



António Diamantino Gonçalves Barreto

Licenciatura em Ciências de Engenharia do Ambiente

**Contribuição para o estudo de um sistema
integrado de abastecimento de água e
tratamento de água residual doméstica.
Caso de estudo: Cidade da Praia**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente, perfil Engenharia Sanitária

Orientador: Professora Doutora Rita Maurício
Rodrigues Rosa, Professora Auxiliar, FCT/UNL

Presidente: Professor Doutor Pedro Manuel da Hora Santos Coelho

Arguente: Professora Doutora Leonor Miranda Monteiro do Amaral

Vogal: Professora Doutora Rita Maurício Rodrigues Rosa



António Diamantino Gonçalves Barreto

Licenciatura em Ciências de Engenharia do Ambiente

**Contribuição para o estudo de um sistema
integrado de abastecimento de água e
tratamento de água residual doméstica.
Caso de estudo: Cidade da Praia**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente, perfil Engenharia Sanitária

Orientador: Professora Doutora Rita Maurício
Rodrigues Rosa, Professora Auxiliar, FCT/UNL

Presidente: Professor Doutor Pedro Manuel da Hora Santos Coelho

Arguente: Professora Doutora Leonor Miranda Monteiro do Amaral

Vogal: Professora Doutora Rita Maurício Rodrigues Rosa

Contribuição para o estudo de um sistema integrado de abastecimento de água e tratamento de água residual doméstica. Caso de estudo: Cidade da Praia

© Copyright, 2015, António Diamantino Gonçalves Barreto

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Universidade Nova de Lisboa

Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

“We must treat water as if it were the most precious thing in the world, the most valuable natural resource. Be economical with water! Don't waste it! We still have time to do something about this problem before it is too late.”

Mikhail Gorbachev, 2001

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço ao TODO-PODEROSO DEUS, Pai Clemente e Misericordioso, Compassivo e Justo. Agradeço-lhe pelo dom da vida, pela força que me concedeu e pelo espírito de determinação sem o qual esta meta jamais seria atingida.

Agradeço insistida e encarecidamente à Professora e orientadora Doutora Rita Maurício Rodrigues Rosa, que através das suas excelentes qualidades como docente e como investigadora, e detentora de uma elevada competência científica e pedagógica, soube, com enorme carisma, simpatia e excepcional dedicação, orientar-me durante a realização desta dissertação. Cabe aqui um especial e profundo MUITO OBRIGADO!

À minha Querida Mãe, Celina Gonçalves, pela energia e motivação que me transmite sempre, pelo incentivo e pela fé, pelo carinho e amor incondicional, pelo apoio, pela dedicação e pelos valores que sempre me incutiu, fica aqui o meu gigantesco e sincero MUITÍSSIMO OBRIGADO!

À Professora, Amiga, Pedagoga e Mãe, Sandra Querido, agradeço incessantemente pela confiança que depositou em mim e por tudo que por mim fez, faz e fará com certeza.

Ao meu irmão gémeo António Barreto, agradeço incansavelmente por uma vida inteira de companheirismo e de trocas, de paciência e dedicação, de afecto e compreensão. Agradeço também pelo apoio incondicional e pela vitória que é NOSSA.

Ao meu Padrasto Domingos, ao meu Pai António e aos irmãos, Giovanni, Deise, Telma, Tiara e Nelson Barreto agradeço pela força, pelo apoio moral e por tudo que contribuiu para que o meu sonho se concretizasse.

Apresento os meus agradecimentos a todos quanto, no âmbito das suas funções, competências e ocupações, pelas suas disponibilidades, boa vontade, e pelos seus conhecimentos, que muito me ajudaram com as suas valiosas contribuições, prestando-me o apoio no desenvolvimento desta dissertação de forma incondicional e amiga, nomeadamente, ao Eng.º Alberto Brito da ELECTRA-SUL, ao Eng.º Luís Alfama da ANAS, ao Eng.º Pedro Cruz da ETAR do Palmarejo.

Aos professores Pedro Coelho, Leonor Amaral, Artur João Cabeças, António Pedro Mano, José Carlos Ferreira, e à professora Graça Martinho, deixo aqui os meus cordiais agradecimentos.

A todos os professores da Escola Secundaria Pedro Gomes que de uma forma ou de outra contribuíram para a concretização deste sonho, os meus sinceros agradecimentos.

Ao meu amigo, colega e companheiro de estudos Ivandro Orrico, MUITO OBRIGADO pela companhia ao longo da realização desta dissertação, pelas noites em claro, por aturar-me e por responder sempre a todas as minhas perguntas, ainda que não perceba nada disto. Serei sempre grato por tudo o que fez, faz e com certeza fará sempre por mim.

Ao “Cientista” Jailson Querido e ao grande amigo Alex Gonçalves agradeço encarecidamente pelo acolhimento e pela orientação que me proporcionaram nos primeiros dias desta nova conquista.

Aos meus colegas de casa, Vladimir Santos, Ana Dupret, Awa Boal, Vanessa Duarte, Evelise Cardoso, Rui Cardoso, e ao pequeno Noah por serem mais do que irmãos para mim, pela preocupação e motivação e por todos os bons e maus momentos que juntos passámos, resta-me aqui deixar um profundo e especial agradecimento, “*so la*”.

A todos os meus colegas de faculdade e aos meus amigos em geral, que de uma forma ou de outra sempre me apoiaram ao longo do meu percurso pela FCT e contribuíram para que eu concluísse o Mestrado, cabem aqui os meus sinceros votos de agradecimentos.

Dedicatória

«Esta dissertação, fruto de cinco anos e meio de muita luta, de algum sofrimento, de muito trabalho e de esforços sem fim, porém, sempre com a fé e a certeza de que a vitória era CERTA, é inteiramente dedicada à minha mãe Celina, à segunda mãe Sandra Querido e aos meus irmãos, principalmente à minha irmã mais nova, Tiara Tamires Gonçalves Moreira».

Resumo

O problema de escassez de água em muitas regiões do globo acompanhado do acelerado crescimento da população e das decorrentes alterações climáticas, constituem um conjunto de preocupações ligadas à gestão dos recursos hídricos, principalmente no que diz respeito à satisfação das necessidades de consumo quer em termos quantitativos, quer em termos qualitativos.

Tanto o abastecimento de água para o consumo humano, como a descarga e reutilização de águas residuais urbanas, requerem, *à priori*, um conjunto de processos e operações de tratamento tanto mais exigentes quanto maior o nível de qualidade final pretendido, tendo sempre em consideração aspectos como a saúde e a exposição humana como também o tipo de actividade a que se destina a água.

Com o presente trabalho pretende-se dar um contributo para a avaliação da viabilidade de implementação de um sistema integrado de abastecimento de água e de tratamento de águas residuais domésticas na cidade da Praia, em Cabo Verde, tendo por base a situação actual, e um ano horizonte de 20 anos (2015 a 2035).

Cabo Verde é um país com sérios problemas no que se refere aos recursos hídricos uma vez que carece de chuva e de reservas de águas subterrâneas. Circundado pelo mar, quase a totalidade dos municípios é abastecida pela água proveniente de processos de dessalinização da água do mar, através de tecnologias de membranas - Osmose Inversa (OI).

Neste estudo, através de inquérito directo (260 inquéritos) e visitas presenciais a instituições, empresas e directamente à população, fez-se a caracterização dos sistemas de gestão da água e de águas residuais da referida cidade, por forma a perceber o funcionamento dos mesmos. Em 2014, cerca de 90% da água distribuída à população da Praia ($10.000 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$) proveio da água dessalinizada na central da ELECTRA. No mesmo ano, o caudal médio diário de água residual afluyente à ETAR do Palmarejo foi de $2245 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$. A deficiente cobertura da rede de drenagem de águas residuais da cidade (26,5%, segundo resultados do inquérito) é a principal razão pela baixa afluência à ETAR.

Neste trabalho, procedeu-se ainda, à avaliação comparativa de custos para produção de água para a rega de áreas verdes da cidade, quer a partir de técnicas de dessalinização quer a partir da reutilização de água residual tratada. Com a reutilização de água residual tratada na rega das áreas verdes da cidade da Praia (92,4 ha), concluiu-se que, ao fim dos próximos 21 anos, poupar-se-á, na dessalinização, cerca de 32 milhões de euros (3.520 milhões de ECV).

Da análise efectuada, concluiu-se que o volume necessário para o sistema de armazenamento da água residual tratada (estimado com base no mês de maior necessidade de rega do ano horizonte, Junho de 2035, assumindo um tempo de retenção hidráulico de um dia) é de 5.000 m^3 .

Palavras-chave – Abastecimento de água; Tratamento de águas residuais; Sistema integrado; Cidade da Praia – Cabo Verde, Reutilização de águas residuais tratadas; Dessalinização.

Abstract

The water scarcity issue in many regions of the globe, accompanied by the accelerated population growth and arising climate change, are one of the many concerns connected to the management of water resources, particularly with regard to the consumption needs satisfaction, both in qualitative and quantitative terms.

The potable water supply for consumption, or for other ends, and the discharge and reuse of the urban wastewater, require in advance a set of treatment processes as rigorous as the quality level pretended, taking into consideration factors such as the human health, the human exposure, and the kind of water use activity.

This dissertation intends to contribute to the implementation viability evaluation of an integrated system of water supply and domestic wastewater treatment, in the city of Praia, Cape Verde, between the years of 2015 and 2035.

Cape Verde is a country facing serious problems concerning water resources, since there is scarcity of rain and underground water reserves. Surrounded by sea, almost all the municipalities' water supply comes from the desalination process of sea water, through the membrane technology of Reverse Osmosis (OI).

To such effect, a characterization of water management system and city water waste was made, to understand how they work according to the data obtained. In 2014, about 90% of the water distributed to the population of Praia ($10.000 \text{ m}^3 \cdot \text{day}^{-1}$) was coming from the water desalination of the ELECTRA central. In the same year, the daily flow rate of waste water affluent of ETAR of Palmarejo was $2245 \text{ m}^3 \cdot \text{day}^{-1}$. The deficient coverage of waste water drainage of the city (26.5% according to inquiry) is the main reason for the low affluence of WWTP.

An inquiry was held to 260 residents (direct contact), to obtain a perception about the population's knowledge in this field. Then, the comparative evaluation of the water obtainment for the green areas of the city irrigation proceeded, according to the desalination and treated waste water reuse techniques.

With the reuse of treated waste water in the irrigation of the city of Praia's green areas (92,4 ha), it has been concluded that, in the end of the next 21 years, in the desalination, about 32 million euros (3.520 million CVE) will be saved.

According to the analysis realized, it has been concluded that the volume of treated wastewater storage to be conceived (estimated based on the month with more irrigation necessity in the horizon year, June of 2035, assuming a one day TRH) is of 5.000 m^3 .

Keywords: Water supply; Wastewater treatment; integrated system; City of Praia – Cape Verde; Reuse of treated wastewater; Desalination.

Índice

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	<i>ENQUADRAMENTO DO TEMA.....</i>	<i>1</i>
1.2	<i>OBJECTIVO.....</i>	<i>5</i>
1.3	<i>ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....</i>	<i>5</i>
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	6
2.1	<i>PROBLEMÁTICA DA ESCASSEZ DE ÁGUA NOS PAÍSES EM VIAS DE DESENVOLVIMENTO.....</i>	<i>6</i>
2.2	<i>TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO.....</i>	<i>14</i>
2.2.1	Operações e processos convencionais aplicados ao tratamento de água para abastecimento.....	14
2.2.2	Processos de Separação por membranas.....	18
2.3	<i>TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS.....</i>	<i>28</i>
2.4	<i>REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUAL TRATADA ENQUANTO SOLUÇÃO DE ESCASSEZ DE ÁGUA.....</i>	<i>32</i>
2.4.1	Características da água residual e critérios de qualidade para a reutilização.....	32
2.4.2	Tipos de uso e sistemas de armazenamento de água residual tratada.....	34
2.4.3	Impactes associados à utilização de águas residuais tratadas.....	37
3	ENQUADRAMENTO DO CASO DE ESTUDO – CIDADE DA PRAIA, CABO VERDE.....	40
3.1	<i>CONTEXTO HISTÓRICO E TERRITORIAL.....</i>	<i>40</i>
3.2	<i>ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E AMBIENTAL.....</i>	<i>43</i>
3.3	<i>DEMOGRAFIA E DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÓMICO.....</i>	<i>50</i>
4	METODOLOGIA.....	56
5	GESTÃO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS NA CIDADE DA PRAIA.....	60
5.1	<i>CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DA PRAIA.....</i>	<i>63</i>
5.1.1	Sistemas de captação e produção de água.....	63
5.1.2	População servida e capitação.....	65
5.1.3	Caracterização das infra-estruturas de transporte e distribuição.....	67
5.2	<i>CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUAL DOMÉSTICA DA CIDADE DA PRAIA.....</i>	<i>70</i>
5.2.1	População servida.....	70
5.2.2	Descrição da ETAR de Palmerejo e das infra-estruturas de apoio.....	71
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	78
6.1	<i>RESULTADO DO INQUÉRITO APLICADO AO CASO DE ESTUDO.....</i>	<i>78</i>
6.2	<i>CUSTO DE TRATAMENTO DE ÁGUA POR DESSALINIZAÇÃO VERSUS CUSTO DE TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUAL – APLICAÇÃO NA REGA DE ÁREAS VERDES.....</i>	<i>88</i>

7	CONCLUSÕES FINAIS.....	98
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
9	ANEXOS.....	109

Índice de figuras

Figura 1.1 – Distribuição de água no planeta terra.....	2
Figura 1.2 - Distribuição heterogénea de recursos de água doce existente na terra	3
Figura 2.1 – Mapa mundial de Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)	8
Figura 2.2 – Mapa de distribuição da população mundial com acesso a água potável em percentagem.....	8
Figura 2.3 - Evolução da disponibilidade de água potável <i>per capita</i> entre 1950 e 2025	9
Figura 2.4 - Evolução e Estimativa da Disponibilidade de água global desde 1950 até 2025	10
Figura 2.5 - Consumo e extracção de água ao longo de vários anos por sector de actividade (agrícola, doméstico e industrial).	11
Figura 2.6 - Preços de água diferenciados de acordo com o país e com o nível de rendimento.	12
Figura 2.7 - Tendências de evolução de taxas de utilização de água vs taxa de crescimento da população entre 1990 e 2000.	13
Figura 2.8 - Utilização da água por sector nos países em vias de desenvolvimento entre 1998 e 2002	13
Figura 2.9 – Sistemas convencionais de tratamento de água para abastecimento público	17
Figura 2.10 - Processos de separação por membranas e suas capacidades de remoção de substâncias, sais, contaminantes, organismos, partículas, entre outros	20
Figura 2.11 - Capacidade de dessalinização instalada a nível global.....	23
Figura 2.12 - Capacidade acumulada de estações de dessalinização instaladas nos E.U.A e no mundo – 1950 a 2006.	24
Figura 2.13 - Esquema de uma linha de tratamento de dessalinização.	25
Figura 2.14 - Esquema do Processo de Evaporação Multi-Flash – MSF.	27
Figura 2.15 – Esquema do Processo de Destilação Múltiplo Efeito – MED.	27
Figura 2.16 - Esquema genérico de operações e processos unitários aplicados ao tratamento de águas residuais (Adaptado de Metcalf & Eddy, 2003).....	29
Figura 2.17 - Órgãos envolvidos no tratamento secundário de águas residuais.	31
Figura 3.1 - Território de Cabo Verde – localização.....	41
Figura 3.2 – Mapa do arquipélago de Cabo Verde.....	41
Figura 3.3 – Mapa da Cidade da Praia e sua divisão por categorias de região (Urbana - U e Rural - R).....	42

Figura 3.4 – Bacias hidrográficas do município da Praia	46
Figura 3.5 - Variação da precipitação anual e respectiva tendência de evolução na cidade da Praia entre 1981 e 2011.	48
Figura 3.6 - Temperatura Média Anual da Cidade da Praia entre 1981 – 2009	48
Figura 3.7 - Evolução da população do Município da Praia entre 1940 e 2010	51
Figura 3.8 – Análise da pressão demográfica em Cabo Verde entre 2000 e 2010 – caso do Município da Praia.....	52
Figura 3.9 - Distribuição da dimensão média das famílias em Cabo Verde (2010).....	52
Figura 3.10 - Distribuição da densidade populacional na cidade da praia.....	53
Figura 4.1 – Distribuição da população (estimada para o ano 2015) pelas sub-divisões administrativas urbanas e rurais do Município da Praia.....	57
Figura 4.2 – Distribuição da amostra inquirida, em termos percentuais, por sub-divisão urbana da cidade da Praia.....	58
Figura 5.1 – Distribuição da população de Cabo Verde com acesso à água canalizada, por ilha, no ano 2010.....	63
Figura 5.2 – Distribuição da população de Cabo Verde com acesso à água canalizada, por concelho, no ano 2010.....	63
Figura 5.3 – Distribuição do caudal explorado por sub-sistema de captação no ano 2014.	64
Figura 5.4 – Quantidade média diária de água explorada e distribuída na cidade da Praia no ano 2014.....	65
Figura 5.5 - Distribuição da população de Cabo Verde e da cidade da Praia segundo principal fonte de abastecimento de água no ano 2010.....	66
Figura 5.6 – Distribuição da amostra inquirida com água canalizada no interior do alojamento e sem água canalizada (por fonte de abastecimento) nas sub-regiões urbanas da cidade da Praia.	66
Figura 5.7 – Distribuição da capitação média por sub-região urbana do município da Praia.....	67
Figura 5.8 – Representação esquemática do sistema de adução/transporte de água entre captação/produção e os reservatórios de distribuição	68
Figura 5.9 – Mapas de cobertura dos sistemas de distribuição de água e de circuito da rede adutora, rede de distribuição e ramais de ligação da cidade da Praia.....	69
Figura 5.10 – Destinos das águas residuais domésticas na cidade da Praia no ano 2010.....	70

Figura 5.11 – Caudal médio mensal de água residual afluyente à ETAR de Palmarejo no ano 2014	71
Figura 5.12 – Evolução dos caudais de água distribuída e de águas residuais tratadas na cidade da Praia em 2014	72
Figura 5.13 – Mapa com a localização da ETAR de Palmarejo e das estações elevatórias da cidade da Praia.	72
Figura 5.14 – Planta da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Palmarejo	73
Figura 5.15 – Órgãos utilizados em operações e processos de tratamento de águas residuais na ETAR do Palmarejo.....	75
Figura 5.16 – Digestor de lamas (inoperacional) e laboratório.....	76
Figura 5.17 – Edifício dos compressores (onde também são guardadas os módulos de lâmpadas UV).....	76
Figura 6.1 – Estimativa da distribuição da população da Praia por sub-divisão administrativa relativamente ao ano 2015, em número e em percentagem.....	78
Figura 6.2 – Distribuição da amostra inquirida por sub-divisão administrativa em número e em percentagem.....	78
Figura 6.3 – Distribuição amostra inquirida por faixa etária e por género.....	79
Figura 6.4 – Distribuição da amostra inquirida por nível de escolaridade.....	79
Figura 6.5 – Distribuição da amostra por dimensão do agregado familiar.....	80
Figura 6.6 – Conhecimento da amostra inquirida a cerca da técnica de produção de água de abastecimento	80
Figura 6.7 – Distribuição da amostra inquirida por fonte de abastecimento	81
Figura 6.8 – Distribuição da capitação médias nas sub-divisões urbanas da cidade da Praia. ...	81
Figura 6.9 – Distribuição das estimativas de custo de obtenção de 1 m ³ de água na cidade da Praia, por fonte de abastecimento	82
Figura 6.10 – Motivos pelos quais a ligação domiciliária na cidade da Praia não cubra quase metade da população.....	83
Figura 6.11 – Razões pelas quais seja elevado o custo de obtenção de água para consumo na cidade da Praia.....	83
Figura 6.12 – Distribuição da amostra inquirida com e sem posse de casa de banho no alojamento.	84

Figura 6.13 – Distribuição da amostra inquirida pelo modo de rejeição de águas residuais domésticas.	85
Figura 6.14 – Alternativa mais prioritária e menos prioritária a serem adoptadas como medida de melhoramento da situação actual em termos de cobertura da rede de drenagem de águas residuais na cidade da Praia	86
Figura 6.15 – Conhecimento dos inquiridos sobre a existência da ETAR na cidade da Praia.....	86
Figura 6.16 – Grau de importância atribuído, pelos inquiridos, ao tratamento de águas residuais antes da sua descarga no meio.	87
Figura 6.17 – Conhecimento sobre a reutilização de águas residuais tratadas	87
Figura 6.18 – Respostas dos inquiridos a cerca da reutilização de águas residuais tratadas.	88
Figura 6.19 – Opinião dos inquiridos sobre os fins a que se destina uma água residual tratada (tipo de uso).....	88
Figura 6.20 – Estimativa da evolução da população da cidade da Praia entre os anos 2015 e 2035.	91
Figura 6.21 – Evolução dos caudais de água de abastecimento e de águas residuais domésticas (2015 – 2035).	92
Figura 6.22 – Evolução dos custos associados ao tratamento de água para abastecimento e ao tratamento de águas residuais domésticas na cidade da Praia.....	93
Figura 6.23 – Evolução do caudal de água residual tratada e do caudal necessário para a rega dos espaços verdes da cidade da Praia.....	95
Figura 6.24 – Necessidades diárias de rega na cidade da Praia no ano zero e no ano horizonte (em termos de caudal)	96

Índice de tabelas

Tabela 2.1 - Operações e processos de uma linha convencional de tratamento de água para abastecimento	15
Tabela 2.2 - Pressão de alimentação típica para os processos de separação por membranas..	19
Tabela 2.3 - Processos de separação por membranas em função dimensão mínima das partículas removidas e pressão exercida, sua aplicação e eficiência de remoção associada	20
Tabela 2.4 - Características físicas, químicas e biológicas das águas residuais e suas origens	33
Tabela 2.5 - Tipos de utilização de água residual tratada, suas aplicações e condicionantes associados.....	36
Tabela 2.6 – Vias de exposição consoante o tipo utilização de águas residuais tratadas	38
Tabela 3.1 - Sub-divisão das regiões administrativas da cidade da Praia	42
Tabela 3.2 – Densidade populacional do Município da Praia e de suas regiões administrativas	53
Tabela 3.3 – Distribuição da população por ocupação (urbana e rural) referente ao ano 2010 ..	54
Tabela 3.4 – Evolução da população activa em Cabo Verde e na cidade da Praia entre 2000 e 2010.....	55
Tabela 4.1 – Valores assumidos no processo de cálculo	59
Tabela 5.1 – Entidades reguladoras dos serviços de água e saneamento em Cabo verde, nível de actuação e função	61
Tabela 5.2 – Normas de descarga das águas residuais urbanas (parâmetros a determinar)	77
Tabela 6.1 - Custos de produção de água doce através de processos de dessalinização em função do tipo de origem, da capacidade instalada e do tipo de energia utilizado.....	89
Tabela 6.2 - Custo de dessalinização através de processos de separação por membrana (Osmose Inversa) em função do tipo de origem de captação e da capacidade instalada e de processos térmicos (mudanças de fase) em função da capacidade instalada	90
Tabela 6.3 – Valores assumidos no processo de cálculo	91
Tabela 6.4 – Estimativa das necessidades de rega na cidade da Praia em 2014	94
Tabela 6.5 – Necessidade bruta de rega na cidade da Praia no ano 2014.....	95

Lista de abreviaturas

€ – Euro

ANAS – Agência Nacional de Água e Saneamento

ARE – Agência de Regulação Económica

CAG – Carvão Activado Granulado

CAP – Carvão Activado em Pó

CBO₅ – Carência Bioquímica de Oxigénio

CNAS – Concelho Nacional de Água e Saneamento

COS – Compostos orgânicos sintéticos

COT – Carbono orgânico total

CQO – Carência Química de Oxigénio

ECV – Escudo Cabo-verdiano

EG's – Entidades Gestoras

ELCTRA – Empresa de Energia e Água de Cabo Verde

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

EUA – Estados Unidos da América

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (*Food and Agriculture Organization*)

ha – hectare

INE – Instituto Nacional de Estatística

MAHOT – Ministério de Ambiente, Habitação e Ordenamento do Território

MED – Destilação Múltiplo efeito (*Multi-Efect Distillation*)

MF – Micro-filtração

MSF – Evaporação Multi-Flash (*Multi-Stage Flash distillation*)

NF – Nano-filtração

OI – Osmose Inversa

OMS/WHO – Organização mundial da saúde (*Worldwide Health Organization*)

PDM – Plano Director Municipal

PEAS - Programa de Energia, Água e Saneamento

PENAS – Plano Estratégico Nacional de Água e Saneamento

PNSCV – Política Nacional de Saneamento de Cabo Verde

R – Rural

SAAS – Serviços Autónomos de Água e Saneamento

SDT – Sais Dissolvidos Totais

SST – Sólidos Suspensos Totais

ST – Sistemas de tratamento

TCMA – Taxa de Crescimento Médio Anual

U – Urbano

UASB – *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*

UF – Ultra-filtração

USD – Dólares Norte-americanos

USEPA – *United States Environmental Protection Agency*

UV – Ultra-Violeta

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

A problemática da escassez de água tem sido cada vez mais, uma incessante preocupação para as unidades de gestão e de abastecimento, principalmente no que se refere aos países em vias de desenvolvimento.

Se nos países desenvolvidos a grande preocupação está em garantir uma boa qualidade da água para o abastecimento público, para os vários fins, tendo em conta a existência deste recurso em quantidades consideráveis, nos países em via de desenvolvimento o grande problema está em garantir esse mesmo recurso em quantidades suficientes para o consumo humano.

Segundo UN-Water (2006a), a escassez de água ocorre quando, num dado sector, há demasiada procura face à quantidade existente da mesma, sendo ainda vista e definida como o ponto em que o impacto global de utilização colide com o fornecimento ou a qualidade da água, na medida em que não se satisfaz completamente as necessidades de uso.

Há uma significativa incerteza futura em garantir água disponível para o abastecimento visando responder à continuada e crescente procura por este recurso (Mukheibir, 2010), contribuindo cada vez mais para a sua escassez, cujo combate é de importância vital com vista a garantir a sua disponibilidade à população em crescimento exponencial e promover o sustento no futuro. Para isso, várias tecnologias de gestão, tratamento, recuperação e armazenamento têm vindo a surgir nos últimos tempos com vista a assegurar o abastecimento de água em quantidade e qualidade adequadas para os demais usos. Contudo, é crucial para uma boa gestão dos recursos, recorrer-se àquilo que se encontra em quantidades consideráveis e adequá-lo a qualidade aceitável para o consumo.

A variabilidade de distribuição dos recursos hídricos e da população, no tempo e espaço, em toda parte do mundo, induz cada vez mais a dificuldade em fornecer água a certas regiões, nomeadamente zonas metropolitanas, tendo como principal consequência o aumento progressivo no custo de abastecimento de água (Sautchúk *et al.*, 2004).

Embora seja pouco variável a quantidade de água existente numa certa região, a população a ser servida aumenta progressivamente. Assim, a disponibilidade de água reduz à medida que aumentam a população e, ou actividades industriais nessa região (Silva & Orsine, 2011).

Tais situações resultam em impactes negativos significativos não só na vertente ambiental, mas também sócio-económica e, de certa forma, na política de gestão. Assim sendo, vários são os estudos que têm sido realizados em todo o mundo e desde algum tempo, as formas alternativas de garantir o fornecimento de água tais como, a dessalinização e a reutilização de águas residuais tratadas, que contribuirão para uma gestão mais sustentável dos recursos hídricos.

A distribuição das formas de água no planeta é inversamente proporcional às necessidades de uso pelo homem. A água doce, adequada ao consumo, faz parte da menor percentagem do total de água disponível, correspondendo cerca de 2,5%, sendo que apenas uma parte dessa quantidade é de relativa facilidade ao acesso do homem. A outra parcela corresponde à água salgada. Como se pode observar na Figura 1.1, a superfície da terra é maioritariamente ocupada por água salgada, nos oceanos, (cerca de 97,5%), encontrando-se aqui, uma origem alternativa com enorme potencial e viabilidade em se transformar em água potável para o abastecimento público e outros fins (Araújo, 2013).

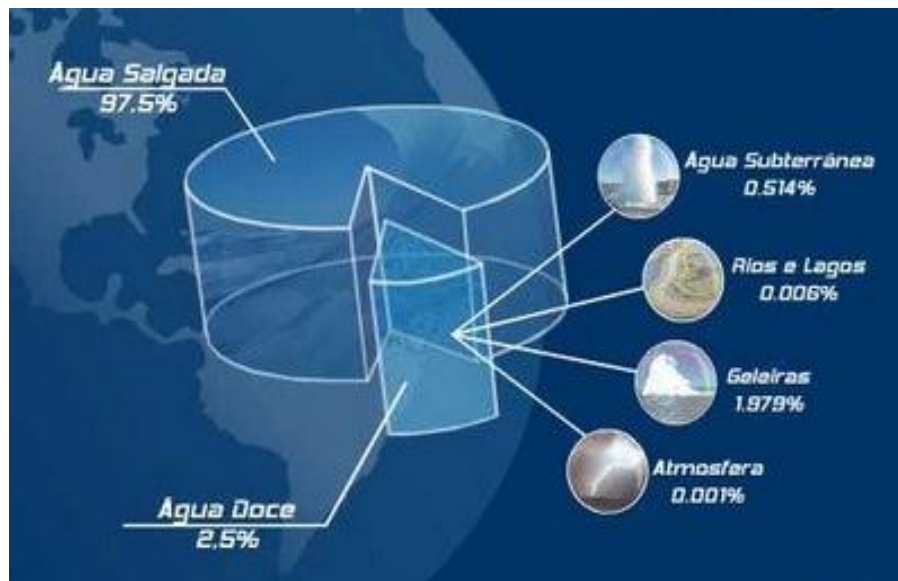


Figura 1.1 – Distribuição de água no planeta terra (Fonte: Freitas, 2013)

Verifica-se, no entanto, uma enorme heterogeneidade na distribuição de água doce pelo planeta, resultado tanto dos factores climáticos (temperatura, precipitação, radiação solar) e geográficos (latitude, longitude, altitude) como da estrutura geológica (Leusbok, 2011), sendo que a maior parcela da mesma encontra-se sob a forma de icebergs e em calotes polares, tornando-se cada vez maior a necessidade de recorrer à água do mar como fonte alternativa para obtenção de água potável. Na Figura 1.2 apresenta-se a distribuição da água doce ao longo do planeta terra.

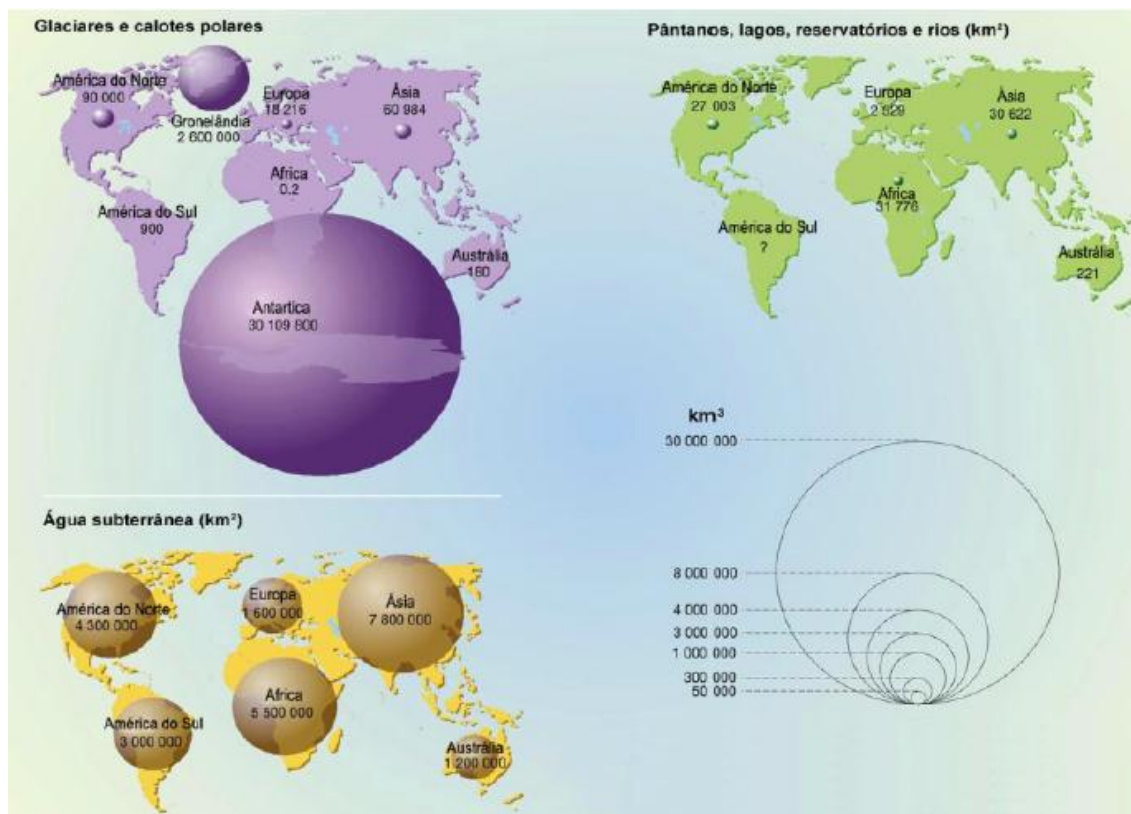


Figura 1.2 - Distribuição heterogénea de recursos de água doce existente na terra (Araújo, 2013)

Do total da água salgada existente no planeta, mais de 97% contém um teor de salinidade que oscila entre os 33,0 e 37,0 g/kg de SDT, segundo (Morgan & Stumm, 1996 citado por Araújo, 2013). No entanto, para que a água salgada ou salobra possa ser utilizada como origem de água para produção de água doce, é necessário recorrer-se a um processo que se adequa à remoção do excesso da concentração de sais nela contida, isto é, a uma tecnologia de dessalinização.

A dessalinização da água salgada e, ou salobra, enquanto soluções técnicas de tratamento de água para suprir as necessidades do consumo, em várias regiões do globo, tem sido cada vez mais utilizada à medida que se acentua o problema da escassez de água, tornando-se crucial a procura de origens, meios e tecnologias alternativas cada vez mais eficazes e eficientes que possibilitam satisfazer a crescente procura deste recurso.

Existem vários processos de dessalinização que se agrupam, de acordo com o método de separação, em processos térmicos ou através de membrana, que serão melhores descritos no segundo capítulo da presente dissertação.

Outra forma alternativa de obtenção de água para suprir as necessidades do consumo é a reutilização de águas residuais submetidas aos processos de tratamento diferenciados para remoção de poluentes nelas contidas.

A “reciclagem” ou reutilização de água não é um conceito novo na história do nosso planeta. Na natureza, através do ciclo hidrológico, tem-se verificado este fenómeno desde há milhões de anos, com uma eficiência relativamente notória (Sautchúk *et al.*, 2004)

O problema da limitação das reservas de água doce do planeta como uma força motriz para a necessidade de água principalmente no que concerne ao consumo humano, nomeadamente na utilização agrícola e industrial, a adopção de medidas prioritárias viradas para o uso dos recursos hídricos disponíveis para abastecimento público e as restrições que têm vindo a ser impostas em relação à descarga de efluentes no meio, fazem com que seja necessária a adopção de estratégias para a racionalização do uso dos recursos hídricos e mitigar os impactes negativos relativos aos efluentes gerados por indústrias (Sautchúk *et al.*, 2004; Gomes, 2014).

A carência de recursos hídricos que se verifica em muitas regiões habitadas do globo, quer seja de natureza do ciclo hidrológico, quer ocorra de forma continuada, torna o conceito de reutilização águas residuais tratadas para irrigação, bem como para outros diversos fins, numa solução, para além de socialmente aceitável e atractiva (principalmente quando utilizada na rega de espaços verdes ou ajardinados, quer sejam do domínio público ou privado), equilibrada e de enorme interesse, tanto do ponto de vista económico, como ecológico (Diogo & Oliveira, 2008). De acordo com o Conselho Social e Económico das Nações Unidas citado por USEPA (1992): «nenhuma água de qualidade superior deve ser utilizada para um objectivo que pode suportar uma qualidade inferior, a menos que exista um excesso de armazenamento» (Alves, 2008).

A reutilização de águas residuais é considerada uma importante estratégia, na medida em que se tira a vantagem do binómio: redução do consumo/desperdício de água doce e descarga de efluentes brutos no meio receptor. Do ponto de vista económico, torna-se numa vantagem, uma vez que permite reduzir, de certa forma, os custos associados ao abastecimento de água doce (Cordeiro, 2012).

Em qualquer programa de reutilização de águas residuais objectiva-se assegurar que a saúde pública não seja afectada com a mesma. Um tratamento adequado aplicado a águas residuais, isto é, com níveis de qualidade de acordo com os regulamentados (que promove remoções adequadas de poluentes e agentes patogénicos, constituintes químicos toxicológicos), e a restrição da exposição das pessoas às águas residuais, quer por contacto, inalação ou ingestão da água residual é fundamental na elaboração de um projecto de reutilização de águas residuais (Alves, 2008).

À medida que as exigências ambientais foram-se tornando cada vez mais restritivas, com o objectivo de tirar partido das vantagens associadas a essa prática, os planeadores chegaram a conclusão de que, dados os elevados investimentos aplicados no tratamento de efluentes, torna-se muito mais vantajoso a sua reutilização em vez de descarregá-los no meio (Gonçalves, 2011).

Segundo Diogo & Oliveira, 2008, com a reutilização de águas residuais tratadas, torna-se possível compatibilizar a necessidade de tratamento de águas residuais domésticas, praticamente

indispensável ao controlo dos níveis de poluição nos meios receptores, a satisfação dos requisitos de volumes de água e de caudais para os fins pretendidos, e o reaproveitamento de um bem essencial à vida, permitindo uma melhor gestão dos recursos hídricos disponíveis.

É de salientar que independentemente do tipo de reutilização a que se submete uma água residual tratada, é evidente que, quanto maior for o grau de exposição humana ao efluente, maior é o risco eminente, pelo que, proporcionalmente, maior é o grau de exigência relativa à qualidade das águas residuais a reutilizar. Geralmente, em utilizações onde existe um fácil acesso das pessoas ao local onde esta se processa, o grau de exigência de tratamento a aplicar é elevado (Marecos do Monte & Albuquerque, 2010). Quando a exposição das pessoas é insignificante o grau de tratamento é usualmente aceite que seja inferior, salvaguardando sempre a segurança e o bem-estar dos funcionários (Alves, 2008).

Enquanto a água residual tratada for uma fonte importante para o uso no sector agrícola, dada a sua importância para as plantas, bem como a sua capacidade moderadamente fertilizante, existem sérios e disputadas discussões no que se refere aos padrões de qualidade microbiológica, tendo em consideração tanto a metodologia de rega praticada, como também o tipo de cultura em causa (Angelakis *et al.*, 2001; Alves, 2008).

Pretende-se, neste trabalho, efectuar um estudo sobre um sistema integrado de tratamento de águas residuais domésticas e de água para o abastecimento público, nos diversos aspectos relacionados com a temática da reutilização de águas residuais domésticas, não só como uma solução pertinente no combate à escassez de água, bem como também para estabelecer comparações, particularmente em termos económicos através da análise simplificada de custos.

1.2 OBJECTIVO

O principal objectivo desta dissertação consiste em contribuir para o estudo de um sistema integrado de abastecimento de água e de tratamento de água residual doméstica na cidade da Praia, na ilha de Santiago em Cabo Verde, com base numa análise comparativa entre os custos associados às tecnologias de dessalinização da água do mar versus os da reutilização de água residual tratada para usos não-domésticos, mais concretamente na rega de espaços verdes da cidade, dos pontos de vista técnico-económico e da sustentabilidade.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação encontra-se estruturalmente dividida em oito capítulos principais sequenciais, cujos conteúdos são os que se seguem:

- **Capítulo 1:** Introdução – onde se fez um breve enquadramento do tema da dissertação e define-se o objectivo da mesma;

- **Capítulo 2:** Revisão da literatura – onde se fizeram levantamentos bibliográficos relacionados com o tema escolhido para a presente dissertação;
- **Capítulo 3:** Enquadramento do caso de estudo – Cidade da Praia, Cabo Verde – procedeu-se a uma caracterização específica para cada temática – histórica, territorial, geográfica, climática, ambiental, demográfica e socioeconómica do caso estudo;
- **Capítulo 4:** Metodologia – secção onde se definiram os métodos a utilizar para a obtenção dos resultados que foram ao encontro do cumprimento dos objectivos definidos;
- **Capítulo 5:** Gestão dos sistemas de tratamento e abastecimento de água e de tratamento de águas residuais domésticas na cidade da Praia – onde se fez a caracterização dos sistemas de tratamento quer de água para o abastecimento quer de águas residuais domésticas, bem como o levantamento de potencialidades e impactes associados à reutilização da água residual tratada;
- **Capítulo 6:** Apresentação dos resultados e respectivas descrições e discussões, onde se procedeu à análise dos resultados obtidos relativos à metodologia aplicada ao caso de estudo e aos custos de tratamento de água residual para reutilização na rega de espaços verdes da cidade da Praia versus custos de tratamento de água através de técnicas de dessalinização da água do mar.
- **Capítulo 7:** Conclusões finais.
- **Capítulo 8:** Referências bibliográficas
- **Anexos.**

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A PROBLEMÁTICA DA ESCASSEZ DE ÁGUA NOS PAÍSES EM VIAS DE DESENVOLVIMENTO

A água potável e o saneamento constituem alguns dos motores mais poderosos do desenvolvimento humano no que diz respeito ao alargamento de oportunidades, aumento da

dignidade e apoio na criação de um ciclo virtuoso de melhoria da saúde e de desenvolvimento económico (Marecos do Monte & Albuquerque, 2010; UN-Water, 2006).

Sendo a água um recurso fundamental para o desenvolvimento sócio-económico e ambiental é, também, de extrema importância o seu uso racional por forma a combater a sua escassez. Com o passar dos anos verifica-se uma crescente diminuição na sua disponibilidade (quantidade por pessoa) e qualidade, e as alterações climáticas cada vez mais expressivas, implicam a adopção de medidas proactivas e reactivas, criando bases de sustentabilidade, com objectivo de salvaguardar a geração futura (Araújo, 2013)

Segundo Alves (2011), o conceito de escassez pode ser em duas vertentes. A primeira relacionada com a carência quantitativa de água para suprir a totalidade das necessidades de uso, e a segunda com a falta de água com qualidade adequada para consumo humano. Assim, estas duas diferentes vertentes levam a que a problemática da água seja muito mais abrangente, englobando não só as regiões áridas e semi-áridas, mas também países e regiões húmidas, com fraca capacidade de fornecimento de água com qualidade aceitável para o consumo.

Actualmente, já se faz a relação entre o desafio global da água com um problema de escassez. No séc. XIX, Thomas Malthus, referiu a questão da previsão feita acerca de um futuro de escassez alimentar aos líderes políticos sendo que tal previsão tem sido cada vez mais o centro temático nos debates internacionais sobre a água (UN-Water, 2006). Perante o assistido crescimento populacional e face ao aumento da procura pela água, a nível mundial, sublinha o argumento de que o futuro aponta para uma «aritmética sombria» de escassez.

Segundo o UN-Water, 2006, a população dos países desenvolvidos desconhece praticamente a ideia da importância da água potável na promoção do progresso, no crescimento económico e no desenvolvimento dos seus próprios países. Sublinha ainda que em pouco mais de cem anos, as grandes cidades europeias como Londres e Paris e a cidade de Nova Iorque eram focos de doenças infecto-contagiosas, com a saúde pública minada pela diarreia, a disenteria e a febre tifóide, onde se registaram taxas de mortalidade infantil tão elevadas como as que actualmente são registadas em grande parte da África Subsariana.

De acordo com FAO, 2007, graças ao tratamento de água de abastecimento a mortalidade nos Estados Unidos reduziu para quase metade nos anos 30 do séc. XX. Já no Reino Unido, foi a expansão do saneamento o factor crucial para que houvesse um aumento de 15 anos na esperança de vida entre os anos 1880 e 1920.

O problema de escassez hídrico, bem como o da falta de saneamento adequado, é mais acentuado em África. De acordo com Gomes (2011), cerca de dois terços da população africana vive em áreas rurais, sendo estas áreas muito pobres no que diz respeito aos serviços de abastecimento e tratamento de água, podendo esta realidade relacionar-se com o índice de desenvolvimento humano dos países. Assim, mostra-se nas figuras 2.1 e 2.2 que existe uma relação directa entre eles.

