

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Hélder Rui Lopes da Costa

**Influências das Variáveis Meteorológicas
nos Consumos de Água**

Tese de Mestrado
Mestrado Integrado em Engenharia Civil

Trabalho efectuado sobre orientação do
Professor Doutor José Manuel Pereira Vieira

Dezembro 2012

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor José Manuel Pereira Vieira, pela sua orientação e acompanhamento na elaboração deste trabalho. Pela liberdade e a confiança depositadas nas minhas decisões, assim como as sugestões, partilha de conhecimento e incentivos no desenvolvimento e conclusão desta dissertação.

À empresa Águas do Algarve e aos seus colaboradores nomeadamente à Eng.^a Helena Lucas e ao Eng.^o Rui Sancho, pela simpatia e disponibilidade ímpares demonstrada ao longo deste trabalho. Estou muito grato pela receptividade com que me acolheram na minha deslocação ao Algarve assim como toda a disponibilização de recursos essenciais para esta dissertação.

Ao nível pessoal, um agradecimento maior às pessoas que fizeram tudo isto acontecer: aos meus pais. Não só pelos bens essenciais para obtenção deste grau de académico que nunca me negaram, mas pelo amor, dedicação e preocupação.

À Isménia Carvalho pelo carinho e amor sempre transmitido, pela compreensão pelos momentos de ausência. Agradeço-lhe as palavras de incentivo, não só durante este trabalho mas ao longos destes anos, que me encorajaram a superar momentos adversos.

À enorme família de hidráulica com quem tive o prazer de partilhar este último ano de curso, dando outro significado à vida diária académica, nomeadamente à Raquel, Sílvia, João, Madeira, Tiago e Rui, mas especialmente ao Manuel pela ajuda e pelos bons momentos passados em gabinete e à Diana pela enorme ajuda e sugestões no desenvolvimento desta dissertação.

Aos amigos que tive a oportunidade de conviver durante os anos de curso, com especial relevância para o meu amigo Mário Martins pelo companheirismo demonstrado neste percurso.

Por último, aos meus amigos, que nada contribuíram para a realização deste trabalho, mas agradecer-lhes apenas pela convicção demonstrada em retirar-me do local de estudo, que por vezes, contribui para estimular novas ideias.

RESUMO

Os consumos de água domésticos tendem a ser modificados por variantes periódicas e aleatórias como os factores meteorológicos. A modelação de utilizações de água e as suas aplicações na concepção e gestão de sistemas de abastecimento dão origem a instrumentos que são essenciais para fundamentar decisões por parte das entidades gestoras de abastecimento.

No âmbito das alterações climáticas, é importante estudar o comportamento dos consumos de água em resposta às projeções climáticas que, de uma forma generalizada, apontam alterações da precipitação e da temperatura. Estas alterações têm maior relevância em regiões áridas e são mais sensíveis à ocorrência de secas hidrológicas.

O objetivo deste trabalho incide principalmente em retirar conclusões sobre correlações entre as variáveis meteorológicas, nomeadamente a temperatura do ar, precipitação e humidade relativa do ar, e os consumos de água registados no sistema multimunicipal de abastecimento de água do Algarve (SMAAA) concessionado pela Águas do Algarve (AdA). Para esse efeito, sustentadas por uma pesquisa de conhecimento, usou-se técnicas matemáticas para o estabelecimento de graus de relação entre variáveis meteorológicas e consumos de água.

A análise de registos de consumos de água permitiu a identificação de comportamentos de variações nos volumes solicitados, delimitando as utilizações de consumo de acordo com as alterações meteorológicas originando indicadores meteorológicos para consumos de água.

Um conhecimento da evolução passada e devidamente tratada, das utilizações de água permitiu o desenvolvimento de modelos matemáticos. Estes modelos, são capazes de simular os consumos de água, através da aplicação de variáveis meteorológicas, para aplicação no SMAAA. A modelação de consumos permite a quantificação diária e mensal das utilizações de água para definição de cenários de mitigação e controlo dos consumos face aos efeitos das alterações climáticas.

Palavras chave: Projeção de consumos de água; modelos de consumos de água; alterações climáticas; temperatura; precipitação; humidade relativa do ar.

ABSTRACT

The domestic water consumption tend to be modified by periodic variants and random factors such as weather. The modeling uses of water and its applications in the design and management of water supply systems, give rise to tools that are essential to base decisions in management entities of water supply.

In the context of climate change, it is important to study the behavior of water consumption in response to projections that, in a generalized way, point to changes in precipitation and temperature. These changes have major relevance in arid regions and are more sensitive to the occurrence of hydrological droughts.

This paper mainly focuses on drawing conclusions about correlations between meteorological variables, including air temperature, precipitation and relative humidity, and water consumption recorded in multi-municipal system of water supply in the Algarve (SMAAA) concessioned by Águas do Algarve. For this purpose, supported by a survey of knowledge, mathematical techniques used to establish degrees of relationship between variables.

The time series analysis consumption of water allowed the identification of behaviors variations in the volumes required, limiting the uses of consumption according to weather changes resulting meteorological indicators for water consumption.

A knowledge of past and properly treated, the uses of water allowed the development of mathematical models. These models are able to simulate water consumption through the application of meteorological variables for application in SMAAA. The modeling allows quantification of intakes daily and monthly water uses to define mitigation scenarios and consumption control against the effects of climate change.

Keywords: water consumption forecating, water demand, climate change, temperature, rainfall, relative humidity.

ÍNDICE

LISTA DE FÍGURAS	xiii
LISTA DE TABELAS	xix
SIMBOLOS E ABREVIACÕES	xxi
CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	1
1.1 RELEVÂNCIA DO TEMA.....	1
1.2 OBJECTIVOS	3
1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	3
CAPÍTULO 2 ESTADO DA ARTE.....	7
2.1 ENQUADRAMENTO	7
2.1.1 PROJEÇÃO DE CONSUMOS DE ÁGUA	8
2.1.2 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS.....	9
2.1.2.1 TEMPERATURA.....	9
2.1.2.2 PRECIPITAÇÃO	10
2.1.2.3 HUMIDADE.....	10
2.2 MÉTODOS DE ANÁLISE DE DADOS.....	11
2.2.1 ANÁLISE DE SÉRIES CRONOLÓGICAS.....	11
2.2.2 CORRELAÇÃO.....	12
2.3 MODELOS DE PROJEÇÃO DE CONSUMOS DE ÁGUA.....	16
2.3.1 MODELOS DE REGRESSÃO LINEAR SIMPLES E MULTÍPLA.....	16
2.3.2 MODELOS DE REGRESSÃO NÃO-LINEAR.....	20
2.3.3 REDES NEURONAIS ARTÍFICIAIS	21
2.4 COMPARAÇÃO DE MODELOS.....	23
2.5 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS VS PADRÕES DE CONSUMO DE ÁGUA	24
2.6 CENÁRIOS CLIMÁTICOS	27
CAPÍTULO 3 CASO DE ESTUDO	33
3.1 REGIÃO DO ALGARVE.....	33
3.2 ÁGUAS DO ALGARVE	36
3.2.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA MULTIMUNICIPAL DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO ALGARVE	
37	
3.2.2 DADOS SOBRE CONSUMOS MUNICIPAIS	40
3.3 ESTAÇÕES MONITORIZAÇÃO METEOROLÓGICA.....	43

CAPÍTULO 4 ANÁLISE DE DADOS.....	51
4.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES.....	51
4.2 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS.....	54
4.2.1 TEMPERATURA.....	54
4.2.2 PRECIPITAÇÃO.....	56
4.2.3 HUMIDADE.....	58
4.3 CONSUMOS DE ÁGUA.....	61
4.3.1 CONSUMOS DE ÁGUA DIÁRIOS.....	62
4.3.2 CONSUMOS DE ÁGUA MENSAIS.....	64
4.4 GRAUS DE RELACIONAMENTO ENTRE VARIÁVEIS.....	65
4.4.1 ANO MÉDIO DE REFERÊNCIA.....	67
4.4.2 CONSUMOS MUNICIPAIS.....	71
4.4.3 ANÁLISE DIÁRIA DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS VS CONSUMOS DE ÁGUA.....	73
4.4.3.1 ALJEZUR.....	73
4.4.3.2 PORTIMÃO.....	76
4.4.3.3 SILVES.....	79
4.4.3.4 ALBUFEIRA.....	82
4.4.3.5 LOULÉ.....	85
4.4.3.6 FARO.....	88
4.4.3.7 TAVIRA.....	91
4.4.3.8 ALCOUTIM.....	94
4.4.4 ANÁLISE MENSAL DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS VS CONSUMOS DE ÁGUA.....	97
4.4.4.1 ALJEZUR.....	98
4.4.4.2 PORTIMÃO.....	101
4.4.4.3 SILVES.....	104
4.4.4.4 ALBUFEIRA.....	107
4.4.4.5 LOULÉ.....	110
4.4.4.6 FARO.....	113
4.4.4.7 TAVIRA.....	116
4.4.4.8 ALCOUTIM.....	120
4.4.5 INDICADORES METEOROLÓGICOS PARA CONSUMOS DE ÁGUA.....	123
4.4.5.1 INDICADORES DIÁRIOS.....	123
4.4.5.2 INDICADORES MENSAIS.....	126
CAPÍTULO 5 MODELO DE PROJEÇÃO DE CONSUMOS DE ÁGUA.....	131
5.1 DESCRIÇÃO GERAL.....	131
5.2 METODOLOGIA.....	133
5.3 AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA PARA O MODELO DE PROJEÇÃO.....	134

5.4	AVALIAÇÃO DO DIAGNÓSTICO DO MODELO DE PROJEÇÃO.....	135
CAPÍTULO 6 APRESENTAÇÕES DE RESULTADOS E CENÁRIOS CLIMÁTICOS		139
6.1	MODELOS DE PROJEÇÃO DE CONSUMOS DE ÁGUA.....	139
6.2	AVALIAÇÃO DOS MODELOS DE PROJEÇÃO.....	143
6.3	ESTIMATIVA DE CONSUMOS DE ÁGUA	146
6.3.1	ESTIMATIVA DE CONSUMOS DE ÁGUA DIÁRIOS.....	146
6.3.2	ESTIMATIVA DE CONSUMOS DE ÁGUA MENSASIS.....	150
6.4	CENÁRIOS CLIMÁTICOS	154
CAPÍTULO 7 CONCLUSÕES		159
7.1	CONCLUSÕES.....	159
7.2	SUGESTÕES PARA INVESTIGAÇÕES FUTURAS	162
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		163

INDÍCE FIGURAS

Figura 2.1: Gráficos de dispersão de relação entre os consumos de água na cidade de Melbourne com a temperatura diária e a precipitação diária (adaptado de Gato <i>et al</i> , 2007).....	15
Figura 2.2: Funções relativas ao uso da água com a temperatura média semanal (Maidment <i>et al</i> , 1985).....	16
Figura 3.1: Situação Geográfica do Algarve.....	33
Figura 3.2: Classificação Climática Koeppen-Geiser para a Península Ibérica.	36
Figura 3.3: Representação do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Algarve.	37
Figura 3.4: Evolução dos volumes de água fornecidos ao SMAAA em milhões de m3.....	39
Figura 3.5: Volumes de água fornecidos pelas entidades de água do Algarve em 2011.....	42
Figura 3.6: Conjunto de municípios selecionados para estudo.	43
Figura 3.7: Localização das estações de monitorização.	45
Figura 3.8: Traçado baseado no método de Thiessen para as estações meteorológicas.....	46
Figura 4.1: Disposição das variáveis meteorológicas analisadas.....	52
Figura 4.2: Processo de análise de dados.	53
Figura 4.3: Variabilidade temporal da temperatura mensal ponderada nos municípios em estudo.....	55
Figura 4.4: Variação mensal da temperatura nos municípios em estudo.....	56
Figura 4.5: Variabilidade temporal da precipitação mensal ponderada nos municípios em estudo.....	57
Figura 4.6: Variação mensal da precipitação nos municípios em estudo.....	58
Figura 4.7: Número de ocorrências de precipitação por mês nos municípios em estudo ao longo dos anos.....	58
Figura 4.8: Variabilidade temporal da humidade relativa do ar mensal ponderada nos municípios em estudo.....	60
Figura 4.9: : Variação mensal da precipitação nos municípios em estudo.....	61
Figura 4.10: Pontos de entrega relativos ao SMAAA utilizados para registo de consumos de água.....	62
Figura 4.11: Evolução dos consumos diários acumulados de água nos oito municípios em estudo.	63
Figura 4.12: Variação do registo dos consumos diários acumulados de água nos oito municípios em estudo.....	64
Figura 4.13: Evolução dos consumos médios mensais de água nos oito municípios em estudo.	65
Figura 4.14: Variação do registo dos consumos médios mensais de água nos oito municípios em estudo.....	65
Figura 4.15: Processo de tratamento de dados.....	66

Figura 4.16: Variabilidade temporal da temperatura mensal estimada nos municípios em estudo.....	70
Figura 4.17: Variabilidade temporal da precipitação média mensal estimada nos municípios em estudo.....	70
Figura 4.18: Número de ocorrências de precipitação por mês estimados nos municípios em estudo.....	70
Figura 4.19: Variabilidade temporal da humidade relativa do ar mensal estimada nos municípios em estudo.....	71
Figura 4.20: Consumos de água e temperatura média , máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Aljezur.....	74
Figura 4.21: Consumos de água diário e humidade relativa do ar média, máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Aljezur.....	74
Figura 4.22: Consumos de água diário e precipitação média no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Aljezur.....	75
Figura 4.23: Consumos de água e temperatura média , máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Portimão.....	77
Figura 4.24: Consumos de água diário e humidade relativa do ar média, máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Portimão.....	78
Figura 4.25: Consumos de água diário e precipitação média no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Portimão.....	78
Figura 4.26: Consumos de água e temperatura média , máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Silves.....	80
Figura 4.27: Consumos de água diário e humidade relativa do ar média, máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Silves.....	81
Figura 4.28: Consumos de água diário e precipitação média no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Silves.....	81
Figura 4.29: Consumos de água e temperatura média , máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Albufeira.....	83
Figura 4.30: Consumos de água diário e humidade relativa do ar média, máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Albufeira.....	84
Figura 4.31: Consumos de água diário e precipitação média no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Albufeira.....	84
Figura 4.32: Consumos de água e temperatura média , máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Loulé.....	86
Figura 4.33: Consumos de água diário e humidade relativa do ar média, máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Loulé.....	87
Figura 4.34: Consumos de água diário e precipitação média no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Loulé.....	87
Figura 4.35: Consumos de água e temperatura média , máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Faro.....	89

Figura 4.36: Consumos de água diário e humidade relativa do ar média, máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Faro.....	89
Figura 4.37: Consumos de água diário e precipitação média no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Faro.....	90
Figura 4.38: Consumos de água e temperatura média , máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Tavira.....	92
Figura 4.39: Consumos de água diário e humidade relativa do ar média, máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Tavira.....	92
Figura 4.40: Consumos de água diário e precipitação média no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Tavira.	93
Figura 4.41: Consumos de água e temperatura média , máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Alcoutim.....	95
Figura 4.42: Consumos de água diário e humidade relativa do ar média, máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Alcoutim.....	95
Figura 4.43: Consumos de água diário e precipitação média no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Alcoutim.	96
Figura 4.44: Índices mensais de consumo base e de consumo médio no município de Aljezur.....	98
Figura 4.45: Consumos de água mensais e temperatura média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Aljezur.....	99
Figura 4.46: Consumos de água mensais e humidade relativa do ar média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Aljezur.....	99
Figura 4.47: Consumos de água mensais e precipitação média e número de ocorrências de precipitação mensais no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Aljezur.	100
Figura 4.48: Índices mensais de consumo base e de consumo médio no município de Portimão.	101
Figura 4.49: Consumos de água mensais e temperatura média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Portimão.....	102
Figura 4.50: Consumos de água mensais e humidade relativa do ar média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Portimão.	103
Figura 4.51: Consumos de água mensais e precipitação média e número de ocorrências de precipitação mensais no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Portimão.....	103
Figura 4.52: Índices mensais de consumo base e de consumo médio no município de Silves.	105
Figura 4.53: Consumos de água mensais e temperatura média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Silves.....	105
Figura 4.54: Consumos de água mensais e humidade relativa do ar média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Silves.	106

Figura 4.55: Consumos de água mensais e precipitação média e número de ocorrências de precipitação mensais no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Silves.....	106
Figura 4.56: Índices mensais de consumo base e de consumo médio no município de Albufeira.	108
Figura 4.57: Consumos de água mensais e temperatura média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Albufeira.....	108
Figura 4.58: Consumos de água mensais e humidade relativa do ar média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Albufeira.	109
Figura 4.59: Consumos de água mensais e precipitação média e número de ocorrências de precipitação mensais no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Albufeira.....	109
Figura 4.60: Índices mensais de consumo base e de consumo médio no município de Loulé.	111
Figura 4.61: Consumos de água mensais e temperatura média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Loulé.	111
Figura 4.62: Consumos de água mensais e humidade relativa do ar média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Loulé.....	112
Figura 4.63: Consumos de água mensais e precipitação média e número de ocorrências de precipitação mensais no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Loulé.....	112
Figura 4.64: Índices mensais de consumo base e de consumo médio no município de Faro.....	114
Figura 4.65: Consumos de água mensais e temperatura média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Faro.....	114
Figura 4.66: Consumos de água mensais e humidade relativa do ar média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Faro.	115
Figura 4.67: Consumos de água mensais e precipitação média e número de ocorrências de precipitação mensais no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Faro.....	115
Figura 4.68: Índices mensais de consumo base e de consumo médio no município de Tavira.....	117
Figura 4.69: Consumos de água mensais e temperatura média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Tavira.....	118
Figura 4.70: Consumos de água mensais e humidade relativa do ar média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Tavira.....	118
Figura 4.71: Consumos de água mensais e precipitação média e número de ocorrências de precipitação mensais no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Tavira.	119
Figura 4.72: Índices mensais de consumo base e de consumo médio no município de Alcoutim.....	120
Figura 4.73: Consumos de água mensais e temperatura média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Alcoutim.....	121
Figura 4.74: Consumos de água mensais e humidade relativa do ar média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Alcoutim.....	121

Figura 4.75: Consumos de água mensais e precipitação média e número de ocorrências de precipitação mensais no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Aljezur.....	122
Figura 4.76: Indicadores meteorológicos para consumos de água diários.....	125
Figura 4.77: Indicadores meteorológicos para consumos de água mensais.....	127
Figura 5.1: Processo de elaboração dos modelos de projeção de consumos de água.....	131
Figura 6.1: Estimativa de consumos de água diários para os municípios selecionados.....	149
Figura 6.2: Estimativa mensal dos consumos de água para os municípios selecionados.....	152
Figura 6.3: Resultados das diferenças de consumos de água projetados pelos MPCA com os consumos registados em 2011 face aos cenários climáticos.....	155

INDÍCE DE TABELAS

Tabela 2.1: Matriz de correlação entre o consumo de água per capita semanal e as variáveis meteorológicas em Calgary, (adaptado de Akuoko-Asibey <i>et al</i> , 1993).....	13
Tabela 2.2: Resultados de correlação entre o consumo per capita mensal e as variáveis meteorológicas (adaptado de Fanning, 1993).....	14
Tabela 2.3: Coeficientes de Correlação entre o consumo de água e as variáveis climáticas em Melbourne (adaptado de Zhou <i>et al</i> , 2001).....	14
Tabela 3.1: Classificação Climática de Koeppen-Geiger.....	35
Tabela 3.2: Características principais das ETA da AdA.....	40
Tabela 3.3: Características das Estações Meteorológicas	44
Tabela 3.4: Área de influência de cada estação de monitorização ao respectivo município (em km ²).....	46
Tabela 3.5: Influência de cada estação de monitorização ao respectivo município.	47
Tabela 4.1: Resultado das correlações das séries meteorológicas estimadas vs séries cronológicas das variáveis meteorológicas de cada ano.....	68
Tabela 4.2: Coeficientes de correlação entre volumes de água diários distribuídos nos municípios em estudo....	72
Tabela 4.3: Coeficientes de correlação entre volumes de água diários distribuídos nos municípios em estudo....	72
Tabela 4.4: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação, referentes ao município de Aljezur.....	76
Tabela 4.5: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação, referentes ao município de Portimão.....	79
Tabela 4.6: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação, referentes ao município de Silves.....	82
Tabela 4.7: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação, referentes ao município de Albufeira.....	85
Tabela 4.8: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação, referentes ao município de Loulé.....	88
Tabela 4.9: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação, referentes ao município de Faro.....	91

Tabela 4.10: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação, referentes ao município de Tavira.....	94
Tabela 4.11: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação, referentes ao município de Alcoutim.....	97
Tabela 4.12: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação mensais, referentes ao município de Aljezur.....	101
Tabela 4.13: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação mensais, referentes ao município de Portimão.....	104
Tabela 4.14: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação mensais, referentes ao município de Silves.....	107
Tabela 4.15: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação mensais, referentes ao município de Albufeira.....	110
Tabela 4.16: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação mensais, referentes ao município de Loulé.....	113
Tabela 4.17: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação mensais, referentes ao município de Faro.....	116
Tabela 4.18: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação mensais, referentes ao município de Tavira.....	120
Tabela 4.19: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação mensais, referentes ao município de Alcoutim.....	123
Tabela 5.1: Estatísticas descritivas dos dados para desenvolvimento dos modelos de projeção de consumos de água diários e mensais (MPCAd e MPCAm).....	132
Tabela 6.1: Modelos de Projeção de Consumos de Água Diários e associações estatísticas.....	139
Tabela 6.2: Modelos de Projeção de Consumos de Água mensais e associações estatísticas.....	141
Tabela 6.3: Cenários climáticos para aplicação nos MPCA.....	154

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AdA-Águas do Algarve

SMAAA-Sistema Multimunicipal de Abastecimento do Algarve

MPCA-Modelos de Projeção de Consumos de Água

MPCAd-Modelos de Projeção de Consumos de Água diários

MPCAm-Modelos de Projeção de Consumos de Água mensais

D-B- Estatística Durbin-Watson

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

RELEVÂNCIA DO TEMA | OBJECTIVOS | ORGANIZAÇÃO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

1.1 RELEVÂNCIA DO TEMA

A necessidade de obter o conhecimento da evolução futura dos padrões de consumo de água, surge da importância, para as principais instituições responsáveis, definirem estratégias de planejamento, operação e gestão de sistemas de abastecimento de água. Estudos de previsão e projeção são essenciais para fundamentar essas estratégias tanto no domínio da concepção estrutural como em operações de manutenção e gestão com vista a um aumento da eficiência dos sistemas de distribuição de água.

Para antecipar a evolução dos consumos de água, requer-se um conhecimento profundo de todos os parâmetros que influenciam o comportamento dos consumidores e que geram oscilações nos consumos. Neste contexto, o clima e a sua variabilidades induzem os utilizadores de água a modificarem os seus comportamentos alterando assim as quantidades de água a fornecer ao sistema de distribuição. As oscilações verificadas nos volumes de água distribuídos e a variabilidade das variáveis meteorológicas evidenciam uma forte interação. Diferentes cenários meteorológicos, como alterações da temperatura do ar, de precipitação e de humidade relativa do ar aparentam modificar os padrões de procura de água, provocando a consequente disparidade de caudais observada nos sistemas de abastecimento sendo fulcral projetar o balanço hídrico dessas influências, motivando a eficiência de distribuição para as entidades gestoras de abastecimento.

A caracterização dos consumos em regiões de elevado potencial turístico é relevante devido ao uso fortemente marcado por ciclos sazonais, em que se regista um aumento substancial das solicitações de água principalmente nas estações da Primavera/Verão devido à maior afluência de população flutuante.

A projeção de consumos de água e a variação do seu comportamento tem sido realizada por parte das entidades gestoras de abastecimento através da experiência e intuição dos seus colaboradores com base em observações e leitura dos registos volumes de água consumida.

A política de gestão de caudais a fornecer aos sistemas de abastecimento tem sido fundamentada de forma casuística que tem, como consequência, irregularidades na captação, no tratamento e na distribuição dos volumes de água.

Com dados de consumo mais precisos, a imprevisibilidade da disponibilidade de água será menor, apurando o conhecimento do funcionamento de sistemas hidráulicos, na definição de caudais, na optimização das operações de dispositivos hidráulicos, na informação para gestão em tempo real, diminuindo desta forma, o risco associado a variáveis financeiras e a variáveis técnicas de funcionamento dos sistemas de distribuição de água.

A informação retirada de um estudo aprofundado sobre volumes de água consumidos por uma determinada população pode ser de grande utilidade para a definição de cenários de operação em sistemas de abastecimento, no sentido de fazer face a cenários de alterações climáticas, que podem influenciar a disponibilidade de origens de água.

No âmbito das alterações climáticas, é importante estudar o comportamento dos consumos em resposta às projeções que, de uma forma generalizada, apontam alterações da precipitação e da temperatura. Estas alterações têm maior relevância em regiões áridas e mais sensíveis à ocorrência de secas hidrológicas. Pequenas alterações na tendência cronológica das variáveis meteorológicas induzem variações significativas dos consumos de água.

Por outro lado, os responsáveis pela gestão e planeamento de sistemas de abastecimento público de água ainda não têm considerado esta questão como primordial. As mudanças climáticas podem ser consideradas como incertezas significativas quanto às alterações meteorológicas características das regiões. O desenvolvimento de planos de contingência e de estratégias adaptação em sistemas públicos de abastecimento de água não vão ao encontro deste problema, potenciando uma ameaça à continuidade de serviço devido à imprevisibilidade dos impactos climáticos.

1.2 OBJECTIVOS

O conhecimento das influências das solicitações de água por parte das variáveis meteorológicas fornece às entidades gestoras de distribuição de água informações relevantes para a gestão do sistema hidráulico público, tanto numa perspectiva futura como em tempo real.

É neste sentido que surge o principal objetivo desta dissertação. Pretende-se identificar a forma como as variáveis meteorológicas afectam os consumos de água e encontrar correlações significativas nessas relações. Neste trabalho, o objetivo é conseguido através da aplicação de técnicas estatísticas para análise de séries cronológicas de variáveis meteorológicas aplicadas ao caso de estudo. Para tal, são utilizadas séries de consumos de água no sistema de abastecimento da Águas do Algarve, S.A. (AdA) de modo a encontrar relações entre variáveis climáticas e padrões de consumo de água neste sistema.

Pretende-se com este trabalho, estabelecer uma metodologia capaz de relacionar as variáveis meteorológicas, temperatura do ar, precipitação e humidade relativa do ar, com os padrões de consumo de água. Com a análise do efeito das alterações meteorológicas nos consumos de água pretende-se criar um modelo matemático e estatístico adequado para melhor definir cenários de mitigação e controlo dos efeitos das alterações climáticas.

1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A dissertação encontra-se organizada em cinco Capítulos cujo conteúdo é sinteticamente descrito nos parágrafos seguintes:

O Capítulo 1 destina-se ao enquadramento do tema em estudo, destacando-se a sua importância, relevância e atualidade. Expõem-se ainda neste capítulo os objetivos gerais e específicos para a presente dissertação.

No Capítulo 2 apresenta-se uma síntese da pesquisa bibliográfica efetuada, onde estão expostos os modelos matemáticos e estatísticos usados para projeção de consumos de água,

a comparação de modelos matemáticos e os cenários climáticos apontados pelas instituições de maior relevo internacionais.

No Capítulo 3 descreve-se a região do Algarve, a empresa Águas do Algarve e a origem dos dados para estudo.

No Capítulo 4 realiza-se a exposição de séries cronológicas de dados meteorológicos e de consumos de água. Nos pontos seguintes deste capítulo expõem-se a análise efetuada dos dados recolhidos que resultam na correlações entre variáveis.

O Capítulo 5 destina-se à apresentação do processo para elaboração dos modelos de projeção dos consumos municipais diários e mensais com base no método de regressão múltipla, assim como a metodologia estatística para a sua avaliação.

No Capítulo 6 apresenta o resultado da metodologia adoptada que resulta nos parâmetros para os modelos de projeção de consumos de água. Efetua-se a avaliação nos resultados obtidos, a discussão desses resultados e a validação. Ainda neste capítulo, aplica-se séries meteorológicas aos modelos elaborados para avaliar o impacto dos cenários climáticos nos consumos de água futuros do SMAAA.

O Capítulo 7 destina-se à apresentação das conclusões deste trabalho. Apresentam-se ainda algumas sugestões para futuros trabalhos de investigação ou para o prosseguimento da investigação iniciada.

CAPÍTULO 2

ESTADO DA ARTE

ENQUADRAMENTO | MODELOS | CONCLUSÕES | CENÁRIOS

CAPÍTULO 2 ESTADO DA ARTE

2.1 ENQUADRAMENTO

Nos últimos anos tem-se assistido ao desenvolvimento de modelos matemáticos e estatísticos para projeção de procura de água para consumos domésticos. Estes consumos sofrem alterações devido a factores relacionados com a população, factores socioeconómicos, climáticos e programas de conservação, havendo a necessidade de conceber métodos que expressem as relações destes factores com as solicitações de água e antecipar a sua evolução.

Neste contexto surge a importância de compreender se os padrões de consumo de água num sistema de abastecimento público são susceptíveis a factores exógenos, tais como o clima. Por intuição, experiência e sensibilidade, acredita-se que as utilizações de água são fortemente influenciadas por características climáticas ou meteorológicas de uma determinada região. Os métodos que exprimem as influências de eventos meteorológicas nos padrões de consumo e a quantificação dos gastos de água num horizonte cronológica determinado de acordo com esses eventos, têm sido desenvolvidos com intuito de dar às entidades gestoras de abastecimento público ferramentas essenciais para a optimização dos seus processos de tratamento e sistemas de distribuição. As abordagens mais comuns para a elaboração de modelos que visam encontrar projetar padrões de consumo são modelos baseados em séries cronológicas, técnicas de regressão lineares, não lineares, múltiplas, e também mais recentemente redes neuronais artificiais.

Nos pontos seguintes apresenta-se uma resenha de trabalhos dedicados à aplicação de modelos matemáticos e estatísticos utilizados, cuja principal função consiste em simular as utilizações de água que são afetados pelas variações meteorológicas. Apresentam-se as ferramentas que permitem obter a relação dos consumos de água com as características meteorológicas em determinadas regiões estudadas, assim como o tipo de tratamento de dados e as conclusões retiradas.

2.1.1 PROJEÇÃO DE CONSUMOS DE ÁGUA

Um sistema de abastecimento pode ser adaptado de acordo com as previsões e projeções da necessidade de água num determinado horizonte cronológica, que podem ser classificadas de acordo com o tipo de operação a realizar. Previsões e projeções são frequentemente descritas como longo-prazo, médio-prazo e curto-prazo (Tabesh & Dini, 2009).

O desafio de uma projeção a longo prazo resulta da dificuldade de prever eventos bastantes distantes a partir do presente. Estudos deste género estão relacionados com as infraestruturas de maior relevo e envergadura num sistema de abastecimento de água como toda sua instalação física, no planeamento de futuras instalações e na capacidade de resposta do sistema (Billings & Jones, 1996). Métodos baseados neste tipo de projeções dão resposta face às modificações das tendências meteorológicas geradas pelas alterações climáticas, programas de conservação e escassez de água, de forma a fundamentar decisões futuras no planeamento de sistemas de abastecimento de água pública (Dias, 2010).

Numa perspectiva a médio-prazo, as projeções são desenvolvidas para planeamento de melhorias na distribuição de água e sistema de tratamento para fixação de taxas ou preços da quantidade de água consumida e focam-se sobretudo na variabilidade do consumo de água para uma população estacionária ou pouco estável, da sazonalidade e flutuações multianuais, e na distribuição de água para uso industrial e comercial (Billings & Jones, 1996).

Uma projeção a curto-prazo tem por base o suporte às decisões relativas a operações do sistema de água bem como o orçamento e gestão financeira. Este tipo de projeções estão altamente relacionados com as variáveis meteorológicas (Zhou, 2000). Condições meteorológicas típicas em períodos tão curtos como um mês e até um dia podem ser relevantes para alterar os consumos de água e para antecipação dos mesmos (Miaou 1990; Billings & Jones, 1996). Os erros destas projeções podem resultar principalmente da imprevisibilidade do clima e dos parâmetros meteorológicos e do comportamento humano em relação ao uso da água solicitada (Billings & Jones 1996; Bougadis *et al*, 2005). Embora as projecções de consumos de água a longo-prazo estejam mais relacionadas com factores económicos e demográficos, as variações de consumos a curto-prazo são mais frequentes influenciados por eventos meteorológicos (Brandes, 1990).

2.1.2 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

Temperatura do ar, precipitação e humidade relativa do ar, são as variáveis climáticas mais utilizadas em estudos de projeções de consumos, principalmente em observações a curto-prazo, devido à influência destas variáveis na alteração dos padrões de consumos de água num determinado tempo, mas também à facilidade na obtenção deste tipo de dados das mesmas (Miaou, 1990). A resposta das utilizações de água para consumo doméstico às variáveis meteorológicas não tem recebido muita atenção, embora haja uma relação bastante forte, sobretudo com uso de água que é habitualmente feito fora das habitações, (Morgan & Smolen 1976).

2.1.2.1 TEMPERATURA

A temperatura do ar apresenta uma sucessão cronológica sazonal, variando os períodos das temperaturas máximas em diferentes regiões, repetindo essas oscilações regularmente nas mesmas alturas do ano. A sua tendência característica é bastante regular sendo difícil encontrar movimentos aleatórios momentâneos. Esta variável varia sinuosamente ao longo do ano, e os consumos de água tendem a exibir um padrão similar (Zhou *et al.*, 2000)

Os aumentos da temperatura estão relacionados com a necessidade hídrica das plantas evaporando a água existente tanto nos rios e lagos como no solo. Altas temperaturas indicam geralmente um maior índice de evaporação e evapotranspiração que, portanto, leva a um aumento da procura de água para irrigação (Akuoko-Asibey *et al.*, 1993).

Geralmente os consumos de água tendem a aumentar durante os dias mais quentes e períodos de seca (Zhou *et al.*, 2000). Temperaturas baixas tendem a restringir o uso da água em actividades fora das habitações (geralmente são menos comuns no inverno) e que, conseqüentemente baixam os consumos (Miaou, 1990). A população responde a temperaturas elevadas aumentando o consumo de água, o que pode ser explicado pela irrigação de jardins, saneamento e outros usos públicos tais como piscinas e parques públicos, (Akuoko-Asibey *et al.*, 1993).

2.1.2.2 PRECIPITAÇÃO

A precipitação é uma das variáveis meteorológica mais vezes adoptada por se considerar das mais importantes. Ao contrário da temperatura, a precipitação não evolui de forma regular no tempo, mas sim em forma de ocorrência aleatória.

As propriedades do efeito da precipitação induzem distintos comportamentos às utilizações de água, as pessoas respondem mais à sua ocorrência do que ao seu valor, ou seja, o efeito é mais psicológico do que físico. Seguidamente a precipitação não tem efeitos no uso da água quando este é praticado dentro das habitações, que pode ser resultado das baixas temperaturas nos dias de inverno ou de chuvas prolongadas (Miaou, 1990). A precipitação tende a restringir o uso da água para atividades no exterior das habitações, principalmente no inverno onde se verifica maior ocorrência de precipitação e tempestades (Akuoko-Asibey *et al.*, 1993). A quantidade de água acumulada no período de precipitação é pouco significativa havendo apenas o interesse de complementar as necessidades hídricas dos relvados e jardins,(Akuoko-Asibey *et al.*, 1993). A distinção entre o total da precipitação ocorrida num determinado tempo ou da ocorrência da precipitação é uma escolha relevante, que depende de factores associados com o tipo de clima da região ou microclima ou a existência de um maior número de terrenos ao ar livre para irrigação (Kenny *et al.*, 2008). Rega de zonas verdes e lavagens de arruamentos são exemplos de atividades extremamente relacionadas factores climáticos, principalmente a precipitação (Mayer & DeOreo, 1999).

Os modelos que empregam a ocorrência de precipitação como uma das variáveis explanatórias em vez da quantidade de chuva obtêm melhores resultados (Jain *et al.*, 2001).

2.1.2.3 HUMIDADE

A humidade relativa do ar mede a quantidade de vapor de água que existe no ar em relação ao máximo que o ar poderia conter à mesma temperatura (depende não só da quantidade de vapor de água contida no ar, mas também da temperatura). A temperaturas mais elevadas, o ar admite maior quantidade de vapor de água (I.M., 2008).

A humidade relativa a suprime a utilização da água das plantas quando se encontra a níveis elevados. O poder de evaporação da atmosfera aumenta sob condições mais secas, causando o aumento da contribuição de água a ser utilizado na rega das plantas. Em áreas litorais, a humidade permanece uniformemente elevada por causa da proximidade com o mar e os ventos predominantes de oeste (Wagner & Cross, 1994).

A humidade relativa constitui uma variável importante na análise do clima de uma região. Em regiões mais secas e com um clima mais árido verifica-se que os consumos de água tendem a ser maiores que o clima noutras regiões menos áridas onde os consumos não se revelam tão elevados. Esta situação pode ser justificada pelo valor ou índice da humidade do ar (Joo *et al*, 2002; Morgan & Smolen, 1976). Como a humidade relativa do ar e a nebulosidade são variáveis influentes à restrição ao uso de água fora das habitações (Akuoko-Asibey *et al*, 1993).

O estudo desta variável meteorológica não surge constantemente como a temperatura e a precipitação. Mesmo assim, estudos revelam que a humidade relativa do ar traz benefícios ao apuramento dos consumos de água por parte de modelos matemáticos.

2.2 MÉTODOS DE ANÁLISE DE DADOS

A concepção de um modelo requer dados confiáveis e completos tal que seja possível identificar as principais características dos padrões de consumo. As informações facultadas precisam de uma análise e tratamento que mais se adequem ao objectivo do tema em que as técnicas recorridas para tratamento de séries cronológicas de consumos de água ou variáveis meteorológicas sejam coerentes com o tipo de problema a tratar.

2.2.1 ANÁLISE DE SÉRIES CRONOLÓGICAS

Uma série cronológica é uma sequência de valores observados no tempo em que a dimensão de tempo entre observações deve ser igual. O uso de técnicas de análises de séries cronológicas é relevante neste estudo pois permite definir uma sucessão cronológica de valores de consumos quanto ao seu desenvolvimento. Esse desenvolvimento pode ser

identificado pela seu comportamento estacionário, por exemplo, ou pela sua característica sazonal na análise de séries meteorológicas.

O estudo de séries cronológicas de consumos de água sazonais são importantes no planeamento da capacidade de tratamento de água e sistemas de distribuição, sendo que a curto-prazo a antecipação dos padrões de consumo são essenciais para agendar os tempos de manutenção de reservatórios, bombas e gestão de logística (Billings & Jones, 1996).

O registo de um histórico de volumes de água por dia, meses ou anos, é muitas vezes referida como uma série cronológica. Uma série cronológica consiste num conjunto de observações de uma determinada variável ao longo do tempo. Cada série cronológica tem um intervalo especificado durante o qual se encontra em valor médio ou em valor acumulado (Billings & Jones, 1996). Factores que afetam os consumos de água são compostos por dois componentes: aqueles que mudam ao longo do tempo e não se repetem, tais como factores sociais, e aqueles que se repetem durante o tempo, como factores climáticos ou as estações do ano (Downey, 2006).

As análises de séries cronológicas são utilizadas para observação de tendências, compreendendo o reflexo das variações dos consumos, assim como o comportamento das sucessões cronológicas sazonais (Maidment *et al.*, 1984).

Apesar dos métodos de análise de séries cronológicas estarem relacionados na investigação das observações de uma série, alguns procedimentos tentam explicar o comportamento de uma série cronológica pela evolução dos fenómenos observacionais de outras séries (Wagner & Cross, 1994).

2.2.2 CORRELAÇÃO

A correlação ou o coeficiente de correlação r mede a associação entre duas variáveis, é positivo quando a associação é positiva e negativo quando a associação for negativa. O valor de r é tanto maior quanto mais forte for a associação sendo que o coeficiente de correlação toma sempre valores entre -1 e $+1$. os valores extremos $r = -1$ e $r = 1$ indicam uma associação perfeita em que $r = -1$ significa que os pontos pertencem a uma linha recta de

declive negativo e $r = 1$ significa que os pontos pertencem a uma linha recta com declive positivo. Existe ainda uma forma de medir a associação linear através de uma quantidade r , chamada coeficiente de determinação, r^2 . Este coeficiente é a proporção da variância de uma variável, que pode ser explicada pela dependência linear na outra variável. O coeficiente r^2 mede apenas a intensidade da associação e não nos diz nada sobre se ela é positiva ou negativa.

Uma matriz de correlação ajuda a perceber como as variáveis climáticas influenciam o uso da água mas também a identificar a sua colineariedade (Akuoko-Asibey *et al.*, 1993). A Tabela 2.1 apresenta um exemplo de correlações. Num estudo efectuado para Calgary no Canadá, por Akuoko-Asibey *et al.* (1993), mostra a relação dos consumos per capita semanalmente, Ct, com as variáveis meteorológicas: Rt, número de dias com precipitação, Dt: temperatura superior a 16°C, Pt: Precipitação acumulada semanal, em mm, Tt: temperatura média semanal em °C (através dos valores de correlação).

Tabela 2.1: Matriz de correlação entre o consumo de água per capita semanal e as variáveis meteorológicas em Calgary, (adaptado de Akuoko-Asibey *et al.*, 1993).

	Ct	Rt	Dt	Pt	Tt
Ct	1	-	-	-	-
Rt	-0,54	1	-	-	-
Dt	0,53	-0,27	1	-	-
Pt	-0,43	0,64	-0,23	1	-
Tt	0,53	-0,16	0,54	-0,16	1

Um outro estudo sobre correlações, Fanning (1993) apresenta o resultado do teste da relação entre variáveis meteorológicas e consumos de água usando dados meteorológicos mensais relativos às variáveis da temperatura e precipitação e registos de consumos de água do sistema de abastecimento publico na Geórgia no período entre 1980-1990.

A relação obtida neste estudo é indicada através dos coeficientes expostos Tabela 2.2 demonstra que a conformidade da temperatura com os consumos de água estão

directamente relacionadas. No entanto verifica-se que a precipitação pode não afectar de forma significativa os consumos.

Tabela 2.2: Resultados de correlação entre o consumo per capita mensal e as variáveis meteorológicas (adaptado de Fanning, 1993).

	Coefficiente de correlação, r	Coefficiente de determinação, r²
Temperatura Média Mensal	0,44	0,16
Precipitação Acumulada Mensal	0,66	0,44

Zhou *et al.* (2001) estabeleceram correlações para cidade de Melbourne entre a temperatura e a precipitação com os consumos de água considerados base. O resultados dessas correlações estão expressas na Tabela 2.3, em que C é referente ao consumo base, MT equivale à temperatura máxima e MT+1 é a temperatura máxima no dia seguinte .

Tabela 2.3: Coeficientes de Correlação entre o consumo de água e as variáveis climáticas em Melbourne (adaptado de Zhou *et al.*, 2001).

	C	MT+1	MT	P
C	1	-	-	-
MT+1	0,46	1	-	-
MT	0,58	0,48	1	-
P	-0,61	-0,21	-0,20	1

Balling Jr & Gober (2007) estudaram as relações dos factores meteorológicos com os consumos de água para a cidade de Phoenix. Obtiveram uma correlação entre a temperatura média anual e os consumos de água anuais per capita de 0,55 enquanto a mesma relação com a precipitação acumulada anual obteve um coeficiente de correlação de -0,69. Através deste resultado, os autores afirmam que o consumos de água por habitante aumenta significativamente com temperaturas mais elevadas e diminui com maior precipitação.

