

Avaliação do Sistema Hidrográfico do *Graben das Lajes*

Trabalho de Projeto

César Miguel Meneses Pimentel

Mestrado em
**Engenharia e Gestão de Sistemas de
Água**



Angra do Heroísmo

2019

Avaliação do Sistema Hidrográfico do *Graben* das Lajes

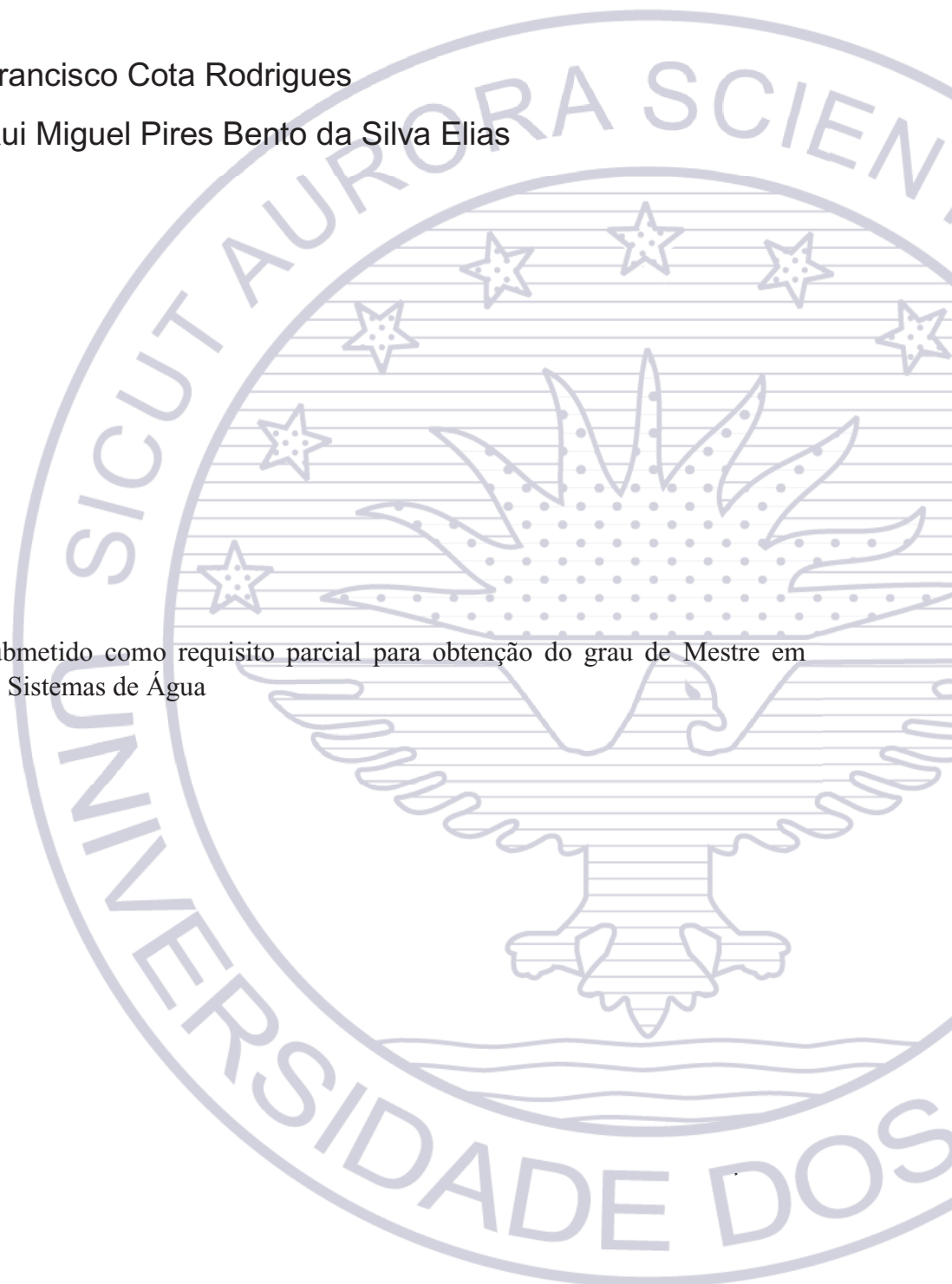
César Miguel Meneses Pimentel

Orientadores

Professor Doutor Francisco Cota Rodrigues

Professor Doutor Rui Miguel Pires Bento da Silva Elias

Trabalho de projeto submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão de Sistemas de Água