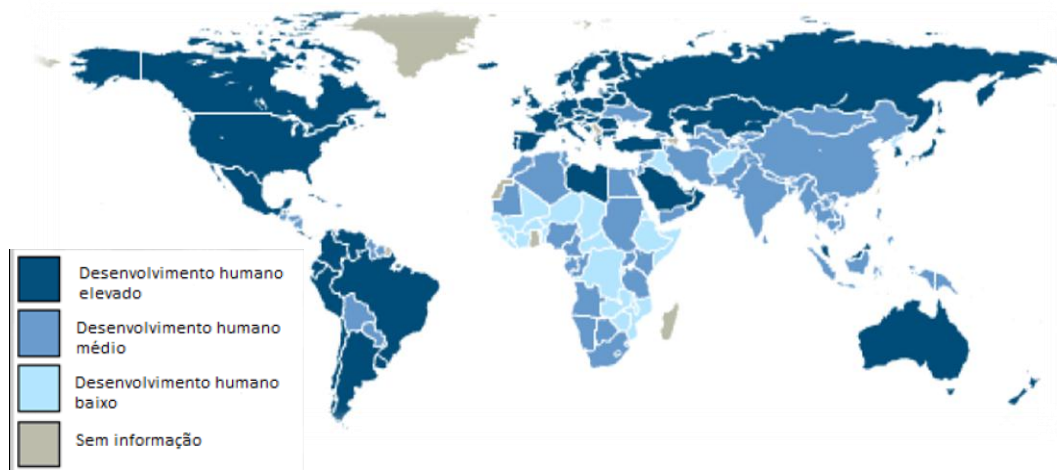


Figura 2.1 – Mapa mundial de Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) (Fonte: Adaptado de Gomes, 2011)

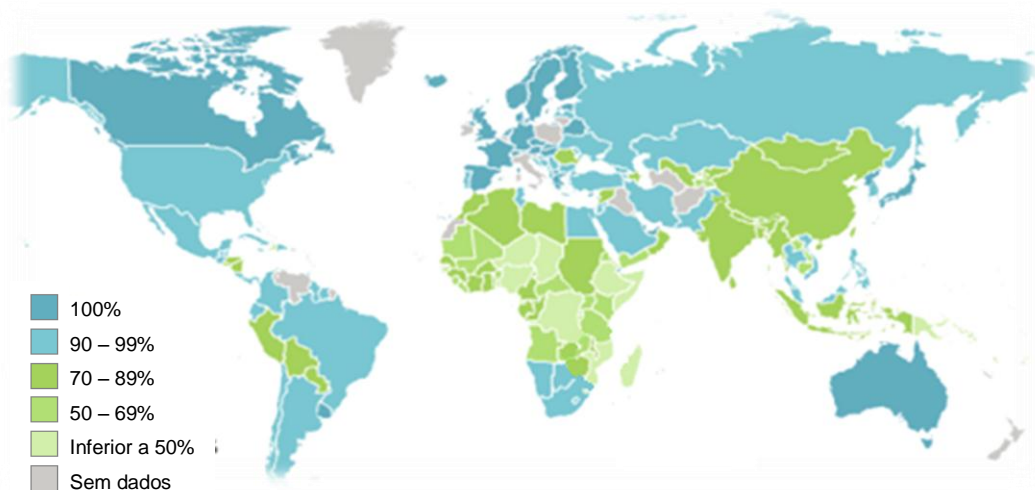


Figura 2.2 – Mapa de distribuição da população mundial com acesso a água potável em percentagem (Fonte: Gomes, 2011 - Adaptado do Banco Mundial, 2007).

A África Subsariana apresenta menores taxas de cobertura no que concerne à disponibilidade de água potável mas na Ásia é que vive maior número de pessoas sem a mesma. Cerca de 1,1 mil milhões de pessoas no mundo não têm acesso a uma quantidade mínima de água potável (Gonçalves, 2011).

Enquanto que a disponibilidade de água tem sido uma preocupação para alguns países, a escassez que se encontra no centro da crise mundial da água apresenta as suas principais causas no poder, na pobreza e na desigualdade, não tanto na sua disponibilidade física, (Marecos do Monte & Albuquerque 2010).

As necessidades de água para usos domésticos representam uma ínfima fracção da utilização da água, geralmente inferior a 5% do total, no entanto, existe uma acentuada desigualdade no que diz respeito ao acesso a água potável e a saneamento a nível doméstico nos países em vias de desenvolvimento. De acordo com a UN-Water, 2006, em zonas de elevado rendimento de cidades

asiáticas e da América Latina, a capitação registada é de várias centenas de litros de água por habitante e por dia, servidas pela rede a preços muito baixos pelos serviços públicos de abastecimento. Em contrapartida, as pessoas que residem em zonas suburbanas e bairros pobres e as famílias carenciadas das zonas rurais dos mesmos países têm acesso a bem menos do que os 20 litros de água por pessoa e por dia, necessários para satisfazer as mais básicas necessidades humanas (Araújo, 2013).

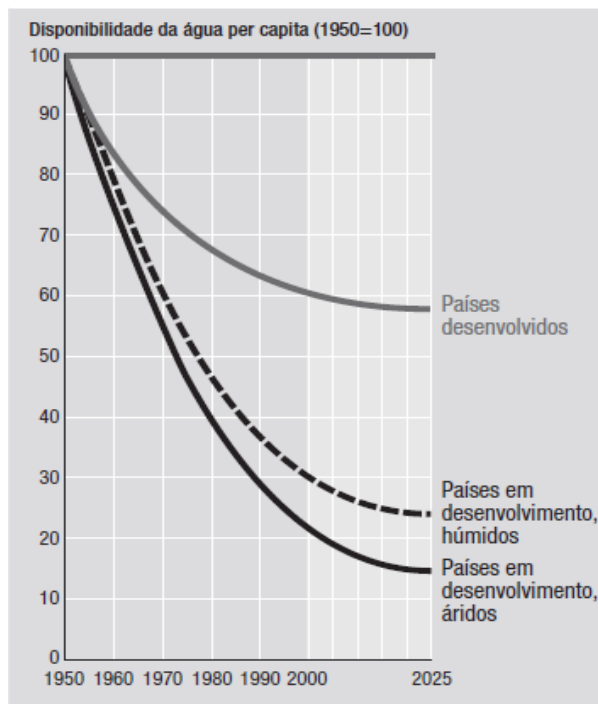


Figura 2.3 - Evolução da disponibilidade de água potável *per capita* entre 1950 e 2025 (UN-Water, 2006)

No nosso planeta, com a aplicação de uma boa e rentável gestão de recursos hídricos, existe água suficiente para fins domésticos, para a agricultura e para a indústria (UN-Water, 2006). Segundo a mesma fonte, o grande problema é que algumas pessoas, nomeadamente as pessoas carenciadas, são privadas deste recurso devido às suas condições financeiras, ou devido aos seus reduzidos direitos legais ou por políticas públicas que limitam o acesso às infra-estruturas que fornecem água para o abastecimento.

O contínuo crescimento da população mundial, principalmente em grandes centros urbanos, suscita uma grande preocupação no que respeita ao abastecimento de água, não só para o uso doméstico como também para os demais sectores de actividade.

De acordo com Gonçalves, 2011, estima-se que em 2030, 81% da população a residir em zonas urbanas corresponderão àquelas que vivem em cidades ou vilas de países em desenvolvimento e que 60% da população mundial residirá em cidades localizadas em cinco principais áreas costeiras.

Estima-se um aumento de mais de 50% no que diz respeito ao consumo total de água face ao crescimento da população mundial nos últimos 75 anos (1950 – 2025), conforme mostra a Figura

2.4, tendo como implicação um crescente número de regiões a enfrentar sérios problemas de escassez de água (Vörösmarty et al., 2000).

Resultado dos factores supracitados, do crescimento da população mundial, do aumento da procura e da deficiente gestão dos recursos hídricos, tanto subterrâneos como superficiais, para usos diversos, haverá, como consequência, uma intensificação da pressão sobre os recursos hídricos e um agravamento de impactes ambientais negativos devido à sobre-exploração deste recurso, conduzindo à escassez de água potável (Leusbrock, 2011; Vörösmarty et al., 2000).

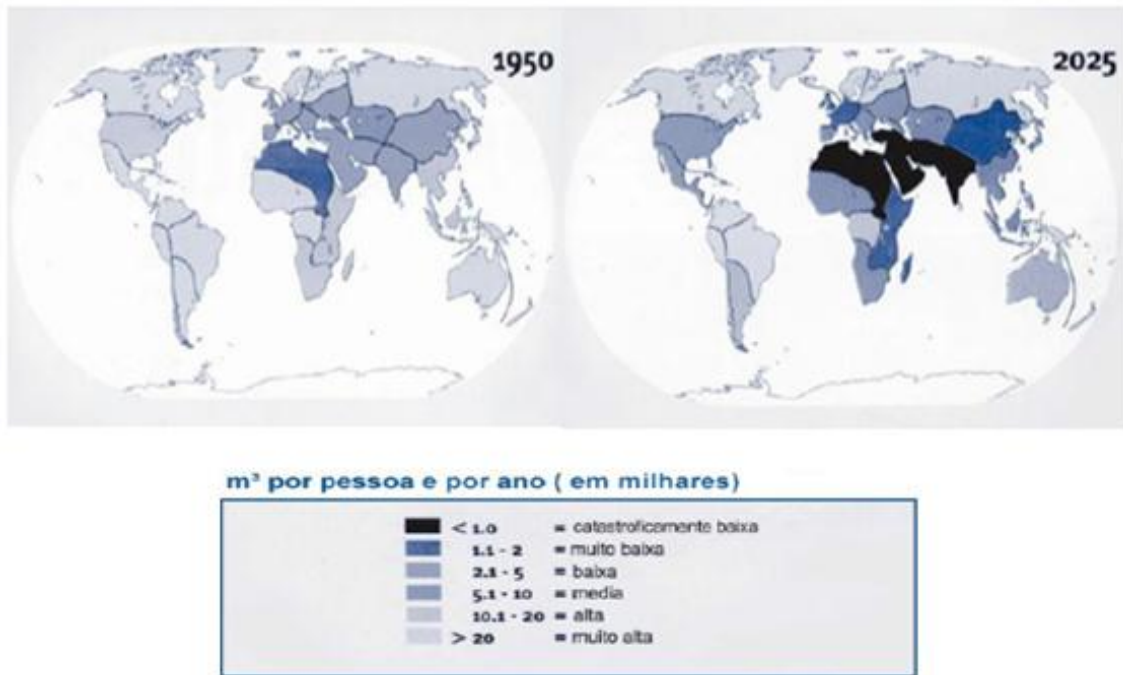


Figura 2.4 - Evolução e Estimativa da Disponibilidade de água global desde 1950 até 2025 (Banco Mundial, 2007; Araújo, 2013)

Na Figura 2.5 apresenta-se a previsão da evolução de extracção e consumo de água de acordo com os sectores de actividade, onde se pode constatar que o sector agrícola contribui fortemente para a escassez de água, sendo este responsável por cerca de 70% do consumo (FAO, 2007; Araújo, 2013).

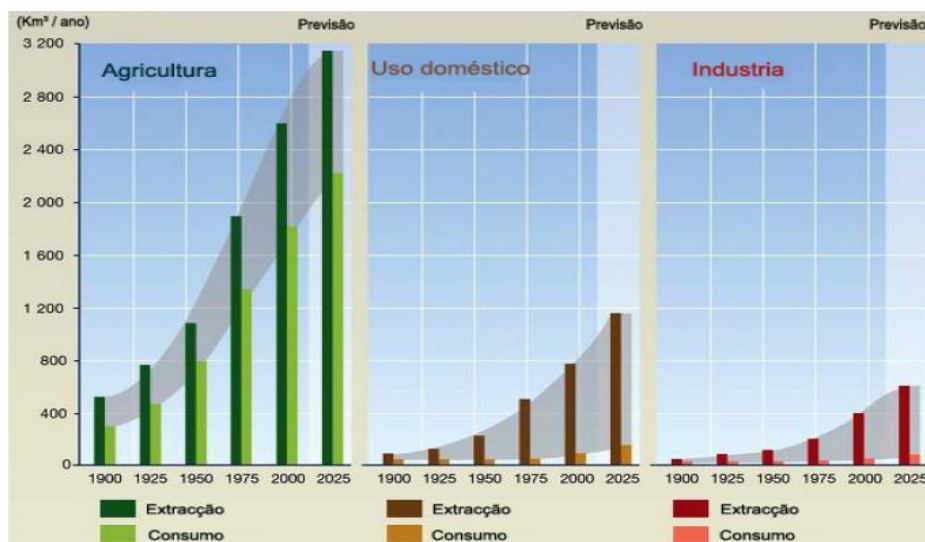


Figura 2.5 - Consumo e extração de água ao longo de vários anos por sector de actividade (agrícola, doméstico e industrial), (adaptado de Shiklomanov, 1999 citado por Araújo, 2013).

Segundo (Morrison *et al.* (2009) citado por Araújo, (2013), a estimativa é de que a procura de água para o sector agrícola aumente, nomeadamente para o sistema de irrigação, devido a períodos de grandes secas e estiagem. Salienta-se ainda que, segundo o mesmo autor, algumas pesquisas estimam um aumento de mais de 40% do consumo de água para a irrigação em 2080.

Entretanto, estão cada vez mais a ser adoptadas medidas tecnicamente mais económicas para o ajuste dos constrangimentos hidrológicos referentes ao sector agrícola e industrial com maior rigor. Contudo, a escassez de água é um problema generalizado em que nem todos são afectados por ela nem da mesma forma (UN-water, 2006). Por exemplo, enquanto que em regiões da Índia existe pressão sobre os recursos hídricos, as bombas de irrigação extraem água de aquíferos durante todo o dia para os grandes agricultores, ficando os pequenos agricultores (vizinhos) a depender exclusivamente da chuva. Isto explica o facto da grande parte de escassez de água ter raízes institucionais e políticas e não se devendo a uma deficiência física na disponibilidade da água.

“Não ter «acesso» à água e ao saneamento é um eufemismo delicado para uma forma de privação que ameaça a vida, destrói a oportunidade e diminui a dignidade humana. Não ter acesso a água e a saneamento significa que as pessoas recorrem a fossas, rios e lagos poluídos com excrementos humanos ou animais ou utilizados por animais. Significa também não ter água suficiente para satisfazer até as necessidades humanas mais básicas.”

UN-WATER – 2006

De acordo com a FAO, 2007, a maioria dos 1,1 mil milhões de pessoas sem acesso a água potável utiliza cerca de um quarto do limiar mínimo estipulado, isto é, 5 litros por dia. Por outras palavras, aproximadamente uma décima parte da quantidade média diária utilizada nos países “ricos” ao esvaziar o autoclismo, salientado ainda que, em média, na Europa e nos Estados Unidos, a capitação de água é de cerca de 200 a 400 litros por habitante e por dia, respectivamente.

Segundo a UN-Water, 2006, a crise da água e do saneamento é, sobretudo, uma crise virada às regiões sub-desenvolvidas, em que cerca de duas em cada três pessoas sem acesso à água potável sobrevivem com menos de 2 dólares por dia, estando o remanescente a viver com menos de 1 dólar por dia, isto é, mais de 660 milhões de pessoas não têm acesso a saneamento e vive com menos de 2 dólares por dia e mais de 385 milhões de pessoas com menos de 1 dólar por dia.

Em muitos países, a distribuição do acesso adequado a água e saneamento reflecte a distribuição de riqueza. Constatase que a desigualdade vai além do acesso a água, cujo princípio aplicado à grande maioria dos países em desenvolvimento é o de limitado acesso à água e um menor poder de compra (FAO, 2007).

Por exemplo, as pessoas que vivem nos bairros degradados de Jacarta, na Indonésia, Manila na Filipinas e Nairobi no Quênia, pagam 5 a 10 vezes mais pela água (por habitante) do que as que vivem nas zonas de elevado rendimento das próprias cidades; e mais do que pagam os consumidores em Londres ou Nova Iorque, conforme mostra a Figura 2.6.

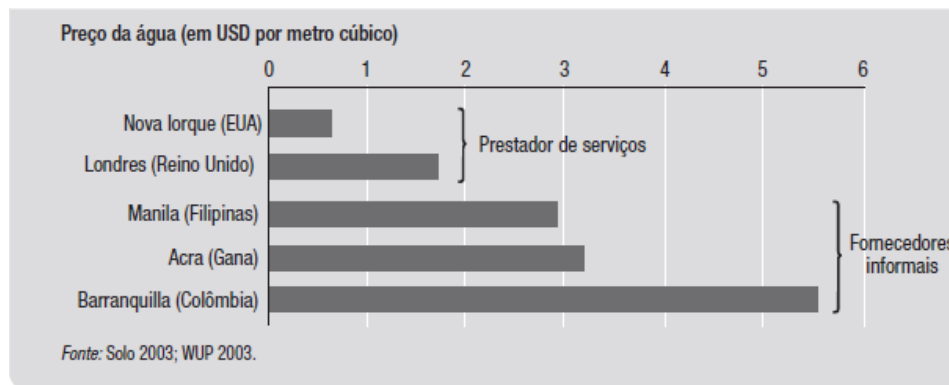


Figura 2.6 - Preços de água diferenciados de acordo com o país e com o nível de rendimento.

A desigualdade dos preços de água tem consequências nefastas para a pobreza das famílias. Segundo a UN-Water (2006), cerca de um quinto das famílias mais pobres de El Salvador, Jamaica e Nicarágua gastam em média mais de 10% do seu rendimento familiar em água (no Reino Unido, um limiar de 3% é considerado um indicador de dificuldades económicas).

Estima-se que, de acordo com a UN-Water (2006), actualmente cerca de 700 milhões de pessoas em 43 países vivem abaixo do limiar inferior da pressão sobre os recursos hídricos (1700 m³ por pessoa). Calcula-se ainda que em 2025 haverá um incremento de cerca de 2300 milhões, de acordo com a intensificação da pressão sobre os recursos hídricos nos países como China, Índia e os de África Subsariana.

No que concerne à gestão da água, os países têm usado muito mais água do que a que dispõem (tal como definido pela taxa de renovação), tendo como consequência a limitação na disponibilidade e qualidade ecológica dos recursos hídricos para a geração futura (Morinson *et. al.*, 2009).

Os cenários já construídos sobre o futuro de utilização de água geram hoje grandes preocupações no seio da política de gestão dos recursos hídricos. Durante o último século, a taxa de utilização de água é, de um modo geral, cerca do dobro da taxa de crescimento populacional. A previsão é de que tal tendência continue conforme mostra-se na Figura 2.7.

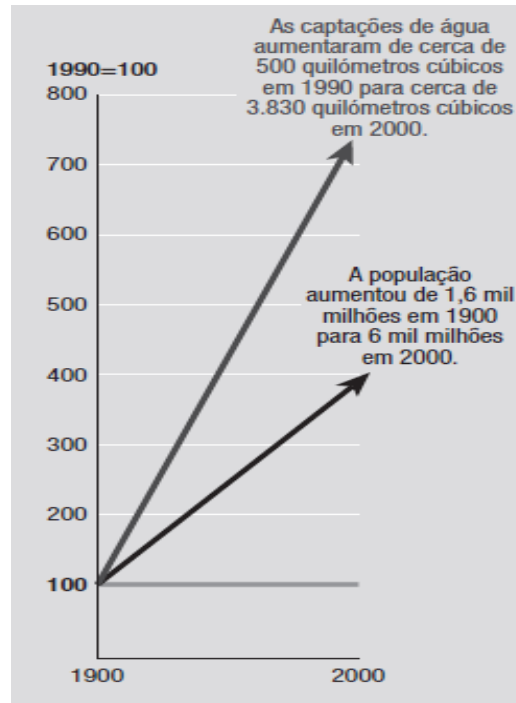


Figura 2.7 - Tendências de evolução de taxas de utilização de água vs taxa de crescimento da população entre 1990 e 2000 (Fonte: UN-Water, 2006).

Como é evidente, a agricultura de regadio continuará a ser a parcela que mais consome água, respondendo, actualmente, por mais de 80% da utilização nos países em desenvolvimento. Sublinha-se ainda o facto das exigências nos usos domésticos e na indústria apresentarem também um rápido crescimento. Na Figura 2.8 apresenta-se um gráfico que mostra a utilização de água, por sector de actividade nos países em vias de desenvolvimento.

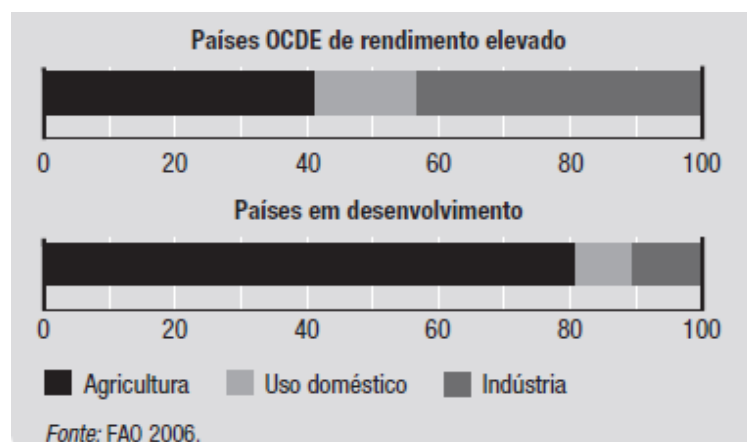


Figura 2.8 - Utilização da água por sector nos países em vias de desenvolvimento entre 1998 e 2002 (adaptado de UN-Water, 2006).

2.2 TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO

2.2.1 Operações e processos convencionais aplicados ao tratamento de água para abastecimento

A água antes de ser distribuída aos seus utilizadores é e deve ser sempre submetida a um processo de tratamento adequado com a finalidade de remover os contaminantes/poluentes nela contidos e garantir água com qualidade adequada para consumo.

A preocupação com a qualidade de água para o consumo humano não é recente, uma vez que, desde o séc. IV d.C, na civilização romana, já se pensava na construção de um sistema de abastecimento de água cujo objectivo era satisfazer as necessidades das famílias mais ricas. Todavia, o sistema apresentava um único tipo de tratamento que consistia na desinfecção por acção da luz solar ao longo do comprimento de canais pelos quais a água era transportada (Hall & Dietrich, 2000; IDEM, 2003 citado por Rodrigues, 2008).

O principal objectivo do tratamento de água para abastecimento consiste na garantia de qualidade da mesma, que vai ao encontro dos requisitos legais vigentes nas normas em vigor, tendo em consideração os materiais com os quais entram em contacto por forma a preservar as suas propriedades (Coelho, 2008).

Segundo Coelho (2008), a qualidade da água bruta é um factor pertinente na concepção da linha de tratamento a utilizar numa ETA. Embora a qualidade de uma água esteja relacionada com a sua origem, o processo de tratamento aplicado deve ter em conta o posterior uso da mesma. Ainda segundo a mesma autora, diferentes qualidades finais de águas após submetidas ao tratamento implicam diferentes usos e fins, pelo que, torna-se pertinente a definição de normas de qualidade a aplicar.

Geralmente, uma linha convencional de tratamento de água para abastecimento público é composta por um conjunto de operações e processos unitários, sendo a mais simplificada constituída pelas seguintes etapas: pré-oxidação, coagulação, floculação, sedimentação ou decantação, filtração e desinfecção (Coelho, 2008)

Actualmente tem-se verificado uma enorme e constante progressão técnica no que se refere aos processos e operações unitárias (de natureza química e biológica e de natureza física, respectivamente), constituintes das linhas de tratamento de água para abastecimento tanto no contexto de concepção como no de exploração. Destacam-se como exemplos o caso dos sistemas de filtração, que têm vindo a apresentar melhorias contínuas respeitantes não só ao funcionamento e capacidade de controlo, como também à optimização dos sistemas de lavagem dos mesmos, e

as sofisticadas e apuradas tecnologias de membranas ajustadas à afinação da qualidade de água por forma a possibilitar o seu uso (Almeida, 2005; Rodrigues, 2008).

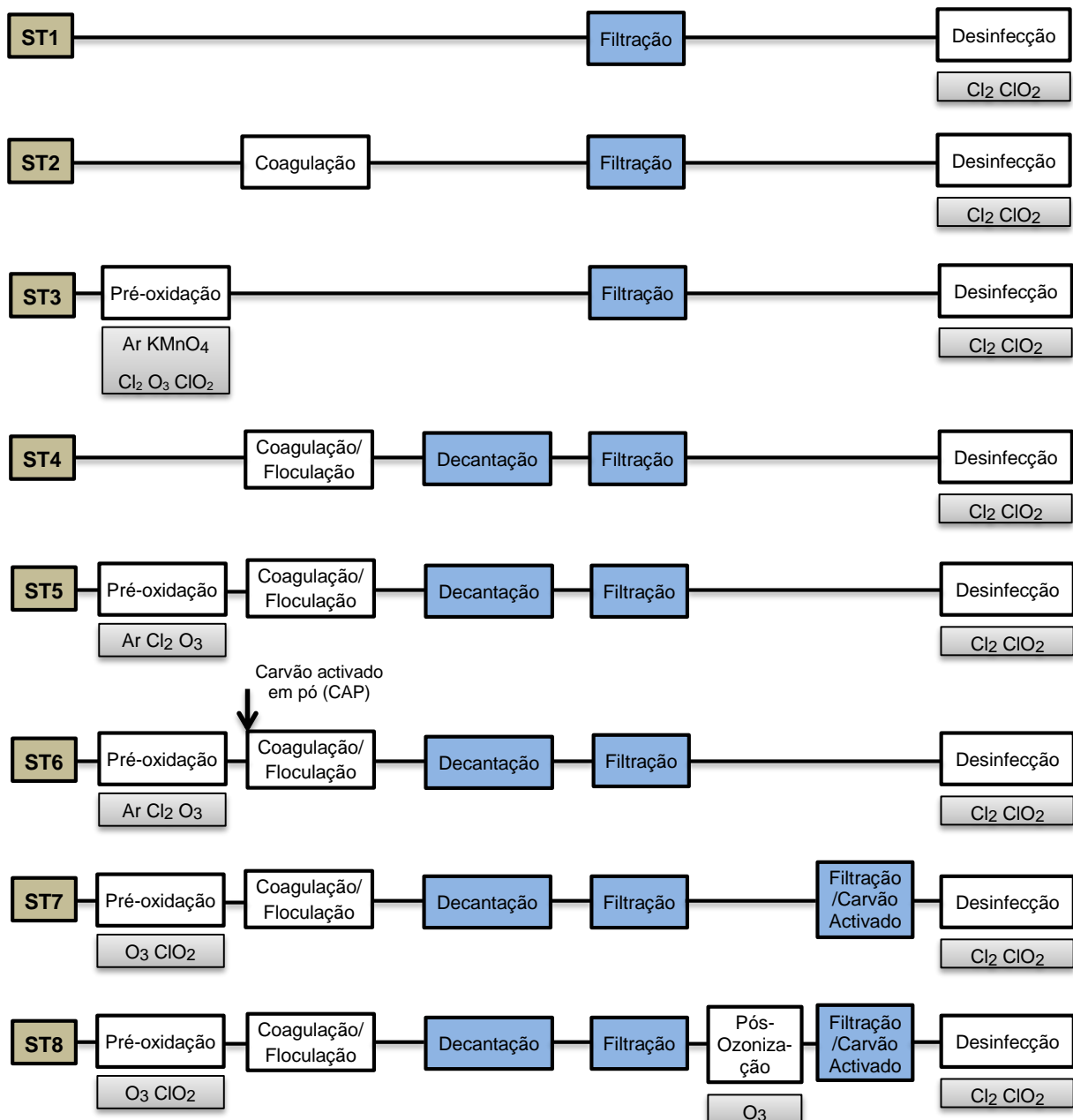
Na Tabela 2.1 apresentam-se as operações e processos unitários utilizados numa linha convencional de tratamento de água para abastecimento, bem como uma breve descrição referente às funções de cada um e exemplos de reagentes utilizados.

Tabela 2.1 - Operações e processos de uma linha convencional de tratamento de água para abastecimento
(Fontes: Coelho, 2008; Rodrigues, 2008)

Operação/Processo	Descrição/Função	Reagentes utilizados
Pré-oxidação	Assegurar a oxidação de substâncias orgânicas presentes na água, bem como, do ferro e do manganês.	<ul style="list-style-type: none"> • Ozono – O₃ (mais utilizado) • Dióxido de cloro (ClO₂) • Cloro (Cl₂)
	Contribuir para a optimização da operação de floculação.	<ul style="list-style-type: none"> • Cloro combinado,
	Inactivar o desenvolvimento de populações fitoplanctónicas e de plâncton nas etapas seguinte	<ul style="list-style-type: none"> • Permanganato de potássio e peróxido de hidrogénio (utilizado com menos frequência)
Amaciamento	Remoção de dureza da água. Este processo é normalmente utilizado para águas provenientes de origem subterrâneas	<ul style="list-style-type: none"> • Cal
Correcção de agressividade		<ul style="list-style-type: none"> •
Coagulação (Mistura Rápida)	Destabilizar a matéria coloidal em suspensão com o objectivo de permitir uma maior agregação e sedimentação nas etapas seguintes do processo	<ul style="list-style-type: none"> • Sulfato de alumínio (Al₂SO₄) • Hidróxido de alumínio (AlOH) • Cloreto de polialumínio (AlCl) • Cloreto de ferro (FeCl) • Sulfato de ferro (FeSO₄) • Hidróxido de cálcio (CaOH₂)
Floculação (Mistura Lenta)	Favorecer a formação de flocos mais densos a partir das partículas previamente destabilizadas (com maior capacidade de sedimentação); controlo de sabor e de odor e adsorção de compostos orgânicos voláteis	<ul style="list-style-type: none"> • Polielectrólito
Decantação*	Remoção das partículas floculadas (sob a forma de concentrado) da	—

	massa de água a tratar por acção gravítica	
Filtração*	Retenção dos sólidos em suspensão (remoção de turvação)	—
Pós-ozonização	Complementar o processo de pré-ozonização no que concerne a oxidação da matéria orgânica remanescente do mesmo	<ul style="list-style-type: none"> • Ozono
Adsorção	Remoção de compostos biodegradáveis, toxinas e pesticidas presentes na massa de água	<ul style="list-style-type: none"> • Carvão Activado em Pó ou Carvão activado Granulado
Desinfecção	Inactivação dos microrganismos presentes na água de modo a garantir o nível de qualidade bacteriológica da água tratada adequado ao consumo	<ul style="list-style-type: none"> • Cloro (mais utilizado – segundo Rodrigues, 2008) • Dióxido de cloro • Cloramina; O^{3**} e UV**
<p>* Operações unitárias – sem uso de reagentes</p> <p>** Não se apresentam como alternativas viáveis para sistemas de abastecimento público, dado que estes agentes desinfectantes não deixam residual, o que impossibilita a desinfecção da água ao longo das condutas de abastecimento público, devendo, em situações deste tipo ser utilizado um outro agente desinfectante, por forma a garantir a qualidade microbiológica da água ao longo de todo sistema de distribuição (Almeida, 2005)</p>		

Almeida (2005) considera um esquema composto por oito linhas convencionais de tratamento, denominadas por Sistemas de Tratamento (ST) convencionais, os quais constituem sequências de operações e processos unitários geralmente utilizados no tratamento de águas para consumo humano, que se encontram apresentados na Figura 2.9.



Legenda:



Figura 2.9 – Sistemas convencionais de tratamento de água para abastecimento público (Almeida, 2005)

O nível de complexidade dos sistemas de tratamento (ST) varia, de acordo com o tipo de água a tratar (A1, A2, A3), com a qualidade final pretendida (conforme o fim a que se destina), com os parâmetros a analisar, aumentando assim, de ST1 para ST8, correspondendo o ST1 ao sistema convencional mais simplificado e o ST8 ao sistema convencional mais complexo.

2.2.2 Processos de Separação por membranas

Com o decorrer dos anos, à medida que aumentam as exigências e restrições impostas para o tratamento de água para consumo humano e devido à deterioração da qualidade da água e o agravamento da sua escassez, a utilização de tecnologias de separação por membranas, no contexto de purificação de água, tem-se manifestado cada vez mais como uma solução viável técnica e economicamente, no domínio de satisfação das necessidades de consumo deste recurso (Amjad, 1993; Mano, 2005b; Rodrigues, 2008).

O crescimento da tecnologia de separação por membranas tem vindo a acompanhar o aumento da escassez de água e a sua aplicação prática no tratamento de água para abastecimento tem apresentado resultados importantes desde o início da sua aplicação, nomeadamente, no processo de dessalinização da água do mar (Amjad, 1993; Mano, 2005b).

O processo de separação por membranas na indústria de tratamento de água para o consumo humano é utilizado na dessalinização, amaciamento, remoção de matéria orgânica dissolvida e de cor, remoção de turvação e outros demais fins (Metcalf & Eddy, 2003). Tem sido cada vez mais rentável com a melhoria das suas características de desempenho. Por exemplo, os sistemas de filtração por membranas são actualmente utilizados na remoção de *Giardia*, *Cryptosporidium* e partículas presentes na massa de água para abastecimento e no tratamento de águas de retorno de lavagem de ETA convencionais (Metcalf & Eddy, 2003).

Uma grande variedade de processos de separação por membranas pode ser categorizada de acordo com a força motriz, tipo e configuração das membranas e suas capacidades de remoção.

- **Tipos de processo de separação por membranas**

De acordo com Metcalf & Eddy (2003), os processos de separação por membranas podem ser classificados pela força motriz utilizada na promoção de tratamento de água, nomeadamente:

- Gradiente de pressão
- Corrente eléctrica
- Temperatura
- Gradiente de concentração
- Combinação de mais do que uma força motriz

Salienta-se que apenas os dois primeiros processos de separação por membranas supracitados encontram-se comercialmente disponíveis e são utilizados com mais frequência no processo de tratamento de água (Metcalf & Eddy, 2003), sendo posteriormente descritos com maior detalhe.

Gradiente de pressão

Os processos de separação por membranas que são mais frequentemente utilizados, cuja força motriz é a pressão, são os seguintes:

- Osmose Inversa (OI)
- Nanofiltração (NF)
- Ultrafiltração (UF)
- Microfiltração (MF)

Os processos de MF e UF separam substâncias da massa de água através de acções de peneiração. A separação é dependente da dimensão de poros e da interacção com o soluto à superfície da membrana. Os processos de NF e OI separam solutos por difusão através de uma camada fina, densa, e de permeabilidade selectiva de membranas, bem como por acção de peneiração (Metcalf & Eddy, 2003).

Segundo Mano (2005b), a maioria dos processos de separação por membranas efectua-se pela diferença de pressão entre o fluxo de alimentação e o de solvente que gera uma força motriz que permite a separação entre as duas fases.

A alimentação de pressão requerida pelas membranas geralmente aumenta de acordo com o aumento da capacidade de remoção das mesmas. Na Tabela 2.2 apresentam-se pressões de alimentação típicas para os processos de separação por membranas (em pressão).

Tabela 2.2 - Pressão de alimentação típica para os processos de separação por membranas (Adaptado de Metcalf & Eddy, 2003)

Processos de separação por membranas	Faixa de pressão de alimentação típica	
	(kPa)	(bar)
• Osmose Inversa <i>Aplicação em água salobra</i> Pressão baixa	860 – 2.070	8,60 – 20,70
	2.410 – 4.140	24,10 – 41,40
	<i>Aplicação em água salgada</i>	5.520 – 8.270
• Nanofiltração	340 – 1.030	3,40 – 10,30
• Ultrafiltração	140 – 520	1,40 – 5,20
• Microfiltração	100 – 210	1,00 – 2,10

Deste modo, água de alimentação pressurizada entra em um ou mais vasos de pressão contendo membranas, que se denomina de módulos de membranas. As membranas são permeáveis à água mas não às substâncias que se pretende remover (Metcalf & Eddy, 2003). Ainda segundo os

mesmos autores, em todos os processos de separação por membrana a alimentação da água processa-se em através de dois fluxos. O fluxo de permeado (para OI, NF ou UF) ou filtrado (para MF) passa através de barreiras da membrana. O fluxo do concentrado contém substâncias removidas da água depois de rejeitada pela barreira da membrana.

A Figura 2.10 mostra a permeabilidade dos diferentes tipos de processo de separação por membranas, face aos elementos característicos presentes na massa de água e que são removidos durante o processo.

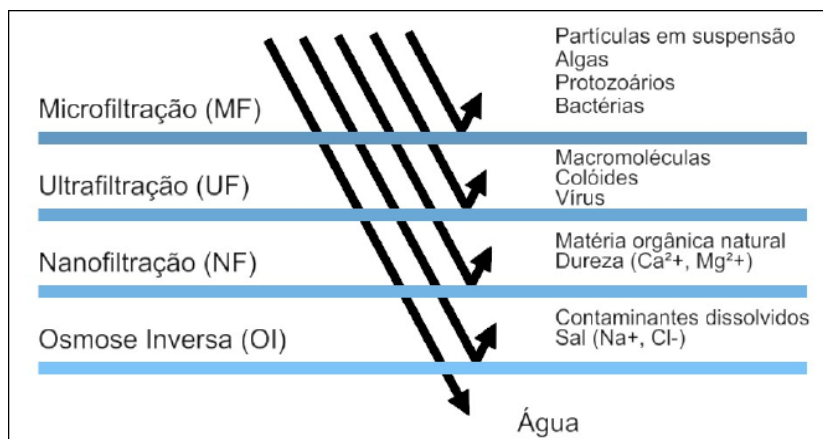


Figura 2.10 - Processos de separação por membranas e suas capacidades de remoção de substâncias, sais, contaminantes, organismos, partículas, entre outros (Fonte: NRC, 2008; Araújo, 2013)

Consoante a dimensão das partículas ou moléculas a separar, os processos de separação por membranas classificam-se de acordo com a representação que se observa na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Processos de separação por membranas em função da dimensão mínima das partículas removidas e pressão exercida, sua aplicação e eficiência de remoção associada (adaptado de Duranceau, 2001)

Processos de separação por membranas	Pressão aplicada (bar)	Dimensão mínima de partículas removidas (μm)	Aplicação (tipo e eficiência média de remoção)
Microfiltração (MF)	0,3 – 5,0	0,1 – 3,0	<ul style="list-style-type: none"> Remoção de partículas/turvação (> 99%) Remoção de bactérias e protozoários (> 99,99%)
Ultrafiltração (UF)	0,3 – 5,0	0,01 – 0,1	<ul style="list-style-type: none"> Remoção de partículas/turvação (> 99%) Remoção de bactérias e protozoários (> 99,99%) Remoção de carbono orgânico total (COT) – (< 20%) Remoção parcial de vírus

Nanofiltração (NF)	5,0 – 10,0	0,001 – 0,01	<ul style="list-style-type: none"> • Remoção de partículas/turvação (> 99%) • Remoção de cor (> 98%) • Remoção de carbono orgânico total (> 95%) • Remoção de dureza – amaciamento – (> 90%) • Remoção de compostos orgânicos sintéticos (COS) – superiores a 500 daltons – (0 a 100%) • Remoção de sulfato (> 97%) • Remoção de vírus (> 95%)
Osmose Inversa (OI)	10,0 – 50,0	<0,001	<ul style="list-style-type: none"> • Remoção de salinidade (Dessalinização) – (> 99%) • Remoção de cor e de carbono orgânico dissolvido (> 97%) • Remoção de radionuclídeos – não inclui radão (> 97%) • Remoção de nitrato • Remoção de COS e pesticidas (0 a 100%) • Remoção de vírus (> 95%) • Remoção de Arsénio, Cádmiio, Crómio, Chumbo e Flúor (40 a 98%)

De acordo com Habert *et al.* (1997), para além dos padrões de fluxos, uma outra característica fundamental no processo de separação por membranas é a capacidade selectiva relativamente a uma dada espécie, associada a cada tipo de processo. Tal capacidade pode ser definida pela relação entre a concentração do composto no fluxo de alimentação das membranas e a sua concentração no material rejeitado (concentrado).

Entretanto, os processos de separação por membranas apresentam inúmeras vantagens comparativamente aos processos convencionais aplicados ao tratamento de água para abastecimento (Nakatsuka *et al.*, 1996; Barba *et al.*, 1997; Rodrigues, 2008):

- São, por norma, sistemas compactos e modulares (permitindo adaptações a variações de caudal e qualidade com maior facilidade;
- Apresentam procedimentos de operação e manutenção simples;
- Apresentam níveis de qualidade do efluente tratado, nomeadamente no que se refere a presença de microrganismos resistentes aos processos de tratamentos convencionais de cloragem e ozonização, como é o caso de *Giardia* e *Cryptosporidium*.

- Requerem menor aplicação/utilização de químicos no tratamento como agentes coagulantes e floculantes;
- Apresentam produção de lamas em menores quantidades.

Corrente eléctrica

De acordo com Metcalf & Eddy, (2003), dos processos de separação por membrana cuja força motriz aplicada é a corrente eléctrica, destacam-se a:

- Electrodialise e a
- Electrodialise Inversa

A electrodialise é um processo de separação dos sais dissolvidos contidos na massa de água através da aplicação de uma força electromotriz nos eléctrodos, consistindo num método de separação electroquímica em que os iões (aniões e cationes) são transferidos sobre membranas selectivas de iões de forma alternada entre os eléctrodos positivos e negativos, respectivamente (Metcalf & Eddy, 2003; Levy, 2008 citado por Araújo, 2013).

Um sistema característico de electrodialise possui várias células paralelas com membranas de transferência de cationes e aniões empilhadas verticalmente entre os eléctrodos. A água de alimentação entra na pilha a valores de pressão de cerca de 3,40 bar, ocorrendo, desta forma, a remoção de iões gerando um fluxo de água desmineralizada (Metcalf & Eddy, 2003).

De acordo com Levy (2008) este processo só é rentável para águas com concentrações de cloretos abaixo de 2.000 mg/l, porque, para águas com concentrações de cloretos acima desse valor torna o processo dispendioso uma vez que, segundo WHO (2007), a energia requerida para o processo de electrodialise é directamente proporcional à quantidade de sais dissolvidos são necessários remover presentes na massa de água.

- **Dessalinização enquanto técnica de tratamento de água para abastecimento**

A técnica de dessalinização é geralmente utilizada no processo de tratamento de água para produção de água potável (produto desejado), a partir de salgada ou salobra produzindo, por outro lado o concentrado (produto indesejado) (NRC, 2008).

A separação do sal da água é datada do tempo em que o sal, não a água, era um bem precioso. Contudo, com o acelerado crescimento da população e consequentemente, a expansão da procura de água doce, foram desenvolvidas tecnologias com vista a produzir água doce em localidades remotas e em navios de guerra (Cooley *et al.*, 2006).

As primeiras instalações comercializáveis utilizavam, na maioria dos casos, a evaporação térmica em grande escala ou destilação da água do mar. As instalações de maior dimensão foram construídas na região do Golfo Pérsico, onde há excesso de energia disponível e

consequentemente o seu reduzido baixo custo e as fontes naturais de água doce são relativamente escassos (NRC, 2008).

De acordo com Cooley *et al.*, (2006), no final do séc. XVIII o secretário de Estado dos Estados Unidos, Thomas Jefferson, recebeu um pedido para vender ao governo um método de destilação para converter água salgada em água doce. Mais tarde, a meados do séc. XIX foi concedida uma patente britânica para tal dispositivo.

Segundo Birkett, (1999) a ilha de Curaçau nas Antilhas Holandesas foi o primeiro lugar no mundo a tomar importantes compromissos com a técnica de dessalinização e as suas instalações têm vindo a operar desde 1928.

Na Figura 2.11 é possível verificar que cerca de metade da capacidade global de dessalinização localiza-se actualmente na região do Médio-Oriente. Contudo, a América do Norte, Europa e Ásia contribuem, cada qual, com 15% do total da capacidade de dessalinização a nível global (GWI, 2006b citado por NRC, 2008).

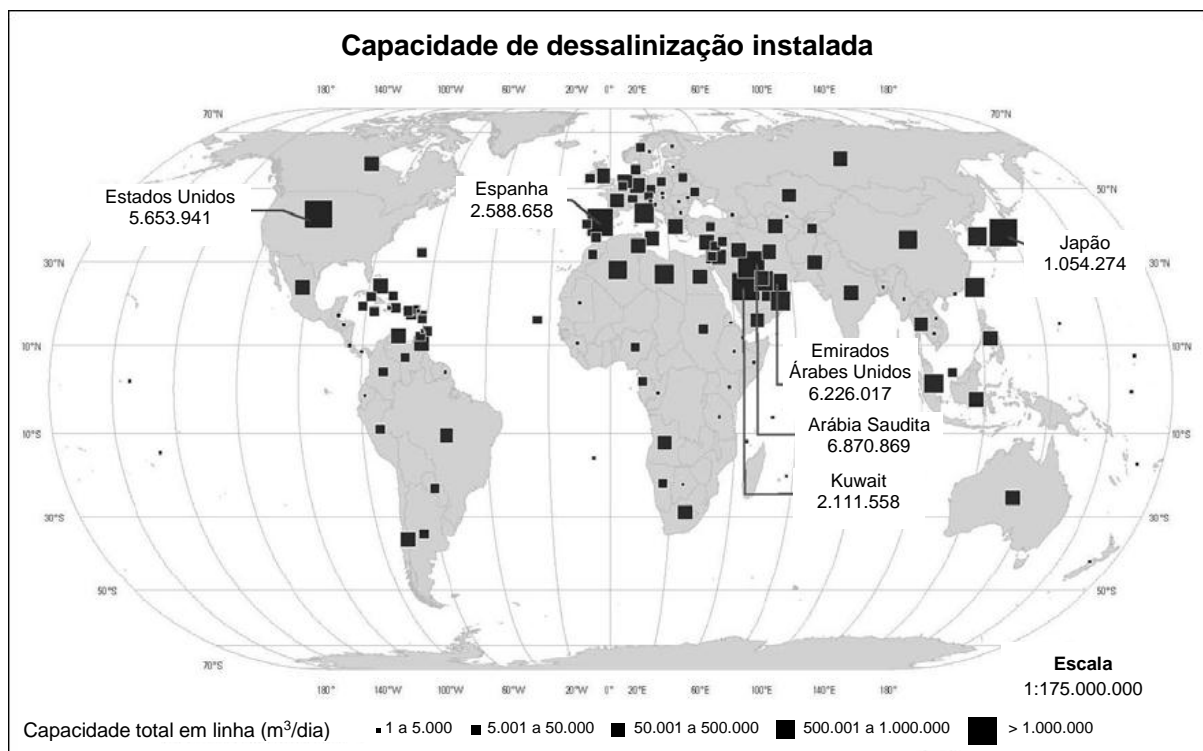


Figura 2.11 - Capacidade de dessalinização instalada a nível global. (Fonte: GWI, 2006b adaptado por NRC, 2008)

A técnica de dessalinização tem sido utilizado durante anos nas regiões mais áridas do Médio-Oriente e Emirados Árabes Unidos, contudo, actualmente um número cada vez mais crescente de regiões tem recorrido a esta tecnologia como um meio potencial de produção e fornecimento de água para abastecimento público, em países como a Austrália, China e até mesmo zonas costeiras da Califórnia. Segundo Araújo (2013), os Estados Unidos da América assumem já cerca de 18% da capacidade total de dessalinização instalada.