Pereira Filho *et al.* (2004) realizaram um estudo para a Região Metropolitana de São Paulo onde avaliaram os consumos de água em relação às variáveis meteorológicas no período de

1999 a 2000 onde concluíram que o consumo máximo médio mensal tem correlação com a média mensal da temperatura máxima.

Na cidade de Jerusalém em Israel, foi realizado um estudo para correlacionar os consumos médios mensais de água com as temperaturas máximas diárias registadas no período de 1980 a 1985. Obteve-se com um coeficiente de correlação de 0,95 (Darr, 1988).

A correlação entre variáveis pode ser observada através de gráficos de dispersão (gráfico de pontos, representados num plano cartesiano xy, que permite analisar a distribuição conjunta de duas variáveis). Este tipo de gráfico é muito útil como metodologia prévia de análise a problemas de regressão, quando se tenta ajustar uma função que estabelece uma relação de dependência entre as duas variáveis. Estes gráficos permitem também observar a distribuição da dispersão e identificar a linearidade das variáveis em questão. Zhou *et al.* (2001), Jain *et al.* (2001), Miaou (1990), Akuoko-Asibey *et al.* (1993), Gutzler & Nims (2005), Fanning (1993) e Downey (2006), foram autores que usaram esta técnica para fazer essa avaliação. A Figura 2.1 mostra os gráficos de dispersão usados por Gato *et al.* (2007) que representa uma relação entre os consumos diários com a temperatura diária e a precipitação diária acumulada da cidade de Melbourne.

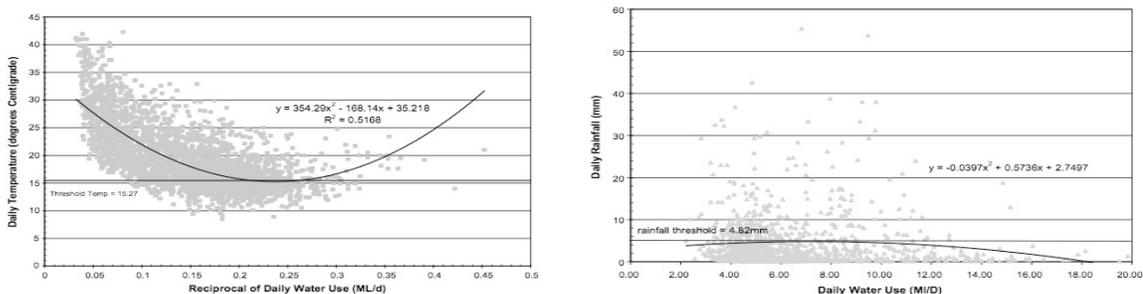


Figura 2.1: Gráficos de dispersão de relação entre os consumos de água na cidade de Melbourne com a temperatura diária e a precipitação diária (adaptado de Gato *et al.*, 2007).

Maidment *et al.* (1985) criou um gráfico de dispersão com dados relativos a usos de água semanais e temperaturas do ar médias semanais. A análise permitiu observar que o uso de água não estabelece uma relação linear com a temperatura do ar, delimitando três funções características que estão relacionadas com esta variável. A Figura 2.2 apresenta o gráfico em que se observa as três retas de ajustamento de valores que dão origem às três funções.

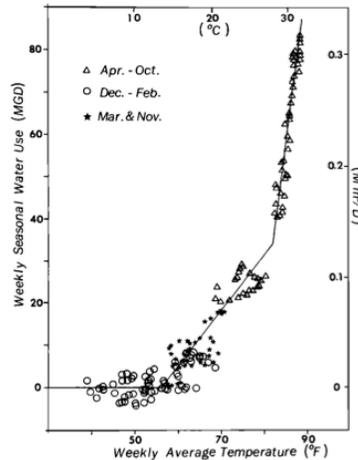


Figura 2.2: Funções relativas ao uso da água com a temperatura média semanal (Maidment *et al.*, 1985).

Da Figura 2.2 visualizam-se facilmente três épocas potenciais com influências distintas nos consumos de água: época de Verão, época Inverno e época de transição entre estas duas.

2.3 MODELOS DE PROJEÇÃO DE CONSUMOS DE ÁGUA

A previsão de padrões de consumo de água pode ser modelada através de métodos matemáticos de regressão ou de redes neuronais artificiais e tem, geralmente, em consideração o consumo *per capita* dependente de factores meteorológicos.

2.3.1 MODELOS DE REGRESSÃO LINEAR SIMPLES E MÚLTIPLA

A análise de regressão estuda o relacionamento entre uma variável chamada de variável dependente com outras variáveis com o nome de variáveis independentes. Este relacionamento é representado por um modelo matemático, isto é, por uma equação que associa a variável dependente com variáveis independentes. Este modelo é designado por modelo de regressão linear simples e define-se por uma relação linear entre a variável dependente e uma variável independente como se pode observar na equação 2.1.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X \quad (2.1)$$

Onde:

X – variável explicativa ou independente medida sem erro (aleatória);

β_0 e β_1 – parâmetros a estimar;

Y – a variável explicada ou dependente (aleatória).

Se em vez de uma, forem incorporadas várias variáveis independentes, o modelo passa a denominar-se modelo de regressão linear múltipla, como representa a equação 2.2:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n. \quad (2.2)$$

Downey (2006) realizou um estudo com o objectivo de estudar os consumos de água em três zonas diferentes no estado de Queensland na Austrália. Para isso recorreu a um processo de regressão linear através das variáveis meteorológicas e os consumos de água. Para gerar uma equação matemática capaz de traduzir os consumos de acordo com o clima da região, a usou quatro variáveis base foram geradas: temperatura do ar, precipitação, humidade relativa e evapotranspiração. Quatro variáveis base, 68 variáveis secundárias configuradas em factores de medição. Através da análise de regressão linear de cada uma das variáveis meteorológicas seleccionou-se através de um *ranking* as que mais afectavam os consumos. Este modelo aproximou em 86% os registos de consumos de água estudados.

Balling Jr & Gober (2007) analisaram a forma como o uso de água anual na cidade de Phoenix, Arizona, é influenciado pelas variáveis climáticas entre 1980 a 2004. Para tal, usaram duas regressões lineares simples para identificar a relação da temperatura média anual e da precipitação média anual nos consumos anuais *per capita*. Neste trabalho é demonstrado que existem relações estatisticamente significativas entre as condições climáticas e de uso da água em Phoenix. Os coeficientes do modelo indicam que as mudanças de temperatura, precipitação e as condições de seca afectam o uso de água. Mesmo assim, a magnitude da resposta do uso da água relativas às mudanças no clima é relativamente baixa principalmente se se considerar que o estudo é centrado num ambiente urbano em que a maioria do uso de água é residencial, ou seja, usado consideravelmente para fins exteriores.

Fanning (1993) realizou uma técnica de regressão múltipla para obter equação 2.3:

$$Y = -0,06X' + 1,04X'' + 129 \quad (2.3)$$

Em que Y corresponde ao consumo de água per capita, X' corresponde à precipitação acumulada mensal e X'' é relativo à temperatura média mensal. O valor do coeficiente de determinação resultou num valor igual a 0,56. Os consumos de água registados e simulados por este modelo matemático produziram uma correlação com o $r=0,75$. Este modelo mostrou ser útil para a projeção de consumos de água num curto-prazo.

Brandes (1990) realizou um modelo de regressão múltipla para analisar as relações com flutuações no uso da água semanal para a área da Baía de Tampa. A precipitação, a duração da luz do dia e a temperatura e provaram ser as variáveis mais eficazes para a previsão dos consumos em Tampa. Numa primeira etapa realizou-se um modelo apenas com duas variáveis, precipitação semanal acumulada e temperatura máxima semanal, na expectativa de serem factores com maior relevância para os consumos. Valores de R^2 para estes modelos variam entre 0,79-0,86. A diferença entre os consumos de água registados no sistema de abastecimento de Tampa e os consumos projetados pelo modelo consistem num conjunto de valores entre 3,1% a 3,6%. Num segundo modelo obtido através da introdução de várias variáveis como: duração da luz solar e variáveis meteorológicas derivadas da precipitação e da temperatura, resultou de melhores aproximações com a realidade. Assim, este modelo produzido apresentou um R^2 de 0,86. Segundo o autor, estes resultados apresentam melhorias em 7% devido à introdução de variáveis de complexidade maior. Mesmo apresentando melhor ajustamento com a realidade, o autor sugere que a preferência dos modelos deve recair para o mais simples pois, devido ao seu grau de complexidade ser menor, será mais fácil usá-lo.

Segundo Mayer & DeOreo (1999), as quantidades de água consumidas pelas populações das cidades norte-americanas de Boulder, Denver, Eugene, Las Viregenes, Lompee, Phoenix, San Diego, Scottsdale, Tempe, Seattle, Walnut Valley, Tampa, Waterloo e Cambridge variam de acordo com o clima de cada cidade. Este estudo baseou-se no volume de água consumida no interior e no exterior das habitações, revelando que, com temperaturas mais quentes e com menos precipitação (como o caso de Phoenix, Scottsdale e Tempe), têm uma maior percentagem de utilização de água do que em cidades mais húmidas e com temperaturas

mais baixas como Seattle, por exemplo. Estes autores aplicaram uma análise de regressão linear, usando dados meteorológicos diários.

A variabilidade anual nos consumos de água em Albuquerque, Novo México, foi avaliada por Gutzler & Nims (2005). Além desta região ser considerada semiárida, em 1994 a região foi visada por um programa de conservação de água que fez reduzir os consumos drasticamente. O autor aplicou uma série de modelos de regressão para avaliar os efeitos das variáveis meteorológicas a curto-prazo antes e após um programa de conservação de água incutido à cidade. Usou-se para este estudo técnicas de regressão, que resultaram em 9 equações matemáticas com várias configurações das variáveis meteorológicas selecionadas, a temperatura e a precipitação. O melhor modelo elaborado apresentou um r^2 de 0,65 antes do programa de conservação e um $r^2=0,91$ depois do programa. Contudo os autores referem que o modelo utilizado é sensível aos programas de conservação da água implementados na região.

Gato *et al.* (2007) aplicaram um modelo na cidade de Melbourne, Austrália, que exprime a relação dos consumos de água com a sazonalidade e factores climáticos. Foram recolhidos dados sobre usos diários de distribuição de água, na empresa Australiana, Yarra Valley Water, assim como a precipitação e a temperatura no período de tempo de 1990-2000. Analisaram-se os valores com base nos meses em que os consumos de água foram menores no período de um ano e foram correlacionados com o dia da semana, temperatura e precipitação. Através de um processo de regressão linear múltipla, foi desenvolvido um modelo matemático que obteve um r^2 de 86%. Assim conclui-se que a previsão dos consumos de água deve ter por base os factores climáticos.

Zhou *et al.* (2001) desenvolveram um modelo com o recurso a técnicas de regressões múltiplas, para relacionar o consumo de água a curto-prazo com o clima, para a zona urbana de Melbourne, Austrália. O modelo final apresentado, resulta de um coeficiente de determinação de 0,791. A calibração do modelo é realizada usando os dados horários e diários num período de 6 anos e validado num período de sete meses adicionais.

Akuoko-Asibey *et al.* (1993), analisaram os efeitos que as variáveis climáticas tinham sobre o consumo de água *per capita*, entre a primavera e o verão na cidade de Calgary, Alberta no

Canadá. O objectivo do estudo, apenas na primavera e no verão, deveu-se ao facto dos autores considerarem que no inverno o uso da água é direccionado apenas para atividades de uso interno das habitações, devido às baixas temperaturas, precipitação fria e neve. Por outro lado na primavera e no verão encontram-se registos de temperaturas mais elevadas o que pode induzir mais consumo de água devido a essas mesmas atividades. Analisou-se a correlação entre as variáveis climáticas (temperatura e precipitação) com consumos de água no período entre 1982 a 1985, e recorreu-se a uma regressão múltipla para desenvolver um modelo matemático. Esse modelo apresentou um coeficiente de determinação de 0,53.

2.3.2 MODELOS DE REGRESSÃO NÃO-LINEAR

Além do modelo de regressão linear, existem outros modelos que podem descrever a dependência de Y em relação a X . Mesmo assim, desde que seja possível para isso redefinir as variáveis ou transformar a equação, de modo a conseguir-se um modelo linear nos parâmetros. Considerando a equação 2.4:

$$Y = \alpha + \beta X^2 \quad (2.4)$$

A equação é já linear nos parâmetros α e β e a única não linearidade está na variável independente X . Então, uma regressão não-linear é uma técnica matemática em que os dados são modelados por uma equação não-linear que pode ser do tipo exponencial, polinomial, logarítmica entre outros tipos.

Gato *et al.* (2007) calcularam os consumos considerados base usando as variáveis da temperatura do ar e precipitação desde 1990 a 2000, incorporaram num modelo matemático resultante de técnicas de regressão não-lineares. O modelo mostrou uma forte correlação com um coeficiente de determinação de 0,71. O modelo é validado com um conjunto de dados de consumos de água de 2000 a 2001 em que se compararam os volumes de água projetados com os reais dando origem a um coeficiente de determinação de 0,83.

2.3.3 REDES NEURONAIS ARTÍFICIAIS

Uma técnica relativamente nova de redes neuronais artificiais tem sido proposta como uma ferramenta eficiente para a modelagem e previsão nos últimos anos, (Jain *et al.*, 2001). As redes neuronais artificiais têm se destacado devido à sua capacidade de modelar comportamentos não lineares. Recentemente, a técnica das redes neurais artificiais tem sido proposta como uma ferramenta eficiente para a modelação e previsão dos consumos de água. Odan (2010) citou que Crommelynck *et al.* (1992) foi um dos pioneiros em aplicar este método usando múltiplas camadas e a técnica “*Backpropagation*” para modelar previsão dos consumos de água tanto diários como horários. A comparação de Redes Neurais Artificiais com alguns modelos estatísticos mostram um bom desempenho por este novo método de previsão.

Na região metropolitana de S. Paulo, utilizou-se uma base de dados de consumos de água horários, de três anos para definir os padrões de consumos por sector de abastecimento e por dia da semana (SABESP, 1999). O objectivo foi relacionar estes consumos de água diários, semanal e mensal com os factores climáticos: temperatura e precipitação, entre as datas de 1982 a 1991. Concluiu-se que durante o inverno, estes parâmetros têm pouca influência nos consumos de água, mas nos meses de verão as precipitações influenciam uma redução no consumo chegando a menos 5% do dia anterior. Temperaturas acima de 25,6 °C mostram uma relação linear entre o consumo e a temperatura diária em que se verificou também que a precipitação tinha um efeito insignificante.

Joo *et al.* (2002) desenvolveram um modelo usando a técnica de redes neurais artificiais para estimar os consumos de água em Seul na Coreia do Sul. Usou-se variáveis meteorológicas como temperatura, precipitação e humidade para analisar as correlações dos consumos de água.

O objetivo primário deste estudo realizado por Jain *et al.* (2001) foi investigar a técnica de redes neuronais artificiais para quantificar os consumos de água no Instituto Indiano de Tecnologia, de Kanpur. Outras técnicas investigada neste estudo incluem regressão e análise de séries cronológicas para comparação. O objetivo secundário deste estudo foi investigar a validade das seguintes hipóteses: o processo de curto prazo dos consumos de água no

Instituto Indiano de Tecnologia, Kanpur campus é um processo dinâmico impulsionado principalmente pela temperatura do ar máxima e interrompida pela chuva ocorrências; a ocorrência de chuva é uma variável mais significativa do que a quantidade de chuva na modelagem em si a curto prazo as previsões de procura de água.

Os dados utilizados consistiram da elaboração dos registos de consumos de água semanais no Instituto Indiano de Tecnologia, campus Kanpur, da precipitação total semanal e da temperatura do ar média semanal máxima da cidade de Kanpur, Índia. Foram considerados seis modelos de rede neural artificial, cinco modelos de regressão, e dois modelos de séries cronológicas. Os modelos artificiais de redes neuronais superaram os modelos de regressão. Um erro absoluto médio de previsão de 2,41% foi alcançado a partir do melhor modelo de rede neuronal artificial, que também apresentou a melhor correlação entre os consumos de água modelados e atingidos. Verificou-se que os consumos de água no Instituto Indiano de Tecnologia, campus Kanpur é mais correlacionada com a ocorrência de chuva ao invés da quantidade de chuva em si.

Yung *et al.* (2011) avaliaram o risco de um sistema de abastecimento de água municipal sob a influência do crescimento da população e das variações climáticas desenvolveu-se um modelo que avalia os principais impactos das alterações climáticas nos consumos de água. Esse modelo combina séries cronológicas de simulações projetadas na cidade de Monte Carlo e uma rede neuronal artificial determinista para simular os volumes de água por dia sob essa projeção do clima. O modelo é aplicado para avaliar como as mudança climáticas podem alterar o risco de um sistema de abastecimento de água e é então utilizado para estimar os efeitos dos programas de gestão da procura e da expansão do sistema. O modelo avalia 11 cenários definidos pela combinação de previsões de crescimento da população diversas, programas de gestão da procura, expansões do sistema e cenários do modelo de clima global (GCM). Os resultados de simulação sugerem que um aumento da temperatura e uma mudança na magnitude precipitação têm um impacto negativo no desempenho do sistema em estudo,

2.4 COMPARAÇÃO DE MODELOS

A eficácia de uma projeção de consumos de água passa pela obtenção de ferramentas matemáticas e estatísticas capazes de traduzir da melhor forma possível as solicitações futuras dos volumes de água. Neste contexto, surge o interesse de examinar a eficácia dos modelos usados para o efeito, e comparar os métodos de análise para justificar uma adopção num dos modelos que conduza a resultados mais próximos possíveis para com a realidade.

Bougadis *et al.* (2005) estudaram para a cidade de Ottawa, Ontário, Canadá, o desempenho relativo aos processos de modelos de séries cronológicas, de análise de regressão e rede neural artificial com objectivo da modelação de consumos de água para curto prazo. Concluiu-se que o abastecimento de água existente não é capaz de satisfazer a procura de crescimento da população projectada. Três redes neuronais artificiais diferentes, modelos de regressão e sete modelos de séries cronológicas foram desenvolvidos e comparados concluindo que os modelos baseados em redes neuronais superaram consistentemente os de regressão e os de séries cronológicas. Verificou-se que as solicitações de água semanais tem correlações significativas com a quantidade de precipitação invés da ocorrência de chuvas,

Segundo Miaou (1990), os modelos lineares convencionais subestimam a resposta dos consumos de água às variáveis climáticas. Isso é evidenciado pelo seu desempenho relativamente pobre, indicado em anos secos e húmidos. Como resultado, os modelos lineares convencionais subestimam os consumos de água nos períodos considerados no Verão em anos secos, enquanto esses mesmo modelos, em anos húmidos, apresentam resultados muito elevados.

Outras análises matemáticas e estatísticas foram consideradas para comparação. Processos de regressão linear múltipla e três tipos de modelo baseados em redes neuronais artificiais foram desenvolvidos por Adamowski & Karapataki (2010) para modelagem de consumo de água. Esta análise foi realizada com uma base de dados de 6 anos de consumos de água e de variáveis metrológicas (temperatura máxima semanal e total de precipitação semanal) para duas regiões diferentes, na cidade de Nicósia, capital do Chipre. Concluiu-se que o modelo de redes neuronais artificiais foi mais preciso nos consumos de água semanais relativamente

aos outros dois modelos do género e também mais preciso que o modelo de regressão linear múltipla.

Jain *et al.* (2001) desenvolveram três técnicas de modelação: análise de regressão, análise de séries cronológicas, e redes neuronais artificiais foram investigadas num estudo para avaliar a eficiência das técnicas convencionais usadas para modelos de projecção de curto-prazo de consumos de água. Das técnicas empregues para gerar um modelo, destacou-se com o menor erro de previsão, a técnica de redes neuronais artificiais. Além disso, os modelos baseados nas séries cronológicas não consideraram os efeitos dinâmicos das variáveis climáticas. Com uma média de erro na previsão de 2,41%, o melhor modelo de redes neuronais também foi capaz de obter a melhor relação entre o projetado e os dados reais.

2.5 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS VS PADRÕES DE CONSUMO DE ÁGUA

Maidment & Miaou (1986) concluíram que o uso de água durante os períodos de menos chuva está intimamente relacionada com a temperatura do ar, existindo um limite de alterações de consumo a partir de aproximadamente 21°C de temperatura. Quando a temperatura do ar se eleva além 29-32°C, o aumento dos consumos de água são de 3-5 vezes maiores do que quando a temperatura é inferior a este nível. O impacto da precipitação nos consumos de água são significativos tanto que mais de 1,3 mm de precipitação acumulada num dia implica um decréscimo nos consumos de água no dia seguinte.

Akuoko-Asibey *et al.*, (1993) chegaram à conclusão que, para a cidade de Calgary no Canadá, as alterações nos consumos de água começam quando a temperatura do ar excede os 15°C. Este limite começa em maio quando as temperaturas máximas excedem os 16°C. Verificou-se que o consumo de água semanal *per capita* mantém-se estável quando a temperatura média máxima semanal não excede os 15°C. Os consumos de água na cidade mantêm um consumo mínimo de 400 milhões de litros independentemente das ocorrências de precipitação o do total de chuva acumulada numa semana.

Gato *et al.* (2007) concluíram que para a cidade de Victoria na Austrália, existe um limiar nas variáveis meteorológicas que aumenta ou diminui os consumos de água conforme esse limite é vencido. No caso da temperatura, valores acima de 15,27°C fazem aumentar os consumos de água sendo que abaixo desse valor os consumos permanecem independentes dos factores meteorológicos. Para a precipitação, o valor limite de oscilações de consumos encontra-se nos 4,82 mm. Quanto mais diminuir o valor da precipitação os consumos de água irão aumentar, mas acima deste limite a precipitação não tem qualquer tipo de influências.

Maidment *et al.* (1985) concluíram que, para a cidade de Austin no Texas, existe um uso de água não linear ao longo de todo o ano. Como referido no ponto 2.2.2, através de um gráfico de dispersão, o autor foi capaz de estabelecer três épocas potenciais para criar influências distintas nos consumos de água: época de Verão, época de transição entre Março e Novembro e a época de Inverno. Essas três épocas estão limitadas por dois valores de temperaturas do ar. Assim, na época de Inverno, os consumos não têm influência com a temperatura do ar até um limite de 13°C. A época de transição está entre os 13°C e os 28°C em que existe uma certa influência nos consumos com a subida de temperatura. A época de Verão surge num limite superior a 28°C registando-se uma subida assinalável nos consumos por aumento de cada grau de temperatura. Ainda neste estudo verificou-se que para a cidade de Austin, o efeito da precipitação nos consumos de água sazonais num dado dia, causa uma diminuição de 49% dos consumos de água, com um limite de precipitação de 1,3mm. Os impactos residuais desse efeito prolongam-se por mais 2 semanas. Se a precipitação acumular um total diário inferior a 1,3mm, apenas corresponde a uma queda de 27% nos consumos de água diários.

Balling Jr & Gober (2007) retiraram conclusões dos modelos matemáticos realizados que mostram que em cada aumento de 1°C na temperatura diária representa um aumento de 60 litros *per capita* nos consumos diários de água representando um aumento de 7%. Quanto à precipitação, uma diminuição de 10mm do total acumulado diário suscita um aumento de 4 litros *per capita*, ou seja, 10% de aumento de precipitação diário induz um aumento de 3% de consumo de água diário.

Gutzler & Nims (2005), segundo os resultados obtidos dos modelos efectuados para a região de Albuquerque no estado do Novo México nos E.U.A., concluíram que por cada 1°C de aumento de temperatura diário está associado a um aumento de 14,6 litros *per capita* por dia. Este autor refere ainda que um aumento de 1mm no total de precipitação acumulada diariamente equivale a um decréscimo de 73 litros *per capita* de consumo de água nesse mesmo dia.

Wagner (2003) previu que, para cada grau de aumento temperatura máxima diária estava relacionado com um aumento de 2% nos consumos de água diários. Também no mesmo modelo, por cada centímetro de precipitação acumulado diariamente, o consumo de água respectivo diminui em cerca de 4%.

A hipótese de que as variáveis meteorológicas influenciam os consumos de água estudou-se por Protopapas *et al.* (1996), através dos dados dos consumos diário de água para a cidade de Nova York entre 1982-1991. Verificou-se que, durante os meses de inverno, as variáveis meteorológicas tem pouco efeito sobre os consumos de água, enquanto nos períodos de verão, a precipitação provoca uma diminuição nos consumos de água diariamente. Os resultados mostram que, acima de 25°C, os consumos de água aumentam linearmente com a temperatura média diária.

Downey (2006) conclui através de um modelo matemático de projeção de consumos de água desenvolvido para uma região não pode ser aplicado noutra região. Este modelo estimou os consumos de água na cidade de Capella, estado de Queensland na Austrália, com uma aproximação dos registos de consumos existentes de 86%.

Balling Jr & Gober (2007) elaboraram modelos matemáticos para projeção de consumos de água obtendo resultados que lhes permitiu afirmar que 1°C de aumento na temperatura média diária representa um aumento de 6,66% do consumos de água por dia e se anualmente a temperatura média aumentar 1,5°C representará nos consumos um acréscimo de 11,6% nos respectivos consumos *per capita*. Quanto à precipitação os resultados obtidos da equação resultante do modelo elaborado sugerem que reduzindo 10mm na precipitação acumulada diária aumenta por consequência os consumos diários em 4 litros por habitante. A

regressão simples efectuada sugere também que se a precipitação acumulada anual tiver uma diminuição de 10%, isso implicará um aumento de 3,9% dos consumos água *per capita*.

Um estudo realizado por Maidment & Parzen (1984) estabelece a relação da precipitação com os consumos de água em 6 cidades do estado de Texas. Verificaram que a correlação com o clima é forte em três cidades examinadas nas regiões mais secas do Texas, onde se considerar 25mm de aumento na precipitação acumulada mensal, resulta de uma diferença de 38 litros no consumo de água médio mensal por habitante (redução de chuvas, aumentam a evaporação). Já em três cidades no leste do Texas, em regiões mais húmidas a resposta dos consumos de água para precipitação é menor.

Miaou (1990), num estudo realizado para a cidade de Austin no Texas, verificou que nos dias em que ocorreram precipitação resultaram na melhor variável explanatória no modelo usado. Assim sugere que as pessoas respondem mais à ocorrência de chuva do que a intensidade de chuva.

2.6 CENÁRIOS CLIMÁTICOS

As alterações climáticas têm motivado o desenvolvimento de estudos e artigos com o objetivo de projetar cenários climáticos, sustentando um contributo para a elaboração de programas de medidas mitigadoras para sistemas de abastecimento público de água. Neste sentido, este ponto refere as conclusões da pesquisa realizada, que se destacou na procura de projeções de cenários meteorológicos desenvolvidos tanto à escala mundial como regional.

Em 1988 foi criada uma entidade internacional, o *International Panel on Climate Change* (IPCC), de modo a desenvolver estudos científicos sobre a possibilidade das ações humanas afetarem o clima mundial. Desde o início da sua atividade, o IPCC desenvolveu 4 relatórios sendo o mais recente publicado em 2007. No último relatório publicado, o IPCC refere que as alterações climáticas terão um impacto significativo no clima mundial, revelando que a temperatura mundial deverá aumentar 1,8 a 4°C até 2100. A taxa de aumento da temperatura média global tem vindo a aumentar de uma média de 0,1°C por década nos últimos 100 anos para 0,2°C por década nos últimos 10 anos.

Dos doze anos mais quentes desde 1850, oito são entre 1996 e 2007. Sazonalmente, a Europa tem aquecido mais na Primavera e no Verão. No verão, a frequência de dias chuvosos tende a diminuir mas a intensidade de chuvas extremas pode aumentar. As projeções indicam um aumento de precipitação no norte da Europa e uma diminuição a sul. Aprecia-se uma tendência para um clima mais seco nas regiões do Mediterrâneo, onde se prevê diminuições de 5 a 30% na precipitação anual. A probabilidade da frequência e magnitude de cheias irá aumentar devido à concentração da precipitação no Inverno na maioria das regiões do mundo (IPCC, 2007).

Um relatório realizado por 3 entidades internacionais, a Organização Mundial de Saúde, a Comissão Europeia e a Agência Europeia do Ambiente, em 2008, refere que a Europa aqueceu um pouco mais do que a média global. As projeções observadas revelaram um aumento de 1 a 5,5°C na temperatura anual até final do século, maior que os valores registados a nível mundial (1,8 a 4°C). Este relatório regista episódios de precipitação extremos a períodos com elevada quantidade de precipitação total ou com défice de precipitação, segundo a região em questão. A norte da Europa verifica-se um aumento de 10 a 40% na precipitação anual ao longo do último século enquanto a sul da Europa observa-se uma diminuição de 20%.

Projecto SIAM II (2006) apresenta os cenários de evolução das alterações climáticas e seus potenciais impactos a nível sectorial em Portugal. Os cenários de temperatura obtidos projetam, para o final do século, aumentos significativos da temperatura mínima e máxima em todas as estações do ano e em qualquer ponto de Portugal Continental a uma taxa de 0,5°C por década. São estimados valores da temperatura máxima no Verão entre 3°C na zona costeira e 7°C no interior do país. O modelo regional usado neste estudo, prevê ainda reduções na precipitação que podem atingir valores correspondentes a aproximadamente 20% da precipitação anual, alcançando maiores perdas no sul do país. Em relação aos cenários sazonais, as incertezas são maiores, sendo que se projeta uma maior concentração da precipitação em períodos de tempo mais curtos, principalmente durante a época de Inverno.

Vieira, (2003), refere que as consequências dos efeitos das mudanças climáticas afetarão os ciclos hidrológicos dos rios, alterando os sistemas de abastecimento de água. O aumento da temperatura deverá levar a aumentos da precipitação originando cheias mais intensas no início da Primavera diminuindo os caudais hidrológicos no Verão, estação em que se regista uma procura de água maior. Estas alterações poderão ainda ter como consequência o aumento da pluviosidade em determinadas regiões e diminuição em outras.

CAPÍTULO 3

CASO DE ESTUDO

ALGARVE | ÁGUAS DO ALGARVE | ESTAÇÕES MONITORIZAÇÃO

aumento da população próximo de 150%. Este fluxo populacional ocorre principalmente nas estações da Primavera e Verão com o pico nos meses de Julho e Agosto, sobretudo nos municípios situados no litoral sul, assinalando-se no município de Albufeira, o município com maior fluxo de turismo.

O clima do Algarve é temperado mediterrânico e caracteriza-se pela amenidade das temperaturas ao longo do ano e por um período seco mais longo do que a maior parte do território de Portugal Continental. A serra Algarvia forma uma barreira que dificulta a passagem dos ventos frios e das depressões vindos de Norte. Por isso, no litoral sul do Algarve a precipitação é relativamente escassa, a temperatura amena e a humidade do ar elevada que se justifica pela proximidade do mar. Devido às características determinadas pela influência do vento, distinguem-se duas sub-regiões: sotavento e barlavento. O sotavento encontra-se desde o rio Guadiana até à zona central do Algarve, próxima da Serra do Monchique, mais exposto ao vento oriundo do mediterrâneo e norte de África, distinguindo-se pelo seu clima mais seco. O barlavento, abrange o restante da região até à costa ocidental, é influenciado pelo oceano Atlântico, caracteriza-se por um clima atlântico abrandado e sujeito às massas de ar húmido de noroeste e oeste.

O Atlas Ibérico (I.M., 2011) usa a classificação climática de Köppen-Geiger para delimitar o clima na região do Algarve. Apresentada em 1900 pelo climatologista alemão Wladimir Köppen e passando por sucessivas modificações até à sua última revisão em 1936, com a colaboração de Rudolf Geiger, a classificação de Köppen-Geiger define os climas de diferentes regiões da Terra, a partir dos valores médios mensais da precipitação e da temperatura do ar, tendo por base que o tipo de solo, vegetação e a ação das populações são influenciados pelo clima dessa mesma região. O sistema de classificação apresenta um conjunto de 3 letras que representam a categoria do clima da região. A primeira letra (uma maiúscula "A", "B", "C", "D", "E") define a característica geral do clima de uma região. A segunda letra, uma minúscula, que demonstra o tipo de clima dentro do grupo e expressa as particularidades do regime pluviométrico. A terceira letra, minúscula, demonstra a temperatura média mensal do ar dos meses mais quentes ou a temperatura média anual do ar, Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Classificação Climática de Koeppen-Geiger

Letra	Designação	Descrição
1ª	A	Clima Tropical
	B	Clima Árido
	C	Clima Temperado ou Temperado Quente
	D	Clima Continental ou Cima Temperado Frio
	E	Clima Glacial
2ª	S	Clima das estepes, com precipitação anual total média compreendida entre 380 e 760 mm
	W	Clima desértico, com Precipitação anual total média < 250 mm
	f	Clima húmido, com Ocorrência de precipitação em todos os meses do ano e inexistência de estação seca definida
	w	Chuvas de Verão
	s	Chuvas de Inverno
	w'	Chuvas de Verão-outono
	s'	Chuvas de Inverno-outono
	m	Clima de monção, com Precipitação total anual média > 1500 mm e Precipitação do mês mais seco < 60 mm
	T	Temperatura média do ar no mês mais quente compreendida entre 0 e 10 °C
	F	Temperatura média do mês mais quente < 0 °C
3ª	M	Precipitação abundante e Inverno pouco rigoroso
	a	Verão quente
	b	Verão temperado
	c	Verão curto e fresco
	d	Inverno muito frio
	h	seco e quente
	k	seco e frio

Assim, toda a região do Algarve caracteriza-se por um clima temperado com chuvas de Inverno. Pela observação da Figura 3.2 justifica-se que a região do Algarve se classifica em duas regiões distintas, Csb e Csa.

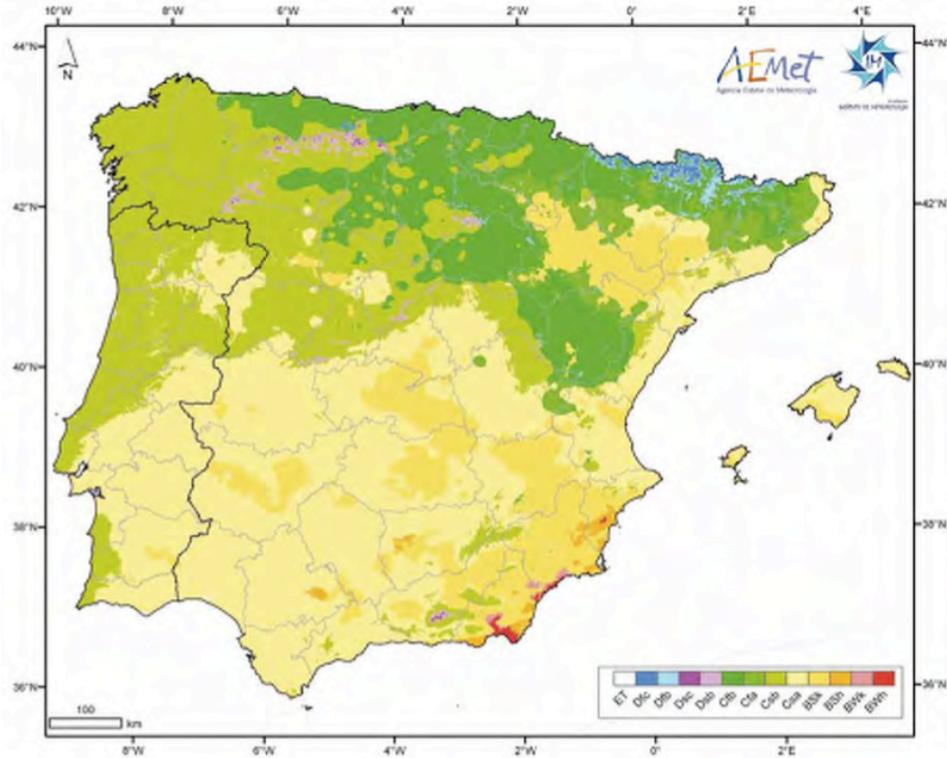


Figura 3.2: Classificação Climática Koeppen-Geiser para a Península Ibérica.

De notar que a classificação demonstra duas sub-regiões climáticas na região, alterando a terceira letra da classificação. A zona denominada por Csb, abrange cerca de 20% da área total do Algarve situando-se na parte oeste ou o barlavento algarvio conhecida por um Verão temperado. A disposição da área relativa à denominação Csa, representa o sotavento algarvio assim como a sua zona central.

3.2 ÁGUAS DO ALGARVE

A Águas do Algarve, S.A., pertence ao Grupo Águas de Portugal, criada em Agosto do ano 2000 partindo da fusão de duas empresas, Águas do Sotavento e Águas do Barlavento, ambas criadas em 1995. A Águas do Algarve, S.A., é concessionária do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água (SMAAA) e de Saneamento do Algarve sendo responsável pela sua gestão, controlo e operação. O principal objectivo deste sistema consiste no fornecimento de água potável em quantidade e qualidade à região Algarvia, assim como dotar a região com um sistema seguro, do ponto de vista da saúde pública dos

cidadãos. Nesta vertente, o SMAAA abastece a totalidade dos municípios algarvios, 16 municípios, Albufeira, Aljezur, Alcoutim, Castro Marim, Faro, Lagoa, Lagos, Loulé, Monchique, Olhão, Portimão, São Brás de Alportel, Silves, Tavira, Vila do Bispo e Vila Real de Santo António.

3.2.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA MULTIMUNICIPAL DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO ALGARVE

O Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Algarve apresenta um conjunto de infraestruturas, equipamentos e serviços capazes de fazer transportar água bruta das suas origens até ao consumidor. O SMAAA tem vindo a modificar-se durante os últimos anos adaptando-se à crescente evolução da população e às variabilidades naturais, permitindo assim assegurar a continuidade do serviço e garantir que as captações de água sejam capazes de gerar volumes satisfatórios às solicitações da população.



Figura 3.3: Representação do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Algarve.

As captações superficiais consistem no principal tipo de origens de água do SMAAA. O aproveitamento das águas superficiais é feito basicamente através de três origens com recurso a um conjunto de albufeiras. A albufeira da Bravura, a barlavento, integra-se em aproveitamentos hidroagrícolas cujo destino passa essencialmente pela rega, complementando o fornecimento de água no SMAAA nas épocas alta e média, desde Março

a Outubro, após tratamento na ETA de Fontainhas com a finalidade de distribuir água para consumo humano.

O aproveitamento hidráulico do sistema Odelouca-Funcho tem como objectivo a regularização dos caudais que afluem ao rio Arade e à ribeira de Odelouca. Originalmente destinado ao fornecimento de água ao barlavento algarvio, é permitido reforçar, quando necessário, o fornecimento de água no SMAAA para os municípios do sotavento algarvio, recorrendo a estações elevatórias reversíveis. A água armazenada na albufeira de Odelouca é transferida para o túnel Odelouca-Funcho, com 8,15 km de comprimento, que intercepta com o adutor Funcho-Alcantarilha, 200 m a jusante da barragem do Funcho. Decorridos mais 11,5 km, a água da albufeira de Odelouca chega à ETA de Alcantarilha, onde é tratada e distribuída aos seus utilizadores.

O aproveitamento hidráulico Odeleite-Beliche é constituído por duas albufeiras interligadas por um túnel, que permite a passagem de água da albufeira de Odeleite para a albufeira de Beliche. Este aproveitamento hidráulico é a fonte de água bruta da ETA do Beliche e Tavira, constituindo uma origem de água importante para o abastecimento público a sotavento.

Tabela 3.2: Características das principais origens de água da AdA.

Aproveitamentos Hidráulicos	Ano de iniciação	Bacia Hidrográfica Km²	Capacidade Útil hm³	Solicitação SMAA hm³/ano
Bravura	1958	76,8	32,2	4,5
Arade	1956	229	26,7	-
Odelouca-Funcho	2012-1993	393-200	134-42,7	55-20
Odeleite-Beliche	1997-1986	352-117	117-47,6	40
Querença-Silves	-	-	70	13

As alternativas às origens de água superficiais passam pelo aproveitamento de várias origens de água, destacando-se as captações subterrâneas. Os recursos subterrâneos do Algarve concentram-se na faixa litoral, a sul da zona da serra Algarvia, identificando-se 17 aquíferos principais. Devido às condições hidrogeológicas e climáticas, os aquíferos da zona mais afastada do mar inspiram melhor qualidade devido à maior dificuldade de intrusão salina. Destes 17 aquíferos, o aquífero Querença-Silves, é o mais importante da região, abrangendo

os concelhos de Silves, Lagoa, Loulé e Albufeira e com uma capacidade de armazenamento estimada em mais de 1000 hm³. É também considerado como origem de água bruta estratégica na região, pelas suas características de quantidade e qualidade de água satisfatória e um dos poucos aquíferos da região com uma qualidade da água adequada para consumo humano. Através do Protocolo para Fornecimento de Água Bruta à ETA de Alcantarilha a partir de furos do Perímetro de Rega do Vale da Vila, em Março de 2001, entre o Instituto da Água, a AdA e a Direcção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural, assegurou-se o abastecimento de água até um limite de 13hm³ anuais. No ano de 2005, o SMAAA sofreu as consequências dos eventos de seca que cobriu quase a totalidade do território do continente português. Devido a esses eventos, criou-se um plano de acção para implementações de novas captações subterrâneas nas junto da ETA de Alcantarilha, garantindo assim o abastecimento público em período de escassez e seca prolongada, elevando o limite de captação até 85 hm³ por ano (Dias, 2010). A evolução dos volumes de água fornecidos ao SMAAA, representados na Figura 3.4, mostra a capacidade de resposta de captação no período de seca em 2005, considerando uma quebra no volume de água captado anualmente que vinha aumentando ao longo dos anos.

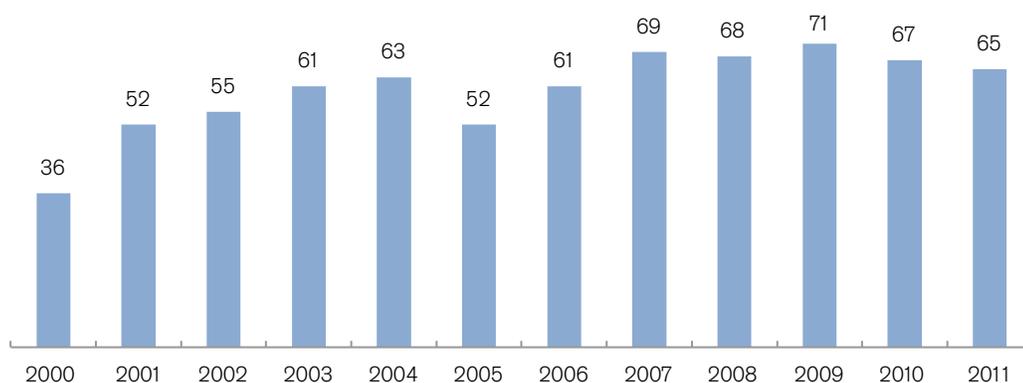


Figura 3.4: Evolução dos volumes de água fornecidos ao SMAAA em milhões de m³.

Através do SMAAA, a Águas do Algarve, S.A. faz a captação, tratamento e abastecimento de água, que é distribuída, através de redes domiciliárias, pelos 16 municípios da Região. Este sistema dispõe de quatro estações de tratamento, como referido atrás, com as características apresentadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Características principais das ETA da AdA.

