

Departamento de Ciências Agrárias da Universidade dos Açores

**Uso eficiente da água nos Açores: análise de
viabilidade e boas práticas em habitações unifamiliares**

Tiago Alexandre Matos Fonseca

Projeto II

Mestrado em Engenharia e Gestão de Sistemas de Água

Orientador: Doutora Maria do Céu de Sousa Teixeira de Almeida

Coorientador: Doutora Sílvia Alexandra Bettencourt de Sousa Quadros

Outubro de 2015

Agradecimentos

Eu gostaria de deixar os meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que, de alguma forma, deram o seu contributo para a elaboração deste projeto de mestrado.

Em primeiro lugar, à Engenheira Maria do Céu Almeida, do LNEC, e à Professora Doutora Sílvia Quadros, da Universidade dos Açores, por terem aceite a tarefa de orientar o presente projeto, e cujo contributo permitiu a sua execução.

Gostaria de agradecer à Engenheira Fedra Oliveira que, por via da Engenheira Maria do Céu Almeida, disponibilizou um simulador para a avaliação da viabilidade do aproveitamento de água pluvial em usos urbanos, da sua autoria. A utilização do mesmo, revelou-se fulcral para a realização de um dos casos de estudo que compõem este projeto.

Deixo os meus agradecimentos ao Professor Doutor Eduardo Brito de Azevedo, pela disponibilização das séries de precipitação do udógrafo de Santa Bárbara, na Terceira. Sem as mesmas, não teria sido possível elaborar o caso de estudo anteriormente referido.

Agradeço à Professora Doutora Emília da Silva pela orientação prestada e pela bibliografia recomendada, para o desenvolvimento da análise económica. Deixo, igualmente, os agradecimentos a Ana Rodrigues, pelo seu precioso auxílio na conceção das folhas de cálculo da avaliação do investimento, assim como na interpretação dos respetivos resultados.

Finalmente, agradeço à minha família, pelo seu apoio constante, que em muito contribuiu para a finalização deste trabalho.

Resumo

Neste estudo pretendeu-se abordar boas práticas para o uso eficiente da água, a adotar em habitações unifamiliares localizadas na Região Autónoma dos Açores, analisando-se a viabilidade da implementação dessas mesmas medidas. Com esse intuito, foram desenvolvidos dois casos de estudo distintos e um Manual de Boas Práticas.

No primeiro caso de estudo analisa-se a adoção de dispositivos eficientes no uso de água, em detrimento de dispositivos tipo. São abordados os diversos concelhos dos Açores, realizando-se uma análise do investimento, com vista a determinar a viabilidade económica desta medida de uso eficiente da água. Com o intuito de otimizar o tratamento de resultados, foi desenvolvida uma ferramenta de cálculo que permite determinar a poupança de água e a eficiência potencial, total e por dispositivo, assim como realizar a análise económica, permitindo a sua aplicação futura em outros casos de estudo.

No segundo caso de estudo aborda-se a implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP). Foram estudadas três habitações unifamiliares distintas, localizadas na ilha Terceira.

Com o objetivo de contribuir para um uso mais eficiente da água nos Açores, foi desenvolvido um Manual de Boas Práticas, o qual, para além de integrar as medidas analisadas nos dois casos de estudo anteriormente mencionados, propõe diversos procedimentos de planeamento, operação e manutenção, a implementar em habitações unifamiliares.

Palavras-chave

Uso eficiente da água, habitações unifamiliares, viabilidade, boas práticas, dispositivos eficientes, sistemas de aproveitamento de água pluvial.

Abstract

The intent of this study was to address good practices for the efficient use of water in single-family homes located in the Azores, analyzing the viability of implementing those measures. To that end, two different case studies and a Manual of Good Practices were developed.

The first case study analyzes the adoption of efficient appliances, instead of typical appliances. The various municipalities of the Azores are covered by conducting an analysis of the investment, in order to determine the economic viability of this measure of efficient use of water. In order to optimize the processing of data, a tool was developed to determine water savings and potential efficiency (total and by appliance), and perform the economic analysis, allowing its future application in other case studies.

The second case study deals with the implementation of rainwater harvesting systems (RWHS). Three separate single-family houses, located on Terceira island, were studied.

In order to contribute to a more efficient use of water in the Azores, a Manual of Good Practices was developed, which, in addition to integrating the measures analyzed in the two case studies mentioned above, proposes several planning, operation and maintenance procedures, to adopt in single-family homes.