Resumo

O *Graben* das Lajes é uma depressão tectónica, localiza-se na vertente NE do vulcão dos Cinco Picos, entre a escarpa das falhas das Fontinhas a SW e de Santiago a NE. Do ponto de vista hidrogeológico esta zona está associada ao troço mais oriental do aquífero de base da ilha Terceira, recarregado, em grande parte, nas zonas centrais da ilha onde a precipitação é mais elevada. Para além do aquífero basal o *Graben* das Lajes comporta duas massas de água subterrâneas suspensas localizadas a profundidades distintas. Na zona litoral SW do *Graben* das Lajes existem três zonas lagunares associadas a descargas das massas de água acima referidas – os pauis da Praia da Vitória, Belo Jardim e Pedreira do Cabo da Praia. Estas massas de água superficiais têm particular importância ecológica, dada a sua grande biodiversidade.

No sentido de conhecer com detalhe esta zona a nível hidrológico, o presente trabalho tem como objetivo: determinar o sentido do fluxo hídrico nos aquíferos suspensos e de base; compreender os processos de recarga, circulação e descarga, e a influência que a tectónica tem nestes processos; avaliar qualitativamente a água basal dos furos de captação para consumo humano e da água superficial dos três pauis; e por fim determinar o estado trófico dos Pauis da Praia da Vitória, Belo Jardim e Pedreira do Cabo da Praia.

A metodologia seguida neste trabalho comportou um inventário detalhado de pontos de água, medições de níveis hidrostáticos nos furos e poços e uma avaliação qualitativa da água do aquífero basal, a montante, com base em dados de furos de captação fornecidos pela empresa Praia Ambiente, e a jusante, nos próprios pauis, utilizando-se elementos cedidos pelo Projeto LIFE CWR. Utilizou-se como referência qualitativa a legislação portuguesa em vigor para os parâmetros de qualidade de água. Nos casos em que esta é omissa seguiram-se as normas aplicadas no Canadá e Holanda. Na determinação do estado trófico nos três pauis utilizaram-se dados da concentração de fósforo total e foram aplicados dois índices, o índice do estado trófico de Carlson (1977) modificado por Toledo (1983) e o de Lamparelli (2004).

No seguimento do estudo do sentido do fluxo hídrico, admite-se a existência de uma subdivisão do *Graben* da Lajes em três plataformas distintas, a plataforma das Fontinhas, a plataforma das Lajes e a plataforma do Juncal, considerou-se que estas falhas que dividem estas plataformas são parcialmente impermeáveis, tendo um papel

fundamental na direção do fluxo. A impermeabilidade das falhas tectônicas muda a direção do fluxo dentro da zona, contrariando o fluxo radial admitido para regiões insulares.

Na análise qualitativa da água para consumo humano registaram-se duas concentrações acima dos valores paramétricos legais nacionais e estrangeiros: manganês e hidrocarbonetos, ambas no furo do Areeiro. Qualitativamente, a água dos três paus, encontra-se em conformidade com a legislação utilizada como referência, sendo registada apenas uma concentração de arsénio, cádmio e chumbo acima destes valores.

Quando aplicados os índices tróficos aos três paus, concluiu-se que todos se encontravam eutrofizados em 2016 e 2017. O fósforo nos três paus terá proveniências diferentes das descritas na literatura, chegando principalmente por via subterrânea aos corpos de água e não por escoamento superficial como acontece em lagos com características semelhantes.

Palavras-chave:

Fluxo hídrico; Qualidade de água; Aquífero; Tectónica; Fósforo total; Índices tróficos.

