAC, funcionando como um importante ponto de controle da qualidade da água subterrânea nesta zona.

Este furo está implantado na zona sul da caldeira dos Cinco Picos, a uma distância do mar de 2 750 m. Localiza-se a 75 m da periferia do Aterro Municipal da ilha Terceira, particularmente a 200 m das bolsas nº 1, nº 2, consideradas problemáticas em termos de retenção de lixiviados. Dispõe-se igualmente na periferia do parque industrial, constituindo a monitorização da sua água um indicador do estado dos recursos hídricos subterrâneos nesta zona central da ilha Terceira.

O caudal máximo de exploração desta captação ronda os 432 m³/d.

A temperatura média da água subterrânea neste furo foi de 15°C. O valor mínimo foi de 14,5°C Dezembro de 2011, e o máximo registado foi de 15,2°C (Setembro de 2011). (Figura 86).

Os valores referenciados enquadram-se dentro dos valores recomendados pela lei (Dec - Lei 236/98 de 1 de Agosto e Dec - Lei 243/2001 de 5 de Setembro). Estes valores são também enquadráveis nos obtidos por Cruz (2004) e Rodrigues (2002) para as águas subterrâneas da depressão dos Cinco Picos.

O valor médio do pH neste furo foi de 7,1, com um mínimo de 6,3 (Outubro de 2011) e um máximo de 7,4 (Novembro de 2011) registados na escala da Sorensen. (Figura 86)

Estes valores encontram-se dentro dos parâmetros legalmente estabelecidos.

A condutividade deste ponto de captação oscilou entre um valor mínimo de 149,0 µS/cm no mês de Outubro de 2011 e o valor de 207,0 µS/cm no mês de Novembro do mesmo ano.

O valor médio dos registos foi de 184,2 µS/cm, enquadrando-se dentro do legalmente estabelecido. (Figura 86)

Todos os registos enquadram-se nos valores de referência para águas associadas aos aquíferos suspensos da caldeira dos Cinco Picos por Rodrigues (2002), Cruz (2004).

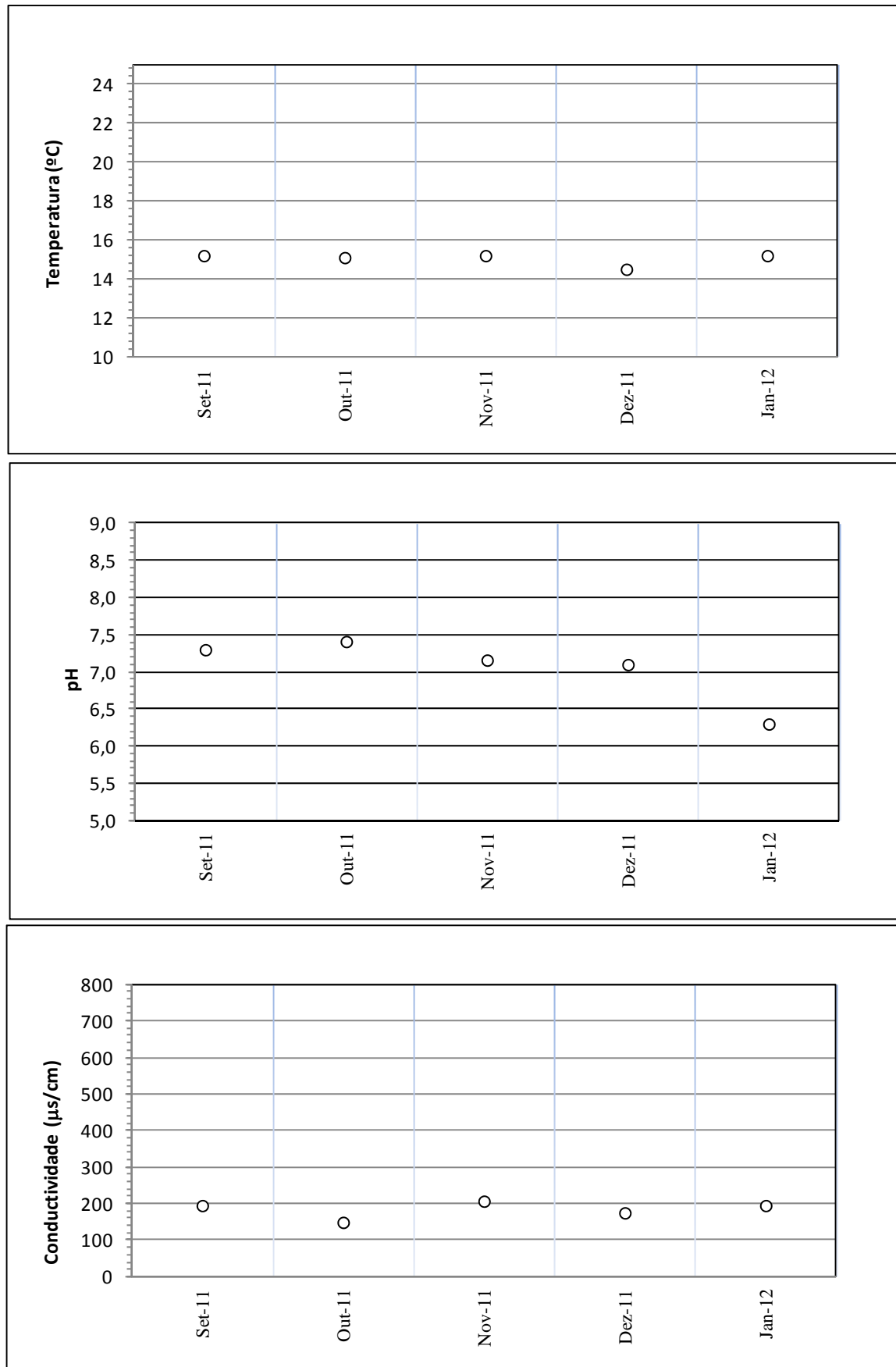


Figura 86 -Variação da Temperatura, pH e condutividade da água proveniente no furo do Aterro.

15.8. FURO DO FARROCO - FAR

O furo do Farroco encontra-se a Norte da cidade de Angra do Heroísmo, a uma distância do mar de 2 625 m, a uma altitude de 180 m e a uma profundidade de 220 m. A exploração desta captação teve início no ano de 1995.

Segundo SMAH (2011), este furo intercepta o aquífero de base, tendo atingido um caudal máximo de exploração de 259 m³ por dia.

A qualidade da água extraída deste furo é má, pelo que só é usada no sistema público de abastecimento pontualmente, e em períodos de emergência.

A temperatura média neste furo foi de 23,0 °C, sendo o mínimo registado de 18,0°C (Dezembro, 2010) e o máximo de 27,4°C (Outubro, 2011). Este valor, relativamente elevado, ultrapassa o valor recomendado por lei, uma vez que o VMR situa-se nos 22°C e o VMA nos 25°C.

A evolução da temperatura neste ponto oscilou 9,8 °C, evidenciando uma grande heterogeneidade de valores (Figura 87). Este facto está provavelmente associado a influências geotérmicas.

O valor médio do pH registado neste furo foi de 7,6 sendo o valor mínimo de 7,3 em Março de 2011 e o valor máximo de 8,1 em Setembro de 2009. Estes valores, ligeiramente alcalinos, são compatíveis com águas de natureza basal. (Figura 87)

Estes valores enquadram-se ligeiramente com os apontados por Cruz, (2004) e Rodrigues (2002), considerando ambos estes autores tratarem-se de águas basais. Em termos de exploração para abastecimento humano, a água deste furo encontra-se dentro dos valores recomendados por lei.

A condutividade média neste ponto foi de 991,7 µS/cm sendo o valor mínimo registado de 680,0 µS/cm em Setembro 2007 e o valor máximo de 1207,0 µS/cm em Dezembro de 2011.

Estes valores enquadram-se nos referidos por Rodrigues (2002) e Cruz (2004) e com a legislação em vigor.

A evolução da condutividade nesta captação é apresentada na Figura 87. Como se pode observar os valores registados são altos, ultrapassando frequentemente os 1100 µS/cm.

Os valores monitorizados indicam provavelmente anomalias térmicas do terreno, evidenciadas pelas temperaturas elevadas e processos naturais de contaminação, associada a fluxos geotérmicos e intrusão salina no aquífero basal.

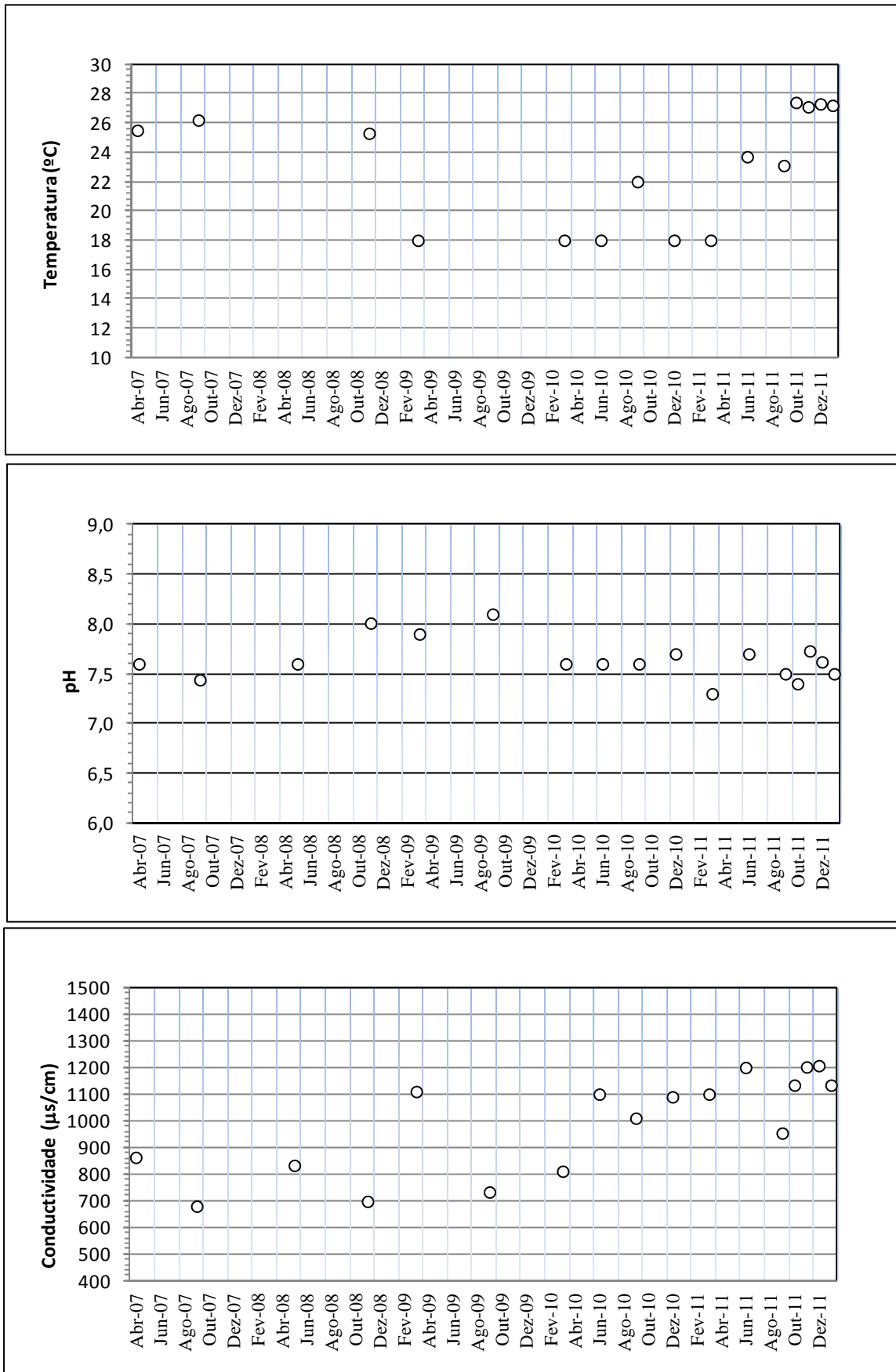


Figura 87 - Variação da Temperatura, pH e condutividade da água proveniente no furo do Farroco, Posto Santo.

16. ANALISE GLOBAL DOS CAUDAIS CAPTADOS

A ilha Terceira apresenta um grande número de nascentes, estando inventariadas 221 (Rodrigues, 1993), o que equivale a 0,55 emergências por cada km² de área plana.

Estas nascentes distribuem-se pelos seus três grandes maciços estruturais desde o nível do mar até aos 930 m de altitude.

Quadro 19 - Recursos hídricos subterrâneos e taxas de recarga (máxima e mínima). Adaptado de Cruz (2004).