De acordo com Araújo (2013), algumas ilhas dependem fortemente da técnica de dessalinização de águas quer de origem salgada quer de origem salobra, numa percentagem significativamente elevada das suas necessidades totais de consumo de água, tendo com exemplos, as Ilhas Caimão, Ilhas do Arquipélago de Cabo Verde, Aruba ou Bahamas.

A capacidade global de produção de água doce através de processos de dessalinização tem vindo a aumentar exponencialmente desde os anos 60, do século passado, para valores actuais de 42 milhões de metros cúbicos diários, como se pode observar na Figura 14. Da capacidade cumulativa global de dessalinização, cerca de 37 milhões de metros cúbicos diários considera-se estar operacional. Tal capacidade inclui centrais de dessalinização de água do mar e de água salobra para fins municipais, industriais, agrícolas, energéticos, militares e aplicações de demonstração, entre outras (NRC, 2008).

Verifica-se ainda, através da Figura 2.12, que a capacidade total de dessalinização a nível mundial duplicou desde 1995 e continua a aumentar de forma progressiva.

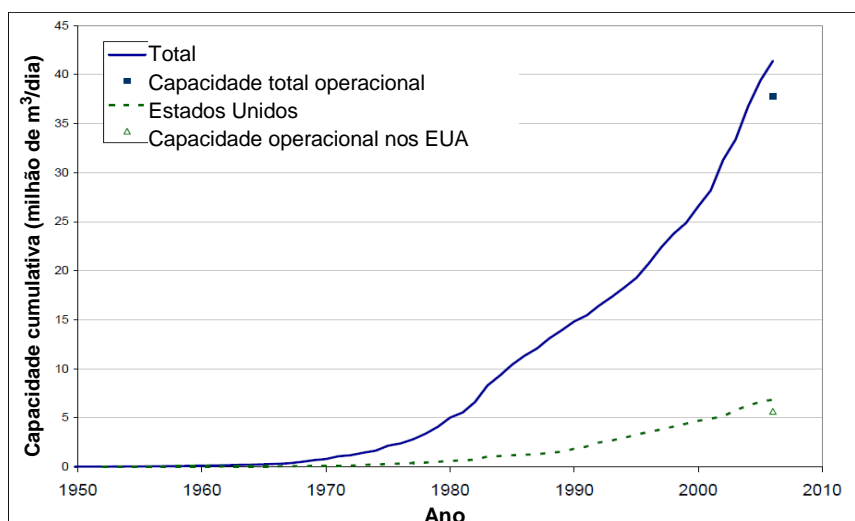


Figura 2.12 - Capacidade acumulada de estações de dessalinização instaladas nos E.U.A e no mundo – 1950 a 2006 – (Fonte: GWI, 2006b).

Salienta-se que os dados utilizados para produção do gráfico anterior foram recolhidos para a *Worldwide Desalting Plant Inventory* da Associação Internacional de Dessalinização, que inclui também instalações que utilizam tecnologias de dessalinização (por exemplo, osmose inversa, nanofiltração), para remover a salinidade no tratamento de águas residuais para reutilização (NRC, 2008).

- **Linha de tratamento de água por dessalinização**

Um sistema de dessalinização de água deve ser, de acordo com o NRC (2008), constituído por cinco fases fundamentais, comuns a todo o tipo de estações de dessalinização,

independentemente da origem da água. Na Figura 2.13 representa-se esquematicamente uma linha convencional de dessalinização de água.

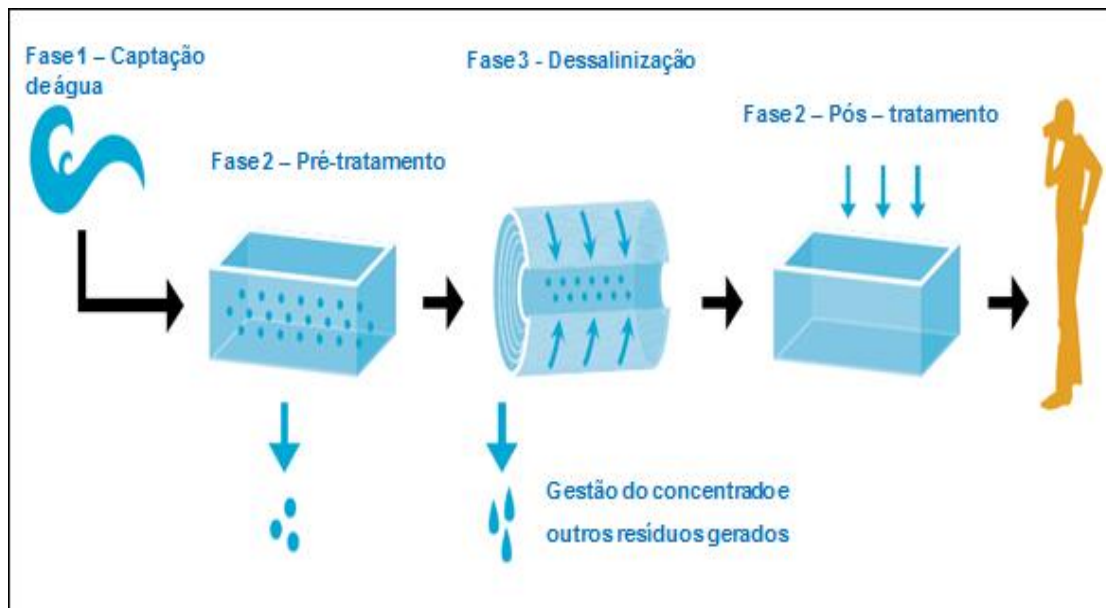


Figura 2.13 - Esquema de uma linha de tratamento de dessalinização (adaptado de SDCWA – *Water Supplies* - disponível em: <http://www.sdcwa.org/seawater-desalination>).

- **Captação de Água** - estruturas utilizadas para extrair água da fonte e introduzi-la no sistema;
- **Pré-Tratamento** – que efectua a remoção de sólidos em suspensão e permite controlar o crescimento biológico, preparando a água para processamento posterior;
- **Dessalinização** – o processo de remoção dos sólidos dissolvidos, principalmente sais e outros constituintes inorgânicos;
- **Pós-Tratamento** – onde se efectua a adição de produtos químicos à água para evitar a corrosão das tubagens a jusante, bem como outros ajustes necessários de forma a tornar a água potável;
- **Gestão do Concentrado e outros Resíduos Gerados** – deposição ou reutilização dos sub-produtos e outros resíduos resultantes do processo de dessalinização.

- **Métodos**

A escolha de uma tecnologia de dessalinização é feita com base numa combinação específica de vários factores, incluindo a disponibilidade de energia e forma, a qualidade da água de origem, e outras demais condições locais. Globalmente, os processos térmicos e de membrana são os dois principais processos utilizados (NRC, 2008).

Os processos térmicos e de separação por membranas são ambos mundialmente utilizados na dessalinização à escala municipal e cada um deles apresentam vantagens e desvantagens (NRC, 2008).

Processos térmicos

A obtenção de água a partir de água salgada, recorrendo-se ao processo térmico é assegurada por métodos de destilação. Geralmente o processo térmico baseia-se no processo que se verifica no ciclo natural da água, em que, basicamente, a água evapora, condensa e precipita (Araújo, 2013).

Do conjunto de processos térmicos aplicados a técnica de dessalinização de água, destacam-se os principais, sendo estes, a Evaporação Multi-Flash (MSF), a Destilação de Efeitos Múltiplos, Compressão de vapor e Destilação Solar.

De acordo com Araújo (2013), a MSF foi, até ao início da década de 90, a técnica mais comum utilizada no processo de dessalinização da água salgada. A MSF, ou evaporação instantânea, consiste num processo de ebulição da água em etapas sucessivas, onde é controlada a pressão e a temperatura, através de câmaras de evaporação. Neste método recorre-se a um conjunto de evaporadores com diminuição sucessiva de pressões ligeiramente pequena entre eles. Esta diminuição de pressão conduz a um imediato processo de ebulição da água à medida que esta atravessa cada um dos evaporadores, induzindo uma imediata evaporação da água salgada – designado por “evaporação flash”. Ocorre, seguidamente, uma ascensão do vapor gerado até aos condensadores, arrefecendo-se posteriormente ao longo de vários tubos onde circula a salmoura. A água doce é encaminhada para o exterior da câmara e a salmoura é enviada para o destino final.

As Figuras 2.14 e 2.15 representam, respectivamente, esquema de MSF e de MED utilizados na dessalinização da água salgada.

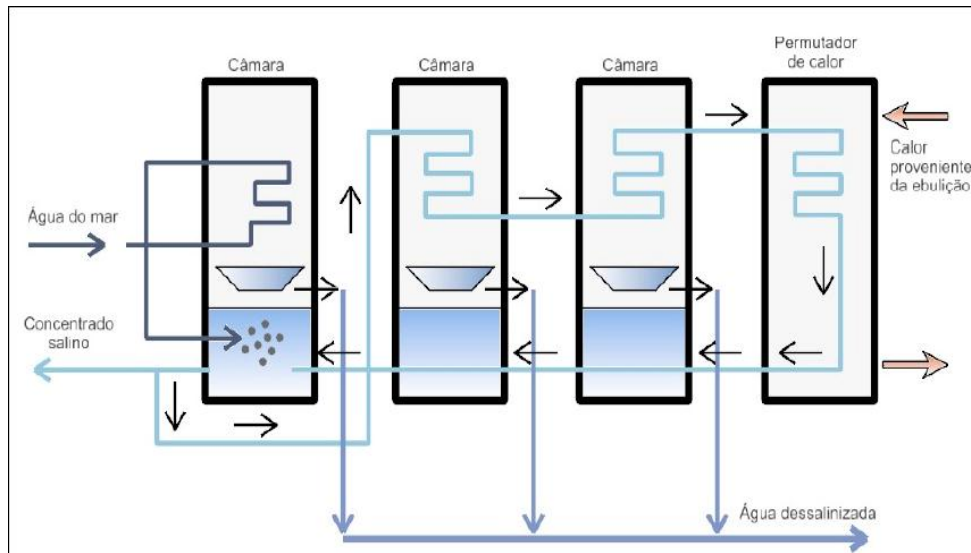


Figura 2.14 - Esquema do Processo de Evaporação Multi-Flash – MSF, (Fonte: Araújo, 2013).

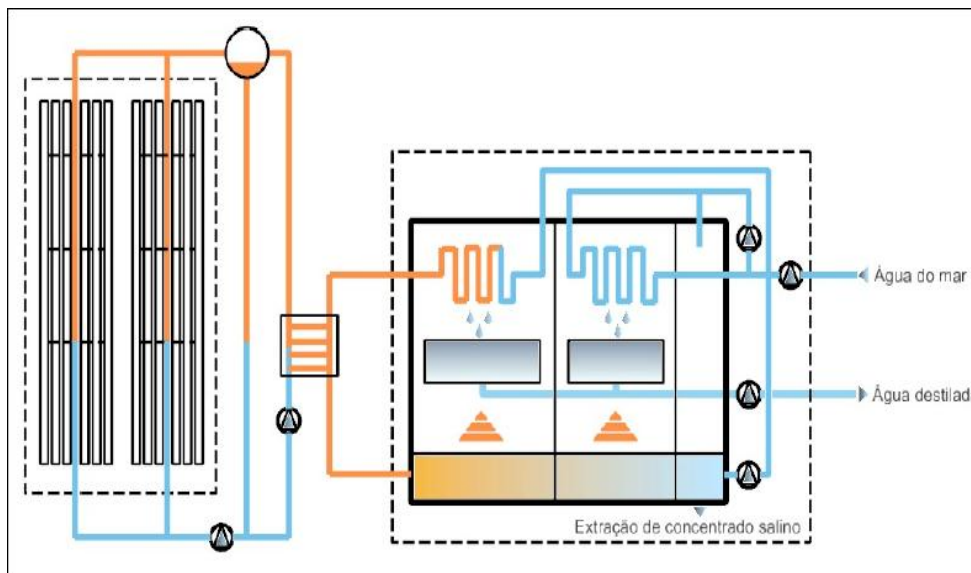


Figura 2.15 – Esquema do Processo de Destilação Múltiplo Efeito – MED, (Fonte: Araújo, 2013).

Processos de separação por membranas

Osmose Inversa

De acordo com Araújo (2013), o processo de Osmose Inversa consiste na separação de sais dissolvidos presentes na massa de água através de um efeito de pressão superior à pressão osmótica, sobre uma membrana semi-permeável. Neste processo a água atravessa a membrana, enquanto os minerais são retidos e concentrados na membrana.

De entre os processos de separação por membranas apresentados na Tabela 2, apenas o de osmose inversa, é indicado para a utilização no processo de dessalinização de água para o

consumo humano, pois este, é o único do conjunto, com capacidade para reter sais e outros constituintes da água, dando origem assim a produção de água doce (Araújo, 2013). Todavia, os outros processos podem fazer parte de uma instalação de dessalinização, mas como parte integrante em processos de pré-tratamento de água a dessalinizar.

Geralmente, os sistemas de osmose inversa apresentam menores consumos de energia quando comparados com os processos térmicos, contudo, estes podem usar formas de energia mais difusas ou de baixo grau (por exemplo, vapor de baixa pressão), considerando que os sistemas de membrana dependem exclusivamente de electricidade como fonte de energia.

De acordo com *Global Water Intelligence* (GWI, 2006a), o custo de investimento associado à dessalinização da água salgada através da MED e da MSF é de 1,5 a 2 vezes o custo de investimento associado ao sistema de dessalinização por OI, respectivamente.

Adicionalmente, GWI (2006a) estimou o custo de dessalinização da água do mar através do processo de OI a valores de cerca de 0,49 €/m³ comparado com 0,58 €/m³ para o MED e de 0,71 €/m³ para o processo de MSF. Salienta-se que os custos supracitados foram estimados com base em: um sistema de 100.000 m³/dia, uma taxa de juro nominal de 6%, custo de elementos de 350 euros, custo de energia de 0,04 €/kWh, custo de electricidade de 4,5, 4,0 e 1,25 para OI, MSF e MED respectivamente e um período de retorno de investimento de 20 anos.

Segundo NRC (2006a), se se levar em consideração a obtenção de energia a custos reduzidos ou a existência fontes dispersas de energia disponíveis, a dessalinização da água do mar, recorrendo a métodos térmicos, torna-se mais rentável do ponto de vista económico. Caso contrário, os custos de investimento e de operação dos sistemas com processos térmicos são significativamente maiores do que os da tecnologia de membranas.

2.3 TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS

A constituição das águas residuais urbanas inclui contribuições de origens diferentes, como domésticas e industriais, infiltrações e, no caso de sistemas de rede unitárias, a contribuição das águas pluviais. A obrigatoriedade de tratar os efluentes municipais antes da sua descarga no meio receptor levou a que se pensasse, desde há algum tempo, no reaproveitamento racional deste recurso, uma vez já tratado, para fins em que as exigências dos níveis de qualidade fossem inferiores aos do consumo humano directo.

As Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), constituem destinos adequados à promoção da saúde pública e à preservação dos recursos hídricos, evitando a sua contaminação e, posteriormente, promoção do uso racional do recurso 'água residual tratada' para diversos fins. Assim, as ETAR têm como objectivo o tratamento das águas residuais, permitindo, de acordo com

o grau de tratamento aplicado, a sua descarga no meio, ou até uma possível reutilização através de processos mais afinados.

Actualmente, têm-se desenvolvido tecnologias cada vez mais avançadas com aplicação prática nos processos de tratamento de águas residuais, não só domésticas, mas também industriais, com vista a obter água com características adequadas, em termos de exigências de qualidade, para a descarga no meio receptor ou até para usos domésticos, chegando a ser utilizado até para o próprio consumo humano directo (tecnologias avançadas de depuração de águas residuais).

Tanto a quantidade como a qualidade de água residual variam de local para local, dependendo da população servida, da capitação, da carga orgânica, do número e tipologia de estabelecimentos comerciais e industriais presentes numa dada área, das condições dos colectores, entre outros (Alves, 2008).

Na Figura 2.16. apresenta-se um esquema simplificado e generalizado da classificação dos níveis de tratamento convencional a que se submete uma água residual.

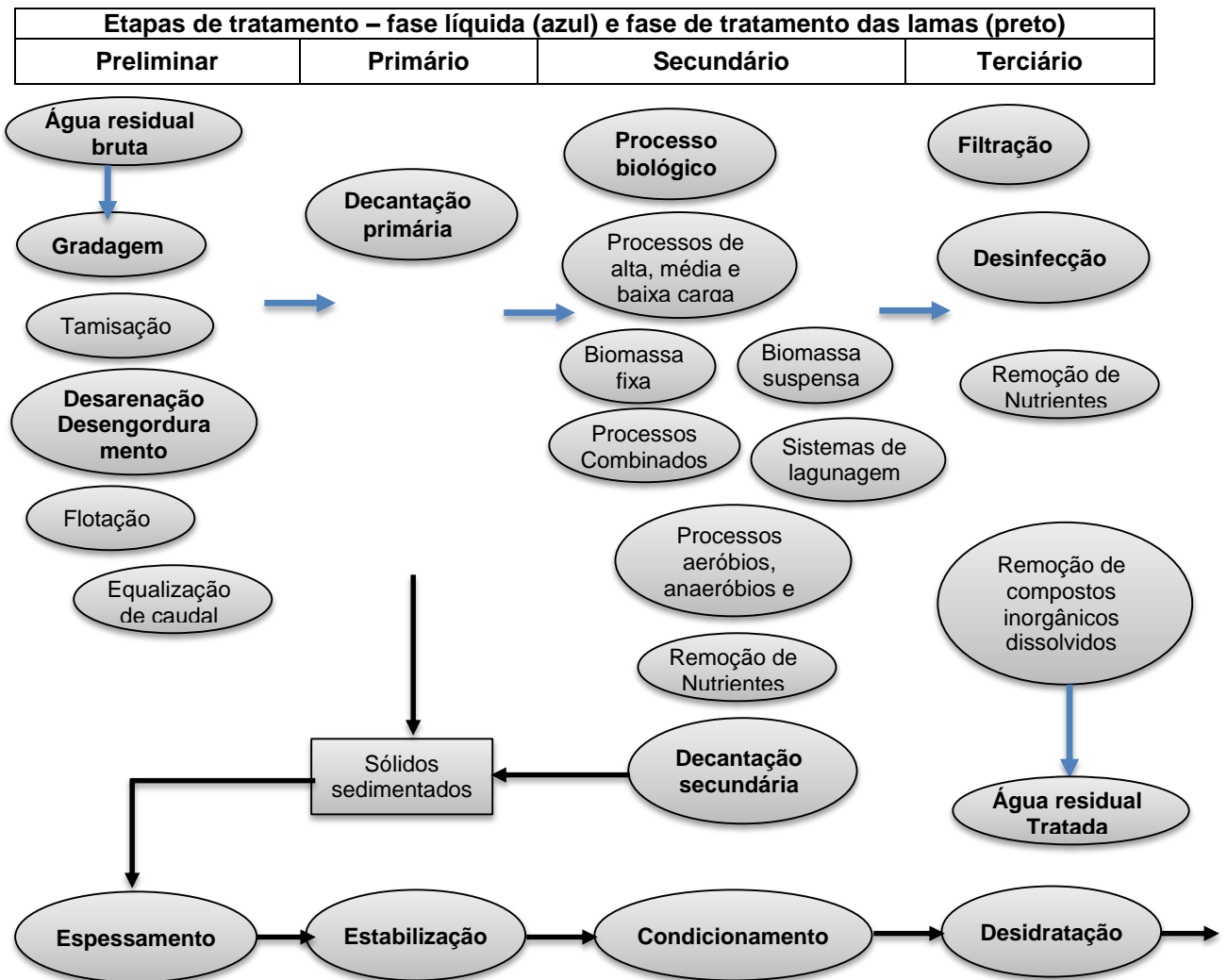


Figura 2.16 - Esquema genérico de operações e processos unitários aplicados ao tratamento de águas residuais (Adaptado de Metcalf & Eddy, 2003)

O tratamento preliminar ocorre na obra de entrada, onde a água residual bruta chega através de colectores, por bombagem ou por gravidade, e onde é submetida, normalmente a uma gradagem onde os materiais grosseiros são retirados com recurso, usualmente, a uma grade grossa a montante e fina a jusante, evitando que passem para etapas e equipamentos seguintes ao referido. Posteriormente a água residual, poderá ser encaminhada para um órgão de remoção de areias e gorduras (desarenador e desengordurador), fazendo esta operação ainda parte do tratamento preliminar. Após a etapa de pré-tratamento (físico) a água residual pode ser encaminhada para uma decantação primária (caso haja necessidade), dependendo do tipo de sistema concebido, onde uma parte significativa de sólidos suspensos é removida (Alves, 2008).

Posteriormente a água residual pode ser submetida a um tratamento secundário (tratamento biológico e decantação secundária). O tratamento secundário dispõe de várias tecnologias diferentes que funcionam sobre princípios semelhantes, destacando-se os sistemas aeróbios intensivos, quer por biomassa suspensa (ex. lamas activadas), quer por biomassa fixa (ex. leitos percoladores e discos biológicos), e os sistemas extensivos - lagunagem (Metcalf & Eddy, 2003), incluindo, em parte, processos anaeróbios e anóxicos, responsáveis pela remoção de compostos de fósforo e azoto, respectivamente.

Existem também processos anaeróbios de tratamento de águas residuais com recurso aos sistemas de alta carga, destacando-se os reactores *UASB* (Reactores Anaeróbios de Fluxo Ascendente ou de Manto de Lamas), bem como os sistemas de lagoas anaeróbias, filtros anaeróbios, tanques sépticos, entre outros.

O processo de injeção de ar ou oxigénio puro para misturar compostos sólidos com a água residual, garantindo o fornecimento de oxigénio suficiente para os microrganismos degradarem os compostos orgânicos presentes na massa de água é designado por arejamento. Este processo é também importante como meio de remoção de alguns poluentes como ferro, manganês, assim como na oxidação química, eliminando assim os compostos orgânicos resistentes aos processos de tratamento biológico. É importante referir a sua importância na reposição dos níveis de oxigénio na água residual antes da sua descarga final no meio receptor.

Na Figura 2.17 encontram-se representados alguns dos principais órgãos utilizados no tratamento secundário de águas residuais, onde se apresentam sistemas de biomassa suspensa – 1) Sistema de arejamento por vala de oxidação; 2) Sistema de tratamento por lagunagem, e de biomassa fixa – 3) Leito percolador; 4) Discos biológicos ou bio-discos, bem como sistemas de decantação – 5) Decantador rectangular; 6) Decantador secundário circular com ponte raspadora.

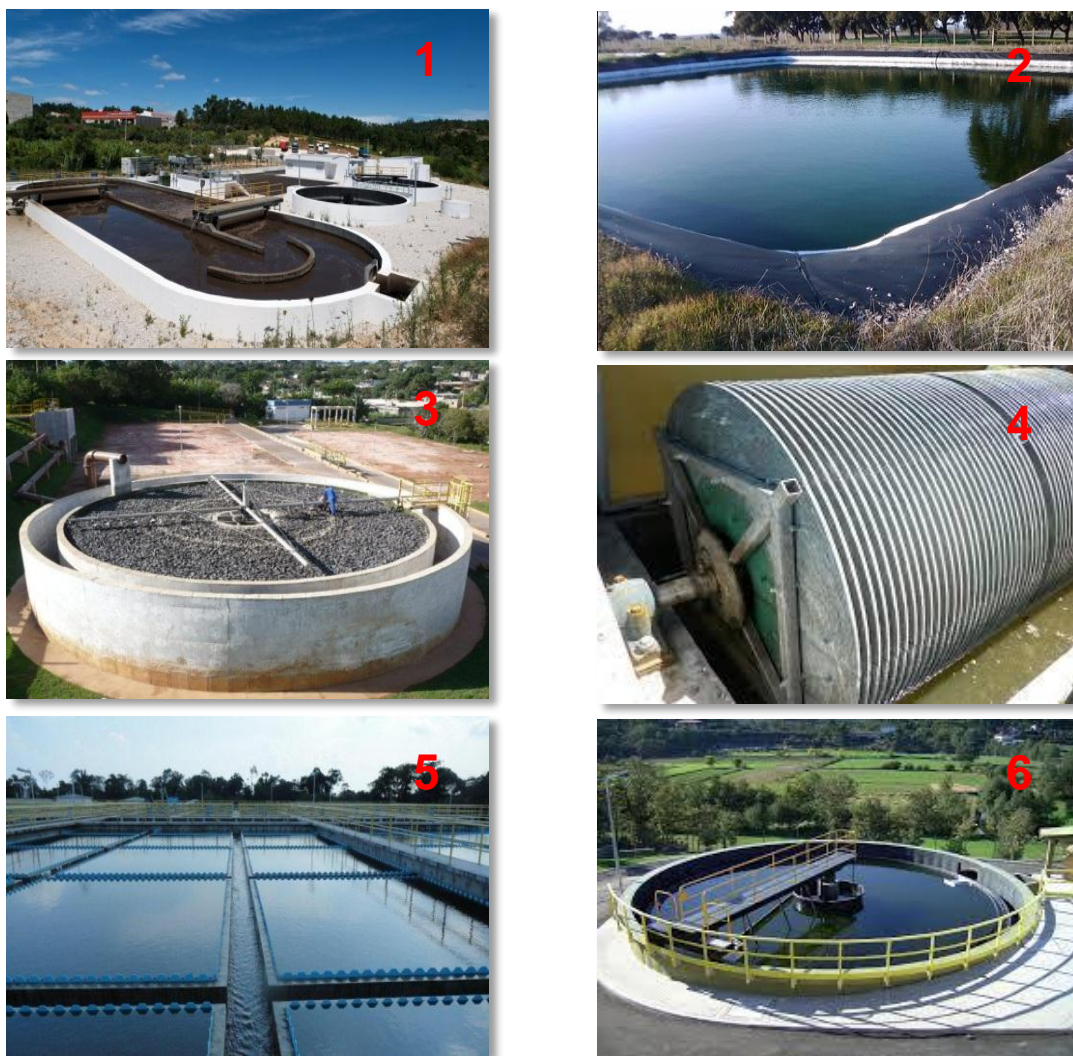


Figura 2.17 - Órgãos envolvidos no tratamento secundário de águas residuais.

O tratamento terciário ou de afinação é utilizado geralmente quando a sensibilidade do meio receptor é elevada por forma a garantir o cumprimento de critérios de qualidade ou então quando o efluente tratado é reutilizado para suprir as necessidades regas e/ou consumo humano. O tratamento terciário geralmente é constituído pela operação de filtração e de desinfecção (Alves, 2008).

No que se refere a este último, os métodos mais utilizados são a desinfecção química (p.e. cloro e ozono) ou, então, a desinfecção física por radiação UV, sendo escolhidos de acordo com o nível de qualidade do efluente a que se pretende atingir. Na escolha de um dado desinfectante, devem ser também considerados alguns factores como a sua eficácia e fiabilidade, custos de investimento, operação e manutenção, facilidade de utilização (transporte, armazenamento, controle e segurança), efeitos potenciais adversos como toxicidade para a vida aquática ou formação de substâncias carcinogénicas (Metcalf & Eddy, 2003), bem como o tipo de reutilização em causa.

2.4 REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUAL TRATADA ENQUANTO SOLUÇÃO DE ESCASSEZ DE ÁGUA

A reutilização de águas residuais para fins múltiplos é uma prática antiga que tem vindo a ser cada vez mais desenvolvida. No entanto, a reutilização planeada de águas residuais tratadas só ganhou maior importância há duas ou três décadas atrás, com o aumento drástico da procura de água, acompanhada com o devido avanço tecnológico, o crescimento populacional e de urbanização, tendo como consequência o aumento de pressão sobre o ciclo natural da água (Marecos do Monte & Albuquerque, 2010; Vigneswaran & Sundaravadivel, N/D), tendo sido encarada como um eixo central da gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos.

Inicialmente o enfoque desta prática era principalmente virado para usos agrícolas (como método de fertilização de solos pobres, inclusivé) e não-potáveis, todavia, as tendências recentes provam a existência de oportunidades de reutilização directas para aplicações mais perto do ponto de geração. Há também inúmeros projectos que provaram ser bem-sucedidos para reutilização potável directa ou indirecta (MED WWR WG, 2007; Vigneswaran & Sundaravadivel, N/D).

A existência de tecnologia que possibilita o tratamento de águas residuais cada vez mais rigoroso e com diferentes níveis de qualidade, de acordo com o fim a que se destina, possibilita que a reutilização de água residual tratada seja considerada uma importante solução ambiental no combate à escassez de água, principalmente em regiões áridas que apresentam um elevado *stress* hídrico, bem como alternativa à sua rejeição nos meios receptores (Marecos do Monte & Albuquerque, 2010).

Uma das principais estratégias de gestão integrada dos recursos hídricos consiste em dinamizar a reutilização deste recurso reciclado para usos não potáveis diversos, sendo estes a rega, a indústria, a recarga de aquíferos ou os usos recreativos, que representam a grande maioria dos consumos de água e cujos requisitos de qualidade são consideravelmente inferiores aos da produção de água para consumo humano (Marecos do Monte & Albuquerque, 2010).

Todo o processo de tratamento de águas residuais até à sua reutilização é realizado analogamente com o que se procede no ciclo natural da água, através de processos de engenharia sanitária. Têm vindo a ser realizados vários estudos nesta área, fazendo com que haja garantia de que a reutilização de água residual tratada seja benéfica (Vigneswaran & Sundaravadivel, (N/D).

2.4.1 Características da água residual e critérios de qualidade para a reutilização

As águas residuais urbanas são compostas por águas residuais domésticas ou por mistura destas com águas residuais industriais e pluviais colectadas para a rede de drenagem pública. Segundo Mara (1978), as águas residuais urbanas consistem, assim, numa complexa mistura de substâncias, dentro das quais se destacam um conjunto diversificado de microrganismos, sendo uma grande quantidade destes de origem fecal e alguns patogénicos. Em termos proporcionais, nas águas residuais, a água e as substâncias dissolvidas e em suspensão coloidal representam valores da ordem dos 99,9% e 0,1%, respectivamente

As águas residuais urbanas podem conter substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas e suspensas na massa da mesma (Marecos do Monte & Albuquerque, 2010), podendo estas ser:

- Provenientes de água superficial ou subterrânea que constituem a origem de água bruta para produção de água para consumo humano;
- Adicionadas e produzidas em reacções químicas e bioquímicas no decurso do processo de tratamento de água bruta para produção de água potável;
- Transportadas pelas águas pluviais em sistemas de drenagem unitários;
- Adicionadas no decurso da utilização da água de abastecimento público para múltiplas actividades: uso doméstico, comercial, industrial e outras;
- Introduzidas com a água de infiltração nos colectores;
- Produzidas por reacções químicas e bioquímicas durante o transporte no sistema de drenagem;
- Adicionadas durante o transporte no sistema de drenagem para controlo de cheiro e de corrosão.

No âmbito da reutilização de águas residuais tratadas é de uma importância crucial o conhecimento do caudal de escoamento afluente e das suas flutuações, bem como das características qualitativas de águas residuais bruta, pois estes dados permitem fazer a previsão das aplicações de reutilização, que dependem do volume de água disponível e da composição da água a reutilizar (que será função das características das águas residuais brutas e do tipo e eficiência de tratamento aplicado na ETAR) (Marecos do Monte & Albuquerque, 2010).

Assim sendo, e de acordo com Metcalf & Eddy (2003), a caracterização das águas residuais urbanas pode ser sistematizada em três grandes grupos de características, sendo estas, físicas, químicas e biológicas, como se apresentam na Tabela 2.4, de acordo com os principais parâmetros indicadores das mesmas e das origens de proveniência de água residual.

Tabela 2.4 - Características físicas, químicas e biológicas das águas residuais e suas origens (Adaptado de Metcalf & Eddy, 2003; Al-Jasser, 2009)

Características	Origens
Físicas	

Cor	• Resíduos domésticos e industriais, decomposição de matéria orgânica.
Odor	• Decomposição das substâncias dissolvidas e em suspensão.
Turvação	• Água pluviais, águas residuais domésticas e industriais, erosão do solo, infiltração nos colectores.
Temperatura	• Águas residuais domésticas e industriais
Químicas	
Orgânicas	
Carbo-hidratos	• Águas residuais domésticas, comerciais e industriais
Proteínas	• Águas residuais domésticas, comerciais e industriais
Óleos e gorduras	• Águas residuais domésticas, comerciais e industriais
Detergentes	• Águas residuais domésticas, comerciais e industriais
Pesticidas	• Resíduos agrícolas
Fenóis	• Águas residuais industriais
Compostos voláteis	• Águas residuais domésticas, comerciais e industriais
Poluentes prioritários ¹	• Águas residuais domésticas, comerciais e industriais
Inorgânicas	
Alcalinidade	• Águas residuais domésticas, água potável, água subterrânea infiltrada
Cloretos	• Águas residuais domésticas, água potável, água subterrânea infiltrada
Metais pesados	• Águas residuais industriais
Azoto	• Águas residuais domésticas e escorrências agro-pecuárias.
Fósforo	• Águas residuais domésticas, comerciais e industriais; escorrências naturais.
pH	• Águas residuais domésticas, comerciais e industriais
Enxofre	• Abastecimento de água, águas residuais domésticas, comerciais e industriais
Poluentes prioritários	• Águas residuais domésticas, comerciais e industriais
Gases	
Ácido sulfídrico	• Decomposição de águas residuais domésticas
Metano	• Decomposição de águas residuais domésticas
Oxigénio	• Água do abastecimento público, infiltração de águas superficiais.
Biológicas	
Animais	• Cursos de água e ETAR
Plantas	• Cursos de água e ETAR
Bactérias	• Águas residuais domésticas, infiltração de águas superficiais, ETAR
Vírus	• Águas residuais domésticas.

¹Compostos orgânicos e inorgânicos que se sabe ou se suspeita serem carcinogénicos, mutagénicos, teratogénicos ou de toxicidade aguda.

2.4.2 Tipos de uso e sistemas de armazenamento de água residual tratada

O recurso ao reaproveitamento de águas residuais tratadas é feito preferencialmente para satisfazer as necessidades de usos correspondentes à maior parcela de procura de água em termos quantitativos e que apresentem um certo nível de exigência no que respeita à qualidade das mesmas (Gomes, 2014). Tais níveis são atingidos por meio de tratamentos, técnica e economicamente exequíveis, que sejam compatíveis com a qualidade dos efluentes das ETAR.

No entanto, a reutilização da água é resultado não apenas do factor 'procura de água' para determinada aplicação, em termos quantitativo, como por ex. a rega, mas também pelo factor escassez de recursos hídricos, como já se referiu nos subcapítulos anteriores. Segundo Marecos do Monte e Albuquerque, (2010), quanto mais acentuada é a escassez de recursos hídricos, maior é a tendência para se recorrer à reutilização de águas residuais tratadas para aplicações como na indústria, certos usos urbanos, entre outras.

De acordo com o Marecos do Monte & Albuquerque (2010), a descrição das diferentes aplicações para reutilização de águas residuais tratadas evidencia que os factores mais importantes a considerar na selecção das aplicações a implementar são:

- A qualidade das águas residuais tratadas, o que depende do seu nível do tratamento;
- O tipo de tecnologia associado ao tratamento das águas residuais;
- O equilíbrio entre a procura e a oferta de água para reutilizar, ou seja, entre o volume de água necessário para determinada utilização e o volume disponível de águas residuais tratadas;
- As infra-estruturas necessárias à concretização da reutilização, tais como reservatórios para armazenamento de água reciclada e sistemas de transporte e distribuição;
- A sustentabilidade económico-financeira do projecto de reutilização;
- A mitigação dos impactes ambientais associados à reutilização.

De acordo com Marecos do Monte & Albuquerque (2010), a qualidade das águas residuais tratadas é o factor mais importante na análise das possíveis aplicações de reutilização, principalmente quando é posta em causa os impactes na saúde pública e no ambiente.

Estima-se ainda que as incertezas e desafios relacionados com as alterações climáticas venham gerar necessidades e oportunidades da reutilização de águas residuais tratadas como uma forma de complementar o abastecimento de água potável (Pinzón, 2013).

Esta questão exige uma nova flexibilidade no cumprimento dos objectivos de abastecimento de água, bem como objectivos complementares que poderiam ser ameaçadas pela mudança climática, sendo estes o aumento do fluxo ecológico, a criação ou aperfeiçoamento de zonas húmidas, a injeção de água no subsolo, criação de barreiras contra intrusão salina, supressão e controle de incêndio, irrigação agrícola, gestão de águas residuais e recarga de aquíferos.

Para todos estes objectivos, a reutilização das águas residuais é considerada uma técnica viável de engenharia e gestão (Pinzón, 2013).

A Tabela 2.5 sintetiza os principais factores que, de certa forma, condicionam a reutilização de águas residuais tratadas em função das diversas aplicações possíveis, sendo que a maioria dos casos de aplicação requerem características qualitativas com níveis de exigência mais elevados, obrigando a aplicação de tratamentos complementares.

Tabela 2.5 - Tipos de utilização de água residual tratada, suas aplicações e condicionantes associados
(Adaptado de Marecos do Monte & Albuquerque, 2010)

Tipos de uso	Aplicação	Condicionantes
Rega agrícola	• Viveiros de árvores e plantas	Necessidade de zona tampão; Comercialização das culturas; Saúde pública; Controlo de aerossóis e drenagem
	• Culturas alimentares, forragens cereais e fibras.	
	• Protecção contra as geadas	
	• Silvicultura	
Rega paisagística	• Faixas separadoras e margens de auto-estrada	Controlo da desinfecção; Saúde pública; Aceitação pública; Controlo de aerossóis e drenagem; Ligações cruzadas com redes de água potável.
	• Parques públicos	
	• <i>Campus</i> escolares, jardins residenciais e cemitérios	
	• Campos de Golfe	
Reutilização na Indústria	• Caldeiras de arrefecimento	Controlo de aerossóis; Ligações cruzadas com redes de água potável; Intrusões e corrosão; Formação de filmes biológicos.
	• Combate contra incêndios	
	• Lavagem de equipamentos	
	• Construção pesada	
	• Processos fabris	
Recarga de aquíferos	• Reforço dos aquíferos	Disponibilidade de locais; Contaminação de águas subterrâneas; Aumento do teor de SDT; Efeitos toxicológicos derivados de compostos orgânicos.
	• Barreira contra intrusão salina	
	• Armazenamento	
Usos recreativos e ambientais	• Lagos, lagoas e neves artificiais	Problemas de eutrofização; Ligações cruzadas com redes de água potável; Toxicidade para a vida aquática.
	• Reforço do caudal de cursos de água	
	• Reforço de zonas húmidas	
Usos Urbanos não-potáveis	• Descarga de autoclismos	Saúde pública; Aceitação pública; Ligações cruzadas com redes de água potável; Intrusões e corrosão; Formação de filmes biológicos.
	• Fontes e jogos de águas ornamentais	
	• Lavagem de veículos	
	• Lavagem de ruas	
	• Lavagem de contentores de RSU	
	• Combate ao incêndio	
	• Varrimento de colectores de A.R	
	• Condicionamento de ar	

De acordo com Marecos do Monte & Albuquerque (2010), os sistemas de armazenamento de águas residuais têm por objectivo fundamental garantir volumes de água destinados às seguintes finalidades: operação dos sistemas de reutilização de águas residuais tratadas, satisfação das

aplicações a servir, gestão de volumes sazonais, gestão de volumes para situações de emergência; e controlo de caudais.

A finalidade do armazenamento de águas residuais tratadas consiste em garantir volumes de fornecimento de água para compensar a flutuação dos consumos horários ao longo do dia e de dia para dia (volante de regularização), e permitir o bom funcionamento das redes de distribuição, a regularização do funcionamento das bombagens, o equilíbrio de cargas piezométricas e reservas para emergências. (Diogo & Oliveira, 2008).

Os sistemas de armazenamento permitem também a gestão de volumes de água sazonais, através do confinamento de longa duração. Segundo Marecos do Monte & Albuquerque (2010), os consumos de água em reutilização para rega são geralmente mais elevados do que a média nos meses de Verão e inferiores à média nos meses de Inverno. O armazenamento de longa duração de volumes produzidos no inverno para reutilização no Verão torna-se uma prática muito frequente, sendo que esta prática, de acordo com Marecos do Monte & Albuquerque (2010), só se justifica quando os tipos e oportunidades de reutilização são limitadas e em áreas onde a possibilidade de descarga de efluentes tratados no meio receptor, durante os períodos de estiagem, é muito limitada por exigências ambientais.

As reservas de emergência pretendem solucionar situações acidentais pontuais, como a paragem de ETAR ou de estações elevatórias, quer por avaria de ordem mecânica, quer por falta de energia, bem como variações pontuais na qualidade de efluentes. O armazenamento pode realizar-se em tanques-reservatórios, em lagos e lagoas (solução muito apropriada à rega de campos de golfe) e até em aquíferos confinados (Diogo & Oliveira, 2008; Marecos do Monte & Albuquerque, 2010).

2.4.3 Impactes associados à utilização de águas residuais tratadas

As águas residuais tratadas, mesmo após o processo de tratamento numa ETAR onde são removidos os materiais sólidos, a matéria orgânica, os compostos químicos e os organismos vivos, apresentam ainda concentrações de microrganismos patogénicos bem como alguns compostos químicos, que perante a sua reutilização em fins diversos, põem em risco tanto a saúde humana e dos animais como no ambiente (Marecos do Monte & Albuquerque 2010). Contudo, estas concentrações são tanto elevadas quanto menor é o grau de tratamento a que se submete as águas residuais.

Segundo Rodrigues (2008), independentemente do tipo de uso a que se submete uma água residual tratada, implica parcial ou totalmente a necessidade de envolvimento de equipamentos, materiais, pessoas e o ambiente circundante.

Ainda segundo os mesmos autores, o risco de saúde associado à reutilização de águas residuais tratadas pode, por um lado, não existir praticamente, ou, atingir níveis consideravelmente elevados, por outro. Tal risco depende essencialmente de factores como: concentração de microrganismos patogénicos na água residual tratada, características epidemiológicas dos diferentes agentes patogénicos presente na água residual tratada e exposição das pessoas em contacto com a água residual tratada, dependendo este da finalidade da reutilização, podendo variar entre a máxima exposição (ao ingerir vegetais crus regados com águas residuais tratadas) e uma exposição praticamente nula, como é o caso de algumas aplicação em reutilizações industriais.

Na Tabela 2.6 encontram-se sintetizadas as diversas vias de exposição em função da tipologia de uso de águas residuais tratadas.

Tabela 2.6 – Vias de exposição consoante o tipo utilização de águas residuais tratadas (adaptado de Marecos do Monte & Albuquerque, 2010)

Tipos de uso	Vias de exposição
Reutilização para rega agrícola	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de plantas regadas com água reutilizada; • Consumo de carne e outros produtos de animais alimentados com plantas regadas com água reutilizada; • Contacto com solo, plantas e equipamentos utilizados na reutilização; • Exposição a aerossóis formados na rega por aspersão.
Reutilização para rega paisagística	<ul style="list-style-type: none"> • Contacto com solo, plantas e equipamentos utilizados na aplicação da água reutilizada; • Exposição a aerossóis formados na rega por aspersão.
Reutilização Industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Eventual exposição a salpicos de água em operações de lavagem de equipamento, de pavimentos.
Recarga de aquíferos	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento de água para consumo humano, para rega e para a indústria.
Usos recreativos e ambientais	<ul style="list-style-type: none"> • Contacto com a água, plantas e animais aquáticos.
Reutilização para usos Urbanos não-potáveis	<ul style="list-style-type: none"> • Ligações cruzadas com a rede de abastecimento de água potável; • Exposição a aerossóis formados na lavagem de veículos e no combate a incêndios.

Assim sendo, a avaliação de risco torna-se uma matéria cada vez mais importante não só no processo de decisão, como também no respeitante a tomada de medidas mitigadoras de impactes negativos e incentivadoras de impactes positivos, acompanhada da aplicação de monitorizações contínuas.

Tendo em consideração o factor 'exposição humana', independentemente do tipo de utilização a que se sujeita uma água residual tratada, quanto maior for o grau de exposição ao efluente, maior é o risco existente, pelo que, coerentemente, maior é a exigência de qualidade aplicada ao tratamento a de águas residuais.

3 ENQUADRAMENTO DO CASO DE ESTUDO – CIDADE DA PRAIA, CABO VERDE

3.1 *CONTEXTO HISTÓRICO E TERRITORIAL*

Situado a aproximadamente 500 km da costa do Senegal a oeste e 1300 km a sul das ilhas canárias, o arquipélago de Cabo Verde, composto por dez ilhas, foi descoberto em 1460 pelos

navegadores portugueses durante as suas viagens ao longo da costa ocidental africana, no atlântico médio-sul.



Figura 3.1 - Território de Cabo Verde – localização. Fonte: (<http://www.geocities.ws/ruiblogia/cvmundo.htm>)

Dois anos mais tarde deu-se o início ao povoamento das ilhas, iniciando-se pelas ilhas de Santiago e do Fogo sendo as restantes povoadas mais tarde. No início do séc. XVI deu-se a fundação da primeira cidade de Cabo Verde – Cidade Velha, na ilha de Santiago, actualmente conhecida como cidade de Santiago.

Como já se referiu anteriormente, Cabo Verde é um arquipélago formado por dez ilhas e quinze ilhéus, sendo a ilha de Santa Luzia desabitada desde sempre. Na Figura 3.2 encontra-se representado o mapa do arquipélago de Cabo Verde.