Keywords

Efficient use of water, single-family homes, viability, good practices, efficient appliances, rainwater harvesting systems.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo geral.....	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Estrutura do trabalho.....	3
2. A água no contexto português	5
2.1. O setor das águas	5
2.2. Gestão da oferta e da procura de água	6
2.3. Uso sustentável de água.....	7
3. Gestão da água em zonas urbanas	9
3.1. O ciclo urbano da água	9
3.2. O impacto da urbanização nos recursos hídricos.....	10
3.3. A emergência das <i>smart cities</i>	11
3.4. O edifício verde	13
3.5. Sistemas de certificação da sustentabilidade em edifícios.....	14
4. A água no contexto específico dos Açores.....	18
4.1. Caracterização do regime de precipitação	18
4.2. Balanço hídrico	22
4.3. Qualidade da água.....	25
4.4. Potenciais ameaças à qualidade e quantidade dos recursos hídricos	28
5. Construção nos Açores	30
5.1. Distribuição das tipologias habitacionais nos Açores.....	30
5.2. A habitação unifamiliar.....	31
5.3. Aproveitamento de águas pluviais em habitações tradicionais	34

6. Legislação e normalização aplicável	37
7. Uso eficiente de água em habitações unifamiliares	39
7.1. A importância da eficiência hídrica em Portugal.....	39
7.2. O PNUEA	39
7.3. O PENSAAR 2020	41
7.4. Consumos domésticos de água	42
7.5. Medidas a aplicar em espaços interiores.....	45
7.5.1. Autoclismos.....	46
7.5.2. Banhos e duches	48
7.5.3. Torneiras de casa de banho	50
7.5.4. Torneiras de cozinha	51
7.5.5. Máquinas de lavar loiça.....	52
7.5.6. Máquinas de lavar roupa	53
7.5.7. Sistemas de aquecimento e refrigeração de ar	55
7.5.8. Limpeza.....	56
7.6. Medidas a aplicar em espaços exteriores	56
7.6.1. Jardins.....	56
7.6.2. Rega.....	58
7.6.3. Sistemas de rega por aspersão	58
7.6.4. Sistemas de rega gota-a-gota.....	59
7.6.5. Mangueiras	61
7.6.6. Piscinas.....	61
7.6.7. Lavagem de viaturas.....	62
7.6.8. Limpeza de pavimentos.....	63
7.7. Aproveitamento de águas pluviais	64
7.7.1. Componentes básicas	64
7.7.2. Implementação	65

7.7.3. Materiais de tanques de armazenamento.....	66
7.7.4. Manutenção	68
7.8. Coberturas verdes	71
7.8.1. Tipologias.....	74
7.8.2. Componentes básicas	76
7.8.3. Manutenção	78
7.9. Estudos da aplicação de medidas de uso eficiente de água	80
7.9.1. Aplicação de dispositivos de uso eficiente de água numa habitação de Aveiro	80
7.9.2. Análise económica da aplicação de dispositivos de uso eficiente de água em habitações do Porto e de Faro	82
7.9.3. Instalação de um sistema para o aproveitamento de águas pluviais numa habitação da Guarda	85
8. Manual de Boas Práticas para o Uso Eficiente da Água	87
9. Caso de estudo 1 - Implementação de dispositivos eficientes.....	89
9.1. Objetivos.....	89
9.2. Metodologia	89
9.3. Pressupostos.....	90
9.3.1. Habitação unifamiliar tipo.....	90
9.3.2. Dispositivos tipo e dispositivos eficientes	91
9.3.3. Perfis de utilização diários dos dispositivos.....	96
9.4. Determinação dos consumos de água e energia.....	97
9.5. Determinação das poupanças de água e de energia e da eficiência potencial	99
9.6. Análise económica	101
9.6.1. Tarifários de água e energia nos Açores	101
9.6.2. Determinação dos custos base e da poupança.....	102
9.6.3. Análise do investimento	107
9.6.4. Análise de sensibilidade	116