Abstract

Lajes *Graben* is a tectonic depression, located in the NE slope of the Five Peaks volcano, between Fontinhas fault to SW and Santiago's fault to NE. From the hydrogeological point of view, this zone is associated with the easternmost section of the Terceira Island basal aquifer, recharged in large part in the central zones of the island where precipitation is highest. In addition to the basal aquifer the Lajes *Graben* contains two perched groundwater bodies located at different depths. In the SW coastal area of the Lajes *Graben* there are three lagoons associated with discharges of the above mentioned water masses - the wetlands of Praia da Vitória, Belo Jardim and Pedreira do Cabo da Praia. These surface water bodies are of particular ecological importance given their great biodiversity.

In order to know this zone in detail at the hydrological level, the present work aims to: determine the direction of the water flow in the perched and basal aquifers; understand the processes of recharge, circulation and discharge, and the influence that tectonics has on these processes; to evaluate qualitatively the basal water of wells for human consumption and the surface water of the three wetlands; and finally determine the trophic status of the wetlands of Praia da Vitória, Belo Jardim and Pedreira do Cabo da Praia.

The methodology followed in this work included a detailed inventory of water points, measurements of hydrostatic levels in the wells and wells and a qualitative assessment of basement aquifer water, upstream, based on data from wells supplied by Praia Ambiente, and downstream, in the wetlands itself, using elements provided by the LIFE CWR Project. The Portuguese legislation for water quality parameters was used as a qualitative reference. In cases where this is omitted, the standards applied in Canada and the Netherlands have been followed. In the determination of the trophic state in the three wetlands, total phosphorus concentration data were used and two indices were applied, the Carlson (1977) modified by Toledo (1983) and Lamparelli (2004) index.

Following the study of the direction of the water flow, the existence of a subdivision of the Lajes *Graben* in three different platforms, the platform of the Fontinhas, the platform of the Lajes and the platform of the Juncal, was admitted that these faults that divide these platforms are partially impermeable, playing a key role in

the flow direction. The impermeability of tectonic faults changes the flow direction within the zone, counteracting the admitted radial flow to island regions.

In the qualitative analysis of water for human consumption, there were two concentrations above national and foreign legal parametric values: manganese and hydrocarbons, both in the Areeiro well. Qualitatively, the water of the three wetlands is in accordance with the legislation used as reference, with only a concentration of arsenic, cadmium and lead being recorded above these values.

When the trophic indexes were applied to the three wetlands, it was concluded that all of them were eutrophicated in 2016 and 2017. The phosphorus in the three wetlands will have different origins than those described in the literature, arriving mainly by underground water bodies and not by surface runoff as happens in lakes with similar characteristics.

Keywords:

Water flow; Water quality; Aquifer; Tectonics; Phosphorus; Trophic.

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer à minha esposa, Elisabete Pimentel por acreditar sempre nas minhas capacidades e pelo apoio incondicional que sempre me deu ao longo do mestrado, e ao meu filho David Pimentel, pelo tempo negado durante a frequência das aulas de mestrado e a redação deste trabalho.

Ao Professor Doutor Francisco Cota Rodrigues, por aceitar ser o meu orientador, pela sua incansável disponibilidade e paciência em me guiar neste processo, sobre tudo, pela liberdade de pensamento e formulação de teorias que sempre me deu. O meu muito obrigado.

Ao Professor Doutor Rui Elias, por aceitar ser o meu orientador, pela sua incansável disponibilidade e pela sua orientação durante este trabalho. O meu muito obrigado.

Ao Professor Doutor João Madruga e ao Professor Doutor Jorge Pinheiro, pelos debates e troca de ideias que muito serviram para fomentar algumas teorias.

À Professora Doutora Rosalina Gabriel, pelo seu apoio e pelas suas sugestões valiosas.

À Camara Municipal da Praia da Vitória pela cedência de dados, sem os quais não seria possível realizar este trabalho.