Figura 3.2 – Mapa do arquipélago de Cabo Verde. Fonte: (<http://aiblogue.blogspot.pt/>)

As ilhas de Santo Antão, São Vicente, Santa Luzia, São Nicolau, Sal e Boa Vista pertencem ao grupo das ilhas do Barlavento localizadas mais a norte do arquipélago; as ilhas de Maio, Santiago, Fogo e Brava, localizadas a sul do país, são as ilhas do Sotavento. As ilhas de Cabo Verde em conjunto com as ilhas dos açores e da madeira formam a Micaronésia.

O arquipélago conta com uma área total de aproximadamente 4033 km². A capital do país é a cidade da Praia, localizada na ilha de Santiago.

A cidade da Praia fica situada a sul da ilha de Santiago, como mostra a Figura 3.3, a maior ilha do País, e alberga um pouco mais de um quarto da população do País. De acordo com os dados do último censo (censo 2010), a cidade da Praia alberga cerca de 132.000 habitantes, 26,9% da população do país.

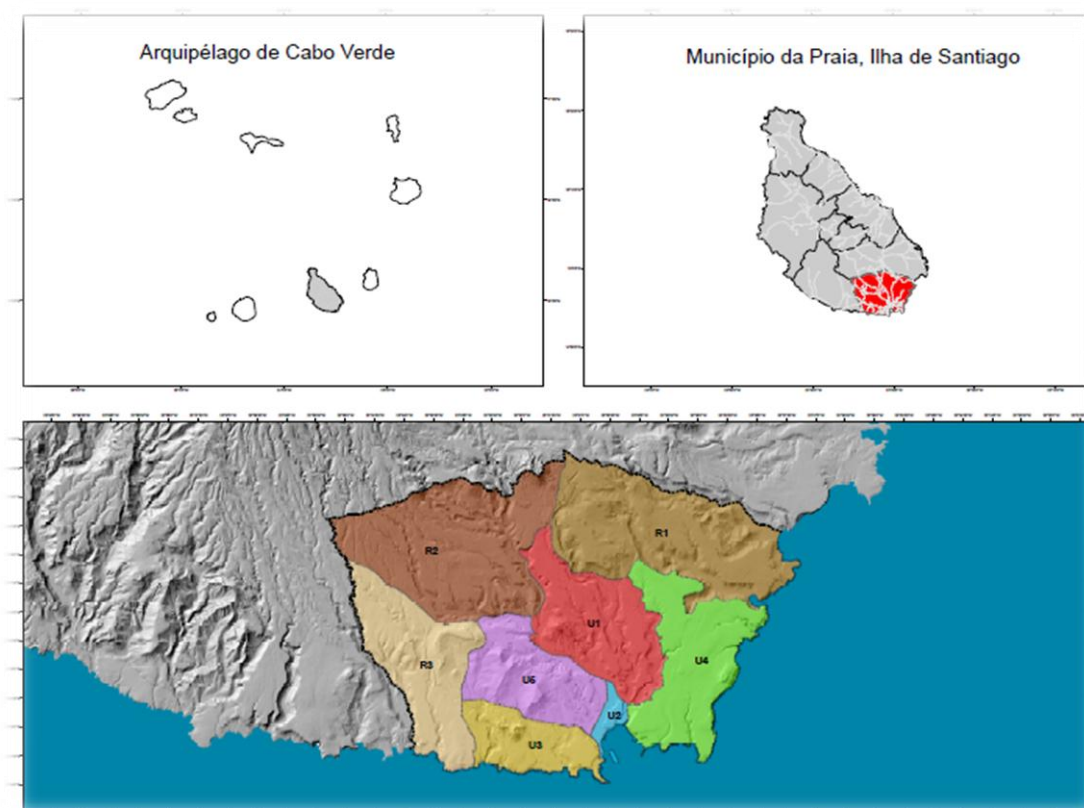


Figura 3.3 – Mapa da Cidade da Praia e sua divisão por categorias de região (Urbana - U e Rural - R) – (Fonte: PMD do Município da Praia, 2013)

A cidade da Praia encontra-se subdividida em oito regiões com fronteiras definidas, sendo cinco delas urbanas (U1, U2, U3, U4 e U5) e as restantes rurais (R1, R2 e R3), como mostra a Figura 3.3. Na tabela seguinte apresentam-se as referidas regiões, as suas respectivas designações bem como área ocupada por cada sub-divisão.

Tabela 3.1 - Sub-divisão das regiões administrativas da cidade da Praia (PDM, 2013)

Código zona	Designação de agrupamento de bairros	Área (ha)
U1	Praia Norte	1.288,61
U2	Praia Centro	114,18
U3	Praia Sul	681,94
U4	Praia Oriental	1.408,91

U5	Praia Ocidental	985,30
R1	Praia Coroa/Arco Nordeste	2124,39
R2	Praia Coroa/Arco Noroeste	2217,41
R3	Praia Coroa/Arco Sudoeste	1325,73
Total	Cidade da Praia	10.146,47

Capital política, de comércio e de sedes corporativas, é na cidade da Praia que se encontram as principais e mais importantes infra-estruturas (Aeroporto Internacional da Praia Nelson Mandela, Porto Internacional) e órgãos de soberania do país (Assembleia Nacional, Palácio da Presidência da República, Palácio do Governo, tribunal de justiça, tribunal de contas, entre outros), bem como os principais serviços e redes de embaixadas.

3.2 ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E AMBIENTAL

- **Geografia**

A cidade da Praia, como já referido anteriormente, fica localizada no sul da ilha de Santiago (Sul do arquipélago), é a maior cidade do país, apresentando uma área territorial de aproximadamente 101,5 km². Para além da superfície geográfica de aproximadamente 102 km² localizado dentro do perímetro da ilha de Santiago (aproximadamente 1.000 km² de área), o território municipal da Praia conta ainda com a área do ilhéu de Santa Maria com cerca de 6 hectares.

Geograficamente o território municipal situa-se a 14° 55' 15" Norte e 23° 30' 30" Oeste. A cidade da Praia estende-se, em altitude, desde o nível do mar até à cota de 435 metros de altitude na formação de Monte Vaca, ponto mais alto do Concelho. Conta com uma extensão de costa de aproximadamente 46 km, acrescido de 1.800 metros de perímetro litoral do ilhéu de Santa Maria, situando-se a 150 metros da costa, na parte sul da baía da Praia, na zona da Gamboa (PDM, 2013).

- **Geologia**

Segundo PDM (2013) a região do município do Praia apresenta um quadro litológico semelhante ao da ilha de Santiago, na qual se insere, pelo que, apenas não se verifica o afloramento nesta da Formação da Assomada (A), típica da região da Assomada. A formação dos Órgãos de idade Miocénica, é muito pouco expressiva na Praia, sendo constituída por depósitos *conglomeráticos-brechóides terrestres*.

Contudo, a formação mais antiga (Ante-Miocénica), é o Complexo Eruptivo Interno (CA), constituída por cinco unidades, apresentando-se com grande predominância na região da Praia em zonas tais como: Ribeira Forno, Ribeira de S. Jorge, Ribeira da Trindade, Ribeira de Laranja, Ribeira de S. Francisco e Ribeira de S. Martinho.

Em certas regiões da cidade, por exemplo, na zona de Pensamento, é possível observarem-se basaltos desta formação com disjunção esferoidal. Noutras zonas os filões apresentam alterações bastante significativas, meteorizados e transformados em material argiloso de tons amarelados-avermelhados (e.g. em Achada Grande Frente).

A Formação dos Flamengos (Miocénico), que se depositou posteriormente, formou-se em ambiente submarino e é bem expressiva em zonas como Saco, São Martinho e Tira Chapéu. Esta formação é atravessada por numerosos filões e chaminés com dimensões de um a dois metros, por vezes com evidências de esmagamento (Lima, 2013). Apresenta ainda um estado de alteração bastante evidenciado, dando materiais argilosos de tons azulados e esverdeados com tufos e hialoclastitos intercalados. Entretanto, podem ainda conter algumas lavas em rolos, que, por vezes, apresentam alteração que dão origem a formação de calhaus (PDM, 2013).

Todavia, conforme se apresenta no PDM (2013), a formação mais extensa e espessa, nesta região e em toda a ilha de Santiago, é a designada por Pico da Antónia (PA), de idade Mio-Pliocénica, sendo constituída por fácies marinha e terrestre, incluindo episódios efusivos e explosivos. É importante referir que esta formação ocorre normalmente sobrejacente à Formação dos Flamengos.

As formações rochosas do PA são responsáveis por afloramento de relevos de maiores altitudes e também pelas principais plataformas estruturais da região (Lima, 2013; PDM, 2013). Nota-se a existência, com relativa abundância, de basaltos subaéreos intercalados com níveis de piroclastos, com disjunção prismática, apresentando fenocristais de olivinas, piroxenas e anfíbulas.

É importante referir aqui as formações sedimentares, tanto antigas como recentes em que incluem os conglomerados (Praia Quebra Canela), calcários, calcarenitos marinhos com fósseis (Cais da Praia) e dunas consolidadas e móveis de idades pliocénica e quaternária. Destacam-se, igualmente, os depósitos de vertente (Monte S. Filipe) e de enxurrada (vale de S. Martinho Grande), os aluviões (Ribeira da Cidade Velha), as areias e cascalheiras da praia (Praia Negra, Praia da Cidade Velha), os terraços de idades pliocénica e quaternária, e ainda conglomerados marinhos antigos (ante-formação dos Flamengos) de idade Miocénica (PDM, 2013)

- **Geomorfologia**

Segundo informações retiradas do PDM (2013), a da cidade da Praia situa-se entre as altitudes dos 0 e os 125 metros (altitude média de 65 m), apresentando alguns relevos com 125 a 250 metros de altitude, que inclinam suavemente para o mar. A região é enquadrada nas características das achadas meridionais, de acordo com as definições do Marques (1990); situada entre o sopé do maciço do Pico da Antónia e a orla costeira.

Assim, a geomorfologia da cidade caracteriza-se por um conjunto de montes, planaltos e vales circundantes. As arribas dos planaltos recebem a designação de achadas (Achada de Santo

António, Achada São Filipe, Achada Eugénio Lima, Achada Grande, Achadinha, Achada Mato, entre outros (PDM, 2013; Gomes, 2014).

É possível constatar que, à medida que se caminha para as zonas norte e oeste da cidade, os relevos tornam-se mais acentuados. A cidade da praia apresenta uma zona litoral bem definida, destacando-se algumas com configurações mais pontiagudas, entre as quais, a Ponta da Sé, Ponta Joane, Ponta Preta, Ponta Temerosa, Ponta da Mulher Branca e Ponta Bicuda.

A cidade é caracterizada por ser uma região com acentuada erosão, pois tanto do ponto de vista geomorfológico, como do ponto de vista de ocupação do solo, tudo facilita para que a dinâmica erosiva se desencadeie, favorecendo a ausência de coberto vegetal (PDM, 2013). Verifica-se, no entanto, presenças de relevos contrastantes, desde vales bem encaixados (vale da Ribeira do Palmarejo), planaltos ou Achadas (Achada de Isabel Lopes, Achada de Santo António, Achada Grande, etc.) a algumas elevações relevantes tais como a formação de Monte Vaca com 435 m, Ilhéu ou Monte São Filipe com 274 m, Monte Vermelho com 195 m, Monte Gonçalo Afonso com 235 m e Monte ilhéu com 259 m.

De acordo com PDM (2013), o planalto central que esteve na base da formação e evolução de todo o assentamento humano da Cidade da Praia é designado de *Plateau*, palavra de origem francesa mas escrita e falada em cabo verde como Platô. A ocupação urbana faz-se sobre planaltos, nas encostas e ao longo dos vales que formam as principais ribeiras que constituem as cinco bacias hidrográficas da Praia, cujo desenvolvimento se apresenta no ponto que se segue.

- **Hidrologia e Recursos Hídricos**

Como já se referiu anteriormente, no município da Praia existem cinco bacias hidrográficas, cuja apresentação se ilustra na carta hidrogeológica da **Figura 3.4**.

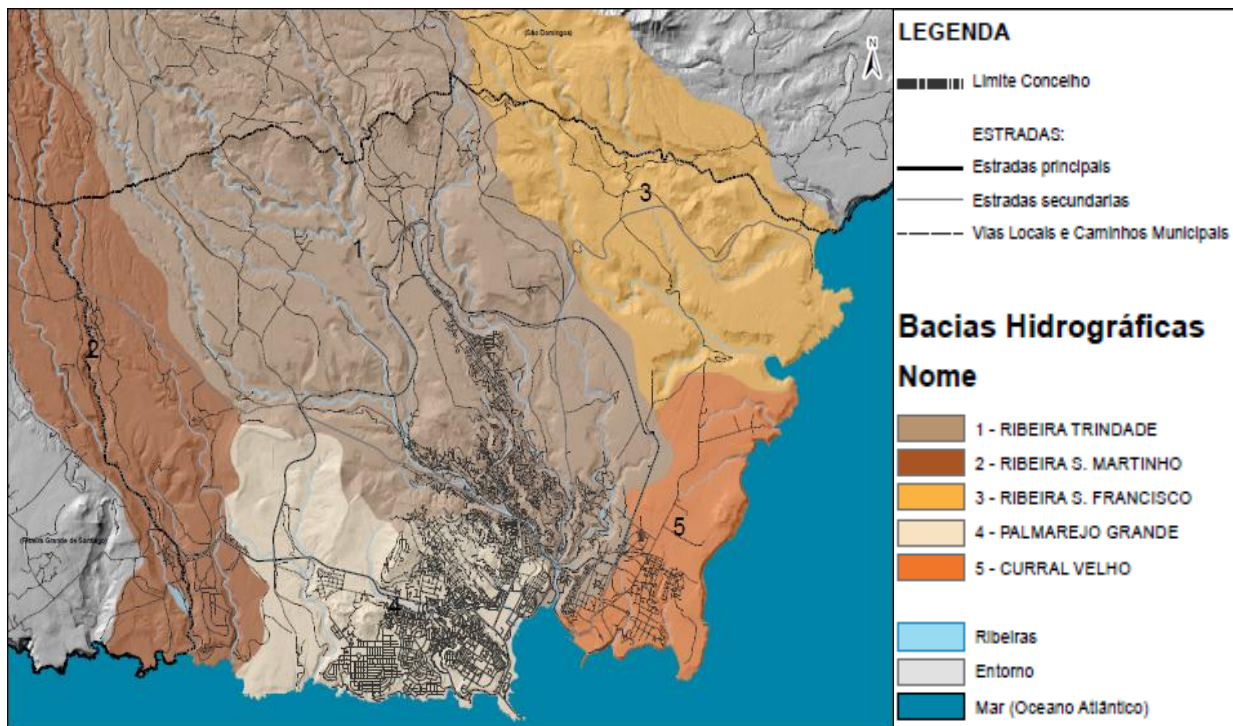


Figura 3.4 – Bacias hidrográficas do município da Praia (adaptado de PDM, 2013)

A bacia hidrográfica da Ribeira São Martinho alberga a ribeira de São Martinho Grande e possui uma área de 34 km². A bacia de Palmarejo Grande, com uma área total de 17 km², abrange as ribeiras de Palmarejo Grande e de Palmarejo Pequeno. A bacia hidrográfica da Ribeira São Francisco, com 27 km² de área, circunda as ribeiras de São Francisco e Lobo. A bacia hidrográfica da Ribeira de Trindade com uma altitude máxima de 1392m (monte de Pico d'Antónia) e mínima de 0 m (Praia negra) apresenta uma maior área superficial em relação às outras (69 km² de extensão), alberga cinco ribeiras, sendo estas as de Covão Grande, São Jorge, Laranjo, Achada São Filipe e Água Funda. Por último, a bacia hidrográfica de Curral Velho, a menor de todas, com uma área de 9 km², alberga as ribeiras do Ribeirão Pedro, Curral Velho e São Tomé.

Actualmente, a precipitação na cidade da Praia atinge uma média de 200 mm anual e a máxima diária registada é de 60 mm. Na cidade da Praia não existem cursos de água superficial permanentes. Existem algumas nascentes na zona de Trindade e São Martinho que escoam durante alguns meses. O tipo de regime pluviométrico e a natureza do relevo origina correntes de água rápidas e caudalosas de pouca duração, onde o caudal de ponta apresenta, geralmente, valores elevados.

Segundo PENAS (2013), o volume de águas superficiais é, em geral, consideravelmente superior ao volume de águas subterrâneas existente. Todavia, a nível nacional, a sobre-exploração das águas subterrâneas é cada vez mais evidente e a exploração das águas superficiais disponíveis é fortemente condicionada pelo tipo de escoamento, geralmente torrencial e pela quantidade do material sólido transportado ao longo dos cursos de água.

O regime hidrológico torrencial em que as bacias hidrográficas são submetidas, apresenta como consequência o arraste de materiais sólidos, fenómeno esse causado pela degradação dos dispositivos de controlo de erosão construídos nos anos 80, a diminuição do coberto vegetal e a existência de solos pouco profundos.

- **Clima**

Dada a sua localização geográfica, zona da África subsariana, a cidade da Praia é caracterizada por apresentar um clima semi-árido, dividido em duas estações – seca e chuvosa, à semelhança dos outros países do Sahel. Este tipo de clima é semelhante em todas as ilhas do país, com excepção de algumas sub-regiões que apresentam micro-climas específicos (micro-climas de interior do vale e de altitude), nomeadamente as regiões de Serra Malagueta e de Pico d'Antónia no interior de Santiago, Chã das Caldeiras na ilha do Fogo (temperaturas relativamente baixas e maiores ocorrências de precipitação em frequência e em quantidade, bem como uma acentuada humidade relativa do ar), e as ilhas de Este do país que apresentam características climáticas mais áridas (Sal, Boavista e Maio), apresentando registos de precipitação muito reduzida e temperaturas elevadas.

A estação chuvosa na cidade, à semelhança do país em geral, regista-se durante alguns meses de verão (Agosto, Setembro e Outubro), e a estação seca ocorre de Dezembro a Junho. Os meses de Julho e Novembro são considerados períodos de transição (Lima, 2012). É de salientar a influência directa da geomorfologia da cidade no que respeita ao clima da mesma, isto é, como consequência da altitude, é de se notar que à medida que aumenta altitude, o clima do tipo árido da zona litoral, passa a semi-árido, posteriormente a sub-húmido e, por fim, a húmido (PDM, 2013).

De acordo com o PDM (2013), as superfícies mais húmidas compreendem três principais regiões, sendo estas São Francisco, Ribeirão Chiqueiro e Trindade. A precipitação é caracterizada pelas ocorrências de chuvas torrenciais de curta duração, nebulosidade acentuada, precipitações ocultas apreciáveis e regime térmico distinto das zonas áridas. As zonas áridas distribuem-se pelo litoral, a baixa altitude, subindo pelas partes meridionais da cidade da Praia.

De acordo com os dados do INMG, respeitantes à estação climatológica do Aeroporto da Praia, para um período de 31 anos (compreendido entre 1981 e 2011), a precipitação média anual é de 164,7 mm, tendo variado entre um 18 mm/ano (valor mínimo registado), e um valor máximo de aproximadamente 380 mm/ano. Verifica-se, no entanto, uma tendência positiva de evolução da precipitação, com um significativo aumento da precipitação anual na última década, como é possível observar na Figura 3.5.

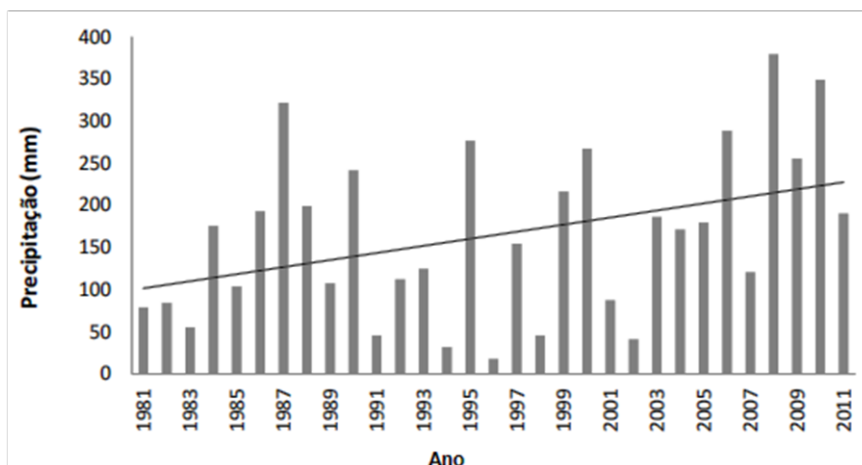


Figura 3.5 - Variação da precipitação anual e respectiva tendência de evolução na cidade da Praia entre 1981 e 2011 (adaptado de Lima, 2012).

A cidade da Praia é influenciada essencialmente por três tipos de vento: alísios de nordeste (N-NE) – caracterizados como sendo de elevada intensidade, transportando uma massa de ar marítima responsável pelo aumento da humidade relativa do ar; a monção do atlântico-sul – que sopra do quadrante sul e é caracterizado como sendo quente e húmido, proveniente das águas equatoriais responsável pela precipitação em Cabo Verde; e o “*Harmatan*” – circulação atmosférica que transporta uma massa de ar tropical continental muito quente e seca. Pensa-se que estes dois últimos factores são responsáveis pelos episódios frequentes de bruma seca.

A temperatura média anual da cidade da Praia é de aproximadamente 25° C, registando-se o máximo em Agosto e o mínimo em Fevereiro, nunca estando abaixo dos 20° C. Contudo, a amplitude térmica é pouco expressiva dada a influência oceânica e aos ventos alísios sobre as ilhas. Na Figura 3.6 apresenta-se um gráfico com os registos médios anuais da temperatura da cidade da praia entre 1981 e 2009 (Lima, 2012; PDM, 2013).

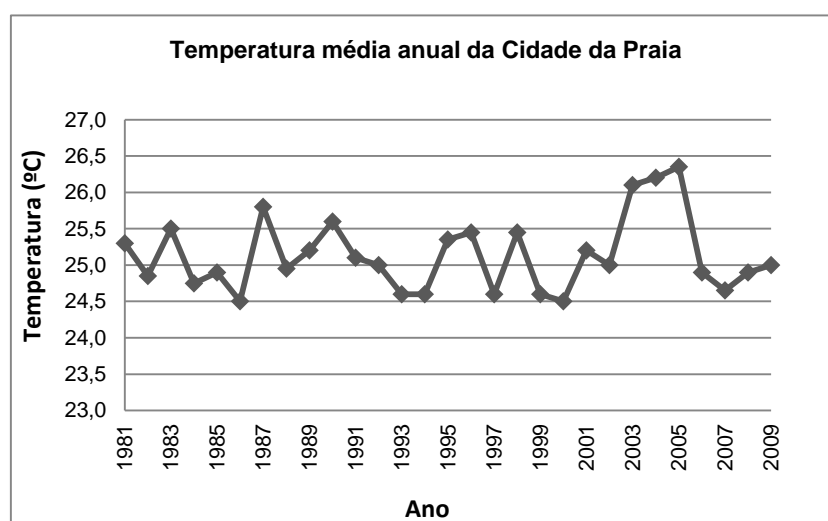


Figura 3.6 - Temperatura Média Anual da Cidade da Praia entre 1981 – 2009 (Fonte: Lima, 2013)

- **Zonas de Risco**

Os processos naturais e, particularmente os processos geológicos, tais como aqueles que produzem sismos, erupções vulcânicas, movimentos de massa e avalanches de lama, erosão e sedimentação hídrica, erosão e acreção costeira, cheias e inundações, são susceptíveis de provocar perdas e danos humanos e materiais, quando atingem as populações, os seus bens ou as suas actividades, bem como de causar desastres a níveis ambientais e patrimoniais (Vitória, 2006 citado por PDM, 2013).

Assim, de acordo com o PDM (2013), os principais riscos ambientais, aos quais o município da Praia está sujeito, são os seguintes:

- Seca e desertificação,
- Cheias e inundações;
- Movimentos de massa em vertentes;
- Erosão costeira.

Seca e desertificação

O fenómeno da desertificação não é muito agravado na região da cidade da Praia uma vez que o coberto vegetal faz parte de uma ínfima parcela do uso de solos da cidade. Contudo, pode-se referir a importância da diminuição dos níveis de precipitação, tendo implicações no declínio dos recursos hídricos e esta, por sua vez, na diminuição do coberto vegetal causando, deste modo, o surgimento de áreas com potencialidade para a prática de agricultura no município (PDM, 2013).

Cheias e inundações

A cidade da Praia situa-se na foz das bacias hidrográficas de Trindade, Palmarejo grande e Curral velho, por conseguinte, está sujeita a cheias periódicas causadas pela precipitação que na maioria dos casos, ocorrem em zonas de montante das bacias mencionadas (PDM, 2013).

As ocorrências de inundações nas áreas urbanizadas da cidade têm consequências nefastas sobre todas as infra-estruturas e equipamentos, provocando, deste modo, a degradação dos mesmos com prejuízos consideráveis e muitas vezes irreparáveis, desde os materiais à vidas humanas.

Segundo o PDM (2013), o fenómeno das cheias e inundações tem o seu impacto numa área de 30% do município da Praia.

Movimento de massas e vertentes

De acordo com o que já se referiu anteriormente, no município da Praia, em termos geológicos, as principais formações são o Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA); Formação dos Flamengos

(AP); Complexo Eruptivo Principal do Pico de Antónia (PA); Formação do Monte das Vacas (MV); e Sedimentos Recentes (SR).

No que diz respeito aos dois primeiros, são mais frequentes os episódios de quedas de blocos e desmoronamento, apresentando maior perigo em épocas chuvosas. São exemplos a zona da Calabaceira-Trindade e Zona de Vila Nova (PDM, 2013).

Na formação dos flamengos são conhecidos frequentes eventos de deslizamento de terrenos com maior expressividade em zonas de Quebra Canela, Palmarejo Grande, Monte Babosa, S. Martinho Grande, Terra Branca e Eugénio Lima (PDM, 2013).

Os basaltos submarinos do PA (quer sejam os inferiores ou superiores) também dão origem a queda de grandes blocos, ao longo das vertentes, muitas vezes atingindo as estradas. Este facto foi constatado na estrada Lém-Ferreira – Cais da Praia, onde as redes e muros de protecção são insuficientes. Outra zona que chama a atenção, sob o ponto de vista de risco de movimentos de massas e vertentes, situa-se na zona oeste da estrada Calabaceira-Trindade, onde ocorrem afloramentos dos basaltos subaéreos PA (Lima, 2013).

Segundo PDM (2013), o fenómeno de movimento de massas em vertentes tem o seu impacto numa área de aproximadamente 35 km² no município da Praia.

Erosão costeira

No que concerne à erosão costeira, no município da Praia destacam-se, em função da sensibilidade à erosão costeira, as zonas litorais compreendidas entre a praia de São Francisco até à Ponta Preta (São Martinho). De acordo com o PDM (2013), na mitigação dos impactes associados aos riscos de erosão costeira, tem-se recorrido a mecanismos de defesa ao avanço do mar e consequente erosão das praias. O recurso à construção das barreiras e/ou muros longitudinais, molhes, quebra-mar emersas e submersas ao longo das zonas costeiras, tem sido uma das melhores tecnologias disponíveis e utilizadas.

3.3 DEMOGRAFIA E DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÓMICO

- **Contexto demográfico**

A população cabo-verdiana é maioritariamente residente fora do país (aproximadamente 550.000 pessoas). Segundo INE, cerca de um milhão de cabo-verdianos residem na diáspora (se se considerar os indivíduos nascidos nos destinos de emigração)

De acordo com os dados do INE, em 2010 a população cabo-verdiana residente no país era de 491.575 habitantes e apresentava uma taxa de crescimento médio anual (TCMA) de 1,2%. A evolução da população de Cabo Verde e dos respectivos concelhos, entre 2000 e 2010 é apresentada na Quadro 1 em anexo (ver anexo I).

Segundo PDM, (2013), a população cabo-verdiana reside essencialmente em regiões urbanas, cerca de 62%, tendo como os principais centros urbanos Praia, Assomada, Sal e Mindelo, e os restantes 38% residem em zonas rurais.

Relativamente ao município da Praia, a população residente em 2010 era de 131.719 habitantes, representado assim, cerca de 27% da população nacional, com uma taxa de crescimento anual de 3% (ver anexos). Salienta-se ainda que a taxa de natalidade anual da Praia é de 26 indivíduos por cada mil e a taxa de mortalidade situa-se na ordem de 4,9 por mil, situando-se a taxa de crescimento natural, na ordem de 21,1 indivíduos por cada mil habitantes.

Na Figura 3.7 é possível verificar a evolução da população no município da Praia entre 1940 e 2010. A ligeira queda que se verifica nos anos 50 deve-se ao período de seca extrema que ocorreu entre 1947 e 1949 em que se registou um número significativo de mortes devido à fome e vagas maciças de emigração – designa-se por ‘Fome 47’. Desde aí o crescimento da população tem acompanhado o ritmo mundial de crescimento, isto é, crescimento exponencial. Actualmente estima-se que a população do município da Praia ronda valores superiores a 150.000 habitantes.

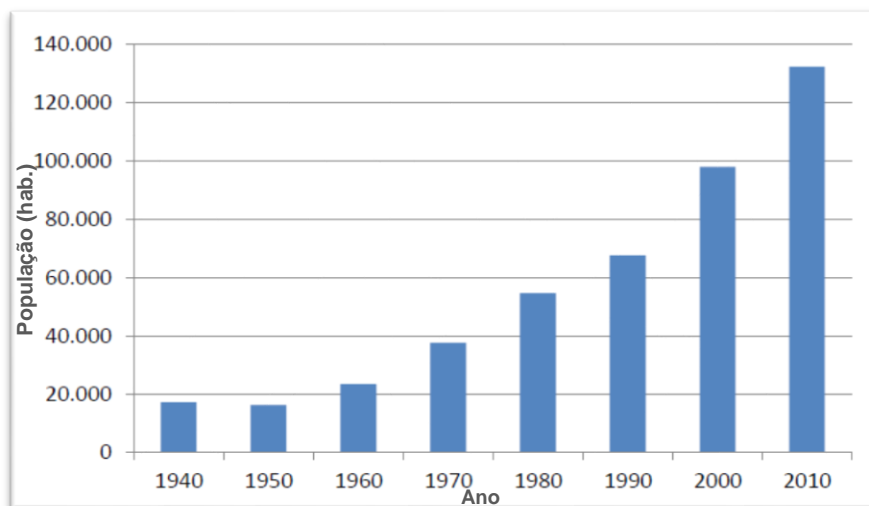


Figura 3.7 - Evolução da população do Município da Praia entre 1940 e 2010 (Adaptado do PDM, 2013)

A taxa de crescimento médio da ordem dos 3% anuais mostra que o que tem contribuído para o crescimento da população da Praia é a elevada taxa de crescimento do saldo migratório interno e externo, resultando em um aumento significativo da pressão demográfica no município (PDM, 2013). Tal acentuada pressão demográfica verificada é também justificada pelo facto do município da Praia ter características predominantemente urbanas, (cerca de 97%), muito superior a média nacional. Na Figura 3.8 é possível verificar que o concelho da Praia é que apresenta maior pressão demográfica a nível nacional (cerca de 27% no ano 2010)

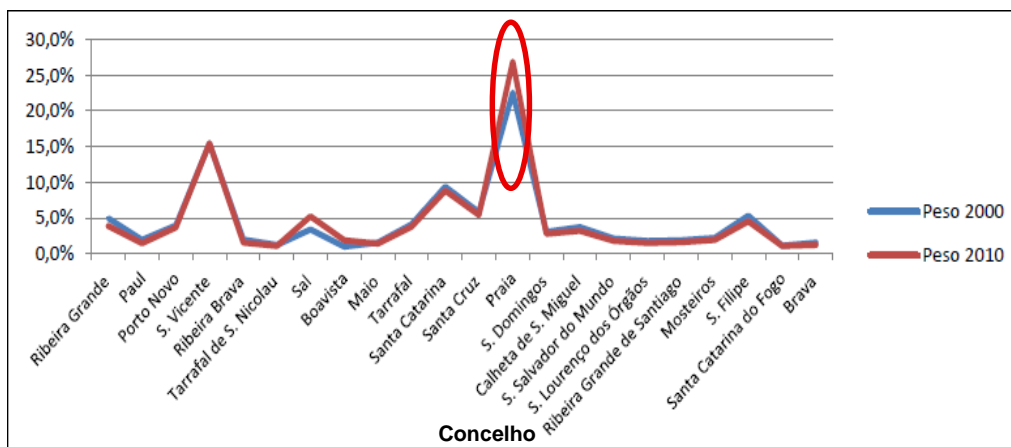


Figura 3.8 – Análise da pressão demográfica em Cabo Verde entre 2000 e 2010 – caso do Município da Praia (Adaptado do PDM, 2013)

É importante, para o presente trabalho, referir o número médio de pessoas por família do município da Praia, sendo este, actualmente, de 3,7 pessoas por família, estando abaixo da média nacional (4 pessoas por família).

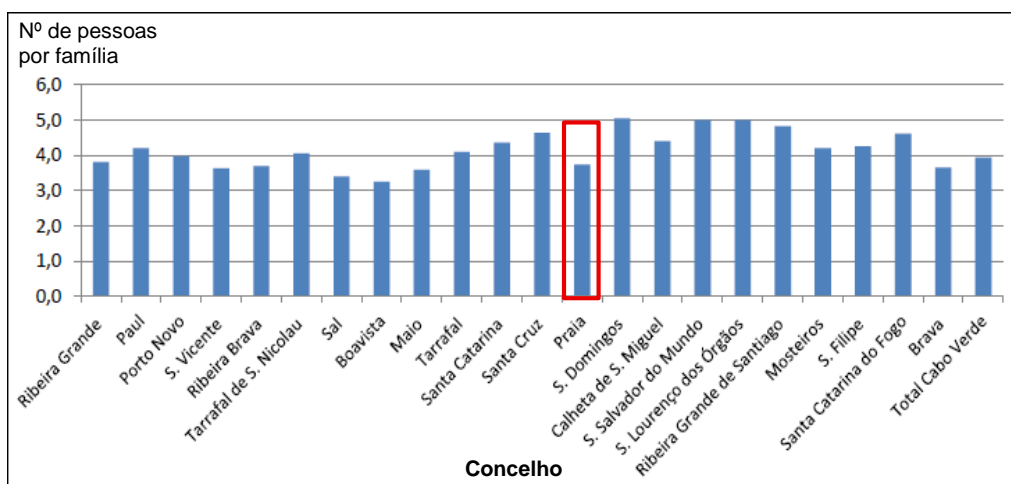


Figura 3.9 - Distribuição da dimensão média das famílias em Cabo Verde (2010)

Salienta-se ainda que a evolução da dimensão média das famílias tem apresentado uma tendência decrescente, passando de 5 pessoas por família em 1900 para valores actuais anteriormente referidos (PDM, 2013).

A densidade populacional do município da praia teve um incremento da ordem de 330 hab/km² entre o ano 2000, (967 hab/km²) e o ano 2010, (1298 hab/km²). De acordo com o PDM, (2013), esse valor é preocupante no que respeita aos impactes negativos na sócio-economia, nomeadamente no emprego, nos transportes e na segurança. É de salientar que a cidade da Praia se posicionaria, em termos da densidade populacional, no 89º lugar na lista de ranking das 100 cidades do mundo com maior densidade populacional (ver Quadro 2 no anexo I). Todavia a sua

distribuição não é uniforme, sendo os seus valores totalmente diferentes entre regiões administrativa e mesmo dentro de cada região conforme mostra a Figura 3.10.

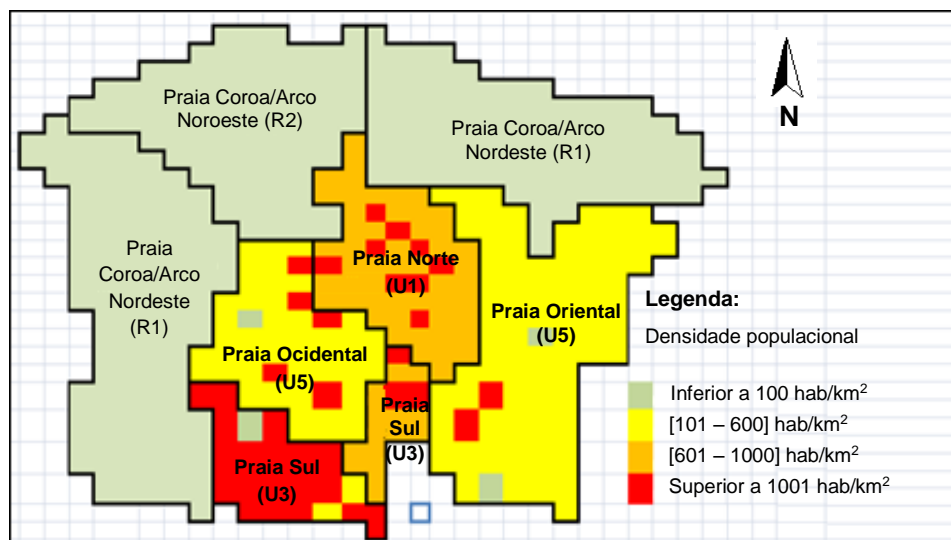


Figura 3.10 - Distribuição da densidade populacional na cidade da praia (adaptado: PDM, 2013)

Através da Tabela 3.2 é possível verificar que a população das zonas urbanas e rurais é inversamente proporcional à área de ocupação das respectivas manchas e, conseqüentemente, a densidade populacional.

Tabela 3.2 – Densidade populacional do Município da Praia e de suas regiões administrativas

Sub-divisão do município da Praia	Área (km ²)	População estimada em 2010 (hab.)	Densidade populacional (hab/km ²)
Praia Norte (U1)	12,89	47.648	3697
Praia Centro (U2)	1,14	5.537	4857
Praia Sul (U3)	6,82	31.969	4688
Praia Oriental (U4)	14,09	6.612	469
Praia Ocidental (U5)	9,85	36.060	3661
Praia Coroa/Arco Nordeste (R1)	21,24	1.216	57
Praia Coroa/Arco Noroeste (R2)	22,17	492	22
Praia Coroa/Arco Sudoeste (R3)	13,26	2.185	165
Cidade da Praia	101,46	131.719	1298

As proporções da população e das respectivas áreas de ocupação do município da Praia (categoria urbana e rural) encontram-se representadas na Tabela 3.3. Verifica-se uma enorme discrepância entre a proporção da população rural e urbana, contudo, em termos de área verifica-se uma diferença na ordem de 12%.

Tabela 3.3 – Distribuição da população por ocupação (urbana e rural) referente ao ano 2010 (Fonte: INE, CENSO 2010)

		Proporção (%)
População urbana (hab)	127.826	97
População rural (hab)	3.893	3
Área urbana (km ²)	44,80	44,1
Área rural (km ²)	56,70	55,9

- **Contexto socioeconómico**

De acordo com o que já se referiu anteriormente, a cidade da Praia, na qualidade de capital do país e classificada como o maior centro da ilha de Santiago e de Cabo Verde, fazendo dela o maior polo de concentração da população, das actividades económicas, de prestação de serviços, de oferta de emprego.

Tais factores alavancam, de certa forma, o desenvolvimento económico da cidade e do país, fazendo com que haja cada vez mais migrações por parte das populações de outras regiões da ilha de Santiago, de outras ilhas do arquipélago e/ou até mesmo dos países vizinhos oriundos de costa de África para a cidade Praia, à procura de emprego e melhores condições de vida (Silveira, 2011). Assim sendo, é inevitável os impactes inerentes a esses aspectos, como é o caso de expansão urbana, construção de casas clandestinas, aumento de criminalidade, aumento de taxa de desemprego entre outros.

De acordo com Lima (2012), o comércio é a principal actividade económica desenvolvida na ilha Santiago e na cidade da Praia, totalizando cerca de 21% do Produto Interno Bruto da ilha, aproximadamente dois pontos percentuais acima da média nacional, seguido dos serviços governamentais que geram cerca de 18% da riqueza da ilha. A agricultura e as pescas ocupam o terceiro e o quarto lugar, respectivamente com 9% e 7% do PIB, seguindo-se a habitação, bancos e seguros, comunicações e transportes aéreos com sensivelmente igual contribuição para o PIB (6%).

Segundo Gomes (2014), em 2010 existiam em Cabo Verde cerca de 24.060 Unidades de Produção Informal (UPI), sendo que aproximadamente 26% se situavam na cidade da Praia, com a particularidade de que 64% das UPI se encontrarem em regiões urbanas e o remanescente nas zonas rurais do município.

Na Cidade da Praia, a maioria dos casos são UPI, no entanto, é importante referir também as actividades do comércio a retalho na área de alimentos. Já no sector industrial destacam-se as actividades na indústria transformadora e no sector de serviços, a hotelaria e restauração (Gomes, 2014).

De acordo com o PDM (2013), a população activa de Cabo Verde, em 2008, era de 198.855 indivíduos, o equivalente a uma taxa bruta de actividade de aproximadamente 41,5% da população total do país no mesmo ano, conforme mostra a Tabela 3.4. A taxa de desemprego nesse mesmo ano era de cerca de 17,8%, afectando mais a população feminina (61%) do que masculina (39%). No município da Praia esse valor, no mesmo ano, era de 21,8%.

Tabela 3.4 – Evolução da população activa em Cabo Verde e na cidade da Praia entre 2000 e 2010 (Fonte: INE, 2010; PDM, 2013)

Evolução da população activa	Ano 2000		Ano 2008		Ano 2010	
	C.Verde	Praia	C.Verde	Praia	C.Verde	Praia
População residente (hab)	431.989	98.118	479.617	123.741	491.575	131.719
População Activa total (hab)	174.664	37.569	198.855	52.792	197.832	58.156
Pop. Act. empregada (hab)	144.310	30.817	163.379	41.294	176.664	49.788
Pop. Act. desempregada (hab)	30.334	6.752	35.476	11.498	21.168	14.368
Taxa Bruta de actividade (%)	40,4	38,3	41,5	42,7	40,2	44,2
Taxa de emprego (%)	82,6	82,0	82,2	78,2	89,3	85,6
Taxa de desemprego (%)	17,4	18,0	17,8	21,8	10,7	14,4

É de referir que, segundo PDM (2013), a nível nacional, a população activa empregada tem geralmente baixo nível de instrução, uma vez que a grande maioria (61%) possui nível equivalente ao ensino básico, cerca de 29% possui o nível secundário e apenas 4% tem nível superior. Um estudo realizado no ano 2008, sobre o mercado de emprego em Cabo Verde refere que os sectores de agricultura e pesca constituem o ramo de actividade que mais gera emprego no país, com cerca de 30%, seguido de comércio, com 16% e da construção com 9%. Em conjunto, esses três sectores de actividade geram a maioria do emprego no País (55%).

De acordo com o objectivo traçado no PDM (2013), em termos económicos, ambiciona-se para o município da Praia a diminuição da taxa de desemprego para valores inferiores a 10% nos próximos 12 anos (incluindo a faixa dos estudantes inseridos actualmente na população inactiva), através de apostas contínuas em pequenas e médias indústrias transformadoras e mercados informais existentes actualmente, como sendo o segundo maior empregador de mercado de trabalho (após o sector terciário), pelo que, deve ser objecto de interligação através de investigação e desenvolvimento com as universidades em área temáticas como a tecnologia de informação e energias renováveis.

4 METODOLOGIA

A avaliação da possibilidade de integração dos sistemas de tratamento de águas residuais domésticas e de abastecimento de água, essencialmente em regiões onde a escassez de água é um dos principais problemas, requer um estudo alargado e multidisciplinar, que engloba não só as ciências de engenharia e de gestão sustentável, como também ciências sociais, ambientais e económicas. Esta temática é aplicada à cidade da Praia em Cabo Verde, que constitui o caso de estudo da presente dissertação.

Durante os meses de Dezembro de 2014 e Março de 2015 procedeu-se à recolha de dados que foram pertinentes na elaboração da presente dissertação. As principais fontes de obtenção de informações foram a ANAS (Agência Nacional de Água e Saneamento), a empresa de electricidade e água – ELECTRA-SUL – responsável pela prestação de serviço de electricidade, água e saneamento na cidade da Praia, e o INE-CV (Instituto Nacional de Estatística de Cabo Verde) e a Administração da ETAR do Palmarejo, que se mostraram totalmente disponíveis em facultar os dados que detinham.

Na ANAS obteve-se o Relatório final do PENAS (que inclui a avaliação ambiental e social estratégica), sendo uma importante fonte de obtenção de dados respeitante às questões de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais urbanas em Cabo Verde. A ELECTRA_SUL foi responsável pela disponibilização dos dados que permitiram fazer a caracterização dos sistemas de abastecimento de água e de recolha, drenagem e tratamento de águas residuais na cidade da Praia. No INE-CV recolheram-se dados relativos à dinâmica

populacional da cidade da Praia, a partir dos quais se procedeu às estimativas da evolução para o ano horizonte.

Por forma a ter um conhecimento concreto e actualizado sobre as questões relacionadas com o sistema de abastecimento de água, com os sistemas de produção, recolha, drenagem e tratamento de águas residuais e com a aceitação pública perante a reutilização das águas residuais tratadas, realizou-se um INQUÉRITO a 260 pessoas divididas pelas sub-divisões administrativas URBANAS da cidade da Praia.

A razão pela qual não se aplicou o inquérito à população rural foi o facto de esta representar uma pequeníssima parcela do total da população da Praia (3%) – ver Tabela 3.3. Observa-se, através do gráfico da Figura 4.1, que a população da região urbana da cidade da Praia é de 97%, sendo que, cerca de 88% reside nas sub-divisões urbanas U1, U3 e U5.