ETA	Capacidade m³/dia	Ano de Arranque	População Servida hab.	Custo de Investimento €
Alcantarilha	259.000	2000	620.000	17.500.000
Tavira	190.000	1998	460.000	12.500.000
Fontainhas	29.000	1978	52.000	1.500.000
Beliche	13.000	1980	60.000	4.000.000

Estas estações tratam a água bruta afluyente das suas origens, com a finalidade de disponibilizar água, para consumo humano, nos 455 km de rede de distribuição finalizando o seu percurso nos 70 pontos de entrega disponíveis no sistema. Assim, o SMAAA dispõe de uma capacidade de distribuição de água regular, possibilitando uma gestão no sentido da continuidade do serviço, flexibilidade e solidez, por todos os municípios do Algarve.

3.2.2 DADOS SOBRE CONSUMOS MUNICIPAIS

Um sistema público de abastecimento e de distribuição de água deve ter meios necessários para obter o conhecimento de informações, relativas a condições e dados hidráulicos, que lhe permita fazer uma gestão e controlo eficiente do sistema.

A AdA faz uma exploração do SMAAA automatizada permitindo obter informação atualizada sobre o funcionamento do sistema que lhe permite descrever a evolução e os padrões das solicitações de água no tempo, obtendo o registo de diversas alterações ocorridas por factores fora do controlo de gestão e operação. O SMAAA tem vindo a sofrer alterações ao longo dos anos em função da procura de água. A necessidade de expansão do sistema em busca de novas origens de água e o alargamento das infraestruturas, em função do número de municípios a abastecer, vieram a limitar o recurso dos dados relativos aos consumos, reduzindo assim a amostra cronológica dessas informações. Assim, para dispor de um conjunto de dados confiável, actualizado e completo de forma a que seja possível analisar e identificar as principais características dos padrões de consumos dos municípios algarvios, obteve-se registos relativos aos volumes de água entre 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011.

Para a construção de um modelo de projecção de consumos de água torna-se importante simplificar as informações base, desde que a caracterização dos consumos atenda à representação fidedigna das circunstâncias em que estes ocorreram. Assim, decidiu-se utilizar a informação relativa a metade do número de municípios algarvios. Desta forma, seleccionam-se um conjunto de oito municípios que, de forma representativa, podem caracterizar toda a região do Algarve, que obedeceu aos seguintes critérios de decisão:

- clima;
- situação geográfica;
- volumes de água;
- sazonalidade.

Com estes critérios seleccionaram-se as entidades distribuidoras de água de Aljezur, Portimão, Silves, Albufeira, Loulé, Faro, Tavira e Alcoutim para estudo de consumos de água. Na Figura 3.5 apresenta-se a distribuição dos volumes de água fornecidos em proporção, que foi objecto de análise, segundo os critérios anteriores, para definição do conjunto de municípios a estudar.

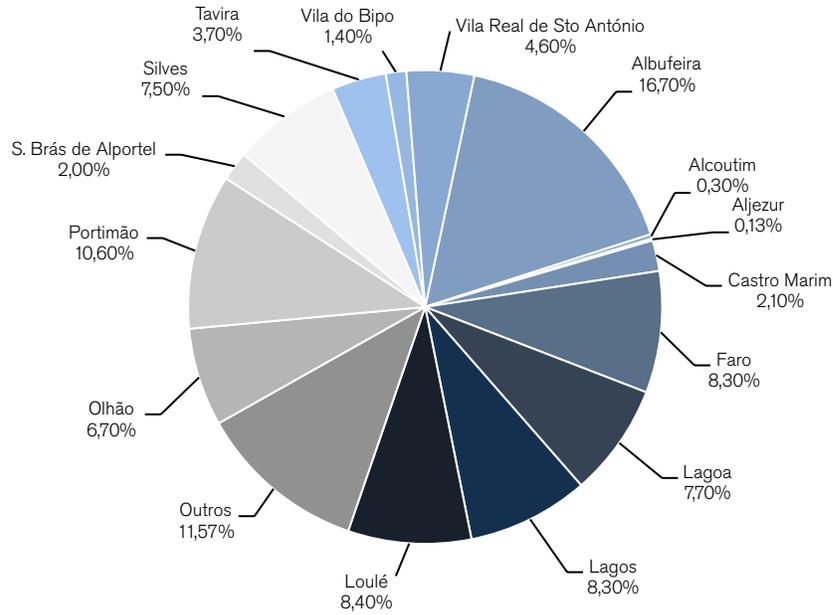


Figura 3.5: Volumes de água fornecidos pelas entidades de água do Algarve em 2011.

De sublinhar que, a seleção dos municípios dividiu-se pelas duas sub-regiões climáticas no Algarve (Barlavento e o Sotavento). Esta seleção tenciona avaliar a possibilidade de comportamentos dissemelhantes nos consumos de água estando estes sobre influência de duas sub-regiões com características diferentes. Na Figura 3.6 identificam-se os municípios selecionados para estudo.

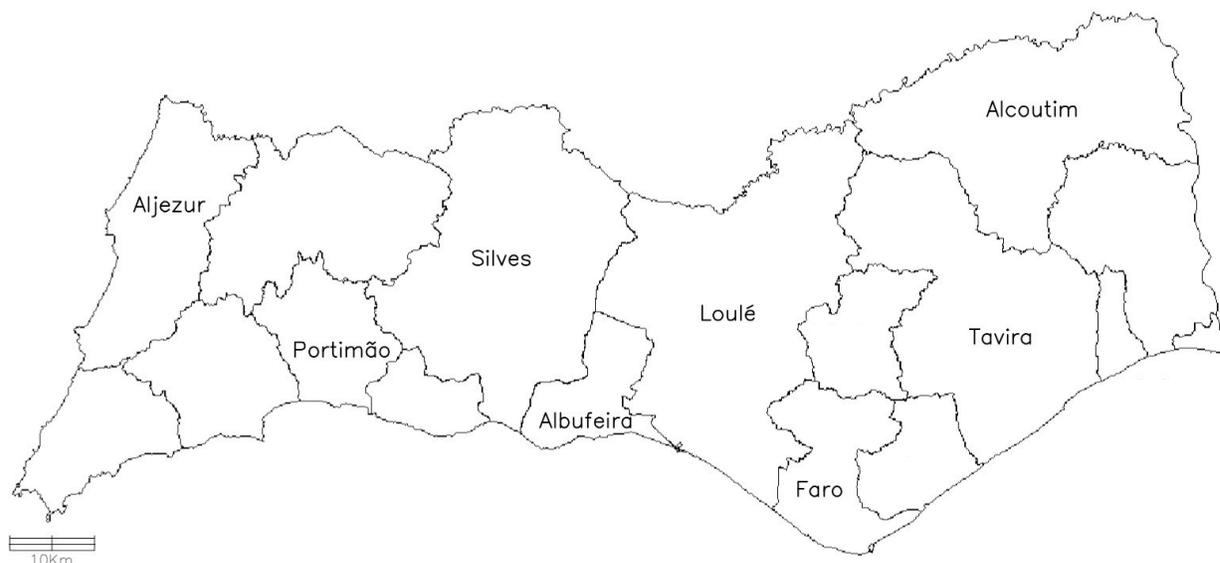


Figura 3.6: Conjunto de municípios selecionados para estudo.

Assim na região a Barlavento optou-se pelos municípios de Aljezur, Portimão, Silves e Albufeira e a Sotavento os municípios de Loulé, Faro, Tavira e Alcoutim.

3.3 ESTAÇÕES MONITORIZAÇÃO METEOROLÓGICA

No presente trabalho as variáveis meteorológicas consideradas são: a temperatura do ar, a precipitação e a humidade relativa do ar por serem determinantes no estabelecimento de relações significativas entre os padrões de consumo de água e as condicionantes da meteorologia.

Os dados históricos das variáveis meteorológicas são essenciais para projeções de consumos de água confiáveis, sobretudo se os valores registados forem originários de serviços públicos (Billings & Jones, 1996). Num conjunto de possibilidades, decidiu-se optar pelo Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) para obtenção de dados relativos às variáveis meteorológicas.

O SNIRH é suportado por uma base de dados preparada para armazenar e divulgar publicamente dados meteorológicos, recolhida na rede de monitorização do Ministério do

Ambiente (através do portal do sistema <http://snirh.pt>). A rede de monitorização é composta por estações meteorológicas automáticas e convencionais, estando algumas equipadas com teletransmissão. A seleção das estações para recolha de dados cumpre os seguintes critérios de decisão:

- localização no Algarve;
- correspondência entre estações e municípios;
- amostra cronológica dos dados;
- qualidade dos dados;
- quantidade de variáveis.

De acordo com os critérios referidos, estudou-se os recursos disponíveis no SNIRH e fez-se o levantamento das estações para extração das séries históricas referentes às variáveis meteorológicas. As estações que cumprem os critérios acima referidos perfazem um total de 7 estações e são: Lagos, Barragem do Arade, Vidigal, Algoz, S. Brás de Alportel, Picota e Martim Longo, podendo observar-se na Tabela 3.3 as características das estações selecionadas.

Tabela 3.3: Características das Estações Meteorológicas

	Lagos	Barragem do Arade	Vidigal	Algoz	S. Brás de Alportel	Picota	Martim Longo
Código	31E/01UC	30G/03C	30F/05C	31H/02C	31J/01C	30K/02C	29K/01C
Altitude (m)	1	58	45	85	334	140	294
Coordenada X	151.442	178.567	158.404	185.336	221.010	240.197	232.596
Coordenada Y	17.666	30.254	26.726	19.240	21.895	23.259	52.459
Concelho	Lagos	Silves	Portimão	Albufeira	S. Brás de Alportel	Tavira	Alcoutim
Entrada em Funcionamento	04-07-2001	14-03-2001	14-03-2001	01-02-2001	13-12-2000	15-03-2001	02-02-2001

De referir que o SNIRH iniciou a disposição de dados meteorológicos nas estações desde meados de 2001 suspendendo a manutenção das estações e a consequente divulgação em março de 2010. Mesmo nesse tempo, a manutenção das estações esteve suspensa entre agosto de 2008 a janeiro de 2009 e também de junho a dezembro de 2009, em que não se

registaram quaisquer tipo de informações referentes às variáveis meteorológicas. Na prática, a amostra de valores disponíveis por esta entidade, com uma qualidade aceitável, está limitada pelo período de 2002 a 2007.

De acordo com as coordenadas de cada estação retiradas no SNIRH, existe a possibilidade de identificar a localização das estações num mapa digital. Para tal, usou-se um Sistema de Informação Geográfica (SIG), facultado pela AdA, para representar as estações no espaço e posteriormente delimitar as áreas de influências de cada estação em cada município. Com recurso ao software AUTOCAD foi possível proceder à padronização das estações obtendo a identificação geográfica apresentada na Figura 3.7.

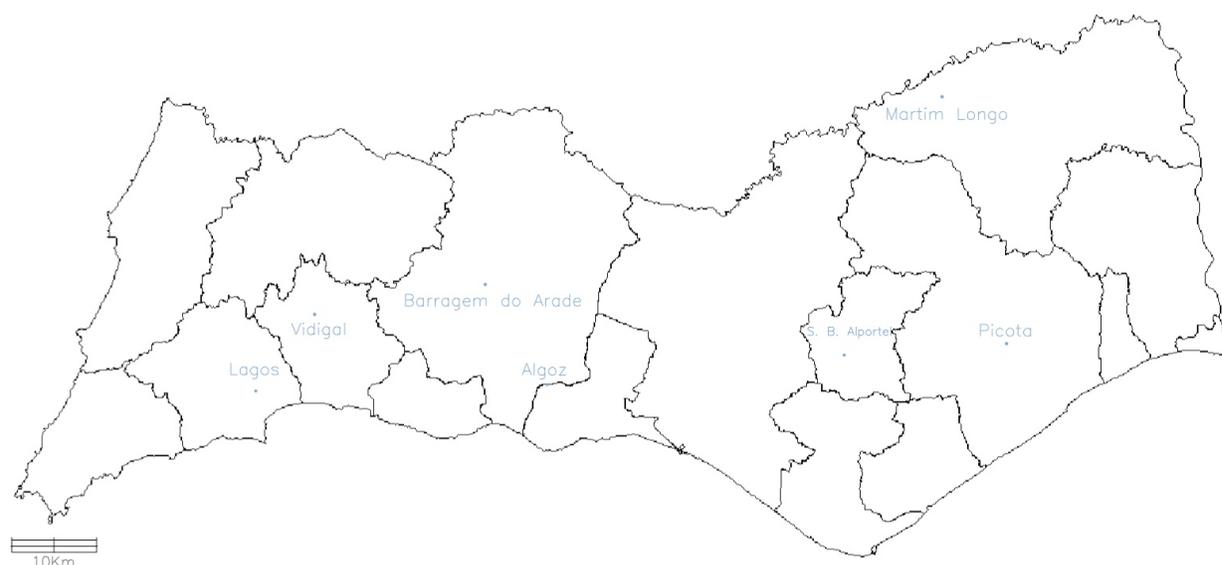


Figura 3.7: Localização das estações de monitorização.

Não possuindo estações que representassem de forma uniforme e singular cada município, existe a necessidade de obter a contribuição espacial de cada estação e quantificar essa influência. Tal é possível, calculando a área de influência que cada estação concede aos municípios e estimar a percentagem espacial dessa influência. Para isso faz-se usar de um processo baseado no método de Thiessen. Este processo consiste em traçar linhas que une as estações de monitorização mais próximos, determinando o ponto médio em cada uma destas linhas e, a partir desse ponto é traçada uma linha perpendicular. A interceptação das

linhas médias entre si, irão definir a área de influência de cada uma das estações. Na Figura 3.8 está representado as áreas de influencia de cada estação.

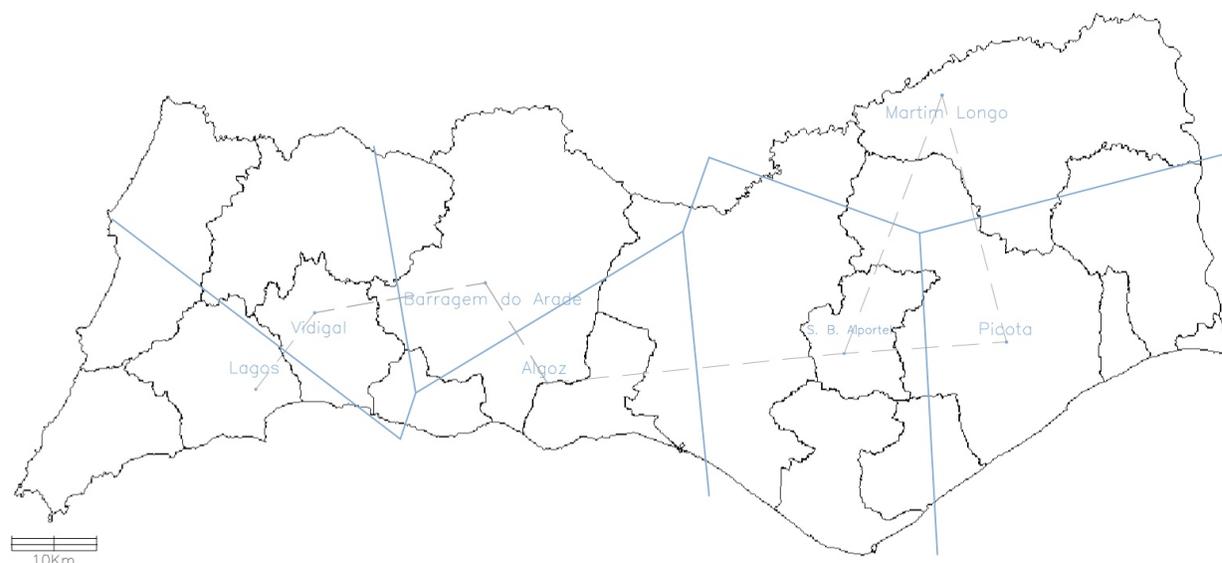


Figura 3.8: Traçado baseado no método de Thiessen para as estações meteorológicas.

Com o recurso às capacidades do software AUTOCAD é possível, de uma forma automática, quantificar a área que cada estação contribui aos municípios. Na Tabela 3.4 apresentam-se os valores obtidos no AUTOCAD. Como referido anteriormente, a influência de cada estação não é uniforme por município, existindo estações que influenciam de uma forma singular o respectivo município, como é o caso de Albufeira e Faro, e municípios que sofrem influências de várias estações, como o caso de Loulé.

Tabela 3.4: Área de influência de cada estação de monitorização ao respectivo município (em km²).

Municípios	Área Municípios	Estações de Monitorização						
		Lagos	Vidigal	Barragem do Arade	Algoz	S. Brás de Alportel	Picota	Martim Longo
Aljezur	324,02	125,82	198,2	-	-	-	-	-
Portimão	182,36	16,38	165,98	-	-	-	-	-
Silves	682,35	-	18,49	537,04	126,82	-	-	-
Albufeira	141,72	-	-	-	141,72	-	-	-
Loulé	765,66	-	-	39,21	167,29	486,74	-	72,42
Faro	202,51	-	-	-	-	202,51	-	-
Tavira	608,89	-	-	-	-	75,83	431,83	101,23
Alcoutim	579,01	-	-	-	-	-	35,68	543,33

A Tabela 3.5 apresenta, em forma de percentagem, a influência das estações pelos seus respectivos municípios.

Tabela 3.5: Influência de cada estação de monitorização ao respectivo município.

Municípios	Estações de Monitorização						
	Lagos	Vidigal	Barragem do Arade	Algoz	S. Brás de Alportel	Picota	Martim Longo
Aljezur	38,83%	61,17%	-	-	-	-	-
Portimão	8,98%	91,02%	-	-	-	-	-
Silves	-	2,71%	78,70%	18,59%	-	-	-
Albufeira	-	-	-	100,00%	-	-	-
Loulé	-	-	5,12%	21,85%	63,57%	-	9,46%
Faro	-	-	-	-	100,00%	-	-
Tavira	-	-	-	-	12,45%	70,92%	16,63%
Alcoutim	-	-	-	-	-	6,16%	93,84%

As percentagens obtidas através da determinação do valor das áreas de influencia, traduzem-se nos coeficientes necessários para proceder aos cálculos das séries cronológicas das variáveis meteorológicas. As séries ponderadas são assim representativas de cada um dos município. Este processo de cálculo será abordado no capítulo 4 demonstrando o resultado das combinações obtidas.

CAPÍTULO 4

ANÁLISE DE DADOS

VARIÁVEIS | CONSUMOS | CORRELAÇÕES | INDICADORES

CAPÍTULO 4 ANÁLISE DE DADOS

4.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

Para a realização de projeções de consumos de água é necessário analisar e compreender a evolução dos parâmetros que induzem modificações nas tendências dos consumos de água. Atendendo ao objectivo geral definido, procurou-se usar métodos estatísticos para análise e desenvolvimento de séries cronológicas das variáveis meteorológicas para aplicação nos modelos de projeção de consumos de água.

As variáveis meteorológicas foram seleccionadas de acordo com a pesquisa realizada e a qualidade de dados disponíveis relativos à região do Algarve. A opção pelo conjunto de variáveis para análise incidiu sobre: a Temperatura do ar, Precipitação e Humidade relativa do ar, como parâmetros base de estudo.

A seleção de variáveis para um estudo deste âmbito requer o conhecimento do tipo de disposição de parâmetros a utilizar. Ao contrário de um estudo a longo-prazo, as variáveis meteorológicas induzem alterações nos padrões de consumo de água num horizonte mais curto, em registos diários e mensais. Considerando este motivo, para o desenvolvimento de uma análise de dados pormenorizada, as três variáveis base dispuseram-se em valores diários e mensais, de parâmetros médios, mínimos e máximos, no caso da temperatura e humidade do ar. A parametrização da precipitação foi apurada segundo o propósito de que a distinção entre a intensidade de precipitação e a ocorrência de precipitação é relevante, (Kenny *et al*, 2008). A avaliação do uso da água passa por obter resultados que relacionem, não só a ocorrência de precipitação, mas também a intensidade a que esta ocorre e se é um factor relevante para apreciação. A Figura 4.1 representa esquematicamente a disposição das variáveis meteorológicas eleitas para observação.

	DIÁRIA	MENSAL		
TEMPERATURA	Temperatura Média Tmed	Temperatura Média Tmed		
	Temperatura Máxima Tmax	Temperatura Máxima Média Tmax		
	Temperatura Mínima Tmin	Temperatura Mínima Média Tmin		
PRECIPITAÇÃO	Precipitação Média Pmed	Precipitação Média Pmed		
	Ocorrência De Precipitação Pocr		Ocorrência De Precipitação Pocr	
	Intensidade De Precipitação			Precipitação Fraca: $0 \geq \text{Pfra} < 3 \text{mm}$
				PRECIPITAÇÃO INTERMÉDIA: $0,3 \geq \text{Pint} < 3 \text{mm}$
PRECIPITAÇÃO FORTE 3 mm $\geq \text{Pfor}$				
HUMIDADE RELATIVA DO AR	Humidade Média Hmed	Humidade Média Hmed		
	Humidade Máxima Hmax	Humidade Máxima Média Hmax		
	Humidade Mínima Hmin	Humidade Mínima Média Hmin		

Figura 4.1: Disposição das variáveis meteorológicas analisadas.

Para uma adequada análise de dados recorreu-se a métodos estatísticos de forma a identificar características e descrever a evolução das variáveis integradas em estudo. O processo em que ocorreu a análise de dados está exposto na Figura 4.2. Os resultados foram obtidos com recurso a duas ferramentas informáticas:

- Microsoft Excel v.14.2.3 para organização e tratamento de dados;
- IBM SPSS v. 20.0.0 para identificação do grau de relações entre variáveis.

Como referido no capítulo anterior, os valores extraídos do SNIRH são relativos ao conjunto de estações de monitorização. Para dispor de séries cronológicas por município aplicou-se os valores da Tabela 3.5 às séries cronológicas dos valores meteorológicos relativos às estações que influenciam os municípios. Desta forma, estabeleceu-se as sucessões cronológicas de elementos meteorológicas ponderados para cada município.

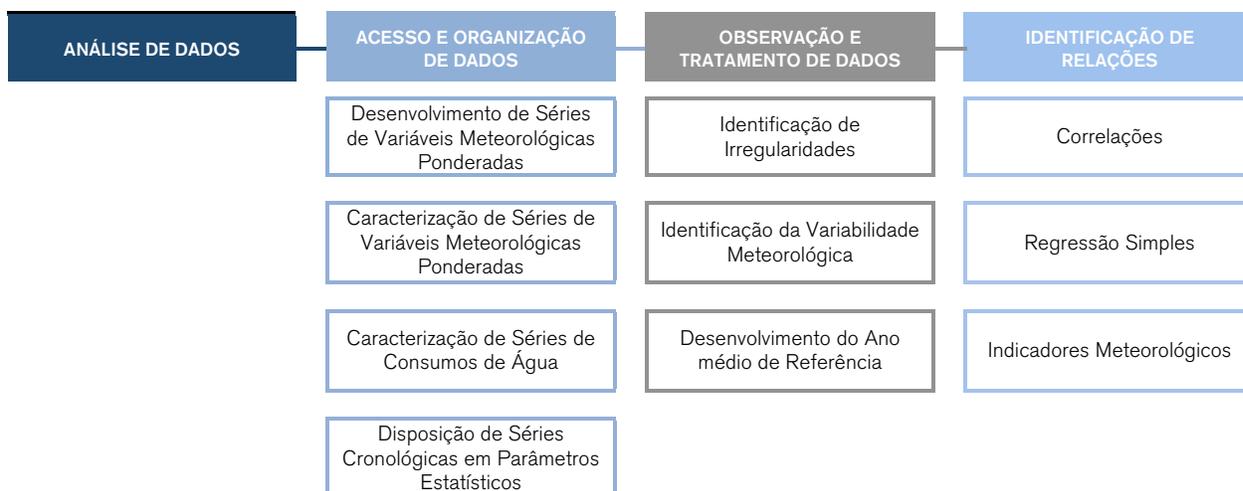


Figura 4.2: Processo de análise de dados.

A análise de séries cronológicas, ou cronogramas, são essenciais para caracterizar a evolução das sucessões meteorológicas e consumos de água, e detetar comportamentos que divergem da normalidade das sucessões. Sustentado pela observação das séries, efetuou-se a remoção de comportamentos anómalos, permitindo assim resultados mais aproximados da realidade.

Para avaliar o grau de relacionamento entre consumos de água e variáveis meteorológicas nos municípios do Algarve usou-se o método de correlação. A partir da análise de correlação estabelece-se indicadores relevantes da relação entre os constituintes meteorológicos e as solicitações de água. Os valores resultantes das correlações realizadas são indispensáveis para o desenvolvimento, viabilidade e fiabilidade do modelo de projeção de consumos de água.

Para identificar patamares meteorológicos que alteram os consumos de água segundo a sua evolução, aplicou-se o método de regressão linear e não linear simples. Sustentado por gráficos de dispersão, este método permite definir pontos equivalentes entre os consumos de água e os parâmetros meteorológicos permitindo a elaboração de indicadores meteorológicos.

4.2 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

A análise de sucessões cronológicas é um procedimento elementar para identificar a evolução de valores extremos, tendência, sazonalidade, movimentos oscilatórios e anomalias das sucessões. Neste ponto, são apresentadas as séries cronológicas das variáveis meteorológicas em valores mensais, de modo a avaliar os conceitos identificativos dos comportamentos das variáveis. As séries referentes aos parâmetros meteorológicos são analisadas por dois cronogramas distintos: por diagramas cronológicos e por diagramas estatísticos.

4.2.1 TEMPERATURA

A temperatura nos municípios em estudo, apresenta uma regularidade assinalável ao longo dos seis anos. A evolução da temperatura mostra uma sazonalidade forte com temperaturas máximas perto dos 35°C em todos os municípios, registadas sobretudo nos meses de Junho, Julho e Agosto. As temperaturas mínimas são sentidas nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro. A diferença de temperatura entre municípios não manifesta grande variabilidade. Mesmo assim, é notório nos meses de Verão e Inverno que essa diferença aumenta entre os dos 3-4°C. Na Primavera e no Outono é o período em que a temperatura nos municípios admite maior semelhança.

Na Figura 4.3 é possível identificar movimentos oscilatórios, quase sempre constante, ao longo dos anos da temperatura independentemente do parâmetro em questão. As oscilações registam uma amplitude idêntica nos seis anos. Observa-se que o ano de 2004 obteve valores de temperaturas máxima superiores aos restantes anos, já que a tendência registava valores entre 30-33°C nos meses do Verão. O ano de 2004 foi aquele que apresentou uma variabilidade maior entre Verão Inverno, obtendo valores mínimos de abaixo dos 5°C, algo que a tendência ainda não tinha registado. Da análise da Figura 4.3 ressalta uma diferença maior na média das temperaturas máximas entre municípios

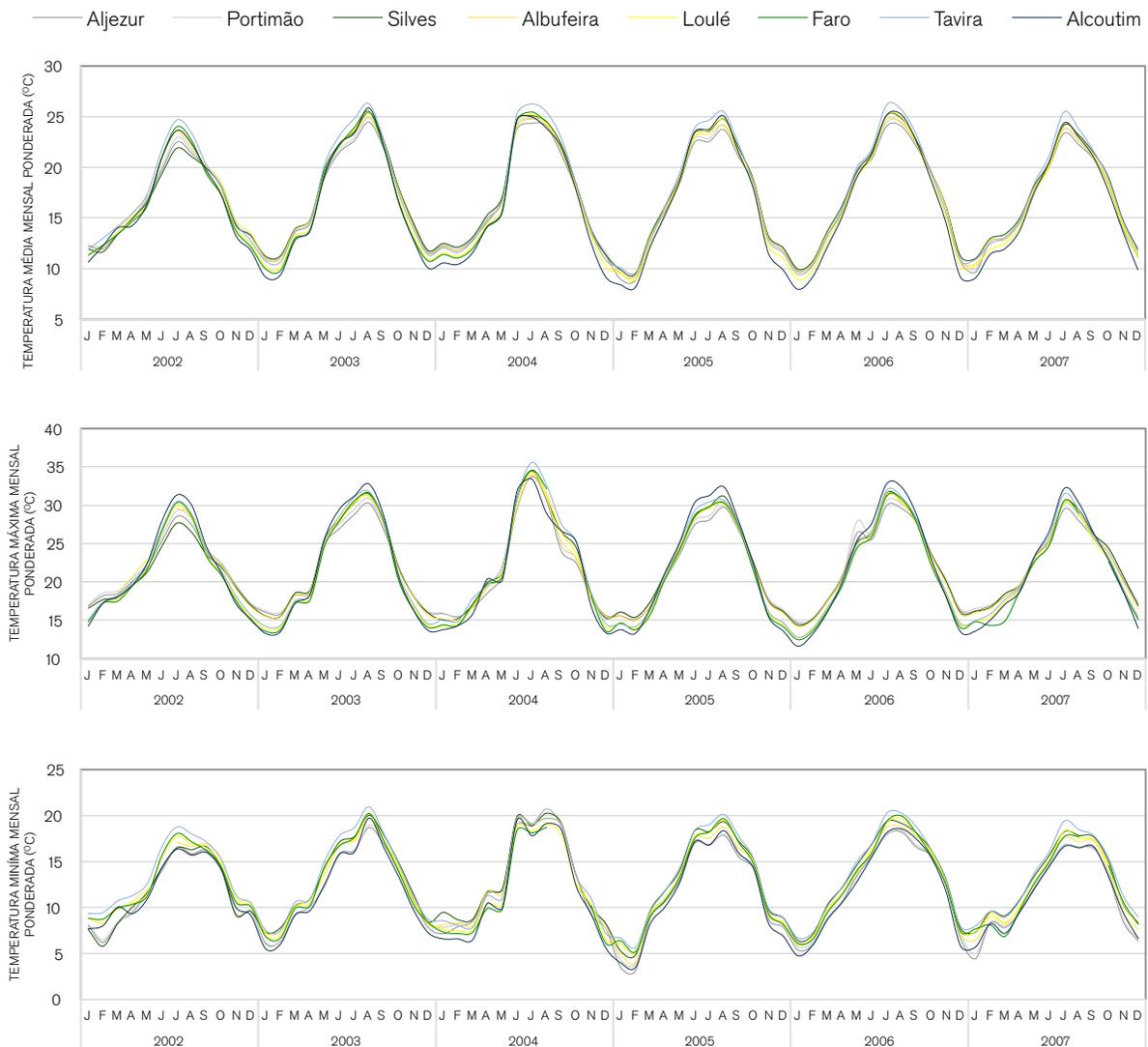


Figura 4.3: Variabilidade temporal da temperatura mensal ponderada nos municípios em estudo.

Na Figura 4.4 apresenta-se os valores ponderados da temperatura média, máxima e mínima mensal registada nos seis anos seleccionados para estudo numa disposição estatística. Esta figura, mostra a variação da temperatura ponderada nos municípios, podendo verificar-se que existe um comportamento similar com diferenças de temperatura de aproximadamente 1°C entre municípios. Não é notória uma diferença importante entre regiões do Barlavento e do Sotavento relativamente à temperatura, quer nos seus parâmetros máximas ou mínimos. Ressalta-se apenas uma ligeira dissemelhança na amplitude da amostra dos municípios a sotavento registando maior amplitude.

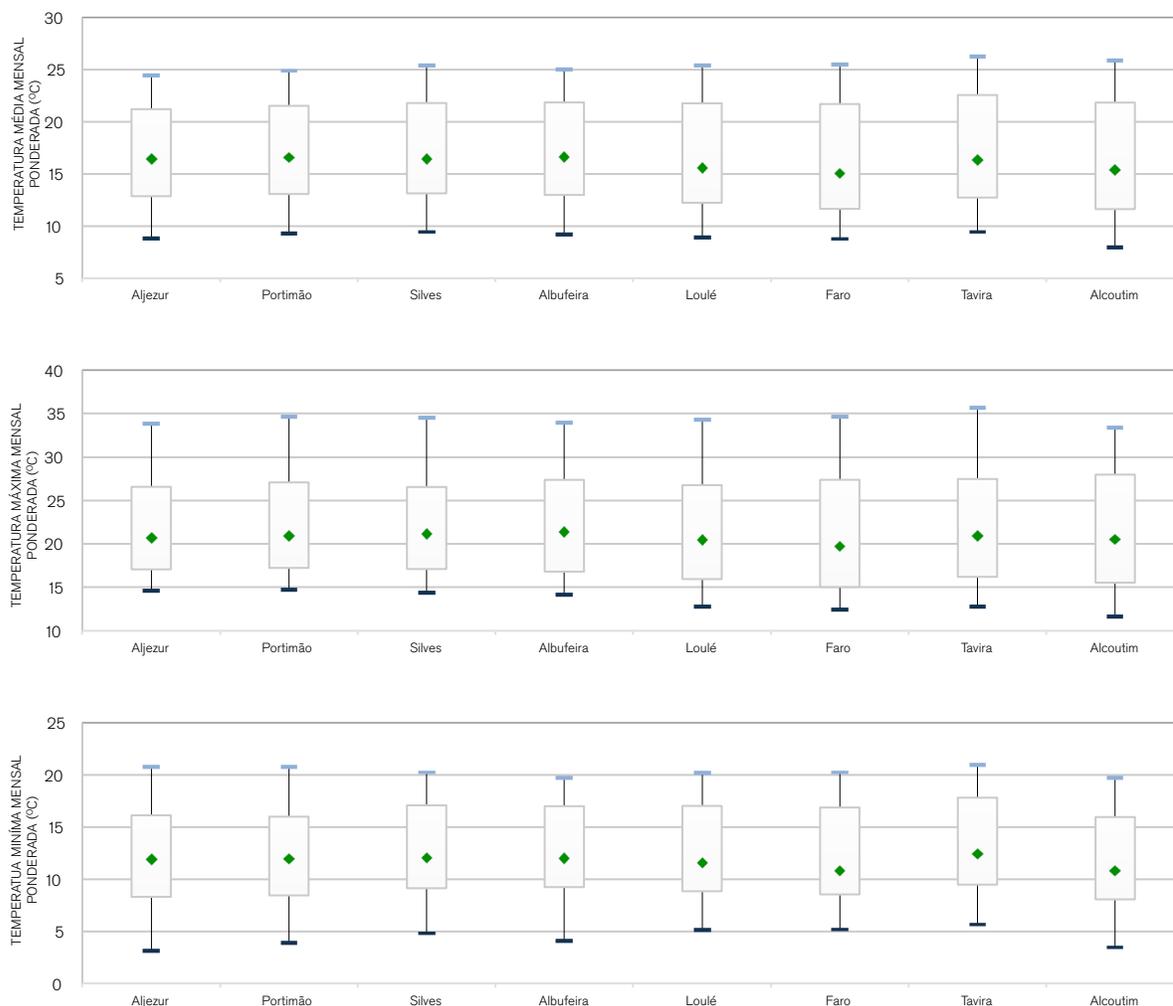


Figura 4.4: Variação mensal da temperatura nos municípios em estudo.

4.2.2 PRECIPITAÇÃO

Em relação à precipitação, é possível notar que não existe a mesma regularidade verificada na temperatura, tanto a nível anual como a nível regional. Em conformidade com a Figura 4.5, que apresenta a série de valores ponderados dos municípios selecionados para os seis anos de estudo, verifica-se que a precipitação ocorre principalmente no Outono-Inverno, com ligeiras diferenças entre municípios, registando valores máximos próximos dos 6mm nos meses Outubro-Novembro. No Verão verifica-se uma média de precipitação quase nula, excluindo os últimos dois anos em que se registaram algumas ocorrências de precipitação com intensidades baixas. A Primavera apresenta pequenas oscilações, suportando uma

intensidade próxima dos 2-3mm de média por mês em todos os municípios. Não há uma tendência significativa da precipitação nos seis anos de estudo, ocorrendo esta de forma aleatória ao longo dos anos.

O ano de 2004 denota uma precipitação média diminuta, não só no Verão, mas predominantemente em todo o ano. Como referido, além da precipitação ser uma variável que não mostra uma tendência marcante, este período de 2004 está completamente em desacordo com os anteriores e subsequentes.

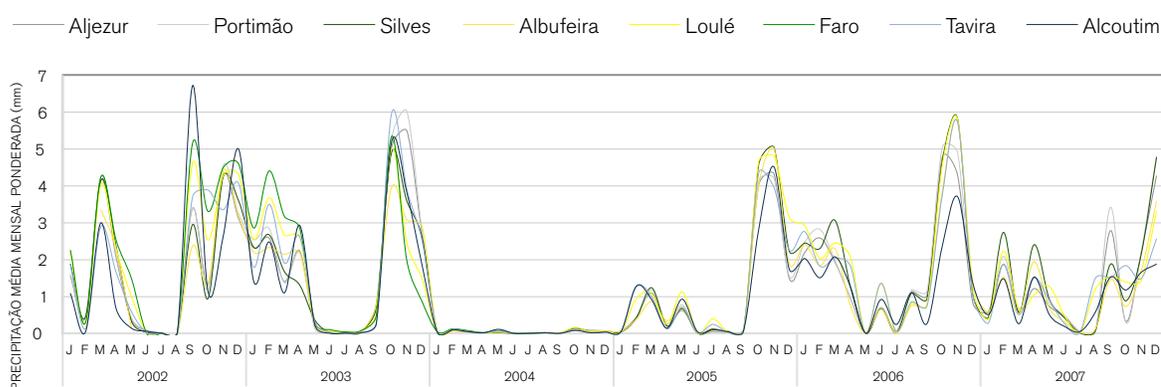


Figura 4.5: Variabilidade temporal da precipitação mensal ponderada nos municípios em estudo.

Através da Figura 4.6 é permitida uma análise quanto à amplitude da precipitação e verificação dos seus índices normais de variação. Observa-se de imediato os índices de intensidade de precipitação nos municípios. 75% dos valores de precipitação registados encontram-se abaixo dos 3mm, o que poderá significar que os restantes valores, entre 3 e 7mm, resultam de situações esporádicas ou casuais. O município de Faro regista um maior coeficiente de variação, ao invés de Alcoutim que verifica o menor. Mais uma vez, não existem diferenças assinaláveis entre as sub-regiões do Algarve, em que a precipitação registada nos municípios mantém uma regularidade considerável quanto à sua intensidade.

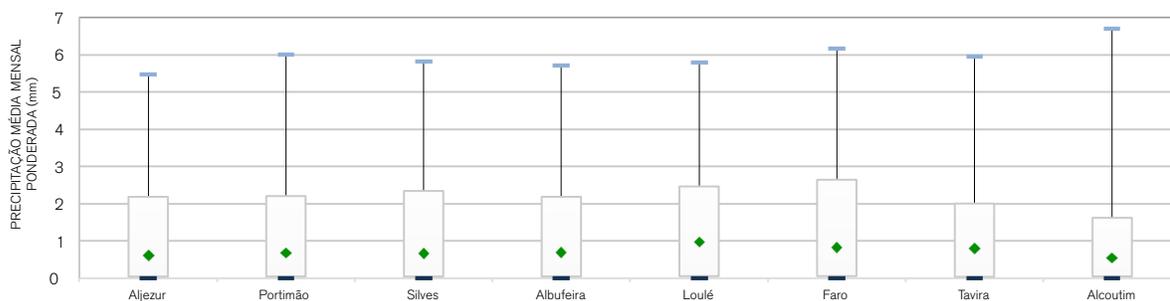


Figura 4.6: Variação mensal da precipitação nos municípios em estudo.

A Figura 4.7 representa a quantificação mensal das ocorrências nos municípios em questão. Nesta figura verifica-se que a totalidade de ocorrências de chuva por mês são correspondentes com as séries de precipitação da Figura 4.5, observando-se um comportamento semelhante. O ano de 2002 regista um maior número de ocorrências no Inverno e o de 2003 o que menos registou no Verão.

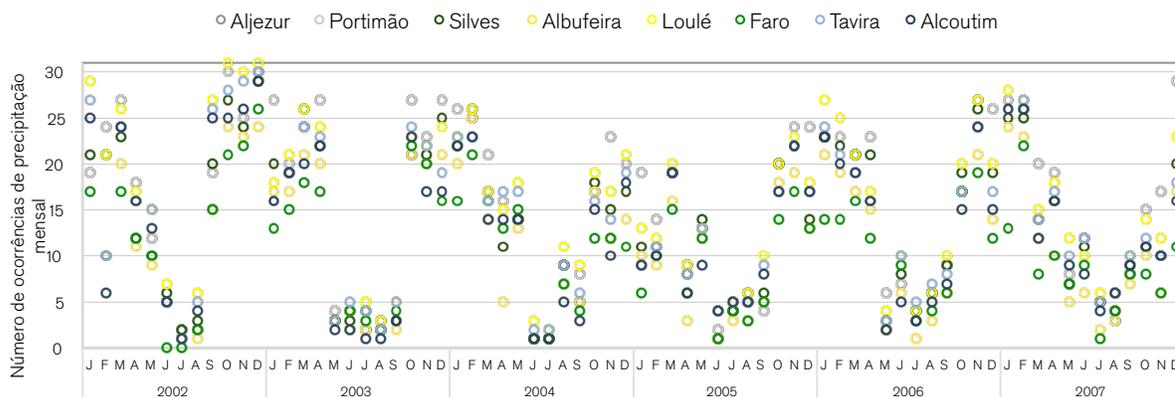
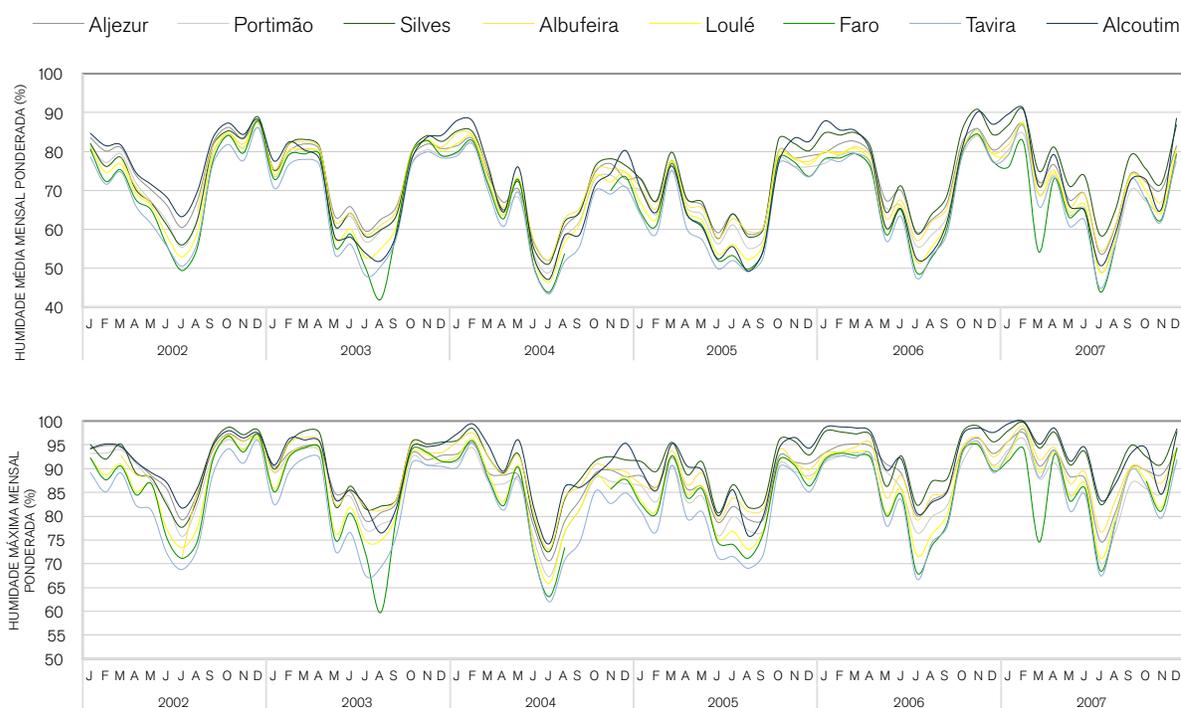


Figura 4.7: Número de ocorrências de precipitação por mês nos municípios em estudo ao longo dos anos.