Ilha	Recursos subterrâneos (x10 ⁶ m ³ .ano ⁻¹)	Taxa de recarga	
		Máx. (%)	Min. (%)
Pico	582,0	62,1	18,5
S. Miguel	369,7	45,0	16,0
S. Jorge	219,0	54,0	19,0
Terceira	193,1	48,6	16,2
Flores	101,3	14,0	32,0

O maior conjunto destes pontos de água dispõem-se nos flancos superiores e intermédio das vertentes dos grandes estratovulcões da ilha.

No maciço de Santa Bárbara, a principal concentração ocorre nas vertentes oeste e noroeste, na zona da Serreta, Raminho e Altares. No maciço de Guilherme Moniz estas nascentes tendem a alinhar-se ao longo de fraturas no sector sul e, de uma forma dispersa, no sector norte deste maciço. (Rodrigues, 2002).

De acordo com Cruz (2004) os recursos hídricos subterrâneos na ilha Terceira cifram-se em 193,1 x 10⁶ m³.ano⁻¹, valor relativamente baixo quando comparado com a ilha de S. Jorge, com uma área menor do que a Terceira (Quadro 19).

Ainda segundo este autor, as taxas de recarga máxima dos aquíferos terceirenses oscilam entre os 48,6 % e os 16,2 % de mínima.

Rodrigues (1993) refere que o caudal total das nascentes da ilha Terceira atingiu 21 000m³/dia, no verão de 1992, sendo o associado a nascentes de aquíferos suspensos de 15 000m³/dia e o proveniente do aquífero de base de 6 000m³/dia.

Ainda de acordo com este autor o maciço Guilherme Moniz – Pico Alto é o mais produtivo com um caudal de 13 000m³/dia.

Durante o período de tempo compreendido entre os anos de 2004 a 2010, as nascentes captadas para abastecimento público no concelho de Angra do Heroísmo continuaram a desempenhar um papel preponderante no abastecimento de água ao concelho.

Os seus caudais, representaram em média, 4 717 854 m³/ano (87% dos caudais captados).

As nascentes da zona W da ilha (RAM, ALT e SER), que, de acordo com Rodrigues (2002) drenam aquíferos pomíticos com pouca capacidade de armazenamento, apresentam caudais muito inferiores aos das nascentes CAB, NAG e FTH localizadas no maciço de Guilherme Moniz, que, em média, representaram 84% dos caudais captados no concelho de Angra do Heroísmo (Quadro 20).

O caudal extraído dos furos de captação representou em média 13% do volume captado para abastecimento, funcionando como complemento das nascentes no período estival.

Quadro 20 – Caudais captados no concelho de Angra do Heroísmo, de 2004 a 2010. Fonte SMAH

Captação	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ALT	28.100	70.855	76.841	64.800	74.098	61612	64127
RAM	19.130	29.170	36.680	20.828	17.569	13090	15848
SER	40.000	84.000	90.625	91.762	83.063	76807	77710
FTH	470.000	700.000	517.000	570.000	490.000	475741	727521
NAG	1.516.140	2.000.000	1.603.387	2.258.450	1.659.588	1638006	1136854
CAB	2.370.000	2.504.029	2.411.745	2.326.953	2.380.840	2117599	2014413
FTC	181.900	183.360	126.101	197.428	311.337	509844	-
FVB	150.560	81.311	122.535	225.477	234.340	458162	-
FCM	49.300	4.718	60.697	84.739	228.472	80.245	43741
FAR	13.300	-	-	-	-	47918	
FST	-	-	-	-	160.618	221601	49261
total	4.838.430	5.657.443	5.045.611	5.840.437	5.639.925	5700625	4129475

O caudal extraído dos furos que captam o aquífero de base representou 9% da água extraída no concelho, enquanto que o explorado pelo mesmo tipo de captações em aquíferos suspensos representou 4%.

No gráfico da Figura 88 mostra-se a evolução dos caudais captados nos furos e nascentes no concelho de Angra do Heroísmo em m³/m, para o período de tempo entre os anos de 2007 a 2010.

Como pode ser observado a exploração dos furos tem um carácter sazonal funcionando na época do ano em que os caudais das nascentes são considerados insuficientes para o abastecimento público.

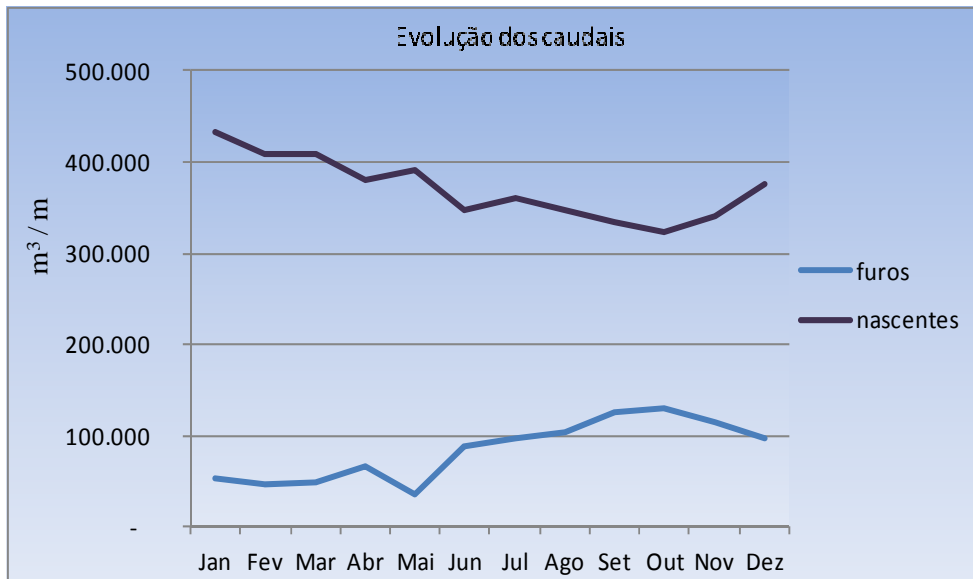


Figura 88 – Evolução dos caudais das nascentes e furos captados para abastecimento público no concelho de Angra do Heroísmo. Dados fornecidos pelos SMAH.

Os períodos de maior extração de água dos furos correspondem aos caudais mais baixos da nascente CAB, o que atesta a importância do volume de água captado nestas nascentes para o concelho de Angra. (Figura 89).

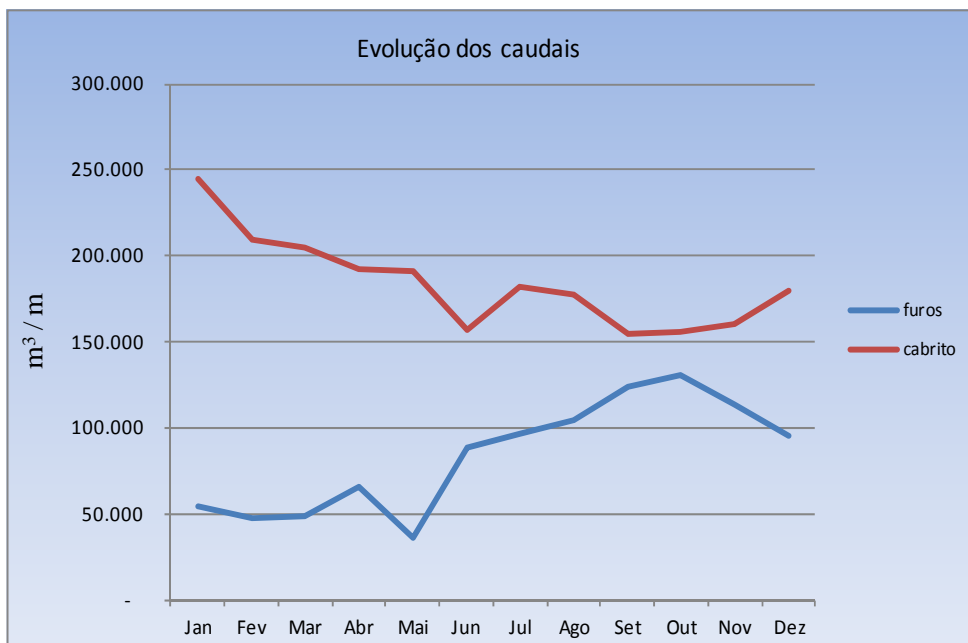


Figura 89 – Evolução dos caudais dos furos e da nascente do CAB captados para abastecimento público no concelho de Angra do Heroísmo. Dados fornecidos pelos SMAH.

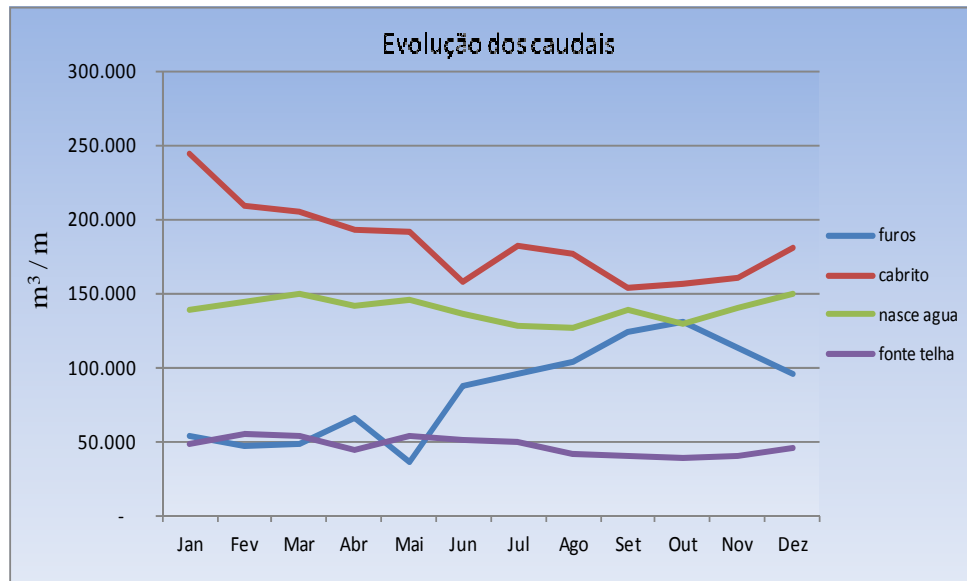


Figura 90 – Evolução dos caudais dos furos e das nascentes CAB, NAG e FTH, captados no concelho de Angra do Heroísmo. Dados fornecidos pelos SMAH.

Os caudais captados em NAG apresentam uma variabilidade sazonal menos marcada do que os das nascentes CAB, pelo que as extracções dos furos estão menos dependentes desta captação. (Figura 90).

Na nascente FTH verifica-se uma situação similar, com menos volume água captado, indiciando tratar-se de uma captação pertencente a um aquífero diferente e de menor capacidade de retenção.

Deste modo, o grupo das nascentes CAB, representam só por si uma grande parte do armazenamento da água do respectivo aquífero (Cabrito) e destinado ao consumo domiciliário do concelho de Angra do Heroísmo. (Figura 91)

Por outro lado confirma-se o incremento crescente da exploração dos caudais por furos de captação, não só complementando os caudais regulares das nascentes como também constituindo um recurso técnico fiável na prospeção e exploração da água subterrânea

Rodrigues (2002) refere que estas nascentes sofreram diminuições significativas de caudal após o sismo de Janeiro de 1980, o que está muito provavelmente associado à abertura ou reabertura de fracturas verticais permitindo a passagem da água para outros aquíferos subjacentes.

Contudo, Novo et al. (1997), considera que as nascentes do Cabrito apresentam uma grande variabilidade de caudais, o que reflecte uma grande dependência das recargas associada a uma baixa capacidade de armazenamento do aquífero.



Figura 91 – Grupo de nascentes do Cabrito - Nascente da Furna de Agua. Fonte SMAH

No quadro 21 mostra-se o caudal máximo de extração de água para os furos de captação do concelho de Angra do Heroísmo, tendo por base os respetivos relatórios técnicos.

Como se pode observar é possível extrair diariamente destas captações 7430 m³.

Destes, 2592 m³ provém de furos que captam o aquífero de base enquanto que 4407 m³ provém de aquíferos suspensos.

Quadro 21 – Características técnicas dos furos.

Captação	Localização	Freguesia	Q máx m ³ /d
FVB	Vinha Brava	São Bento	1036,8
FAR	Farroco	Posto Santo	259,2
FTC	Terra Chã	Terra Chã	1296
FCM	Canada do Mato	São Sebastião	864
FST	Santana	São Sebastião	1036,8
FSM	Canada do Capitão-Mor	São Mateus	1209,6
FAC	Achada	Porto Judeu	1296
FAT	Aterro	Porto Judeu	432
Total			7430,4

Neste quadro não foram contabilizados os furos construídos em 2009 que foram equipados em 2011, cujo somatório de caudais ronda os 2000 m³/dia.

17. AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DAS CAPTAÇÕES

A água distribuída para o consumo humano constitui um importante veículo de transmissão de doenças infecciosas, sendo a avaliação da sua qualidade microbiológica de primordial importância.