9.7. Discussão dos resultados	127
10. Caso de estudo 2 - Implementação de SAAP	133
10.1. Objetivos.....	133
10.2. Metodologia.....	133
10.3. Parâmetros considerados no dimensionamento do SAAP	134
10.4. Habitação localizada em São Pedro, com jardim	134
10.4.1. Caracterização da habitação	134
10.4.2. Dados gerais	135
10.4.3. Resultados	136
10.5. Habitação localizada em São Pedro, sem jardim	144
10.5.1. Caracterização da habitação	144
10.5.2. Dados gerais	145
10.5.3. Resultados	146
10.6. Habitação localizada em São Bartolomeu	152
10.6.1. Caracterização da habitação	152
10.6.2. Dados gerais	153
10.6.3. Resultados	154
10.7. Síntese dos resultados	160
10.8. Discussão dos resultados	160
11. Conclusões.....	164
Referências bibliográficas	167
Anexo A – Normais climatológicas nos Açores.....	176
Anexo B – Dispositivos de uso de água tipo e eficientes	181
Anexo C – Tarifas de serviços de água nos Açores	186
Anexo D – Custos e poupança nos concelhos dos Açores	189
Anexo E – Resultados da análise do projeto de investimento.....	198

Anexo F – Resultados da análise de sensibilidade	266
Anexo G – Parâmetros para dimensionamento de SAAP	298
Anexo H – Manual de Boas Práticas – Uso Eficiente da Água.....	302

Índice de figuras

Figura 1: O ciclo urbano da água (Futures Forum, 2015)	10
Figura 2: Sede do <i>Building Research Establishment</i> , certificada pelo BREEAM, Garston, Reino Unido (Pinheiro, 2006).....	16
Figura 3: Edifício certificado pelo sistema LEED, na Geórgia, Estados Unidos da América (Southeast Watershed Forum <i>et al.</i> , 2012)	16
Figura 4: Principais vertentes e áreas ambientais de intervenção sugeridas para a construção sustentável no edificado (Pinheiro, 2006).....	17
Figura 5: Casa Oásis, em Faro, certificada em 2007 (LiderA, n.d.).....	17
Figura 6: Projeto das Casas dos Arcos, em Óbidos, certificado em 2008 (LiderA, n.d.)17	
Figura 7: Variação sazonal da precipitação, por ilha (DROTRH <i>et al.</i> , 2001)	18
Figura 8: Gráfico termopluiométrico de Santa Maria (baseado em dados disponíveis em CLIMAAT, n.d.).....	19
Figura 9: Gráfico termopluiométrico de São Miguel (baseado em dados disponíveis em CLIMAAT, n.d.).....	19
Figura 10: Gráfico termopluiométrico da Terceira (baseado em dados disponíveis em CLIMAAT, n.d.).....	19
Figura 11: Gráfico termopluiométrico da Graciosa (baseado em dados disponíveis em CLIMAAT, n.d.).....	19
Figura 12: Gráfico termopluiométrico do Faial (baseado em dados disponíveis em CLIMAAT, n.d.).....	20
Figura 13: Gráfico termopluiométrico das Flores (baseado em dados disponíveis em CLIMAAT, n.d.).....	20
Figura 14: Gráfico termopluiométrico do Corvo (baseado em dados disponíveis em CLIMAAT, n.d.).....	20
Figura 15: Comparação entre as disponibilidades e as necessidades hídricas totais, por ilha (SRAM, 2012)	23
Figura 16: Balanço hídrico, por ilha (SRAM, 2012).....	23
Figura 17: Necessidades hídricas no setor urbano, por ilha (SRAM, 2012)	24
Figura 18: Casa com cozinha dissociada, Nordeste, São Miguel (Caldas, 2000)	32
Figura 19: Casa linear, Fajãzinha, Flores (Caldas, 2000).....	32
Figura 20: Casas integradas, Sete Cidades, São Miguel (Caldas, 2000).....	32