4.2.3 HUMIDADE

Em relação à humidade, verifica-se na Figura 4.8, a demonstração das séries de valores ponderados relativos aos seis municípios, uma variabilidade considerável nas estações do ano. O valores da humidade aumentam no Inverno, apresentando os picos mais elevados das séries, e diminuem no Verão, registando os picos reduzidos. A variabilidade dos registos da humidade relativa do ar ao longo dos anos está entre os 40 a 90% da média mensal. É

notória uma diferença dos valores da humidade entre municípios principalmente nos meses de Verão e Inverno. Este facto não se verificava com tanta expressividade em relação com as outras variáveis. Mais um vez, é no ano de 2004 que se encontram transformações da tendência apresentada pelas séries, onde se regista uma variação pequena. Existe em alguns casos (como o Verão de 2002, 2003, 2005 e Inverno de 2005-2006 e 2006-2007) uma variabilidade significativa nos valores mensais registados de aproximadamente 10% entre municípios. É ainda possível registar na Figura 4.8 uma variação estacionária das séries, com ligeiras oscilações aleatórias em determinados períodos dos seis anos em estudo.



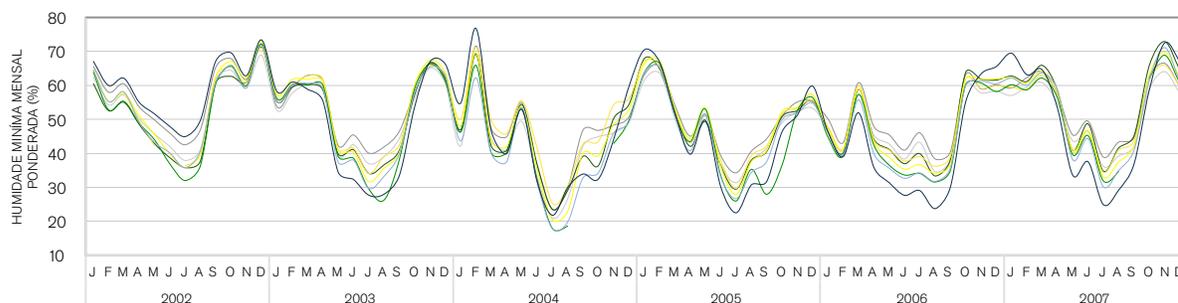


Figura 4.8: Variabilidade temporal da humidade relativa do ar mensal ponderada nos municípios em estudo.

De acordo com a Figura 4.9 é possível analisar essa diferença com outro pormenor. Esta figura apresenta a disposição estatística dos valores referentes aos municípios no período de eleição para estudo. Assim, verifica-se que a amplitude dos valores relativos à humidade nos municípios situados no Sotavento algarvio é maior. O município de Alcoutim é o que apresenta maior índice de humidade, chegando a obter médias mensais máximas nos 100%.

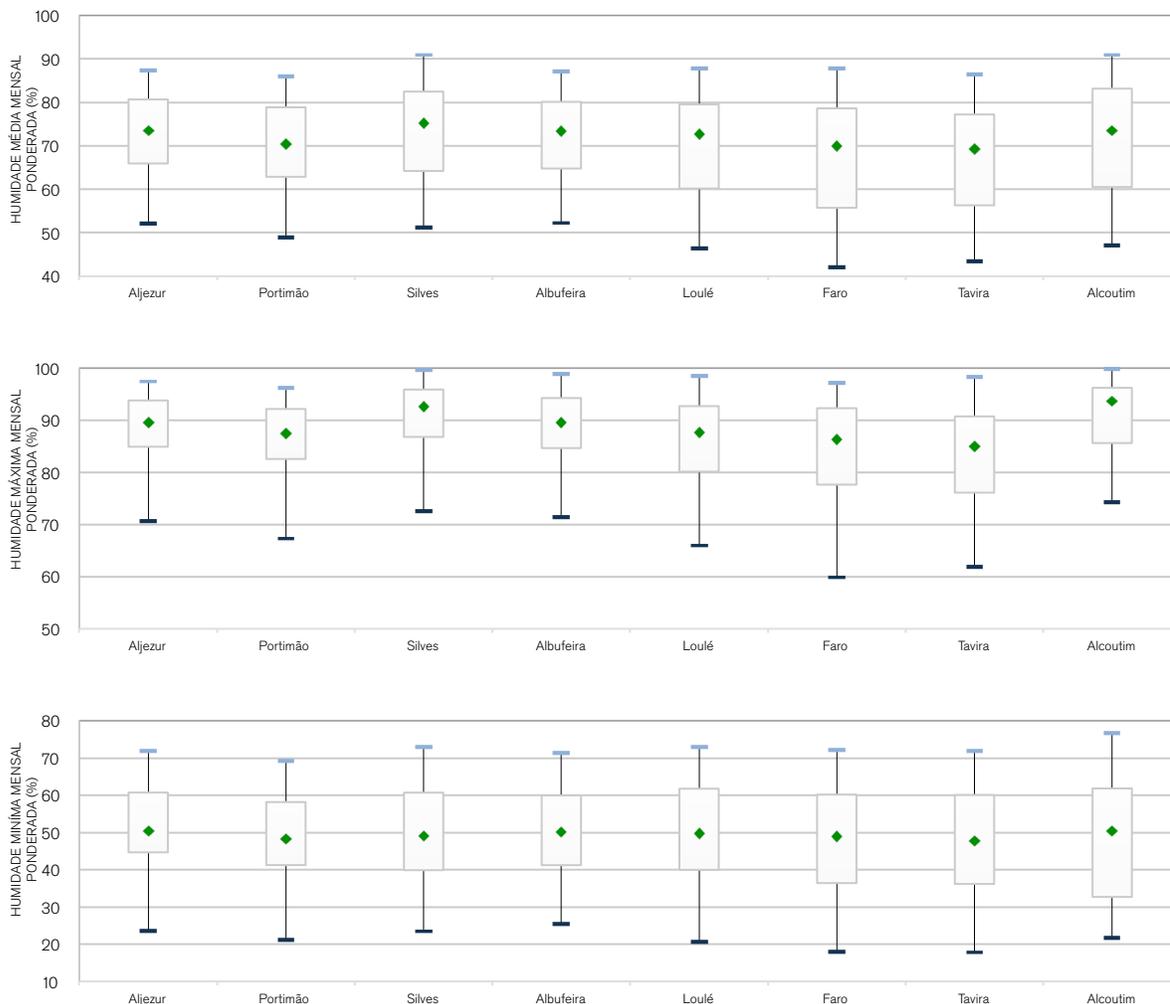


Figura 4.9: : Variação mensal da precipitação nos municípios em estudo.

4.3 CONSUMOS DE ÁGUA

De acordo com o capítulo 1, os dados relativos aos consumos de água foram obtidos nos registos pertencentes à AdA. Essa informação surge da medição dos volumes de água relativos aos pontos de entrega existentes no SMAAA. A localização dos pontos de entrega usados neste estudo está exposta na Figura 4.10. Nesta figura é possível observar a configuração do SMAAA apenas para os pontos de entrega dos municípios em investigação.

Disponibilizou-se para este estudo os volumes de água registados no SMAA para obtenção das séries cronológicas de consumos de água nesses pontos de entrega. Para dispor de

séries cronológicas de consumos de água municipais diárias procedeu-se a um cálculo acumulativo dos valores referentes aos pontos de entrega de cada município. As sucessões de utilizações de água mensais não se calcularam do mesmo modo, ainda que numa primeira aproximação ao cálculo para valores mensais tentou-se o mesmo método de cálculo que os diários.



Figura 4.10: Pontos de entrega relativos ao SMAAA utilizados para registo de consumos de água.

Devido a anomalias observadas ao longo das séries diárias de consumo de água considerou-se valores médios para tipificar as séries cronológicas de consumos de água mensais. Antes da usar de séries históricas, é necessário a execução de tratamento de dados, pois é habitual valores inferentes ou anómalos ao longo destas. Neste caso os valores inferentes considerados, justificam-se por: erros de caudalímetro, manutenção ou remodelação do sistema e inferências no sistema de automação.

4.3.1 CONSUMOS DE ÁGUA DIÁRIOS

A Figura 4.11 expõe as séries cronológicas de consumos de água diários nos oito municípios em estudo. O município de Albufeira gera o maior volume diário com volumes diários perto dos 60mil m³ ao longo do Verão e no Inverno com apenas 15mil m³. O município de Alcoutim surge como o município que solicita menos volumes de água.

A sazonalidade é característica dos municípios do Algarve, onde o mês de Julho e Agosto são quase sempre os que obtêm maior consumo e em Janeiro, Fevereiro e Março assiste-se a uma diminuição de consumo que em alguns municípios representa uma razão de 1 para 4. A componente estacional ou sazonal é marcante e característica das séries obtidas. Esta componente era já esperada devido à população flutuante proporcionado pelo turismo.

A diferença de consumos diários do município de Alcoutim correspondem no Verão a aproximadamente 2% dos consumos de Albufeira e no Inverno esse valor passa para 4%. Realizando uma análise similar para outros municípios, verifica-se que a relação dos municípios de Silves e Faro representam aproximadamente 70% dos valores de Albufeira no Inverno, mas no Verão essa diferença é modificada, apresentando uma descida da proporção de 35%. Pela observação do cronograma distingue-se os municípios de Albufeira, Loulé, Portimão, Faro e Silves devido ao consumo semelhante nos meses da estação do Inverno, entre os 10 e os 20 mil m³ diários. Pode afirmar-se que cinco dos oito municípios (Portimão, Silves, Albufeira, Loulé e Faro) mantêm no Inverno, um consumo semelhante ou base.

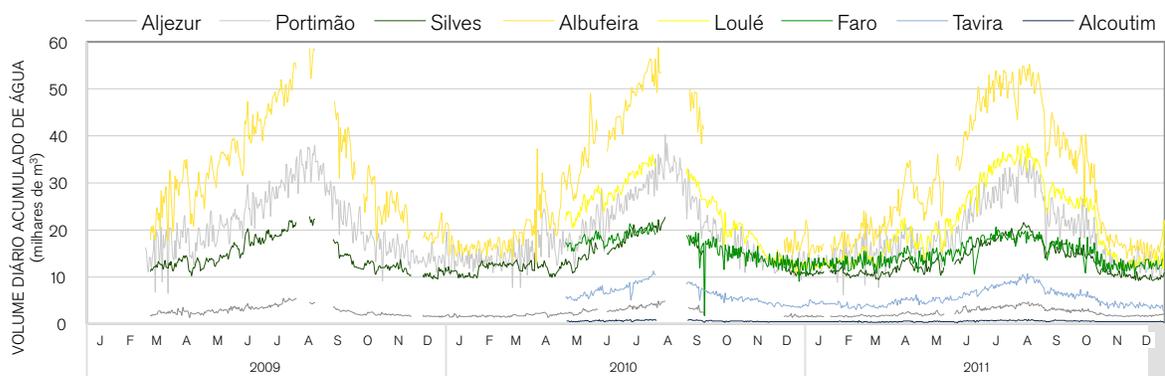


Figura 4.11: Evolução dos consumos diários acumulados de água nos oito municípios em estudo.

O conceito do consumo base é notório na Figura 4.12. Como referido anteriormente os municípios de Portimão, Silves, Albufeira, Loulé e Faro mantêm 50% da amostra dos seus valores de consumos na gama entre os 10-30milhares de m³. 25% da amostra dos valores referentes ao terceiro quartil de Albufeira apresentam uma oscilação de 30mil m³, enquanto Loulé e Portimão registam valores entre os 20mil m³. Esta oscilação pode ser indicativa dos meses de Verão representando assim a forte sazonalidade existente nestes municípios.

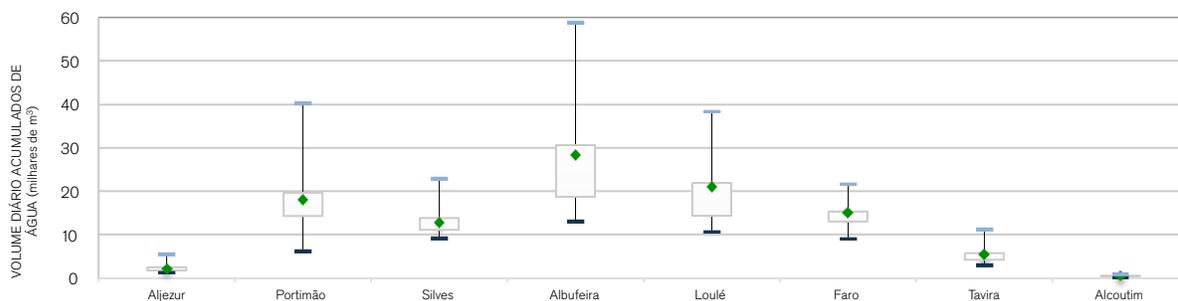


Figura 4.12: Variação do registo dos consumos diários acumulados de água nos oito municípios em estudo.

Ainda na Figura 4.12 pode visualizar-se que os municípios de Aljezur, Faro, Tavira e Alcoutim, além de possuir consumos inferiores, não demonstram uma amplitude acima da mediana tão elevada relativamente aos restantes municípios. Esse facto pode ser explicado pelas diferentes características dos municípios, sendo estes menos vulneráveis ao turismo e às populações flutuantes.

4.3.2 CONSUMOS DE ÁGUA MENSAIS

A Figura 4.13 expõe as séries cronológicas de consumos de água mensais nos três anos em estudo. Através desta figura obtém-se uma análise semelhante ao ponto anterior. No entanto, neste caso é possível identificar tanto a sazonalidade como as oscilações ao longo das diferentes épocas do ano.

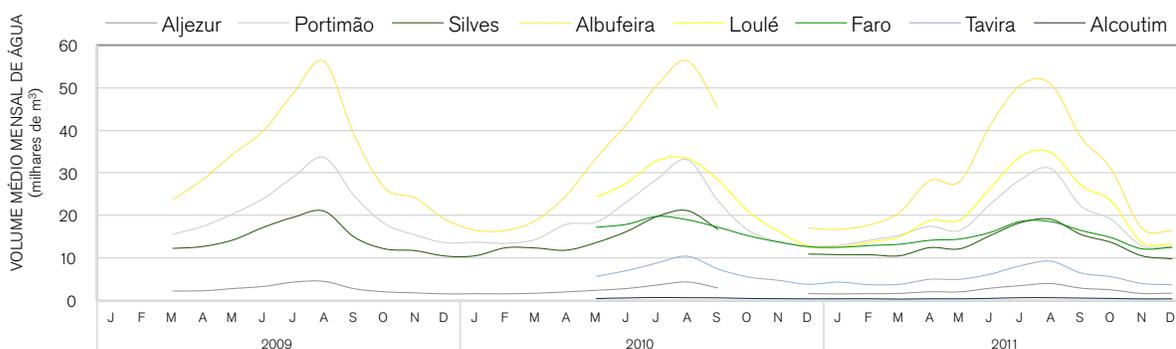


Figura 4.13: Evolução dos consumos médios mensais de água nos oito municípios em estudo.

A conclusão do ponto 4.3.2, relativa à análise da Figura 4.12, torna-se ainda mais evidente através da avaliação dos diagramas da Figura 4.14. Pela observação da Figura 4.14, os diagramas dos municípios de Portimão, Silves, Albufeira e Loulé apresentam uma distribuição de extremos diferente dos municípios de Aljezur, Faro, Tavira e Alcoutim.

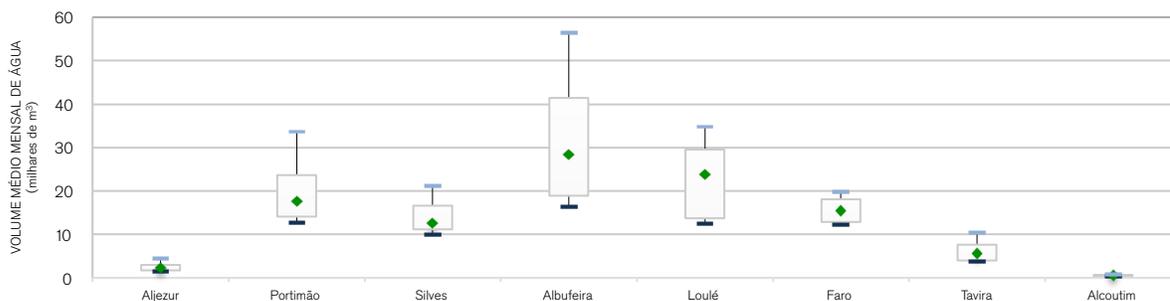


Figura 4.14: Variação do registo dos consumos médios mensais de água nos oito municípios em estudo.

4.4 GRAUS DE RELACIONAMENTO ENTRE VARIÁVEIS

A relação entre as variáveis meteorológicas e os consumos de água requerem uma análise quantitativa das suas semelhanças. A análise da interação dos parâmetros meteorológicos pode dar a perceber melhor os efeitos que estes induzem nos usos de água.

O esquema da Figura 4.15 demonstra o processo que envolveu o tratamento de dados de forma a permitir uma disposição das séries de dados que sejam compatíveis

cronologicamente entre as mesmas para posteriormente efetuar o procedimento do calculo das suas relações.

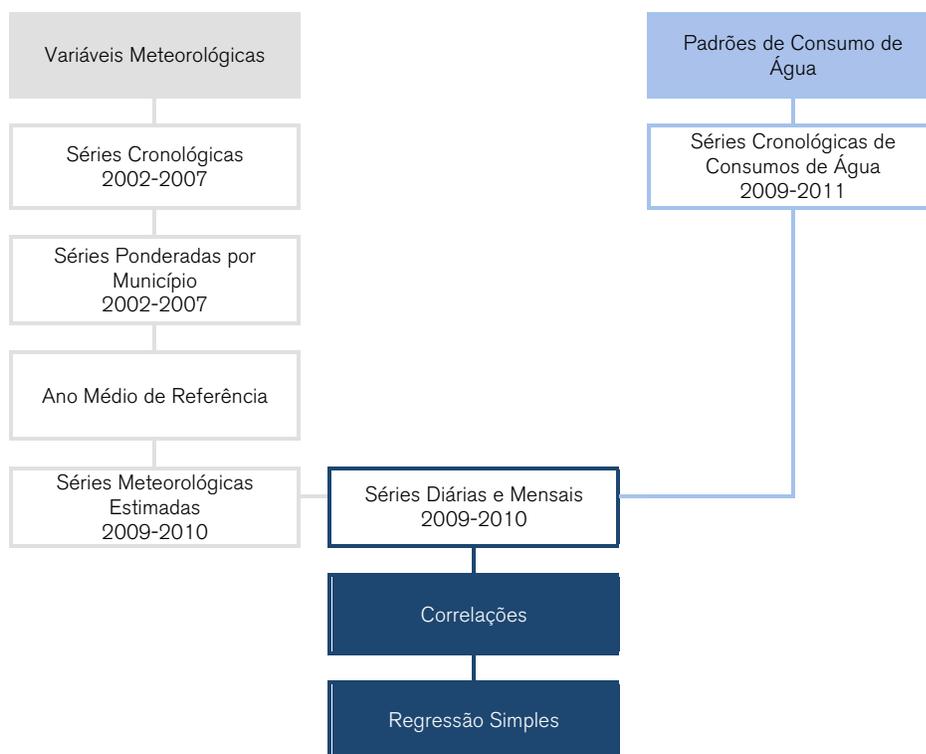


Figura 4.15: Processo de tratamento de dados.

Este ponto incide sobre a avaliação quantitativa da relação entre as variáveis meteorológicas e consumos de água através de gráficos de dispersão, permitindo assim estabelecer graus de relações. Para a medição de graus de relações entre variáveis recorreu-se ao método de coeficientes de correlação. O coeficiente de correlação mede a semelhança da variação de duas variáveis. Uma correlação com o valor de 1 ou -1, indica uma relação perfeita nas duas variáveis, e um valor de zero indica que não existe relação entre as variáveis.

A construção de diagramas de dispersão permite a observação de relação e tendências entre variáveis e permite a aplicação de métodos de regressão. Este diagrama permite decidir empiricamente se um relacionamento entre duas variáveis deve ser assumido.

Através desta análise existe a possibilidade de obter indicadores que permitam estabelecer limites meteorológicos que impliquem oscilações nos consumos de água. Assim estabelece-

se indicadores para evidenciar as perspectivas de evolução de consumos de água ou cenários das utilizações, em função do desenvolvimento dos parâmetros que influenciam.

4.4.1 ANO MÉDIO DE REFERÊNCIA

De acordo com a disposição de dados meteorológicos expostos durante este capítulo, verifica-se que a data dos registos relativos às variáveis meteorológicas não coincidem com a data dos registos dos volumes de água disponibilizados. As razões para essa discrepância foram apresentadas no Capítulo 3.

Depois da observação das sucessões cronológicas relativamente às variáveis meteorológicas verifica-se uma regularidade forte ao longo dos anos do período selecionado. Existe uma semelhança de ano para ano nas séries relativas aos parâmetros meteorológicos observados. Assim, utilizou-se séries de dados num período de 6 anos (2002-2007) para determinar um “ano médio de referencia” fictício, representativo do período de análise, que constitui neste trabalho, a base de projeção para consumos de água.

Para avaliar a semelhança entre os dados meteorológicos do ano de referência e das séries meteorológicas de 2002 a 2007, recorreu-se a técnicas de correlações. A Tabela 4.1 mostra os coeficientes das correlações entre os dados meteorológicos estimados (alusivos ao ano de referência) com cada uma das séries meteorológicas dos anos de 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 e 2007.

Como os dados mensais das séries meteorológicas surgem do cálculo médio das séries diárias, a realização de correlações de séries mensais não faria sentido. Assim, através da Tabela 4.1 verifica-se a semelhança da variável da temperatura estimada, em todos os seus parâmetros, na relação com as sucessões cronológicas. A Humidade apresenta valores inferiores aos da temperatura. Mesmo assim apresenta coeficientes de correlações satisfatórios. A precipitação é a variável que apresenta valores mais próximos de zero. Os resultados desta variável podem ser justificados pelo facto de a precipitação ser uma variável de natureza aleatória e de ocorrência incerta.

Tabela 4.1: Resultado das correlações das séries meteorológicas estimadas vs séries cronológicas das variáveis meteorológicas de cada ano.

		Ano de Referência										
		Tmed	Tmax	Tmin	Hmed	Hmax	Hmin	Pmed	Pocr	Pfra	Pint	Pfor
ALJEZUR	2002	0,90	0,85	0,84	0,67	0,67	0,60	0,45	0,54	0,26	0,17	-0,02
	2003	0,92	0,89	0,88	0,65	0,61	0,59	0,63	0,60	0,19	0,30	0,56
	2004	0,91	0,90	0,85	0,65	0,63	0,57	0,32	0,52	-0,04	-0,01	0,00
	2005	0,93	0,91	0,89	0,59	0,54	0,55	0,50	0,43	0,08	0,45	-0,26
	2006	0,93	0,91	0,88	0,73	0,65	0,68	0,46	0,50	-0,02	0,41	0,02
PORTIMÃO	2007	0,91	0,87	0,86	0,60	0,60	0,50	0,44	0,48	0,11	0,31	0,65
	2002	0,90	0,85	0,83	0,68	0,66	0,61	0,45	0,54	0,33	-0,15	0,23
	2003	0,92	0,88	0,88	0,65	0,59	0,60	0,64	0,60	0,23	-0,09	0,50
	2004	0,91	0,90	0,84	0,64	0,62	0,58	0,32	0,52	-0,07	0,05	-0,01
	2005	0,93	0,91	0,89	0,58	0,51	0,55	0,46	0,43	-0,40	-0,13	-0,24
SILVES	2006	0,93	0,91	0,88	0,72	0,65	0,69	0,47	0,50	-0,12	-0,24	0,04
	2007	0,91	0,87	0,86	0,59	0,59	0,50	0,44	0,48	0,16	0,07	0,89
	2002	0,90	0,86	0,86	0,67	0,60	0,64	0,41	0,49	0,32	0,21	0,78
	2003	0,92	0,90	0,91	0,66	0,55	0,64	0,50	0,52	0,17	0,16	0,39
	2004	0,91	0,90	0,87	0,63	0,58	0,59	0,41	0,43	0,27	-0,16	-0,35
ALBUFEIR A	2005	0,93	0,91	0,91	0,59	0,52	0,58	0,57	0,33	0,17	0,18	-0,06
	2006	0,94	0,92	0,91	0,74	0,57	0,71	0,44	0,44	0,37	-0,10	-0,06
	2007	0,90	0,87	0,88	0,53	0,46	0,51	0,48	0,32	0,36	-0,17	-0,35
	2002	0,90	0,87	0,85	0,66	0,57	0,66	0,46	0,32	0,11	-0,33	0,89
	2003	0,93	0,91	0,89	0,58	0,48	0,86	0,53	0,30	0,11	-0,03	0,23
LOULÉ	2004	0,91	0,91	0,86	0,54	0,40	0,81	0,36	0,26	0,47	-0,23	-0,33
	2005	0,94	0,92	0,91	0,51	0,39	0,89	0,55	0,20	-0,21	-0,03	-0,03
	2006	0,94	0,93	0,90	0,60	0,48	0,91	0,51	0,30	0,20	0,29	0,19
	2007	0,92	0,90	0,87	0,53	0,42	0,93	0,41	0,20	0,31	0,27	0,50
	2002	0,90	0,88	0,86	0,67	0,59	0,66	0,45	0,53	0,22	-0,11	0,37
FARO	2003	0,92	0,91	0,89	0,69	0,56	0,69	0,51	0,50	0,10	-0,04	0,39
	2004	0,91	0,91	0,87	0,63	0,58	0,61	0,42	0,41	0,33	0,00	-0,26
	2005	0,93	0,91	0,90	0,60	0,52	0,62	0,53	0,32	0,24	0,08	0,47
	2006	0,93	0,93	0,90	0,75	0,66	0,72	0,47	0,42	0,00	-0,13	0,27
	2007	0,90	0,89	0,87	0,55	0,50	0,53	0,39	0,31	0,06	-0,27	0,19
TAVIRA	2002	0,89	0,87	0,84	0,66	0,58	0,66	0,49	0,32	-0,14	0,05	0,35
	2003	0,90	0,90	0,87	0,70	0,64	0,70	0,47	0,42	0,32	-0,14	0,36
	2004	0,90	0,91	0,86	0,64	0,60	0,62	0,44	0,31	0,03	-0,16	-0,31
	2005	0,92	0,91	0,89	0,59	0,51	0,61	0,49	0,25	-0,53	0,42	0,59
	2006	0,93	0,92	0,89	0,72	0,67	0,70	0,44	0,26	0,01	0,15	-0,06
ALCOUTIM	2007	0,89	0,88	0,84	0,56	0,51	0,55	0,42	0,16	-0,25	0,02	0,22
	2002	0,90	0,89	0,87	0,66	0,62	0,65	0,33	0,39	0,34	-0,26	-0,17
	2003	0,92	0,92	0,91	0,70	0,63	0,70	0,41	0,50	0,25	-0,20	0,59
	2004	0,92	0,91	0,88	0,62	0,57	0,60	0,20	0,35	0,08	0,12	-0,36
	2005	0,93	0,93	0,91	0,61	0,54	0,64	0,31	0,28	-0,14	-0,05	0,55
	2006	0,94	0,94	0,92	0,76	0,69	0,73	0,38	0,35	0,03	0,10	0,29
	2007	0,91	0,90	0,88	0,56	0,52	0,57	0,26	0,24	0,23	0,10	0,94
	2002	0,90	0,89	0,85	0,65	0,58	0,55	0,47	0,34	0,20	-0,41	0,31
	2003	0,92	0,91	0,88	0,54	0,46	0,86	0,58	0,46	-0,02	0,00	0,91
	2004	0,91	0,90	0,86	0,47	0,41	0,79	0,24	0,35	0,07	-0,19	-0,46
	2005	0,93	0,92	0,90	0,49	0,35	0,89	0,38	0,29	-0,08	-0,05	-0,14
	2006	0,94	0,92	0,90	0,55	0,47	0,91	0,44	0,42	0,30	0,10	0,00
	2007	0,91	0,88	0,87	0,44	0,41	0,92	0,25	0,30	0,04	0,08	0,54

Posteriormente à execução de coeficientes de correlação, distribui-se os dados relativos ao ano de referência em três anos consecutivos. Construi-se um conjunto de sucessões

cronológicas de variáveis meteorológicas por município num período de três anos, com o intuito de efetuar um tipo de tratamento absolutamente necessário, permitindo uma comparação cronológica ajustada. Assim colocou-se os dados meteorológicos estimados na data equivalente às séries cronológicas de padrões de consumo de água, ou seja, relativos aos anos de 2009, 2010 e 2011.

Na Figura 4.16 encontra-se exposta a sucessão cronológica estimada relativamente aos parâmetros da temperatura. A Figura 4.17 e a Figura 4.18 exibem a sucessão relativa aos parâmetros da precipitação estimados. A Figura 4.19 apresenta a sucessão relativa aos parâmetros da humidade relativa do ar.

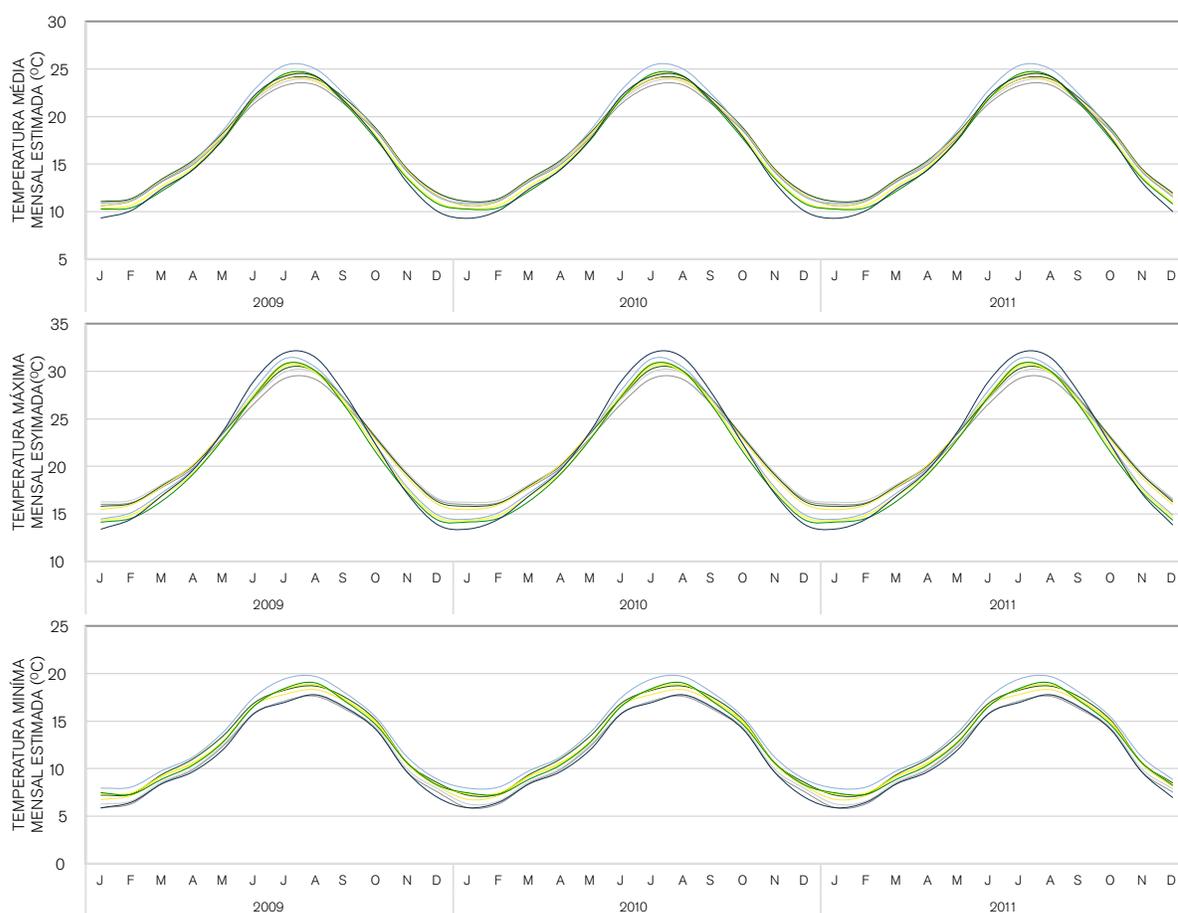


Figura 4.16: Variabilidade temporal da temperatura mensal estimada nos municípios em estudo.

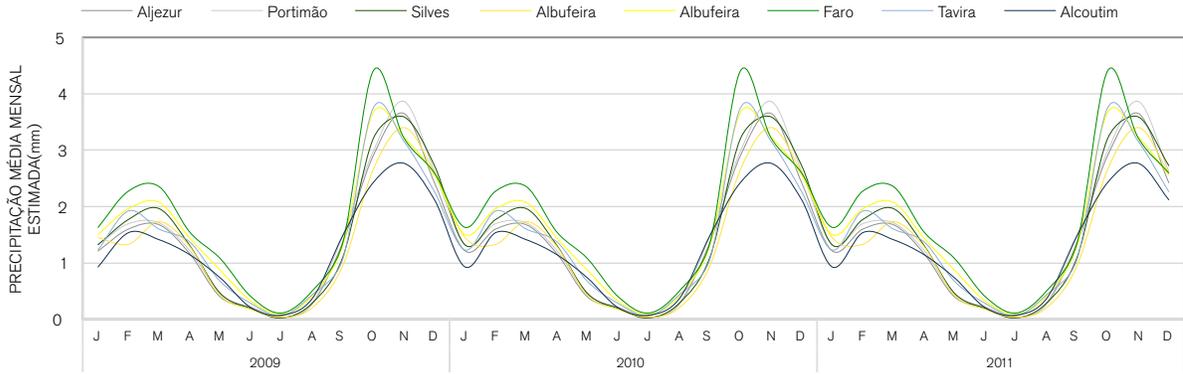


Figura 4.17: Variabilidade temporal da precipitação média mensal estimada nos municípios em estudo.

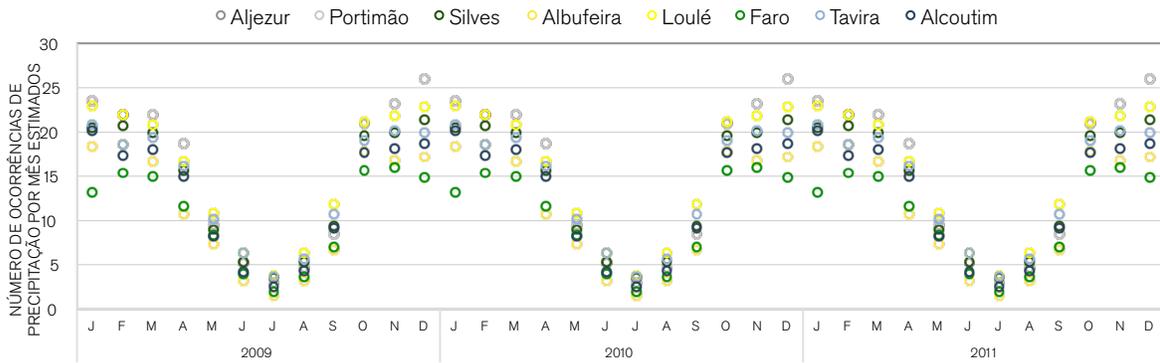
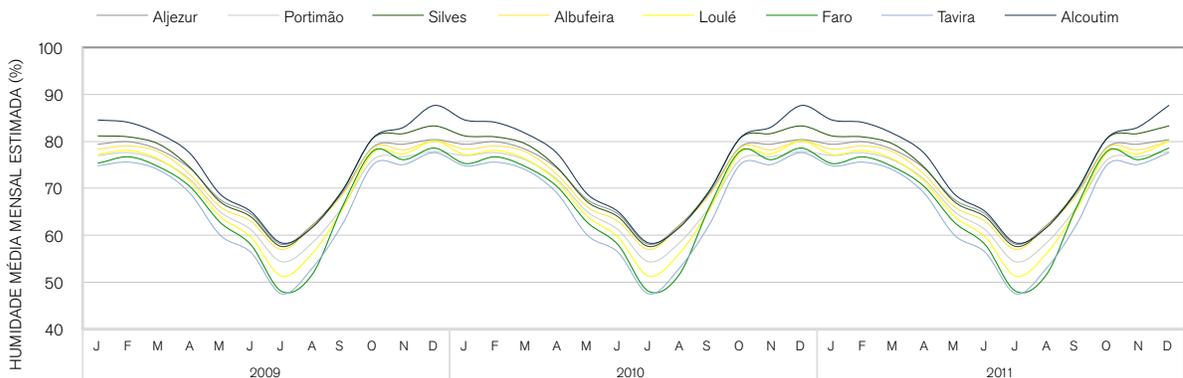


Figura 4.18: Número de ocorrências de precipitação por mês estimados nos municípios em estudo.



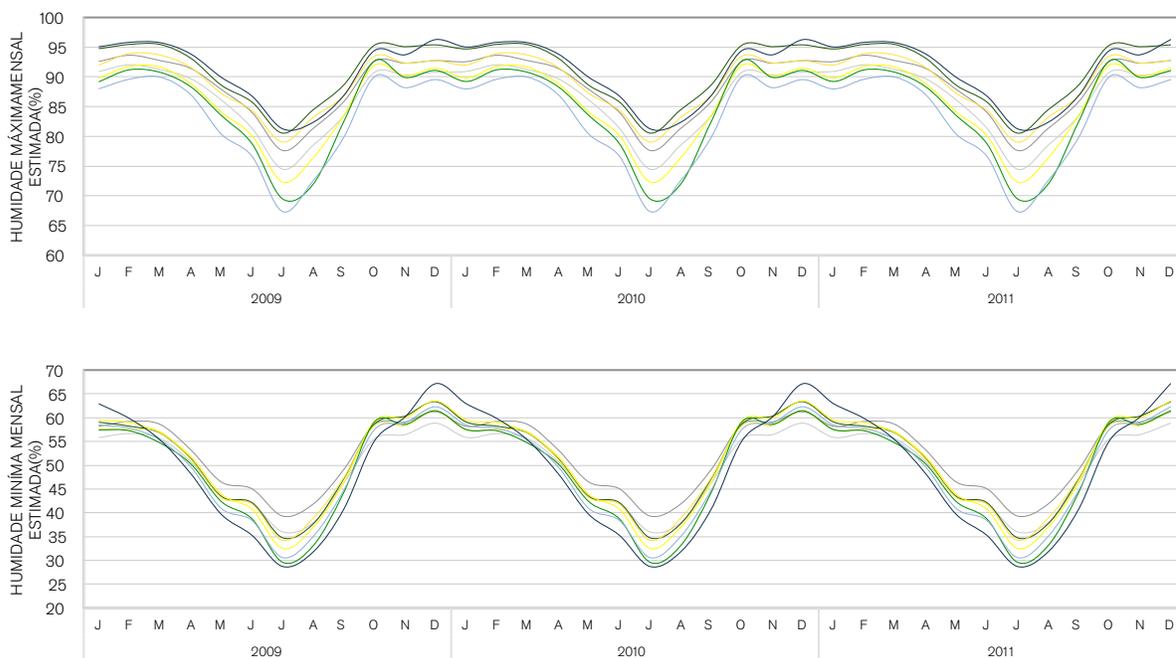


Figura 4.19: Variabilidade temporal da humidade relativa do ar mensal estimada nos municípios em estudo.

4.4.2 CONSUMOS MUNICIPAIS

A análise comparativa de consumos, tanto diários como mensais, pode indiciar diferentes comportamentos na distribuição de água em diferentes municípios. Partindo do princípio que as séries meteorológicas em questão, apresentam uma ligeira diferença entre municípios ao longo dos anos, é relevante averiguar se o comportamento dos volumes de água municipais também apresentam alterações semelhantes. Uma relação forte nas variações de consumos de água nos diferentes municípios pode justificar que o SMAAA responde às alterações meteorológicas de modo análogo. Como as influências das características climáticas das diferentes regiões (como Sotavento e Barlavento) onde os municípios estão localizados são ligeiramente distintas, é questionável a distinção entre os consumos de água.

Numa análise quantitativa da relação dos volumes distribuídos de água nos municípios selecionados resulta os coeficientes de correlação apresentados na Tabela 4.2, para valores diários e na Tabela 4.3 para valor mensais. Na Tabela 4.2 é perceptível a relação forte dessa distribuição. Os volumes referentes ao município de Alcoutim são aqueles que diferem mais

dos restantes apesar de apresentar valores altos de correlação. Na tentativa de encontrar diferenças entre Sotavento e Barlavento, pode observar-se que Portimão e Faro apresentam os valores mais baixos da tabela numa análise de relação com o município de Alcoutim. Apesar de uma relação forte, estes valores podem ser indícios das diferentes características dos municípios assim como das diferentes regiões.

Tabela 4.2: Coeficientes de correlação entre volumes de água diários distribuídos nos municípios em estudo.

	Consumos de água							
	Aljezur	Portimão	Silves	Albufeira	Loulé	Faro	Tavira	Alcoutim
Aljezur	1	0,900	0,939	0,924	0,944	0,838	0,931	0,825
Portimão	0,900	1	0,911	0,939	0,921	0,807	0,902	0,798
Silves	0,939	0,911	1	0,939	0,953	0,866	0,952	0,850
Albufeira	0,924	0,939	0,939	1	0,973	0,877	0,938	0,828
Loulé	0,944	0,921	0,953	0,973	1	0,891	0,942	0,819
Faro	0,838	0,807	0,866	0,877	0,891	1	0,853	0,761
Tavira	0,931	0,902	0,952	0,938	0,942	0,853	1	0,835
Alcoutim	0,825	0,798	0,850	0,828	0,819	0,761	0,835	1

As relações entre consumos mensais municipais apresentam valores bastante altos sem se notar uma diferença significativa em qualquer um dos municípios (Tabela 4.3). Com valores de correlação acima de 0,9, verifica-se que, apesar de regiões com ligeiras diferenças na caracterização climática, os consumos de água municipais distribuídos não apresentam variações distintas que sejam significativas.

Tabela 4.3: Coeficientes de correlação entre volumes de água diários distribuídos nos municípios em estudo.