Rodier (1981), citado por Lobo (1993), determina que a presença nas águas de bactérias saprófitas do grupo coliforme, é um sinal de alerta de possível contaminação fecal que pode trazer consequências para a saúde da população abastecida.

A prevenção de doenças infecciosas com origem microbiana, faz-se identificando por análise microrganismos indicadores de contaminação nas águas, dos quais fazem parte os microrganismos de origem fecal e ainda o número total de microrganismos.

Na análise microbiológica das águas para consumo recorre-se com frequência à contagem do número de colónias que se desenvolvem a 22 °C e 37°C. Esta operação de contagem de germes tem pouco significado como indicador de poluição fecal, permitindo apenas controlar a variação quantitativa dos organismos presentes, servindo a temperatura como fator seletivo.

O número de colónias a 22°C corresponde em geral às bactérias que de forma natural ocorrem na água, tendo pouco significado para a saúde pública. De acordo com Alves (2010) as colónias detetadas a 37° C, quando comparadas com as colónias a 22°C podem constituir um indicador precoce da deterioração da qualidade da água, uma vez que comportam bactérias termófilas.

Para Lobo (1993) a maior parte das bactérias do grupo coliforme pertence à família das *Enterobacteriaceae*, que engloba os géneros *Echericia* e *Enteorobacter*, formando o grupo coliforme. A sua presença indicia que o tratamento não foi eficaz ou contaminações posteriores ao nível da rede de distribuição.

Outra família as *Deinococcaceae* com os seus géneros *Streptococos* e *Clostridium* também é englobada nos micro-organismos de origem fecal, sendo o género *Clostridium* indicador de uma contaminação não recente devido à sua resistência às condições ambientais fora do hospedeiro.

De acordo com a legislação portuguesa a qualidade microbiológica da água deve ser avaliada através da quantificação das suas propriedades, comparando-se com valores limite a respeitar.

17.1. DADOS DE REFERÊNCIA

A qualidade microbiológica das águas para consumo humano no concelho de Angra do Heroísmo é feita desde a década de 80, existindo registos dos resultados analíticos nos Serviços Municipalizados de Angra do Heroísmo e na Secretaria Regional do Ambiente.

Lobo (1993) com base nos resultados analíticos obtidos entre 1981 e 1987, faz uma avaliação microbiológica das águas para consumo humano no concelho, considerando a existência de focos de contaminação importantes e evidenciada por microrganismos de origem fecal. (Quadro 22) De acordo com este autor, este fenómeno estava associado à presença de sistemas de abastecimento muito antigos, que comportavam captações inadequadas, reservatórios em mau estado de conservação e condutas em barro e de fibrocimento.

A partir de 1984, os Serviços Municipalizados de Angra do Heroísmo iniciaram um processo de reestruturação dos sistemas de abastecimento, que incluíram a remodelação dos sistemas de captação, a construção de novos reservatórios, a renovação de redes, construção de lagoas artificiais nos Altares e a execução do sistema de abastecimento Ribeirinha – Cabo da Praia. Neste processo, substituíram-se condutas com mais de 100 anos construídas em barro, eliminaram-se sistemas *em arquinha* e criaram-se condições logísticas para a implementação de sistemas modernos de tratamento, monitorização e controle da qualidade da água para consumo humano.

A partir de 1991 a água fornecida à ilha Terceira passou a estar sujeita a um controlo de qualidade. A maioria dos sistemas de abastecimento foi sujeita a processos de desinfecção por cloração e estabeleceram-se planos de monitorização, que incluíam análises periódicas à água fornecida.

A lagoa artificial dos Altares passou a estar sujeita a tratamentos mais complexos que incluíam, filtragem, coagulação por meio de sais de alumínio e sedimentação e cloração.

No quadro 22 mostra-se a variação de bactérias coliformes, *Eschericia coli*, *Clostridium perfringens* e *Enterococos* nos anos de 1981, 1982 e 1987, conforme o publicado por Lobo (1993). Os valores obtidos são elevados nas nascentes dos Altares, Raminho, Serreta e Cabrito, evidenciando de forma clara processos de contaminação fecal.

Meneses (1993) considera que a poluição microbiológica das águas dos Açores está em grande parte associada à atividade agropecuária, nomeadamente ao pastoreio livre de animais.

A presença de sistemas de ordenha móvel que criam zonas concentradas de matéria orgânica fecal nas zonas de recarga dos sistemas aquíferos ou próximas das captações constituíram e constituem importantes fontes de contaminação.

Quadro 22 – Dados de referência de Lobo (1993).

Pontos de Captação		Bactérias coliformes (ufc/100ml)	Eschericia coli (ufc/100ml)	Clostridium perfringens (ufc/100ml)	Enterococos (ufc/100ml)
Nasce-Água					
1981	Set	0	-	+	0
1982	Mai	0	-	+	0
1987	Fev	0	-	-	0
Altares					
1981	Set	»500	+	+	»500
1982	Mai	»500	+	+	»500
1987	Fev	370	+	-	»500
Serreta					
1981	Set	50	+	+	0
1982	Mai	0	-	-	0
1987	Fev	2	4	2	220
Raminho					
1981	Set	0	-	-	2
1982	Mai	»500	+	+	84
1987	Fev	6	+	-	0
Cabrito					
1981	Set	14	+	-	8
1982	Mai	12	-	-	0
1987	Fev	50	+	-	5
Fonte da Telha					
1981	Set	0	-	-	2
1982	Mai	4	+	-	220
1987	Fev	0	+	+	0

A qualidade microbiológica da água distribuída às populações é regida pelo Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto. Os parâmetros microbiológicos devem estar de acordo com o Valor Paramétrico definido no Dec. – Lei 306/2007, correspondendo sempre a zero unidades detetadas (Quadro 23).

Quadro 23 – Dados de referência do Dec. – Lei 306/2007.

PARÂMETRO	VP DL 306/2007
Nº de colónias a 22 °C (ufc/100ml)	0
Nº de colónias a 37 °C (ufc/100ml)	0
Bactérias coliformes (ufc/100ml)	0
Eschericia coli (ufc/100ml)	0
Enterococos (ufc/100ml)	0
<i>Clostridium perfringens</i> (ufc/100ml)	0

17.2. RESULTADOS OBTIDOS

No quadro 24 mostra-se a variação das *bactérias coliformes* nas captações do concelho de Angra do Heroísmo, entre 2007 e 2011.

Como se pode observar a água proveniente das captações RAM, ALT, SER e CAB são as que apresentam valores mais elevados de micro-organismos.

As nascentes associadas à captação FTH apresentam água sem incumprimentos neste parâmetro, enquanto que no ponto NAG as contagens são apenas pontuais.

Nos furos de captação não foi detetada a presença deste tipo de bactérias, quer nos que captam o aquífero de base (FVB, FAR e FSM) quer nos que intercetam aquíferos suspensos (FST e FAC).

No furo FCM verificou-se uma contagem pontual em Outubro de 2011.

Nos meses anteriores a esta data verificou-se uma avaria neste furo o que levou algum tempo a ter sido regularizada tecnicamente a situação.

Este facto indicia que por este motivo à data da monitorização tenha surgido a contagem deste tipo de bactérias na amostragem colhida.

No Furo FTC, que intercepta o aquífero de base, verificou-se no mês de Abril de 2007, 600 contagens destes micro-organismos.

Este facto poderá estar associado a uma contaminação pontual associada à deficiências nas estruturas da captação, que se localizam junto a terrenos de pastagem mal vedados e a uma zona habitacional sem rede de esgotos.

Quadro 24 – Dados obtidos de *bactérias coliformes*. Fonte SMAH.

Bactérias coliformes (ufc/100ml)		CAB	NAG	FTH	ALT	RAM	SER	FTC	FVB	FAR	FSM	FCM	FST	FAC
2007	Abr	6	0	0	15	80	190	600	0	0	0	0	0	0
	Set	2	3	0	2	48	24	0	0	0	0	0	0	0
2008	Mai	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	25	19	0	16	32	17	0	0	0	0	0	0	0
2009	Mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Abr	0	3	0	2	5	7	0	0	0	0	0	0	0
	Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	Set	0	47	0	100	100	57	0	0	0	0	0	0	0
	Jan	3	0	0	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0
	Abr	58	0	0	58	100	29	0	0	0	0	0	0	0
	Jun	32	0	0	19	100	28	0	0	0	0	0	0	0
2011	Out	100	0	0	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jan	49	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Abr	26	0	0	48	12	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jul	21	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
	Out	63	0	0	58	26	50	0	0	0	0	84	0	0

Na Figura 92 mostra-se graficamente o número dos incumprimentos entre 2007 e 2011 em todas as captações do concelho relativamente à presença de bactérias coliformes. Como se pode observar as captações ALT, RAM, SER e CAB e FTC, foram as mais problemáticas enquanto a FTH, FVB, FAR, FSM, FST e FAC não apresentaram quaisquer incumprimentos.

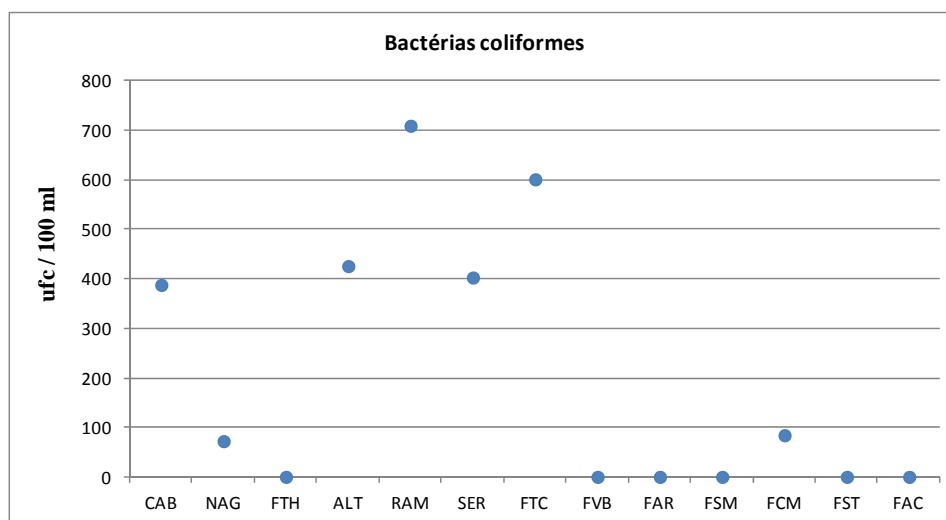


Figura 92 - Número de incumprimentos referente a bactérias coliformes nas captações entre 2007 e 2011.

A presença de contaminação nos pontos RAM, ALT e SER explica-se pelo facto dos aquíferos do maciço de Santa Barbara se desenvolverem em material pomítico, com permeabilidade elevada, e em zonas de pastagem onde a defecação dos animais em

pastoreio livre deve contaminar a água. A presença de bactérias coliformes no ponto FCM explica-se por avaria no furo nos meses anteriores indiciando uma possível contaminação deste tipo de bactérias no ponto de recolha.

A contaminação destetada no ponto CAB poderá estar associada a deficiências na própria captação, uma vez que a água é aduzida no interior dum tubo de lava numa calha com mais de 100 m de extensão. No interior do tubo de lava ocorre a infiltração de águas superficiais, podendo existir contaminação. A possibilidade de poluição, associada à ocorrência de um microfilme com colónias de bactérias mais resistentes nas paredes interiores do tubo de lava deve ser também equacionada

No quadro 25 mostra-se o número de *Enterococos sp* nas águas provenientes das captações do concelho de Angra do Heroísmo entre 2007 e 2011. Como se pode constatar as situações problemáticas ocorreram nas captações ALT, RAM, SER e CAB, confirmando as suposições anteriores referenciadas. Nas captações NAG registou-se um incumprimento em 2007, enquanto a nascente da Fonte da Telha não se verificou qualquer ocorrência ao longo do período de tempo considerado.

Nas monitorizações dos furos FVB, FAR, FTC, FSM, FCM, FST, FAC não se registaram contagens positivas desta bactéria.

Quadro 25 – Dados obtidos de *Enterococos sp*. Fonte SMAH.

Enterococos (ufc/100ml)		CAB	NAG	FTH	ALT	RAM	SER	FTC	FVB	FAR	FSM	FCM	FST	FAC
2007	Abr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set	2	3	0	3	23	38	0	0	0	0	0	0	0
2008	Mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	Mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Abr	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	Set	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	Jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Abr	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jul	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	Out	100	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Abr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jun	0	0	0	0	86	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	Out	10	0	0	57	29	100	0	0	0	0	0	0	0

Na figura 93 mostra-se graficamente o numero total de incumprimentos referente ás bactérias *Enterococos sp*. em todas as captações consideradas. Como se pode verificar os

pontos ALT, RAM, SER, CAB são os que apresentam valores mais elevados deste tipo de bactérias, confirmando as razões aduzidas para os resultados obtidos para as bactérias coliformes. O ponto NAG apresenta apenas uma ocorrência em 2007, não se tendo registado nenhuma no ponto de captação FTH. Nos furos de captação não se verificaram contagens destes micro-organismos no período considerado.