Como já se referiu no capítulo 3, o município da Praia conta com oito sub-divisões administrativas divididas em duas categorias de região – URBANA e RURAL – das quais cinco urbanas (Urbano Norte - U1, Urbano Centro - U2, Urbano Sul - U3, Urbano Este - U4 e Urbano Oeste - U5) e três rurais (Coroa/Arco Nordeste - R1, Coroa/Arco Noroeste - R2 e Coroa/Arco Sudoeste - R3).

Na Figura 4.1 encontra-se representado a distribuição da população estimada pelas sub-divisões administrativas do município da Praia no ano 2015

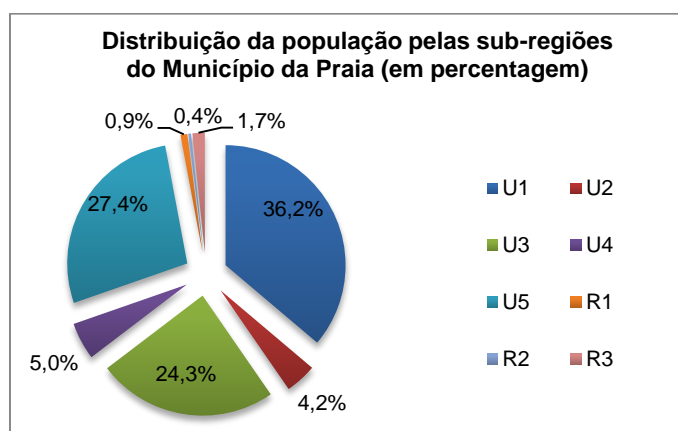


Figura 4.1 – Distribuição da população (estimada para o ano 2015) pelas sub-divisões administrativas urbanas e rurais do Município da Praia

O inquérito efectuado foi previamente distribuído de forma proporcional às percentagens da população residente em cada sub-divisão administrativa, conforme se mostra no gráfico da Figura 4.2, isto é, às regiões com maior número de pessoas distribuíram-se mais inquéritos e vice-versa, por forma a obter resultados com uma melhor representação do que se verifica na realidade (85 inquiridos na U1, 25 na U2, 50 na U3, 35 na U4 e 65 na U5).

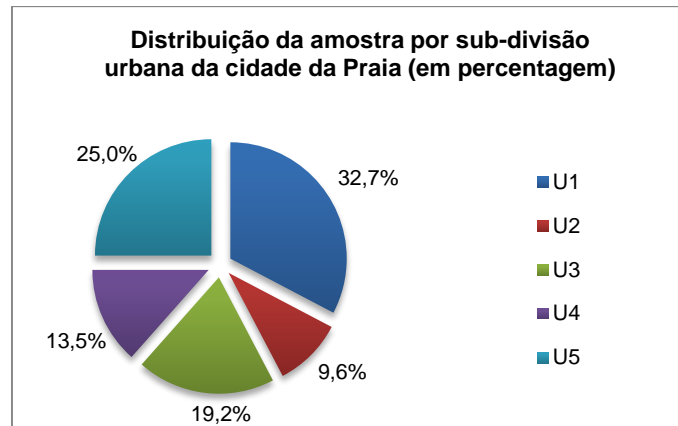


Figura 4.2 – Distribuição da amostra inquirida, em termos percentuais, por sub-divisão urbana da cidade da Praia

A folha de inquérito conta com 15 questões sub-divididas em 4 secções conforme se apresenta no exemplar constante no anexo II. Na primeira secção constam as questões referentes aos dados do inquirido. Nas secções 2 e 3 constam as questões relativas aos conhecimentos sobre a água de abastecimento e de águas residuais domésticas, respectivamente, e, na secção 4, questões sobre a aceitação pública respeitante à reutilização de águas residuais tratadas.

O presente inquérito foi aplicado aos chefes de família de cada agregado (escolhido de forma dispersa e aleatória) por forma a obter o máximo de informações possíveis. A razão pela qual se escolheu este tipo de amostra deveu-se ao facto de a mesma ter uma melhor percepção, em termos quantitativos, das informações que se pretendia obter, como também pelo facto de que, os chefes de família, principalmente as mulheres, lidam diariamente com o problema de escassez de água e, de certa forma, “desenham planos” de gestão da mesma por forma a garantir o suprimento mínimo das necessidades das suas famílias.

A aplicação do inquérito procedeu-se de forma presencial (através do contacto directo do inquiridor com os inquiridos-alvo), em folhas de papel. O inquiridor procedeu à leitura das questões e esclarecimento das mesmas, em linguagem local (crioulo), por forma a facilitar a compreensão e obtenção de respostas por parte dos inquiridos. Entretanto, o tempo médio gasto por inquérito foi de 20 minutos. Salienta-se que a aplicação do inquérito às pessoas durou 18 dias.

Seguidamente pretendeu-se avaliar de forma comparativa os custos associados à obtenção de água para fins de rega na cidade da Praia, através de dois processos e duas origens de água bruta diferentes: por dessalinização da água do mar e por tratamento na ETAR do Palmarejo das águas residuais domésticas recolhidas.

Primeiramente assumiram-se alguns valores de taxas que permitiram estimar as evoluções necessárias à obtenção dos custos totais associados à cada técnica, por forma a avaliar a fiabilidade e viabilidade económica da implementação de um sistema em detrimento do outro.

Na tabela que se segue apresentam-se os valores que foram assumidos por forma a possibilitarem o procedimento das estimativas necessárias.

Tabela 4.1 – Valores assumidos no processo de cálculo

Taxa de crescimento populacional – r, (%)	2,96
Taxa de decaimento médio da percentagem de perda associada aos sistemas de adução e distribuição de água (%)	0,25
Percentagem da água produzida destinada ao consumo doméstico (%)	75
Taxa de incremento médio anual de capitação de água (%)	2,50
Custo de produção de água doce por dessalinização (ECV/m³)	160
Taxa de cobertura da rede de água residual na cidade da Praia em 2014 (%)	35
Taxa de incremento anual de cobertura da rede de água residual na cidade da Praia (%)	2,50
Taxa de incremento médio de capitação de água residual urbana (%)	1,50
Custo de tratamento de água residual urbana (ECV/m³)	60

A evolução da população da Praia foi estimada com base na população do ano 2010 e na taxa de crescimento registada entre o ano 2000 e o ano 2010. Utilizou-se a função exponencial de crescimento populacional (pois é a que melhor descreve o crescimento da população – utilizada, também, na metodologia de cálculo pelo Instituto Nacional de Estatística de Cabo Verde), representada pela fórmula seguinte:

$$P_n = P_0 e^{r(t_n - t_0)} \quad (\text{equação 1})$$

Em que,

P_n – População no ano n;

P_0 – População no ano 2010;

r – taxa de crescimento anual;

t – tempo (ano).

O tratamento estatístico dos dados obtidos através do inquérito foi procedido com recurso ao *software – MICROSOFT OFFICE EXCEL* – cujos resultados se apresentam no capítulo 6.

5 GESTÃO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS NA CIDADE DA PRAIA

Os sistemas de abastecimento de água e de recolha, transporte e tratamento de águas residuais urbanas na cidade da Praia, constituem um dos principais problemas no que diz respeito à gestão dos mesmos, tornando, deste modo, numa temática com uma crescente importância no domínio do estudo de sistemas de gestão dos recursos hídricos e de sustentabilidade, do ponto de vista não só sócio-económico, como também ambiental, isto é, um sistema integrado de abastecimento e tratamento de águas residuais.

Na definição dos princípios orientadores para a elaboração da PNSCV, definiu-se como um dos princípios a sustentabilidade e o desenvolvimento integrado dos sistemas de abastecimento de água e de saneamento, considerando que os sistemas de água e saneamento devem ser sustentáveis, isto é, é importante uma certa adequação na gestão dos recursos disponíveis por forma a garantir que sejam supridos os custos de funcionamento, com vista a não comprometer as gerações futuras.

A adopção de sistemas integrados de abastecimento de água e de tratamento de águas residuais domésticas, com a reutilização desta última após tratamento, pode apresentar vantagens importantes em termos económicos, principalmente em zonas com níveis de escassez de recursos hídricos acentuados e com necessidades de consumo significativas, bem como em zonas com

exigência de elevados volumes de água para irrigação (Diogo & Oliveira, 2008). A problemática do abastecimento de água não se resume às necessidades de consumo das populações. Deve-se, no entanto, considerar as mais diversas actividades socioeconómicas, em paralelo com os serviços públicos, que são consumidores de água, considerados de carácter não-doméstico (PENAS, 2013).

Ainda segundo PENAS (2013), a quantidade e qualidade da água destinada ao consumo não-doméstico deverão ser as estritamente necessárias à satisfação otimizada das necessidades das actividades económicas e sociais e dos serviços públicos, cujas exigências de qualidade são relativamente inferiores, daí a importância da reutilização das águas residuais doméstica em usos compatíveis.

De acordo com Silva (2003), se se considerar que as disponibilidades hídricas são quase que constantes e uma vez que as necessidades de consumo são cada vez mais crescente, um dos vectores a ser explorado para melhorar a utilização dos recursos hídricos passa pelo tratamento e reutilização das águas residuais tratadas, definindo-o como um eixo estratégico de desenvolvimento dos recursos para fazer face à procura crescente dos recursos hídricos e à protecção do ambiente.

A caracterização do modo de funcionamento e da gestão dos sistemas supracitados constitui um passo importante na percepção do estado actual dos mesmos e na adopção de medidas correctivas e de mitigação de prejuízos associados.

Segundo o relatório do PENAS (2013), as principais entidades que actuam no sector da água e saneamento em Cabo Verde de acordo com o previsto no quadro de reforma corrente, são as seguintes (Tabela 5.1):

Tabela 5.1 – Entidades envolvidas dos serviços de água e saneamento em Cabo verde, nível de actuação e função (fonte: PENAS, 2013)

Entidades Reguladoras	Designação – Nível de actuação	Descrição de função
MAHOT	Ministério de Ambiente, Habitação e Ordenamento do território – Nacional	<ul style="list-style-type: none"> • Promoção de princípios e estratégias de protecção e recuperação do ambiente, uso sustentável dos recursos naturais, inserção do desenvolvimento sustentável na formulação e na implementação de políticas públicas.
CNAS	Conselho Nacional de Água e Saneamento – Nacional	<ul style="list-style-type: none"> • Preparação de propostas de políticas e medidas legislativas.
ANAS	Agência Nacional de Água e Saneamento – Nacional	<ul style="list-style-type: none"> • Controlo e fiscalização da gestão dos recursos hídricos integrando os subsectores da água e do saneamento, Inclui o subsector de RSU e do

cumprimento da regulamentação aplicável a estes sectores

DGA	Direcção Geral do Ambiente – Regional	<ul style="list-style-type: none">• Supervisão do cumprimento das normas ambientais e definição de normas relativas ao tratamento de águas residuais e descarga de efluente reutilização bem como da qualidade da água bruta e outros aspectos ligados aos RSU's.
ARE	Agência de Regulação Económica – Regional	<ul style="list-style-type: none">• Regulação económica, incidindo em aspectos como a regulação da tarifa, da qualidade do serviço prestado aos consumidores e da relação entre os consumidores e os operadores dos sistemas.
DGS	Direcção Geral de Saúde – Regional	<ul style="list-style-type: none">• Regulamentação e controlo dos parâmetros de qualidade da água para o consumo humano.
EG's	Entidades Gestoras	<ul style="list-style-type: none">• Exploração dos sistemas de água e saneamento, ainda que algumas infra-estruturas possam ficar, temporariamente, a cargo da ANAS.

As principais entidades gestoras que actuam nos serviços de água e saneamento em Cabo Verde são: Electra – empresa de água e electricidade – que está presente nos principais centros urbanos (Praia, Mindelo e Sal); AEB – Água e Electricidade de Boavista; APP – Águas de Ponta Preta (na ilha do Sal); APN – Água do Porto Novo (na ilha de Santo Antão) e os SAAS, que são os demais órgãos locais que prestam serviços autónomos de água e saneamento.

Nas figuras 5.1 e 5.2 representam-se a distribuição da população de Cabo Verde com acesso à água canalizada por ilha e por concelho, respectivamente, relativa ao ano 2010. Em média 56,2% da população cabo-verdiana tem acesso à água canalizada, quer no interior do alojamento quer no exterior. No entanto, verifica-se que no concelho da Praia, o mesmo indicador era de cerca de 4% abaixo da média nacional.

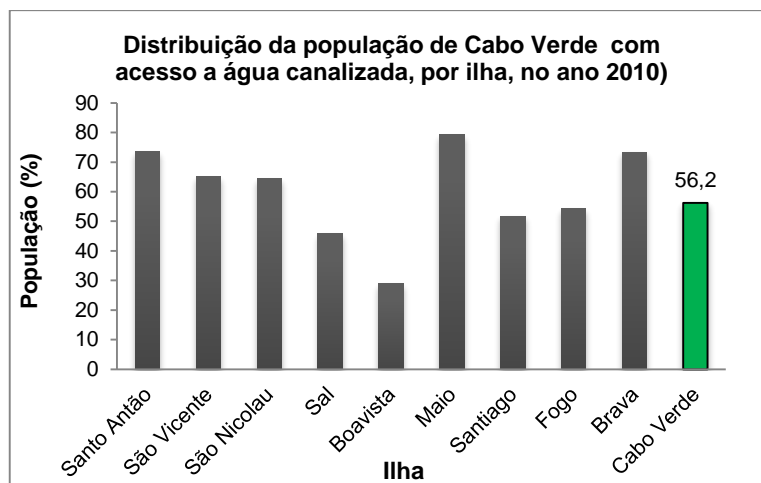


Figura 5.1 – Distribuição da população de Cabo Verde com acesso à água canalizada, por ilha, no ano 2010 (Fonte: INE, CENSO 2010)

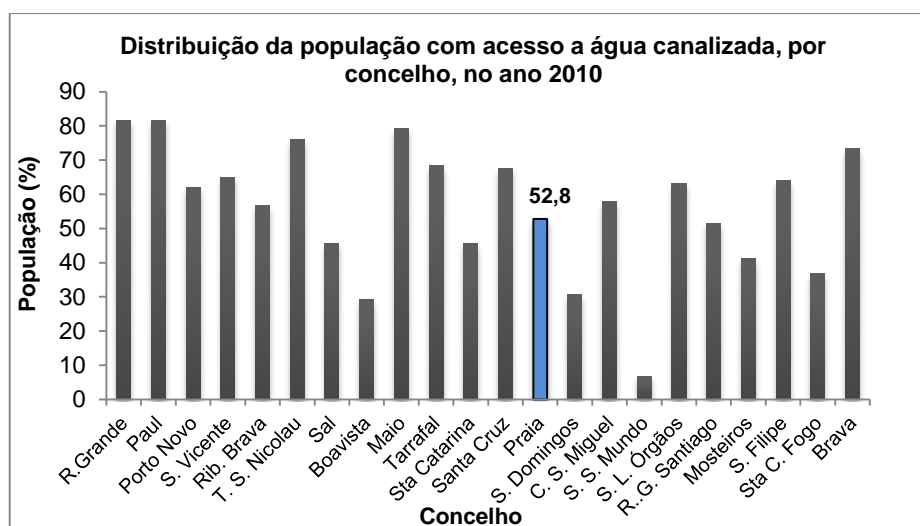


Figura 5.2 – Distribuição da população de Cabo Verde com acesso à água canalizada, por concelho, no ano 2010 (Fonte: INE, CENSO 2010).

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DA PRAIA

5.1.1 Sistemas de captação e produção de água

O abastecimento público de água na cidade da Praia é assegurado pela empresa de electricidade e água – ELECTRA, responsável pelos processos de captação, tratamento ou produção, adução e distribuição.

O sistema de captação de água bruta engloba dois sub-sistemas: o sub-sistema de extracção da água subterrânea através de furos – três furos na localidade de Santa Clara, dois furos FBE – 1 Bis A (um na localidade de Salineiro e outro em Praia), um na zona de Monte Vaca (FT – 171), dois furos na zona de João Varela (FBE – 58 e FT – 202); e o sub-sistema de extracção da água do mar aduzida à central de dessalinização de Palmarejo na região sudoeste da cidade da Praia.

Antes de submeter a água captada ao processo de dessalinização, pelo facto de apresentar um baixo nível de qualidade, devido ao nível de sais presentes e contaminantes, é normalmente realizado um processo de pré-tratamento para remoção dos mesmos, onde serão adicionados reagentes químicos (Araújo, 2013).

A água do mar, captada através de furos, é submetida a uma sequência de operações de filtração em filtros de areia e filtros de cartucho a montante do processo de dessalinização. A dessalinização em si, é efectuada através de membranas (por osmose inversa), ligadas às bombas que injectam pressões de cerca de 70 bar (pressão necessária para realizar o processo).

A central do Palmarejo conta actualmente com três linhas de dessalinização em paralelo, cada uma operando a um caudal de 5000 m³/dia e durante um período de funcionamento de 11 horas por dia. No entanto, apenas duas se encontram em funcionamento.

A parcela de água subterrânea captada através de furos, devido às características geológicas locais, é de boa qualidade com base numa comparação realizada entre estas e a água mineral “Trindade” que é captada no mesmo sistema aquífero (distam cerca de 1 km um do outro). Assim sendo, esta é apenas submetida ao doseamento de cloro, *in situ*, sendo depois aduzida aos reservatórios onde se mistura com a água dessalinizada. Salienta-se que a água dessalinizada é desinfectada na central recorrendo-se ao hipoclorito de sódio ou de cálcio, contudo, este processo ocorre actualmente no reservatório de mistura devido aos problemas de corrosão verificados na central de dessalinização.

O caudal total captado através dos furos descritos anteriormente (água subterrânea), segundo dados obtidos junto da empresa, é de aproximadamente 1200 m³ diários, representando cerca de 11% do total de água produzida pela ELECTRA, conforme se observa na Figura 5.3. Os remanescentes 89% correspondem ao caudal de água produzida através do processo de dessalinização.

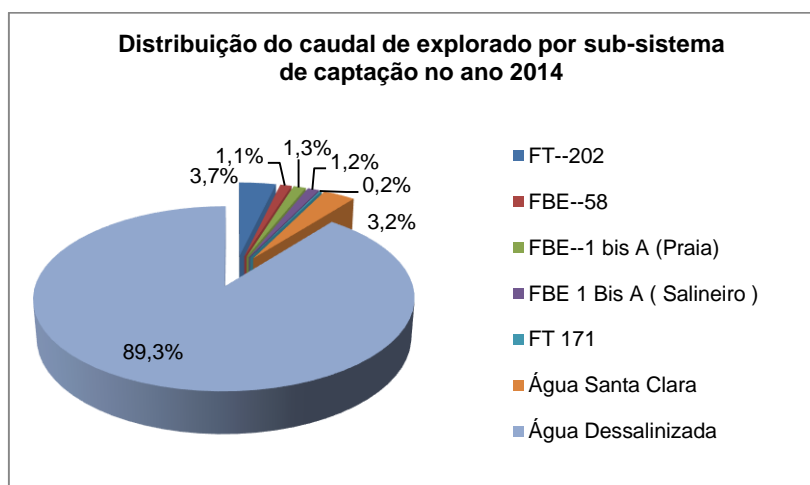


Figura 5.3 – Distribuição do caudal explorado por sub-sistema de captação no ano 2014 (Fonte: ELECTRA-SUL).

O caudal médio diário explorado e distribuído pela ELECTRA no município da Praia em 2014 é de cerca de 11.300 m³ e 10.975 m³. Na Figura 5.4 é possível verificar a distribuição dos caudais de exploração e de distribuição de água na cidade da Praia ao longo do ano 2014. Salienta-se ainda que em 2014 apenas cerca de 65% da procura de água na cidade da Praia é suprida pelo sistema de abastecimento e a perda ao longo dos sistemas de transporte e distribuição registada foi de aproximadamente 30% do total produzido.

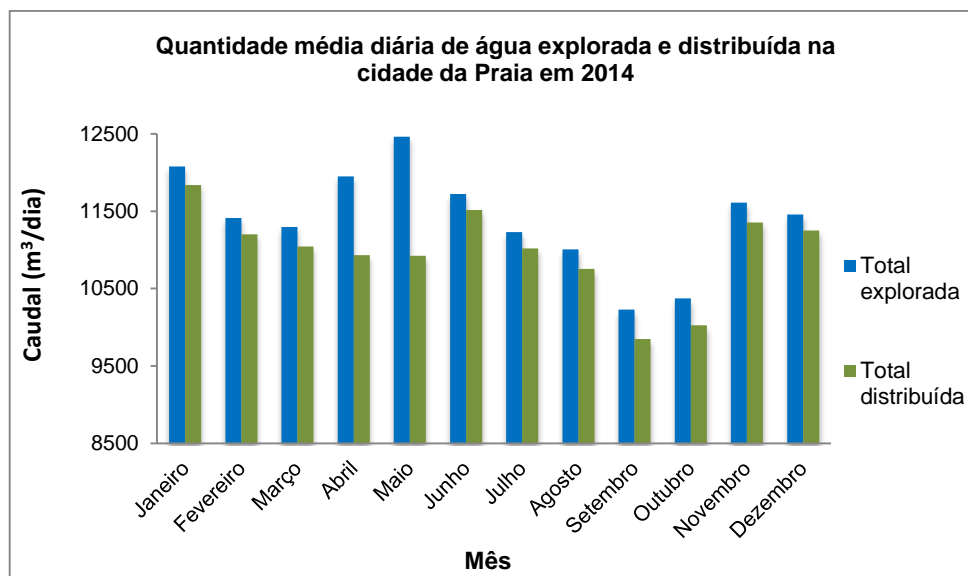


Figura 5.4 – Quantidade média diária de água explorada e distribuída na cidade da Praia no ano 2014 (Fonte: ELECTRA-SUL).

Verifica-se, no entanto, que os meses de Setembro e Outubro são meses de menor produção. Isto deve-se ao facto de esses serem os únicos meses em que se registam ocorrências de precipitação e muitas pessoas, de uma forma ou de outra, tentam através dos meios disponíveis, captar o máximo de água da chuva para diversos fins (só não se utiliza para beber).

5.1.2 População servida e capitação

O abastecimento de água, quer em Cabo Verde quer na cidade da Praia, é efectuado de diversas formas, sendo estas, através de: (i) ligação à rede pública de distribuição, (ii) água canalizada proveniente da casa de vizinhos, (iii) chafarizes, (iv) autotanques e, em zonas rurais, a população socorre-se a outras fontes de abastecimento como é o caso de (v) poços, (vi) levadas, (vii) nascentes, entre outros.

A distribuição da população em Cabo Verde e na cidade da Praia segundo a sua principal fonte de abastecimento de água encontram-se representados na Figura 5.5.

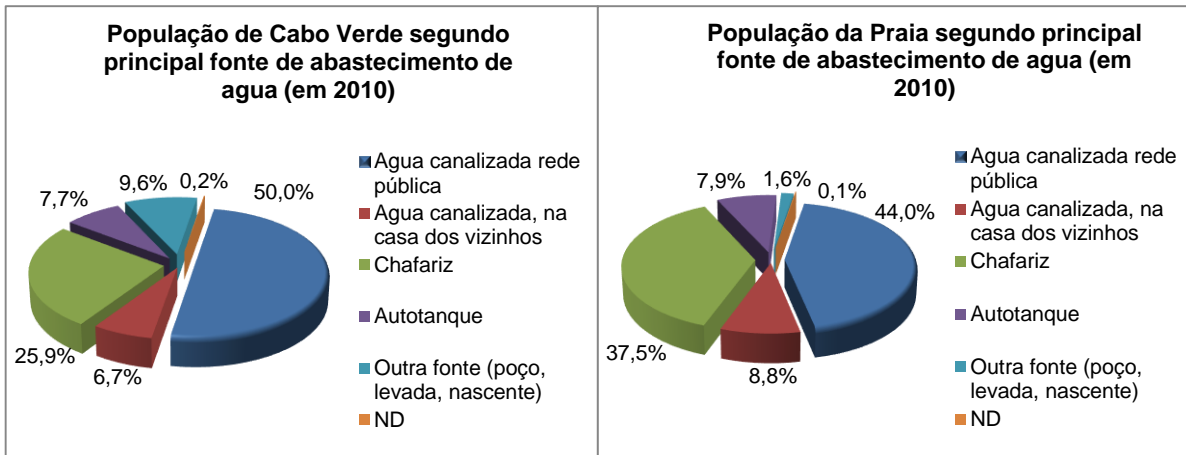


Figura 5.5 - Distribuição da população de Cabo Verde e da cidade da Praia segundo principal fonte de abastecimento de água no ano 2010 (Fonte: INE, CENSO 2010)

No município da Praia, de acordo com o PDM (2013), a taxa de abastecimento de água aos agregados familiares nos últimos anos (taxa de cobertura da água), tem crescido a um ritmo anual de 4,8%, crescimento, esse, superior à taxa de crescimento populacional nesse mesmo município. Ainda segundo o mesmo documento, se esse ritmo de crescimento se mantiver, estima-se que no ano de 2020, a população da Praia será completamente abastecida pela ELECTRA através da rede pública de distribuição de água.

De acordo com o inquérito realizado no início do ano de 2015, cerca de 60% da amostra inquerida já tinha água canalizada no interior do alojamento. Do total dos que não tinham (40%), 29% apresentava, como fonte de abastecimento, a água canalizada proveniente da casa de vizinhos. Em síntese, cerca de 71,5% da amostra inquirida abastecia-se através de água da rede pública. Contudo, segundo informações obtidas junto da ELECTRA-SUL, a taxa de acesso da população à água da rede pública de distribuição em 2014 foi de 69,1% (a mesma taxa estabelecida no PENAS como objectivo é de 90%). Verifica-se ainda, que do total das pessoas inquiridas que não têm água canalizada no interior do alojamento, 41% é servida pelos chafarizes e fontanários.

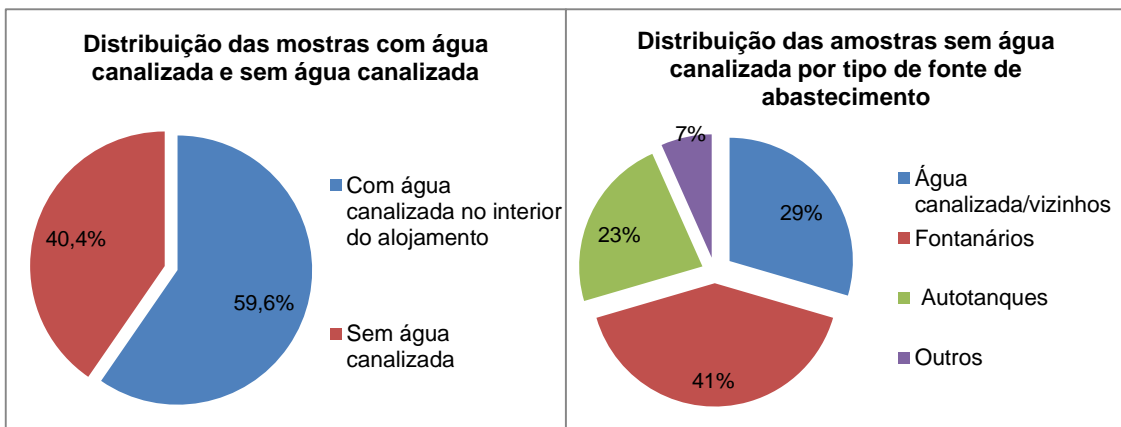


Figura 5.6 – Distribuição da amostra inquirida com água canalizada no interior do alojamento e sem água canalizada (por fonte de abastecimento) nas sub-regiões urbanas da cidade da Praia.

No que concerne ao consumo *per capita* de água na cidade, não foi encontrada qualquer referência ou estudo que referisse tal valor especificamente para o município da Praia. Contudo, o relatório do PEAS (2004) estipula que a capitação (em litros por habitante e por dia) no que respeita à população residente em permanência em Cabo Verde deverá situar-se entre os 40 l.hab.⁻¹dia⁻¹ e os 90 l.hab.⁻¹dia⁻¹.

Todavia, se o fornecimento de um mínimo 40 l.hab.⁻¹dia⁻¹ de água potável não for economicamente viável, o PENAS estabelece que a água para usos domésticos pode ser fornecida com duas qualidades diferentes, mas sempre com a condição de que um mínimo de 5 l.hab.⁻¹dia⁻¹ seja de água potável, assegurando, dessa forma, que risco de mistura das duas qualidades de água seja anulado (ver anexo III).

Entretanto, segundo o mesmo documento, a capitação de água é relativamente baixa com a referência de que, em áreas ligadas à rede pública de abastecimento, a capitação média varia entre os 40 a 60 l.hab.⁻¹dia⁻¹, e nas regiões servidas por chafarizes esse valor baixa para cerca de 10 a 20 l.hab.⁻¹dia⁻¹. Contudo, pode admitir-se que esses valores têm vindo a apresentar ligeiros crescimentos resultado da instalação de novas centrais de dessalinização em todo o país, bem como, um aumento do número de linhas de funcionamento das centrais existentes.

De forma a ter uma melhor percepção no que diz respeito ao consumo de água *per capita* na cidade da Praia, realizou-se um inquérito à uma amostra de 260 pessoas, na sua maioria chefes de família, dividida por sub-divisão urbana (U1 a U5). Os resultados obtidos através do inquérito realizado mostram-se na Figura 5.7.

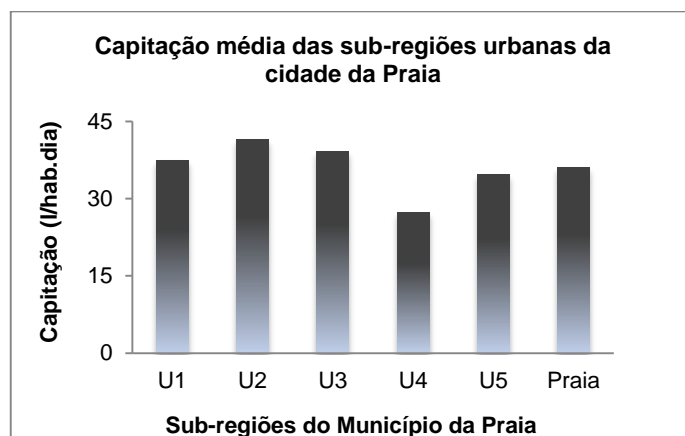


Figura 5.7 – Distribuição da capitação média por sub-região urbana do município da Praia

5.1.3 Caracterização das infra-estruturas de transporte e distribuição

Após a dessalinização procede-se à elevação do caudal tratado desde os reservatórios da central (três reservatórios de 1500 m³), ao reservatório central de distribuição do Monte Babosa (de 2500

m³ de capacidade) localizado a uma cota de 82 metros na zona de Bela Vista, através de duas adutoras., Nesse reservatório procede-se a mistura da água dessalinizada com a água extraída dos furos de Santa Clara.

Seguidamente a água é elevada novamente até um reservatório de 1500 m³ situado no mesmo local, mas a uma cota de 120 metros, por forma a garantir que o transporte da água a partir desse momento, seja efectuado, na sua maioria, graviticamente. Em sequência, a água é aduzida aos reservatórios de Achada Eugénio Lima (de 1000 m³ e 720 m³), a uma cota de 110 metros onde se mistura com a água dos furos de João Varela.

A partir dos reservatórios de Achada Eugénio Lima o transporte de água faz-se aos reservatórios de Ponta d'Água a uma de 86 metros e de Achada Grande Trás a uma cota de 70 metros, de 2500 m³ e 400 m³, respectivamente. O reservatório de Ponta d'Água alimenta o reservatório de Achada São Felipe de 400 m³, que se situa a uma cota de 174 metros através de um grupo electrobomba, onde se dá a mistura com a água do furo de Monte Vaca.

Cada reservatório acima referido em conjunto com as redes de distribuição domiciliárias, compõem um sub-sistema de distribuição, sendo esses, os sub-sistemas de Monte Babosa, de Achada Eugénio Lima, de Ponta d'Água e de Achada São Felipe. A Figura 5.8 mostra uma representação esquemática do sistema de transporte de água aos reservatórios na cidade da Praia.

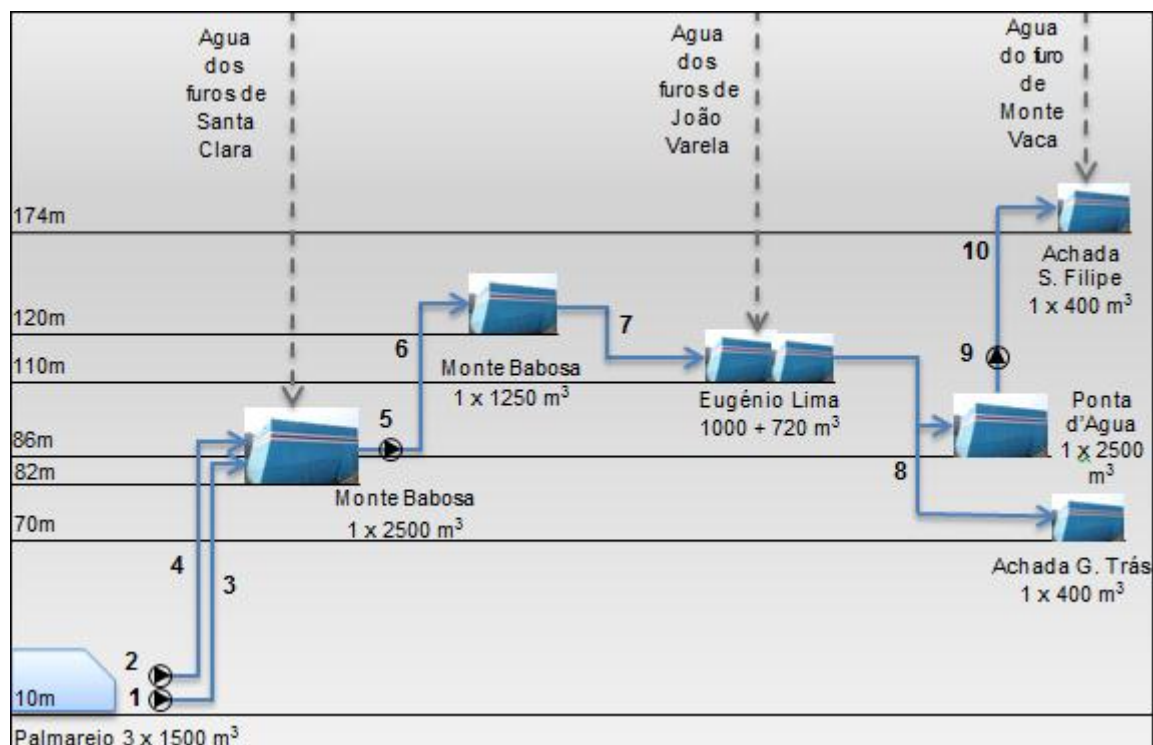


Figura 5.8 – Representação esquemática do sistema de adução/transporte de água entre captação/produção e os reservatórios de distribuição

Em que, **1** – Grupo electrobomba (3 x 250 m³/h); **2** – Grupo electrobomba (2 x 250 m³/h); **3** – Conduita de PEAD 500 mm, PN16, [5,2 km]; **4** – Conduita de PVC 315 mm, PN16, [4,7 km]; **5** – Grupo electrobomba (2 x 212 m³/h); **6** – Conduita de PEAD 400 mm, PN16, [220 m]; **7** – Conduita de PEAD 400 mm, PN16, [2,3 km]; **8** – Conduita de

PEAD, PN16, (2,3 km de 400 mm, 2,0 km de 355 mm e 3,0 km 250 mm); **9** – Grupo electrobomba (2 x 30 m³/h); **10** – Conduta de PVC, 110 mm, [3,5 km].

O sistema de distribuição, conforme já se referiu, é composto por reservatórios onde se dá uma mistura de águas provenientes de duas origens e redes de distribuição. Assim, o sistema de distribuição encontra-se dividido em quatro sub-sistemas principais (e em maior detalhe no anexo IV), nomeadamente:

- Sub-sistema de Monte Babosa – que cobre cerca de 70.900 habitantes (área A e C)
- Sub-sistema de Eugénio Lima – que cobre cerca de 41.200 habitantes e abastece também o sub-sistema de Ponta d'Água (áreas B, B1 e C);
- Sub-sistema de Ponta d'Água – sem informações sobre o número de pessoas abastecidas;
- Sub-sistema de Achada S. Filipe – que cobre cerca 7.340 habitantes (área D).

Na Figura 5.9 é possível observar-se dois mapas da cidade da Praia, um que mostra a cobertura dos sistemas de distribuição de água em função dos sub-sistemas de distribuição e um outro que mostra o traçado das condutas de transporte (vermelho) e distribuição (roxo), bem como os ramais de ligações domiciliárias (azul). Refere-se ainda a existência de um sub-sistema menor, o sub-sistema Monte Babosa A1 que abastece cerca de 80 habitantes da zona do Palmarejo Grande.

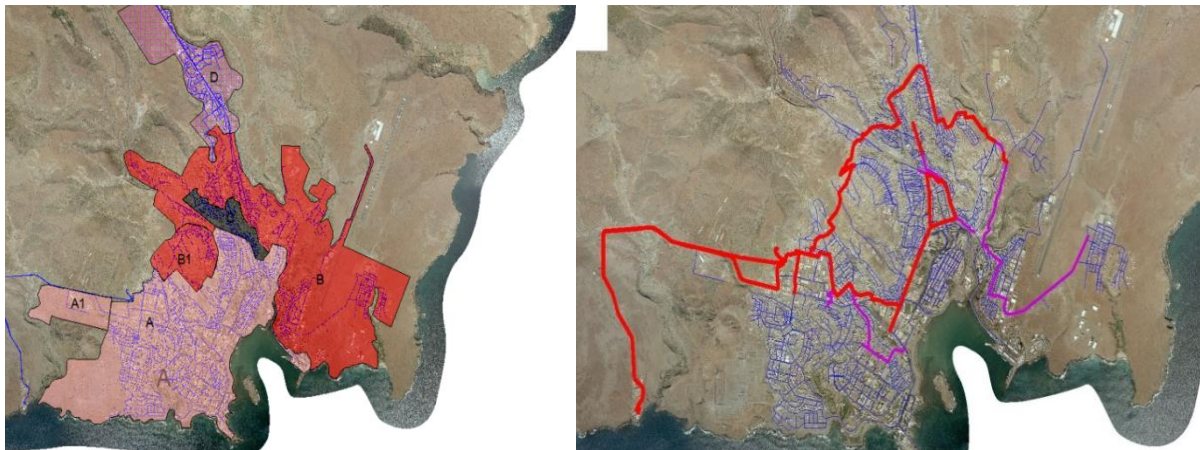


Figura 5.9 – Mapas de cobertura dos sistemas de distribuição de água (esquerdo) e de circuito da rede adutora, rede de distribuição e ramais de ligação da cidade da Praia (direito) (Fonte: ELECTRA, 2014)

5.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUAL DOMÉSTICA DA CIDADE DA PRAIA

5.2.1 População servida

Os processos de drenagem, tratamento e da descarga das águas residuais domésticas na cidade da Praia são igualmente da responsabilidade da ELECTRA-Sul.

A taxa de cobertura, da população da cidade da Praia, de ligações à rede de colectores de águas residuais é, segundo INE (Censo 2010), de cerca de 19,8%. Considera-se que este valor é muito baixo, comparativamente com o valor da mesma taxa da cidade do Mindelo, na ilha de São Vicente, (68,2%), tendo este último município uma população aproximadamente metade da população da cidade da Praia. Na Figura 5.10 encontram-se representadas as distribuições em termos proporcionais das diversas formas de rejeição de águas residuais domésticas na cidade da Praia relativas ao ano de 2010.

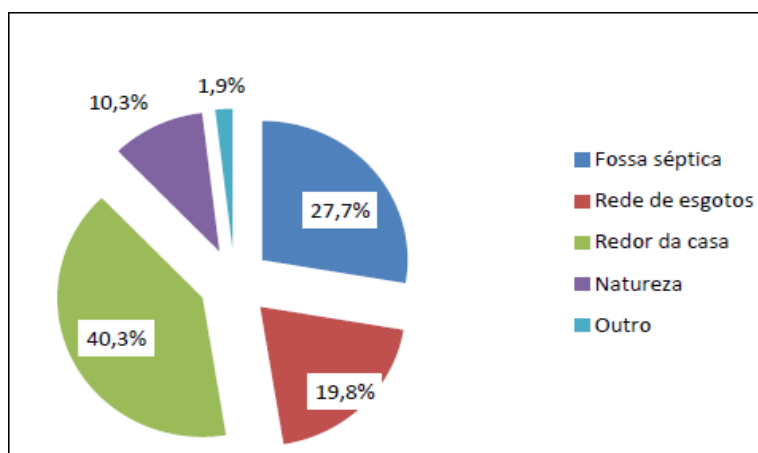


Figura 5.10 – Destinos das águas residuais domésticas na cidade da Praia no ano 2010 (Fonte: PDM, 2013)

Verifica-se que a maior parcela das águas residuais domésticas produzidas na cidade da Praia no ano 2010 foi rejeitada nos arredores das casas, seguida de fossas sépticas e da rede pública de drenagem de águas residuais.

A rede de colectores de águas residuais na cidade da Praia possui cerca de 45 km de colectores, qualificada em conduta primária, caixas de visita e ligações aos domicílios.

De acordo com o PDM (2013), os principais problemas associados à rede de drenagem de águas residuais aos bairros são:

- Ausência de rede;
- Erros na concepção da rede (dimensionamento por defeito);
- Degradação da rede;
- Fuga dos efluentes através dos colectores (rupturas) e caixas de visita.

Os principais factores que condicionam a ligação domiciliária à rede de drenagem de águas residuais na cidade da Praia são o custo de ligação (estimada em cerca de 30.000 ECV por cada habitação) e o deficiente ordenamento do território que se observa em muitos bairros da cidade (PDM, 2013; PENAS, 2013). Assim sendo, o fraco rendimento da população, sobretudo nos bairros periféricos, que ocupam, actualmente, cerca de 35% da área habitacional da cidade, leva a que cerca de 80% dos agregados da cidade da Praia não estejam ligados à rede de drenagem de águas residuais.

5.2.2 Descrição da ETAR de Palmarejo e das infra-estruturas de apoio

A ETAR da Praia entrou em funcionamento pela primeira vez em 1997 e foi reabilitada em 2007 (ampliada e modernizada). Foi concebida para tratar um caudal médio diário de $8.000 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$ (93 l.s^{-1}) e um caudal máximo afluente de $14.000 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$ (162 l.s^{-1}). Devido às dificuldades encontradas no serviço de abastecimento público de água potável e na morosidade de concretização no desenvolvimento antecipado para o sistema de drenagem da cidade (ELECTRA, 2012), a ETAR recebe actualmente, apenas um caudal médio diário de água residual de $2250 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$ (26 l.s^{-1}), conforme se mostra na Figura 5.11. Nesta figura mostra-se ainda a evolução do caudal afluente nos últimos cinco anos, correspondendo a apenas 16% e 21%, respectivamente do total do caudal produzido para abastecimento público e da capacidade máxima.

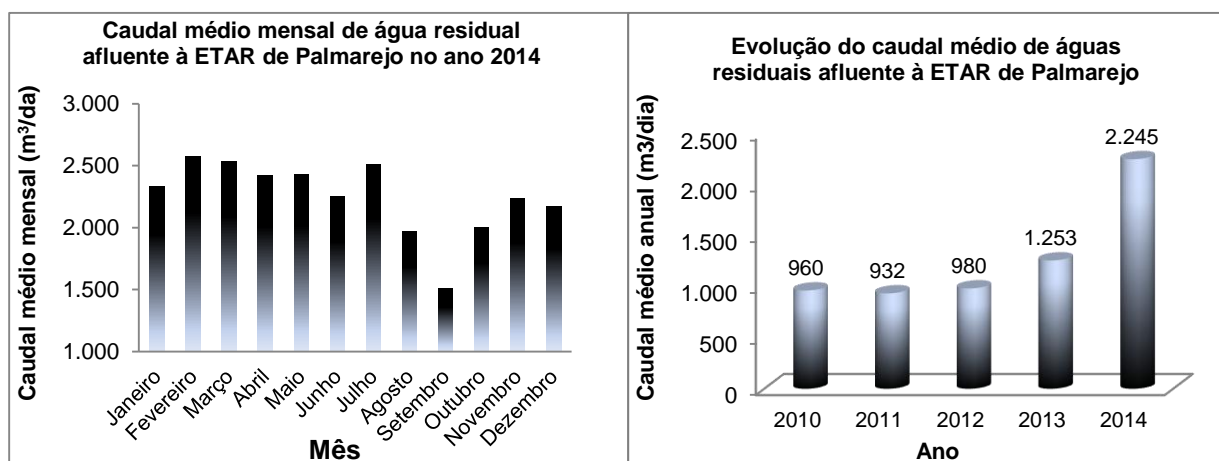


Figura 5.11 – Caudal médio mensal de água residual afluente à ETAR de Palmarejo no ano 2014

Em síntese, tanto o caudal de distribuição como o de águas residuais tratadas apresentaram variações ao longo dos meses durante o ano 2014. Assim, conforme se representa na Figura 5.12, os meses de maior distribuição foram os meses de Novembro, Dezembro, Janeiro e Junho. Os meses de menor distribuição contam, igualmente, com menores caudais de água residual tratada, conforme seria esperado.