	Consumos de água							
	Aljezur	Portimão	Silves	Albufeira	Loulé	Faro	Tavira	Alcoutim
Aljezur	1	0,979	0,977	0,967	0,969	0,934	0,988	0,930
Portimão	0,979	1	0,977	0,982	0,970	0,938	0,981	0,925
Silves	0,977	0,977	1	0,971	0,970	0,958	0,992	0,959
Albufeira	0,967	0,982	0,971	1	0,989	0,969	0,973	0,940
Loulé	0,969	0,970	0,970	0,989	1	0,973	0,958	0,948
Faro	0,934	0,938	0,958	0,969	0,973	1	0,943	0,947
Tavira	0,988	0,981	0,992	0,973	0,958	0,943	1	0,944
Alcoutim	0,930	0,925	0,959	0,940	0,948	0,947	0,944	1

4.4.3 ANÁLISE DIÁRIA DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS VS CONSUMOS DE ÁGUA

A análise das relações entre variáveis apresentam-se em gráficos de dispersão, que assim se pretende estabelecer a caracterização fidedigna dos consumos de água diários numa relação simples com as variáveis meteorológicas. A estimação quantitativa das relações resulta de uma análise de correlação linear definindo-se assim o grau de relacionamento linear

Importante referir que apenas a variável da temperatura, em todos os seus parâmetros, não apresenta uma tendência linear na relação com os consumos de água. Para um melhor ajuste aplicou-se uma regressão não-linear simples nos parâmetros desta variável. O resultado da regressão não-linear simples elaborada apresenta uma equação quadrática, em que o coeficiente de determinação apontado significa a medida de confiança da equação de regressão gerada e não o quadrado do coeficiente de correlação. Para as restantes variáveis, a regressão efectuada resultou numa equação linear em que o coeficiente de determinação resulta do quadrado do coeficiente de correlação, explicando da mesma forma a medida de confiança de regressão gerada.

4.4.3.1 ALJEZUR

Na análise à Figura 4.21 verifica-se que os consumos de água tendem a crescer com o aumento das temperaturas em todos os seus parâmetros. Os gráficos de dispersão apresentam uma forte relação entre as variáveis. É possível observar uma dispersão quase linear ascendente nos três gráficos. Através da observação aos três gráficos é possível encontrar valores de temperatura em que os consumos respondem de forma diferente à tendência inicial. Para a temperatura média, a partir de aproximadamente 20°C os consumos de água sobem com uma disposição mais assinalada, 30°C para temperaturas máximas e entre os 15 a 17°C para temperaturas mínimas. De notar que quando a temperatura atinge valores máximos, os consumos de água tendem a ter um comportamento acentuado para este município.

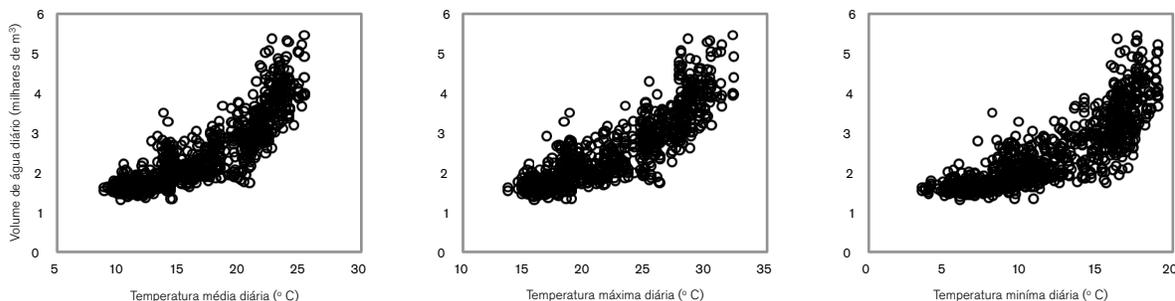


Figura 4.20: Consumos de água e temperatura média , máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Aljezur.

Através da Figura 4.21 verifica-se uma inversão no sentido da dispersão da humidade, relativamente á temperatura, na relação dos seus parâmetros com os consumos de água, significando que aumentos nos valores da humidade do ar refletem diminuição nos consumos. Apesar das dispersões apresentadas para a humidade serem menos coesas que as da temperatura, reconhece-se uma classificação forte quanto à sua dispersão principalmente nos valores mais altos de humidade. Existe a tendência de espalhamento dos pontos para valores de humidade menores.

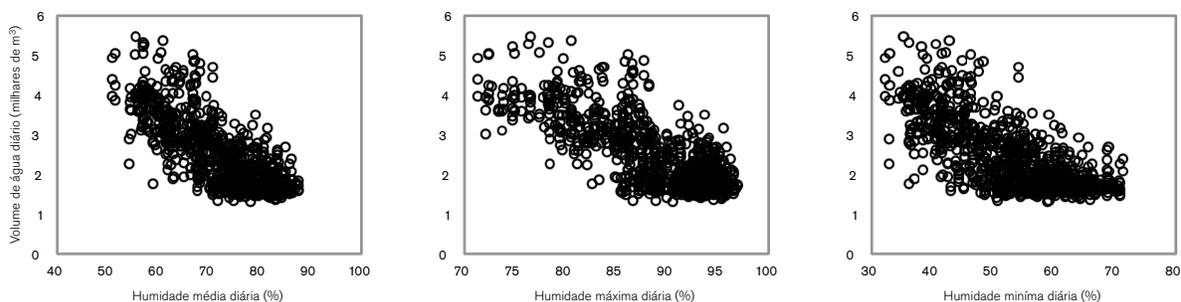


Figura 4.21: Consumos de água diário e humidade relativa do ar média, máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Aljezur.

Os pontos da relação entre os consumos de água e a precipitação apresentam uma dispersão descendente para valores acima das proximidades de 0mm (Figura 4.22). Acima deste valor a dispersão revela um seguimento descendente. Os valores de consumo concentram-se significativamente entre os 0 e 3mm e apontam uma descida dos consumos com o aumento da precipitação.

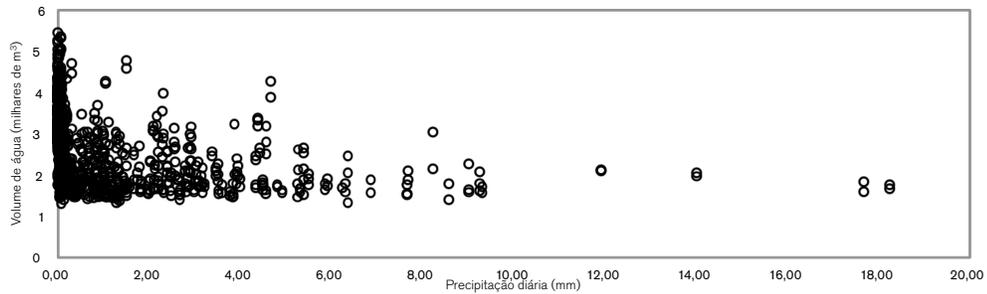


Figura 4.22: Consumos de água diário e precipitação média no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Aljezur.

Afirmar-se com isto que, em relação à variável da precipitação, a ocorrência de chuva traduz-se numa diminuição nos consumos para metade da gama dos valores referentes à não ocorrência de chuva ou quando estas são mínimas, ou seja menor que 0,1mm. De acordo com a figura é possível demonstrar ainda, que acima de 10mm de precipitação acumulada os consumos de água tendem a ser idênticos.

A Tabela 4.4 apresenta os resultados da regressão simples, correlação linear (r) e do coeficiente de determinação (r^2), da influência das variáveis meteorológicas nos consumos de água diários analisados nos gráficos de dispersão. Estes resultados fundamentam as observações descritas relativamente à observação dos gráficos de dispersão.

Tabela 4.4: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação, referentes ao município de Aljezur.

	Regressão simples	r	r²
Tmed	$Y = 11,86X^2 - 237,84X + 2886,4$	0,86	0,79
Tmax	$Y = 8,24X^2 - 214,55X + 3031,6$	0,86	0,79
Tmin	$Y = 13,02X^2 - 131,88X + 2004,3$	0,83	0,73
Hmed	$Y = -79,91X + 8270,9$	-0,77	0,59
Hmax	$Y = -112,36X + 11446$	-0,75	0,57
Hmin	$Y = -68,11X + 6052,8$	-0,69	0,48
Pmed	$Y = -120,06X + 2662,6$	-0,31	0,10
Pocr	$Y = -2111,4X + 3554,4$	-0,75	0,56
Pfra	$Y = -4902,5X + 3205,4$	-0,42	0,18
Pint	$Y = 52,6X + 2053,1$	0,10	0,01
Pfor	$Y = -21,3X + 2118,4$	-0,14	0,02

4.4.3.2 PORTIMÃO

Para avaliação da relação entre os consumos do município de Portimão e as variáveis meteorológicas apresenta-se os gráficos de dispersão dos parâmetros referentes à temperatura média, máxima e mínima nas Figura 4.23 respectivamente, entre os consumos de água e os parâmetros da humidade média, máxima e mínima nas Figura 4.24 respectivamente, e entre os parâmetros da precipitação na Figura 4.25. Verifica-se nestas figuras que consumos gerados pelo município de Portimão apresentam uma gama de valores diários entre os 5.000m³ até um limite máximo próximo dos 45.000m³.

Numa análise à Figura 4.23 verifica-se que os consumos de água tendem a crescer com o aumento das temperaturas em todos os seus parâmetros. Os gráficos de dispersão apresentam uma forte dispersão entre as variáveis. É possível observar uma dispersão progressiva e ascendente nos três gráficos. Através da observação aos três gráficos é possível encontrar valores de temperatura em que os consumos respondem de forma diferente à tendência inicial. Para a temperatura média, a partir de aproximadamente 20°C os

consumos de água sobem com uma disposição mais assinalada, a partir de 25°C para temperaturas máximas e entre os 15 a 17 °C para temperaturas mínimas. De notar que quando a temperatura atinge valores máximos, os consumos de água tendem a ter um comportamento acentuado para este município.

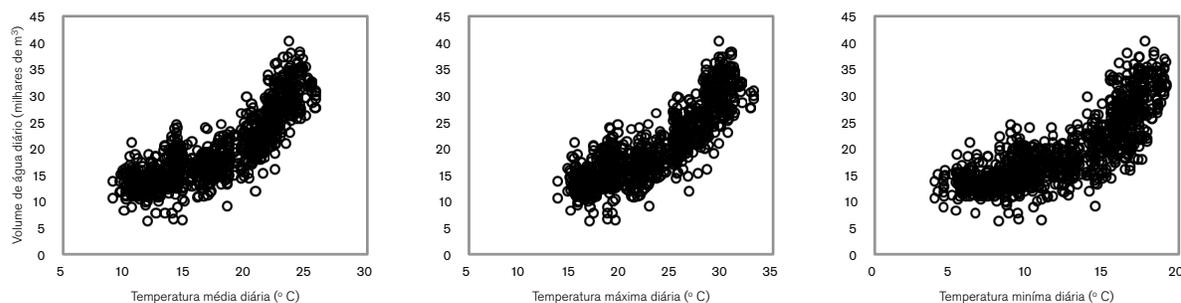


Figura 4.23: Consumos de água e temperatura média , máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Portimão.

Através da Figura 4.24 verifica-se uma inversão no sentido da dispersão da humidade, relativamente á temperatura, na relação dos seus parâmetros com os consumos de água, significando que aumentos nos valores da humidade do ar refletem diminuição nos consumos. Apesar das dispersões apresentadas para a humidade serem menos coesas que as da temperatura, reconhece-se uma classificação forte quanto à sua dispersão principalmente nos valores mais altos de humidade. Existe a tendência de espalhamento dos pontos para valores de humidade menores.

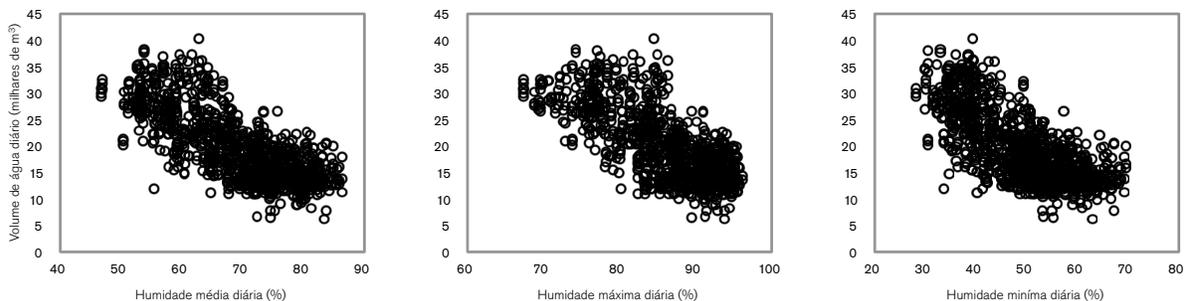


Figura 4.24: Consumos de água diário e humidade relativa do ar média, máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Portimão.

Os pontos da relação entre os consumos de água e a precipitação apresentam uma dispersão descendente para valores acima das proximidades de 0mm (

Figura 4.25). Acima deste valor a dispersão revela um seguimento descendente. Os valores de consumo concentram-se significativamente entre os 0 e 3mm e apontam uma descida dos consumos com o aumento da precipitação.

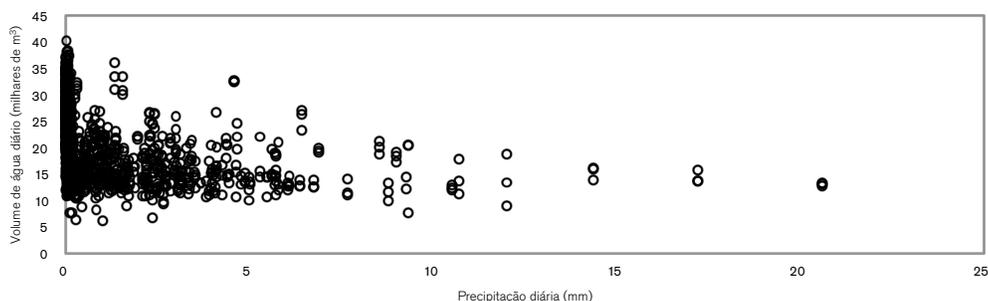


Figura 4.25: Consumos de água diário e precipitação média no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Portimão.

Afirmar-se com isto que, em relação à variável da precipitação, a ocorrência de chuva traduz-se numa diminuição nos consumos para metade da gama dos valores referentes à não ocorrência de chuva ou quando estas são mínimas, ou seja menor que 0,1mm. De acordo com a figura é possível demonstrar ainda, que acima de 10mm de precipitação acumulada os consumos de água tendem a ser idênticos.

A Tabela 4.5 apresenta os resultados da regressão simples, correlação linear (r) e do coeficiente de determinação (r^2), da influência das variáveis meteorológicas nos consumos de

água diários analisados nos gráficos de dispersão. Estes resultados fundamentam as observações descritas relativamente à observação dos gráficos de dispersão.

Tabela 4.5: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação, referentes ao município de Portimão.

	Regressão simples	r	r²
Tmed	$Y = 99,67X^2 - 2240,3X + 26370$	0,85	0,78
Tmax	$Y = 65,55X^2 - 1876,9X + 26853$	0,86	0,77
Tmin	$Y = 125,2 X^2 - 1692,6X + 19467$	0,81	0,73
Hmed	$Y = -1686,5 X + 8,33 X^2 + 95858$	-0,76	0,59
Hmax	$Y = -556,9 X - 1,1 X^2 + 76041$	-0,73	0,54
Hmin	$Y = -171,3 X + 12,9 X^2 + 74387$	-0,71	0,54
Pmed	$Y = -862,8X + 20941$	-0,33	0,11
Pocr	$Y = -15722X + 27491$	-0,75	0,56
Pfra	$Y = -32818,3X + 24593,9$	-0,37	0,14
Pint	$Y = 4,7X + 16736,6$	0,00	0,00
Pfor	$Y = -132,5X + 16440,1$	-0,11	0,01

4.4.3.3 SILVES

Para avaliação da relação entre os consumos do município Silves e as variáveis meteorológicas apresenta-se os gráficos de dispersão dos parâmetros referentes à temperatura média, máxima e mínima nas Figura 4.26 respectivamente, entre os consumos de água e os parâmetros da humidade média, máxima e mínima nas Figura 4.27 respectivamente, e entre os parâmetros da precipitação na Figura 4.28. Verifica-se nestas figuras que consumos gerados pelo município de Silves apresentam uma gama de valores diários entre os 9.000m³ até um limite máximo próximo dos 25.000m³.

Numa análise à Figura 4.26 verifica-se que os consumos de água tendem a crescer com o aumento das temperaturas em todos os seus parâmetros. Os gráficos de dispersão apresentam uma forte dispersão entre as variáveis. É possível observar uma dispersão progressiva e ascendente nos três gráficos. Através da observação aos três gráficos é

possível encontrar valores de temperatura em que os consumos respondem de forma diferente à tendência inicial. Para a temperatura média, a partir de aproximadamente 20°C os consumos de água sobem com uma disposição mais assinalada, a partir de 26-27°C para temperaturas máximas e entre os 15 a 17 °C para temperaturas mínimas.

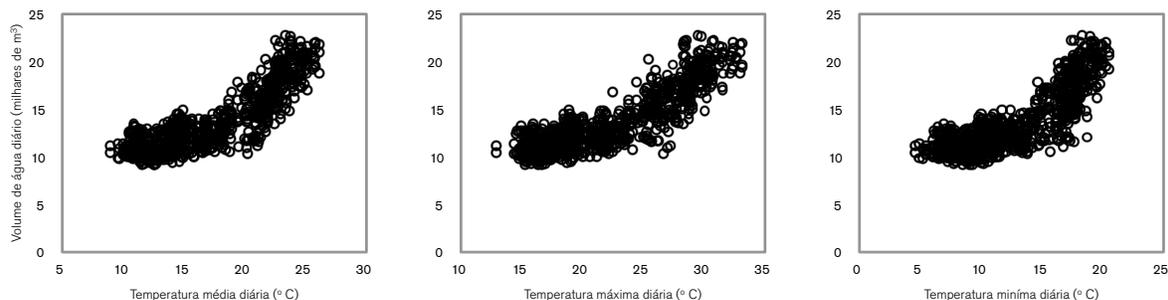


Figura 4.26: Consumos de água e temperatura média , máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Silves.

Através da Figura 4.27 verifica-se uma inversão no sentido da dispersão da humidade, relativamente á temperatura, na relação dos seus parâmetros com os consumos de água, significando que aumentos nos valores da humidade do ar refletem diminuição nos consumos. Apesar das dispersões apresentadas para a humidade serem menos coesas que as da temperatura, reconhece-se uma classificação forte quanto à sua dispersão principalmente nos valores mais altos de humidade. Existe a tendência de espalhamento dos pontos para valores de humidade menores.

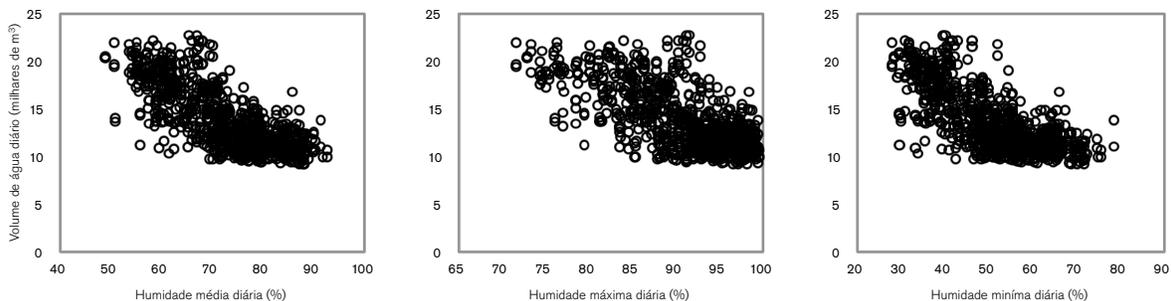


Figura 4.27: Consumos de água diário e humidade relativa do ar média, máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Silves.

Os pontos da relação entre os consumos de água e a precipitação apresentam uma dispersão descendente para valores acima das proximidades de 0mm (Figura 4.28). Acima deste valor a dispersão revela um seguimento descendente. Os valores de consumo concentram-se significativamente entre os 0 e 3mm e apontam uma descida dos consumos com o aumento da precipitação.

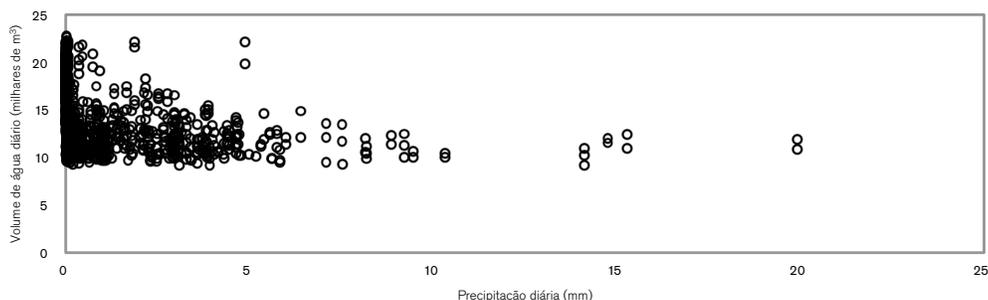


Figura 4.28: Consumos de água diário e precipitação média no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Silves.

Afirmar-se com isto que, em relação à variável da precipitação, a ocorrência de chuva traduz-se numa diminuição nos consumos para metade da gama dos valores referentes à não ocorrência de chuva ou quando estas são mínimas, ou seja menor que 0,1mm. De acordo com a figura é possível demonstrar ainda, que acima de 9mm de precipitação acumulada os consumos de água tendem a ser idênticos.

A Tabela 4.6 apresenta os resultados da regressão simples, correlação linear (r) e do coeficiente de determinação (r^2), da influência das variáveis meteorológicas nos consumos de

água diários analisados nos gráficos de dispersão. Estes resultados fundamentam as observações descritas relativamente à observação dos gráficos de dispersão.

Tabela 4.6: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação, referentes ao município de Silves.

	Regressão simples	r	r²
Tmed	$Y = 48,83X^2 - 1109,5X + 17315$	0,86	0,81
Tmax	$Y = 30,574X^2 - 854,42X + 16810$	0,88	0,81
Tmin	$Y = 61,278X^2 + 929,31X + 14525$	0,83	0,76
Hmed	$Y = -725,1 X + 3,35 X^2 + 48513$	-0,76	0,51
Hmax	$Y = -339,1 X + 3,84 X^2 + 14792$	-0,68	0,40
Hmin	$Y = -665,1 X + 4,5 X^2 + 35356$	-0,73	0,50
Pmed	$Y = -466X + 14503$	-0,33	0,11
Pocr	$Y = -8246X + 17456$	-0,69	0,48
Pfra	$Y = -19091,9X + 15828,9$	-0,41	0,16
Pint	$Y = 17,9X + 12578,3$	0,00	0,00
Pfor	$Y = -73,7X + 12155,2$	-0,10	0,01

4.4.3.4 ALBUFEIRA

Para avaliação da relação entre os consumos do município Albufeira e as variáveis meteorológicas apresenta-se os gráficos de dispersão dos parâmetros referentes à temperatura média, máxima e mínima, na Figura 4.29 respectivamente, entre os consumos de água e os parâmetros da humidade média, máxima e mínima na Figura 4.30 respectivamente, e entre os parâmetros da precipitação na Figura 4.31. Verifica-se nestas figuras que consumos gerados pelo município de Albufeira apresentam uma gama de valores diários entre os 10.000m³ até um limite máximo próximo dos 70.000m³.

Numa análise à Figura 4.29 verifica-se que os consumos de água tendem a crescer com o aumento das temperaturas em todos os seus parâmetros. Os gráficos de dispersão apresentam uma forte dispersão entre as variáveis. É possível observar uma dispersão

progressiva e ascendente nos três gráficos. Através da observação aos três gráficos é possível encontrar valores de temperatura em que os consumos respondem de forma diferente à tendência inicial. Para a temperatura média, a partir de aproximadamente 20°C os consumos de água sobem com uma disposição mais assinalada, para temperaturas máximas a dispersão apresenta-se crescente e entre os 15 a 17°C para temperaturas mínimas.

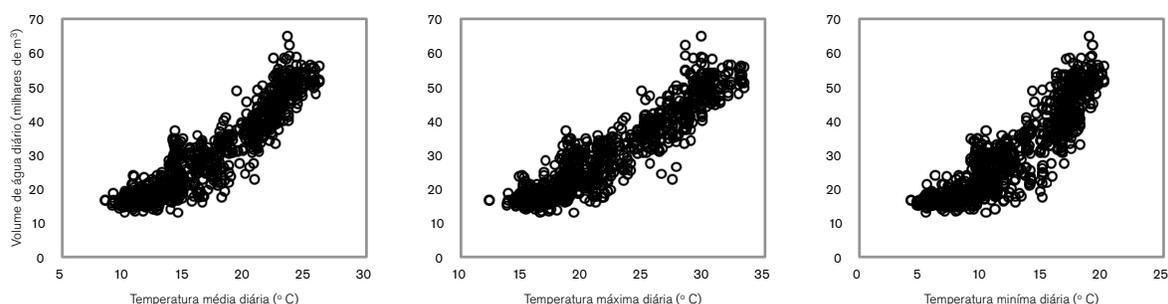


Figura 4.29: Consumos de água e temperatura média , máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Albufeira.

Através da Figura 4.30 verifica-se uma inversão no sentido da dispersão da humidade, relativamente á temperatura, na relação dos seus parâmetros com os consumos de água, significando que aumentos nos valores da humidade do ar refletem diminuição nos consumos. Apesar das dispersões apresentadas para a humidade serem menos coesas que as da temperatura, reconhece-se uma classificação forte quanto à sua dispersão principalmente nos valores mais altos de humidade. Existe a tendência de espalhamento dos pontos para valores de humidade menores.

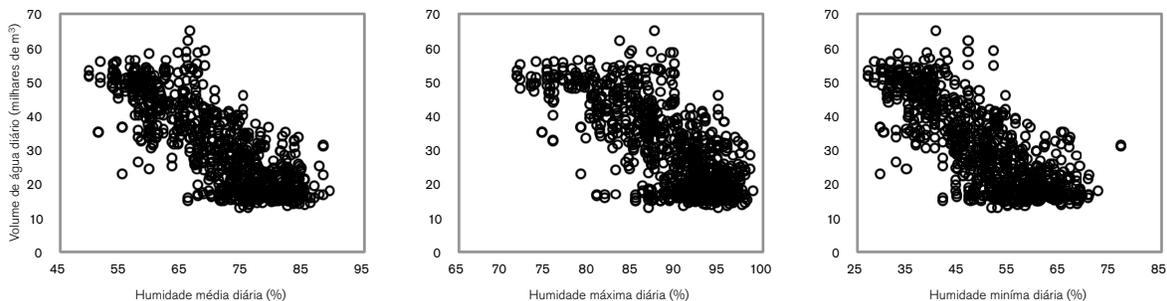


Figura 4.30: Consumos de água diário e humidade relativa do ar média, máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Albufeira.

Os pontos da relação entre os consumos de água e a precipitação apresentam uma dispersão descendente para valores acima das proximidades de 0mm (Figura 4.31). Acima deste valor a dispersão revela um seguimento descendente. Os valores de consumo concentram-se significativamente entre os 0 e 3mm e apontam uma descida dos consumos com o aumento da precipitação.

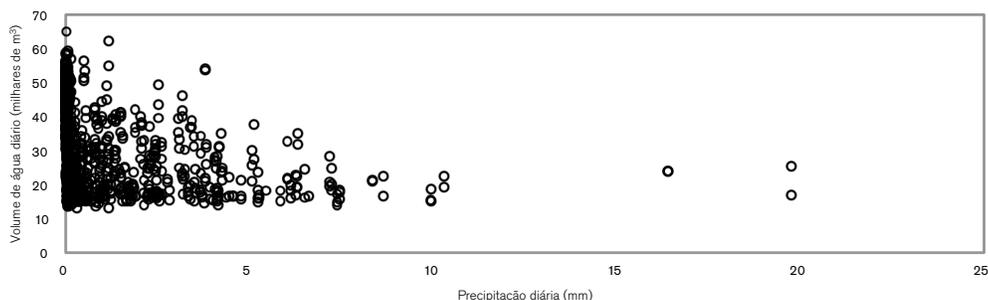


Figura 4.31: Consumos de água diário e precipitação média no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Albufeira.

Afirmar-se com isto que, em relação à variável da precipitação, a ocorrência de chuva traduz-se numa diminuição nos consumos para metade da gama dos valores referentes à não ocorrência de chuva ou quando estas são mínimas, ou seja menor que 0,1mm. De acordo com a figura é possível demonstrar ainda, que acima de 7-8mm de precipitação acumulada os consumos de água tendem a ser idênticos.

A Tabela 4.7 apresenta os resultados da regressão simples, correlação linear (r) e do coeficiente de determinação (r^2), da influência das variáveis meteorológicas nos consumos de

água diários analisados nos gráficos de dispersão. Estes resultados fundamentam as observações descritas relativamente à observação dos gráficos de dispersão.

Tabela 4.7: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação, referentes ao município de Albufeira.

	Regressão simples	r	r²
Tmed	$Y = 93,725X^2 - 792,14X + 14704$	0,93	0,88
Tmax	$Y = 39,321X^2 + 352,54X + 2125$	0,94	0,88
Tmin	$Y = 135,87X^2 - 694,11X + 15701$	0,90	0,83
Hmed	$Y = -1132X + 111422$	-0,79	0,64
Hmax	$Y = -1525,7X + 166464$	-0,72	0,52
Hmin	$Y = -935,57X + 77570$	-0,77	0,59
Pmed	$Y = -1967,8X + 33275$	-0,33	0,11
Pocr	$Y = -18821X + 46011$	-0,57	0,33
Pfra	$Y = -163,61X + 35299,3$	-0,26	0,07
Pint	$Y = 270,9X + 24712,6$	0,02	0,00
Pfor	$Y = -568,1X + 26157,7$	-0,20	0,04

4.4.3.5 LOULÉ

Para avaliação da relação entre os consumos do município Loulé e as variáveis meteorológicas apresenta-se os gráficos de dispersão dos parâmetros referentes à temperatura média, máxima e mínima nas Figura 4.32 respectivamente, entre os consumos de água e os parâmetros da humidade média, máxima e mínima nas Figura 4.33 respectivamente, e entre os parâmetros da precipitação na Figura 4.34. Verifica-se nestas figuras que consumos gerados pelo município de Loulé apresentam uma gama de valores diários entre os 10.000m³ até um limite máximo próximo dos 40.000m³.

Numa análise à Figura 4.32 verifica-se que os consumos de água tendem a crescer com o aumento das temperaturas em todos os seus parâmetros. Os gráficos de dispersão apresentam uma forte dispersão entre as variáveis. É possível observar uma dispersão

progressiva e ascendente nos três gráficos. Através da observação aos três gráficos é possível encontrar valores de temperatura em que os consumos respondem de forma diferente à tendência inicial. Para a temperatura média, a partir de aproximadamente 20°C os consumos de água sobem com uma disposição mais assinalada, a partir de 30°C para temperaturas máximas e nos 13°C para temperaturas mínimas, ainda que essa subida seja menos sentida nos diferentes parâmetros da temperatura em relação a outros municípios.

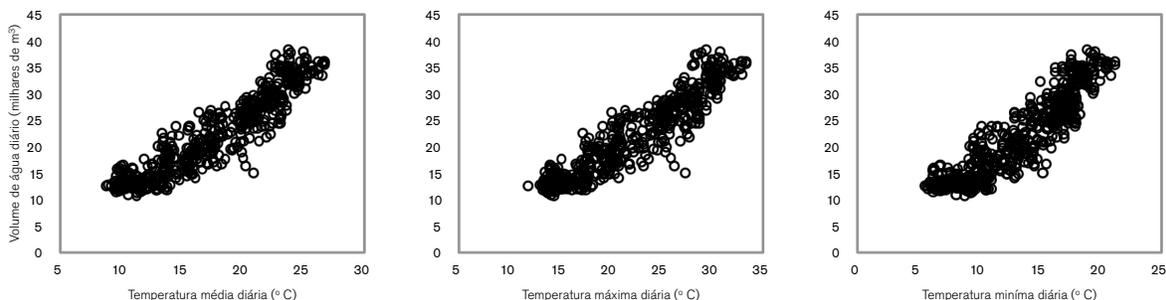


Figura 4.32: Consumos de água e temperatura média , máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Loulé.

Através da Figura 4.33 verifica-se uma inversão no sentido da dispersão da humidade, relativamente á temperatura, na relação dos seus parâmetros com os consumos de água, significando que aumentos nos valores da humidade do ar refletem diminuição nos consumos. Apesar das dispersões apresentadas para a humidade serem menos coesas que as da temperatura, reconhece-se uma classificação forte quanto à sua dispersão principalmente nos valores mais altos de humidade.

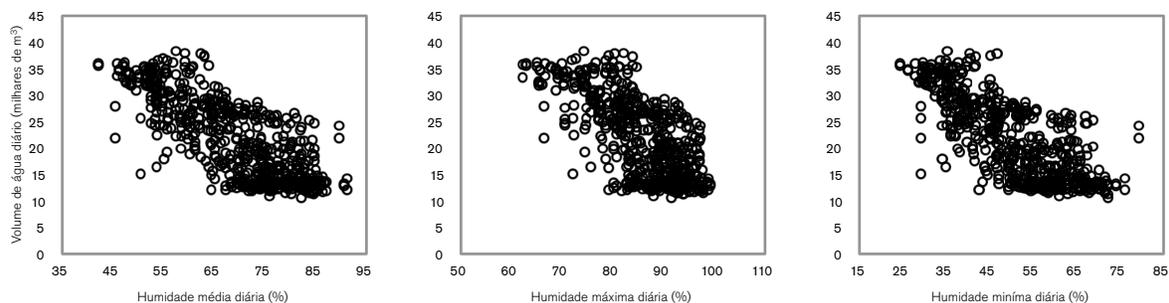


Figura 4.33: Consumos de água diário e humidade relativa do ar média, máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Loulé.

Os pontos da relação entre os consumos de água e a precipitação apresentam uma dispersão descendente para valores acima das proximidades de 0mm (Figura 4.34). Acima deste valor a dispersão revela um seguimento descendente. Os valores de consumo concentram-se significativamente entre os 0 e 3mm e apontam uma descida dos consumos com o aumento da precipitação.

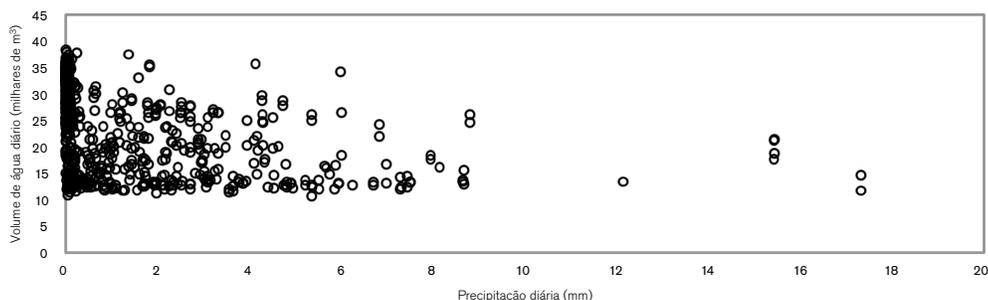


Figura 4.34: Consumos de água diário e precipitação média no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Loulé.

Afirmar-se com isto que, em relação à variável da precipitação, a ocorrência de chuva traduz-se numa diminuição nos consumos para metade da gama dos valores referentes à não ocorrência de chuva ou quando estas são mínimas, ou seja menor que 0,1mm. De acordo com a figura é possível demonstrar ainda, que acima de 9mm de precipitação acumulada os consumos de água tendem a ser idênticos.

A Tabela 4.8 apresenta os resultados da regressão simples, correlação linear (r) e do coeficiente de determinação (r^2), da influência das variáveis meteorológicas nos consumos de

água diários analisados nos gráficos de dispersão. Estes resultados fundamentam as observações descritas relativamente à observação dos gráficos de dispersão.

Tabela 4.8: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação, referentes ao município de Loulé.

	Regressão simples	r	r ²
Tmed	$Y = 40,30X^2 + 35,94X + 8177,7$	0,94	0,89
Tmax	$Y = 19,99X^2 + 350,0X + 3817,4$	0,94	0,88
Tmin	$Y = 78,51X^2 - 349,91X + 11441,4$	0,92	0,85
Hmed	$Y = -540,3X + 59123$	-0,78	0,61
Hmax	$Y = -670,3X + 79235$	-0,71	0,50
Hmin	$Y = -493,2X + 46704$	-0,77	0,59
Pmed	$Y = -1021,6X + 23601$	-0,33	0,11
Pocr	$Y = -18678X + 31114$	-0,71	0,51
Pfra	$Y = -34327,2X + 27704$	-0,33	0,11
Pint	$Y = 1204,1X + 17175$	0,16	0,03
Pfor	$Y = -164,1X + 18442,6$	-0,08	0,01

4.4.3.6 FARO

Para avaliação da relação entre os consumos do município Faro e as variáveis meteorológicas apresenta-se os gráficos de dispersão dos parâmetros referentes à temperatura média, máxima e mínima na Figura 4.35 respectivamente, entre os consumos de água e os parâmetros da humidade média, máxima e mínima na Figura 4.36 respectivamente, e entre os parâmetros da precipitação na Figura 4.37. Verifica-se nestas figuras que consumos gerados pelo município de Faro apresentam uma gama de valores diários entre os 9.000m³ até um limite máximo próximo dos 30.000m³.

Numa análise à Figura 4.21 verifica-se que os consumos de água tendem a crescer com o aumento das temperaturas em todos os seus parâmetros. Os gráficos de dispersão apresentam uma forte dispersão entre as variáveis. É possível observar uma dispersão

progressiva e ascendente nos três gráficos. Essa progressão apresenta uma inclinação constante ao longo da subida de temperatura em todos os seus parâmetros.

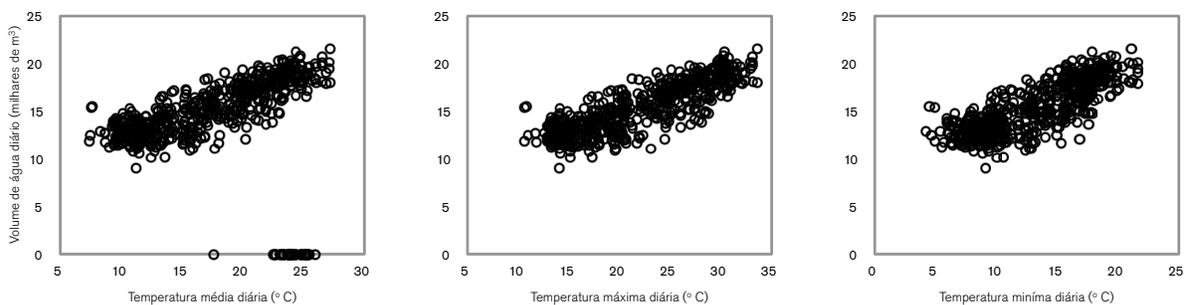


Figura 4.35: Consumos de água e temperatura média , máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Faro.

Através da Figura 4.36 verifica-se uma inversão no sentido da dispersão da humidade, relativamente à temperatura, na relação dos seus parâmetros com os consumos de água, significando que aumentos nos valores da humidade do ar refletem diminuição nos consumos. Apesar das dispersões apresentadas para a humidade serem menos coesas que as da temperatura, reconhece-se uma classificação forte quanto à sua dispersão principalmente nos valores mais altos de humidade. Não se observa, para este município, a existência de espalhamento dos pontos para valores de humidade menores, sendo a sua distribuição bastante regular.

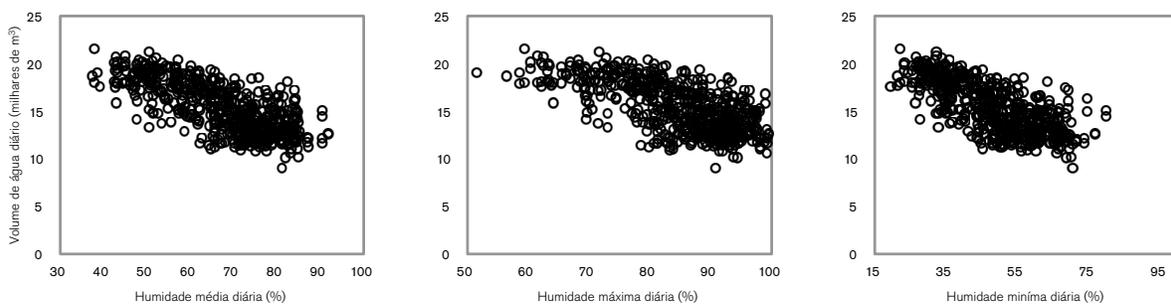


Figura 4.36: Consumos de água diário e humidade relativa do ar média, máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Faro.

Os pontos da relação entre os consumos de água e a precipitação apresentam uma dispersão descendente para valores acima das proximidades de 0mm (Figura 4.37). Acima deste valor a

dispersão revela um seguimento descendente. Os valores de consumo concentram-se significativamente entre os 0 e 3mm e apontam uma descida dos consumos com o aumento da precipitação.

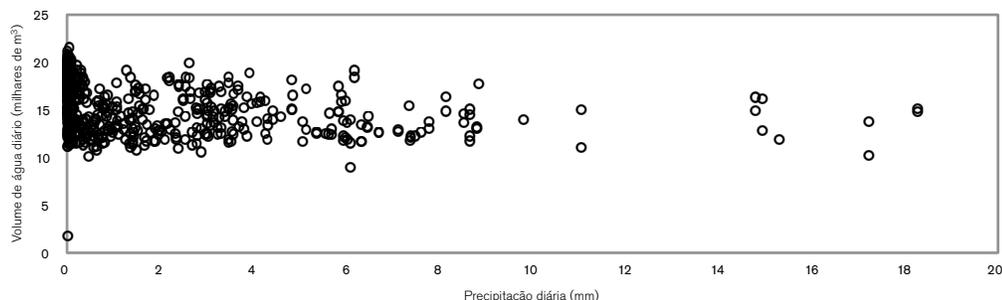


Figura 4.37: Consumos de água diário e precipitação média no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Faro.

Afirmar-se com isto que, em relação à variável da precipitação, a ocorrência de chuva traduz-se numa diminuição nos consumos da gama dos valores referentes à não ocorrência de chuva ou quando estas são mínimas, ou seja menor que 0,1mm. De acordo com a figura é possível demonstrar ainda, que acima de 6mm de precipitação acumulada os consumos de água tendem a ser idênticos.

A Tabela 4.9 apresenta os resultados da regressão simples, correlação linear (r) e do coeficiente de determinação (r^2), da influência das variáveis meteorológicas nos consumos de água diários analisada nos gráficos de dispersão. Estes resultados fundamentam as observações descritas relativamente à observação dos gráficos de dispersão.

Tabela 4.9: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação, referentes ao município de Faro

	Regressão simples	r	r²
Tmed	$Y = 421,1X + 8083$	0,83	0,68
Tmax	$Y = 363,52X + 7358$	0,83	0,69
Tmin	$Y = 496,17X + 8785,6$	0,80	0,63
Hmed	$Y = - 155,63X + 25779$	-0,72	0,52
Hmax	$Y = - 185,35X + 30987$	-0,66	0,44
Hmin	$Y = - 146,52X + 22412$	-0,71	0,50
Pmed	$Y = - 268,1X + 15811$	-0,30	0,09
Pocr	$Y = - 6263,3X + 17461$	-0,59	0,35
Pfra	$Y = - 163,61X + 16265,5$	-0,13	0,02
Pint	$Y = 219,7X + 13863,9$	0,08	0,01
Pfor	$Y = - 88,2X + 14723$	-0,14	0,02

4.4.3.7 TAVIRA

Para avaliação da relação entre os consumos do município de Tavira e as variáveis meteorológicas apresenta-se os gráficos de dispersão dos parâmetros referentes à temperatura média, máxima e mínima na Figura 4.38 respectivamente, entre os consumos de água e os parâmetros da humidade média, máxima e mínima nas Figura 4.39 respectivamente, e entre os parâmetros da precipitação na Figura 4.40. Verifica-se nestas figuras que consumos gerados pelo município de Tavira apresentam uma gama de valores diários entre aproximadamente 3.000m^3 até um limite máximo próximo dos 12.000m^3 .