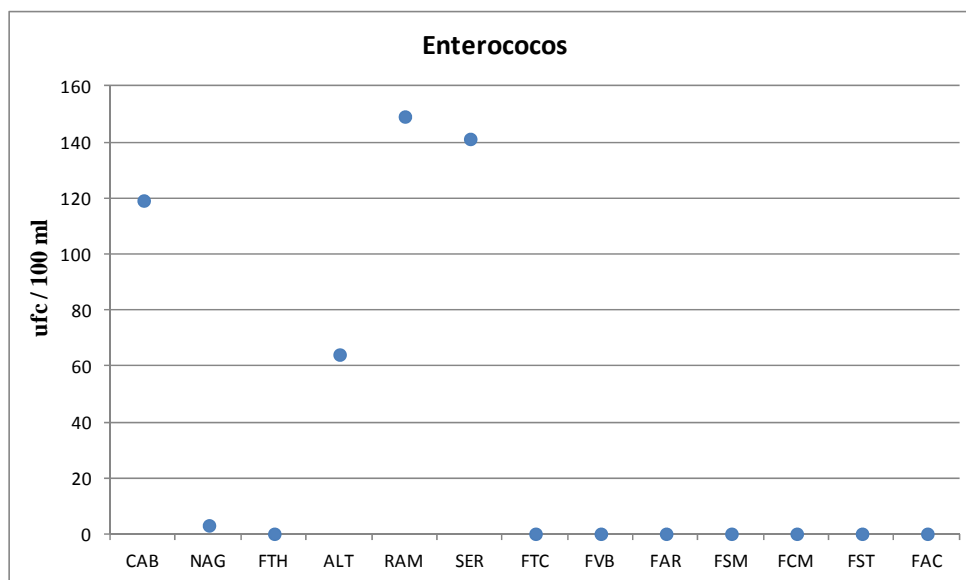


Figura 93 - Número de incumprimentos referente a bactérias *Enterococos sp.* nas captações.

No Quadro 26 mostra-se o número de inconformidades referentes à presença da bactéria gram - negativa *Eschericia sp* nas captações associadas às nascentes em estudo.

Como se pode constatar as situações problemáticas ocorreram predominantemente nas captações ALT, RAM, CAB e, com menos incidência, na captação do SER.

O ponto NAG registou pontualmente incumprimentos, sobretudo em 2009, ano em que se verificou uma série de problemas de abastecimento de água no concelho.

No ponto FTH apenas ocorreram situações anómalas em Setembro 2007.

No Furo FTC, que intercepta o aquífero de base, verificou-se em Abril de 2007, 360 contagens destes micro-organismos.

Na captação FCM verificou-se uma ocorrência pontual desta bactéria em Outubro de 2011. Atendendo ao facto de se ter verificado uma avaria nos meses anteriores a esta recolha, pressuponho que a razão deste incumprimento esteja associado à mesma, no local de recolha da amostra.

Quadro 26 – Dados obtidos de *Eschericia sp.* Fonte SMAH.

Eschericia coli (ufc/100ml)		CAB	NAG	FTH	ALT	RAM	SER	FTC	FVB	FAR	FSM	FCM	FST	FAC
2007	Abr	4	0	0	9	80	0	360	0	0	0	0	0	0
	Set	0	0	2	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	Mai	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0	0	0	16	32	17	0	0	0	0	0	0	0
2009	Mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Abr	0	3	0	2	5	7	0	0	0	0	0	0	0
	Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set	0	14	0	100	100	57	0	0	0	0	0	0	0
2010	Jan	3	0	0	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0
	Abr	46	0	0	46	100	23	0	0	0	0	0	0	0
	Jul	16	0	0	17	100	3	0	0	0	0	0	0	0
	Out	100	0	0	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	Jan	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Abr	26	0	0	48	12	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jul	21	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
	Out	44	0	0	58	26	50	0	0	0	0	84	0	0

Na Figura 94 mostra-se graficamente o número de contagens referente a bactéria *Eschericia coli* sp em cada uma das captações no período em análise. Como se pode observar as captações ALT, RAM, SER e CAB foram as mais problemáticas enquanto as FTH e CAB apresentaram incumprimentos pontuais, reforçando as teses anteriormente expostas. Nos furos de captação não se verificaram situações anómalas com excepção do furo basal FTC, onde houve algumas inconformidades de carácter pontual e no furo FCM por avaria.

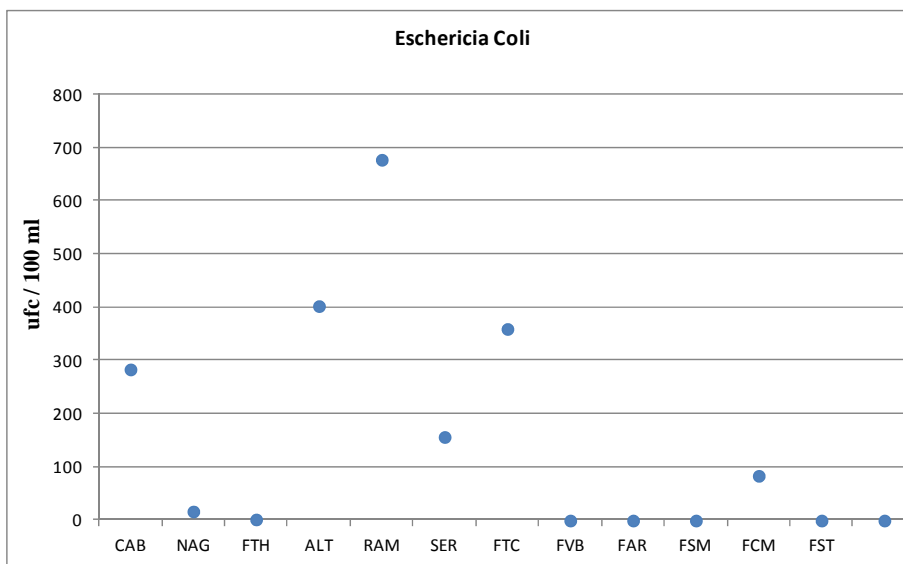


Figura 94– Número de incumprimentos referente a bactérias *Eschericia sp.* nas captações.

No Quadro 27 mostra-se as contagens dos esporos da bactéria *Clostridium perfringens* nas captações em estudo entre 2007 e 2011. Como se pode verificar apenas no ano de 2009

registou-se uma ocorrência de incumprimento nas nascentes afectas ao ponto ALT e no ano de 2010 no ponto CAB. É de salientar que a contagem desta bactéria na água tem origem exclusivamente fecal. A sua presença em águas subterrâneas, na ausência da *E.coli* e enterococos indicia poluição fecal remota, antiga e sugere que a fonte responsável pela contaminação seja intermitente. Nos furos de captação não se verificaram inconformidades.

Quadro 27 – Dados obtidos de *Clostridium perfringens*. Fonte SMAH.

Clostridium perfringens (ufc/100ml)		CAB	NAG	FTH	ALT	RAM	SER	FTC	FVB	FAR	FSM	FCM	FST	FAC
2007	Abr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	Mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	Mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Abr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	Set	0	0	0	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Abr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	Out	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Abr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Na Figura 95 mostra-se graficamente o número de contagens referente à bactéria *Clostridium perfringens* sp em cada uma das captações no período de análise.

Como se pode observar somente na captação das nascentes do Altares (ALT) em Setembro de 2009 e na captação do Cabrito (CAB) em Outubro de 2010 houve incumprimentos em detrimento de todas as outras, que não apresentaram resultados positivos de contagem.

Nos furos de captação não se verificaram inconformidades.

Este facto pode refletir contaminações fecais antigas uma vez que as bactérias *Clostridium perfringens* apresentam uma excepcional longevidade em função da grande resistência a condições ambientais desfavoráveis.

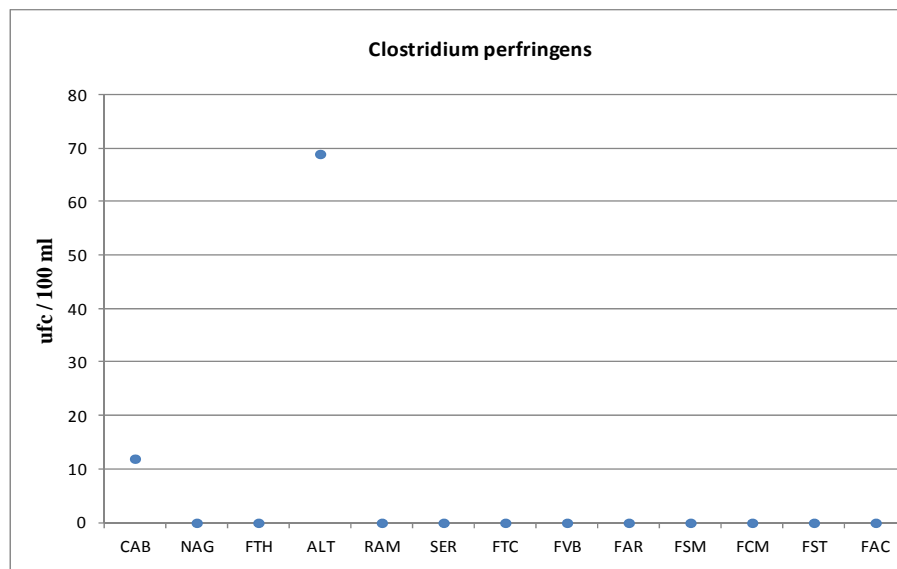


Figura 95 - Número de incumprimentos referente a bactérias *Clostridium perfringens*. nas captações.

No Quadro 28 mostra-se a variação do número de colónias a 22°C (ufc/100ml), nas captações do concelho de Angra do Heroísmo, entre o ano de 2007 e o ano de 2011.

Como se pode constatar ao longo da monitorização verificaram-se ocorrências de contagens em todas as captações. Este facto está associado à ocorrência natural de bactérias na água, tendo pouco significado na saúde pública. Com exceção do ponto FAC contaram-se colónias de germes em todos os furos monitorizados.

Quadro 28 – Dados obtidos de colónias a 22°C. Fonte SMAH.

Nº colónias a 22 °C (ufc/100ml)		CAB	NAG	FTH	ALT	RAM	SER	FTC	FVB	FAR	FSM	FCM	FST	FAC
2007	Abr	300	0	76	300	300	300	0	0			0	0	
	Set	28	28	76	300	300	75	300	0	300		19	0	
2008	Mai	10	120	110	46	0	0	0	0	12		8	0	
	Nov	37	300	0		71	33	0	0	12		0	0	
2009	Mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0		16	3	
	Abr	10	7	0	120	180	61	8	50	26		0	230	
	Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	
2010	Set	300	53	0	300	210	300	35	300	300		0	0	
	Jan	43	0	0	74	82	88	110	7	3		300	280	
	Abr	120	3	0	200	300	100	14	14	35		36	0	
	Jul	36	43	4	82	210	170	6	7	70		4	0	
2011	Out	240	4	8	190	140	5	48	25	150		0	0	
	Jan	300	0	0	150	160	31	88	28	76	150	150		0
	Abr	91	10	6	90	190	38	14	0	0	0	300	300	0
	Jun	83	59	32	300	300	300	0	10	0	32	9	30	0
	Out	300	17	53	300	300	300	0	0	0	0	0	0	0

Na Figura 96 mostra-se graficamente o número de contagens de germes a 22°C (ufc/100ml) nas captações do concelho de Angra do Heroísmo entre o ano de 2007 e o ano de 2011. Como se pode observar em todas estas captações verificaram-se contagens positivas o que indicia a presença de bactérias na água. Exceptua-se o furo FAC, onde nas análises efectuadas não se registaram quaisquer contagens.

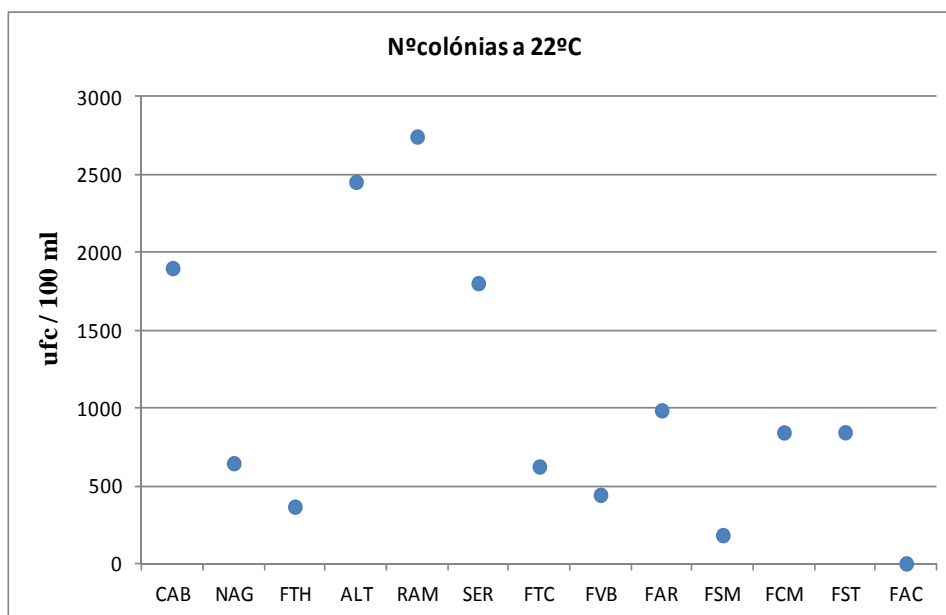


Figura 96 - Número de incumprimentos referente a bactérias numero de colónias a 22° C(ufc/100ml), nas captações.