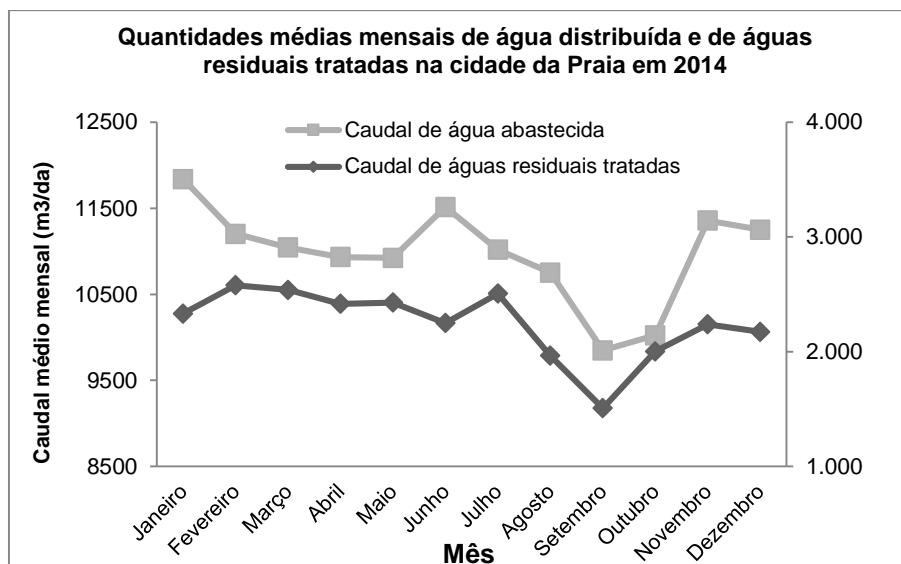


Figura 5.12 – Evolução dos caudais de água distribuída e de águas residuais tratadas na cidade da Praia em 2014

A ETAR do Palmarejo fica situada junto a uma ribeira, confinada entre a Achada Santo António e o Palmarejo. A Figura 5.13 mostra a localização da ETAR no mapa da cidade bem como das duas estações elevatórias existentes (polígonos azuis), uma na localidade de Lém Ferreira e outra na zona de Chã de Areia, ao lado do Pavilhão desportivo VAVÁ DUARTE.

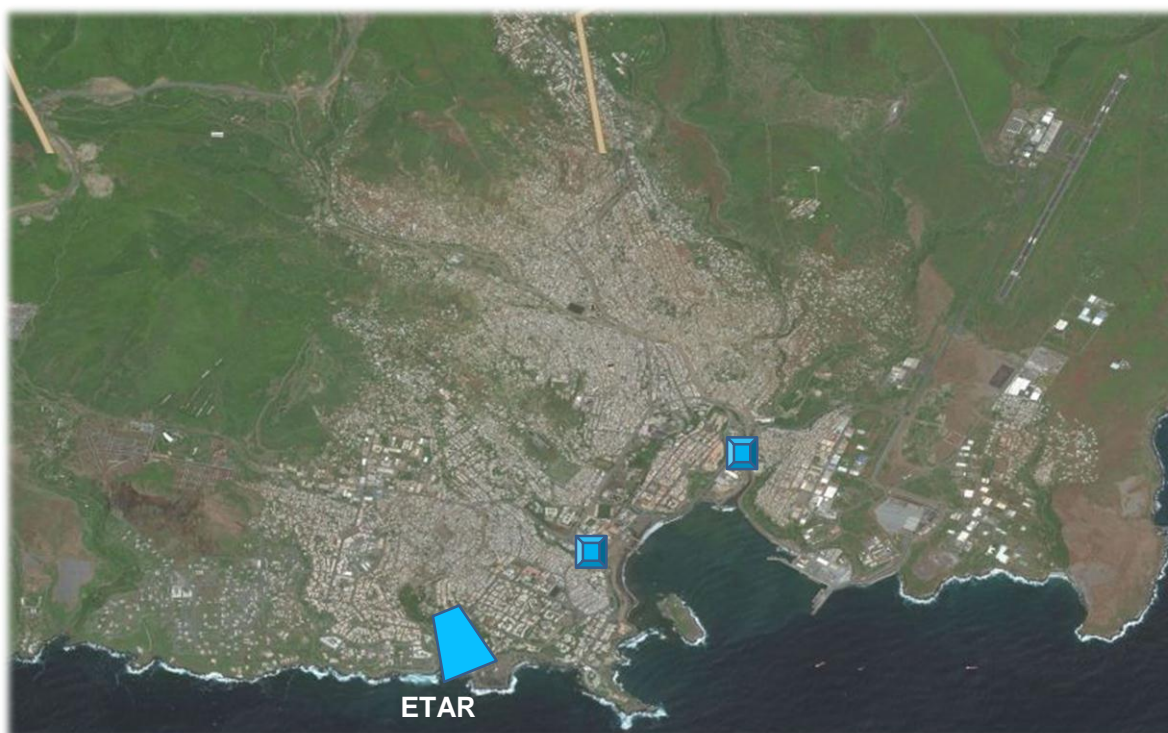


Figura 5.13 – Mapa com a localização da ETAR de Palmarejo e das estações elevatórias da cidade da Praia.

Na Figura 5.14 é apresentada a planta actualizada da ETAR de Palmarejo na cidade da Praia.

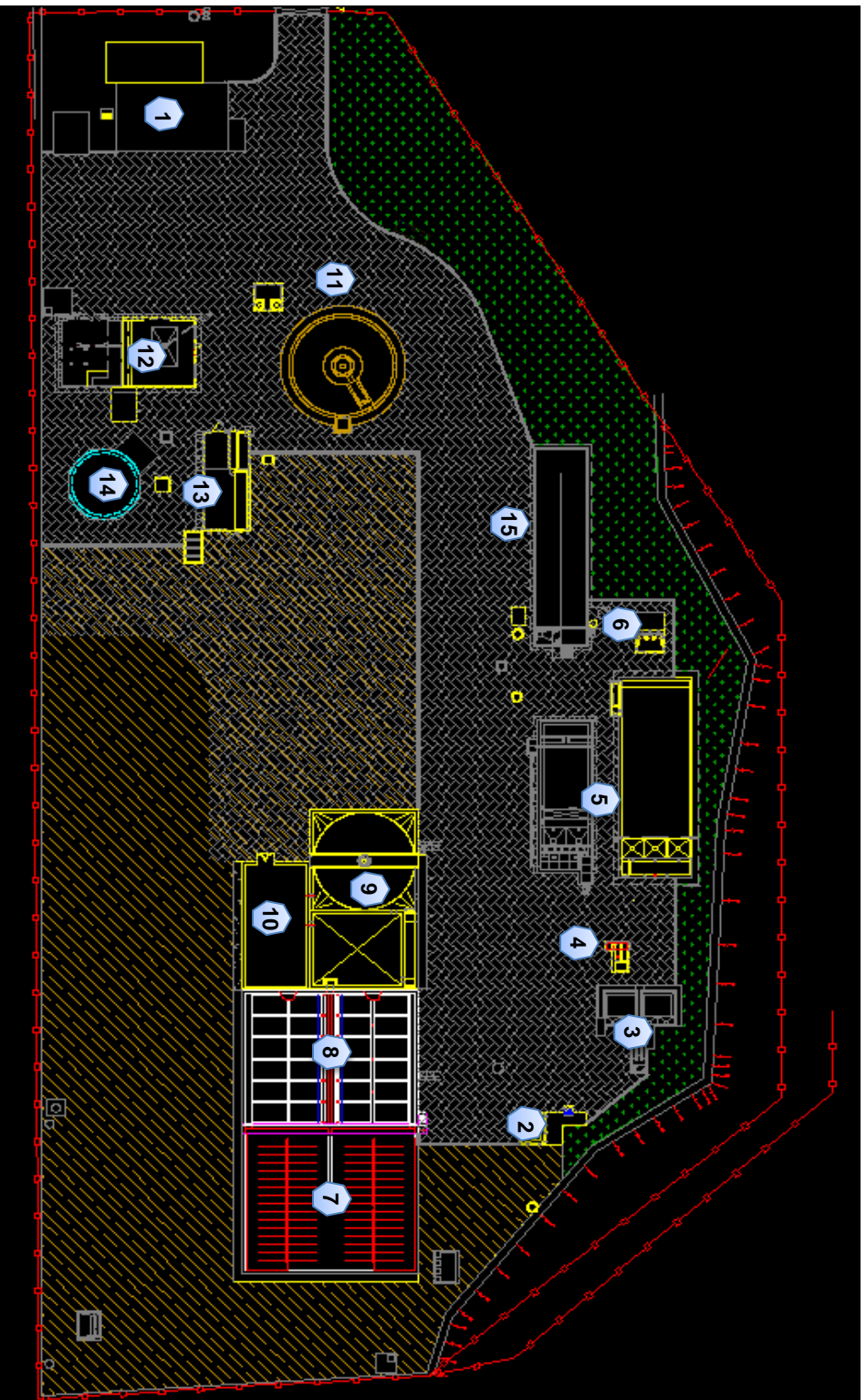







Figura 5.14 – Planta da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Palmarejo

- Legenda:**
- 1 – Edifício de exploração com laboratório
 - 2 – Poço de recepção e bombagem de efluentes
 - 3 – Desarenadores
 - 4 – Distribuidor de caudal nos decantadores primários
 - 5 – Decantadores primários
 - 6 – Poço de bombagem de efluentes primários
 - 7 – Tanque de arejamento
 - 8 – Decantador lamelar
 - 9 – Edifício de tratamento de lamas primárias e secundárias
 - 10 – Edifício dos compressores
 - 11 – Digestor de lamas
 - 12 – Edifício de desidratação com tanque de água potável acoplado
 - 13 – Área de aquecimento e de recirculação de lamas
 - 14 – Balão de oxigénio
 - 15 – Tanque de dosagem de cloro
-  Limite da ETAR (gradeamento)
 -  Áreas verdes
 -  Área de ampliação florestada
 -  Área pavimentada
 -  Área de ampliação pavimentada

- **Linhas de tratamento e operações e processos utilizados na ETAR**

A ETAR de Palmarejo é constituída por duas linhas de tratamento, uma da fase líquida e outra da fase sólida (tratamento das lamas). O efluente é submetido a um tratamento primário, secundário e a uma desinfecção com cloro.

A linha de tratamento da fase líquida da ETAR de Palmarejo é composta pelos seguintes órgãos:

- Dois poços de recepção e bombagem do efluente drenado, munidos de grades grossas manuais e de um grupo electrobomba (2 + 1R) que elevam o caudal afluyente à câmara de desarenação;
- Dois desarenadores-desengorduradores em paralelo, com gradagem fina, e barras de limpeza automática e um canal de *by-pass*. Não possuem nem classificador de areia nem concentrador de gorduras. Actualmente estes órgãos operam em condições muito precárias sendo que um deles se encontra inoperacional há bastante tempo;
- Dois decantadores primários rectangulares munidos de pontes raspadoras (apenas um se encontra operacional);
- Um tanque de arejamento para o tratamento biológico de águas residuais - sistema com arejamento prolongado (regime de baixa carga);
- Dois decantadores secundários lamelares sem arejamento;
- Um canal de cloragem dos efluentes provenientes dos decantadores.

A instalação existente não cumpre os requisitos de remoção de nutrientes, apresenta um deficiente estado dos equipamentos electromecânicos e os equipamentos de instrumentação, automação e controle remoto estão deteriorados.

Embora exista um emissário de 350 metros, a descarga de águas residuais tratadas é feita directamente na praia vizinha à ETAR.

A linha de tratamento da fase sólida da ETAR de Palmarejo é constituída pelos seguintes órgãos:

- Tanque de mistura das lamas primárias e secundárias munido de bombas (1 + 1R tipo parafuso);
- Espessador gravítico com ponte raspadora
- Poço de bombagem de lamas espessadas (1 + 1R bombas tipo parafuso);
- Digestor anaeróbio de lamas recirculadas com aquecimento (inoperacional);
- Poço de bombagem das lamas para a desidratação (inoperacional);
- Filtro banda para a desidratação das lamas (inoperacional).

Nas figuras que se seguem encontram-se representadas as fotografias dos diferentes órgãos da ETAR do Palmarejo.



Figura 5.15 – Órgãos utilizados em operações e processos de tratamento de águas residuais na ETAR do Palmarejo (1 – Tanque de recepção com grade e poço de bombagem do efluente gradado; 2 – Decantadores primários; 3 – Reactor biológico; 4 – Decantador secundário (com lamelas); 5 – canal de cloragem da água clarificada; 6 – sistema de dosagem do cloro; 7 – edifício de espessamento das lamas; 8 – Edifício de desidratação das lamas (filtro prensa).

Na Figura 5.16 mostra-se um laboratório bem equipado, porém sem qualquer tipo de uso, e o digestor de lamas (esquerdo) que também segundo informações obtidas na ETAR nunca funcionou.



Figura 5.16 – Digestor de lamas (inoperacional) e laboratório.

Normalmente apenas um dos compressores está em funcionamento, operando de forma deficiente. As lâmpadas UV não se encontram instaladas na câmara do tratamento terciário devido ao elevado custo da energia eléctrica, que se verifica no país. Outra razão pela qual não se encontram instaladas as lâmpadas UV é a qualidade da água à saída decantador lamelar, que apresenta elevadas concentrações de sólidos em suspensão.



Figura 5.17 – Edifício dos compressores (onde também são guardadas os módulos de lâmpadas UV)

- **Legislação em vigor**

Com vista à protecção da saúde pública, à gestão integrada dos recursos hídricos e à preservação do ambiente, fixaram-se as normas de descarga de águas residuais provenientes de todos os sectores relacionados com a actividade humana que produzam águas residuais.

Assim sendo, o diploma que estabelece as normas de descarga das águas residuais provenientes de habitações isoladas, de aglomerados populacionais e de todos os sectores de actividade humana que originam águas residuais as quais se designam por águas residuais domésticas, urbanas ou comunitárias, em Cabo Verde é o DL n.º 7/2004 de 23 de Fevereiro

O artigo 2º do referido D.L estabelece que o licenciamento da descarga das águas residuais de tipo urbano de aglomerados populacionais com número igual ou superior a 10.000 hab.eq, em termos de carga orgânica, ou de caudal médio diário igual ou superior a 520 m³ (calculado com base numa capitação de água de abastecimento de 80 l.hab.⁻¹dia⁻¹ e num coeficiente de afluência à rede de colectores de 0,65), referentes ao horizonte de projecto pela entidade competente, fica sujeito ao parecer prévio vinculativo do CNAS (Concelho Nacional de Água e Saneamento).

No caso de se tratar de sistemas separativos a determinação dos valores das cargas de CBO₅ (20), de CQO e de SST das águas residuais a descarregar nos meios receptores pode ser estimada com base nos valores das capitações de água de abastecimento praticadas nos aglomerados populacionais e na adopção de um adequado coeficiente de afluência à rede aos colectores de águas residuais, em vez de ser a partir dos caudais descarregados (salvaguardando os casos em que não se conhecem esses valores).

Refere-se ainda que, para as águas residuais (a descarregar), que tenham sido submetidas a um tratamento por lagoas de estabilização, a concentração de SST estimada é o dobro dos outros tipos de tratamento secundário. As normas de descarga das águas residuais urbanas, especificadas em função da dimensão da população servida encontram-se indicadas na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Normas de descarga das águas residuais urbanas (parâmetros a determinar)

População servida (hab.)	Carga [g.(hab.eq) ⁻¹]		
	CBO ₅	CQO	SST
Inferior a 200	40	85	60
Entre 200 e 5000	20	40	30
Superior a 5000	10	20	20

Durante as várias visitas à ETAR do Palmarejo, não foi possível obter qualquer registo de qualidade final do efluente tratado que possibilitasse proceder à comparação com os valores estabelecidos no documento legal que regulamenta as normas de descarga das águas residuais urbanas.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 RESULTADO DO INQUÉRITO APLICADO AO CASO DE ESTUDO

Com base no inquérito realizado na cidade da Praia em Cabo Verde obtiveram-se os seguintes resultados, dos quais são apresentados as respectivas descrições e interpretações. Foram realizados um total de 260 inquéritos, distribuídos pelas sub-divisões administrativas urbanas da cidade da Praia, conforme referido no capítulo 4.

Nas Figuras 6.1 e 6.2 mostra-se a distribuição da população da cidade da Praia e a distribuição da amostra inquirida por sub-divisão urbana da cidade, respectivamente. É possível observar que o gráfico da distribuição da amostra inquirida apresenta um comportamento semelhante ao da estimativa da distribuição da população na cidade da Praia no ano 2015.

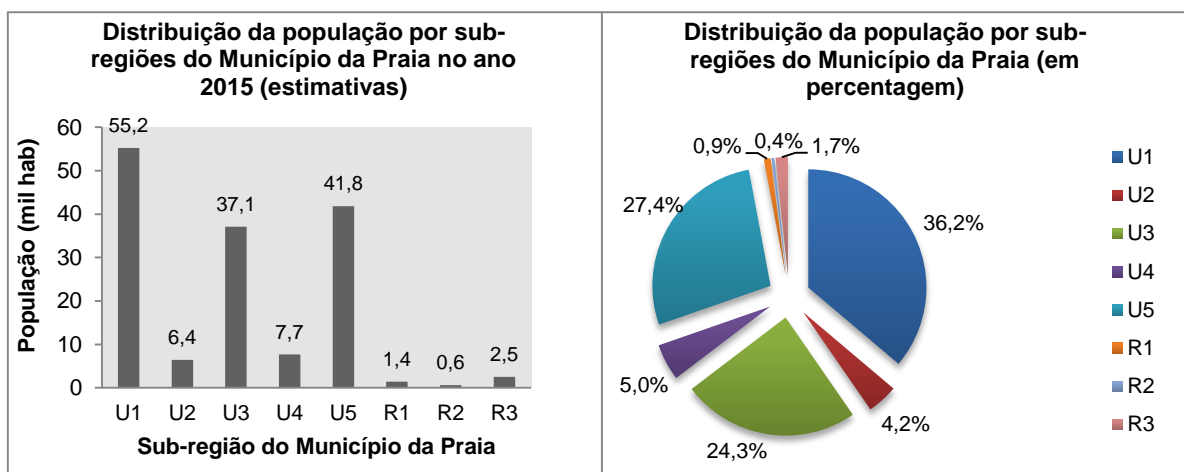


Figura 6.1 – Estimativa da distribuição da população da Praia por sub-divisão administrativa relativamente ao ano 2015, em número (esquerdo) e em percentagem (direito).

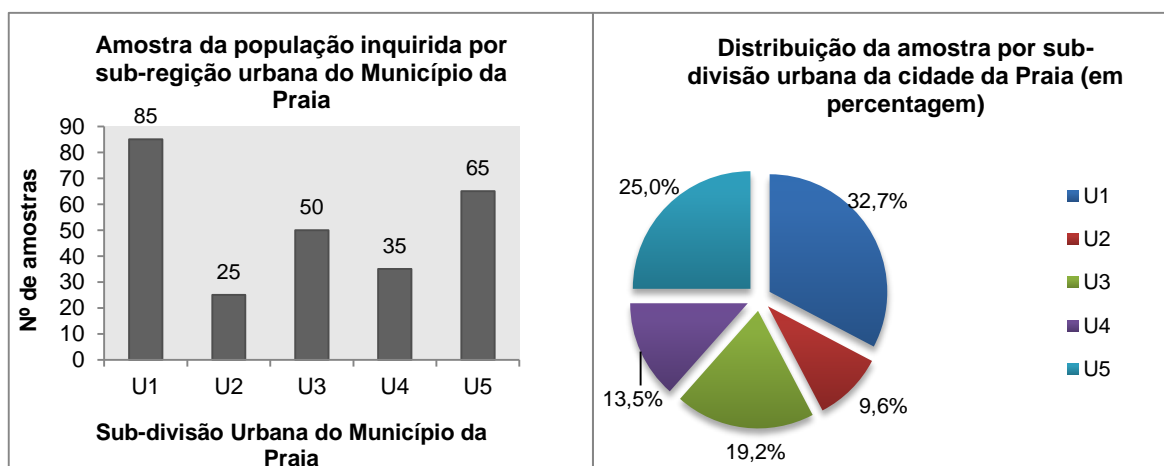


Figura 6.2 – Distribuição da amostra inquirida por sub-divisão administrativa em número (esquerdo) e em percentagem (direito)

Na Figura 6.3 mostram-se os resultados obtidos relativamente à distribuição da amostra inquirida por faixa etária e por género. Verifica-se, no entanto, que a maioria dos inquiridos tem idades compreendidas entre os 25 e os 44 anos, 55%. No que diz respeito ao género, observa-se que mais de dois terços da amostra inquirida são do sexo feminino, tendo apenas 31% de inquiridos do sexo masculino.

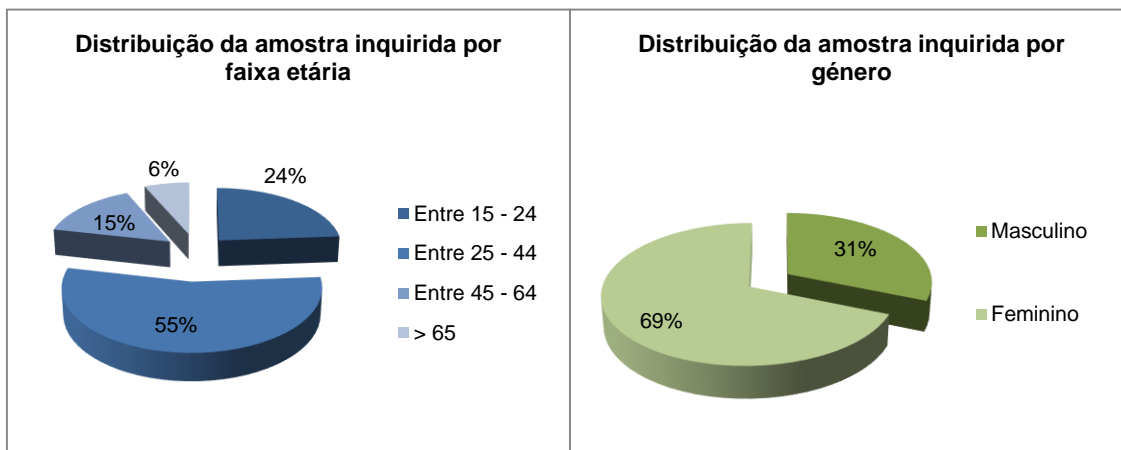


Figura 6.3 – Distribuição amostra inquirida por faixa etária e por género.

Com base na análise do gráfico da Figura 6.4, verifica-se que, relativamente ao nível de escolaridade, a maioria possui o ensino básico, (59% da amostra), 30% possui níveis entre 7º ano e 12º ano, apenas 8% possui escolaridade ao nível do ensino superior e 3% não possui qualquer grau de escolaridade.

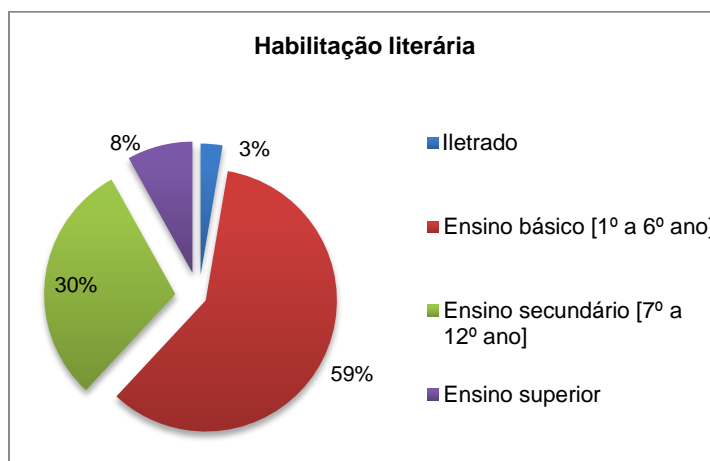


Figura 6.4 – Distribuição da amostra inquirida por nível de escolaridade.

Relativamente à dimensão do agregado familiar da amostra inquirida, é possível observar, através do gráfico da Figura 6.5, uma grande heterogeneidade na dimensão do agregado. Cerca de 80% da amostra inquirida apresentou uma dimensão do agregado de 2 a 6 pessoas por família. Entretanto, salienta-se que a dimensão média do agregado família da amostra inquirida é de 4,4 pessoas por família.

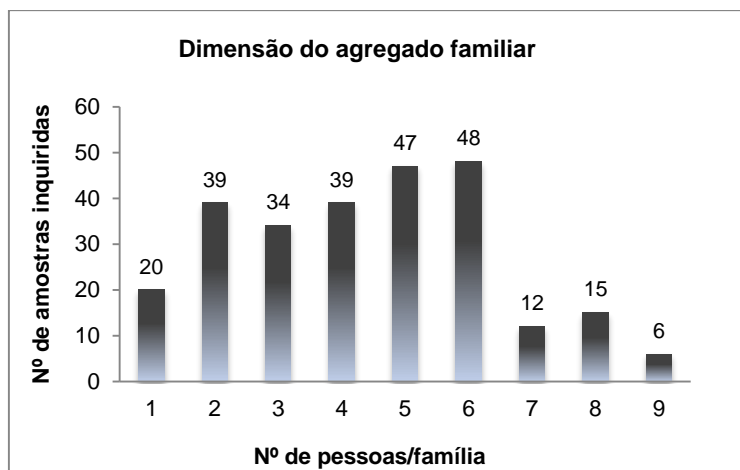


Figura 6.5 – Distribuição da amostra por dimensão do agregado familiar.

Nesta secção apresentam-se os resultados referentes ao ponto 2 do inquérito realizado, relativo ao abastecimento/consumo de água para fins domésticos na cidade Praia.

Assim sendo, apresenta-se na Figura 6.6, um gráfico que mostra o conhecimento que os inquiridos têm, ou não, sobre a produção de água que lhe é fornecida.

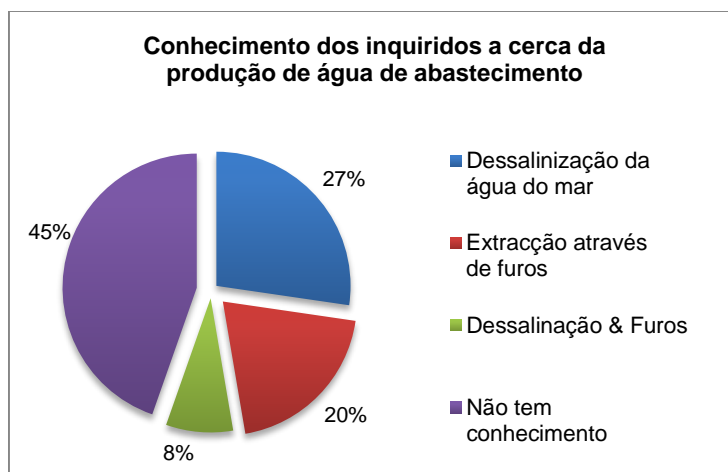


Figura 6.6 – Conhecimento da amostra inquirida a cerca da técnica de produção de água de abastecimento

Com base na figura acima, verifica-se que quase metade dos inquiridos não tem qualquer conhecimento de como é produzida a água que consome. Cerca de um terço sabe que é através da dessalinização da água do mar e apenas 8% tem conhecimento das duas técnicas de obtenção de água doce na cidade da Praia. Pode-se também verificar que dois terços dos inquiridos não sabiam que a maior parcela de água produzida na cidade da Praia é produzida através da água do mar.

No que concerne às formas de abastecimento de água na cidade da Praia, de acordo com o inquérito realizado, cerca de 60% da amostra inquirida, tinha água canalizada no interior do

alojamento e o remanescente não possuía essa infra-estrutura. A distribuição da amostra por fonte de abastecimento é mostrada na Figura 6.7.

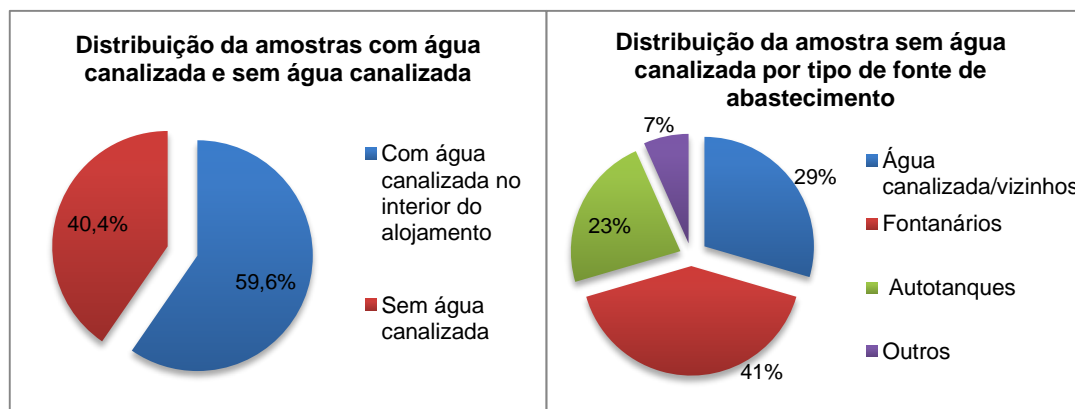


Figura 6.7 – Distribuição da amostra inquirida por fonte de abastecimento

Do total dos inquiridos que afirmaram não ter água canalizada no interior do alojamento, a maioria é abastecida através de fontanários e chafarizes, 29% abastece-se através de água comprada nos vizinhos e 23% é abastecida por autotanques privados licenciados pela ADA. 7% apresentaram outras formas de obtenção de água para fins domésticos que não sejam as anteriormente referidas.

Com base na dimensão do agregado e nos dados sobre o consumo doméstico diário de água por agregado familiar, estimaram-se as capitações médias de cada sub-divisão urbana, bem como a capitação média da cidade da Praia, conforme de mostra na Figura 6.8.

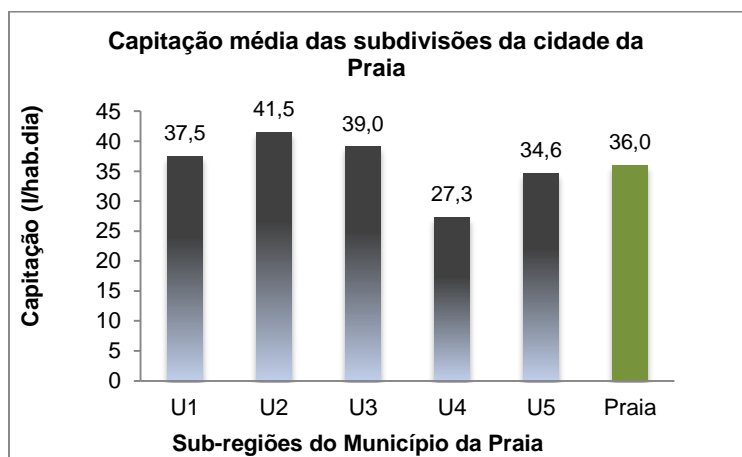


Figura 6.8 – Distribuição da capitação médias nas sub-divisões urbanas da cidade da Praia.

Verifica-se que, de acordo com o resultado do inquérito, a capitação média da cidade da Praia é de 36 l.hab.⁻¹dia⁻¹. No entanto, é possível observar que a região Este (U4) apresenta uma

capitação média na ordem de nove pontos inferior à média da cidade ($27,3 \text{ l.hab.}^{-1}\text{dia}^{-1}$), enquanto que a sub-região Centro (U2) apresenta o maior consumo, *per capita*, da cidade ($41,5 \text{ l.hab.}^{-1}\text{dia}^{-1}$).

Com o objectivo de ter uma percepção sobre do custo associado ao consumo de água para fins domésticos, procedeu-se à estimativa dos custos de obtenção do preço de 1 m^3 de água, para consumo doméstico, em função das diversas fontes de abastecimento - Figura 6.9.

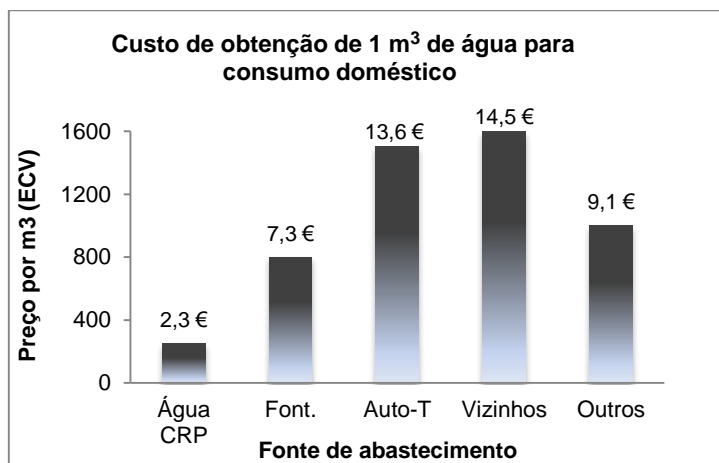


Figura 6.9 – Distribuição das estimativas de custo de obtenção de 1 m^3 de água na cidade da Praia, por fonte de abastecimento (em ECV/ m^3)

Pela observação do gráfico anterior verifica-se que o preço de água da rede pública de distribuição é a fonte alternativa mais barata e segura, cerca de 250 ECV (2,3 €) e a obtenção de água através das casas dos vizinhos constitui a alternativa mais cara (1600 ECV), sendo esse valor cerca do dobro do custo de obtenção de água através de chafarizes e fontanários (800 ECV). A compra de água nos auto-tanques apresenta-se como a segunda fonte alternativa mais cara da cidade.

Por forma a perceber o ponto de vista das pessoas sobre as razões que levam a que a ligação domiciliária à rede pública de distribuição de água na cidade da Praia não abranja quase metade da população da cidade, atribuíram-se aos inquiridos cinco alternativas de respostas de entre as quais uma e apenas uma (o principal motivo) devia ser escolhida. Assim sendo, obtiveram-se os seguintes resultados (Figura 6.10)

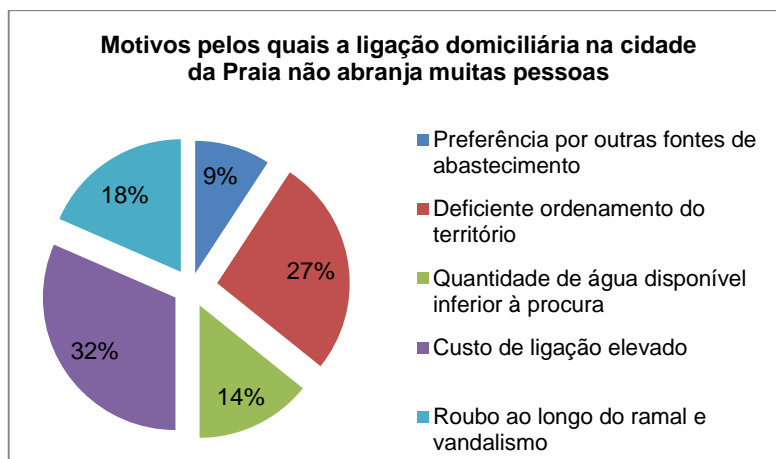


Figura 6.10 – Motivos pelos quais a ligação domiciliária na cidade da Praia não cubra quase metade da população.

Com base na análise do gráfico da figura anterior é possível verificar que cerca de um terço dos inquiridos escolheu como a principal razão pela qual a ligação domiciliária seja deficiente, o elevado custo de ligação, seguida do deficiente ordenamento do território, (27%), roubo ao longo dos ramais de ligação (18%) e insuficiência da disponibilidade face à quantidade da procura de água (14%). A preferência por outras fontes de abastecimento foi a alternativa menos escolhida como sendo a principal razão da falta de cobertura da rede pública de distribuição na cidade da Praia.

O custo de obtenção da água na cidade da Praia é elevado (entre 2,3 €/m³ e 14,5 €/m³), principalmente se se comparar com o mesmo indicador nos países mais desenvolvidos. Na Figura 6.11 mostram-se algumas das razões, apontadas pelos inquiridos, pelas quais o custo de obtenção de água na cidade da Praia é elevado.

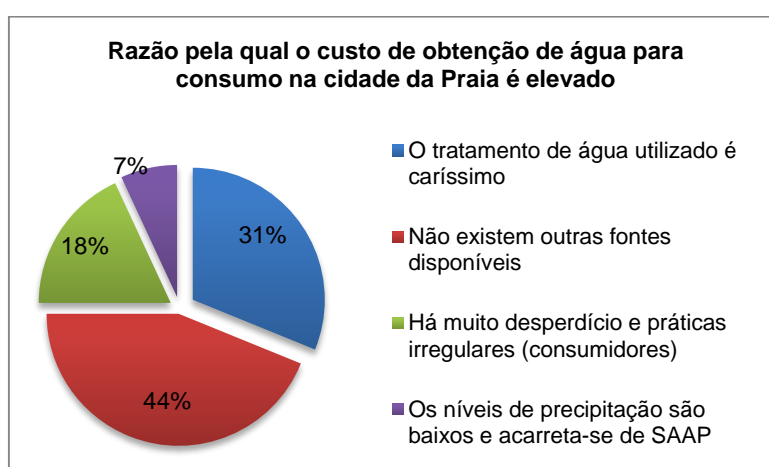


Figura 6.11 – Razões pelas quais seja elevado o custo de obtenção de água para consumo na cidade da Praia.

De acordo com 44% dos inquiridos, a principal razão do elevado custo de obtenção da água na cidade da Praia é o facto de não existirem outras fontes alternativas. Contudo, 31% dos inquiridos acha que o elevado custo associado ao tratamento de água para abastecimento público e 18% acha que se deve aos desperdícios e práticas irregulares por parte dos consumidores. Apenas 7% dos inquiridos pensa que o baixo nível de precipitação e inexistência de SAAP – Sistemas de Aproveitamento de Água Pluviais – seja o principal motivo do elevado custo de obtenção de água na cidade da Praia.

Nesta secção apresentam-se os resultados referentes ao ponto 3 do inquérito, relativo às questões relacionadas com produção, recolha, drenagem e tratamento de águas residuais domésticas na cidade Praia.

Mostra-se na Figura 6.12, um gráfico onde se representa a distribuição da amostra inquirida que possui, ou não casa de banho no alojamento. Verificou-se que 31,5% dos inquiridos possuem casa de banho com duche e instalações sanitárias, 44,6% possuem casa de banho apenas com instalações sanitárias e cerca de 24% não possui de casa de banho.

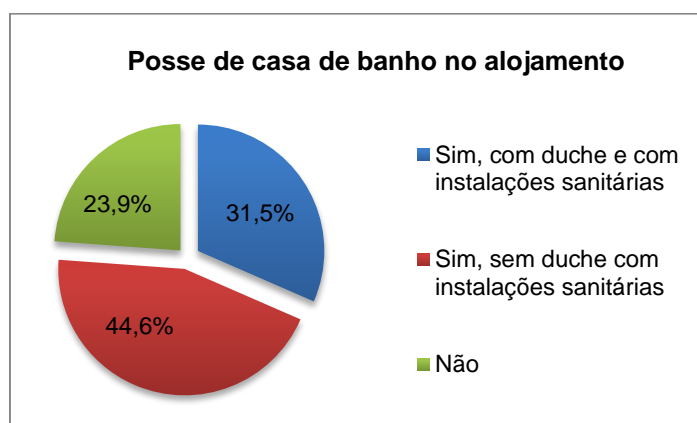


Figura 6.12 – Distribuição da amostra inquirida com e sem posse de casa de banho no alojamento.

Na Figura 6.13. mostra-se a forma como é efectuada a rejeição das águas residuais domésticas pela população inquirida.

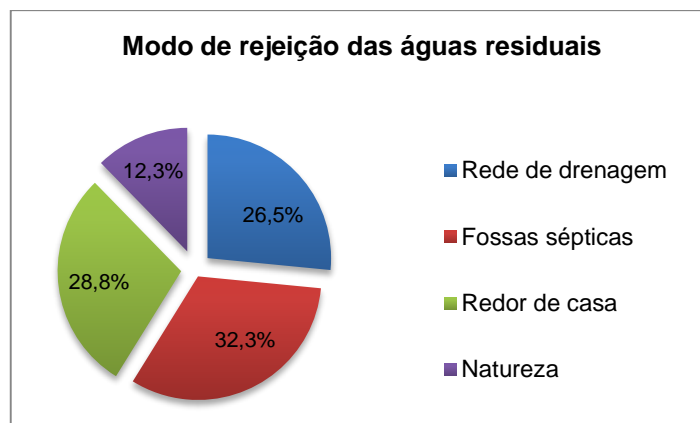


Figura 6.13 – Distribuição da amostra inquirida pelo modo de rejeição de águas residuais domésticas.

Do total da amostra inquirida apenas 26,6% se encontra ligada à rede pública de drenagem de águas residuais. Cerca de um terço dos inquiridos utilizam fossas sépticas como meio de rejeição das águas residuais, 28,8% faz a rejeição da água residual ao redor das casas e 12,4% utilizam a natureza (mar, cursos de água, achadas desabitadas).

Tendo em consideração algumas soluções a adoptar, pretendeu-se perceber quais seriam, na opinião dos inquiridos, as alternativas mais e menos prioritárias a serem adoptadas como medida de melhoramento da sua situação actual em termos de cobertura da rede de drenagem de águas residuais. Foram adoptadas quatro alternativas codificadas em A, B, C, e D, nomeadamente:

- A. A construção de casas de banho, nas casas que não as têm, e ligação às fossas sépticas*
- B. A construção de casas de banho, nas casas que não as têm, e ligação à rede pública*
- C. O alargamento da rede pública de drenagem de águas residuais de modo a cobrir a totalidade dos bairros*
- D. A ligação aos colectores públicos existentes, das casas que já dispõem de casas de banho ligadas às fossas sépticas*

O resultado obtido é apresentado na Figura 6.14.

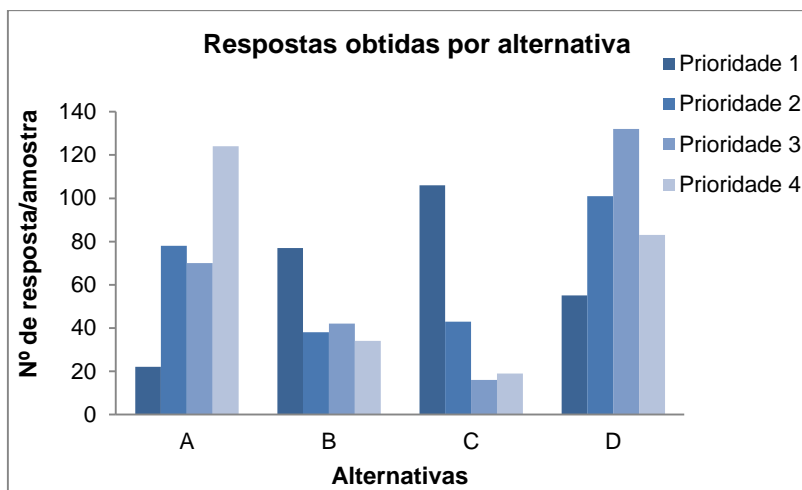


Figura 6.14 – Alternativa mais prioritária e menos prioritária a serem adoptadas como medida de melhoria da situação actual em termos de cobertura da rede de drenagem de águas residuais na cidade da Praia

A alternativa considerada mais prioritária pelos inquiridos, (Prioridade 1), é a alternativa C, seguida da alternativa B, D e A. No que diz respeito à alternativa menos prioritária, a maioria das respostas obtidas indicaram-na com sendo a alternativa A.

Na Figura 6.15 mostra-se o conhecimento dos inquiridos sobre a existência da ETAR na cidade da Praia.

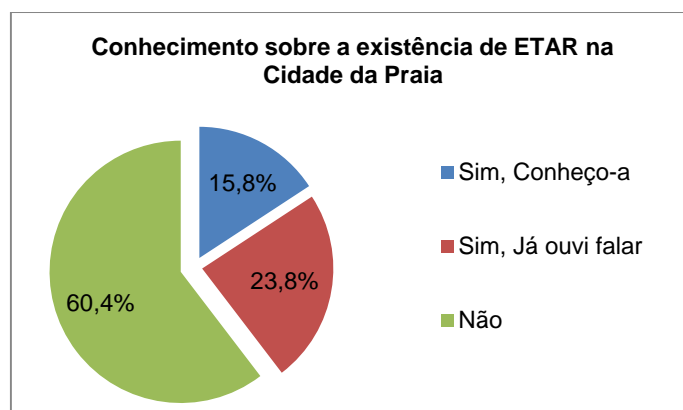


Figura 6.15 – Conhecimento dos inquiridos sobre a existência da ETAR na cidade da Praia.

Através da análise do gráfico é possível verificar que apenas 39,6% dos inquiridos mostraram ter conhecimento da existência da ETAR na cidade da Praia e 60,4% não tem conhecimento. Dos que afirmaram ter conhecimento da existência da ETAR na Praia, menos de metade afirmaram que conheciam a ETAR.

Pretendeu-se ainda, através do inquérito, saber o grau de importância que os inquiridos atribuem ao tratamento de águas residuais, no geral, antes da sua descarga no meio receptor. O resultado obtido mostra-se na Figura 6.16.

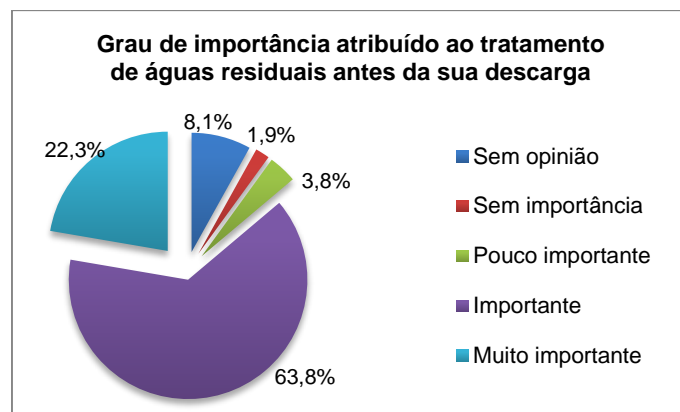


Figura 6.16 – Grau de importância atribuído, pelos inquiridos, ao tratamento de águas residuais antes da sua descarga no meio.

Aproximadamente dois terços dos inquiridos consideram ser 'Importante' proceder ao tratamento das águas residuais antes da descarga e 22,3% considera ser 'Muito importante' tal prática. Uma pequena fracção, cerca de 2%, considera que não tem importância, 3,8% considera pouco importante e 8% não apresenta qualquer opinião.