Numa análise à Figura 4.38 verifica-se que os consumos de água tendem a crescer com o aumento das temperaturas em todos os seus parâmetros. Os gráficos de dispersão apresentam uma forte dispersão entre as variáveis. É possível observar uma dispersão progressiva e ascendente nos três gráficos. Através da observação aos três gráficos é possível encontrar valores de temperatura em que os consumos respondem de forma diferente à tendência inicial. Para a temperatura média, a partir de aproximadamente 22°C os

consumos de água sobem com uma disposição mais assinalada, a partir de 28°C para temperaturas máximas e entre os 15 a 17 °C para temperaturas mínimas.

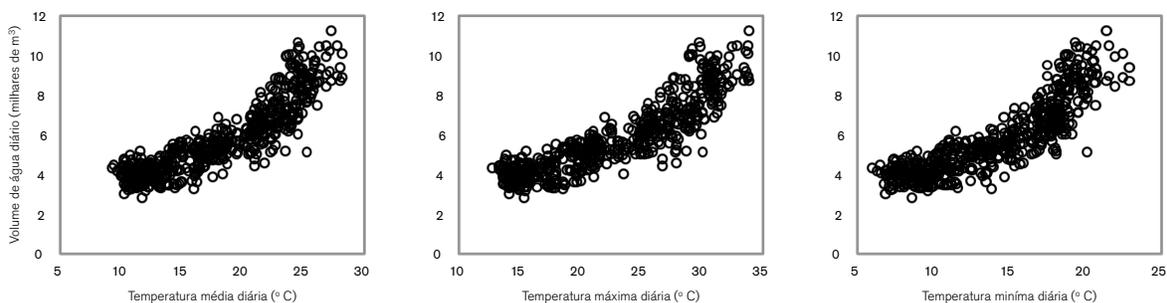


Figura 4.38: Consumos de água e temperatura média , máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Tavira.

Através da Figura 4.39 verifica-se uma inversão no sentido da dispersão da humidade, relativamente á temperatura, na relação dos seus parâmetros com os consumos de água, significando que aumentos nos valores da humidade do ar refletem diminuição nos consumos. Apesar das dispersões apresentadas para a humidade serem menos coesas que as da temperatura, reconhece-se uma classificação forte quanto à sua dispersão principalmente nos valores mais altos de humidade. Existe a tendência de espalhamento dos pontos para valores de humidade menores.

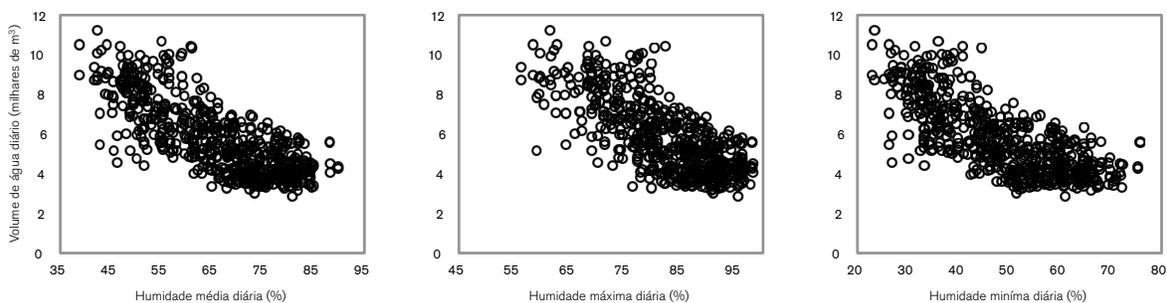


Figura 4.39: Consumos de água diário e humidade relativa do ar média, máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Tavira.

Os pontos da relação entre os consumos de água e a precipitação apresentam uma dispersão descendente para valores acima das proximidades de 0mm (Figura 4.40). Acima deste valor a dispersão revela um seguimento descendente. Os valores de consumo concentram-se

significativamente entre os 0 e 3mm e apontam uma descida dos consumos com o aumento da precipitação.

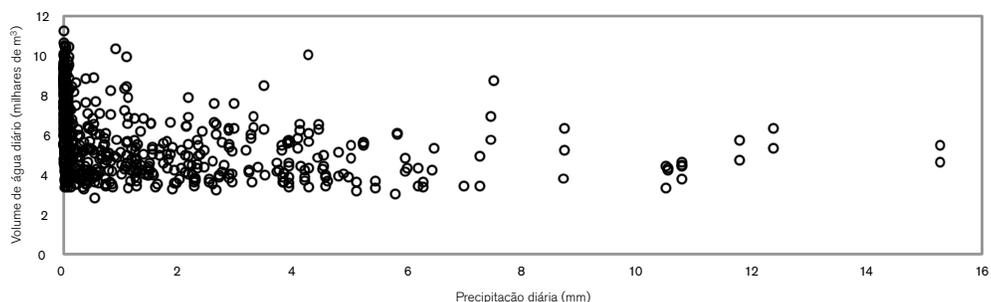


Figura 4.40: Consumos de água diário e precipitação média no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Tavira.

Afirmar-se com isto que, em relação à variável da precipitação, a ocorrência de chuva traduz-se numa diminuição nos consumos para metade da gama dos valores referentes à não ocorrência de chuva ou quando estas são mínimas, ou seja menor que 0,1mm.

A Tabela 4.10 apresenta os resultados da regressão simples, correlação linear (r) e do coeficiente de determinação (r^2), da influência das variáveis meteorológicas nos consumos de água diários observada nos gráficos de dispersão. Estes resultados fundamentam as observações descritas relativamente à análise dos gráficos de dispersão. Os parâmetros da temperatura surgem com valores de correlação linear positivos e demonstram alto índice de relação com os consumos. Os parâmetros da humidade indicam uma relação forte com os consumos de água ao invés da precipitação que apresenta valores baixos de correlação linear excepto o parâmetro da ocorrência de precipitação.

Tabela 4.10: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação, referentes ao município de Tavira.

	Regressão simples	r	r²
Tmed	$Y = 17,52X^2 - 320,99X + 5386,3$	0,89	0,83
Tmax	$Y = 11,68X^2 - 259,06X + 5266,8$	0,89	0,83
Tmin	$Y = 27,434X^2 - 386,16X + 5312,3$	0,87	0,81
Hmed	$Y = - 356,6 X + 1,87 X^2 + 21051$	-0,76	0,60
Hmax	$Y = - 300,2 X + 0,9 X^2 + 23807$	-0,73	0,53
Hmin	$Y = - 337,4 X + 2,3 X^2 + 16284$	-0,75	0,60
Pmed	$Y = - 235,42X + 6128,3$	-0,30	0,09
Pocr	$Y = - 4266,9X + 7685,5$	-0,65	0,42
Pfra	$Y = - 8607,9X + 6980$	-0,33	0,11
Pint	$Y = - 70,2X + 5111,5$	-0,04	0,00
Pfor	$Y = - 8,7X + 4886,5$	-0,02	0,00

4.4.3.8 ALCOUTIM

Para avaliação da relação entre os consumos do município de Alcoutim e as variáveis meteorológicas apresenta-se os gráficos de dispersão dos parâmetros referentes à temperatura média, máxima e mínima nas Figura 4.41 respectivamente, entre os consumos de água e os parâmetros da humidade média, máxima e mínima na Figura 4.42 respectivamente, e entre os parâmetros da precipitação na Figura 4.43. Verifica-se nestas figuras que consumos gerados pelo município de Alcoutim apresentam uma gama de valores diários entre os 300m³ até um limite máximo próximo dos 1.000m³.

Numa análise à Figura 4.21 verifica-se que os consumos de água tendem a crescer com o aumento das temperaturas em todos os seus parâmetros. Os gráficos de dispersão apresentam uma forte dispersão entre as variáveis. É possível observar uma dispersão progressiva e ascendente nos três gráficos. Através da observação aos três gráficos é possível encontrar valores de temperatura em que os consumos respondem de forma diferente à tendência inicial. Para a temperatura média, a partir de aproximadamente 20°C os

consumos de água sobem com uma disposição mais assinalada, a partir de 25°C para temperaturas máximas a partir dos 15°C para temperaturas mínimas.

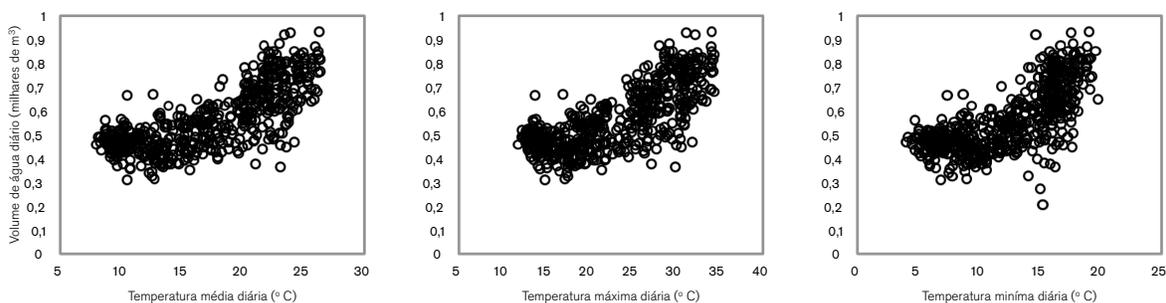


Figura 4.41: Consumos de água e temperatura média , máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Alcúitim.

Através da Figura 4.42 verifica-se uma inversão no sentido da dispersão da humidade, relativamente à temperatura, na relação dos seus parâmetros com os consumos de água, significando que aumentos nos valores da humidade do ar refletem diminuição nos consumos. Apesar das dispersões apresentadas para a humidade serem menos coesas que as da temperatura, reconhece-se uma classificação forte quanto à sua dispersão principalmente nos valores mais altos de humidade. Existe a tendência de espalhamento dos pontos para valores de humidade menores.

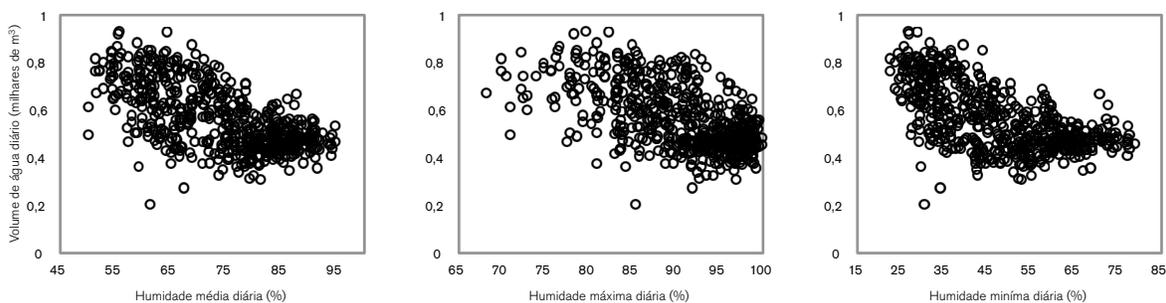


Figura 4.42: Consumos de água diário e humidade relativa do ar média, máxima e mínima diária no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Alcúitim.

Os pontos da relação entre os consumos de água e a precipitação apresentam uma dispersão descendente para valores acima das proximidades de 0mm (Figura 4.43). Acima deste valor a dispersão revela um seguimento descendente. Os valores de consumo concentram-se

significativamente entre os 0 e 3mm e apontam uma descida dos consumos com o aumento da precipitação.

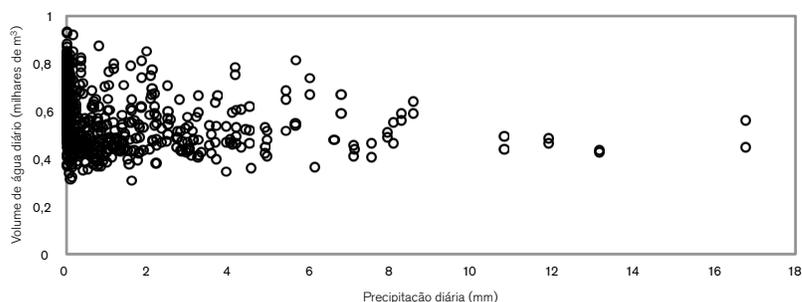


Figura 4.43: Consumos de água diário e precipitação média no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Alcoutim.

Afirmar-se com isto que, em relação à variável da precipitação, a ocorrência de chuva traduz-se numa diminuição nos consumos para metade da gama dos valores referentes à não ocorrência de chuva ou quando estas são mínimas, ou seja menor que 0,1mm. De acordo com a figura é possível demonstrar ainda, que acima de 9mm de precipitação acumulada os consumos de água tendem a ser idênticos.

A Tabela 4.11 apresenta os resultados da regressão simples, correlação linear (r) e do coeficiente de determinação (r^2), da influência das variáveis meteorológicas nos consumos de água diários analisados nos gráficos de dispersão. Estes resultados fundamentam as observações descritas relativamente à observação dos gráficos de dispersão.

Tabela 4.11: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação, referentes ao município de Alcóutim.

	Regressão simples	r	r²
Tmed	$Y = 1,394X^2 - 28,67X + 608,08$	0,76	0,63
Tmax	$Y = 0,784X^2 - 20,57X + 596,34$	0,76	0,62
Tmin	$Y = 2,422X^2 - 34,39X + 580,20$	0,74	0,62
Hmed	$Y = -24,1 X + 0,1 X^2 + 1716$	-0,64	0,41
Hmax	$Y = -11,56X + 1611,6$	-0,60	0,36
Hmin	$Y = 1208,3 X - 22,3 X^2 + 0,16$	-0,64	0,43
Pmed	$Y = -11,8X + 579,8$	-0,20	0,04
Pocr	$Y = -261,9X + 669,1$	-0,55	0,30
Pfra	$Y = -461,7X + 616,1$	-0,24	0,06
Pint	$Y = -10,3X + 505,9$	-0,10	0,01
Pfor	$Y = -1,9X + 528,7$	-0,00	0,00

4.4.4 ANÁLISE MENSAL DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS VS CONSUMOS DE ÁGUA

A relação entre os dos consumos de água mensais e as variáveis meteorológicas segue o mesmo tipo de apreciação dos consumos de água diários. A análise e avaliação mensal dos consumos surge da necessidade de uma melhor comparação com as variáveis meteorológicas, nomeadamente da precipitação. Os valores baixos das correlações, resultantes do desenvolvimento do ano médio de referência para a precipitação, podem não corresponder com a realidade. Sendo esta variável de natureza aleatória, o cálculo do ano de médio de referencia pode ter conduzido a um efeito de sobrestimação dos valores diários. Com valores mensais a volatilidade da precipitado será menos acentuada e a semelhança com a realidade torna-se mais evidente.

Dispondo de dados mensais realiza-se índices mensais que de forma quantitativa tipifica os consumos de água. O desenvolvimento destes índices ilustra a sazonalidade dos municípios

sendo indicativos da variação mensal em relação ao mês de menor consumo ou consumo base (índice base) e em relação à evolução média mensal (índice médio).

4.4.4.1 ALJEZUR

Os registos de consumo do município de Aljezur apontam o mês de Janeiro como o mês com menor consumo durante os três anos de estudo. A sazonalidade é notada na Figura 2.1 com o mês de Agosto a registar solicitações mais elevadas com um rácio de 2,66. Os valores apresentados na figura representam os valores da variabilidade volúmica das solicitações de água por parte da população do município de Aljezur, encontrando-se um mínimo de 1.500m³ até 5.000m³ como valores máximos.

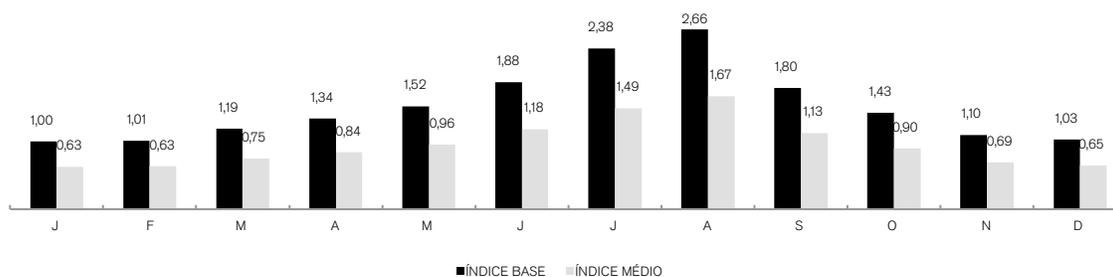


Figura 4.44: Índices mensais de consumo base e de consumo médio no município de Aljezur.

À semelhança da análise diária, a Figura 4.45 e a Figura 4.46 apresentam os parâmetros médios, máximos e mínimos da temperatura e humidade em valores médios mensais, respectivamente. A Figura 4.47 apresenta a precipitação média mensal e o número de ocorrências de chuva por mês.

A dispersão encontrada para a temperatura nos seus parâmetros mensais é significativamente forte e pouco disseminada com tendência ascendente, garantindo assim que uma subida nos graus de temperatura médios mensais eleva os consumo de água. As diferenças entre a relação dos consumos de água com temperatura nos parâmetros diários refletem-se na inclinação da dispersão, apresentando-se mais linear mas mesmo assim com uma ligeira curvatura. Denota-se que quando se atinge temperaturas elevadas existe uma resposta por parte dos consumos que se reflete numa dispersão acentuada.

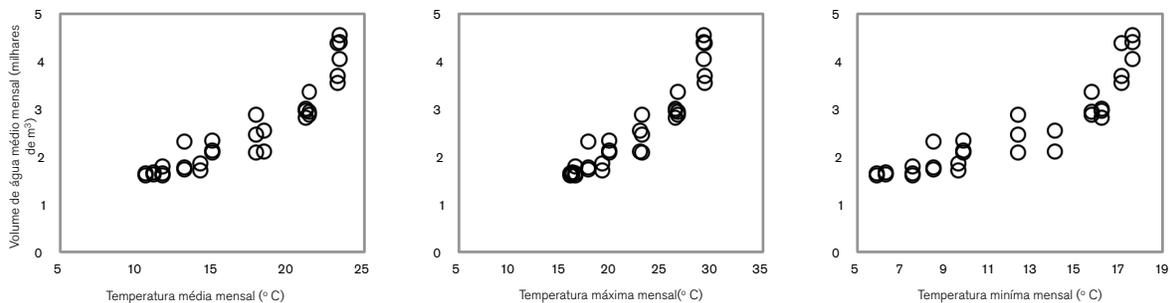


Figura 4.45: Consumos de água mensais e temperatura média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Aljezur.

A dispersão dos parâmetros relativos à humidade, segue o sentido descendente com maior grau de dispersão nos valores mais baixas de humidade.

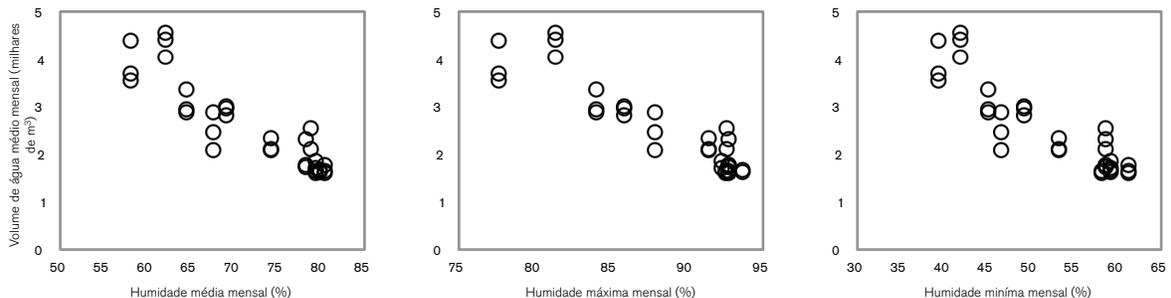


Figura 4.46: Consumos de água mensais e humidade relativa do ar média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Aljezur.

Na dispersão representativa da relação entre os consumos de água médios mensais com a precipitação encontra-se informações relevantes relativamente à análise diária. A Figura 4.47 mostra que os aumentos de precipitação mensais induzem a decréscimo na média de consumos de água mensais. Apesar de pouco intensa, a dispersão apresenta uma relação com sentido descendente.

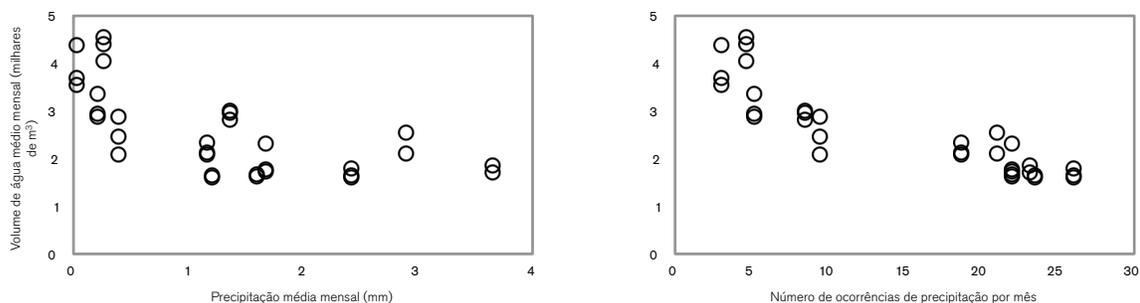


Figura 4.47: Consumos de água mensais e precipitação média e número de ocorrências de precipitação mensais no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Aljezur.

No gráfico de dispersão relativo ao número de ocorrências por mês, verifica-se que para um maior número de eventos de precipitação os consumo mensais tendem a cair registando-se a mesma inclinação do sentido da relação. Mais relevante é o facto de existirem patamares de consumo quanto ao número de ocorrências, verificando-se consumos máximos quando as ocorrências de precipitação não ultrapassam as 6 por mês, e uma concentração de pontos de consumo mínimos quando o valor de ocorrências mensais ultrapassa as 19.

A Tabela 4.12 apresenta os resultados da regressão simples, correlação linear (r) e do coeficiente de determinação (r^2), da influência das variáveis meteorológicas nos consumos de água mensais analisada nos gráficos de dispersão. Estes resultados fundamentam as observações descritas relativamente à observação dos gráficos de dispersão.

Tabela 4.12: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação mensais, referentes ao município de Aljezur.

	Regressão simples	r	r ²
Tmed	$Y = 15,94X^2 - 367,6X + 3857,9$	0,91	0,89
Tmax	$Y = 12,29X^2 - 383,87X + 4730$	0,93	0,91
Tmin	$Y = 20,158X^2 - 288,3X + 2772,3$	0,89	0,86
Hmed	$Y = - 105,02X + 10112$	-0,90	0,81
Hmax	$Y = - 158,12X + 16522$	-0,92	0,85
Hmin	$Y = - 106,74X + 8091,1$	-0,89	0,79
Pmed	$Y = - 580,14X + 3320,4$	-0,67	0,45
Pocr	$Y = - 94,503X + 3965,2$	-0,88	0,78

4.4.4.2 PORTIMÃO

Os registos de consumo do município de Portimão apontam o mês de Dezembro como o mês com menor consumo durante os três anos de estudo. A sazonalidade é notada na Figura 4.48 com o mês de Agosto a registar os consumos mais altos com um rácio de 2,50. Os valores apresentados na figura representam os valores da variabilidade volúmica das solicitações de água por parte da população do município de Aljezur, encontrando-se um mínimo de 10.000m³ até 40.000m³ como valores máximos.

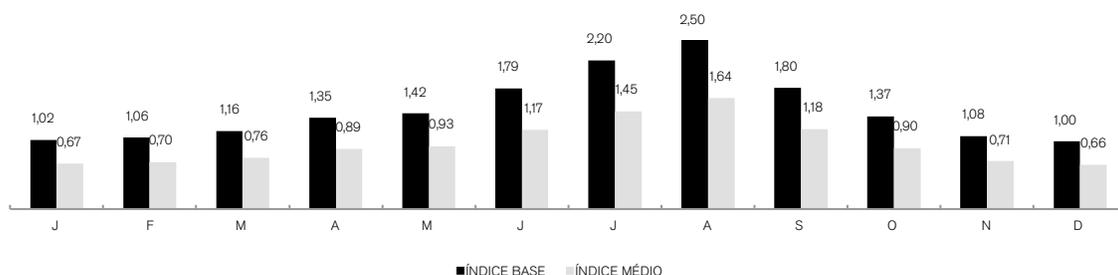


Figura 4.48: Índices mensais de consumo base e de consumo médio no município de Portimão.

À semelhança da análise diária, as Figura 4.49 e Figura 4.50 apresentam os parâmetros médios, máximos e mínimos da temperatura e humidade em valores médios mensais,

respectivamente. A Figura 4.51 apresenta a precipitação média mensal e o número de ocorrências de chuva mensais.

A dispersão encontrada para a temperatura nos seus parâmetros mensais é significativamente forte e pouco disseminada com tendência ascendente, garantindo assim que uma subida nos graus de temperatura médios mensais eleva os consumo de água. As diferenças entre a relação dos consumos de água com temperatura nos parâmetros diários refletem-se na inclinação da dispersão, apresentando-se mais linear mas mesmo assim com uma ligeira curvatura. Denota-se que quando se atinge temperaturas elevadas existe uma resposta por parte dos consumos que se reflete numa dispersão acentuada.

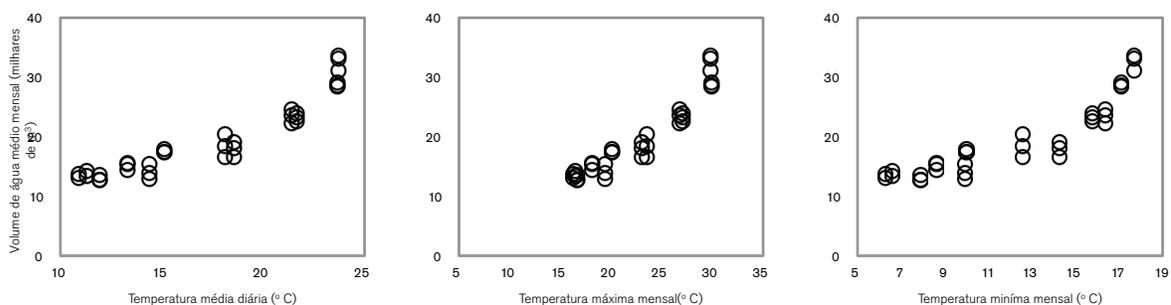


Figura 4.49: Consumos de água mensais e temperatura média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Portimão.

A dispersão dos parâmetros relativos à humidade, segue o sentido descendente com maior grau de dispersão nos valores mais baixas de humidade.

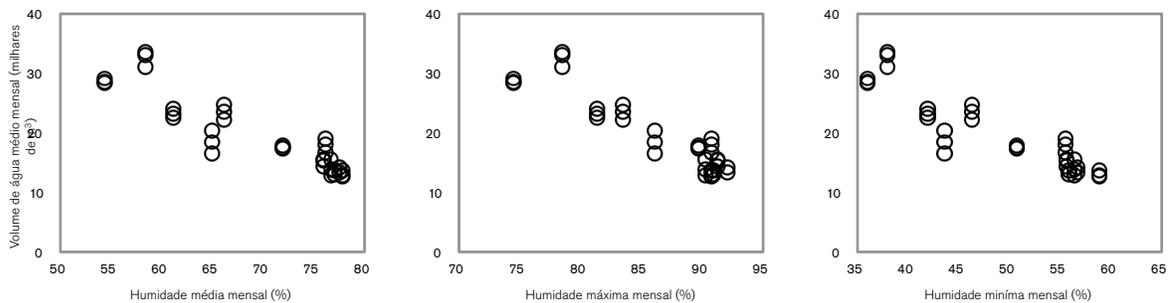


Figura 4.50: Consumos de água mensais e humidade relativa do ar média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Portimão.

Na dispersão representativa da relação entre os consumos de água médios mensais com a precipitação encontra-se informações relevantes relativamente à análise diária. A Figura 4.51 mostra que os aumentos de precipitação mensais induzem a decréscimo na média de consumos de água mensais. Apesar de pouco intensa, a dispersão apresenta uma relação com sentido descendente.

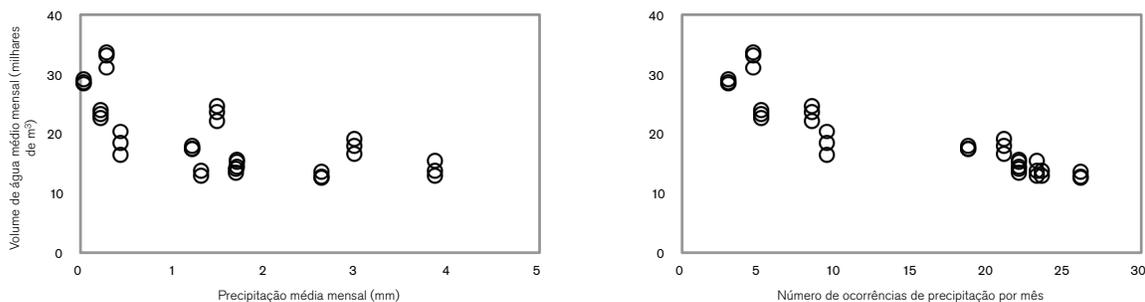


Figura 4.51: Consumos de água mensais e precipitação média e número de ocorrências de precipitação mensais no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Portimão.

No gráfico de dispersão relativo ao número de ocorrências por mês, verifica-se que para um maior número de eventos de precipitação os consumo mensais tendem a cair registando-se a mesma inclinação do sentido da relação. Mais relevante é o facto de existirem patamares de consumo quanto ao número de ocorrências, verificando-se consumos máximos quando as ocorrências de precipitação não ultrapassam as 9 por mês, e uma concentração de pontos de consumo mínimos quando o valor de ocorrências mensais ultrapassa as 18.

A Tabela 4.13 apresenta os resultados da regressão simples, correlação linear (r) e do coeficiente de determinação (r^2), da influência das variáveis meteorológicas nos consumos de água mensais analisados nos gráficos de dispersão. Estes resultados fundamentam as observações descritas relativamente à observação dos gráficos de dispersão.

Tabela 4.13: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação mensais, referentes ao município de Portimão.

	Regressão simples	r	r²
Tmed	$Y = 115,92X^2 - 2774,7X + 30539$	0,93	0,93
Tmax	$Y = 81,541X^2 - 2556,4X + 33822$	0,94	0,94
Tmin	$Y = 175,56X^2 - 2856,6X + 25575$	0,90	0,90
Hmed	$Y = - 698,35X + 68100$	-0,91	0,83
Hmax	$Y = - 1016,2 X + 107384$	-0,92	0,85
Hmin	$Y = - 725,85X + 55361$	-0,91	0,83
Pmed	$Y = - 3590,5X + 24968$	-0,68	0,46
Pocr	$Y = - 669,89X + 29793$	-0,90	0,81

4.4.4.3 SILVES

Os registos de consumo do município de Silves apontam o mês de Dezembro como o mês com menor consumo durante os três anos de estudo. A sazonalidade é notada na Figura 4.52 com o mês de Agosto a registar os consumos mais altos com um rácio de 1,96. Os valores apresentados na figura representam os valores da variabilidade volúmica das solicitações de água por parte da população do município de Aljezur, encontrando-se um mínimo de 15.000m³ até 60.000m³ como valores máximos.

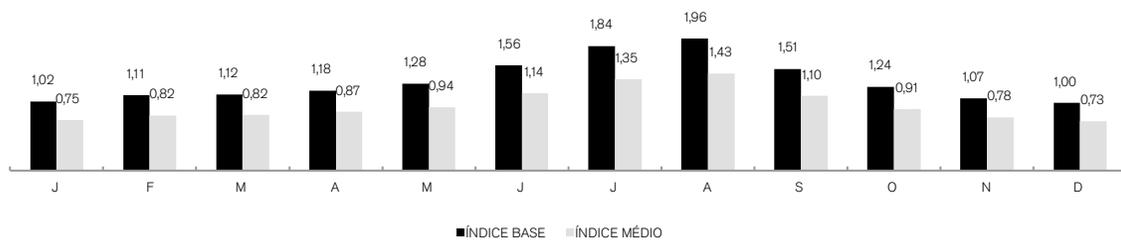


Figura 4.52: Índices mensais de consumo base e de consumo médio no município de Silves.

À semelhança da análise diária, a Figura 4.53 e a Figura 4.54 apresentam os parâmetros médios, máximos e mínimos da temperatura e humidade em valores médios mensais, respectivamente. A Figura 4.55 apresenta a precipitação média mensal e o número de ocorrências de chuva mensais.

A dispersão encontrada para a temperatura nos seus parâmetros mensais é significativamente forte e pouco disseminada com tendência ascendente, garantindo assim que uma subida nos graus de temperatura médios mensais eleva os consumo de água. As diferenças entre a relação dos consumos de água com temperatura nos parâmetros diários refletem-se na inclinação da dispersão, apresentando-se mais linear mas mesmo assim com uma ligeira curvatura. Denota-se que quando se atinge temperaturas elevadas existe uma resposta por parte dos consumos que se reflete numa dispersão acentuada.

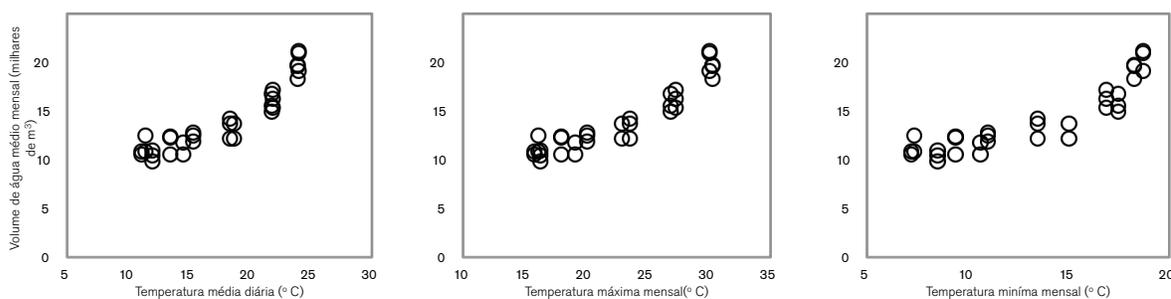


Figura 4.53: Consumos de água mensais e temperatura média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Silves.

A dispersão dos parâmetros relativos à humidade, segue o sentido descendente com maior grau de dispersão nos valores mais baixas de humidade.

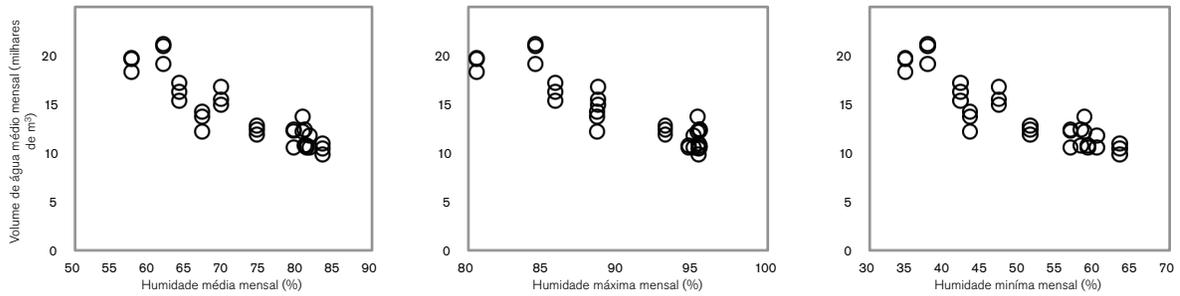


Figura 4.54: Consumos de água mensais e humidade relativa do ar média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Silves.

Na dispersão representativa da relação entre os consumos de água médios mensais com a precipitação encontra-se informações relevantes relativamente à análise diária. A Figura 4.55 mostra que os aumentos de precipitação mensais induzem a decréscimo na média de consumos de água mensais. Apesar de pouco intensa, a dispersão apresenta uma relação com sentido descendente.

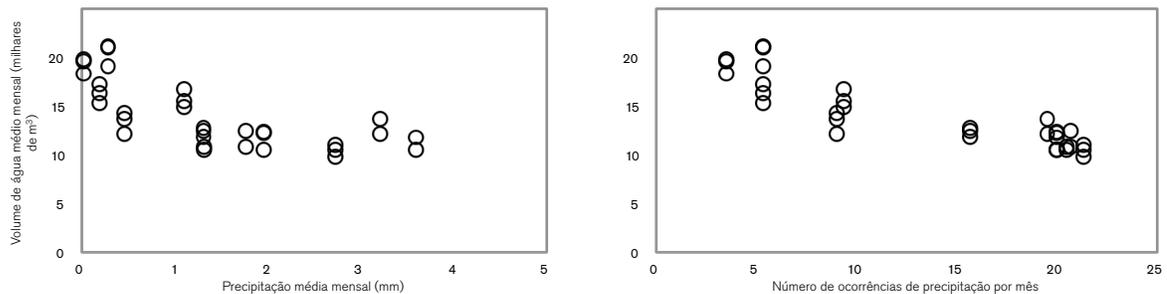


Figura 4.55: Consumos de água mensais e precipitação média e número de ocorrências de precipitação mensais no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Silves.

No gráfico de dispersão relativo ao número de ocorrências por mês, verifica-se que para um maior número de eventos de precipitação os consumo mensais tendem a cair registando-se a mesma inclinação do sentido da relação. Mais relevante é o facto de existirem patamares de consumo quanto ao número de ocorrências, verificando-se consumos máximos quando as ocorrências de precipitação não ultrapassam as 10 por mês, e uma concentração de pontos de consumo mínimos quando o valor de ocorrências mensais ultrapassa as 20.

A Tabela 4.14 apresenta os resultados da regressão simples, correlação linear (r) e do coeficiente de determinação (r^2), da influência das variáveis meteorológicas nos consumos de água mensais analisados nos gráficos de dispersão. Estes resultados fundamentam as observações descritas relativamente à observação dos gráficos de dispersão.

Tabela 4.14: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação mensais, referentes ao município de Silves.

	Regressão simples	r	r²
Tmed	$Y=135,81X^2 - 2137,9X + 24394$	0,92	0,95
Tmax	$Y=76,351X^2 - 1101,3X + 15518$	0,93	0,96
Tmin	$Y=195,17X^2 - 2159,3X + 23087$	0,90	0,93
Hmed	$Y= - 1367,4X + 130991$	-0,90	0,81
Hmax	$Y= - 2332,6 X + 243008$	-0,91	0,83
Hmin	$Y= - 1263,1X + 95079$	-0,90	0,81
Pmed	$Y= - 8518X + 43494$	-0,73	0,53
Pocr	$Y= - 1753X + 55361$	-0,89	0,79

4.4.4.4 ALBUFEIRA

Os registos de consumo do município de Albufeira apontam o mês de Janeiro como o mês com menor consumo durante os três anos de estudo. A sazonalidade é notada na Figura 4.56 com o mês de Agosto a registar os consumos mais altos com um rácio de 3,27. Os valores apresentados na figura representam os valores da variabilidade volúmica das solicitações de água por parte da população do município de Albufeira, encontrando-se um mínimo de 15.000m³ até 60.000m³ como valores máximos.

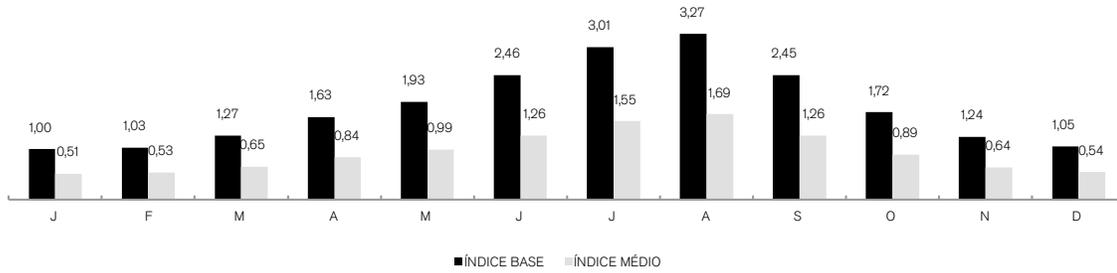


Figura 4.56: Índices mensais de consumo base e de consumo médio no município de Albufeira.

À semelhança da análise diária, a Figura 4.57 e a Figura 4.58 apresentam os parâmetros médios, máximos e mínimos da temperatura e humidade em valores médios mensais, respectivamente. A Figura 4.59 apresenta a precipitação média mensal e o número de ocorrências de chuva mensais.

A dispersão encontrada para a temperatura nos seus parâmetros mensais é significativamente forte e pouco disseminada com tendência ascendente, garantindo assim que uma subida nos graus de temperatura médios mensais eleva os consumo de água. As diferenças entre a relação dos consumos de água com temperatura nos parâmetros diários refletem-se na inclinação da dispersão, apresentando-se mais linear mas mesmo assim com uma ligeira curvatura. Denota-se que quando se atinge temperaturas elevadas existe uma resposta por parte dos consumos que se reflete numa dispersão acentuada.

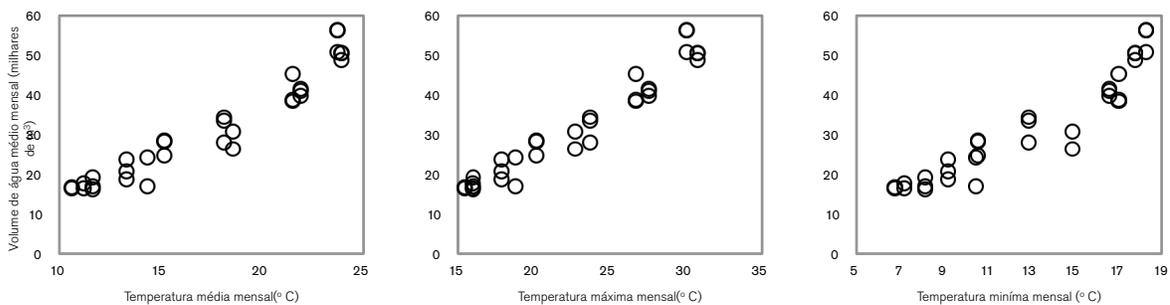


Figura 4.57: Consumos de água mensais e temperatura média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Albufeira.

A dispersão dos parâmetros relativos à humidade, segue o sentido descendente com maior grau de dispersão nos valores mais baixas de humidade.

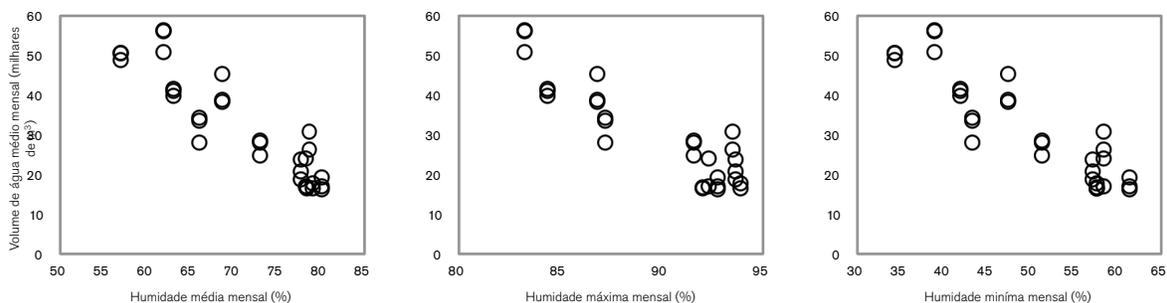


Figura 4.58: Consumos de água mensais e humidade relativa do ar média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Albufeira.