Ao Projeto LIFE CWR, em particular à Eng^a Elisabete Nogueira, à Eng^a Sónia Reis e à Dr.^a Mariana Brito, pela cedência de dados e por todo apoio prestado.

E por fim a todos que diretamente e indiretamente me apoiaram no decorrer deste trabalho.

Abreviaturas

$H_2PO_4^-$ - Dihidrogenofosfato

HPO_4^{2-} - Hidrogenofosfato

PO_4^{3-} - Ortofosfato

CBO5 – Carência Bioquímica de Oxigénio aos cinco dias

CQO – Carência Química de Oxigénio

CWR - Coastal Wetland Restoration

IET – Índice do Estado Trófico

IVHCPV - Infraestrutura Verde Húmida Costeira da Praia da Vitória

LIFE - L'instrument Financier Pour l'Enviornement (O Instrumento Financeiro do Ambiente)

PBJ - Paul do Belo Jardim

PGRHA - Plano de Gestão da Região Hidrográfica Açores

PPCP - Paul da Pedreira do Cabo da Praia

PPV - Paul da Praia da Vitória

TPH - Hidrocarbonetos totais de petróleo

USFORAZ - US Forces Azores

Índice

Resumo	i
Palavras-chave:	ii
Abstract.....	iii
Keywords:.....	iv
Agradecimentos	v
Abreviaturas.....	vi
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xvi
Índice de Equações	xix
1– Introdução.....	1
1.1– Contexto Geográfico	1
1.2 - Contexto Vulcano Tectónico	1
1.3 - Contexto Geológico	5
1.4 - Contexto Pedológico.....	6
1.5 - Vegetação.....	7
1.6 - Contexto Climatológico	7
1.7 - Contexto Hidrológico	9
1.8 - Hidrologia Subterrânea	9
1.8.1 - Sistemas Aquíferos Insulares	9
1.8.1.1 - Aquíferos suspensos	10
1.8.1.2 - Aquífero de Base	13
1.8.1.3 – Pauls da Infraestrutura Verde e Húmida Costeira da Praia da Vitória.15	
1.8.1.3.1 - Paul da Praia da Vitória.....	15
1.8.1.3.2 - Paul do Belo Jardim	16
1.8.1.3.3 - Paul da Pedreira do Cabo da Praia	17
1.9 - Hidrologia Superficial.....	18

1.10 – Balanço Hídrico	20
1.11 – Modelação Hidrológica	21
1.11.1 - Modelo de CH2M HILL (2005)	21
1.11.2 - Modelo de LNEC (2010)	24
1.12 – Qualidade das Água do aquífero Basal	27
1.13 – Contaminação de Água	28
1.13.1 - Processos Biológicos	28
1.13.2 - Processos Químicos	28
1.14 - Caraterísticas de Ambientes Lênticos	29
1.14.1 - Ciclo do Fósforo	30
2 - Objetivos	32
3 - Metodologia	33
4 - Resultados e Discussão	37
4.1 - Caraterísticas Hidrogeológicas	37
4.2 - Qualidade da Água	43
4.2.1 – Qualidade água basal associada aos furos de captação para abastecimento humano	45
4.2.1.1 - pH	45
4.2.1.2- Condutividade elétrica	46
4.2.1.3 - Cloretos	47
4.2.1.4 - Arsénio	49
4.2.1.5 - Bário	50
4.2.1.6 - Boro	51
4.2.1.7 - Cádmio	52
4.2.1.8 – Crómio	53
4.2.1.9 - Cobre	54
4.2.1.10 – Magnésio	55