Figura 21: Casa moderna, Ribeira Grande, São Miguel (Caldas <i>et al.</i> , 2002)	33
Figura 22: Casa moderna, Ponta Delgada, São Miguel (Caldas <i>et al.</i> , 2002)	33
Figura 23: Cisterna doméstica, Santa Bárbara, Terceira (Caldas, 2000).....	34
Figura 24: Cisterna quadrada, Terra do Pão, Pico (Caldas, 2000)	34
Figura 25: Cisterna abobadada, Lombega, Faial (Caldas, 2000)	35
Figura 26: Cisterna, Rosais, São Jorge (Caldas, 2000)	36
Figura 27: Cisterna, Santo Amaro, São Jorge (Caldas, 2000).....	36
Figura 28: Consumo doméstico de água por habitante na Europa, em 2005 (Miranda, 2012).....	43
Figura 29: Estrutura de consumos domésticos com usos exteriores (Almeida <i>et al.</i> , 2006).....	44
Figura 30: Estrutura de consumos domésticos sem usos exteriores (Almeida <i>et al.</i> , 2006).....	44
Figura 31: Rótulos de eficiência hídrica de produtos (ANQIP, 2012)	46
Figura 32: Sistema de rega por aspersão (Gustavo Cudell, 2000)	59
Figura 33: Sistema de rega gota-a-gota superficial (Karnes, n.d.)	60
Figura 34: Sistema de rega gota-a-gota subsuperficial (Garcia, 2011)	60
Figura 35: Componentes básicas de um SAAP (Almeida <i>et al.</i> , 2006)	65
Figura 36: Tanque em betão enterrado (Department of Water, 2011)	67
Figura 37: Tanque em PEAD implementado acima do solo (SAIT Polytechnic, 2013) 67	
Figura 38: Cobertura verde, Toronto, Canadá (Peck <i>et al.</i> , 1999)	72
Figura 39: Biblioteca Pública de Vancouver, Canadá (Peck <i>et al.</i> , 1999)	72
Figura 40: Tipologias de cobertura verde (Costa, 2010).....	74
Figura 41: Cobertura intensiva instalada num edifício em Frankfurt, Alemanha (USEPA, 2008).....	76
Figura 42: Cobertura extensiva implementada num edifício da Ford, Michigan, Estados Unidos da América (USEPA, 2008).....	76
Figura 43: Componentes típicas de uma cobertura verde (ZinCo, 2012).....	78
Figura 44: Autoclismo exterior tipo 110, Geberit (Geberit, 2013).....	91
Figura 45: Autoclismo exterior tipo 117, Geberit (Geberit, 2013).....	91
Figura 46: Chuveiro Bisel, Roca (Roca, 2011)	92
Figura 47: Chuveiro Novolence branco, Menos H2O (Menos H2O, n.d.)	92
Figura 48: Torneira Star, OLI (OLI, 2013)	92
Figura 49: Perlizador, Ecomeios (Ecomeios, n.d.).....	92

Figura 50: Torneira Atlas Banca de Parede, OLI (OLI, 2013).....	93
Figura 51: Ponteira com mangueira e cabeça giratória preta, Ecomeios (Ecomeios, n.d.)	93
Figura 52: Máquina de lavar roupa L87490FL, AEG (AEG, 2015)	94
Figura 53: Máquina de lavar roupa WAQ24417EE, Bosch (Bosch, 2013b)	94
Figura 54: Máquina de lavar loiça SMS50E98EU, Bosch (Bosch, 2013a).....	94
Figura 55: Máquina de lavar loiça SN25M842EU, Siemens (Siemens, 2013).....	94
Figura 56: Poupança anual numa habitação equipada com todos os dispositivos eficientes (sem considerar o investimento), consoante o concelho	103
Figura 57: Poupança anual numa habitação equipada com autoclismos eficientes (sem considerar o investimento), consoante o concelho	104
Figura 58: Poupança anual numa habitação equipada com chuveiros eficientes (sem considerar o investimento), consoante o concelho	104
Figura 59: Poupança anual numa habitação equipada com torneiras de casa de banho eficientes (sem considerar o investimento), consoante o concelho	105
Figura 60: Poupança anual numa habitação equipada com uma torneira de cozinha eficiente (sem considerar o investimento), consoante o concelho.....	105
Figura 61: Poupança anual numa habitação equipada com uma máquina de lavar roupa eficiente (sem considerar o investimento), consoante o concelho.....	106
Figura 62: Poupança anual numa habitação equipada com uma máquina de lavar loiça eficiente (sem considerar o investimento), consoante o concelho.....	106
Figura 63: Média no período em análise (10 anos) dos volumes diários para a habitação localizada em São Pedro, com jardim	137
Figura 64: Eficiência no uso do tanque para a habitação localizada em São Pedro, com jardim.....	138
Figura 65: Percentagem do volume de água em usos compatíveis com a utilização de água não potável para a habitação localizada em São Pedro, com jardim	139
Figura 66: Eficiência de aproveitamento de água pluvial para a habitação localizada em São Pedro, com jardim	139
Figura 67: Análise do custo-benefício para a habitação localizada em São Pedro, com jardim, utilizando um tanque em betão	141
Figura 68: Período de recuperação do investimento para a habitação localizada em São Pedro, com jardim, utilizando um tanque em betão	141