No Quadro 29 mostra-se a variação do número de colonias a 37°C (ufc/100ml) nos pontos de análise entre 2007 e 2011.

Como se pode verificar ocorreram incumprimentos nas captações CAB, ALT, RAM e SER, FAR, FTC, FCM e FVB.

Este facto evidencia a presença de matéria orgânica na água nestes pontos, a qual ocorre de uma forma irregular ao longo do tempo, estando provavelmente associada a sazonalidade do manejo dos rebanhos.

Nas restantes captações verificaram-se também ocorrências, embora em número inferior, sendo as nascentes do ponto FTH as que apresentaram uma menor incidência.

Quadro 29 – Dados obtidos de colónias a 37°C. Fonte SMAH.

Nº colónias a 37 °C (ufc/100ml)		CAB	NAG	FTH	ALT	RAM	SER	FTC	FVB	FAR	FSM	FCM	FST	FAC
2007	Abr	22	0	33	110	120	21	0	0	5		6	0	
	Set	30	6	44	63	300	300	300	0	300		17	0	
2008	Mai	8	92	60	0	0	0	0	3	14		0	0	
	Nov	23	300	0	5	26	5	0	0	10		0	0	
2009	Mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0			20	
	Abr	0	5	0	9	2	19	2	0	4		10	170	
	Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	
	Set	300	6	0	280	63	82	32	300	300		0	0	
2010	Jan	10	0	0	36	16	23	71	2	2		230	170	
	Abr	100	1	1	42	110	20	150	0	86		48	0	
	Jul	27	4	0	20	40	14	5	7	97		1	0	
	Out	200	2	3	110	130	4	91	42	290		25	0	
2011	Jan	300	0	0	42	40	0	63	5	140	61	59	0	0
	Abr	12	23	25	23	41	0	0	0	0	0	28	26	0
	Jul	45	52	6	61	23	0	0	5	0	0	12	9	0
	Out	160	0	20	280	160	300							

Na Figura 97 mostra-se graficamente o número de contagens de germes a 37°C (ufc/100ml) nas captações do concelho de Angra do Heroísmo entre o ano de 2007 e o ano de 2011. Como se pode observar em todas estas captações verificaram-se contagens positivas o que indicia a presença de bactérias na água. Excetua-se o furo FAC, onde nas três análises efetuadas não se registaram quaisquer contagens.

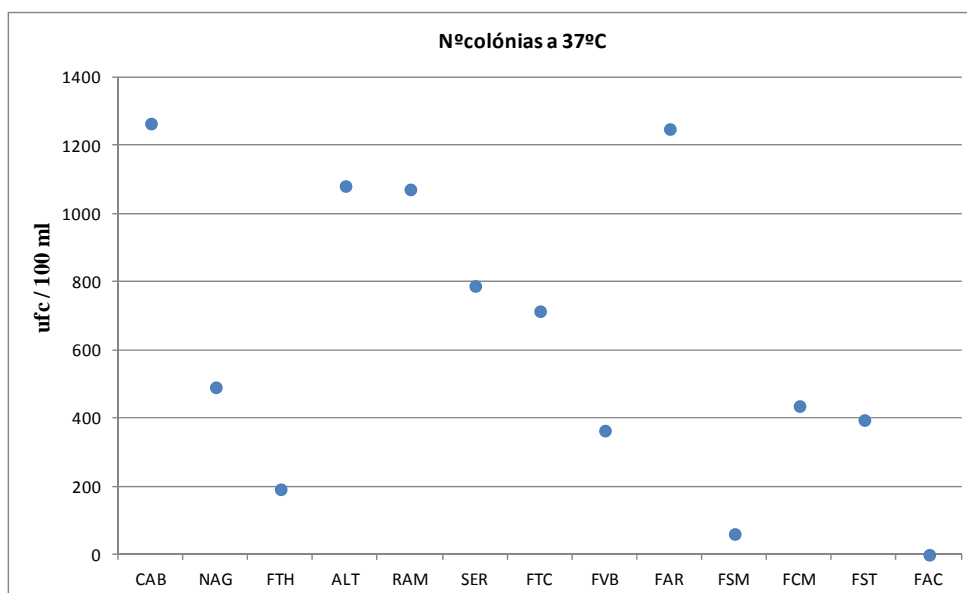


Figura 97 - Número de incumprimentos referente a bactérias número de colónias a 37°C (ufc/100ml), nas captações.

18 AVALIAÇÃO QUÍMICA DA ÁGUA DAS CAPTAÇÕES

18.1. CLORETOS

18.1.2. DADOS DE REFERÊNCIA

Os cloretos são um dos sais mais abundantes na natureza, especialmente na água do mar.

Nas águas superficiais os compostos deste elemento apresentam – se em condições ideais num teor médio inferior a 50 mg/l, dependendo da natureza dos terrenos atravessados e das rochas e das condições climatéricas. Os valores são mais elevados nas águas subterrâneas, tendo a sua presença influencia nos valores da condutividade da água.

Lobo (1993) refere nos seus trabalhos que para a ilha Terceira os cloretos variaram entre 8,4 mg/l e 391,9 mg/l com um valor médio de 68,4 mg/l.

Relativamente às nascentes, este autor determinou um valor médio dos cloretos para as nascentes de 25,2 mg/l e um valor médio para os furos de 309,0 mg/l.

Rodrigues (2002), considera que as águas basais são na sua generalidade do tipo cloretado sódico, revelando forte influência da hidrologia marinha na massa aquífera de base da ilha Terceira. Para este autor as águas subterrâneas caracterizam-se por apresentarem duas naturezas químicas distintas de acordo com a sua origem: uma mais mineralizada proveniente do corpo do aquífero basal e a outra pouco diferenciada associada à circulação e armazenamento em sistemas de aquíferos suspensos.

De acordo com o Dec – Lei 306/2007 o valor paramétrico admissível para este elemento em águas subterrâneas não poderá ultrapassar o índice de 250 mg/L - Cl.

18.1.3. RESULTADOS OBTIDOS

No quadro 30 e Figura 98 mostra-se a variação estatística referente aos valores registados do elemento cloretos nos furos em exploração do concelho de Angra do Heroísmo.

A média oscilou entre os valores 26,0 mg/l e 265,4mg/l, correspondente aos furos FST e ao furo FVB .

O valor mínimo registado ocorreu no furo FST, sendo o valor máximo no furo FVB.. Estes valores oscilaram entre 16,0 mg/l e 965,0 mg/l.

Em função do estipulado por lei, registaram-se incumprimentos no furo da Vinha Brava, ultrapassando o valor paramétrico admissível de acordo com o Dec – Lei 306/2007, num limite de 250 mg/l CL.

Quadro 30 – Dados estatísticos dos cloretos obtidos nos furos em exploração no concelho de Angra do Heroísmo.

	Cloretos						
	FCM	FVB	FAR	FTC	FST	FSM	FAC
Med	28,0	265,4	45,4	77,0	26,0	69,2	15,6
Max	31,0	965,0	55,0	106,0	28,0	89,0	20,0
Min	26,0	49,0	35,0	18,0	16,0	52,0	12,0

Os furos FCM, FST e FAC estão associados a aquíferos suspensos apresentando valores mais baixos enquanto que os furos FVB, FAR, FTC e FSM associam-se a aquíferos de base registando – se valores mais elevados.

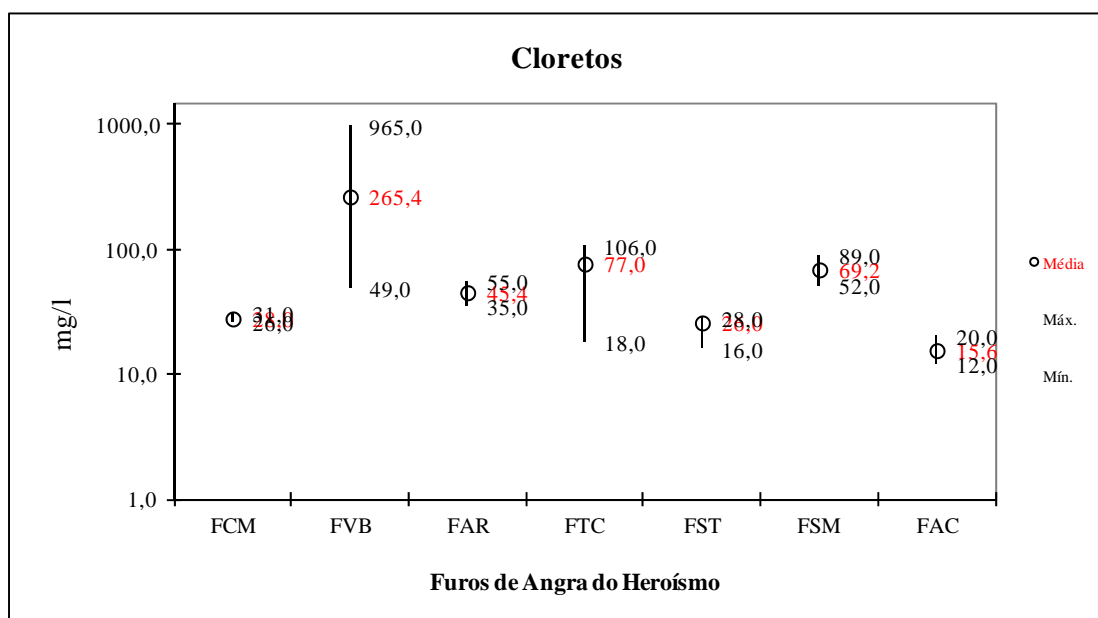


Figura 98 – Variação estatística dos cloretos nos furos em exploração, no concelho de Angra do Heroísmo.

No quadro31 e Figura 99 mostra-se a variação estatística referente aos valores registados do elemento cloreto nas nascentes monitorizadas no concelho de Angra do Heroísmo.

A média de valores registada oscilou entre 15,4 no CAB e 25,7 no RAM.

O valor mínimo oscilou entre 12,0 na nascente ALT e o 21,0 nas nascentes FTH e NAG.

O valor máximo registado atingiu o valor mínimo de 18,0 em CAB e 40,0 em RAM.

Note-se a similaridade entre os valores registados nestes pontos e o dos furos associados a aquíferos suspensos.

Quadro 31 - Dados estatísticos dos cloretos obtidos nas nascentes em exploração no concelho de Angra do Heroísmo.

Cloretos						
	ALT	RAM	SER	FIH	NAG	CAB
Med	17,9	25,7	23,7	22,9	22,9	15,4
Max	21,0	40,0	27,0	29,0	25,0	18,0
Min	12,0	17,0	17,0	21,0	21,0	13,0

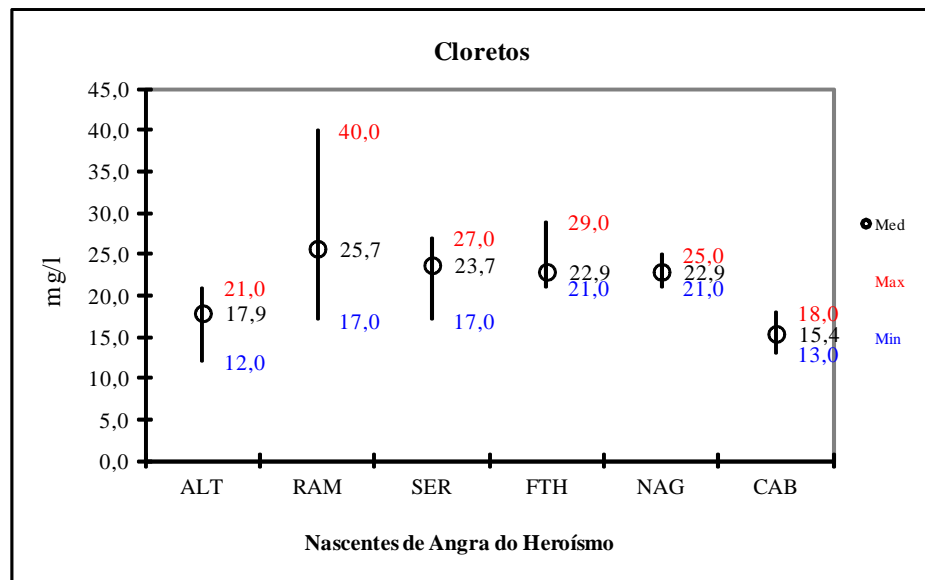


Figura 99 - Variação estatística dos cloretos nas nascentes em exploração no concelho de Angra Heroísmo.