4.2.1.11 – Chumbo	56
4.2.1.12 - Manganês	57
4.2.1.13 - Mercúrio.....	58
4.2.1.14 – Níquel.....	59
4.2.1.15 – Zinco.....	60
4.2.1.16 – Hidrocarbonetos Totais de Petróleo	61
4.2.2 - Qualidade da água da IVHCPV	62
4.2.2.1 – Arsénio	63
4.2.2.2 – Cádmio	64
4.2.2.3 – Chumbo	65
4.2.2.4 – Crómio.....	66
4.2.2.5 – Cobre	67
4.2.2.6 – Mercúrio	68
4.2.2.7 – Níquel.....	69
4.2.2.8 – Zinco.....	70
4.2.2.9 – Hidrocarbonetos Totais de Petróleo	71
4.3 - Análise do Estado Trófico da IVHCPV.....	72
4.3.1 - Níveis de Fósforo Presentes na IVHCPV	72
4.3.2– Aplicação do Índice de Carlson (1977), modificado por Toledo <i>et al.</i> (1983)	74
4.3.3– Aplicação do Índice de Lamparelli (2004)	79
4.3.4 - Comparação entre Índices do Estado Trófico.....	84
4.4– Origem do Fósforo no PPV, PBJ e PPCP	85
4.4.1 – Relação Precipitação – Fósforo Total	91
4.4.2 – Relação Precipitação- Fósforo Total para o PPV, PBJ e PPCP	91
4.4.3 – Relação entre Fósforo Total e Temperatura de Água, Condutividade, pH, CBO5 e CQO.....	93
4.4.4 – Origem do Fósforo Total no PPV	94

4.4.5 – Origem do Fósforo Total no PBJ	95
4.4.6– Origem do Fósforo Total no PPCP	96
5 - Conclusões	99
Bibliografia.....	102
Anexo	108

Índice de Figuras

Figura 1. Localização da ilha Terceira no grupo central do arquipélago dos Açores.	1
Figura 2. Principais estruturas tectónicas presente no atlântico nordeste e na região dos Açores, assinalando-se a microplaca dos Açores e o Rift da Terceira	2
Figura 3. Principais estruturas tectónicas da ilha Terceira, dando-se especial relevância às que definem o <i>Graben</i> das Lajes.	3
Figura 4. Carta Vulcanológica da ilha Terceira.....	6
Figura 5. Modelo hidrológico da ilha Terceira. Note-se a presença no aquífero basal de uma zona de mistura entre a água doce e a água salgada (zona de transição) e de uma compartimentação associada à ocorrência de filões. Na área correspondente ao <i>Graben</i> das Lajes para além das falhas normais que o limitam é assinalado um furo de captação que apresenta forte intrusão marinha.....	10
Figura 6. Principais formações hidrogeológicas do <i>Graben</i> das Lajes. Note-se a ocorrência do aquífero basal sensivelmente ao nível do mar e de várias massas de água subterrânea suspensas balizadas por descontinuidades tectónicas.	11
Figura 7. Enquadramento geológico e tectónico do Paul da Praia da Vitória antes da recuperação da lagoa. Note-se a ocorrência de formações sedimentares, a presença de falhas normais, com um papel importante hidrogeologia do local e a inclinação para E dos rochosos da Serra do Facho, pouco propícios a descargas hídricas subterrâneas para W.	15
Figura 8. Paul da Praia da Vitória. Note-se o desnível topográfico gerado pela falha de São Lázaro que conforma a plataforma do Juncal.....	16
Figura 9. Paul do Belo Jardim na atualidade. Note-se as suas pequenas dimensões e a presença de habitações nas proximidades.	17
Figura 10. Paul da Pedreira do Cabo da Praia, evidenciando-se o substrato lávico do terreno e as arribas circundantes, objeto de desmonte aquando da exploração deste local como pedreira	18
Figura 11. Principais bacias hidrográficas da ilha Terceira, na sua maioria de pequena dimensão. Na maior parte da zona do <i>Graben</i> das Lajes estas tem um caracter pouco estruturado, denunciando escoamentos superficiais baixos e infiltrações elevadas.....	19
Figura 12. Principais cursos de água da ilha Terceira. Saliente-se a baixa rede de drenagem presente no <i>Graben</i> das Lajes, denunciando escoamentos superficiais baixos e infiltrações elevadas.	19