Na dispersão representativa da relação entre os consumos de água médios mensais com a precipitação encontra-se informações relevantes relativamente à análise diária. A Figura 4.59 mostra que os aumentos de precipitação mensais induzem a decréscimo na média de consumos de água mensais. Apesar de pouco intensa, a dispersão apresenta uma relação com sentido descendente.

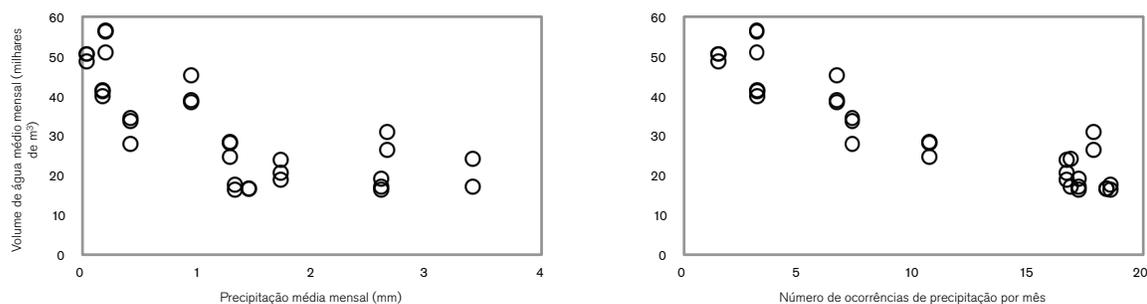


Figura 4.59: Consumos de água mensais e precipitação média e número de ocorrências de precipitação mensais no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Albufeira.

No gráfico de dispersão relativo ao número de ocorrências por mês, verifica-se que para um maior número de eventos de precipitação os consumo mensais tendem a cair registando-se a mesma inclinação do sentido da relação. Mais relevante é o facto de existirem patamares de consumo quanto ao número de ocorrências, verificando-se consumos máximos quando as ocorrências de precipitação não ultrapassam as 7 por mês, e uma concentração de pontos de consumo mínimos quando o valor de ocorrências mensais ultrapassa as 16.

A Tabela 4.15 apresenta os resultados da regressão simples, correlação linear (r) e do coeficiente de determinação (r^2), da influência das variáveis meteorológicas nos consumos de água mensais analisados nos gráficos de dispersão. Estes resultados fundamentam as observações descritas relativamente à observação dos gráficos de dispersão.

Tabela 4.15: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação mensais, referentes ao município de Albufeira.

	Regressão simples	r	r²
Tmed	$Y = 2631,6X - 14019$	0,96	0,92
Tmax	$Y = 2328X - 20877$	0,97	0,94
Tmin	$Y = 2976,3X - 6345,3$	0,94	0,88
Hmed	$Y = -1504,3X + 138535$	-0,92	0,84
Hmax	$Y = -2442,6X + 248569$	-0,91	0,83
Hmin	$Y = -1324,2X + 97521$	-0,91	0,83
Pmed	$Y = -9540,7X + 43693$	-0,75	0,56
Pocr	$Y = -1841,7X + 51523$	-0,92	0,84

4.4.4.5 LOULÉ

Os registos de consumo do município de Loulé apontam o mês de Janeiro como o mês com menor consumo durante os três anos de estudo. A sazonalidade é notada na Figura 4.60 com o mês de Agosto a registar os consumos mais altos com um rácio de 2,73. Os valores apresentados na figura representam os valores da variabilidade volúmica das solicitações de água por parte da população do município de Loulé, encontrando-se um mínimo de 10.500m^3 até aproximadamente 40.000m^3 como valores máximos.

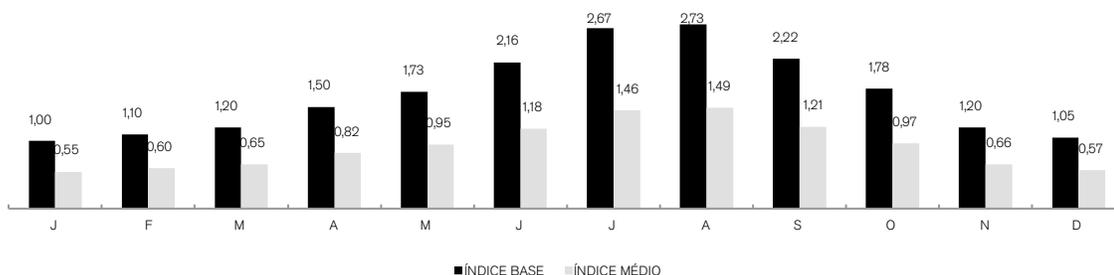


Figura 4.60: Índices mensais de consumo base e de consumo médio no município de Loulé.

À semelhança da análise diária, a Figura 4.61 e a Figura 4.62 apresentam os parâmetros médios, máximos e mínimos da temperatura e humidade em valores médios mensais, respectivamente. A Figura 4.63 apresenta a precipitação média mensal e o número de ocorrências de chuva mensais.

A dispersão encontrada para a temperatura nos seus parâmetros mensais é significativamente forte e pouco disseminada com tendência ascendente, garantindo assim que uma subida nos graus de temperatura médios mensais eleva os consumos de água. A inclinação da dispersão para este município permanece constante ao longo da subida das temperaturas não apresentando inclinações significativamente diferentes, como encontrado para outros municípios.

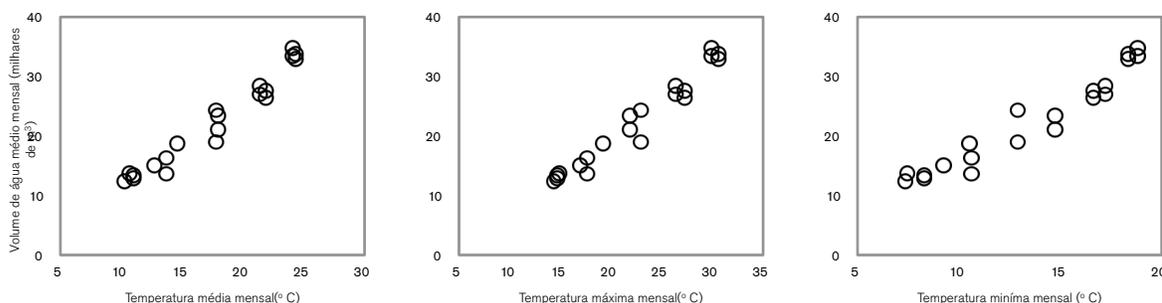


Figura 4.61: Consumos de água mensais e temperatura média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Loulé.

A dispersão dos parâmetros relativos à humidade, segue o sentido descendente com maior grau de dispersão nos valores mais baixas de humidade.

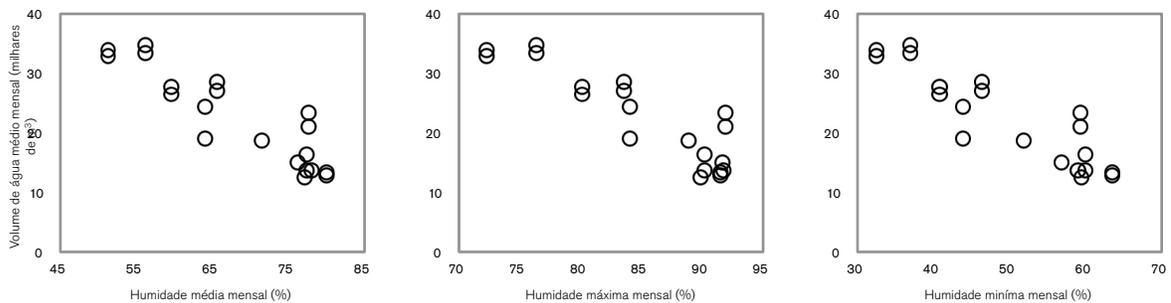


Figura 4.62: Consumos de água mensais e humidade relativa do ar média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Loulé.

Na dispersão representativa da relação entre os consumos de água médios mensais com a precipitação encontra-se informações relevantes relativamente à análise diária. A Figura 4.63 mostra que os aumentos de precipitação mensais induzem a decréscimo na média de consumos de água mensais. Apesar de pouco intensa, a dispersão apresenta uma relação com sentido descendente.

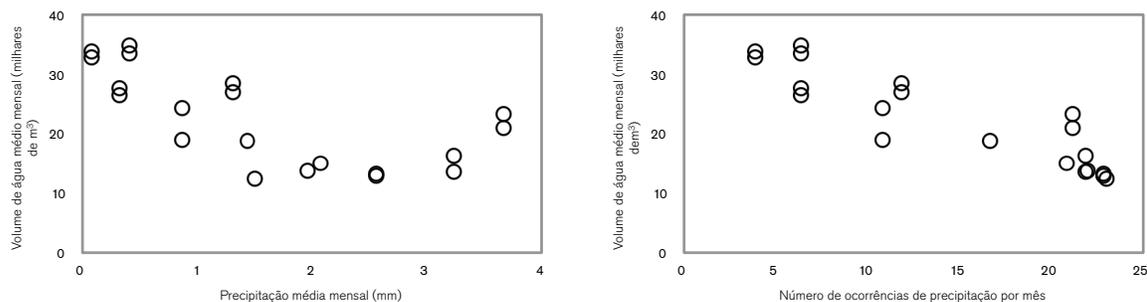


Figura 4.63: Consumos de água mensais e precipitação média e número de ocorrências de precipitação mensais no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Loulé.

No gráfico de dispersão relativo ao número de ocorrências por mês, verifica-se que para um maior número de eventos de precipitação os consumos mensais tendem a cair registando-se a mesma inclinação do sentido da relação. Mais relevante é o facto de existirem patamares de consumo quanto ao número de ocorrências, verificando-se consumos máximos quando as ocorrências de precipitação não ultrapassam as 11 por mês, e uma concentração de pontos de consumo mínimos quando o valor de ocorrências mensais ultrapassa as 20.

A Tabela 4.16 apresenta os resultados da regressão simples, correlação linear (r) e do coeficiente de determinação (r^2), da influência das variáveis meteorológicas nos consumos de água mensais analisados nos gráficos de dispersão. Estes resultados fundamentam as observações descritas relativamente à observação dos gráficos de dispersão.

Tabela 4.16: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação mensais, referentes ao município de Loulé.

	Regressão simples	r	r²
Tmed	$Y = 1501,9X - 4038,1$	0,98	0,96
Tmax	$Y = 1306,6X - 6814,6$	0,98	0,96
Tmin	$Y = 1820,8X - 2131,3$	0,97	0,93
Hmed	$Y = -701,62X + 70357$	-0,91	0,82
Hmax	$Y = -1026,2X + 109779$	-0,90	0,81
Hmin	$Y = -659,31X + 55184$	-0,90	0,81
Pmed	$Y = -4383,6X + 29417$	-0,68	0,46
Pocr	$Y = -952,82X + 36365$	-0,90	0,81

4.4.4.6 FARO

Os registos de consumo do município de Faro apontam o mês de Janeiro como o mês com menor consumo durante os três anos de estudo. A sazonalidade é notada na Figura 4.64 com o mês de Julho a registar os consumos mais altos com um rácio de 1,53. Os valores apresentados na figura representam os valores da variabilidade volúmica das solicitações de água por parte da população do município de Faro, encontrando-se um mínimo de 10.000m³ como valores máximos acima dos 20.000m³.

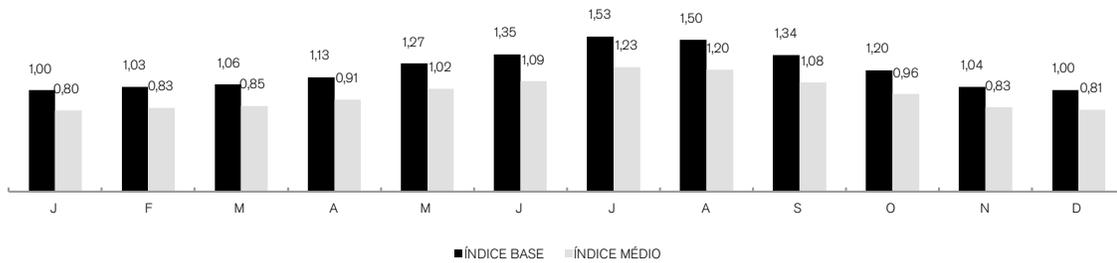


Figura 4.64: Índices mensais de consumo base e de consumo médio no município de Faro.

À semelhança da análise diária, as Figura 4.65 e Figura 4.66 apresentam os parâmetros médios, máximos e mínimos da temperatura e humidade em valores médios mensais, respectivamente. A Figura 4.67 apresenta a precipitação média mensal e o número de ocorrências de chuva mensais.

A dispersão encontrada para a temperatura nos seus parâmetros mensais é significativamente forte e pouco disseminada com tendência ascendente, garantindo assim que uma subida nos graus de temperatura médios mensais eleva os consumo de água. A inclinação da dispersão para este município permanece constante ao longo da subida das temperaturas não apresentando inclinações significativamente diferentes, como encontrado para outros municípios.

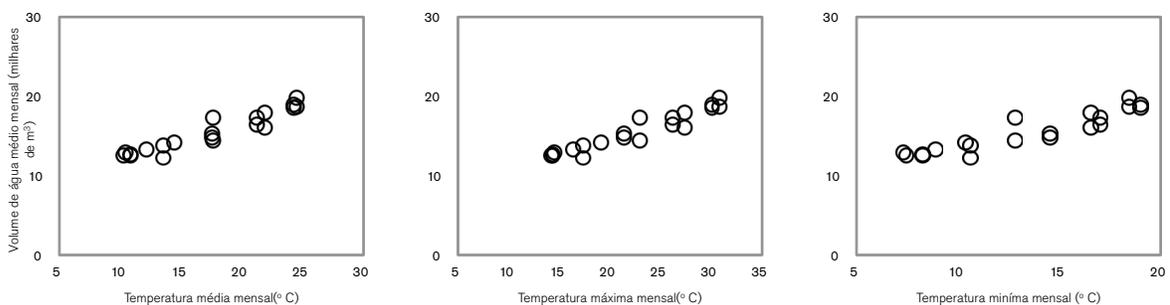


Figura 4.65: Consumos de água mensais e temperatura média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Faro.

A dispersão dos parâmetros relativos à humidade, segue o sentido descendente com maior grau de dispersão nos valores mais baixas de humidade.

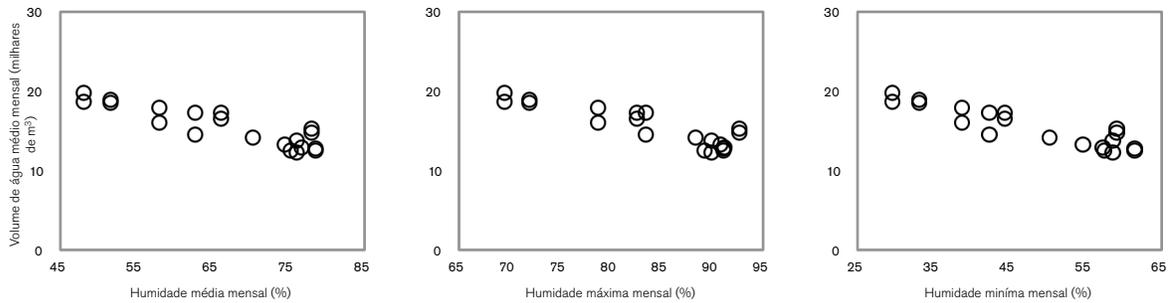


Figura 4.66: Consumos de água mensais e humidade relativa do ar média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Faro.

Na dispersão representativa da relação entre os consumos de água médios mensais com a precipitação encontra-se informações relevantes relativamente à análise diária. A Figura 4.67 mostra que os aumentos de precipitação mensais induzem a decréscimo na média de consumos de água mensais. Apesar de pouco intensa, a dispersão apresenta uma relação com sentido descendente.

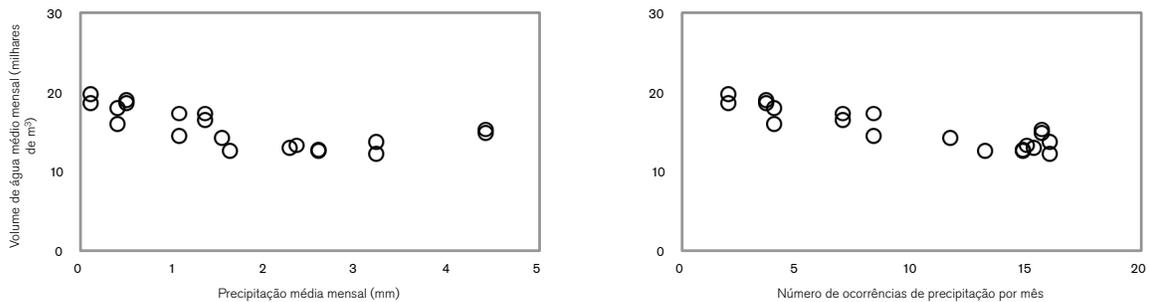


Figura 4.67: Consumos de água mensais e precipitação média e número de ocorrências de precipitação mensais no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Faro.

No gráfico de dispersão relativo ao número de ocorrências por mês, verifica-se que para um maior número de eventos de precipitação os consumo mensais tendem a cair registando-se a mesma inclinação do sentido da relação. Mais relevante é o facto de existirem patamares de consumo quanto ao número de ocorrências, verificando-se consumos máximos quando as ocorrências de precipitação não ultrapassam as 7 por mês, e uma concentração de pontos de consumo mínimos quando o valor de ocorrências mensais ultrapassa as 11.

A Tabela 4.17 apresenta os resultados da regressão simples, correlação linear (r) e do coeficiente de determinação (r^2), da influência das variáveis meteorológicas nos consumos de água mensais analisados nos gráficos de dispersão. Estes resultados fundamentam as observações descritas relativamente à observação dos gráficos de dispersão.

Tabela 4.17: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação mensais, referentes ao município de Faro.

	Regressão simples	r	r²
Tmed	$Y = 452,47X + 7569,5$	0,95	0,90
Tmax	$Y = 393,15X + 6742,3$	0,96	0,91
Tmin	$Y = 548,79X + 8117,3$	0,92	0,85
Hmed	$Y = - 203,51X + 29072$	-0,90	0,81
Hmax	$Y = - 275,19X + 38593$	-0,89	0,80
Hmin	$Y = - 199,67X + 25011$	-0,91	0,83
Pmed	$Y = - 1261,4X + 17699$	-0,68	0,46
Pocr	$Y = - 412,65X + 19574$	-0,90	0,81

4.4.4.7 TAVIRA

Os registos de consumo do município de Tavira apontam o mês de Fevereiro como o mês com menor consumo durante os três anos de estudo. A sazonalidade é notada na Figura 4.68 com o mês de Agosto a registar os consumos mais altos com um rácio de 2,61. Os valores apresentados na figura representam os valores da variabilidade volúmica das solicitações de água por parte da população do município de Tavira, encontrando-se um mínimo de 3.000m^3 até 11.000m^3 como valores máximos.

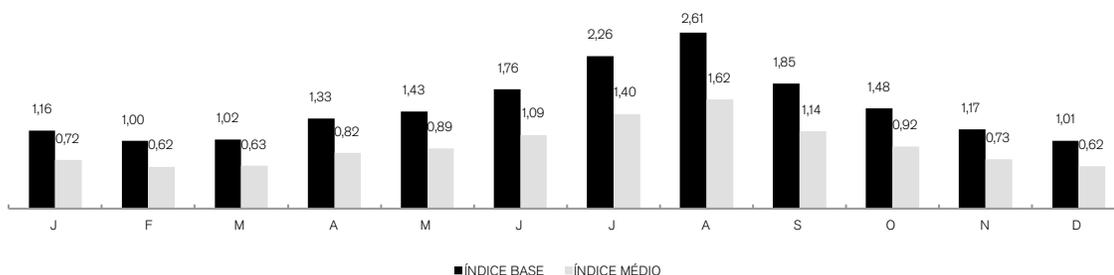


Figura 4.68: Índices mensais de consumo base e de consumo médio no município de Tavira.

À semelhança da análise diária, a Figura 4.69 e a Figura 4.70 apresentam os parâmetros médios, máximos e mínimos da temperatura e humidade em valores médios mensais, respectivamente. A Figura 4.71 apresenta a precipitação média mensal e o número de ocorrências de chuva mensais.

A dispersão encontrada para a temperatura nos seus parâmetros mensais é significativamente forte e pouco disseminada com tendência ascendente, garantindo assim que uma subida nos graus de temperatura médios mensais eleva os consumo de água. As diferenças entre a relação dos consumos de água com temperatura nos parâmetros diários refletem-se na inclinação da dispersão, apresentando-se mais linear mas mesmo assim com uma ligeira curvatura. Denota-se que quando se atinge temperaturas elevadas existe uma resposta por parte dos consumos que se reflete numa dispersão acentuada.

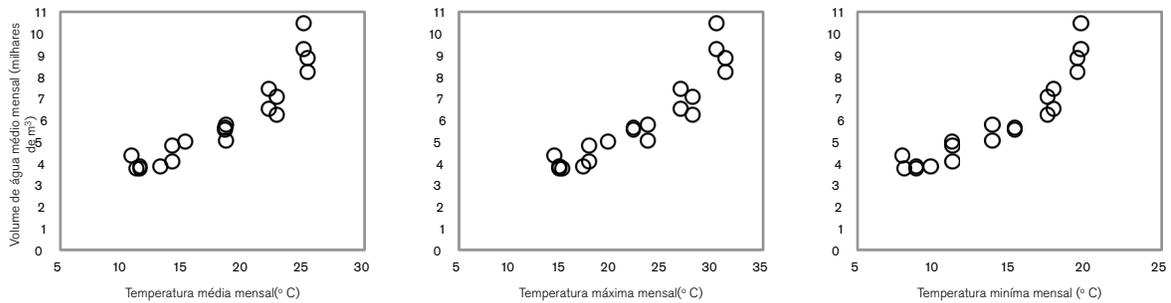


Figura 4.69: Consumos de água mensais e temperatura média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Tavira.

A dispersão dos parâmetros relativos à humidade, segue o sentido descendente com maior grau de dispersão nos valores mais baixas de humidade.

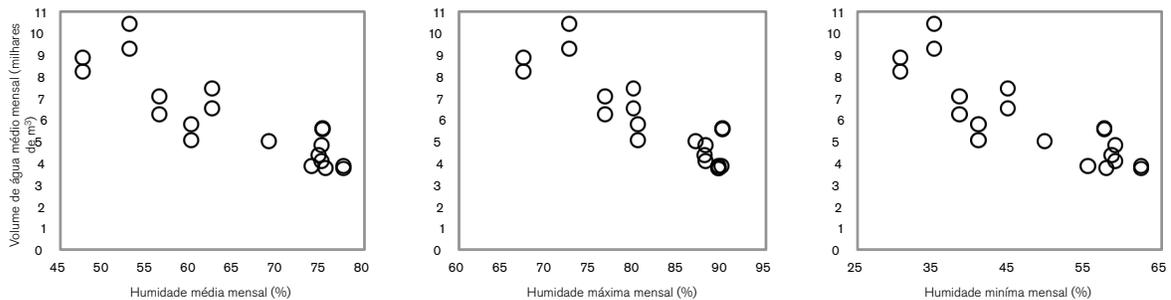


Figura 4.70: Consumos de água mensais e humidade relativa do ar média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Tavira.

Na dispersão representativa da relação entre os consumos de água médios mensais com a precipitação encontra-se informações relevantes relativamente à análise diária. A Figura 4.71 mostra que os aumentos de precipitação mensais induzem a decréscimo na média de consumos de água mensais. Apesar de pouco intensa, a dispersão apresenta uma relação com sentido descendente.

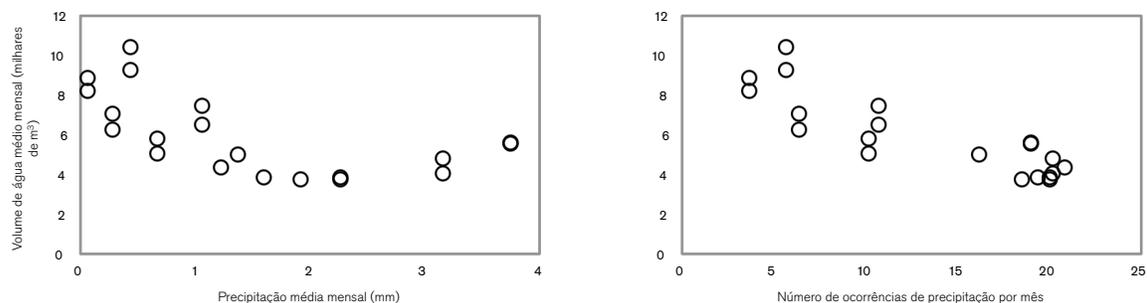


Figura 4.71: Consumos de água mensais e precipitação média e número de ocorrências de precipitação mensais no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Tavira.

No gráfico de dispersão relativo ao número de ocorrências por mês, verifica-se que para um maior número de eventos de precipitação os consumo mensais tendem a cair registando-se a mesma inclinação do sentido da relação. Mais relevante é o facto de existirem patamares de consumo quanto ao número de ocorrências, verificando-se consumos máximos quando as ocorrências de precipitação não ultrapassam as 11 por mês, e uma concentração de pontos de consumo mínimos quando o valor de ocorrências mensais ultrapassa as 16.

A Tabela 4.18 apresenta os resultados da regressão simples, correlação linear (r) e do coeficiente de determinação (r^2), da influência das variáveis meteorológicas nos consumos de água mensais analisados nos gráficos de dispersão. Estes resultados fundamentam as observações descritas relativamente à observação dos gráficos de dispersão.

Tabela 4.18: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação mensais, referentes ao município de Tavira.

	Regressão simples	r	r ²
Tmed	$Y=24,342X^2 - 534,42X + 6957$	0,92	0,91
Tmax	$Y=15,706X^2 - 411,57X + 6644,2$	0,92	0,89
Tmin	$Y= 45,548X^2 - 842,12X + 7956,7$	0,92	0,92
Hmed	$Y= - 163,61X + 16680$	-0,86	0,75
Hmax	$Y= - 223,79X + 24378$	-0,88	0,77
Hmin	$Y= - 154,01X + 13362$	-0,85	0,72
Pmed	$Y= - 991,83X + 7446,2$	-0,60	0,36
Pocr	$Y= - 263,71X + 9494,8$	-0,86	0,73

4.4.4.8 ALCOUTIM

Os registos de consumo do município de Alcoutim apontam o mês de Março como o mês com menor consumo durante os três anos de estudo. A sazonalidade é notada na Figura 4.72 com o mês de Julho a registar os consumos mais altos com um rácio de 1,89. Os valores apresentados na figura representam os valores da variabilidade volúmica das solicitações de água por parte da população do município de Aljezur, encontrando-se um mínimo de 300m³ até 800m³ como valores máximos.

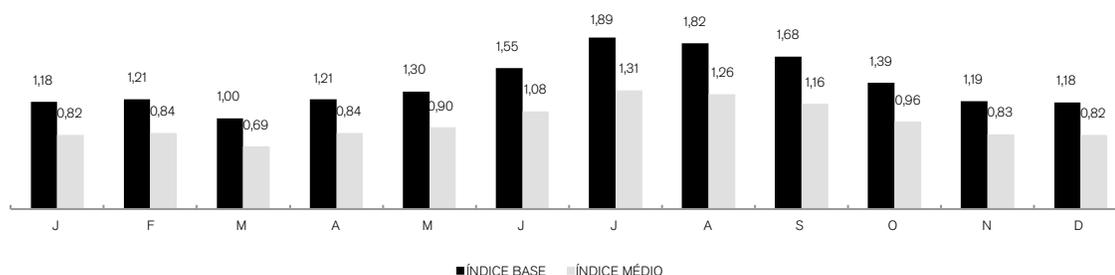


Figura 4.72: Índices mensais de consumo base e de consumo médio no município de Alcoutim.

À semelhança da análise diária, as Figura 4.73 e a Figura 4.74 apresentam os parâmetros médios, máximos e mínimos da temperatura e humidade em valores médios mensais,

respectivamente. A Figura 4.75 apresenta a precipitação média mensal e o número de ocorrências de chuva mensais.

A dispersão encontrada para a temperatura nos seus parâmetros mensais é significativamente forte e pouco disseminada com tendência ascendente, garantindo assim que uma subida nos graus de temperatura médios mensais eleva os consumo de água. As diferenças entre a relação dos consumos de água com temperatura nos parâmetros diários refletem-se na inclinação da dispersão, apresentando-se mais linear mas mesmo assim com uma ligeira curvatura.

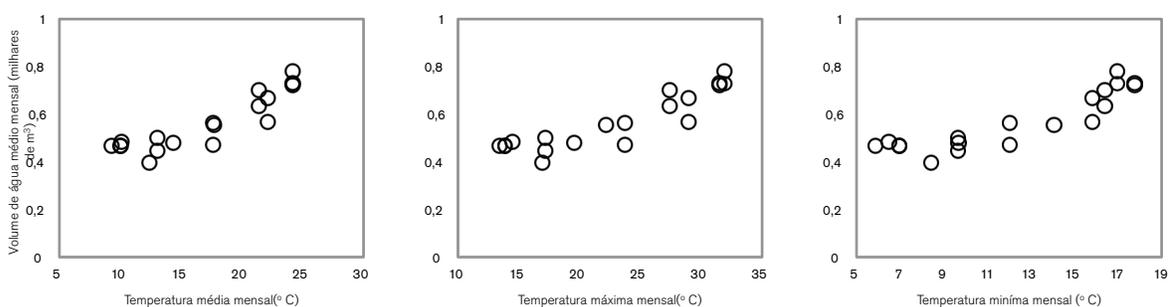


Figura 4.73: Consumos de água mensais e temperatura média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Alcoutim.

A dispersão dos parâmetros relativos à humidade, segue o sentido descendente com maior grau de dispersão nos valores mais baixas de humidade.

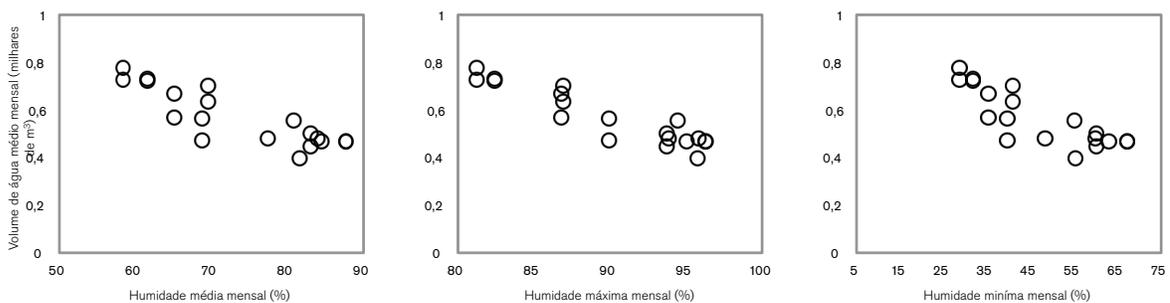


Figura 4.74: Consumos de água mensais e humidade relativa do ar média, máxima e mínima mensal no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Alcoutim.

Na dispersão representativa da relação entre os consumos de água médios mensais com a precipitação encontra-se informações relevantes relativamente à análise diária. A Figura 4.75

mostra que os aumentos de precipitação mensais induzem a decréscimo na média de consumos de água mensais. Apesar de pouco intensa, a dispersão apresenta uma relação com sentido descendente.

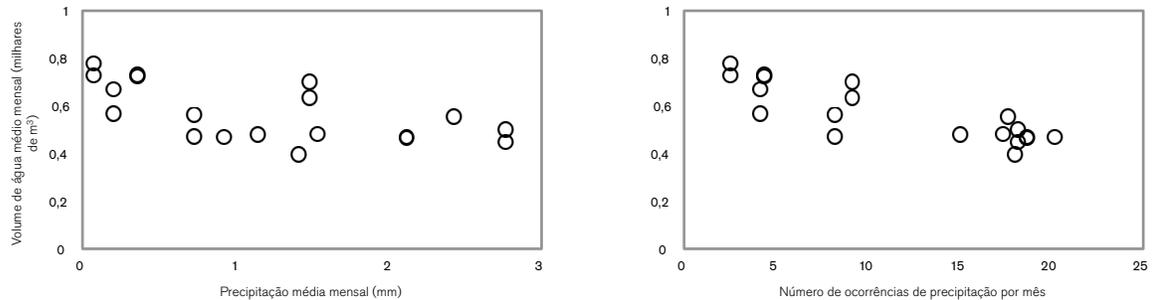


Figura 4.75: Consumos de água mensais e precipitação média e número de ocorrências de precipitação mensais no período de 1 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2011, município de Aljezur.

No gráfico de dispersão relativo ao número de ocorrências por mês, verifica-se que para um maior número de eventos de precipitação os consumo mensais tendem a cair registando-se a mesma inclinação do sentido da relação. Mais relevante é o facto de existirem patamares de consumo quanto ao número de ocorrências, verificando-se consumos máximos quando as ocorrências de precipitação não ultrapassam as 10 por mês, e uma concentração de pontos de consumo mínimos quando o valor de ocorrências mensais ultrapassa as 15.

A Tabela 4.19 apresenta os resultados da regressão simples, correlação linear (r) e do coeficiente de determinação (r^2), da influência das variáveis meteorológicas nos consumos de água mensais analisados nos gráficos de dispersão. Estes resultados fundamentam as observações descritas relativamente à observação dos gráficos de dispersão.

Tabela 4.19: Regressões simples, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação resultantes da análise dos gráficos de dispersão da temperatura, humidade relativa do ar e precipitação mensais, referentes ao município de Alcútim.

	Regressão simples	r	r²
Tmed	$Y=1,7186X^2 - 39,567X + 688,87$	0,60	0,89
Tmax	$Y=0,9942X^2 - 29,848X + 687,21$	0,63	0,88
Tmin	$Y=3,16 X^2 - 51,562X + 668,93$	0,54	0,89
Hmed	$Y= - 9,9082X + 1299$	-0,87	0,73
Hmax	$Y= - 20,086X + 2377,7$	-0,94	0,88
Hmin	$Y= - 7,2648X + 910,43$	-0,84	0,71
Pmed	$Y= - 80,977X + 668,38$	-0,64	0,40
Pocr	$Y= - 15,001X + 743,26$	-0,86	0,74

4.4.5 INDICADORES METEOROLÓGICOS PARA CONSUMOS DE ÁGUA

4.4.5.1 INDICADORES DIÁRIOS

De acordo com os resultados obtidos a temperatura surge como a variável que mais se identifica com os comportamentos dos consumos diários, apresentando valores de correlação positivos e próximos de 1. Não distanciada da temperatura, a humidade relativa do ar assume uma forte relação com os consumos, mas em sentido contrário, com valores próximos de -1. A precipitação apresenta correlações baixas em todos os seus parâmetros, excepto na ocorrência de precipitação, que apresenta resultados médios entre municípios de -0,65.

Verifica-se que a temperatura máxima (Tmax), humidade média (Hmed) e a ocorrência de precipitação (Pocr) são os parâmetros que apresentam, para cada variável, o melhor ajuste das regressões dos gráficos de dispersão de relação diária. Os resultados das correlações dos parâmetros Pfra, Pint e Pfor demonstram valores de correlações próximo de zero traduzindo-se numa fraca ou inexistente relação com os consumos de água. A equação gerada pela regressão ao parâmetro Pocr não tem sentido físico apesar de um grau de correlação bastante elevado. Segundo esta equação, um simples evento de chuva resulta de

uma diminuição nos consumos de aproximadamente 40% por município (em média). Não se encontra este valor de redução nos consumos através da observação da Figura 4.11 (ponto 4.3.1), o que indica uma não correspondência para com a realidade para este parâmetro. Assim, estes parâmetros (Pfra, Pint, Pfor e Pocr) serão retirados de qualquer análise diária a elaborar nos pontos seguintes, revelando menor capacidade para indicar variações nos consumos de água.

Para a formulação de indicadores meteorológicos para consumos de água diários reuniu-se um conjunto de parâmetros que dentro de cada variável apresenta maiores valores de correlação. Desta forma os parâmetros de Tmax, Hmed e Pmed são os que melhor indicam a evolução dos consumos de água influenciados pelas condições meteorológicas. A Pmed, apesar de apenas 30%¹ da variação dos consumos de água serem explicados por este parâmetro e apresentar baixa correlação, junta-se ao conjunto de parâmetros selecionados para formulação de indicadores, devido ao interesse representativo da variável de precipitação.

A análise aos gráficos de dispersão dos parâmetros da temperatura, permite identificar um limite meteorológico na resposta das solicitações de água à temperatura máxima diária entre a gama de valores de 15 a 25°C e 25°C a 35°C. A partir de 25°C os consumos em todos os municípios alteram o seu comportamento substancialmente excepto no município de Faro que em toda a sua amostra apresenta um aumento linear nos consumos de água ao mesmo tempo que aumenta a temperatura máxima. Encontram-se limites meteorológicos para os parâmetros da humidade, mas neste caso em 4 municípios, nomeadamente Portimão, Silves, Tavira e Alcoutim. Assume-se que para os municípios de Portimão, Silves e Tavira as repostas das solicitações de água à humidade relativa do ar alteram a 70% e em Alcoutim a 80%.

A partir das equações geradas por regressão e pela observação aos gráficos de dispersão, permitindo assim identificar potenciais indícios de mudanças nos consumos de água influenciados pelos parâmetros meteorológicos, gerou-se os indicadores meteorológicos diários que estão representados na Figura 4.76.

¹ Valor retirado do coeficiente de determinação relativo ao parâmetro Pmed.

4.4.5.2 INDICADORES MENSAIS

No mesmo sentido dos resultados diários, a temperatura surge como a variável que mais se identifica com os comportamentos dos consumos mensais, apresentando valores de correlação positivos e próximos de 1. A humidade relativa do ar assume uma forte relação com os consumos, mas em sentido contrário, com valores próximos de -1. Na análise mensal à precipitação verifica-se um aumento na correlação dos parâmetros da precipitação em relação aos diários. Estes resultados eram já esperados devido a um enquadramento mais ajustado relativamente às sucessões cronológicas da precipitação. Assume-se uma relação forte da precipitação com os consumos de água com valores de correlação próximos de -1.

Os parâmetros meteorológicos potenciadores de alterações de consumos de água consiste na temperatura máxima média mensal (T_{max}), humidade média mensal (H_{med}) e número de ocorrências de precipitação (P_{ocr}), apresentando valores de correlação mais elevados entre cada uma das variáveis. A parâmetro relativo à precipitação média mensal (P_{med}) apresenta os valores menos elevados mas mesmo assim valores importantes de relação com os consumos médios mensais de água próximos de -0,7.

Para a formulação de indicadores meteorológicos para consumos de água mensais reuniu-se um conjunto de parâmetros que dentro de cada variável apresenta maiores valores de correlação. Desta forma os parâmetros de T_{max} , H_{med} e P_{ocr} são os que melhor indicam a evolução dos consumos de água influenciados pelas condições meteorológicas, em que mais de 90% da variação dos consumos médios mensais pode ser explicada pela variação destes parâmetros. Para uma análise mais detalhada decidiu-se introduzir o parâmetro P_{med} no conjunto de parâmetros selecionados, para formulação de indicadores meteorológicos. Além da P_{ocr} e P_{med} pertencerem á mesma variável, estes parâmetros apresentam uma natureza aleatória distinta, pois um maior número de ocorrências de precipitação não corresponde com o nível de precipitação acumulada nesse mesmo mês.

A partir das equações geradas por regressão e pela observação aos gráficos de dispersão, permitindo assim identificar potenciais indícios de mudanças nos consumos de água influenciados pelos parâmetros meteorológicos, gerou-se os indicadores meteorológicos mensais que estão representados na Figura 4.77.

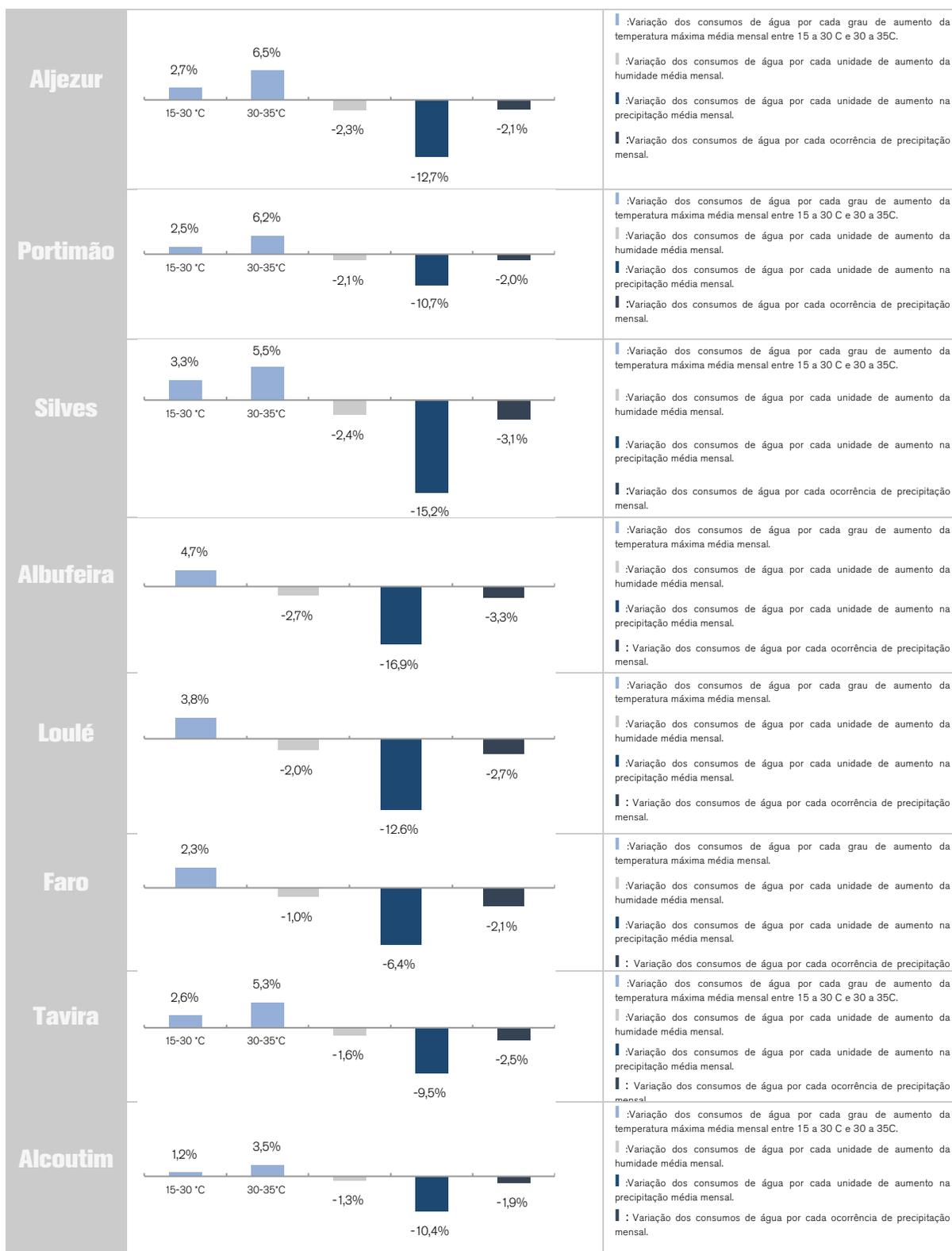


Figura 4.77: Indicadores meteorológicos para consumos de água mensais.