Figura 69: Análise do custo-benefício para a habitação localizada em São Pedro, com jardim, utilizando um tanque em PEAD.....	143
Figura 70: Período de recuperação do investimento para a habitação localizada em São Pedro, com jardim, utilizando um tanque em PEAD	143
Figura 71: Média no período em análise (10 anos) dos volumes diários para a habitação localizada em São Pedro, sem jardim.....	147
Figura 72: Eficiência no uso do tanque para a habitação localizada em São Pedro, sem jardim.....	148
Figura 73: Percentagem do volume de água em usos compatíveis com a utilização de água não potável para a habitação localizada em São Pedro, sem jardim.....	149
Figura 74: Eficiência de aproveitamento de água pluvial para a habitação localizada em São Pedro, sem jardim	149
Figura 75: Análise do custo-benefício para a habitação localizada em São Pedro, sem jardim, utilizando um tanque em betão	150
Figura 76: Período de recuperação do investimento para a habitação localizada em São Pedro, sem jardim, utilizando um tanque em betão.....	151
Figura 77: Média no período em análise (10 anos) dos volumes diários para a habitação localizada em São Bartolomeu	155
Figura 78: Eficiência no uso do tanque para a habitação localizada em São Bartolomeu	156
Figura 79: Percentagem do volume de água em usos compatíveis com a utilização de água não potável para a habitação localizada em São Bartolomeu	157
Figura 80: Eficiência de aproveitamento de água pluvial para a habitação localizada em São Bartolomeu	157
Figura 81: Análise do custo-benefício para a habitação localizada em São Bartolomeu, utilizando um tanque em betão	158
Figura 82: Período de recuperação do investimento para a habitação localizada em São Bartolomeu, utilizando um tanque em betão	159

Índice de tabelas

Tabela 1: Escala de classificação para os indicadores do controlo da qualidade da água para consumo humano (ERSARA, 2014b)	26
Tabela 2: Análises de cumprimento dos VP no ano de 2013, da água para consumo humano (ERSARA, 2014b).....	27
Tabela 3: Distribuição das tipologias habitacionais nos Açores (INE, 2012).....	30
Tabela 4: Requisitos básicos de água para as necessidades humanas (Gleick, 1996)....	42
Tabela 5: Uso de água em retrete, na cidade de Perth, Austrália (Loh <i>et al.</i> , 2003).....	47
Tabela 6: Comparação de consumos de chuveiros não eficientes e eficientes (Almeida <i>et al.</i> , 2006).....	49
Tabela 7: Comparação de consumos de diferentes modelos de máquinas de lavar loiça (Almeida <i>et al.</i> , 2006).....	53
Tabela 8: Comparação de consumos de diferentes modelos de máquinas de lavar roupa (Almeida <i>et al.</i> , 2006).....	54
Tabela 9: Uso de água em diferentes tipos de máquinas de lavar roupa (Loh <i>et al.</i> , 2003)	54
Tabela 10: Frequência da manutenção das componentes de um SAAP (ANQIP, 2009)	68
Tabela 11: Procedimentos para a manutenção de SAAP (USEPA, 2013)	68
Tabela 12: Minimização da contaminação em tanques de SAAP (ARID <i>et al.</i> , 2008)..	69
Tabela 13: Custo de água e energia numa casa típica com dispositivos convencionais (Silva-Afonso <i>et al.</i> , 2011b)	80
Tabela 14: Custo de água e energia numa casa típica com dispositivos eficientes (Silva-Afonso <i>et al.</i> , 2011b)	80
Tabela 15: Resultados completos para o Porto, nas duas situações (Martins, 2009)	83
Tabela 16: Resultados completos para Faro, nas duas situações (Martins, 2009).....	83
Tabela 17: Principais resultados obtidos para cada uma das capacidades de tanque mais favoráveis no período em análise de 10 anos (Oliveira, 2008)	85
Tabela 18: Quantidade de dispositivos por tipologia, presentes na habitação unifamiliar	90
Tabela 19: Dispositivos tipo seleccionados	95
Tabela 20: Dispositivos eficientes seleccionados	95
Tabela 21: Perfis diários de utilização dos dispositivos	97