Figura 13. Níveis médios da água subterrânea nos aquíferos suspensos do <i>Graben</i> das Lajes e respetiva direção do fluxo. As isolinhas apresentadas a vermelho correspondem a observações reais, medidas em furos e poços, enquanto que as azuis são simuladas pelo modelo.	23
Figura 14. Modelação do sistema aquífero suspenso proposta por Oliveira et al. (2010) no sector central do <i>Graben</i> das Lajes. Os pauis da Baia da Praia da Vitória, de acordo com este modelo recebem apenas contributos do sector sul do <i>Graben</i> das Lajes.	25
Figura 15. Distribuição espacial da piezometria e dos vetores de fluxo da água subterrânea no sistema basal de acordo com o modelo hidrogeológico elaborado por LNEC (2010). Note-se que as recargas do Paul da Praia da Vitória provêm de NW, ou seja da metade sul do <i>Graben</i> das Lajes, enquanto as dos pauis do Belo Jardim e da Pedreira do Cabo da Praia provêm do sector sul e das vertentes NE da Serra do Cume.	26
Figura 16. Ciclo do Fósforo.....	31
Figura 17. Falhas e plataformas constituintes do <i>Graben</i> das Lajes.	38
Figura 18. Relação entre altitude da boca dos poços e furos inventariados no <i>Graben</i> das Lajes e a respetiva cota piezométrica.	39
Figura 19. Esquema hidrogeológico do <i>Graben</i> das Lajes.....	40
Figura 20. Modelação do fluxo de água proposto para o aquífero suspenso superficial.	41
Figura 21. Modelo de Fluxo proposto para o Aquífero Basal.	43
Figura 22. Georreferenciação de furos de captação de água para consumo humano no <i>Graben</i> das Lajes.	44
Figura 23. Valores de pH registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal.	45
Figura 24. Valores de condutividade registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal em $\mu\text{S}/\text{cm}$	47
Figura 25. Valores de concentração de Cloretos registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal em mg/L.	48
Figura 26. Valores de concentração de Arsénio registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal em mg/L.	49
Figura 27. Valores de concentração de Bário registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal em mg/L.	50
Figura 28. Valores de concentração de Boro registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal em mg/L.	51

Figura 29. Valores de concentração de Cádmio registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal em mg/L.	52
Figura 30. Valores de concentração de Crómio registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal em mg/L.	53
Figura 31. Valores de concentração de Cobre registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal mg/L.	54
Figura 32. Valores de concentração de Magnésio registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal mg/L.	55
Figura 33. Valores de concentração de Chumbo registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal mg/L.	56
Figura 34. Valores de concentração de Manganês registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal mg/L.	58
Figura 35. Valores de concentração de Mercúrio registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal em µg/L.	59
Figura 36. Valores de concentração de Níquel registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal em mg/L.	60
Figura 37. Valores de concentração de Zinco registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal mg/L.	61
Figura 38. Valores de concentração de Hidrocarbonetos Totais de Petróleo registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal mg/L.	62
Figura 39. Valores de concentração de Arsénio registados no PPV, PBJ e PPCP em mg/L.	63
Figura 40. Valores de concentração de Cádmio registados no PPV, PBJ e PPCP em mg/L.	65
Figura 41. Valores de concentração de Chumbo registados no PPV, PBJ e PPCP.	66
Figura 42. Valores de concentração de Crómio registados no PPV, PBJ e PPCP.	67
Figura 43. Valores de concentração de Cobre registados no PPV, PBJ e PPCP.	68
Figura 44. Valores de concentração de Mercúrio registados no PPV, PBJ e PPCP.	69
Figura 45. Valores de concentração de Níquel registados no PPV, PBJ e PPCP.	70
Figura 46. Valores de concentração de Zinco registados no PPV, PBJ e PPCP.	71
Figura 47. Valores de concentração de Hidrocarbonetos totais de petróleo registados no PPV, PBJ e PPCP.	72
Figura 48. Representação cartográfica de carga poluente de fósforo total na ilha Terceira.	88