Na figura 100 mostra-se a relação entre a condutividade e o teor de cloretos registados nos furos associados ao aquífero de base.

Como se pode observar existe uma correlação entre o teor de cloretos e a condutividade indiciando processos de intrusão marinha diferenciados.

No furo da Vinha Brava (FVB) os aumentos da condutividade eléctrica correspondem a aumentos lineares do ião cloreto o que leva a supor que a mineralização desta água está essencialmente relacionada com processos de intrusão salina.

No furo da Terra Chã (FTC) verifica-se uma situação similar embora possam existir indícios de outras substâncias que incrementaram o valor da condutividade. Estas poderão estar associadas a fluxos geotérmicos, facto plausível uma vez que a temperatura média destas águas ronda os 21,2°C.

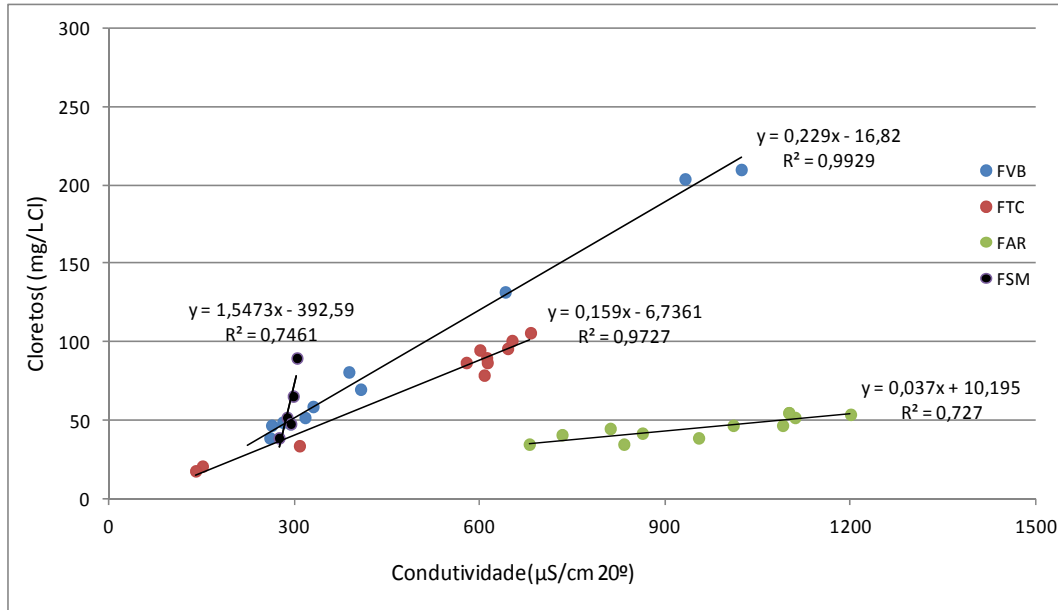


Figura 100 – Relação entre a condutividade elétrica e o teor de cloretos nos furos FVB, FTC, FAR e FSM.

No furo do Farroco (FAR) embora exista uma relação directa de recta entre a condutividade e a concentração do ião cloreto esta não é tão linear inferindo-se que a mineralização desta água se deverá à ocorrência de outros elementos químicos.

No furo de S. Mateus (FSM) verifica-se que os valores relativamente baixos da condutividade em relação aos valores dos outros furos indiciam tratar-se de um furo com fenómenos de intrusão salina ocasional.

18.2. NITRATOS

18.2.1 DADOS DE REFERÊNCIA

O azoto é uma dos elementos químicos que se destaca por participar na constituição de muitas das moléculas necessárias à vida sendo essencial ao desenvolvimento das plantas e dos animais.

Em estado natural o azoto encontra-se na atmosfera representando 78% do volume do ar. Este elemento também se encontra na crosta terrestre sob a forma de salitre ou nitratos, no húmus do solo, na sua forma orgânica (plantas e organismos vivos ou mortos) e sob a forma mineral (amoníaco), contribuindo desta forma para fertilização dos solos.

Os nitratos constituem uma das moléculas azotadas de grande importancia na medida em que são um componente essencial da biomassa das plantas e dos animais e por outro lado

funcionam como um poluente importante das águas subterrâneas e superficiais utilizadas no consumo humano domiciliário.

Os nitratos presentes na água devem-se essencialmente a processos de agricultura intensiva que recorrem a elevadas quantidades de fertilizantes contendo azoto inorgânico, aos dejectos dos animais e à industrialização.

Rodrigues(2002) considera que na ilha Terceira os valores dos nitratos são muito diversificados sendo tendencialmente mais elevados nas nascentes basais. Este facto prende-se provavelmente com o uso das práticas agrícolas na faixa litoral costeira e com a utilização intensiva do uso de fertilizantes. Nos furos basais este elemento apresenta também valores elevados nomeadamente no furo da Terra-Chã e no furo da Canada do Mato. Nas águas dos aquíferos suspensos o valor dos nitratos varia desde valores próximos dos 70,2 mg/l na nascente de Santana, S.Sebastião e valores menores aproximados dos 0,5mg/l em algumas nascentes dos sistemas aquíferos do Raminho, Cabrito e Altares. (Rodrigues, 2002).

Tal como já foi afirmado a origem destes valores nas águas subterrâneas deve-se a actividades antrópicas e a um tipo de agricultura intensiva nas zonas de drenagem destes pontos de captação.

Lobo(1993) considera o valor de 4,2 mg/l para as nascentes da ilha Terceira e 6,2 mg/l para os furos. A presença de compostos inorgânicos tais como nitratos está directamente relacionada com a presença de matéria orgânica decomponível cujos valores apurados oscilaram entre um valor mínimo de 0,0 NO₃-/l a um valor máximo de 156,8 mg e com um valor médio de 16,6 mg.

18.2.2 RESULTADOS OBTIDOS

No quadro 32 e Figura 101 mostra-se a variação estatística das nascentes referente aos valores registados dos nitratos. Como se pode observar os valores oscilaram entre um mínimo de 0,8 mg na nascente ALT e um valor máximo de 18,0 mg nas nascentes RAM e SER.

O valor médio calculado para cada ponto oscilou entre 1,8 na nascente ALT e 14,3 na nascente RAM.

Os valores elevados em RAM e SER podem estar associados à localização desta captação de água em zonas de pastagem sujeitas a fertilizações intensivas.

Quadro 32 - Dados estatísticos dos nitratos obtidos nas nascentes em exploração no concelho de Angra do Heroísmo.

Nitratos						
	ALT	RAM	SER	FIH	NAG	CAB
Med	1,8	14,3	10,4	11,5	5,8	3,6
Max	3,0	18,0	18,0	14,0	9,0	5,0
Min	0,8	9,0	7,0	10,0	4,0	2,4

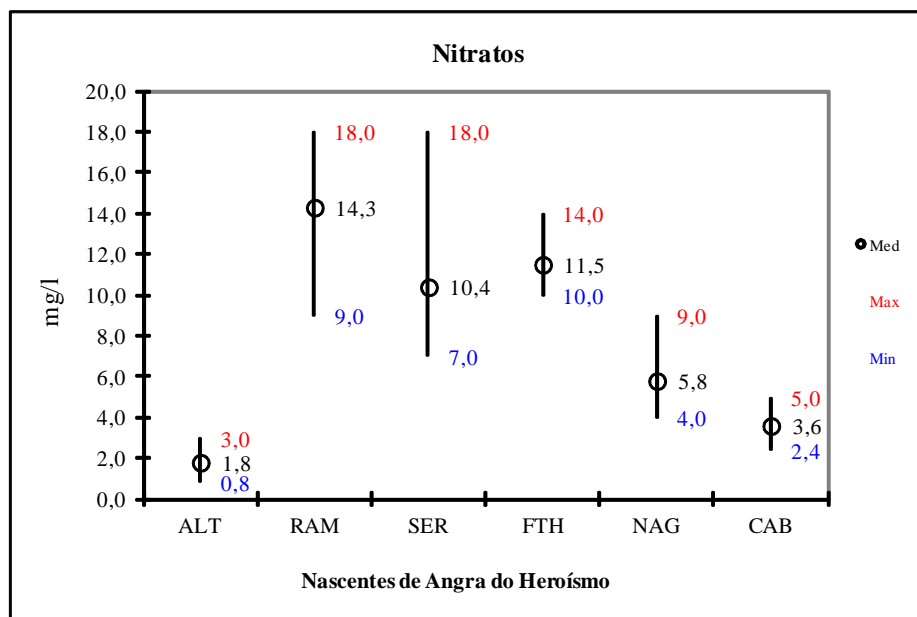


Figura 101 – Variação estatística dos nitratos nas nascentes em exploração no concelho de Angra do Heroísmo.

No quadro 33 e Figura 102 mostra-se os valores médios, mínimos e máximos dos nitratos nos furos. Como se pode observar verifica-se um valor mínimo de 0,1 no furo FAR e um valor máximo de 25,0 no furo FCM. O valor médio oscilou entre 0,4 no FAR e 22,6 no FCM.

Quadro 33 – Dados estatísticos dos nitratos obtidos nos furos em exploração, no concelho de Angra do Heroísmo.

Nitratos							
	FCM	FVB	FAR	FTC	FST	FSM	FAC
Med	22,6	12,2	0,4	5,1	8,3	14,7	7,7
Max	25,0	15,0	2,0	9,0	15,0	16,0	12,0
Min	18,0	10,0	0,1	2,4	2,4	14,0	5,0

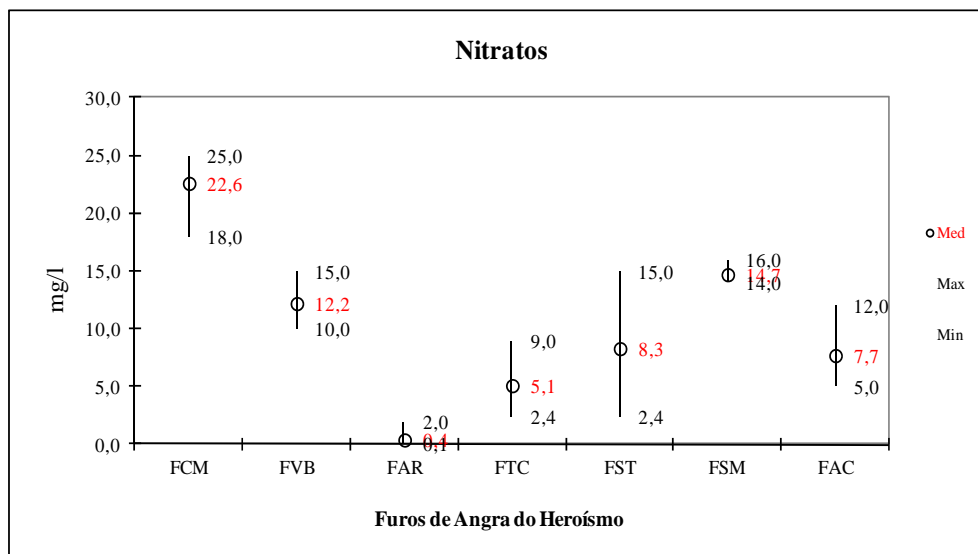


Figura 102 - Variação estatística dos nitratos nos furos em exploração.

Na figura 103 mostra-se a relação entre a condutividade e o teor do elemento nitrato registados nos furos associados a aquíferos suspensos. Como se pode observar existe uma correlação entre todos os furos o que evidencia a importância deste composto na qualidade da água destes furos. A variação da condutividade em cada furo implica variações no teor de nitratos diferentes, indiciando processos de infiltração no solo de fertilizantes no uso das práticas agrícolas. O furo FCM encontra-se em plena bacia leiteira da ilha Terceira na zona dos Cinco Picos, pelo que os resultados registados indiciam forte influência de atividade agrícola intensa particularmente com o uso dos fertilizantes na prática do cultivo das terras e na alimentação do gado bovino desta zona.