Tabela 22: Consumos de água para os dispositivos tipo	98
Tabela 23: Consumos de água para os dispositivos eficientes	98
Tabela 24: Consumos de energia para os dispositivos tipo	99
Tabela 25: Consumos de energia para os dispositivos eficientes	99
Tabela 26: Poupança de água e eficiência potencial	100
Tabela 27: Poupança de energia e eficiência potencial	100
Tabela 28: Vida útil dos dispositivos (USEPA, 1998)	110
Tabela 29: Custos e diferença de custos dos dispositivos tipo e eficientes selecionados	111
Tabela 30: Síntese da análise do investimento para a totalidade dos dispositivos, por concelho	112
Tabela 31: Síntese da análise do investimento para os autoclismos, por concelho	112
Tabela 32: Síntese da análise do investimento para os chuveiros, por concelho	113
Tabela 33: Síntese da análise do investimento para as torneiras de casa de banho, por concelho	113
Tabela 34: Síntese da análise do investimento para as torneiras de cozinha, por concelho	114
Tabela 35: Dispositivos eficientes economicamente viáveis, por concelho	115
Tabela 36: Perfis de utilização da máquina de lavar roupa e da máquina de lavar loiça, para os cenários pessimista, mais provável e otimista	117
Tabela 37: Consumos anuais de água com dispositivos tipo, para os cenários pessimista, mais provável e otimista	117
Tabela 38: Consumos anuais de água com dispositivos eficientes, para os cenários pessimista, mais provável e otimista	118
Tabela 39: Poupança anual de água para os cenários pessimista, mais provável e otimista	118
Tabela 40: Consumos anuais de energia com dispositivos tipo, para os cenários pessimista, mais provável e otimista	118
Tabela 41: Consumos anuais de energia com dispositivos eficientes, para os cenários pessimista, mais provável e otimista	119
Tabela 42: Poupança anual de energia para os cenários pessimista, mais provável e otimista	119
Tabela 43: Poupança anual nos cenários pessimista, mais provável e otimista, no Nordeste	119

Tabela 44: Poupança anual nos cenários pessimista, mais provável e otimista, em Angra do Heroísmo	120
Tabela 45: Análise de sensibilidade com variação do agregado familiar, para a totalidade dos dispositivos, Nordeste e Angra do Heroísmo.....	120
Tabela 46: Análise de sensibilidade com variação do agregado familiar, para os autoclismos, Nordeste e Angra do Heroísmo	121
Tabela 47: Análise de sensibilidade com variação do agregado familiar, para os chuveiros, Nordeste e Angra do Heroísmo.....	121
Tabela 48: Análise de sensibilidade com variação do agregado familiar, para as torneiras de casa de banho, Nordeste e Angra do Heroísmo	122
Tabela 49: Análise de sensibilidade com variação do agregado familiar, para a torneira de cozinha, Nordeste e Angra do Heroísmo	122
Tabela 50: Análise de sensibilidade com variação do agregado familiar, para a máquina de lavar roupa, Nordeste e Angra do Heroísmo	123
Tabela 51: Poupança anual nos cenários pessimista, mais provável e otimista, no Nordeste.....	124
Tabela 52: Poupança anual nos cenários pessimista, mais provável e otimista, em Angra do Heroísmo	124
Tabela 53: Análise de sensibilidade com variação dos custos dos serviços de água e energia, para a totalidade dos dispositivos, Nordeste e Angra do Heroísmo	125
Tabela 54: Análise de sensibilidade com variação dos custos dos serviços de água e energia, para os autoclismos, Nordeste e Angra do Heroísmo	125
Tabela 55: Análise de sensibilidade com variação dos custos dos serviços de água e energia, para os chuveiros, Nordeste e Angra do Heroísmo	126
Tabela 56: Análise de sensibilidade com variação dos custos dos serviços de água e energia, para as torneiras de casa de banho, Nordeste e Angra do Heroísmo	126
Tabela 57: Análise de sensibilidade com variação dos custos dos serviços de água e energia, para a torneira de cozinha, Nordeste e Angra do Heroísmo	127
Tabela 58: Dados gerais relativos à habitação localizada em São Pedro, com jardim.	135
Tabela 59: Dados da análise económica relativos à habitação localizada em São Pedro, com jardim.....	136
Tabela 60: Resultados obtidos para os volumes no período de 10 anos.....	136
Tabela 61: Resultados obtidos para as eficiências.....	138
Tabela 62: Resultados obtidos para a análise económica para um tanque em betão....	140

Tabela 63: Resultados obtidos para a análise económica para um tanque em PEAD..	142
Tabela 64: Dados gerais relativos à habitação localizada em São Pedro, sem jardim .	145
Tabela 65: Dados da análise económica relativos à habitação localizada em São Pedro, sem jardim	146
Tabela 66: Resultados obtidos para os volumes no período de 10 anos.....	146
Tabela 67: Resultados obtidos para as eficiências.....	148
Tabela 68: Resultados obtidos para a análise económica para um tanque em betão....	150
Tabela 69: Dados gerais relativos à habitação localizada em São Bartolomeu.....	153
Tabela 70: Dados da análise económica relativos à habitação localizada em São Bartolomeu	154
Tabela 71: Resultados obtidos para os volumes no período de 10 anos.....	154
Tabela 72: Resultados obtidos para as eficiências.....	156
Tabela 73: Resultados obtidos para a análise económica para um tanque em betão....	158
Tabela 74: Resultados obtidos na capacidade de tanque mais favorável para cada habitação, no período de 10 anos.....	160