Figura 49. Distribuição da carga poluente de fósforo de acordo com a origem.....	89
Figura 50. Representação cartográfica do risco de poluição tóxica doméstica.	90
Figura 51. Representação cartográfica do risco de poluição tóxica industrial.	90
Figura 52. Relação entre o fósforo total e a precipitação no PPV em 2016.....	91
Figura 53. Relação entre o fósforo total e a precipitação no PPV em 2017.....	92
Figura 54. Relação entre o fósforo total e a precipitação no PBJ em 2017.....	92
Figura 55. Relação entre o fósforo total e a precipitação no PPCP em 2016.....	93
Figura 56. Relação entre o fósforo total e a precipitação no PPCP em 2017.....	93
Figura 57. Localização geográfica das condutas de águas pluviais no PPV.	94
Figura 58. Localização geográfica do Paul do Belo Jardim.....	95
Figura 59. Localização geográfica do Paul da Pedreira do Cabo da Praia.....	97
Figura 61. Correlação entre Carlson (1977) modificado por Toledo (1983) e Lamparelli (2004) para o PPV.	109
Figura 62. Correlação entre Carlson (1977) modificado por Toledo (1983) e Lamparelli (2004) para o PBJ.	109
Figura 63. Correlação entre Carlson (1977) modificado por Toledo (1983) e Lamparelli (2004) para o PPV.	110
Figura 64. Correlação entre Carlson (1977) modificado por Toledo (1983) e Lamparelli (2004) para o PBJ.	110
Figura 65. Correlação entre Carlson (1977) modificado por Toledo (1983) e Lamparelli (2004), para o PPCP.	111
Figura 66. Relação entre o Fósforo Total e o pH no PPV.....	111
Figura 67. Relação entre o Fósforo Total e o pH no PBJ.....	112
Figura 68. Relação entre o Fósforo Total e o pH no PPCP.....	112
Figura 69. Relação entre o Fósforo Total e a Condutividade no PPV.	113
Figura 70. Relação entre o Fósforo Total e a Condutividade no PBJ.	113
Figura 71. Relação entre o Fósforo Total e a Condutividade no PPCP.	114
Figura 72. Relação entre o Fósforo Total e o CBO5 no PPV.....	114
Figura 73. Relação entre o Fósforo Total e o CBO5 no PBJ.....	115
Figura 74. Relação entre o Fósforo Total e o CBO5 no PPCP.....	115
Figura 75. Relação entre o Fósforo Total e o CQO no PPV.	116
Figura 76. Relação entre o Fósforo Total e o CQO no PBJ.	116
Figura 77. Relação entre o Fósforo Total e o CQO no PPCP.	117
Figura 78. Relação entre o Fósforo Total e a Temperatura da água no PPV.	117

Figura 79. Relação entre o Fósforo Total e a Temperatura da água no PBJ.	118
Figura 80. Relação entre o Fósforo Total e a Temperatura da água no PPCP.	118

Índice de Tabelas

Tabela 1. Balanço hídrico para a ilha Terceira.....	20
Tabela 2. Balanço hídrico para o <i>Graben</i> das Lajes.....	21
Tabela 3. Localização de furos e nascentes na <i>Graben</i> das Lajes.....	27
Tabela 4. Valores limite das concentrações de fósforo total para os diferentes níveis tróficos, segundo a classificação proposta por, Carlson (1977) e modificada por Toledo et al. (1983).....	35
Tabela 5. Valores limite das concentrações de Fósforo total para os diferentes níveis tróficos, segundo a classificação proposto por Lamparelli (2004).....	36
Tabela 6. Valores de pH registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal.....	46
Tabela 7. Valores de condutividade registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal em $\mu\text{S}/\text{cm}$	47
Tabela 8. Valores de concentração de Cloretos registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal em mg/L.	49
Tabela 9. Valores de concentração de Arsénio registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal em mg/L.	50
Tabela 10. Valores de concentração de Bário registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal em mg/L.	51
Tabela 11. Valores de concentração de Boro registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal em mg/L.	52
Tabela 12. Valores de concentração de Cádmio registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal em mg/L.	53
Tabela 13. Valores de concentração de Crómio registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal em mg/L.	54
Tabela 14. Valores de concentração de Cobre registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal mg/L.	55
Tabela 15. Valores de concentração de Magnésio registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal mg/L.	56
Tabela 16. Valores de concentração de Chumbo registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal mg/L.	57
Tabela 17. Valores de concentração de Manganês registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal mg/L.	58