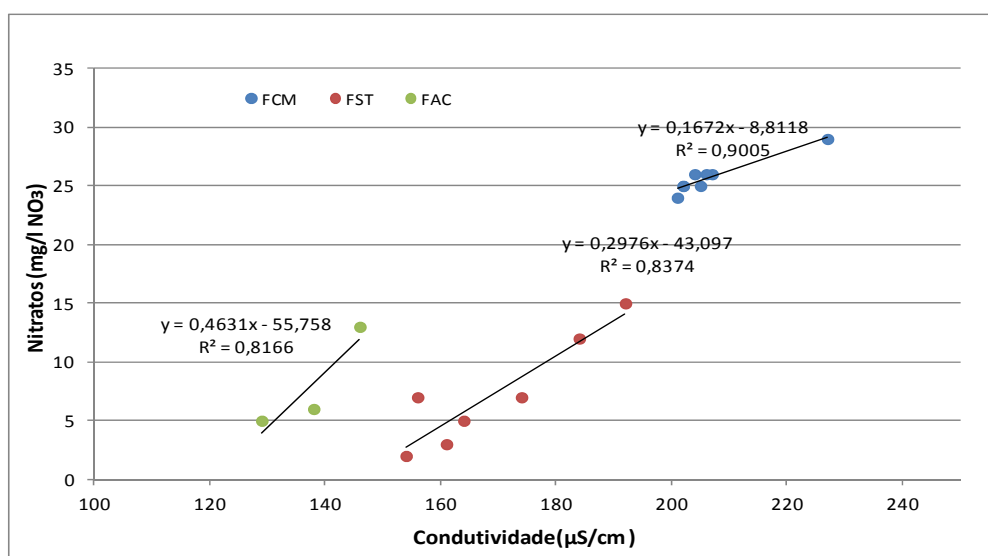


Figura 103 – Relação entre a condutividade eléctrica e o teor nitratos nos furos FCM, FST e FAC.

19 CONCLUSÕES

O abastecimento domiciliário de água no concelho de Angra do Heroísmo assenta na exploração de recursos subterrâneos, através da captação de nascentes e da exploração de furos. As nascentes, na sua totalidade, constituem pontos de descarga de aquíferos suspensos e os furos captam aquíferos suspensos na caldeira dos Cinco Picos e a franja costeira do aquífero de base na orla sul da ilha.

Os caudais das nascentes representam em média (87%) da água fornecida aos consumidores, sendo os restantes (13%) explorados através dos furos.

As nascentes da Nasce Água (NAG), do Cabrito (CAB) e da Fonte da Telha (FTH), são as de maior produtividade, fornecendo $\frac{3}{4}$ da água consumida no concelho (CAB com 42% , NAG com 31% e FTH com 10%). As nascentes dos Altares (ALT), Raminho (RAM) e Serreta (SER), no seu conjunto, perfazem apenas 3% dos consumos.

Os caudais das nascentes apresentam uma grande sazonalidade, associada aos processos de recarga aquífera. De um modo geral os caudais reduzem – se no verão em média 46 %, considerando o período de referência (2007 – 2010) sendo as nascentes dos Altares, Raminho e Serreta, associadas a aquíferos suspensos de natureza pomítica, as mais vulneráveis, com reduções que podem atingir 43 %. (2007 – 2010).

As nascentes associadas aos aquíferos suspensos localizados no maciço de Guilherme Moniz representam em média 90% da água consumida no concelho de Angra do Heroísmo, quer através das captações CAB, NAG e FTH (84% do volume) quer através da nascente dos Moinhos, localizada no concelho da Praia da Vitória, que fornece parte do abastecimento das freguesias do Raminho e Altares.

Os caudais extraídos dos furos de captação têm um carácter complementar ao das nascentes, sendo utilizados apenas quando estes últimos não são suficientes. Os caudais passíveis de serem extraídos destas captações rondam em média os 10 485.00 m³/dia, o que, em termos estratégicos, constitui uma reserva capaz de fazer face a situações pontuais de carência de água nas nascentes.

A rede de captações no concelho, tanto nascentes como furos, apresentam condições sanitárias e de segurança em conformidade com o estipulado na lei. A maior parte está devidamente delimitada dos terrenos ou vias de comunicação circundantes, com muro de vedação e/ou rede. O furo da Vinha Brava (FVB) apesar de estar bem delimitado dos espaços circundantes, dispõe-se nas proximidades de uma unidade industrial, devendo dar-se especial atenção a eventuais lançamentos de águas residuais nos terrenos à volta, que podem contaminar o aquífero de base interceptado por esta captação.

Todas as captações do concelho de Angra do Heroísmo estão protegidas por um edifício ou caixa de captação bem conservados e protegidos do exterior, e com boas condições de acesso. As captações NAG e FAR são servidas por um caminho pavimentado com bagacinas, exigindo nos períodos de inverno, quando ocorrem maiores precipitações, uma manutenção cuidada.

No interior das captações as condições sanitárias são na sua generalidade boas. A possibilidade de contacto com águas superficiais são remotas na generalidade, contudo na captação CAB a ocorrência de bactérias coliformes poderá estar associada à infiltração de águas no extenso tubo de conduta da água inserido num tubo de lava adaptado.

As paredes interiores dos edifícios de proteção são revestidas por azulejos brancos ou caiadas. Na maior parte das captações existem caudalímetros integrados num sistema de telegestão que está em fase de montagem.

De um modo geral, a qualidade da água distribuída para consumo domiciliário no concelho de Angra do Heroísmo está dentro dos parâmetros exigidos pela lei, verificando-se apenas inconformidades pontuais devido a factores externos à monitorização.

A temperatura, condutividade elétrica e o pH, durante o período de monitorização, estiveram de acordo com o estipulado pela lei (Anexo VI do DL 236/98 de 1 de Agosto – VMR e VMA e Anexo I do DL 243/2001 de 5 de Setembro – Valor Máximo Recomendado e Valor Máximo Admissível).

As temperaturas mais elevadas verificam-se nos furos de S. Mateus (FSM), Terra Chã (FTC) e Farroco (FAR), que captam o aquífero de base nos sectores N e NW dos arredores de Angra do Heroísmo. Este facto evidencia uma circulação profunda, em terrenos com gradientes geotérmicos elevados.

Os valores de pH mantiveram-se relativamente contantes ao longo do período de monitorização, registando-se apenas situações pontuais de inconformidade nas nascentes ALT e nos furos FTC e FVB.

A condutividade elétrica em todos os pontos monitorizados esteve dentro dos limites paramétricos estipulados na lei.

Nos furos de captação que interceptam o aquífero de base registaram-se os valores mais elevados (FAR, FVB e FTC), o que sugere a ocorrência de águas mineralizadas por contaminação marinha.

Os resultados obtidos neste trabalho sugerem neste domínio estudos mais aprofundados que incidem no conhecimento detalhado dos recursos hídricos disponíveis do concelho.

Estes estudos incidirão, por um lado na avaliação da vulnerabilidade das formações aquíferas e por outro na caracterização de consumos a fim de se prever ao longo do ano situações de excedência ou de carência de água, na distribuição domiciliária à população.

Por fim, dada a grande quantidade de explorações agrícolas na ilha Terceira é urgente repensar as boas práticas desta atividade, valorizando o recurso água e promovendo a sustentabilidade da sua exploração.

BIBLIOGRAFIA

- ALEGRE, *et al.*(2004). Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água. Série Guias Técnicos nr.1. Instituto Regulador de Águas e Resíduos. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Edição: Instituto Regulador de Aguas e Resíduos. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

- ALEGRE, *et al.*. 2005. Controlo de perdas de água em sistemas públicos de abdução e distribuição. Serie Guias Técnicos n.º 3. Instituto Regulador de Águas e Resíduos. Instituto da Agua. Laboratório de Engenharia Civil. Edição: Instituto Regulador de Águas e Resíduos. Instituto da Agua. Laboratório de Engenharia Civil. Edição.

- ALMEIDA, Maria et al. 2006. Uso eficiente da água no sector urbano. Serie Guias Técnicos n.º 8 Instituto da Agua (INAG). Instituto Regulador de Aguas e Resíduos (IRAR). Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). Edição do Instituto da Agua (INAG). Instituto Regulador de Aguas e Resíduos (IRAR). Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC)

- ALVES, Célia.2010. Tratamento de Águas da Abastecimento (3ªedição revista e aumentada). Publindústria, Edições Técnicas. Publidisa, Publicações Digitales SA.Engobook – Conteúdos de Engenharia e Gestão.

- AZEVEDO, E.M.B., 2001 – Escoamento Superficial no Arquipélago dos Açores. Publicação interna. DCA, Universidade dos Açores

- BORGES, Ana. 2002. Determinação da Variação da Salinidade e Poluição dos Furos do Concelho da Praia da Vitória. Licenciatura em Engenharia do Ambiente. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.

- COBA.GEOTERCEIRA.2003.Plano de Contingência para o abastecimento público de água às populações. Consultores de Engenharia e Ambiente. Relatório.

- CONTROLO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO.2002. INSTITUTO DO AMBIENTE. Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente,

Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa. Instituto do Ambiente Minerva do Comércio, Veiga & Antunes, Lda.

-COSTA, Andrea. 2006. Atlas hidrogeológico das águas minerais dos Açores. Departamento de Geociências. Universidade dos Açores. Ponta Delgada.

- COSTA, Patrícia. 2001. Sistema de Abastecimento da Fonte da Telha, Posto Santo – Santa Barbara. Licenciatura em Engenharia do Ambiente. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.

-COSTA, J; E., M.2000. Relatório sobre o estado do ambiente nos Açores - Água de Abastecimento. Relatório de Estágio. Universidade dos Açores, Departamento de Ciências Agrárias, Angra do Heroísmo.

- CRUZ, J.V.& Coutinho, R.1998 – Breve nota sobre a importância dos recursos hídricos subterrâneos no arquipélago dos Açores. Revista Açoriana, nº. 8.

- CRUZ, J.V.,.2004.Ensaio Sobre a Água Subterrânea nos Açores – História, Ocorrência e Qualidade. Secretaria Regional do Ambiente, Direcção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos.

- CUSTÓDIO,E. & M.R. Llamas.1983. Hidrologia subterrânea. Edição Omega. Barcelona

- Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto (1995). Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais. Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto.

- DROTRH, INAG (2001). Plano Regional da Água. Relatório Técnico. Versão para consulta pública. Direcção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos, Secretaria Regional do Ambiente da Região Autónoma dos Açores e Instituto da Água. Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR). Laboratório de Engenharia Civil (LNEC). Seleprinter Artes Gráficas Lda.

- DIAS, Eduardo.1989.Flora e Vegetação na Ilha Terceira. Universidade dos Açores.

- DOWLING, Dina. (2002) - Caracterização das lagoas artificiais dos Altares. Ilha Terceira, Açores. Relatório de estágio do curso de Engenharia de Ambiente. Universidade dos Açores. Pólo da Terra - Chã.

- FALKLAND, A.1991. Hidrology and Water resources of small islands (a practical guide).Unesco. Impreimerie de la mantation, Mayene.

- FERNANDES, J.G.C. 1985. Estudo Geográfico. Tese de Doutoramento. Universidade dos Açores. Ilha Terceira (Açores).

- FERREIRA, F.A.Gonclaves.1990.Moderna Saúde Publica. Fundação Calouste Gulbenkian.Lisboa.6ªedição.

- FRANÇA, Z., Cruz, J.V., Nunes, J.C., Forjaz, V.H., (2005) -Geologia dos Açores: Uma perspectiva actual. Extracto da Revista Açoriana, 2003,vol.10,nº1 (editado em 2005).

- FREIRE, Pedro., 2006 – Águas Minerais da Ilha de S. Miguel (Açores). Caracterização Hidrogeológica e implicações para a monitorização vulcanológica. Departamento de Geociências. Universidade dos Açores. Ponta Delgada

- INAG (2001). Plano Regional da Agua. Parte I – Enquadramento e contextualização. Volume II – Caracterização e diagnostico da situação dos recursos hídricos. Capitulo 4:Usos,consumos e necessidades da água. Instituto da Agua, Lisboa. Abril de 2001.

- INSTITUTO REGULADOR DE AGUAS E RESÍDUOS. 2006. Série Guias Técnicos n.º Públicos de abastecimento. Edição: Instituto Regulador de Aguas e Resíduos.

- IRAR (2005). Relatório anual do sector de águas e resíduos em Portugal. Instituto Regulador de Aguas e Resíduos e Instituto Regulador de Aguas, Dezembro de 2005.

- LOBO, Maria Adelaide.1993. Contribuição para o Estudo Físico-químico e Microbiológico da Agua para Consumo Humano no Arquipélago dos Açores. Universidade dos Açores. Departamento de Ciências Agrárias, Terra - Chã, Angra do Heroísmo.