Lista de abreviaturas

ADRA - Águas da Região de Aveiro

ANQIP - Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

ARID - *Australian Rainwater Industry Development Association*

BRE - *Building Research Establishment*

BREEAM - *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*

CBO5 - Carência Bioquímica de Oxigénio

CE – Comissão Europeia

CF – *Cash flow*

CLIMAAT – Clima e Meteorologia dos Arquipélagos Atlânticos

COC - Custo de oportunidade

DCLG - *Department for Communities and Local Government*

DROTRH - Direção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos

EDA - Eletricidade dos Açores

EPAL - Empresa Portuguesa das Águas Livres

ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos

ERSARA - Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos dos Açores

ETA^(a) - Estação de tratamento de água

ETA^(b) - Especificação Técnica ANQIP

ETAR - Estação de tratamento de águas residuais

IA - Instituto da Água

INAG - Instituto Nacional da Água

INE - Instituto Nacional de Estatística

IRAR - Instituto Regulador de Águas e Resíduos

LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NAHB - *National Association of Home Builders*

PEAD - Polietileno de Alta Densidade

PEAASAR - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais

PENSAAR 2020 - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais 2020

PGRH - Plano de Gestão de Região Hidrográfica

PNUEA - Programa Nacional para o Uso Eficiente de Água

PR - Período de recuperação

RWHS – *Rainwater harvesting system*

SAAP - Sistema de aproveitamento de águas pluviais

SAIT - *Southern Alberta Institute of Technology*

SRAM - Secretaria Regional do Ambiente e do Mar

TIR - Taxa interna de rendibilidade

TWDB - *Texas Water Development Board*

USEPA - *United States Environmental Protection Agency*

USGBC - *United States Green Building Council*

V - Volume

VAL – Valor Atualizado Líquido

VP - Valor paramétrico

WONE - *Water Optimization for Network Efficiency*

“O pensamento começa quando o homem não aceita a sua existência como evidente, mas a experimenta como um mistério insondável.”

Albert Schweitzer

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Numa era pautada por questões relacionadas com a disponibilidade de água e com práticas correntes pouco eficientes, é essencial contribuir para a aplicação de medidas efetivas para um uso mais eficiente da água, com recurso a soluções exequíveis do ponto de vista da sustentabilidade ambiental, económica e social.

Bouwer (2000) considera que o crescimento da população mundial, associado a padrões de vida mais elevados, conduzirá ao aumento das exigências de água de boa qualidade para usos municipais e industriais, assim como dos fluxos de esgoto. Esta situação levará, igualmente, ao crescimento das necessidades de água para irrigação, não podendo ser descorada a importância da água para fins de cariz ambiental. No seu conjunto, estas questões estarão na base do aumento da competição em torno dos recursos hídricos.

Em Portugal, o Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), centrado na redução das perdas de água e na otimização do uso da água, surge como um instrumento de gestão imprescindível para a proteção dos recursos hídricos, sobretudo num país onde a variabilidade climática gera frequentes situações de stress hídrico (APA, 2012). Relativamente a instalações residenciais, este plano apresenta medidas destinadas a reduzir os consumos de água, por via da alteração dos hábitos de uso de dispositivos de água (autoclismos, chuveiros, torneiras, máquinas de lavar roupa, máquinas de lavar loiça e sistemas de aquecimento e refrigeração de ar), e sua substituição por outros de menor gasto de água. São, igualmente, sugeridas medidas a implementar em usos e espaços exteriores, como a lavagem de pavimentos, a lavagem de veículos, jardins e piscinas.

A utilização da água nos diferentes usos deve ter em consideração a adequação do nível de qualidade necessária para esse uso, incluindo a proteção da saúde pública das pessoas expostas, dados os custos globais associados ao tratamento para obter qualidade compatível com o consumo humano. De acordo com Almeida *et al.* (2006), a implementação de projetos de demonstração da utilização de água de qualidade inferior à potável em usos compatíveis apresenta interesse no âmbito da conservação de água.

Apesar de reconhecido o interesse de adequar o nível de tratamento ao uso, verifica-se uma parca aposta em sistemas vocacionados para o aproveitamento de água de qualidade inferior em usos não potáveis nos Açores, à semelhança do que ocorre em Portugal Continental. Todavia, é ressalvada a importância da existência, em Portugal, de regulamentação técnica adequada, que vele pela proteção da saúde dos utentes contra potenciais perigos para a saúde pública.