Tabela 18. Valores de concentração de Mercúrio registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal em µg/L.	59
Tabela 19. Valores de concentração de Níquel registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal em mg/L.	60
Tabela 20. Valores de concentração de Zinco registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal mg/L.	61
Tabela 21. Valores de concentração de Hidrocarbonetos Totais de Petróleo registados no Furo do Barreiro, Furo do Celeiro, Furo do Areeiro e Furo do Juncal mg/L.	62
Tabela 22. Concentrações limite de Arsénio registados no PPV, PBJ e PPCP em mg/L.	64
Tabela 23. Concentrações limite de Cádmiu registados no PPV, PBJ e PPCP em mg/L.	65
Tabela 24. Concentrações limite de Chumbo registados no PPV, PBJ e PPCP em mg/L.	66
Tabela 25. Concentrações limite de Crómio registados no PPV, PBJ e PPCP em mg/L.	67
Tabela 26. Concentrações limite de Cobre registados no PPV, PBJ e PPCP em mg/L.	68
Tabela 27. Concentrações limite de Mercúrio registados no PPV, PBJ e PPCP em mg/L.	69
Tabela 28. Concentrações limite de Níquel registados no PPV, PBJ e PPCP em mg/L.	70
Tabela 29. Concentrações limite de Zinco registados no PPV, PBJ e PPCP em mg/L.	71
Tabela 30. Concentrações limite de Hidrocarbonetos Totais de Petróleo registados no PPV, PBJ e PPCP em mg/L.	72
Tabela 31. Níveis mensais de Fósforo Total registados no PPV, PBJ, e PPCP, nos anos de 2016 e 2017.	74
Tabela 32. Índice do Estado Trófico de Carlson (1977) modificado por Toledo (1983) mensal, para o PPV.	75
Tabela 33. Índice do Estado Trófico de Carlson (1977) modificado por Toledo (1983) mensal, para o PBJ.	76
Tabela 34. Índice do Estado Trófico de Carlson (1977) modificado por Toledo (1983) mensal, para o PPCP.	77
Tabela 35. Índice do Estado Trófico de Carlson (1977) modificado por Toledo (1983) por estação para o PPV.	78

Tabela 36. Índice do Estado Trófico de Carlson (1977) modificado por Toledo (1983) por estação para o PBJ.	78
Tabela 37. Índice do Estado Trófico de Carlson (1977) modificado por Toledo (1983) por estação para o PPCP.	79
Tabela 38. Índice do Estado Trófico de Lamparelli (2004) mensal para o PPV.	80
Tabela 39. Índice do Estado Trófico de Lamparelli (2004) mensal para o PBJ.	81
Tabela 40. Índice do Estado Trófico de Lamparelli (2004) mensal para o PPCP.	82
Tabela 41. Aplicação do IET de Lamparelli (2004) por estação para o PPV.	83
Tabela 42. Aplicação do IET de Lamparelli (2004) por estação para o PBJ.	83
Tabela 43. Aplicação do IET de Lamparelli (2004) por estação para o PPCP.	84
Tabela 44. Comparação entre o Índice de Carlson (1977) modificado por Toledo (1983) e Lamparelli (2004).	85
Tabela 45. Localização dos poços artesanais existentes no <i>Graben</i> das Lajes e as suas respectivas condutividades.	108

Índice de Equações

Eq. 1: $IET_T = 10 * \left(6 - \frac{\ln [80,32/PT]}{\ln 2}\right)$ 34

Eq. 2: $IET (PT) = 10 * 6 - \left(\frac{1,77 - 0,42 * (\ln PT)}{\ln 2}\right)$ 35