Relativamente ao conhecimento sobre a reutilização da água residual tratada, a maioria dos inquiridos (55,4%) afirmaram não ter qualquer conhecimento sobre o assunto, e 32,7% consideram ter pouco conhecimento, 8,5% dizem ter um grau conhecimento razoável, apenas 3,1% conhece bem essa temática e uma minoria diz ter um profundo conhecimento - Figura 6.17.

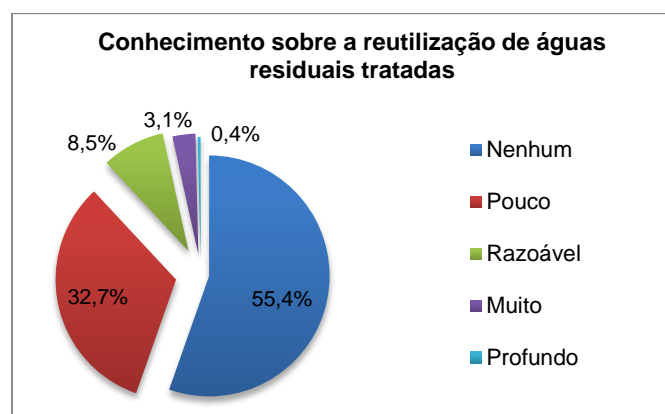


Figura 6.17 – Conhecimento sobre a reutilização de águas residuais tratadas

Após a obtenção das respostas que suportaram o gráfico da figura anterior, procedeu-se a uma breve explicação do tema aos inquiridos, individualmente, por forma a dar-lhes alguma informação sobre a prática da reutilização da água residual tratada e posteriormente fazer questões sobre a utilização de águas residuais tratadas por parte dos inquiridos para fins diversos.

Assim, na Figura 6.18 observa-se que, cerca de 53% dos inquiridos afirma que reutilizaria águas residuais tratadas, sendo que para dois terços deles depende do tipo de uso que se aplique. No entanto, quase metade deles respondeu 'Não' à possibilidade de reutilização deste fluxo.

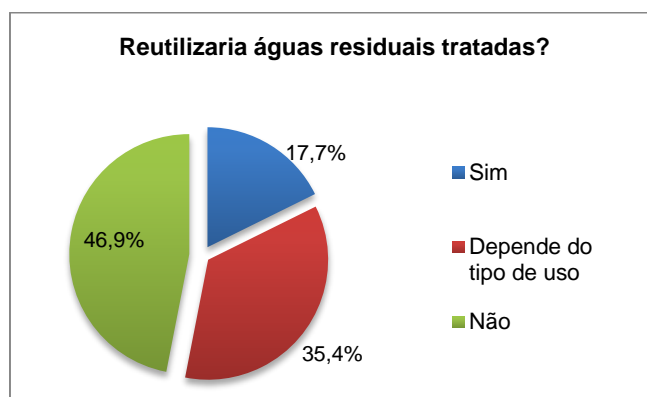


Figura 6.18 – Respostas dos inquiridos a cerca da reutilização de águas residuais tratadas.

A Figura 6.19 mostra as opiniões dos inquiridos sobre as diversas finalidades da reutilização de águas residuais tratadas. Observa-se que mais de 80% dos inquiridos consideram útil a utilização da água residuais tratadas na rega agrícola, 2% referiram a sua importância para o consumo humano e apenas 12% dos inquiridos não tem qualquer noção sobre os usos a dar às águas residuais tratadas.

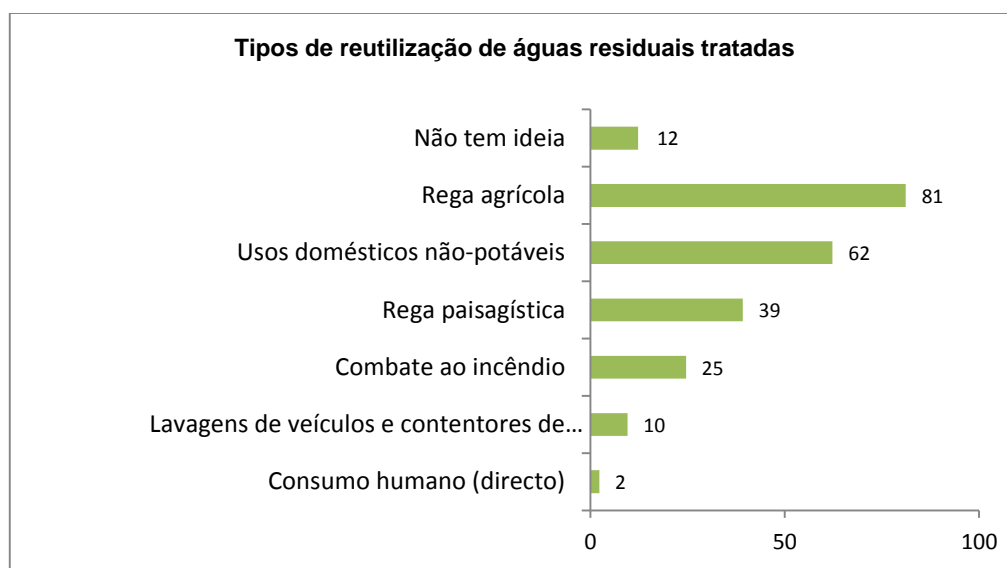


Figura 6.19 – Opinião dos inquiridos sobre os fins a que se destina uma água residual tratada (tipo de uso).

6.2 CUSTO DE TRATAMENTO DE ÁGUA POR DESSALINIZAÇÃO VERSUS CUSTO DE TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUAL – APLICAÇÃO NA REGA DE ÁREAS VERDES.

Os custos associados, quer à dessalinização da água para o consumo diário quer ao tratamento de água residual doméstica são dependentes de factores como a tecnologia utilizada, da

quantidade e da qualidade de água a tratar, da capacidade instalada, do tipo de energia utilizado, entre outros (Karagiannis & Soldatos, 2007).

Ainda assim, no que se refere ao tratamento de água residual, o custo de tratamento é função do tipo do meio receptor (ponto de descarga), ou, no caso da reutilização, do tipo de uso a que se destina.

Segundo Karagiannis & Soldatos, 2007 o custo de dessalinização da água, quer salobra quer salgada, mostra-se na tabela 6.1.

Tabela 6.1 - Custos de produção de água doce através de processos de dessalinização em função do tipo de origem, da capacidade instalada e do tipo de energia utilizado (*adaptado de Karagiannis & Soldatos, 2007*)

Tipo de origem de captação	Capacidade instalada (m³/dia)	Custo (€/m³)	Tipo de energia utilizada	Custo (€/m³)
Salobra	<1.000	0,63 – 1,06	Convencional	0,21 – 1,06
	5.000 – 60.000	0,21 – 4,43	Fotovoltaica	4,50 – 10,32
			Geotérmica	2,00
Salgada	<1.000	1,78 – 9,00	Convencional	0,35 – 2,70
	1.000 – 5.000	0,56 – 3,15	Eólica	1,00 – 5,00
	12.000 – 60.000	0,35 – 1,30	Fotovoltaica	3,14 – 9,00
	>60.000	0,40 – 0,80	Colectores solares	3,50 – 8,00

Através da referida tabela verifica-se que o custo de dessalinização é tanto maior quanto menor for a capacidade instalada. Verifica-se ainda que os sistemas que utilizam energia convencional (produzida a partir de combustíveis fósseis) apresentam custos menores, comparativamente com os sistemas que recorrem à utilização de energias renováveis. No entanto, esses últimos podem ser utilizados tendo em consideração que os benefícios ambientais que apresentam compensam os custos associados. Segundo Pinzón (2013), a minimização do uso de energia e a integração das fontes de energia renováveis nos processos de dessalinização e de tratamento e reutilização de águas residuais tornaram-se um componente crítico de um portefólio efectivo da gestão da água.

Na Tabela 6.2 encontram-se representados os custos de dessalinização da água associados ao processo de separação por membrana, nomeadamente, por Osmose Inversa, em função do tipo de origem de captação e aos processos térmicos, em função do método de dessalinização e da capacidade instalada. Observa-se que, para ambos os processos, os custos associados são inversamente proporcionais à capacidade da instalação. Nota-se que é mais rentável, em termos económicos, a utilização da tecnologia de osmose inversa em médios e grandes sistemas quer para água salobra quer para água salgada.

Tabela 6.2 - Custo de dessalinização através de processos de separação por membrana (Osmose Inversa) em função do tipo de origem de captação e da capacidade instalada e de processos térmicos (mudanças de fase) em função da capacidade instalada (*adaptado de Karagiannis & Soldatos, 2007*)

	Capacidade da instalação (m³/dia)	Custo (€/m³)
Tipo de origem		
Osmose Inversa		
Salobra	<20	4,50 – 10,32
	20 – 1.200	0,62 – 1,06
	40.000 – 46.000	0,21 – 0,43
Salgada	250 – 1.000	1,00 – 3,14
	1.000 – 4.800	0,56 – 1,38
	15.000 – 60.000	0,38 – 1,30
	100.000 – 320.000	0,36 – 0,53
Método de dessalinização		
Processos térmicos		
Destilação de Múltiplo efeito	<100	2,00 – 8,00
	12.000 – 55.000	0,76 – 1,56
	>91.000	0,42 – 0,81
Evaporação Multi-Flash (MSF)	23.000 – 528.000	0,42 – 1,40
Compressão de Vapor	1.000 – 1.200	1,61 – 2,13

No que se refere aos processos térmicos verifica-se a mesma tendência, isto é, para sistemas pequenos (inferior a 100 m³/dia) o custo de produção da água doce é muito superior ao que se verifica nos médios e grandes sistemas.

- **Caso de estudo**

Pretende-se, nesta secção, avaliar em termos económicos e ambientais, a possibilidade de minimizar o custo de produção de água para rega de áreas verdes da cidade da Praia, através da reutilização da água residual tratada na ETAR do Palmarejo, em detrimento da dessalinização da água do mar. Assim sendo, é de uma enorme importância conhecer parâmetros como as necessidades diárias de água para rega na cidade, o caudal de água residual tratada e o custo de tratamento de águas residuais.

Na ausência dos dados de custos que permitissem estimar os custos reais, quer de produção de água doce para abastecimento a partir da água do mar, quer do tratamento de águas residuais domésticas na cidade da Praia, recorreu-se aos dados de outros estudos já efectuados. Para tal, foram assumidos alguns valores (tabela 6.3), principalmente no que se refere à taxa de crescimento populacional, taxa de cobertura de rede pública de drenagem de águas residuais domésticas, taxa de incremento da capitação, factor de afluência à rede, entre outros

Tabela 6.3 – Valores assumidos no processo de cálculo

Taxa de crescimento populacional – r, (%)	2,96
Taxa de decaimento médio da percentagem de perda associada aos sistemas de adução e distribuição de água (%)	0,25
Percentagem da água produzida destinada ao consumo doméstico (%)	75
Taxa de incremento médio anual de capitação de água (%)	2,50
Custo de produção de água doce por dessalinização (ECV/m ³)	160
Taxa de cobertura da rede de água residual na cidade da Praia em 2014 (%)	35
Taxa de incremento anual de cobertura da rede de água residual na cidade da Praia (%)	2,50
Taxa de incremento médio de capitação de água residual urbana (%)	1,50
Custo de tratamento de água residual urbana (ECV/m ³)	60

A Figura 6.20 representa a evolução da população da cidade da Praia entre os anos 2015 e 2035, estimada com base no valor da taxa de crescimento que se apresenta na Tabela 6.3. Os cálculos efectuados para a elaboração do gráfico que se segue encontram-se no Quadro 3 do anexo VI.

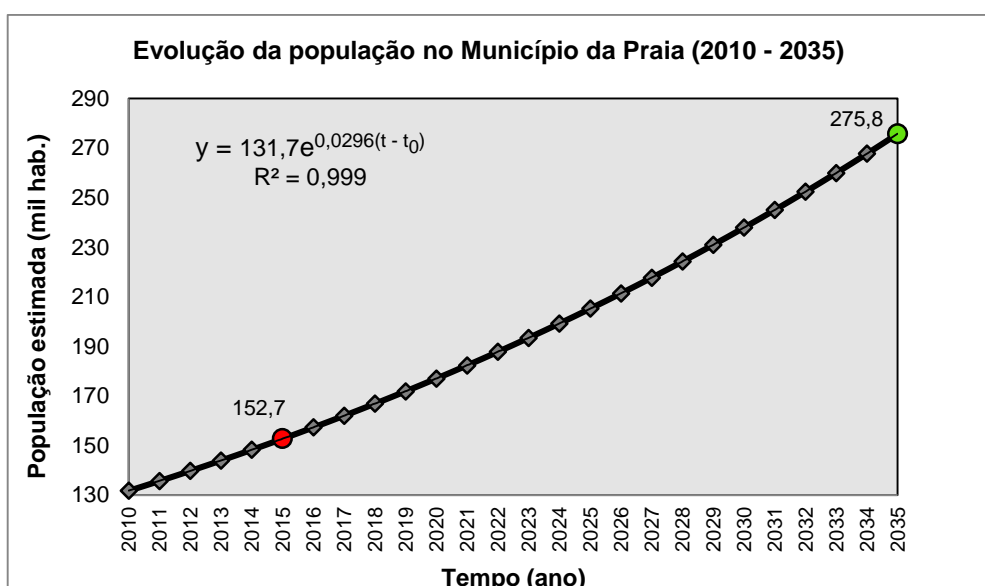


Figura 6.20 – Estimativa da evolução da população da cidade da Praia entre os anos 2015 e 2035.

Actualmente, a população da cidade da Praia é de cerca de 153 mil habitantes (este valor foi calculado com base na fórmula utilizada na metodologia e o resultado é semelhante às estimativas do INE-CV).

Foram estimadas, para o horizonte de 2035, as evoluções dos caudais de água dessalinizada para abastecimento público e de água residual urbana afluente à ETAR do Palmarejo, com base na evolução da população, nos parâmetros referentes aos anos transactos obtidos junto da administração da ETAR, e nos valores assumidos. No Quadro 4 do anexo VII encontram-se representados todas estimativas efectuadas, bem como, a descrição dos valores de taxas assumidas.

Com base nos valores dos caudais de água dessalinizada e de água residual afluyente à ETAR do Palmarejo referentes ao ano 2014, determinaram-se as respectivas capitações e, por conseguinte, em função dos valores de taxas assumidas, estimaram-se as evoluções para o ano 2035.

Na Figura 6.21 é possível observar-se a evolução dos caudais de água de abastecimento e de água residual tratada para o ano horizonte admitido. Ao caudal de distribuição adicionou-se o caudal de água de água subterrânea extraída através de furos.

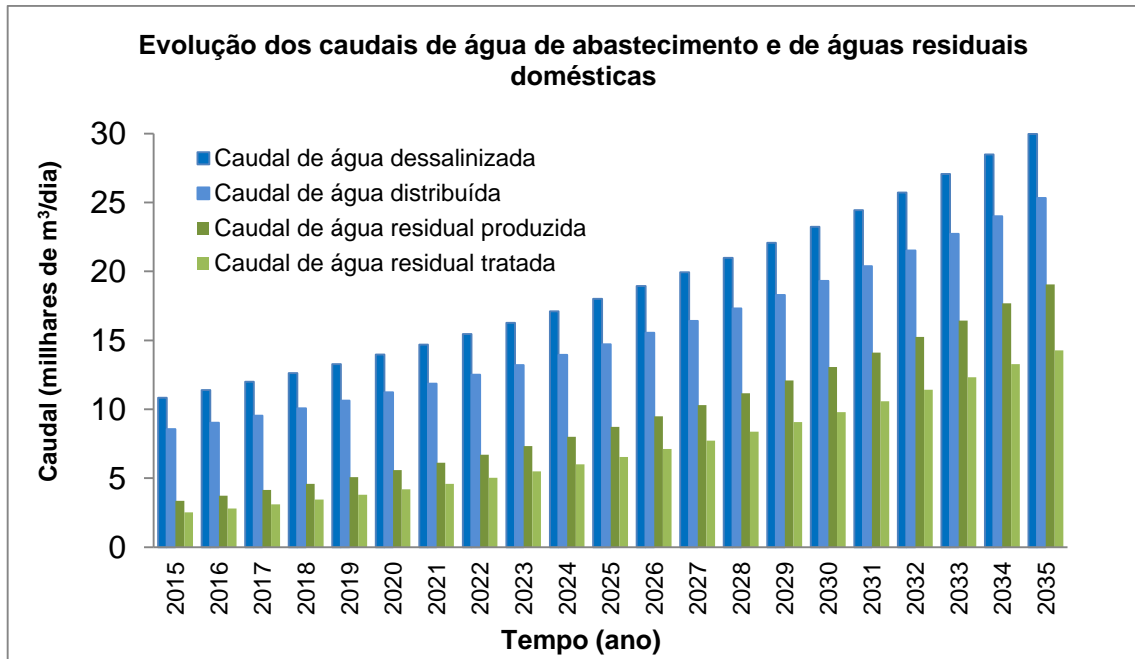


Figura 6.21 – Evolução dos caudais de água de abastecimento e de águas residuais domésticas (2015 – 2035).

Observa-se que em 2035 o caudal de água residual tratada na ETAR do Palmarejo corresponde a mais de metade do caudal distribuído. Isto dever-se-á às melhorias no sistema de tratamento de água residual, a começar pelo alargamento da rede de drenagem de águas residuais domésticas, de modo a garantir a máxima cobertura da população.

A Figura 6.22 mostra a evolução de custos associados ao tratamento de água, tanto através da dessalinização da água do mar como do tratamento de água residual.

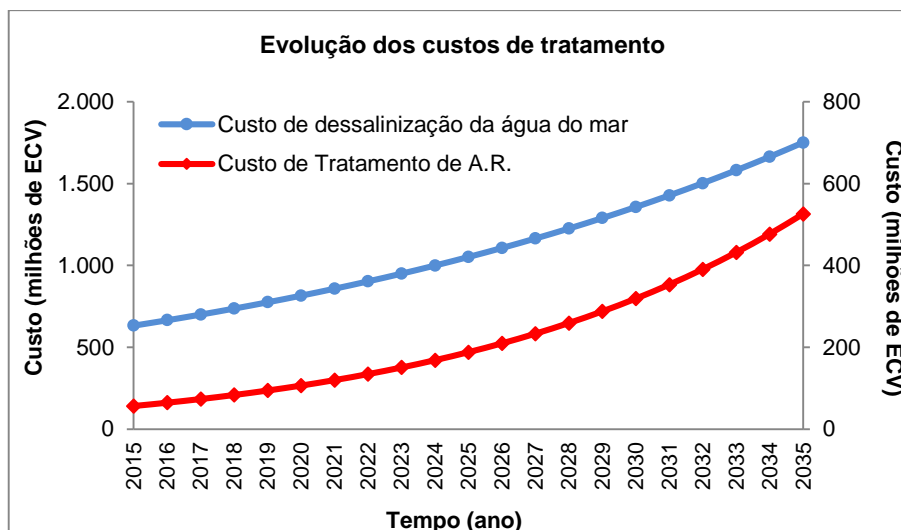


Figura 6.22 – Evolução dos custos associados ao tratamento de água para abastecimento e ao tratamento de águas residuais domésticas na cidade da Praia.

Com a concepção de um sistema de reutilização de águas residuais para fins não potáveis, neste caso, para rega dos espaços verdes da cidade da Praia é possível, face ao custo do tratamento de água para abastecimento (uma vez que a água utilizada na rega dos espaços verdes na cidade é efectuada com a água potável), e de acordo com as estimativas realizadas, uma poupança de 1,24 milhões de euros no ano 2015 e de 1,84 milhões de euros no horizonte de 2035, totalizando cerca de 32 milhões de euros ao longo dos 21 anos que se seguem (ver Quadro 6 do anexo VII).

A reutilização da água residual tratada em usos compatíveis, com o objectivo de reduzir os custos associados à produção de água através de processos de dessalinização constitui um desafio para o futuro na cidade da Praia

As áreas verdes da cidade consistem em parques, jardins, praças, rotundas e separadores de estradas, que são distribuídos pela maioria dos bairros (Gomes, 2014), totalizando valores da ordem de 92,5 hectares. Ainda segundo o mesmo autor, nessas áreas o coberto vegetal é composto por árvores de folhas persistentes, adaptados ao clima da região, como a acácia-americana (*Prosopis juliflora*), árvore-Nim (*Azadirachta indica*), palmeira-tamareira (*Phoenix dactylifera*), cactos (*Mauhueniopsis*), aloé vera (*Aloe barbadensis*) palmeira-anãs (*Phoenix atlântica*) para além de arbustos e herbáceas, conforme se apresentam no anexo VIII.

Gomes (2014) determinou o caudal necessário para satisfazer as necessidades hídricas de rega dos referidos espaços verdes da cidade da Praia, tendo obtido os seguintes resultados:

Tabela 6.4 – Estimativa das necessidades de rega na cidade da Praia em 2014

Parâmetros	Mês											
	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto
ET ₀ (mm.dia ⁻¹)	5,97	6,33	5,93	5,32	5,29	5,44	7,00	7,42	7,83	5,89	5,98	5,79
Kc ou Kj	0,75	0,70	0,70	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,75	0,75	0,75
ET (mm.dia ⁻¹)	4,48	4,43	4,15	3,19	3,18	3,26	4,20	4,45	4,70	4,42	4,49	4,34
Precipitação (mm.dia ⁻¹)	2,17	0,97	0,40	0,19	0,48	0,29	0,19	0,13	0,03	0,03	0,48	1,61
Precipitação efectiva (mm/dia)	1,73	0,77	0,32	0,15	0,39	0,23	0,15	0,11	0,03	0,03	0,39	1,29
Coeficiente de redução (Kr)	0,65											
Necess. Líquida de Rega (mm.dia ⁻¹)	1,18	2,11	2,38	1,92	1,68	1,89	2,57	2,79	3,03	3,13	2,53	1,53
Eficiência do sistema de rega (%)	90,0											
Necess. Bruta de Rega (mm.dia ⁻¹)	1,31	2,34	2,64	2,14	1,86	2,10	2,86	3,10	3,36	3,48	2,81	1,70
Área estimada para rega (m ²)	925.000											
Necess. Líquida de Rega (m ³ .dia ⁻¹)	1.091	1.949	2.198	1.782	1.549	1.749	2.381	2.581	2.797	2.897	2.339	1.416
Necess. Bruta de Rega (m ³ .dia ⁻¹)	1.212	2.165	2.442	1.980	1.721	1.943	2.646	2.868	3.108	3.219	2.599	1.573
Período de rega (h.dia ⁻¹)	8,00											
Caudal necessário para rega (l.s ⁻¹)	42,1	75,2	84,8	68,8	59,8	67,5	91,9	99,6	108	112	90,2	54,6

Com base nos resultados de Gomes (2014) e na taxa de incremento anual da necessidade bruta de rega de 2%, estimou-se a evolução do caudal de água necessária para a rega das áreas verdes da cidade da Praia entre os anos 2015 e 2035. Assim sendo, e uma vez que durante o ano 2014 foi submetido ao tratamento cerca de 820.000 m³ água residual afluyente à ETAR, conclui-se que as necessidades de rega na cidade em 2014 seriam supridas em 98%, de acordo com o caudal de rega estimado para 2014 (Tabela 6.5).

No entanto, conforme se mostra na Figura 6.23 e de acordo com a estimativa efectuada, a partir do ano 2015 o caudal de água residual tratada na ETAR do Palmarejo será superior às necessidades de rega nos respectivos anos, (chegando a atingir valores de aproximadamente quatro vezes superior no horizonte de 2035).

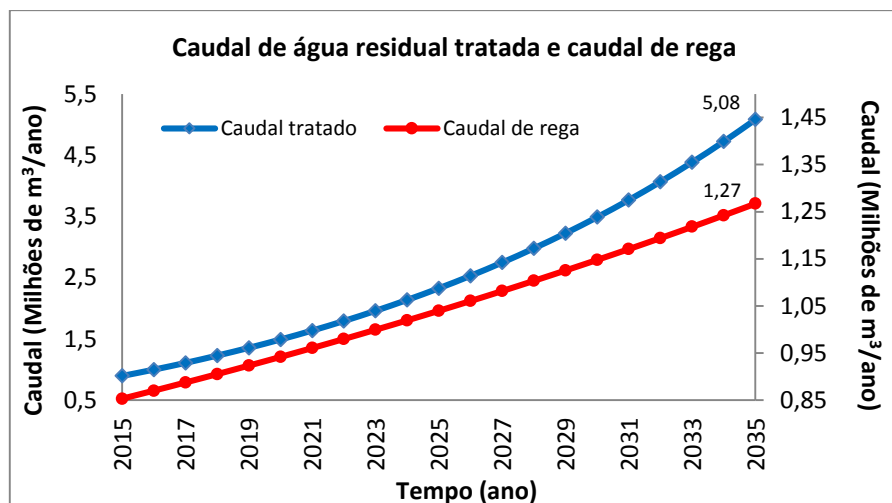


Figura 6.23 – Evolução do caudal de água residual tratada e do caudal necessário para a rega dos espaços verdes da cidade da Praia

Tabela 6.5 – Necessidade bruta de rega na cidade da Praia no ano 2014

Necessidade bruta de rega							
Mês	Nº de dias de rega	2014		2015		2035	
		(m³.mês ⁻¹)	(m³.dia ⁻¹)	(m³.mês ⁻¹)	(m³.dia ⁻¹)	(m³.mês ⁻¹)	(m³.dia ⁻¹)
Setembro	30	36.360	1.212	37.087	1.236	55.110	1.837
Outubro	31	67.115	2.165	68.457	2.208	101.724	3.281
Novembro	30	73.260	2.442	74.725	2.491	111.038	3.701
Dezembro	31	61.380	1.980	62.608	2.020	93.032	3.001
Janeiro	31	53.351	1.721	54.418	1.755	80.862	2.608
Fevereiro	28	54.404	1.943	55.492	1.982	82.458	2.945
Março	31	82.026	2.646	83.667	2.699	124.324	4.010
Abril	30	86.040	2.868	87.761	2.925	130.408	4.347
Mai	31	96.348	3.108	98.275	3.170	146.031	4.711
Junho	30	96.570	3.219	98.501	3.283	146.368	4.879
Julho	31	80.569	2.599	82.180	2.651	122.116	3.939
Agosto	31	48.763	1.573	49.738	1.604	73.908	2.384
Total	365	836.186	27.476	852.910	28.026	1.267.379	41.644

A Figura 6.24 mostra a necessidade de rega na cidade da Praia ao longo do ano. Verifica-se a partir do gráfico que o mês de Junho é o que apresenta maior necessidade de rega durante o ano. Em contrapartida, o mês de Setembro é o mês de menor consumo em termos de rega. Conforme referido por Gomes (2014), a necessidade diária de rega estimada para o mês de Junho e no horizonte (2035) será determinante no dimensionamento do sistema de armazenamento de água residual tratada para aplicação na rega.

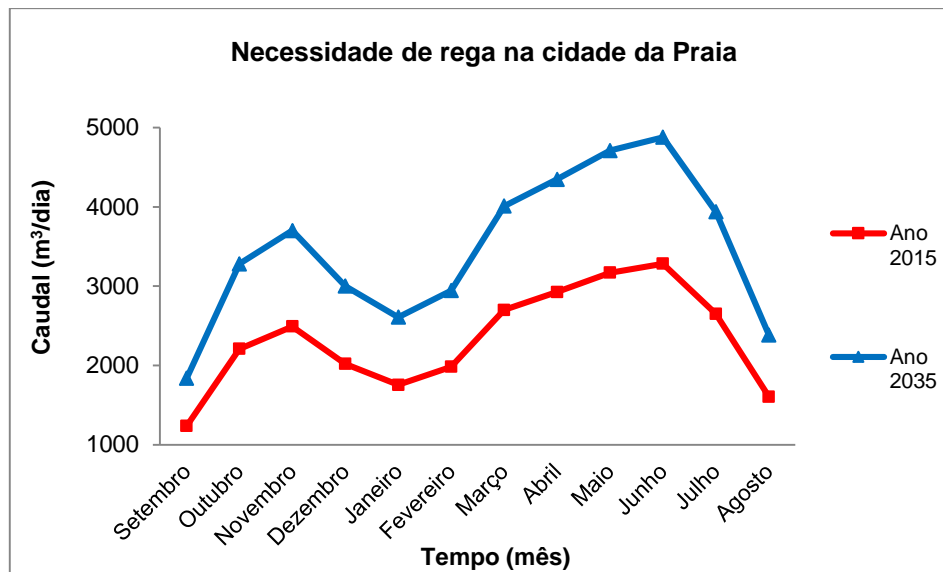


Figura 6.24 – Necessidades diárias de rega na cidade da Praia no ano zero e no ano horizonte (em termos de caudal)

O armazenamento de águas residuais tratadas tem sido uma questão cada vez mais pertinente no contexto da reutilização das mesmas e especialmente onde os municípios têm estabelecido metas de redução ou até eliminação da descarga da água residual tratada, encarando-a como um recurso reaproveitável económica e ambientalmente sustentável (Metcalf & Eddy, 2003).

Os reservatórios utilizados para o armazenamento de águas residuais tratadas podem apresentar configurações abertas ou fechadas, sendo que é mais comum a utilização de reservatórios abertos (Metcalf & Eddy, 2003).

O volume do sistema de armazenamento da água residual tratada na ETAR do Palmarejo para rega das áreas verdes na cidade da Praia é calculado com base no caudal de rega do mês que apresenta maior necessidade de água para rega, no ano horizonte (Junho de 2035), e no tempo de retenção hidráulico adoptado (um dia). Estimou-se assim, o volume total de armazenamento a conceber de 5.000 m³.

7 CONCLUSÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

A integração dos sistemas de abastecimento de água e de tratamento de água residual doméstica apresenta vantagens não só do ponto de vista socioeconómico como também ambiental e de política de governança.

No presente trabalho avaliou-se a possibilidade de estudar o sistema integrado acima referido com aplicabilidade na cidade da Praia em Cabo Verde, recorrendo à reutilização de águas residuais tratadas na ETAR do Palmarejo para rega de áreas verdes da cidade por forma a minimizar o custo de dessalinização da água do mar com a diminuição do caudal a tratar.

A tecnologia de dessalinização da água do mar é muito dispendiosa e depende de factores como local, quantidade de água a tratar, capacidade instalada, fonte de energia utilizada, entre outros. No entanto, este processo tende a apresentar cada vez menores custos associados com a redução de custos associados aos equipamentos devido aos avanços tecnológicos. Contudo, e em contrapartida, o custo da energia continua a aumentar. Cita-se como exemplo, as reduções significativas em equipamentos de membrana e os custos de material ao longo dos últimos 20 anos (Pinzón, 2013). Actualmente, a energia corresponde à segunda maior fracção do custo de produção de água nas unidades onde se aplica a OI.

Uma vez que a obtenção de água potável (para o consumo humano directo) através do tratamento de água residual urbana é uma alternativa relativamente insustentável do ponto de vista económico, bem como a inexistência de normas que regulamentem tal prática, principalmente em regiões onde há problemas de escassez de água, não foi avaliada a hipótese de reutilizar água residuais tratadas para o consumo humano na cidade da Praia. No entanto, seria interessante utilizar o exemplo de Windhoek, na Namíbia, que é o único sítio no mundo inteiro (que se tenha conhecimento) que faz este tipo de reutilização, tendo desenvolvido os próprios guias técnicos ou regulamentos para atingir os níveis de qualidade da água para consumo humano (Gonçalves, 2011).

O estudo foi realizado para o ano horizonte de 2035.

No que concerne aos caudais de água dessalinizada para o abastecimento público e de águas residuais tratadas no ano 2014, verificou-se que o comportamento das duas curvas do gráfico (ver Figura 5.12) é semelhante, embora em termos quantitativos o último seja cerca de 22% do total do caudal distribuído no ano 2014.

As estimativas realizadas, com base nos valores assumidos e dados de base apresentadas no capítulo dos resultados, mostraram que a população da cidade da Praia, no ano 2035, será de aproximadamente 276 mil habitantes, sendo que, actualmente, já a população residente no ano 2015 é de cerca de 153 mil habitantes. A quantidade a produzir de água (estimada) através de técnicas de dessalinização da água do mar no horizonte de 2035 é de cerca de 30.000 m³.dia⁻¹

por forma a garantir o fornecimento de $73,4 \text{ l.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$. Para o mesmo ano, o caudal de águas residuais tratadas será de aproximadamente $14.300 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$.

Os custos totais estimados ao longo dos 21 anos foram de cerca de 210 milhões de euros (23,16 mil milhões de ECV), para a produção de água por dessalinização, e de 43 milhões de euros (4,73 mil milhões de ECV), para o tratamento de águas residuais, se se continuar a utilizar a água potável para a rega e a descarregar o caudal de água residual tratada no mar.

De acordo com as necessidades hídricas de rega estimadas para a cidade da Praia, concluiu-se que o caudal de águas residuais tratadas na ETAR do Palmarejo há-de ser mais do que suficiente para garantir o fornecimento de água para a rega das áreas verdes da cidade, em todos os anos do intervalo de 2015 a 2035.

Com a reutilização de água residual tratada na rega de espaços verdes da cidade da Praia, far-se-á uma poupança, face à dessalinização da água do mar, ao fim dos 21 anos, de aproximadamente 32 milhões de euros (3,52 mil milhões de ECV), assumindo que seja obrigatório o tratamento de águas residuais urbanas, antes da sua descarga no meio, e que seria racional a sua reutilização para fins compatíveis. Para além de benefícios económicos inerentes, haverá benefícios ambientais e sociais principalmente no que respeita à qualidade de água balnear das praias vizinhas (actual ponto da descarga de água residual tratada).

A água residual depois de submetida aos processos de tratamento seria armazenada temporariamente antes da sua distribuição para a rega. Neste estudo não se procedeu ao tipo de rega nem às formas como hão-de ser efectuadas. Contudo, sublinhou-se a importância do seu armazenamento após o devido tratamento.

Considerou-se um volume do sistema de armazenamento de água residual tratada na ETAR de Palmarejo para rega das áreas verdes na cidade da Praia (estimado com base no caudal de rega do mês com maior necessidade de água para rega, no ano horizonte - Junho de 2035), e no tempo de retenção hidráulico adoptado (um dia) e concluiu-se que o volume total de armazenamento a conceber será de 5.000 m^3 .

De acordo com Diogo & Oliveira, (2008), atendendo à previsibilidade dos pequenos volumes tratados e disponíveis para irrigação a curto e médio prazo e de uma provável variação temporal no que respeita aos requisitos de irrigação, torna-se necessária a consideração de outras origens complementares, ou alternativas, para o caso de interrupção temporária do fornecimento e de uma importante capacidade de armazenamento.

Relativamente ao inquérito realizado a uma amostra de 260 pessoas (sendo a esmagadora maioria delas, chefes de família) permitiu chegar às seguintes conclusões:

- A maioria parte dos inquiridos foram do sexo feminino (prevalência de famílias monoparentais femininas) e com idade compreendida entre os 15 e os 44 (80%) e com baixo nível de escolaridade;

- A dimensão média do agregado familiar é de 4,4 pessoas por família;
- A maior parte dos inquiridos não possuía informação sobre a origem de água que consome;
- Só cerca de 60% dos inquiridos tinha água canalizada no interior do alojamento. Dos que não tinham, a maioria ainda recorre aos fontanários e chafarizes e a casas de vizinhos. Mais de 20% dos inquiridos recorre aos autotanques de distribuição para a obtenção de água para o consumo doméstico;
- A capitação média *per capita* de água foi de 36 l.hab⁻¹.dia⁻¹. Na sub-divisão U4 registaram-se as capitações médias mais baixas - 27 l.hab⁻¹.dia⁻¹ e as mais elevadas - 41,5 l.hab⁻¹.dia⁻¹ na sub-divisão U2;
- Os custos de obtenção de água dependem da forma como é feito o abastecimento da mesma. Variam entre 2,3 €/m³ (250 ECV/m³) para as pessoas ligadas à rede pública de distribuição e 14,6 €/m³ (1600 ECV/m³);
- A percepção dos inquiridos no que se refere à razão pela qual o custo de obtenção de água na cidade da Praia é elevado aponta para a inexistência de outras fontes de abastecimento (44%), seguida do custo de dessalinizar a água do mar (31%), demonstrando, estes resultados, que as pessoas não estão informadas no que se refere a este assunto;
- Relativamente às águas residuais domésticas, no que diz respeito à presença de casa de banho, 24% dos inquiridos ainda não possuíam casa de banho no alojamento e dos 76% que tinham, apenas 31% tinha duche incluído. Este factor é crucial na quantidade de água residual produzida e, conseqüentemente, afluente à ETAR;
- A maioria dos inquiridos utilizam as fossas sépticas para a rejeição de água residual que produz e uma parcela considerável faz a rejeição ao redor da casa. Apenas 26,5% dos inquiridos se encontravam ligados à rede pública de drenagem de águas residuais. Salienta-se ainda que um número significativo de pessoas ainda utiliza a natureza (mar, linhas de águas, achadas vazias entre outros) como meio de rejeição dos efluentes produzidos (incluindo os dejectos humanos e de animais);
- No que diz respeito às alternativas mais e menos prioritárias, na opinião dos inquiridos, a serem adoptadas como medida de melhoramento da situação actual em termos de cobertura da rede de drenagem de águas residuais na cidade da Praia, destacam-se «o alargamento da rede pública de drenagem de águas residuais de modo a cobrir a totalidade dos bairros» e «a construção de casas de banho nas casas e ligação às fossas sépticas», respectivamente;
- Relativamente ao conhecimento dos inquiridos sobre a existência da ETAR na cidade da Praia, há um elevado défice na divulgação da informação e na matéria de educação ambiental por parte da entidade gestora, uma vez que cerca de 61% dos inquiridos desconhecia a existência da infra-estrutura. Apenas 16% conheciam a ETAR;

- Quanto ao grau de importância atribuído ao tratamento de águas residuais antes da sua descarga, cerca de 64% dos inquiridos pensa que seria importante e 22,3% pensa que seria muito importante. Assim sendo, pensa-se que a população se encontra minimamente consciencializada neste contexto dado que a maioria partilha da opinião que seja importante o tratamento de águas residuais urbanas antes da sua descarga;
- Relativamente à reutilização de águas residuais tratadas, a maioria dos inquiridos afirmou não possuir qualquer conhecimento sobre este assunto (55%) e 33% afirmou possuir pouco conhecimento;
- No que concerne à aceitação por parte dos inquiridos relativamente à reutilização de águas residuais tratadas, quase 50% manifestaram-se contra a reutilização. Este resultado está directamente relacionado com a questão de falta do conhecimento nesta matéria por parte da população;
- Finalmente, no que se refere aos tipos de reutilização de águas residuais tratadas, cerca de 81% dos inquiridos achou que a água residual tratada pode ser reutilizável na rega agrícola e cerca de 62% citou alguns dos usos domésticos não potáveis como limpeza, descarga de autoclismos, lavagem de roupas entre outros, como forma de reutilização de águas residuais tratadas.

Através deste inquérito, foi possível verificar que o nível de conhecimento das pessoas é muito reduzido no que diz respeito a esta temática.

Foi possível concluir que a deficiente cobertura da rede, quer em termos de distribuição de água de abastecimento, quer em termos de drenagem de águas residuais, deve-se essencialmente aos custos de ligação e ao deficiente ordenamento do território que se verifica em muitos bairros da cidade. A baixa taxa de cobertura da rede pública de drenagem de águas residuais domésticas é um factor fundamental que contribui para reduzido caudal afluyente à ETAR do Palmarejo.

A reutilização de água residual implica que exista credibilidade quer nos sistemas de tratamento utilizados, quer na entidade responsável pelo tratamento. Neste aspecto, a manutenção de uma constante qualidade e sempre de acordo com as normas vigentes é de extrema importância para a monitorização dos sistemas.

É igualmente pertinente a existência de um programa de monitorização contínua e sistemática, em que, caso as análises de qualidade efectuadas à água não estejam de acordo com as normas de reutilização para um dado uso, a água tratada deverá ser novamente encaminhada para a cabeça da linha de tratamento, até à obtenção da qualidade final estabelecida pelos decretos regulamentares (tendo sempre em consideração os 'pilares' do princípio da sustentabilidade).

Com o avanço da tecnologia presume-se que, futuramente, as principais preocupações dos dirigentes políticos e gestores dos sistemas de abastecimento de água assentar-se-ão em garantir acesso da água à população em quantidade suficientemente adequada para suprir as

necessidades do consumo. Com isto, a reciclagem da água residual urbana ou até de efluentes industriais tornar-se-á um importante potencial no que se refere a obtenção de água em quantidades e qualidades aceitáveis bem como na geração de emprego e garantia de um saneamento cada vez mais adequado e na construção e manutenção de cidades sustentáveis.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Jasser, A. O., (2009). Saudi wastewater reuse standards for agricultural irrigation: Riyadh treatment plants effluent compliance. *Journal of King Saud University – Engineering Sciences* (2011). **23**, 1 – 8.
- Almeida, M. G. L. S. F., (2005). *Contribuição para o estudo da avaliação de instalações de tratamento de águas. Desenvolvimento de um algoritmo de cálculo automático*. Dissertação de Doutoramento da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa
- Alves, N. J. D., (2008). *Implementação de um sistema de reutilização de águas residuais urbanas para rega de zonas verdes com elevado contacto humano* - Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Amjad, Z., (1993). *Reverse Osmosis: Membrane Technology, Water Chemistry, and Industrial Applications*, Van Nostrand Reinhold, New York, NY.
- Angelakis, A. N., Thairs, T., Lazarova, V., (2001) (In collaboration with Asano, T.) – *Water Reuse in the EU Countries: Necessity of Establishing EU Guidelines*. EUREAU Joint Water Reuse Working Group. Brussels, Belgium, March 2001.
- Araújo, A. C. S. P. A., (2013). *Contribuição para o Estudo da Viabilidade/Sustentabilidade da Dessalinização enquanto Técnica de Tratamento de Água*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Perfil Engenharia Sanitária.
- Asano, T., Burton, H., Tsuchihashi, Tchobanoglous, G., (2007). *Water Reuse – Issues, Technologies and Applications*. Mc Graw-Hill, New York.
- Banco Mundial (2007). *Making the most of scarcity: Accountability for better water management results in the Middle East and North Africa. 2007*.
- Barba, D., Caputi, P., Cifoni, D., (1997). *Drinking water supply in Italy*. *Desalination*, 113, 111 – 117pp.
- Coelho, S. F., (2008). *Estudo de Potenciais Efeitos na Saúde Pública Resultantes da Utilização de Produtos Químicos no Tratamento de Águas de Abastecimento* – Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Diogo, A.F. & Oliveira, A.L. (2008), “*Sistemas de drenagem e reutilização de águas residuais comunitárias da Zona Sudoeste do Município da Praia, Cabo Verde, um caso de estudo*”, 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia, Maputo, Setembro 2008;

Duranceau, S. J., (2001). *Reverse Osmosis and Nanofiltration Technology: Inorganic, Softening and Organic Control*. American Membrane Technology Association's Annual Symposium, August 5-8, 2001.

ELECTRA, (2012). Empresa de Electricidade e Água, SARL – Cabo Verde. Relatório de contas Disponível em: <http://www.electra.cv/index.php/2014-05-20-15-47-04/relatorios-sarl>. Acedido a 09 de Novembro de 2014.

Estudo/Diagnóstico sobre o mercado de trabalho em cabo verde consultado a 12/01/2015. Disponível em: http://www.governo.cv/documents/estudo_sobre_mercado_de_emprego.pdf

Évora, H. S. L., (S/D). Avaliação microbiológica e físico-química de água residual tratada para uso agrícola em São Vicente consultado em:

http://www.islhagua.org/c/document_library/get_file?p_l_id=23191&folderId=23235&name=DLFE-932.pdf (21-10-2014);

FAO, (2007). *Water Scarcity*. Disponível em: http://www.fao.org/nr/water/topics_scarcity.html. Acedido a 22 de Novembro de 2014.

Gomes, J. M. C., (2011). *Contribuição para o estudo de sistemas de tratamento de água a adoptar em zonas economicamente desfavorecidas*. Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

Gomes, J. R. F., (2014). *Safe reuse of treated urban wastewater in Praia, Cape Verde: a case study*. Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Engenharia e Gestão da Água, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

Gonçalves, A. I. B., (2011). *Avaliação da Reutilização de Água Residual Tratada para Consumo Humano por Processos de Separação por Membranas*. Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

G.W.I (Global Water Intelligence), (2006^{aa}). *Desalination Markets 2007: A Global Forecast*. Oxford, UK: Media Analytics Ltd.

Habert, A. C., Borges, C.P., Nobrega, R., (1997). *Processos de separação com membranas*, Rio de Janeiro: COPPE / UFRJ, Apostila.

Hall, E.L., Dietrich, A.M., (2000). A brief history of drinking water. *Opflwo*. 26(6), 46-49pp.

Karagiannis, I. C. & Soldatos, P. G., (2007). *Water desalination cost literature: review and assessment*, *Desalination*, 223 (2008), pp. 448-456;

Leusbrock, I. (2011). *Removal of Inorganic Compounds Via Supercritical Water: Fundamentals and Applications*. Dissertation, University of Groningen, Netherlands.