Por outro lado, um estudo com o fito de avaliar a disponibilidade dos consumidores domésticos para pagar serviços afetos ao abastecimento de água e à drenagem de águas residuais foi realizado por Hensher *et al.* (2005). Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que os consumidores valorizam a fiabilidade de tais serviços, estando dispostos a pagar para evitar a interrupção dos mesmos. Como tal, existe potencial para otimizar o nível destes serviços, levando em conta o aumento dos encargos monetários inerentes aos mesmos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste projeto é contribuir para um uso mais eficiente de água em habitações unifamiliares, localizadas no arquipélago dos Açores.

1.2.2. Objetivos específicos

O presente projeto comporta os seguintes objetivos específicos:

- Sistematizar as medidas aplicáveis e ações necessárias para a implementação de medidas de uso eficiente da água;
- Analisar a legislação e normalização em vigor em áreas relevantes para identificação de lacunas, barreiras e fatores de risco à implementação das medidas identificadas;
- Desenvolver procedimentos de apoio aos utilizadores para a seleção de medidas e para análise da sua viabilidade nas dimensões relevantes;

- Desenvolver um guia de boas práticas e proceder à aplicação a casos de estudo selecionados.

1.3. Estrutura do trabalho

O trabalho que agora se apresenta encontra-se estruturado em onze capítulos distintos.

No presente capítulo, procede-se ao enquadramento do projeto desenvolvido e traçam-se o objetivo geral e os objetivos específicos, do mesmo. Descreve-se, igualmente, a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo, aborda-se a água no contexto português. São desenvolvidos temas relacionados com o setor das águas, a gestão da oferta e da procura de água e o uso sustentável deste recurso.

O terceiro capítulo centra-se na gestão da água em zonas urbanas. São descritos o ciclo urbano da água, o impacto da urbanização nos recursos hídricos, a emergência das *smart cities*, o edifício verde e os sistemas de certificação da sustentabilidade em edifícios.

O quarto capítulo desenvolve questões relacionadas com a água no contexto dos Açores, nomeadamente a caracterização do regime de precipitação, o balanço hídrico, a qualidade da água e as potenciais ameaças à qualidade e quantidade dos recursos hídricos dos Açores.

O quinto capítulo volta a abordar os Açores, mas na vertente da construção. Abordam-se os temas da distribuição das tipologias habitacionais, da habitação unifamiliar e do aproveitamento de águas pluviais em habitações unifamiliares.

No sexto capítulo, procede-se à análise da legislação e normalização em vigor em áreas relevantes para identificação de lacunas, barreiras e fatores de risco à implementação de medidas para o uso eficiente de água.

O sétimo capítulo foca-se no uso eficiente de água em habitações unifamiliares, tendo por base a análise da importância da eficiência hídrica em Portugal, do PNUEA, do Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais

2020 (PENSAAR 2020), dos consumos domésticos de água e das medidas aplicáveis no interior e no exterior de habitações. São abordadas a alteração dos hábitos de vida dos consumidores, a aplicação de dispositivos mais eficientes, o aproveitamento de águas pluviais e a implementação de coberturas verdes. Apresentam-se, igualmente, três estudos da aplicação de medidas de uso eficiente de água, elaborados por outros autores.

No oitavo capítulo descrevem-se as principais linhas orientadoras adotadas na conceção do Manual de Boas Práticas para o Uso Eficiente da Água.

No nono capítulo, apresenta-se o primeiro caso de estudo, onde se analisam e estimam as reduções de consumo de água que podem ser alcançadas em habitações unifamiliares localizadas nos diversos concelhos dos Açores, através do recurso a produtos com uso eficiente de água, em detrimento de produtos tipo. É igualmente realizada uma análise económica desta medida de uso eficiente de água, apresentando-se a discussão dos respetivos resultados.

No décimo capítulo, respeitante ao segundo caso de estudo, apresenta-se uma avaliação da redução do consumo de água de abastecimento público, viabilizada pela implementação de um SAAP em três habitações unifamiliares localizadas na ilha Terceira. Tal como no primeiro caso de estudo, realiza-se uma estimativa do impacto económico da medida preconizada, procedendo-se à discussão dos resultados obtidos.

Finalmente, no décimo primeiro capítulo, apresentam-se as principais conclusões decorrentes do projeto desenvolvido.