- MACHADO *et al.*, 1967. Actividade vulcânica do Faial (1957 – 1967). Edição: Turismo da Horta. Porto
- MACHADO, F., 1980. Interpretation of ground deformation in the Azores. Simpósio International .Ponta Delgada
- MADRUGA, J.S., Meneses, J.G.&Azevedo, E.B. (1986) -Inventário dos Pontos de Água: 1.Nascentes.Concelho da Praia da Vitória. Universidade dos Açores, Departamento de Ciências Agrárias.
- MARCÃO, A. *et al.*, 2001 – “Plano Regional da Água”.Relatório Técnico, versão para consulta pública.
- MELO, Tânia, 2005. Monitorização das águas subterrâneas e superficiais da ilha Terceira, no âmbito do Projecto Geotérmico da Terceira (PGT) – fase de abertura dos furos termométricos. Relatório de estágio de Licenciatura em Engenharia de Ambiente. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.
- MENESES, José. 1987. Poluição difusa, Contributo para o seu estudo nos Açores. Universidade dos Açores. Departamento de Ciências Agrárias.
- MENESES, José. 1993. Hidrologia e Hidrogeologia da ilha Terceira – Grandes Condicionantes. Seminário Recursos Hídricos e o Ambiente na RAA. CMAH
- MENDES *et al.*, 2004. Qualidade da água para consumo humano. Fundação para a Ciência e a Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa. Lidel – Edições Técnicas, Lda.
- MORAIS *et al.* 2005. Planos de segurança da água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento. 2005. Série Guias Técnicos nº7. Instituto Regulador de Águas e Resíduos. Edição: Instituto Regulador de Aguas e Resíduos. Universidade do Minho
- MOURA, Eduardo. 1996. Aproveitamento das águas no arquipélago dos Açores. Revista Indústria da Água, nº19, p.26-28, Abril/Maio/Junho.

- NEVES, Cândida, 2002-Desenvolvimento e aplicação de um índice de fósforo para a bacia hidrográfica das Sete Cidades, na ilha de S. Miguel. Universidade dos Açores, departamento de Ciências Agrárias, Angra do Heroísmo.
- NOVO *et al.* 1997. A inter-relação entre pluviosidade, níveis aquíferos e suas nascentes em ilhas vulcânicas: O caso das nascentes do Cabrito (Ilha Terceira - Açores). PDF, Publicação on-line.
- NOVO, M.E., 2007 – Alterações Climáticas e Seus Impactos nos Recursos Hídricos Subterrâneos em Ilhas de Pequena Dimensão (Caso de Estudo: Açores – Ilha Terceira), Tese de Dissertação de Doutoramento, apresentado ao Departamento de Ciências Agrárias da Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo, ilha Terceira, Açores.
- NOVO, M.E . *et al.*, 2001 – Desenvolvimento de um Inventário das Águas Subterrâneas dos Açores. Fase 3 - Relatório Final. Relatório LNEC 239/01 – GIAS. pp. 640, Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Setembro, 2001.
- PALMA, OLIVEIRA, *e t al .*, (1998). Análise do consumo doméstico de água em Portugal. Uma experiencia de campo para a promoção da conservação da água. Relatório Quercus. Lisboa, Portugal.
- PARADELA, P.L., 1980. Hidrogeologia geral das ilhas adjacentes. Comun.Serv.Geol. Portugal.
- PIMENTEL, A. (2006) – Domos e Coulées da Ilha Terceira (Açores): Contribuição para o estudo dos mecanismos de instalação. Tese de mestrado em Vulcanologia e Riscos Geológicos, Universidade dos Açores, Departamento de Geociências.
- PINHEIRO, J.V.F., 1990-Estudo dos principais tipos de solo da Ilha Terceira. Tese de Doutoramento. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia.
- PLANO REGIONAL DA AGUA.2001.Direcção Regional do Ordenamento do Território e Recursos. Região Autónoma dos Açores.

- PROJECTO, Daniel C.B; 2000. SIG Nasce Água. Uma aplicação para o estado e inventariação das nascentes e furos do concelho de Angra do Heroísmo. Universidade dos Açores
- RODIER, Jean.1984. L`analyse de léau.7^a edição. Paris, France.
- RODRIGUES, F. C. 1993. Hidrologia da Ilha Terceira (Contributo para o seu Conhecimento). Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.
- RODRIGUES, F.C.2002. Hidrogeologia da ilha Terceira (Açores – Portugal). Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia do Ambiente, Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo.
- RODRIGO, *et al.*, 2007. Controlo operacional em sistemas públicos de abastecimento de água. Série Guias Técnicos nr 10.Instituto Regulador de Águas e Resíduos. Edição: Instituto Regulador de Aguas e Resíduos.
- ROSSMAN, Lewis A.2004. Manual do utilizador do EPANET 2.0.Simulação hidráulica e de parâmetros de qualidade em sistemas de transporte e distribuição de água. Série Guias Técnicos n.º 5. Instituto Regulador de Aguas e Resíduos (IRAR). Laboratório de Engenharia Civil (LNEC). Seleprinter Artes Gráficas Lda.
- SIMAS, Luís *et al.* 2005. Controlo da qualidade da água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento. Série Guias Técnicos n.º 6. Instituto Regulador de Aguas e Resíduos (IRAR). Edição do Instituto Regulador de Aguas e Resíduos (IRAR).
- SOUSA, R.M; PERRONE, Maria.1990. Tratamento de água de abastecimento. Escola nacional de Saúde Pública. Lisboa
- SOUSA, Zulmira. (2007). Contribuição para a avaliação do desempenho do subsistema de abastecimento de água de São Roque do Pico, Pico. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.
- VILARIGUES, Sofia. 1999.Água (im) própria para consumo. Fórum Ambiente.

- FRANÇA, Zilda.2009. TIPICIDADE VULCÂNICA DO ARQUIPÉLAGO AÇORIANO. Comunicação apresentada na Academia de Marinha

- ZBYSZEWSKI,G *et al.*1971.Carta Geológica de Portugal na escala de 1:50000.Noticia explicativa da folha Ilha Terceira. SGP.Lisboa.

Sites consultados:

<http://www.azores.gov.pt/Portal/pt/entidades/sram>,consultado em 2 Abril 2011

http://www.azoreangenealogy.com/biblioteca_acoreana_livros.htm em 2 de Abril de 2011

<http://www.speleoazores.com/index.php>,consultado em 2 Abril 2011

<http://www.cm-ah.pt/showPG.php?Id=394>,consultado em 5 Abril 2011

http://estatistica.azores.gov.pt/Conteudos/Relatorios/lista_relatorios.aspx?idc=29&idsc=2723&lang_id=1, consultado em 9 Abril 2011

http://www.cm-alvaiazere.pt/FileControl/Anexos/Gloss%C3%A1rio_agua.pdf,consultado em 2 de Janeiro 2011

<http://www.climaat.angra.uac.pt/>, consultado em 2 de Janeiro 2011

<http://www.inag.pt> , consultado em 10 Abril de 2011

<http://www.iambiente.pt>, consultado em 10 de Abril de 2011

<http://www.inventario.iacultura.pt/faial/horta/patrimonio-vegetal.html> em 10 de Abril de 2011

<http://www.hidrografico.pt/climatologia.php> consultado em 10 Abril de 2011

<http://www.cvarg.azores.gov.pt/org/> consultado em 14 de Julho 2012

<http://www.meteo.pt/pt/> em 10 Abril de 2011

<http://www.quercus.pt/scid/webquercus/defaultArticleViewOne.asp?categoryID=631&article>, consultado em 28 de Dezembro 2010.

http://www.ecointegral.pt/docs/perimetros_de_proteccao2.pdf ,em 30 de Abril 2012

<http://www.nerea-investiga.org/pt/noticias/detalhes/scripts/core.htm?>, consultado em 30 de Abril 2012

<http://snirh.pt/index.php?idMain=> consultado em 5 de Maio de 2012

- CRUZ *et al.* 1997.Contribuição da hidrogeologia para o planeamento e a gestão sustentável da agua no arquipélago dos Açores. Documento electrónico, consultado em 4 de Janeiro de 2011

ANEXOS

ANEXO I

Tratamento estatístico dos dados monitorizados nos furos de captação do
Concelho de Angra do Heroísmo (2004 a 2012).

Furos	Estatística	pH	Temperatura (°C)	Condutividade (us/cm)
FCM	Média	7,1	18,1	201,6
	D. Padrão	0,2	1,3	18,8
	Mediana	7,3	18	203
	Max.	7,5	22	229
	Mín.	6,8	16,7	139
FVB	Média	8,4	18,4	463,9
	D. Padrão	0,2	3,2	267,2
	Mediana	8,3	18	330
	Max.	8,7	23	1023
	Mín.	8	17	163
FAR	Média	7,6	23	991,7
	D. Padrão	0,2	3,7	187,4
	Mediana	7,6	23,4	1050
	Max.	8,1	27,4	1207
	Mín.	7,3	18	680
FTC	Média	6,6	21,3	473,9
	D. Padrão	0,4	2,9	214,8
	Mediana	6,5	20,4	600
	Max.	7,6	26,1	701
	Mín.	6,2	18	140
FST	Média	7,9	18	173,3
	D. Padrão	0,2	1,4	12,5
	Mediana	8	18	174
	Max.	8,2	20,3	192
	Mín.	7,4	16,3	154
FSM	Média	6,5	17,5	286,3
	D. Padrão	0,2	2,5	67
	Mediana	6,5	17,3	309,5
	Max.	6,9	21	330
	Mín.	6,4	15,2	154
FAC	Média	6,9	14,9	159,4
	D. Padrão	0,1	0,3	37,9
	Mediana	6,9	15	143
	Max.	7	15,2	227
	Mín.	6,8	14,5	138
FAT	Média	7,1	15	184,2
	D. Padrão	0,4	0,3	25,4
	Mediana	7,2	15,2	185
	Max.	7,4	15,2	207
	Mín.	6,3	14,5	149

ANEXO II

Tratamento estatístico dos dados monitorizados nas nascentes em exploração do Concelho de Angra do Heroísmo (2004 a 2012).

Nascentes	Estatística	pH	Temperatura (°C)	Condutividade (µs/cm)
FTH	Média	6,8	16,6	127,4
	D. Padrão	0,4	1,3	12,2
	Mediana	6,7	16,4	123
	Max.	7,8	19	156
	Min.	6,2	14,8	114,7
CAB	Média	7,3	15,9	120,8
	D. Padrão	0,3	1,9	9,8
	Mediana	7,4	16	122
	Max.	7,8	18,8	135
	Min.	6,6	13,6	98
NAG	Média	7,1	17	145,8
	D. Padrão	0,3	1,4	16,6
	Mediana	7,2	17,3	142
	Max.	7,5	19,6	203
	Min.	6,6	15,1	128,9
ALT	Média	6,4	17,3	90,8
	D. Padrão	0,4	2,7	7,9
	Mediana	6,4	18,9	90,7
	Max.	7,8	22	102
	Min.	5,9	14	66
RAM	Média	7,1	17,1	138
	D. Padrão	0,3	1,6	30,7
	Mediana	7	17	135,5
	Max.	7,5	19,2	197
	Min.	6,6	14,4	90,4
SER	Média	7,1	16,2	129,7
	D. Padrão	0,3	1,5	9,9
	Mediana	7,1	16,3	134
	Max.	7,7	18,8	141
	Min.	6,7	14,2	107

ANEXO III

Estatística sumária dos parâmetros físico – químicos monitorizados nas nascentes em exploração, do concelho de Angra do Heroísmo. Dados referentes ao período de 2004 a 2012.

Parâmetros físico-químicos										
Nascentes	Ph			Temp(°C)			Condt.(µS.cm)			Salinid. (ppm)
	Min.	Méd.	Max.	Min.	Méd.	Max.	Min.	Méd.	Max.	-
CAB	6,6	7,3	7,8	13,6	15,9	18,8	98,0	120,8	135,0	-
FTH	6,2	6,8	7,8	14,8	16,6	19,0	114,7	127,4	156,0	-
NAG	6,6	7,1	7,5	15,1	17,0	19,6	128,9	145,8	203,0	-
ALT	5,9	6,4	7,8	14,0	17,3	22,0	66,0	90,8	102,0	-
RAM	6,6	7,1	7,5	14,4	17,1	19,2	90,4	138,0	197,0	-
SER	6,7	7,1	7,7	14,2	16,2	18,8	107,0	129,7	141,0	-

ANEXO IV

Estatística sumária dos parâmetros físico – químicos monitorizados nos furos do concelho de Angra do Heroísmo. Dados referentes ao período de 2004 a 2012.

Furos	Parâmetros físico-químicos								
	pH			Temperatura (°C)			Condutividade (µS.cm)		
	Min.	Méd.	Max.	Min.	Méd.	Max.	Min.	Méd.	Max.
FCM	6,8	7,1	7,5	16,7	18,1	22,0	139,0	201,6	229,0
FVB	8,0	8,4	8,7	17,0	18,4	23,0	163,0	463,9	1023,0
FAR	7,3	7,6	8,1	18,0	23,0	27,4	680,0	991,7	1207,0
FTC	6,2	6,6	7,6	18,0	21,3	26,1	140,0	473,9	701,0
FST	7,4	7,9	8,2	16,3	18,0	20,3	154,0	173,3	192,0
FAC	6,8	6,9	7	14,5	14,9	15,2	138	159,4	227
FSM	6,4	6,5	6,9	15,2	16,3	21	154	286,3	330