- Levy, J. Q. (2008). *Novas Fontes de Abastecimento - Reutilização e Dessalinização* (1ª ed.). Ecoserviços.
- Lima, D. M. S., (2013). *Contribuição para Evolução do Abastecimento de Água em Zonas Rurais da Ilha de Santiago, Cabo Verde*. Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Lima, I. P., (2012). *Inundações urbanas: desafios ao ordenamento do território. O caso da cidade da praia (cabo verde)*. Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Geografia Física e Ordenamento do Território, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Mano, A. P., (2005b). Filtração por membranas, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 8pp.
- Mara, D. D., (1978). *Sewage Treatment in Hot Climates*. John Wiley & Sons, Chichester.
- Marecos do Monte, M. H., Albuquerque, A., (2010). Reutilização de águas residuais – Série GUIAS TÉCNICOS 14;
- MED WWR WG, (2007). Mediterranean Wastewater Reuse Report – Annex B: Case Studies
- Metcalf & Eddy (2003). *Water Treatment Plant Design*. Third Edition. McGraw – Hill International Editions, Lisbon.
- Metcalf & Eddy, (2003). *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse*. Third Edition. McGraw – Hill International Editions, Lisbon.
- Mukheibir, P., (2010). *Water Access, Water Scarcity and Climate Change*. Environmental Management (2010) 45:1027–1039.
- Nakatsuka, S., Nakate, I., Miyano, T., (1996). Drinking water treatment by using ultrafiltration hollow fibber membranes, *Desalination*, 106, 55-61pp.
- NRC. (2008). *Desalination: A National Perspective*. Comitee on Advancing Desalination Technology Board. National Research Council (NRC) of the U.S. National Academies. Disponível em http://waterwebster.org/documents/NRCDesalinationreport_000.pdf. Acedido a 27 de Novembro de 2014.
- PDM – Plano Director Municipal – (2013). *Relatório de Caracterização e Diagnóstico*. Anteprojecto (2ª versão – Abril de 2013), **vol. 1**.
- PEAS-CV - Programa de Energia, Água e Saneamento de Cavo Verde, (2004). *Estudo sobre as Leis e Regulamentos do Sector da Água e do Saneamento e sobre o Estatuto do Pessoal do INRGH*. Relatório Final e Compilação de Legislação de cabo Verde sobre Recursos Hídricos. Contract No. 103/UCPEAS/2004.

PENAS – Plano Estratégico Nacional de Água e Saneamento, (2013). *Preparação do plano estratégico nacional de água e saneamento, incluindo avaliação ambiental estratégica avaliação ambiental e social estratégica nacional*. Relatório final.

Pinzón, J., (2013). Energy efficiency in water reuse and desalination – Five Individual Projects Which Address Energy Efficiency in both Water Reuse and Desalination. Final project report.

Rodrigues, H. J. A., (2008). *Evolução da Qualidade das Origens de Água e os Limites de Aplicabilidade de Sistemas Convencionais de Tratamento de Águas. Soluções de Reabilitação – Monte Novo e Roxo*. Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

Sautchük, C.A., Landl, F.D., Mierzwa, J.C., Vivacqua, M.C.R.; Silva, M.C.C., Landi, P.D., Schmidt, W. (2004). Conservação e Reuso de água: Manual de orientações para o sector industrial. Federação e Centro das Indústrias do *Estado de São Paulo – FIESP/CIESP, vol. 1*.

Silva. L. C., Orsine. J. V. C., (2011). Reutilização de água como ferramenta de sistemas de gestão ambiental agro-industriais e domésticos.

Silva, R. (2003). Gestão dos recursos hídricos – a experiência de cabo verde. *6º SILUSBA – Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa*. Comunicação **Vol.3**.

Silveira, E. M. B., (2011). *Áreas Residenciais Clandestinas na Cidade da Praia: Caso Latada e Achada Eugénio Lima Trás*. Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Geografia Física e Ordenamento do Território, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa, Lisboa.

UN-Water (2006). Relatório do Desenvolvimento Humano 2006. A água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água.

UN-Water. 2006a. The United Nations World Water Development Report 2: Water, a shared responsibility. World Water Assessment Programme (WWAP). Disponível na página: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001444/144409e.pdf>. Acedido a 24 de Novembro de 2014.

U.S.EPA, (1990). *Health Effects of Drinking Water Treatment Technologies_ Drinking Water Health Effects Task Force*. Office of Drinking Water. Published by Lewis Publishers, Inc. Chelsea. 146pp.

Victorino, C. A. J., (2007). PLANETA ÁGUA MORRENDO DE SEDE. Uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos.

Vörösmarty C. J., Green P., Salisbury J., Lammers R.B., (2000). *Vulnerability from Climate Change and Population Growth*. *Science* 289, 284 (2000).

Vigneswaran, S., & Sundaravadivel, M., (N/D). Recycle and Reuse of Domestic Wastewater. Disponível em: <http://www.eolss.net/ebooks/sample%20chapters/c07/e2-14-01.pdf>. Acedido a 05 de Dezembro de 2014.

WHO, (2011). *Guidelines for Drinking-water Quality*. Fourth Edition

Alguns sites consultados:

<http://www.eneg2011.apda.pt/pt/pagina/17> (Vala de oxidação)

<http://alcacovas.blogs.sapo.pt/1191316.html> (Lagoas de macrófitas)

<http://www.interagua.pt/paginas/portugues/inicio.php> (Decantador circular)

<http://www.tecdepur.com/> (Disco biológico)

<http://www.b2babimaq.com.br/> (Leito percolador)

<http://www.sigma.ind.br/> (Decantador circular)

9 ANEXOS

Anexo I

Quadro 1 – Evolução da população de cabo verde por concelho (2000 – 2010) (Fonte: PDM, 2013)

Concelho	Superfície (Km2)	Pop2000	Pop2010	TCMA_1
Ribeira Grande	166,357	21594	18890	-0,013
Paul	54,434	8385	7032	-0,017
Porto Novo	563,663	17191	17993	0,005
S. Vicente	220,114	67163	76107	0,013
Ribeira Brava	222,231	8467	7580	-0,011
Tarrafal de S. Nicolau	124,284	5180	5237	0,001
Sal	220,948	14816	25657	0,056
Boavista	627,287	4209	9162	0,081
Maio	274,997	6754	6952	0,003
Tarrafal	120,902	17792	18565	0,004
Santa Catarina	242,991	40852	43297	0,006
Santa Cruz	111,99	25234	26609	0,005
Praia	102,68	98118	131719	0,03
S. Domingos	147,794	13320	13686	0,003
S. Miguel	77,377	16128	15648	-0,003
S. Salvador do Mundo	26,521	9172	8677	-0,006
S. Lourenço dos Órgãos	37,284	7781	7388	-0,005
Ribeira Grande de Santiago	138,286	8234	7732	-0,006
Mosteiros	85,473	9535	9524	0
S. Filipe	231,213	23127	22228	-0,004
Santa Catarina do Fogo	153,858	4769	5299	0,011
Brava	62,962	6804	5995	-0,013
Total Cabo Verde	4013,646	434625	491575	0,012

Quadro 2 – Ranking das 100 cidades com maior densidade populacional do mundo

Rank	Cidade	País	Densidade populacional Hab/Km2
87	Washington	USA	1.300
88	San Diego	USA	1.300
	Praia	Cabo Verde	1.297
89	Detroit	USA	1.200
90	Dallas/Fort Worth	USA	1.150
91	Houston	USA	1.150
92	Baltimore	USA	1.150
93	Philadelphia	USA	1.100
94	Seattle	USA	1.100
95	Minneapolis/St. Paul	USA	1.050
96	Tampa/St. Petersburg	USA	1.000
97	San Juan	Porto Rico	950
98	St. Louis	USA	950
99	Boston	USA	900
100	Atlanta	USA	700

Fonte: <http://www.citymayors.com> e adaptação

Anexo II

Inquérito

Acesso a água para fins potáveis e domésticos e reutilização de águas residuais tratadas para fins diversos

No âmbito da realização da dissertação intitulada de "**Contribuição para o estudo de um sistema integrado de abastecimento de água e tratamento de águas residuais domésticas. Caso de estudo: Praia – Cabo Verde**", para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil de Engenharia Sanitária, na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, pretende-se realizar um inquérito à população da cidade da Praia por forma a poder quantificar alguns dados pertinentes à realização da referida dissertação.

O presente inquérito tem por objectivo adquirir dados que possibilitem o estudo do tema supracitado e avaliar a percepção das pessoas sobre a dinâmica dos sistemas de abastecimento de água e de produção, evacuação, tratamento e possíveis utilizações das águas residuais recidadas.

1 - Dados do(a) inquirido(a)

Idade: anos

Sexo: M F

Subdivisão Urbana: U1 U2 U3 U4 U5

Habilitação literária:

Nº pessoas/família:

2 - Questões sobre o consumo de água para fins domésticos

2.1 - Sabe como é produzida a água que abastece a sua casa?

2.2 - Tem água canalizada?

Sim Não

2.2.1 - Se Não, Qual é a fonte de abastecimento de água para o consumo doméstico?

Água comprada em casa dos vizinhos

Fontanários

Autotanques

Outros

2.3 - Qual é quantidade média de consumo de água por dia e por agregado? (formas de contabilizar ilustrado em baixo).

Recipientes de 25 litros Reservatórios de 200 litros Facturas de água ELECTRA

2.4 – Quanto é que paga pela água que consome (ECV) por quantidade?

- | | |
|---|--------------------------|
| Água canalizada no interior do alojamento | <input type="checkbox"/> |
| Água comprada em casa dos vizinhos | <input type="checkbox"/> |
| Fontanários | <input type="checkbox"/> |
| Autotanques | <input type="checkbox"/> |
| Outros | <input type="checkbox"/> |

2.5 – Na sua opinião, qual dos seguintes factores constitui o principal motivo para que a ligação domiciliária na cidade da praia não abranja cerca de metade da população?

- | | |
|--|--------------------------|
| Preferência por outras fontes de abastecimento | <input type="checkbox"/> |
| Deficiente ordenamento do território | <input type="checkbox"/> |
| Quantidade de água disponível inferior à procura | <input type="checkbox"/> |
| Custo de ligação elevado | <input type="checkbox"/> |
| Roubo ao longo do ramal e vandalismo | <input type="checkbox"/> |

2.6 – Acha que o custo de obtenção da água para o consumo na cidade da praia é relativamente elevado porque:

- | | |
|--|--------------------------|
| O tratamento de água utilizado é caríssimo | <input type="checkbox"/> |
| Não existem outras fontes disponíveis | <input type="checkbox"/> |
| Há muito desperdício e práticas irregulares (consumidores) | <input type="checkbox"/> |
| Os níveis de precipitação são baixos e acarreta-se de SAAP | <input type="checkbox"/> |

3 – Questões sobre águas residuais

3.1 – Na sua casa, possui casa de banho?

- | | |
|---|--------------------------|
| Sim, com duche e com instalações sanitárias | <input type="checkbox"/> |
| Sim, sem duche com instalações sanitárias | <input type="checkbox"/> |
| Não | <input type="checkbox"/> |

3.2 – Qual é o sistema de evacuação de águas residuais domésticas que utiliza?

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| Rede pública de drenagem | <input type="checkbox"/> |
| Fossas sépticas | <input type="checkbox"/> |
| Redor de casa | <input type="checkbox"/> |
| Natureza | <input type="checkbox"/> |

3.3 – Considerando as quatro alternativas que se seguem, qual seria, para si, a alternativa prioritária a ser adoptada como medida de melhoramento da situação actual, em termos de saneamento, na cidade da Praia?

	1	2	3	4
A. Construção de casas de banho nas casas que não as têm e ligação às fossas sépticas				
B. Construção de casas de banho nas casas que não as têm e ligação à rede pública				
C. Alargamento da rede pública de drenagem de águas residuais de modo a cobrir a totalidade dos bairros				
D. Ligação aos colectores públicos existentes, das casas que já dispõem de casas de banho ligadas às fossas sépticas				

3.4 – Já tinha algum conhecimento sobre a existência de ETAR na cidade da Praia?

Sim, conheço-a

Sim, já ouvi falar

Não

3.5 – Qual é o grau de importância que atribui ao tratamento/depuração de águas residuais antes da sua descarga (em bruto) para o meio?

Sem opinião

Sem importância

Pouco importante

Importante

Muito Importante

3.6 – Qual é o grau de conhecimento que possui a cerca da reutilização de águas residuais?

Nenhum

Pouco

Razoável

Muito

Profundo

4 – Questões de aceitação por parte da população

4.1 – Reutilizaria águas residuais tratadas?

Sim

Depende do tipo de uso

Não

4.2 – Para que fins podem ser utilizadas as águas residuais após o devido e adequado tratamento?

Muito obrigado pela sua colaboração!

Fotografias utilizadas na realização do inquérito



Anexo III

As duas qualidades em questão são, de acordo o PENAS, 2013:

a) água potável; enquanto não sejam estabelecidas normas de qualidade da água em Cabo Verde, recomenda-se que para a definição da qualidade da água potável se considerem os requisitos contemplados no guia da OMS para a qualidade de água potável (“Guidelines for Drinking-water Quality”), na sua edição 4^a, publicada em 2011;

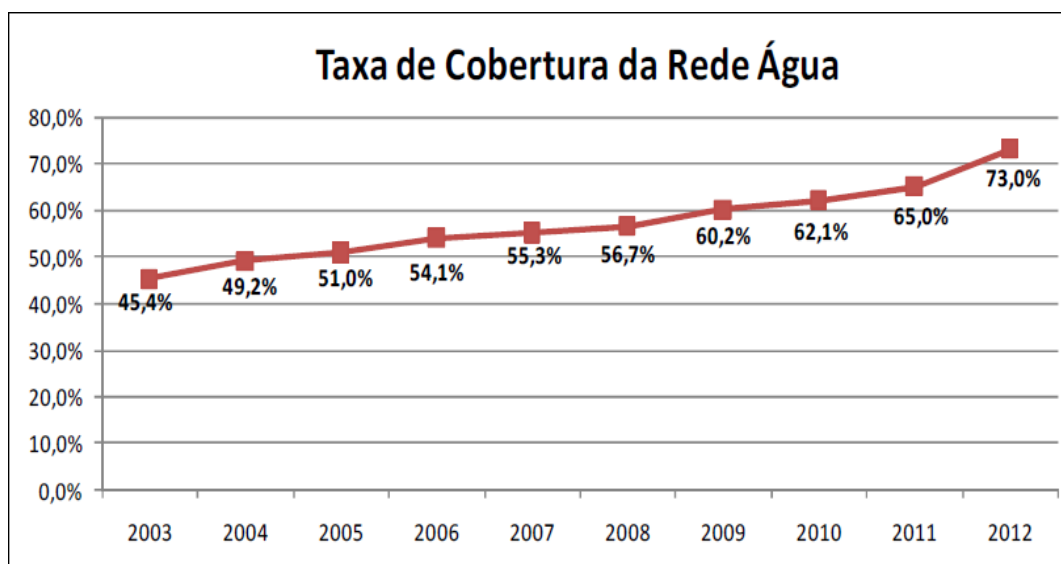
b) água não potável mas que permita o uso na higiene pessoal e na lavagem de roupa e de loiça, tendo como características mínimas a transparência, a ausência de óleos, gorduras e demais resíduos visíveis, menos de 400 ufc (unidades formadoras de colónias)/100 mL de enterococos intestinais e menos de 1 000 ufc/100 mL de Escherichia coli.

Anexo IV

Áreas de cobertura dos sub-sistemas de Transporte Distribuição:

- Sub-sistema de Monte Babosa A – garante a cobertura de 70.848 habitantes abrangendo as zonas de Palmarejo, Terra Branca, Fazenda Achada Santo António, Várzea, Achadinha, Platô, Lém Ferreira, Fazenda, Prainha, Vila Nova, Lém Cachorro, Calabaceira (50%), Paiol e Castelão (50%);
- Sub-sistema de Eugénio Lima – cobre cerca de 41.200 habitantes abrangendo as zonas de S. Pedro, Pensamento, Calabaceira (50%), Safende, Eugénio Lima, Terra Branca Expansão, Ponta Água, Achada Mato, Castelão (50%), Achada Grande Frente, Achada Grande Trás). Salienta-se que o sub-sistema de Eugénio Lima abastece o sub-sistema de Ponta d'Água
- Sub-sistema de Ponta d'Água - abastece
- Sub-sistema de Achada S. Filipe - 7.341 habitantes, (Achada S. Filipe e Alto Safende)

Evolução da taxa de cobertura de abastecimento de água em Cabo verde



Dados mais recentes de perdas registadas no sistema de abastecimento de água em Cabo Verde (ELECTRA-SUL, 2012)

Repartição da água produzida (m3)							
Unidade de Produção	Água produzida		Consumo Interno	Vendas	Perdas		
	Origem	Quantidade			2012	2011	
S.Vicente	Dessalinização	1.250.804	4.514	965.935	280.355	22,4%	27,8%
Sal	Dessalinização	723.537	4.978	504.872	213.687	29,5%	26,6%
	Dessalinização Subterrânea	2.092.513 316.836					
Santiago (Praia)		2.409.349	9.852	1.469.909	929.588	38,6%	35,6%
Total Electra		4.383.690	19.344	2.940.716	1.423.630	32,5%	31,8%

Anexo V

Alguns exemplos de inquéritos respondidos

Inquérito

Acesso a água para fins potáveis e domésticos e reutilização de águas residuais tratadas para fins diversos

No âmbito da realização da dissertação intitulada de "Contribuição para o estudo de um sistema integrado de abastecimento de água e tratamento de águas residuais domésticas. Caso de estudo: Praia - Cabo Verde", para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil de Engenharia Sanitária, na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, pretende-se realizar um inquérito à população da cidade da Praia por forma a poder quantificar alguns dados pertinentes à realização da referida dissertação.

O presente inquérito tem por objectivo adquirir dados que possibilitem o estudo do tema supracitado e avaliar a percepção das pessoas sobre a dinâmica dos sistemas de abastecimento de água e de produção, evacuação, tratamento e possíveis utilizações das águas residuais recicladas.

1 - Dados do(a) inquirido(a)

Idade: anos

Sexo: M F

Subdivisão Urbana: U1 U2 U3 U4 U5

Habilitação literária:

Nº pessoas/família:

2 - Questões sobre o consumo de água para fins domésticos

2.1 - Sabe como é produzida a água que abastece a sua casa?

Através de extração da sal de água do mar

2.2 - Tem água canalizada?

Sim Não

2.2.1 - Se Não, Qual é a fonte de abastecimento de água para o consumo doméstico?

Água comprada em casa dos vizinhos

Fontanários

Autotanques

Outros

2.3 - Qual é quantidade média de consumo de água por dia e por agregado? (formas de contabilizar ilustrado em baixo).

Recipientes de 25 litros

Reservatórios de 200 litros

Facturas de água ELECTRA
4,5 m³/mês

2.4 – Quanto é que paga pela água que consome (ECV) por quantidade?

Água canalizada no interior do alojamento

250 ECV / m³

Água comprada em casa dos vizinhos

Fontanários

Autotanques

Outros

2.5 – Na sua opinião, qual dos seguintes factores constitui o principal motivo para que a ligação domiciliária na cidade da praia não abranja cerca de metade da população?

Preferência por outras fontes de abastecimento

Deficiente ordenamento do território

Quantidade de água disponível inferior à procura

Custo de ligação elevado

Roubo ao longo do ramal e vandalismo

2.6 – Acha que o custo de obtenção da água para o consumo na cidade da praia é relativamente elevado porque:

O tratamento de água utilizado é caríssimo

Não existem outras fontes disponíveis

Há muito desperdício e práticas irregulares (consumidores)

Os níveis de precipitação são baixos e acarreta-se de SAAP

3 – Questões sobre águas residuais

3.1 – Na sua casa, possui casa de banho?

Sim, com duche e com instalações sanitárias

Sim, sem duche com instalações sanitárias

Não

3.2 – Qual é o sistema de evacuação de águas residuais domésticas que utiliza?

Rede pública de drenagem

Fossas sépticas

Redor de casa

Natureza

3.3 – Considerando as quatro alternativas que se seguem, qual seria, para si, a alternativa prioritária a ser adoptada como medida de melhoramento da situação actual, em termos de saneamento, na cidade da Praia?

	1	2	3	4
A. Construção de casas de banho nas casas que não as têm e ligação às fossas sépticas			X	
B. Construção de casas de banho nas casas que não as têm e ligação à rede pública		X		
C. Alargamento da rede pública de drenagem de águas residuais de modo a cobrir a totalidade dos bairros	X			
D. Ligação aos colectores públicos existentes, das casas que já dispõem de casas de banho ligadas às fossas sépticas				X

3.4 – Já tinha algum conhecimento sobre a existência de ETAR na cidade da Praia?

Sim, conheço-a

Sim, já ouvi falar

Não

3.5 – Qual é o grau de importância que atribui ao tratamento/depuração de águas residuais antes da sua descarga (em bruto) para o meio?

Sem opinião

Sem importância

Pouco importante

Importante

Muito Importante

3.6 – Qual é o grau de conhecimento que possui a cerca da reutilização de águas residuais?

Nenhum

Pouco

Razoável

Muito

Profundo

4 – Questões de aceitação por parte da população

4.1 – Reutilizaria águas residuais tratadas?

Sim

Depende do tipo de uso

Não

4.2 – Para que fins podem ser utilizadas as águas residuais após o devido e adequado tratamento?

*Rega Agrícola
Lavagem de contentor de R.S.U
Lavagem de Ruas.*

Muito obrigado pela sua colaboração!

Inquérito

Acesso a água para fins potáveis e domésticos e reutilização de águas residuais tratadas para fins diversos

No âmbito da realização da dissertação intitulada de "Contribuição para o estudo de um sistema integrado de abastecimento de água e tratamento de águas residuais domésticas. Caso de estudo: Praia - Cabo Verde", para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil de Engenharia Sanitária, na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, pretende-se realizar um inquérito à população da cidade da Praia por forma a poder quantificar alguns dados pertinentes à realização da referida dissertação.

O presente inquérito tem por objectivo adquirir dados que possibilitem o estudo do tema supracitado e avaliar a percepção das pessoas sobre a dinâmica dos sistemas de abastecimento de água e de produção, evacuação, tratamento e possíveis utilizações das águas residuais recicladas.

1 - Dados do(a) inquirido(a)

Idade: anos

Sexo: M F

Subdivisão Urbana: U1 U2 U3 U4 U5

Habilitação literária:

Nº pessoas/família:

2 - Questões sobre o consumo de água para fins domésticos

2.1 - Sabe como é produzida a água que abastece a sua casa?

Não sabe

2.2 - Tem água canalizada?

Sim Não

2.2.1 - Se Não, Qual é a fonte de abastecimento de água para o consumo doméstico?

Água comprada em casa dos vizinhos

Fontanários

Autotanques

Outros

2.3 - Qual é quantidade média de consumo de água por dia e por agregado? (formas de contabilizar ilustrado em baixo).

Recipientes de 25 litros Reservatórios de 200 litros Facturas de água ELECTRA

*150 Litros
(6 Rec de 25 L)*

2.4 - Quanto é que paga pela água que consome (ECV) por quantidade?

- Água canalizada no interior do alojamento
- Água comprada em casa dos vizinhos
- Fontanários 20 ECV / 25L
- Autotanques
- Outros

2.5 - Na sua opinião, qual dos seguintes factores constitui o principal motivo para que a ligação domiciliária na cidade da praia não abranja cerca de metade da população?

- Preferência por outras fontes de abastecimento
- Deficiente ordenamento do território
- Quantidade de água disponível inferior à procura
- Custo de ligação elevado
- Roubo ao longo do ramal e vandalismo

2.6 - Acha que o custo de obtenção da água para o consumo na cidade da praia é relativamente elevado porque:

- O tratamento de água utilizado é caríssimo
- Não existem outras fontes disponíveis
- Há muito desperdício e práticas irregulares (consumidores)
- Os níveis de precipitação são baixos e acarreta-se de SAAP

3 - Questões sobre águas residuais

3.1 - Na sua casa, possui casa de banho?

- Sim, com duche e com instalações sanitárias
- Sim, sem duche com instalações sanitárias
- Não

3.2 - Qual é o sistema de evacuação de águas residuais domésticas que utiliza?

- Rede pública de drenagem
- Fossas sépticas
- Redor de casa
- Natureza

3.3 - Considerando as quatro alternativas que se seguem, qual seria, para si, a alternativa prioritária a ser adoptada como medida de melhoramento da situação actual, em termos de saneamento, na cidade da Praia?

	1	2	3	4
A. Construção de casas de banho nas casas que não as têm e ligação às fossas sépticas			<input checked="" type="checkbox"/>	
B. Construção de casas de banho nas casas que não as têm e ligação à rede pública				<input checked="" type="checkbox"/>
C. Alargamento da rede pública de drenagem de águas residuais de modo a cobrir a totalidade dos bairros		<input checked="" type="checkbox"/>		
D. Ligação aos colectores públicos existentes, das casas que já dispõem de casas de banho ligadas às fossas sépticas	<input checked="" type="checkbox"/>			

3.4 - Já tinha algum conhecimento sobre a existência de ETAR na cidade da Praia?

Sim, conheço-a

Sim, já ouvi falar

Não

3.5 - Qual é o grau de importância que atribui ao tratamento/depuração de águas residuais antes da sua descarga (em bruto) para o meio?

Sem opinião

Sem importância

Pouco importante

Importante

Muito Importante

3.6 - Qual é o grau de conhecimento que possui a cerca da reutilização de águas residuais?

Nenhum

Pouco

Razoável

Muito

Profundo

4 - Questões de aceitação por parte da população

4.1 - Reutilizaria águas residuais tratadas?

Sim

Depende do tipo de uso

Não

4.2 - Para que fins podem ser utilizadas as águas residuais após o devido e adequado tratamento?

Rega Agrícola
Rega de Parques urbanos e jardins

Muito obrigado pela sua colaboração!

Inquérito

Acesso a água para fins potáveis e domésticos e reutilização de águas residuais tratadas para fins diversos

No âmbito da realização da dissertação intitulada de "Contribuição para o estudo de um sistema integrado de abastecimento de água e tratamento de águas residuais domésticas. Caso de estudo: Praia - Cabo Verde", para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil de Engenharia Sanitária, na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, pretende-se realizar um inquérito à população da cidade da Praia por forma a poder quantificar alguns dados pertinentes à realização da referida dissertação.

O presente inquérito tem por objectivo adquirir dados que possibilitem o estudo do tema supracitado e avaliar a percepção das pessoas sobre a dinâmica dos sistemas de abastecimento de água e de produção, evacuação, tratamento e possíveis utilizações das águas residuais recicladas.

1 - Dados do(a) inquirido(a)

Idade: anos

Sexo: M F

Subdivisão Urbana: U1 U2 U3 U4 U5

Habilitação literária:

Nº pessoas/família:

2 - Questões sobre o consumo de água para fins domésticos

2.1 - Sabe como é produzida a água que abastece a sua casa?

Não sabe

2.2 - Tem água canalizada?

Sim Não

2.2.1 - Se Não, Qual é a fonte de abastecimento de água para o consumo doméstico?

Água comprada em casa dos vizinhos
Fontanários
Autotanques
Outros

2.3 - Qual é quantidade média de consumo de água por dia e por agregado? (formas de contabilizar ilustrado em baixo).

Recipientes de 25 litros Reservatórios de 200 litros Facturas de água ELECTRA

1/2 Reservat/dia

2.4 – Quanto é que paga pela água que consome (ECV) por quantidade?

- Água canalizada no interior do alojamento
- Água comprada em casa dos vizinhos
- Fontanários
- Autotanques 300 ECV/200l
- Outros

2.5 – Na sua opinião, qual dos seguintes factores constitui o principal motivo para que a ligação domiciliária na cidade da praia não abranja cerca de metade da população?

- Preferência por outras fontes de abastecimento
- Deficiente ordenamento do território
- Quantidade de água disponível inferior à procura
- Custo de ligação elevado
- Roubo ao longo do ramal e vandalismo

2.6 – Acha que o custo de obtenção da água para o consumo na cidade da praia é relativamente elevado porque:

- O tratamento de água utilizado é caríssimo
- Não existem outras fontes disponíveis
- Há muito desperdício e práticas irregulares (consumidores)
- Os níveis de precipitação são baixos e acarreta-se de SAAP

3 – Questões sobre águas residuais

3.1 – Na sua casa, possui casa de banho?

- Sim, com duche e com instalações sanitárias
- Sim, sem duche com instalações sanitárias
- Não

3.2 – Qual é o sistema de evacuação de águas residuais domésticas que utiliza?

- Rede pública de drenagem
- Fossas sépticas
- Redor de casa
- Natureza

3.3 – Considerando as quatro alternativas que se seguem, qual seria, para si, a alternativa prioritária a ser adoptada como medida de melhoramento da situação actual, em termos de saneamento, na cidade da Praia?

	1	2	3	4
A. Construção de casas de banho nas casas que não as têm e ligação às fossas sépticas	X			
B. Construção de casas de banho nas casas que não as têm e ligação à rede pública		X		
C. Alargamento da rede pública de drenagem de águas residuais de modo a cobrir a totalidade dos bairros			X	
D. Ligação aos colectores públicos existentes, das casas que já dispõem de casas de banho ligadas às fossas sépticas				X

3.4 – Já tinha algum conhecimento sobre a existência de ETAR na cidade da Praia?

Sim, conheço-a

Sim, já ouvi falar

Não

3.5 – Qual é o grau de importância que atribui ao tratamento/depuração de águas residuais antes da sua descarga (em bruto) para o meio?

Sem opinião

Sem importância

Pouco importante

Importante

Muito Importante

3.6 – Qual é o grau de conhecimento que possui a cerca da reutilização de águas residuais?

Nenhum

Pouco

Razoável

Muito

Profundo

4 – Questões de aceitação por parte da população

4.1 – Reutilizaria águas residuais tratadas?

Sim

Depende do tipo de uso

Não

4.2 – Para que fins podem ser utilizadas as águas residuais após o devido e adequado tratamento?

Rega ~~em~~ ^{em} geral

Muito obrigado pela sua colaboração!

Inquérito

Acesso a água para fins potáveis e domésticos e reutilização de águas residuais tratadas para fins diversos

No âmbito da realização da dissertação intitulada de "Contribuição para o estudo de um sistema integrado de abastecimento de água e tratamento de águas residuais domésticas. Caso de estudo: Praia - Cabo Verde", para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil de Engenharia Sanitária, na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, pretende-se realizar um inquérito à população da cidade da Praia por forma a poder quantificar alguns dados pertinentes à realização da referida dissertação.

O presente inquérito tem por objectivo adquirir dados que possibilitem o estudo do tema supracitado e avaliar a percepção das pessoas sobre a dinâmica dos sistemas de abastecimento de água e de produção, evacuação, tratamento e possíveis utilizações das águas residuais recicladas.

1 - Dados do(a) inquirido(a)

Idade: 25 anos

Sexo: M F

Subdivisão Urbana: U1 U2 U3 U4 U5

Habilitação literária: 0º Ano

Nº pessoas/família: 5

2 - Questões sobre o consumo de água para fins domésticos

2.1 - Sabe como é produzida a água que abastece a sua casa?

Furos e água do Mar

2.2 - Tem água canalizada?

Sim Não

2.2.1 - Se Não, Qual é a fonte de abastecimento de água para o consumo doméstico?

Água comprada em casa dos vizinhos
Fontanários
Autotanques
Outros

2.3 - Qual é quantidade média de consumo de água por dia e por agregado? (formas de contabilizar ilustrado em baixo).

Recipientes de 25 litros Reservatórios de 200 litros Facturas de água ELECTRA

1 Res. 200 litros
Agregado. dia

2.4 – Quanto é que paga pela água que consome (ECV) por quantidade?

Água canalizada no interior do alojamento

Água comprada em casa dos vizinhos

Fontanários

Autotanques

Outros

800 ECV / 200 Litros

2.5 – Na sua opinião, qual dos seguintes factores constitui o principal motivo para que a ligação domiciliária na cidade da praia não abranja cerca de metade da população?

Preferência por outras fontes de abastecimento

Deficiente ordenamento do território

Quantidade de água disponível inferior à procura

Custo de ligação elevado

Roubo ao longo do ramal e vandalismo

2.6 – Acha que o custo de obtenção da água para o consumo na cidade da praia é relativamente elevado porque:

O tratamento de água utilizado é caríssimo

Não existem outras fontes disponíveis

Há muito desperdício e práticas irregulares (consumidores)

Os níveis de precipitação são baixos e acarreta-se de SAAP

3 – Questões sobre águas residuais

3.1 – Na sua casa, possui casa de banho?

Sim, com duche e com instalações sanitárias

Sim, sem duche com instalações sanitárias

Não

3.2 – Qual é o sistema de evacuação de águas residuais domésticas que utiliza?

Rede pública de drenagem

Fossas sépticas

Redor de casa

Natureza

3.3 – Considerando as quatro alternativas que se seguem, qual seria, para si, a alternativa prioritária a ser adoptada como medida de melhoramento da situação actual, em termos de saneamento, na cidade da Praia?

	1	2	3	4
A. Construção de casas de banho nas casas que não as têm e ligação às fossas sépticas			X	
B. Construção de casas de banho nas casas que não as têm e ligação à rede pública	X			
C. Alargamento da rede pública de drenagem de águas residuais de modo a cobrir a totalidade dos bairros		X		
D. Ligação aos colectores públicos existentes, das casas que já dispõem de casas de banho ligadas às fossas sépticas				X

3.4 – Já tinha algum conhecimento sobre a existência de ETAR na cidade da Praia?

Sim, conheço-a

Sim, já ouvi falar

Não

3.5 – Qual é o grau de importância que atribui ao tratamento/depuração de águas residuais antes da sua descarga (em bruto) para o meio?

Sem opinião

Sem importância

Pouco importante

Importante

Muito Importante

3.6 – Qual é o grau de conhecimento que possui a cerca da reutilização de águas residuais?

Nenhum

Pouco

Razoável

Muito

Profundo

4 – Questões de aceitação por parte da população

4.1 – Reutilizaria águas residuais tratadas?

Sim

Depende do tipo de uso

Não

4.2 – Para que fins podem ser utilizadas as águas residuais após o devido e adequado tratamento?

Rega agrícola e de parques urbanos
Recarga de aquíferos
Usos domésticos não potáveis
Combate ao incêndio

Muito obrigado pela sua colaboração!

Anexo VI

Cálculo de projecção da população da cidade da Praia

Quadro 3 – Projecção da população do município da Praia por sub-divisão administrativa (2010 – 2035)

Sub-divisão do Município da Praia	Projecção da População do Município da Praia a uma TCMA = 3,00%							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	...	2035
Praia Norte (U1)	47.648	49077	50550	52066	53628	55237	...	99764
Praia Centro (U2)	5.537	5703	5874	6050	6232	6419	...	11593
Praia Sul (U3)	31.969	32928	33916	34933	35981	37061	...	66936
Praia Oriental (U4)	6.612	6810	7015	7225	7442	7665	...	13844
Praia Ocidental (U5)	36.060	37142	38256	39404	40586	41803	...	75502
Praia C/A Nordeste (R1)	1.216	1252	1290	1329	1369	1410	...	2546
Praia C/A Noroeste (R2)	492	507	522	538	554	570	...	1030
Praia C/A Sudeste (R3)	2.185	2251	2318	2388	2459	2533	...	4575
Total Município da Praia	131.719	135.671	139.741	143.933	148.251	152.698	...	275790

Anexo VII

Cálculos realizados na estimativa de custos

Quadro 4 – Estimativa da evolução de custos associados ao tratamento de água para abastecimento e de tratamento de águas residuais na cidade da Praia

		1	2	3		4		5
Ano	População ($P_0 \times e^{(t-t_0)}$)	Perdas (%) ao longo de Adução e Dist.	Capitação média Estimada	Caudal de distribuição estimado (m ³ /dia)	Caudal de produção estimado (m ³ /dia)	Caudal de água dessaliniz ada (m ³ /dia)	Caudal de água dessaliniza da (m ³ /ano)	Custo de produção estimado (ECV/ano)
2010	131719							Admitiu-se 160 ECV/m ³
2011	135676							
2012	139752							
2013	143951							
2014	148275	30	43,7	7865	11236	10000	3650015	584002336
2015	152730	29,75	44,8	8555	12178	10838	3955990	632.958.391
2016	157318	29,50	45,9	9032	12812	11402	4161897	665.903.589
2017	162044	29,25	47,1	9536	13479	11996	4378577	700.572.378
2018	166913	29,00	48,3	10068	14181	12621	4606596	737.055.324
2019	171927	28,75	49,5	10630	14919	13278	4846549	775.447.767
2020	177092	28,50	50,7	11223	15697	13970	5099063	815.850.077
2021	182413	28,25	52,0	11849	16515	14698	5364799	858.367.918
2022	187893	28,00	53,3	12510	17376	15464	5644453	903.112.531
2023	193537	27,75	54,6	13208	18282	16271	5938756	950.201.027
2024	199352	27,50	56,0	13945	19235	17119	6248479	999.756.698
2025	205341	27,25	57,4	14723	20238	18012	6574433	1.051.909.345
2026	211510	27,00	58,8	15545	21294	18952	6917473	1.106.795.623
2027	217864	26,75	60,3	16412	22406	19941	7278496	1.164.559.402
2028	224409	26,50	61,8	17328	23575	20982	7658451	1.225.352.153
2029	231151	26,25	63,3	18295	24806	22078	8058333	1.289.333.345
2030	238095	26,00	64,9	19315	26102	23231	8479193	1.356.670.875
2031	245248	25,75	66,5	20393	27465	24444	8922134	1.427.541.509
2032	252616	25,50	68,2	21531	28900	25721	9388321	1.502.131.359
2033	260205	25,25	69,9	22732	30411	27066	9878977	1.580.636.369
2034	268022	25,00	71,6	24000	32001	28481	10395393	1.663.262.845
2035	276075	24,75	73,4	25340	33674	29970	10938925	1.750.228.000
								23.157.646.526 (€ 210.027.630)

6		7				8	
Taxa de cobertura	Estimativa de população ligada à rede de drenagem	Capitação de água residual estimada	Caudal médio de A.R. afluente corrigido (f.a. = 0,75)	Caudal médio de água residual Produzido	Caudal médio de A.R. afluente (m3/ano)	Custo de tratamento de A.R. (ECV/m3)	Custo total Anual (ECV/ano)
20,8	27398						
Fonte: PENAS							
35,0	51896	43,3	2245	2993	819.425	60	49.165.500
37,5	57274	43,91	2515	3353	917.896	61,5	56.450.619
40,0	62927	44,57	2804	3739	1.023.631	63,0	64.527.146
42,5	68869	45,24	3115	4154	1.137.087	64,6	73.471.079
45,0	75111	45,91	3449	4598	1.258.747	66,2	83.365.244
47,5	81665	46,60	3806	5074	1.389.123	67,9	94.299.881
50,0	88546	47,30	4188	5584	1.528.756	69,6	106.373.284
52,5	95767	48,01	4598	6130	1.678.219	71,3	119.692.487
55,0	103341	48,73	5036	6715	1.838.117	73,1	134.374.017
57,5	111284	49,46	5504	7339	2.009.090	74,9	150.544.703
60,0	119611	50,20	6005	8007	2.191.816	76,8	168.342.553
62,5	128338	50,96	6540	8720	2.387.008	78,7	187.917.705
65,0	137481	51,72	7111	9481	2.595.425	80,7	209.433.458
67,5	147058	52,50	7720	10294	2.817.864	82,7	233.067.386
70,0	157086	53,28	8370	11160	3.055.170	84,8	259.012.543
72,5	167584	54,08	9064	12085	3.308.237	86,9	287.478.776
75,0	178571	54,90	9803	13070	3.578.005	89,1	318.694.133
77,5	190067	55,72	10590	14120	3.865.472	91,3	352.906.398
80,0	202093	56,55	11429	15239	4.171.690	93,6	390.384.747
82,5	214669	57,40	12323	16430	4.497.769	95,9	431.421.541
85,0	227819	58,26	13274	17698	4.844.883	98,3	476.334.270
87,5	241565	59,14	14286	19048	5.214.270	100,8	525.467.644
							4.723.559.613 (€42.840.192)

- 1 – Admitiu-se uma taxa de decrescimento anual de perdas nas redes de adução e distribuição de 0,25%
- 2 – Admitiram-se que 75% de água produzida é destinada ao consumo doméstico e um incremento anual de capitação na ordem de 2,5%;
- 3 – Cálculo efectuado com uma correcção de 25%;
- 4 – Em 2014, 89% da água abastecida era água dessalinizada. Admite-se que este valor mantém-se constante ao longo dos anos;
- 5 – Segundo Karagiannis & Soldatos, 2007, o custo médio de dessalinização da água do mar por OI com recurso a energia fóssil é de 1,30 €
- 6 – Admitiu-se que em 2014, 35% da população da Praia encontrava-se ligado à rede de esgoto
- 7 – Admitiu-se um incremento anual de capitação de A.R. na ordem de 1,5%
- 8 – Admitiu-se que o custo de tratamento de A.R. Em 2014 foi de 50 ECV/m3. A estimativa para os anos posteriores e feita com um incremento anual de 3%.

Quadro 5 – Cálculo do caudal de rega e da evolução do potencial de utilização de água residual tratada

	1	2	
Ano	Caudal médio de A.R afluente (m3/ano)	Caudal de água tratada (m3/ano)	Caudal necessário para rega (m3/ano)
			Potencial de utilização da água residual tratada na rega (%)
2010			
2011			
2012			
2013			
2014	819.425	798.939	836.186
2015	917.896	894.949	852910
2016	1.023.631	998.040	869968
2017	1.137.087	1.108.660	887367
2018	1.258.747	1.227.278	905115
2019	1.389.123	1.354.395	923217
2020	1.528.756	1.490.537	941681
2021	1.678.219	1.636.263	960515
2022	1.838.117	1.792.164	979725
2023	2.009.090	1.958.863	999320
2024	2.191.816	2.137.020	1019306
2025	2.387.008	2.327.333	1039692
2026	2.595.425	2.530.539	1060486
2027	2.817.864	2.747.417	1081696
2028	3.055.170	2.978.791	1103330
2029	3.308.237	3.225.531	1125396
2030	3.578.005	3.488.555	1147904
2031	3.865.472	3.768.836	1170862
2032	4.171.690	4.067.398	1194280
2033	4.497.769	4.385.325	1218165
2034	4.844.883	4.723.761	1242528
2035	5.214.270	5.083.914	1267379

1 - Admite-se que o caudal de água tratada é 97,5% do caudal afluente (o remanescente sai nas lamas e afins)

2 – Admite-se um incremento anual da necessidade bruta de água para rega de 2,0%

Quadro 6 – Estimativa de poupança no tratamento de água para abastecimento público, recorrendo-se ao tratamento de água residual doméstica para a rega dos espaços verdes da cidade da Praia

Ano	Caudal total de água dessalinizada (m3/ano)	Caudal de rega (m3/ano)	Caudal de água dessalinizada para abastecimento (m3/ano)	Custo total (ECV)	Custo total (€)	Poupança ECV	Poupança €
2014	3650015	836.186	-	-	-	-	-
2015	3,96E+06	8,53E+05	3,10E+06	6,33E+08	5,74E+06	1,36E+08	1,24E+06
2016	4,16E+06	8,70E+05	3,29E+06	6,66E+08	6,04E+06	1,39E+08	1,26E+06
2017	4,38E+06	8,87E+05	3,49E+06	7,01E+08	6,35E+06	1,42E+08	1,29E+06
2018	4,61E+06	9,05E+05	3,70E+06	7,37E+08	6,68E+06	1,45E+08	1,31E+06
2019	4,85E+06	9,23E+05	3,92E+06	7,75E+08	7,03E+06	1,48E+08	1,34E+06
2020	5,10E+06	9,42E+05	4,16E+06	8,16E+08	7,40E+06	1,51E+08	1,37E+06
2021	5,36E+06	9,61E+05	4,40E+06	8,58E+08	7,78E+06	1,54E+08	1,39E+06
2022	5,64E+06	9,80E+05	4,66E+06	9,03E+08	8,19E+06	1,57E+08	1,42E+06
2023	5,94E+06	9,99E+05	4,94E+06	9,50E+08	8,62E+06	1,60E+08	1,45E+06
2024	6,25E+06	1,02E+06	5,23E+06	1,00E+09	9,07E+06	1,63E+08	1,48E+06
2025	6,57E+06	1,04E+06	5,53E+06	1,05E+09	9,54E+06	1,66E+08	1,51E+06
2026	6,92E+06	1,06E+06	5,86E+06	1,11E+09	1,00E+07	1,70E+08	1,54E+06
2027	7,28E+06	1,08E+06	6,20E+06	1,16E+09	1,06E+07	1,73E+08	1,57E+06
2028	7,66E+06	1,10E+06	6,56E+06	1,23E+09	1,11E+07	1,77E+08	1,60E+06
2029	8,06E+06	1,13E+06	6,93E+06	1,29E+09	1,17E+07	1,80E+08	1,63E+06
2030	8,48E+06	1,15E+06	7,33E+06	1,36E+09	1,23E+07	1,84E+08	1,67E+06
2031	8,92E+06	1,17E+06	7,75E+06	1,43E+09	1,29E+07	1,87E+08	1,70E+06
2032	9,39E+06	1,19E+06	8,19E+06	1,50E+09	1,36E+07	1,91E+08	1,73E+06
2033	9,88E+06	1,22E+06	8,66E+06	1,58E+09	1,43E+07	1,95E+08	1,77E+06
2034	1,04E+07	1,24E+06	9,15E+06	1,66E+09	1,51E+07	1,99E+08	1,80E+06
2035	1,09E+07	1,27E+06	9,67E+06	1,75E+09	1,59E+07	2,03E+08	1,84E+06
Total	1,45E+08	2,20E+07	1,23E+08	2,32E+10	2,10E+08	3,52E+09	3,19E+07

Anexo VIII

Espaços verdes da cidade com vegetação característica



Faixas separadoras de auto-estradas, canteiros e rotundas. Fonte: Gomes, 2014.

Aloe vera (*Aloe barbadensis*) – canto superior esquerdo; Palmeira-tamareira (*Phoenix dactylifera*) e Baganvílias (*Bougainvillea spp.*) – canto superior direito; Palmeiras-anãs (*Phoenix atlantica*) – canto inferior esquerdo; Árvore-Nim (*Azadirachta indica*) e Cactos (*Mauhueniopsis*) – canto inferior direito.