CAPÍTULO 5

MODELO DE PROJEÇÃO DE CONSUMOS DE ÁGUA
DESCRIÇÃO | MODELOS DIÁRIOS | MODELOS MENSAIS

CAPÍTULO 5 MODELO DE PROJEÇÃO DE CONSUMOS DE ÁGUA

5.1 DESCRIÇÃO GERAL

A metodologia selecionada, procura desenvolver ferramentas que permitam simular os consumos de água com a aplicação de constituintes meteorológicos. As ferramentas matemáticas para simulação de consumos de água dão origem a modelos de projeção de consumos de água, possibilitando a constituição de informações futuras relativas a consumos, sob condições de cenários climáticos. A Figura 5.1 apresenta o processo da metodologia incrementada, para elaboração dos MPCA, que se desenvolveram com o recurso do cálculo efetuado através da ferramenta informática IBM SPSS v.20.0.0.

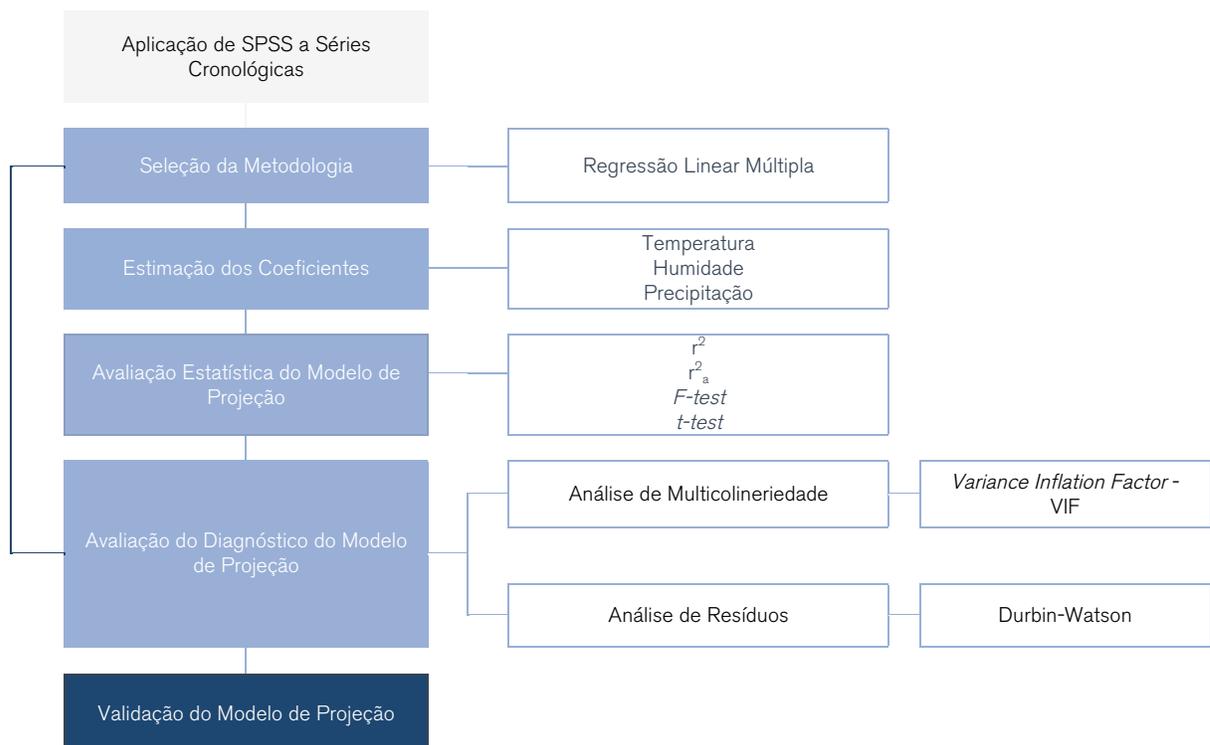


Figura 5.1: Processo de elaboração dos modelos de projeção de consumos de água.

Existe muitas possibilidades de validar modelos numéricos. A abordagem mais comum é a de reter uma parte dos dados e usá-los para verificar a validade das estimativas do modelo,

(Zhou, *et al.*, 2002). Como exposto no capítulo 4, os dados relativos ao consumo de água apresentam valores para Aljezur, Portimão, Silves e Albufeira entre Março de 2009 a Dezembro de 2011 enquanto para os restantes municípios os valores encontram-se entre Maio de 2010 a Dezembro de 2011. A Tabela 5.1 apresenta os dados estatísticos para desenvolvimento dos MPCA e a sua validação.

Tabela 5.1: Estatísticas descritivas dos dados para desenvolvimento dos modelos de projeção de consumos de água diários e mensais (MPCAd e MPCAm)

	Observações	Intervalo de Confiança	Dados Históricos	Validação
MPCAd_Aljezur	512	95%	Mar/09 a Dez/10	Jan/11 a dez/11
MPCAd_Portimão	671	95%	Mar/09 a Dez/10	Jan/11 a dez/11
MPCAd_Silves	511	95%	Mar/09 a Dez/10	Jan/11 a dez/11
MPCAd_Albufeira	502	95%	Mar/09 a Dez/10	Jan/11 a dez/11
MPCAd_Loulé	576	95%	Mai/10 a Dez/11	Mai/10 a Dez/11
MPCAd_Faro	572	95%	Mai/10 a Dez/11	Mai/10 a Dez/11
MPCAd_Tavira	577	95%	Mai/10 a Dez/11	Mai/10 a Dez/11
MPCAd_Alcoutim	575	95%	Mai/10 a Dez/11	Mai/10 a Dez/11
MPCAm_Aljezur	20	95%	Mar/09 a Dez/10	Jan/11 a dez/11
MPCAm_Portimão	22	95%	Mar/09 a Dez/10	Jan/11 a dez/11
MPCAm_Silves	20	95%	Mar/09 a Dez/10	Jan/11 a dez/11
MPCAm_Albufeira	32	95%	Mar/09 a Dez/10	Jan/11 a dez/11
MPCAm_Loulé	20	95%	Mai/10 a Dez/11	Mai/10 a Dez/11
MPCAm_Faro	20	95%	Mai/10 a Dez/11	Mai/10 a Dez/11
MPCAm_Tavira	20	95%	Mai/10 a Dez/11	Mai/10 a Dez/11
MPCAm_Alcoutim	19	95%	Mai/10 a Dez/11	Mai/10 a Dez/11

Pretende-se que o modelo seja capaz de projetar solicitações de água com aplicação de variáveis meteorológicas para o período de um ano e estimar os padrões de consumos em todas as estações do ano, verificando assim a potencialidade das alterações meteorológicas nos consumos de água. Para tal, os dados históricos dos municípios de Aljezur, Portimão, Silves e Albufeira, empregaram-se para regressão linear múltipla num intervalo cronológico de Março de 2009 a Dezembro de 2010 e a validação dos modelos consistem num intervalo de tempo de Janeiro a Dezembro de 2011. Os dados relativos aos municípios de Loulé, Faro Tavira e Alcoutim foram aplicados para regressão em toda a sua amostra e validados por

comparação com a mesma amostra. Os dados meteorológicos são relativos ao ano de referência tanto para desenvolvimento do modelo como para validação.

5.2 METEDOLOGIA

Para elaboração de modelos que possibilitem a projeção de consumos de água influenciados pelas condicionantes meteorológicas recorreu-se ao método de regressão linear múltipla. Métodos de regressão linear múltipla tornaram-se dos métodos mais usados para modelação de dados. Este tipo de metodologia estatística constitui uma abordagem atrativa, fornecendo resultados simples para a investigação funcional da relação de variáveis. A aplicação desta metodologia permite estimar o valor de uma variável (variável dependente) com base num conjunto de coeficientes associados outras variáveis (variáveis independentes) que medem a influência de cada variável independente. Este método consiste em ajustar os dados disponíveis numa equação e então avaliar os ajustamentos necessários.

No caso deste estudo a variável dependente consiste nos padrões de consumo de água e as independentes nas variáveis meteorológicas. A dependência desta relação de consumos e variáveis meteorológicas pode ser traduzida pelas equações polinomiais 5.1 e 5.2:

$$C_d = \beta_0 + \beta_1.Tmed_d + \beta_2.Tmax_d + \beta_3.Tmin_d + \beta_4.Hmed_d + \beta_5.Hmax_d + \beta_6.Hmin_d + \beta_7.Pmed_d + \beta_8.Pocr_d \quad (5.1)$$

$$C_m = \beta_0 + \beta_1.Tmed_m + \beta_2.Tmax_m + \beta_3.Tmin_m + \beta_4.Hmed_m + \beta_5.Hmax_m + \beta_6.Hmin_m + \beta_7.Pmed_m + \beta_8.Pocr_m \quad (5.2)$$

em que:

C_d - Consumo diário de água em m^3 /dia;

C_m - Consumo mensal de água em m^3 /mês;

β_0 - constante resultante da regressão múltipla;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8$ - coeficientes resultantes da regressão múltipla relativos aos parâmetros meteorológicos independentes;

T_{med_d} , T_{max_d} , T_{min_d} , H_{med_d} , H_{min_d} , P_{med_d} - parâmetros meteorológicos médios diários (temperaturas em °C, humidade em %, e precipitação em mm);

T_{med_m} , T_{max_m} , T_{min_m} , H_{med_m} , H_{min_m} , P_{med_m} , $Pocr_m$ - parâmetros meteorológicos médios mensais (temperaturas em °C, humidade em %, e precipitação em mm).

5.3 AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA PARA O MODELO DE PROJEÇÃO

Para um modelo de regressão projetar padrões consumos de água com confiança é necessário recorrer a ferramentas estatísticas justifiquem a adequabilidade da equação assim como os coeficientes gerados pela regressão. O propósito dos testes de significância estatística é determinar a confiança que pode ser depositada nos resultados da regressão e a sua aplicabilidade na projeção de valores.

A qualidade dos modelos de projeção produzidos avaliam-se pela análise da variância, através, *F-test*, pelo coeficiente de determinação e pelo coeficiente de determinação ajustado. A avaliação da significância estatística dos coeficientes de regressão é avaliada pelo *t-test*.

O *F-test* indica se a equação gerada é estatisticamente significativa se a relação funcional estabelecida entre a da variável dependente e os efeitos combinados das variáveis independentes são relevantes. O *t-test* indica se os coeficiente associado às variáveis independentes são significantes para a estimação da variável dependente. Tanto o *F-test* como o *t-test* apresentam a significância do modelo e dos coeficientes, respetivamente, quando o *p-value* ou estatística de teste resulta em valores inferiores a 5% (intervalo de confiança a 95%).

5.4 AVALIAÇÃO DO DIAGNÓSTICO DO MODELO DE PROJEÇÃO

A multicolineariedade surge quando se observa uma forte correlação entre variáveis independentes. De uma forma geral, os coeficientes de regressão associados às variáveis independentes colineares podem ser altamente instáveis apresentando variâncias elevadas ou mesmo apresentando um sinal assimétrico da relação com variável independente. Assim, é recomendável a eliminação de uma das variáveis. Para avaliar a multicolineariedade entre variáveis independentes recorre-se à matriz de correlações e verificar-se se existe correlações superiores a 0,7. Não existindo um limite definido, geralmente, este valor indica problemas de multicolinearidade entre variáveis independentes. Um outro diagnóstico para avaliar a multicolineariedade entre variáveis é o “factor de inflação de variância” ou *VIF* (do anglo-saxónico *Variance Inflation Factor*). De uma forma geral valores de *VIF* acima de 5 indicam problemas de estimação dos coeficientes gerados pela regressão devido a multicolineariedade, (Maroco, 2003).

Existe a tendência da regressão gerar erros ou resíduos que podem influenciar a eficiência na estimação do modelo. A correlação entre os resíduos ou auto-correlação pode gerar impactos significativos nos coeficientes resultantes da regressão alterando a capacidade estimativa das variáveis independentes e apresenta-las como não estatisticamente significativas. Para testar se a magnitude de um resíduo gerado pela regressão não influencia o resíduo seguinte, ou testar a presença de auto-correlação entre os resíduos do modelo linear recorreu-se ao teste estatístico de *Durbin-Watson*. Este indicador permite justificar que não existe auto-correlação entre resíduos quando o valor resultante do teste apresenta valores próximos de 2. Se o resultado deste teste apresentar valores próximos de 0 é provável existir auto-correlação positiva nos resíduos assim como valores de 4 apresentam auto-correlação mas negativa, (Maroco, 2003).

CAPÍTULO 6

APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS E CENÁRIOS
CLIMÁTICOS

RESULTADOS I CENÁRIOS CLIMÁTICOS

CAPÍTULO 6 APRESENTAÇÕES DE RESULTADOS E CENÁRIOS CLIMÁTICOS

6.1 MODELOS DE PROJEÇÃO DE CONSUMOS DE ÁGUA

Na Tabela 6.1 apresentam-se os resultados da metodologia adoptada para a determinação do conjunto de modelos de projeção para consumo de água diários (MPCAd). A regressão linear múltipla permitiu gerar os coeficientes (β_i) associados às variáveis independentes. A Tabela 6.1 expõe também a avaliação da significância estatística aos coeficientes do modelo de projeção (*t-test* e *p-value*) e a avaliação à multicolinearidade dos coeficientes (*VIF*). Na mesma tabela encontra-se os testes relativos ao modelo produzido (*F-test*), medidas de ajustamento da equação (R^2 e R^2_a), erro padrão da estimativa (*S.E.*) e teste quanto à autocorrelação dos resíduos (*D-W*).

Tabela 6.1: Modelos de Projeção de Consumos de Água Diários e associações estatísticas.

MPCAd_Aljezur	β_i	<i>t-test</i>	<i>p.value</i>	<i>VIF</i>	<i>F-test</i>	<i>Sig</i>	R^2	R^2_a	<i>S.E.</i>	<i>D-W</i>
β_0	2415,79	3,42	0,00							
Tmed_d	38,95	0,40	0,69	463,35						
Tmax_d	98,31	1,84	0,07	163,63						
Tmin_d	-8,04	-0,16	0,87	107,73	226,69	0,00	0,76	0,76	453,97	0,57
Hmed_d	-31,33	-1,58	0,12	70,44						
Hmax_d	-14,13	-1,05	0,29	15,81						
Hmin_d	17,78	1,49	0,14	28,30						
Pmed_d	-13,79	-1,28	0,20	1,36						
MPCAd_Portimão	β_i	<i>t-test</i>	<i>p.value</i>	<i>VIF</i>	<i>F-test</i>	<i>Sig</i>	R^2	R^2_a	<i>S.E.</i>	<i>D-W</i>
β_0	11850,28	2,86	2,86							
Tmed_d	92,25	0,14	0,14	510,08						
Tmax_d	824,40	2,24	2,24	202,55						
Tmin_d	134,27	0,41	0,41	102,04	308,19	0,00	0,77	0,762	3348,27	0,92
Hmed_d	89,83	0,74	0,74	75,16						
Hmax_d	-195,73	-2,49	-2,49	16,66						
Hmin_d	-61,73	-0,80	-0,80	32,15						
Pmed_d	-103,00	-1,73	-1,73	1,40						

MPCAd_Silves	β_i	t-test	p.value	VIF	F-test	Sig	R ²	R ² _a	S.E.	D-W
β_0	5538,98	2,47	0,01							
Tmed _d	-798,58	-2,24	0,03	539,85						
Tmax _d	955,71	5,14	0,00	185,04						
Tmin _d	322,28	1,60	0,11	138,59	244,38	0,00	0,77	0,77	1594,60	0,40
Hmed _d	-112,38	-1,85	0,07	69,13						
Hmax _d	27,38	0,70	0,48	12,06						
Hmin _d	51,49	1,34	0,18	34,28						
Pmed _d	1,74	0,05	0,96	1,61						
MPCAd_Albufeira	β_i	t-test	p.value	VIF	F-test	Sig	R ²	R ² _a	S.E.	D-W
β_0	6080,42	0,94	0,35							
Tmed _d	-1844,20	-1,96	0,05	541,73						
Tmax _d	1978,24	4,04	0,00	194,67						
Tmin _d	2018,93	3,69	0,00	138,56	542,72	0,000	0,89	0,88	4260,33	0,69
Hmed _d	-222,81	-1,20	0,23	75,25						
Hmax _d	49,20	0,44	0,66	12,48						
Hmin _d	-28,68	-0,25	0,80	38,76						
Pmed _d	44,72	0,41	0,68	1,44						
MPCAd_Loulé	β_i	t-test	p.value	VIF	F-test	Sig	R ²	R ² _a	S.E.	D-W
β_0	-5478,26	-1,66	0,10							
Tmed _d	1174,24	1,81	0,07	878,63						
Tmax _d	377,55	0,94	0,35	443,95						
Tmin _d	-169,89	-0,52	0,61	151,35	611,41	0,00	0,88	0,88	2642,55	0,37
Hmed _d	275,66	2,57	0,01	116,98						
Hmax _d	-108,59	-1,76	0,08	20,60						
Hmin _d	-172,76	-2,54	0,01	54,44						
Pmed _d	-21,04	-0,37	0,71	1,66						
MPCAd_Faro	β_i	t-test	p.value	VIF	F-test	Sig	R ²	R ² _a	S.E.	D-W
β_0	10009,68	7,31	0,00							
Tmed _d	858,24	3,17	0,00	586,32						
Tmax _d	-169,25	-0,99	0,33	321,39						
Tmin _d	-344,90	-2,49	0,01	101,68	214,93	0,00	0,73	0,72	1376,13	1,20
Hmed _d	59,32	1,31	0,19	91,31						
Hmax _d	-23,91	-0,88	0,38	19,65						
Hmin _d	-65,04	-2,18	0,03	43,77						
Pmed _d	18,04	0,71	0,48	1,60						
MPCAd_Tavira	β_i	t-test	p.value	VIF	F-test	Sig	R ²	R ² _a	S.E.	D-W
β_0	1226,47	1,39	0,16							
Tmed _d	-37,18	-0,17	0,87	1097,34						
Tmax _d	259,37	1,97	0,05	532,29						
Tmin _d	64,88	0,61	0,54	173,80	326,60	0,00	0,80	0,80	820,64	0,52
Hmed _d	77,94	2,45	0,01	117,47						
Hmax _d	-62,84	-3,54	0,00	23,00						
Hmin _d	-30,08	-1,52	0,13	50,70						
Pmed _d	-11,09	-0,63	0,53	1,53						

MPCAd_Alcoutim	β_i	t-test	p.value	VIF	F-test	Sig	R ²	R ² _a	S.E.	D-W
β_0	271,55	2,57	0,01							
Tmed _d	-70,96	-3,30	0,00	1046,30						
Tmax _d	55,82	4,74	0,00	481,66						
Tmin _d	32,32	3,02	0,00	157,43	115,12	0,00	0,59	0,58	85,61	0,81
Hmed _d	1,42	0,60	0,55	53,01						
Hmax _d	-4,03	-2,34	0,02	10,72						
Hmin _d	2,29	1,68	0,09	29,46						
Pmed _d	0,16	0,09	0,93	1,27						

Na Tabela 6.2 apresentam-se os resultados da metodologia adoptada para a determinação do conjunto de modelos de projeção para consumo de água mensais (MPCAm). A regressão linear múltipla permitiu gerar os coeficientes (β_i) associados às variáveis independentes. A Tabela 6.2 expõe também a avaliação da significância estatística aos coeficientes do modelo de projeção (*t-test* e *p-value*) assim como a avaliação à multicolinearidade (*VIF*). Na mesma tabela encontra-se os testes relativos ao modelo produzido (*F-test*), medidas de ajustamento da equação (*R²* e *R²_a*), erro padrão da estimativa (*S.E.*) e teste quanto à auto-correlação dos resíduos (*D-W*).

Tabela 6.2: Modelos de Projeção de Consumos de Água mensais e associações estatísticas.

MPCAm_ALJEZUR	β_i	t-test	p.value	VIF	F-test	Sig	R ²	R ² _a	S.E.	D-W
β_0	-35120,31	-1,76	0,11							
Tmed _m	-1513,79	-1,48	0,17	4536,80						
Tmax _m	2227,48	2,42	0,03	4198,52						
Tmin _m	-343,50	-0,51	0,62	1573,28		0,00	0,94	0,90	306,83	0,77
Hmed _m	-699,95	-1,70	0,12	2131,16						
Hmax _m	442,84	1,69	0,12	398,53						
Hmin _m	541,97	1,64	0,13	1312,46						
Pmed _m	-159,13	-0,73	0,48	10,34						
Pocr _m	107,68	1,83	0,10	52,24						
MPCAm_PORTIMÃO	β_i	t-test	p.value	VIF	F-test	Sig	R ²	R ² _a	S.E.	D-W
β_0	100262,68	2,64	0,02							
Tmed _m	-2220,99	-0,82	0,43	1271,15						
Tmax _m	22,4	1,66	0,12	73177,08						
Tmin _m	3031,98	1,19	0,25	854,67	49,03	0,00	0,96	0,94	1574,44	2,40
Hmed _m	2965,86	3,20	0,01	502,93						
Hmax _m	-1855,76	-3,73	0,00	70,35						
Hmin _m	-2596,06	-3,65	0,00	273,89						
Pmed _m	-1548,62	-1,89	0,08	8,42						
Pocr _m	365,23	1,32	0,21	47,11						

MPCAm_Silves	β_i	t-test	p.value	VIF	F-test	Sig	R ²	R ² _a	S.E.	D-W
β_0	-126347,52	-2,21	0,05							
Tmed _m	-25,70	-3,19	0,01	31669,33						
Tmax _m	5480,39	3,30	0,01	1743,38						
Tmin _m	-4528,57	-2,98	0,01	904,45	37,81	0,00	0,96	0,94	3357,66	1,44
Hmed _m	-287,21	-0,36	0,73	1141,52						
Hmax _m	655,45	1,11	0,29	213,39						
Hmin _m	769,66	1,27	0,23	761,52						
Pmed _m	-1388,41	-1,75	0,11	17,06						
Pocr _m	85,14	0,25	0,81	124,25						

MPCAm_Albufeira	β_i	t-test	p.value	VIF	F-test	Sig	R ²	R ² _a	S.E.	D-W
β_0	-340690,90	-3,11	0,01							
Tmed _m	-6,34	-0,59	0,56	84319,73						
Tmax _m	12081,21	3,34	0,00	1700,49						
Tmin _m	-8975,24	-2,74	0,01	802,87	102,84	0,00	0,97	0,96	2680,82	1,98
Hmed _m	5421,19	3,29	0,00	747,98						
Hmax _m	-1249,24	-1,77	0,09	51,43						
Hmin _m	-799,02	-0,64	0,53	552,49						
Pmed _m	-1284,99	-0,94	0,36	8,75						
Pocr _m	-1699,39	-3,25	0,00	50,87						

MPCAm_Loulé	β_i	t-test	p.value	VIF	F-test	Sig	R ²	R ² _a	S.E.	D-W
β_0	-17270,62	-0,35	0,73							
Tmed _m	4878,83	1,01	0,33	4205,10						
Tmax _m	7,87	0,38	0,71	169744,05						
Tmin _m	-3009,85	-0,67	0,52	2452,40	59,50	0,00	0,97	0,96	1647,95	2,28
Hmed _m	3321,19	0,96	0,36	8628,16						
Hmax _m	-1844,21	-1,09	0,30	942,58						
Hmin _m	-1550,75	-0,95	0,36	2146,71						
Pmed _m	-1657,95	-0,99	0,34	28,98						
Pocr _m	280,83	0,31	0,77	323,06						

MPCAm_Faro	β_i	t-test	p.value	VIF	F-test	Sig	R ²	R ² _a	S.E.	D-W
β_0	39438,13	1,38	0,19							
Tmed _m	-9,93	-0,42	0,68	86576,20						
Tmax _m	-459,04	-0,33	0,75	1864,84						
Tmin _m	246,31	0,21	0,84	633,94	21,82	0,00	0,93	0,89	844,41	0,82
Hmed _m	238,13	0,68	0,51	392,05						
Hmax _m	-111,35	-0,40	0,70	136,71						
Hmin _m	-451,29	-1,06	0,31	616,14						
Pmed _m	2104,77	1,09	0,30	178,17						
Pocr _m	-581,65	-0,93	0,37	304,16						

MPCAm_Tavira	β_i	t-test	p.value	VIF	F-test	Sig	R ²	R ² _a	S.E.	D-W
β_0	38395,77	1,628	0,13							
Tmed _m	39,13	3,511	0,005	38025,542						
Tmax _m	-1231,22	-0,99	0,342	2215,518						
Tmin _m	1517,97	1,302	0,217	969,366	20,78	0,00	0,92	0,88	696,75	2,40
Hmed _m	1469,05	1,856	0,088	2755,181						
Hmax _m	-849,92	-2,262	0,043	343,193						
Hmin _m	-1078,28	-2,093	0,058	1278,755						
Pmed _m	-52,28	-0,108	0,916	13,701						
Pocr _m	-25,26	-0,104	0,919	99,34						

MPCAm_Alcoutim	β_i	<i>t-test</i>	<i>p.value</i>	VIF	<i>F-test</i>	<i>Sig</i>	R^2	R^2_a	S.E.	D-W
β_0	272,36	0,12	0,91							
Tmed _m	-96,06	-0,64	0,53	6387,75						
Tmax _m	111,53	0,75	0,47	9664,50						
Tmin _m	-	-	-	-	16,92	0,00	0,92	0,86	44,33	1,59
Hmed _m	17,07	0,72	0,49	543,32						
Hmax _m	-23,16	-1,34	0,21	82,94						
Hmin _m	3,93	0,29	0,77	299,94						
Pmed _m	-0,59	-0,01	0,99	16,72						
Pocr _m	4,67	0,39	0,71	58,91						

6.2 AVALIAÇÃO DOS MODELOS DE PROJEÇÃO

Depois de uma análise atenta aos resultados expressos pela metodologia adoptada para desenvolvimento dos modelos, verifica-se que os MPCAm poderão alcançar melhores estimativas dos consumos de água no conjunto de municípios seleccionados em comparação com os MPCAd.

Analisando o *F-test* aos modelos, conclui-se que os MPCAm encontram-se na sua totalidade estatisticamente significativos apresentando coeficientes de determinação e ajustamento elevados, acima de 0,9 e 0,8 respectivamente, o que indica um potencial de estimativa significativo. Os MPCAd apresentam resultados menos elevados mas torna-se claro que o ajustamento do modelo aos dados é expressivo, na medida em que os modelos ajustados para consumos diários explicam aproximadamente 70% da variação observada na variável dependente. Para os MPCAd o *F-test* sugere que a equação gerada para os consumos de todos os municípios encontram-se estatisticamente significativos.

O teste à independência dos resíduos (*Durbin-Watson*) dos MPCA apontam auto-correlações para as regressões efectuada principalmente para os MPCAd com valores distantes de 2. Os MPCAm apresentam valores próximos de 2 excepto os MPCAm de Aljezur e Faro. Estes resultados indicam a possibilidade de erros nos coeficientes gerando assim valores de *t-test* baixos.

Numa análise aos coeficientes dos modelos de projeção, diários e mensais, verifica-se irregularidades nos sinais de cada coeficiente. Os sinais associados aos coeficientes das variáveis independentes não indicam o verdadeiro efeito na variável dependente. Este exemplo pode ser ilustrado pelo MPCAd_Silves ou pelo MPCAm_Aljezur, em que um aumento faz na temperatura faz diminuir os consumos. No caso da humidade e precipitação ocorre a mesma irregularidade, em que aumentos da humidade e da precipitação implicam aumentos de consumo. Os sinais associados aos coeficientes das variáveis independentes não se encontram de acordo com a análise efetuada no capítulo 4, mais concretamente com as correlações lineares entre cada um dos parâmetros relativos às variáveis e às regressões simples que indicam que aumentos na temperatura tendem a aumentar os consumos de água e aumentos na humidade relativa do ar e na precipitação tendem a diminuir os consumos.

No mesmo raciocínio e analisando os testes estatísticos dos coeficientes da regressão (*t-test*), verifica-se apenas a média entre uma ou duas variáveis por modelo, que se encontram significativas para a variável independente. Estes resultados apontam para a existência de multicolinearidade nas variáveis dos MPCA, ou seja, os modelos apresentam variáveis que representam o mesmo efeito alterando assim os coeficientes da equação quanto à sua verdadeira essência. Na análise a este pressuposto (*VIF*) detecta-se para todos os MPCAd que apenas o parâmetro relativo à *Pmed* não se encontra colinear com outra variável independente ($VIF < 5$). O indicador de multicolinearidade entre variáveis expressa que para os MPCAd existe indícios deste pressuposto nos parâmetros relativos à temperatura e humidade. Para os MPCAm, este indicadores exprime que todas as variáveis são colineares.

Segundo Billings & Jones (1996) uma técnica para ultrapassar este problema consiste em reduzir a dimensão da equação, ou seja, retirar variáveis independentes colineares e efectuar nova estimativa da equação com um número de variáveis inferior introduzidas na elaboração da primeira regressão. Estes autores referem que para a melhor estimativa nos consumos, não pode passar pela omissão de variáveis independentes colineares. Deixando variáveis independentes de fora da equação ou omitindo-as, e estando estas fortemente correlacionadas com outras variáveis, os coeficientes das variáveis independentes incluídas na equação não representam a influência devida à variável dependente.

Segundo o propósito anterior, efetuou-se uma nova regressão mas desta vez com três parâmetros pertencentes a cada uma das variáveis, nomeadamente Tmax, Hmed e Pmed, parâmetros que obtiveram melhores resultados de correlação dentro das variáveis temperatura, humidade e precipitação. Verificou-se o mesmo problema relativamente aos sinais correspondentes dos coeficientes e uma diminuição do coeficiente de determinação e ajustamento para todos os modelos. Assim ficou de parte a demonstração destes modelos.

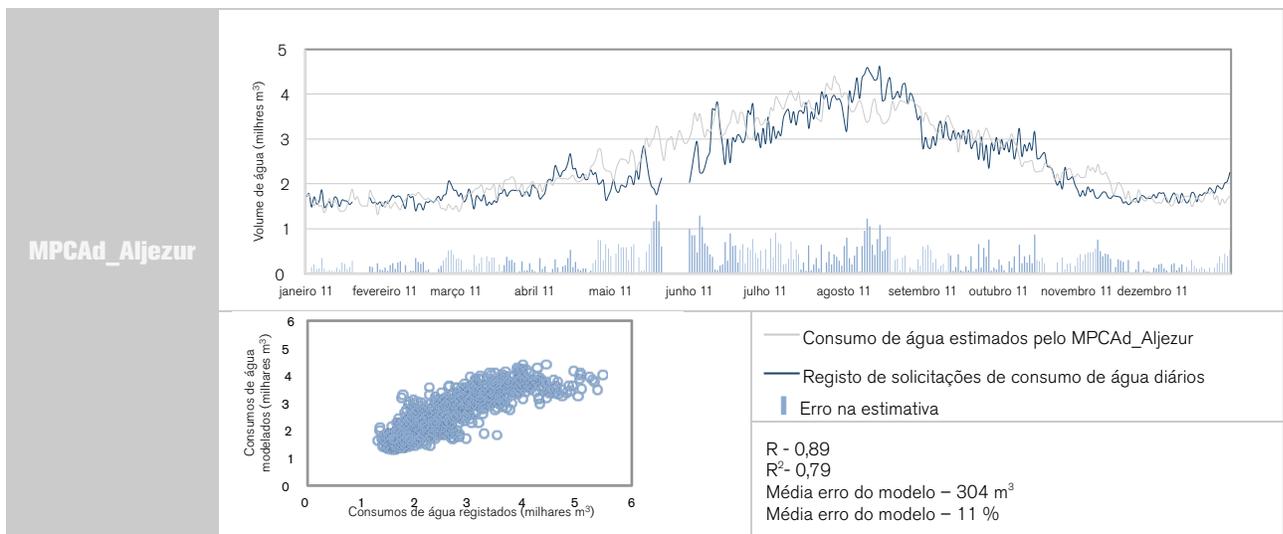
O SPSS (software utilizado para desenvolvimento dos MPCA) contém ferramentas capazes de elaborar regressões múltiplas permitindo a seleção de variáveis indicando as que apresentam relações mais fortes com a variável dependente e por isso candidatas ao modelo definitivo. A elaboração desta metodologia foi realizada. Os resultados apontaram apenas uma variável como significativa em todos os modelos apresentando melhorias decimais nas medidas da qualidade de ajustamento. O objetivo deste trabalho passa por criar um modelo que seja capaz de estimar consumos de água com a aplicação de dados reais meteorológicos, mais concretamente a temperatura, precipitação e humidade relativa do ar visto que já se encontrou fortes correlações destas variáveis com os consumos de água. Fica de fora a hipótese de seleção de modelos matemáticos com dimensões inferiores ao número de variáveis pretendidas para estudo, pois, segundo Maroco (2003), a presença de multicolinearidade não altera significativamente a qualidade do ajustamento da regressão assim como a sua determinação. O que a multicolinearidade indica é que uma das variáveis em questão é redundante, ficando a decisão de eliminar umas das variáveis afetada por outras vertentes.

Os modelos expostos pelas Tabela 6.1 e Tabela 6.2 são os modelos selecionados e validados para projeção de consumos de água nos municípios do Algarve. As medidas de qualidade de ajustamento resultantes apresentam uma capacidade considerável para estimar as solicitações de água influenciadas pelas alterações meteorológicas.

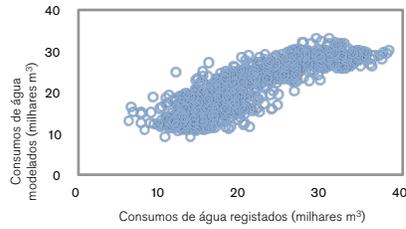
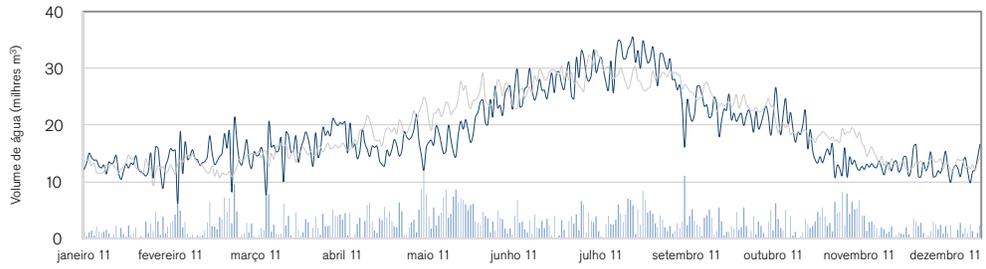
6.3 ESTIMATIVA DE CONSUMOS DE ÁGUA

6.3.1 ESTIMATIVA DE CONSUMOS DE ÁGUA DIÁRIOS

As estimativas de consumos de água efetuaram-se após aplicação das sucessões meteorológicas relativas ao ano médio de referência nos MPCA. Os resultados da aplicação de sucessões dos parâmetros meteorológicos diários estão exposto na Figura 6.1. As projeções de consumos de água diários resultantes deste cálculo encontram-se em cronogramas para leitura das diferenças entre os consumos estimados e consumos registados no período de tempo descrito na Tabela 5.1 e em gráficos de dispersão para avaliação do grau de relação entre os consumos de água projetados e os consumos de água reais.



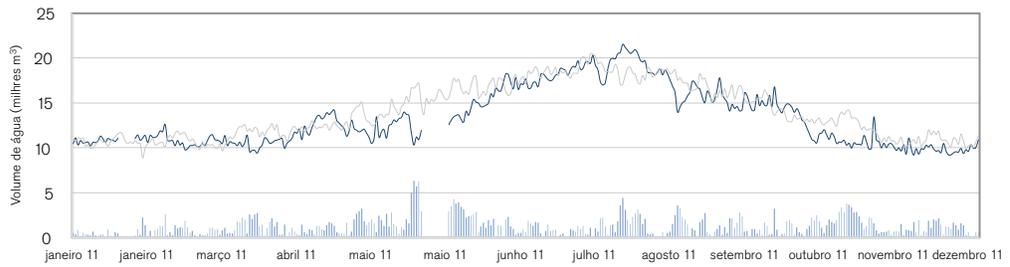
MPCAd_Portimão



— Consumo de água estimados pelo MPCAd_Portimão
 — Registo de solicitações de consumo de água diários
 | Erro na estimativa

R - 0,86
 R²- 0,75
 Média erro do modelo – 2821 m³
 Média erro do modelo – 14 %

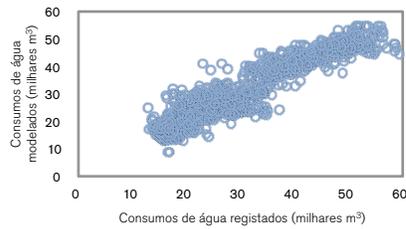
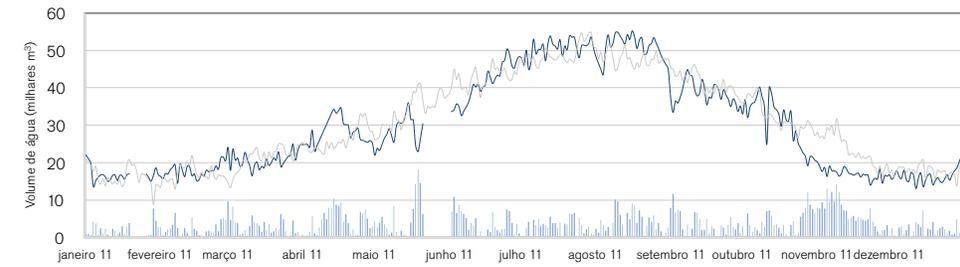
MPCAd_Silves



— Consumo de água estimados pelo MPCAd_Silves
 — Registo de solicitações de consumo de água diários
 | Erro na estimativa

R - 0,89
 R²- 0,78
 Média erro do modelo – 1294 m³
 Média erro do modelo – 9 %

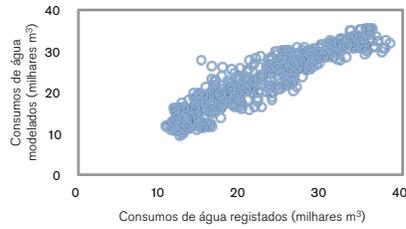
MPCAd_Albufeira



— Consumo de água estimados pelo MPCAd_Albufeira
 — Registo de solicitações de consumo de água diários
 | Erro na estimativa

R - 0,93
 R²- 0,87
 Média erro do modelo – 3655 m³
 Média erro do modelo – 13 %

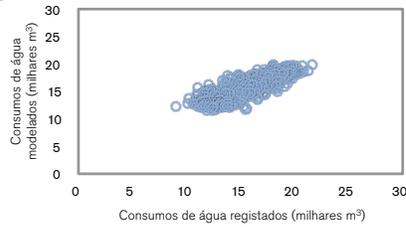
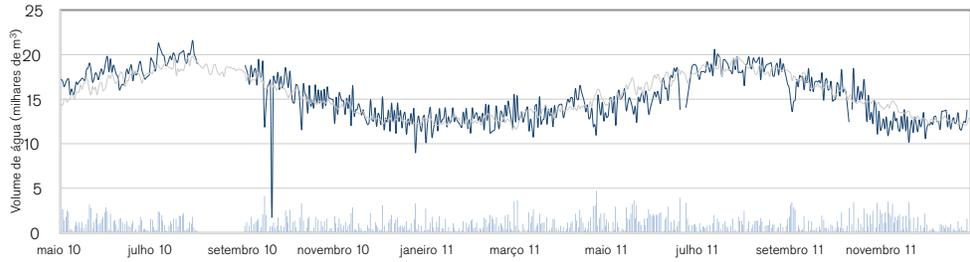
MPCAd_Loulé



— Consumo de água estimados pelo MPCAd_Loulé
 — Registo de solicitações de consumo de água diários
 | Erro na estimativa

R - 0,93
 R²- 0,88
 Média erro do modelo – 1983 m³
 Média erro do modelo – 9 %

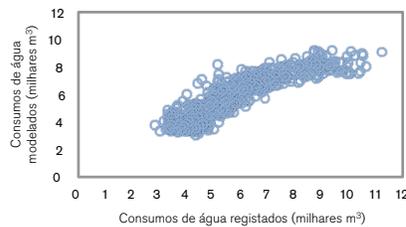
MPCAd_Faro



— Consumo de água estimados pelo MPCAd_Faro
 — Registo de solicitações de consumo de água diários
 | Erro na estimativa

R - 0,85
 R²- 0,73
 Média erro do modelo – 1069 m³
 Média erro do modelo – 7 %

MPCAd_Tavira



— Consumo de água estimados pelo MPCAd_Tavira
 — Registo de solicitações de consumo de água diários
 | Erro na estimativa

R - 0,89
 R²- 0,80
 Média erro do modelo – 620 m³
 Média erro do modelo – 10 %

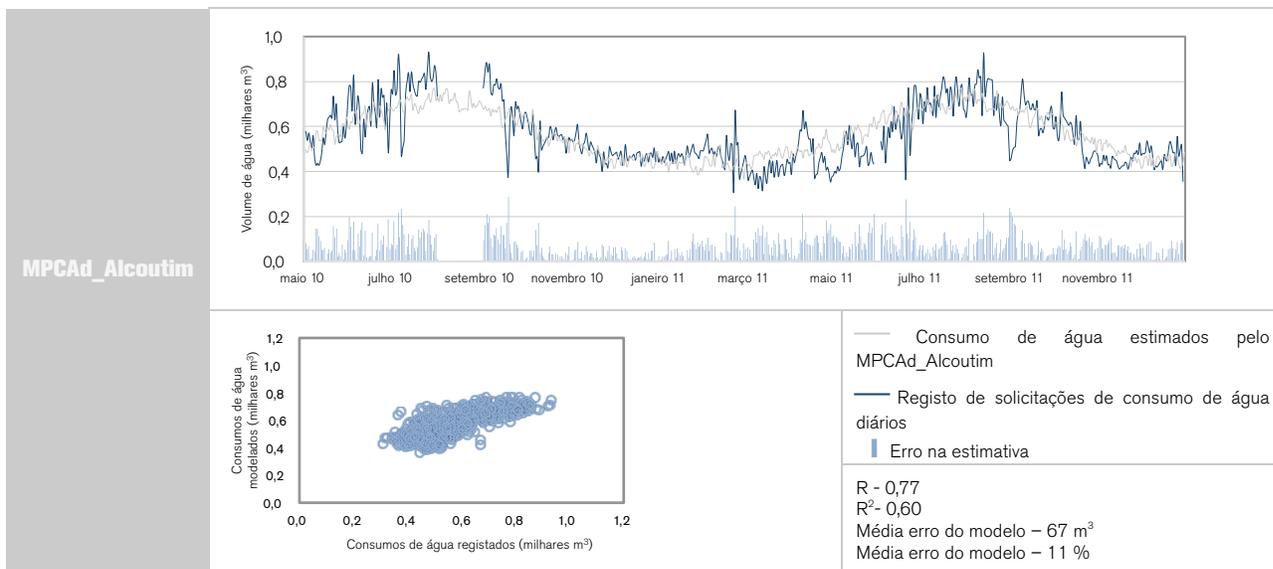


Figura 6.1: Estimativa de consumos de água diários para os municípios selecionados.

Dos resultados obtidos, através dos MPCAd, verifica-se que as estimativas de consumo de água encontram-se fortemente correlacionadas com os consumos registados. A variação² dos consumos de água pode ser explicada significativamente pelos MPCAd, projetando valores reais de consumos de água acima de 4/5, excepto o MPCAd_Alcoutim que apresenta um potencial de projeção de 3/5 relativamente aos consumos registados.

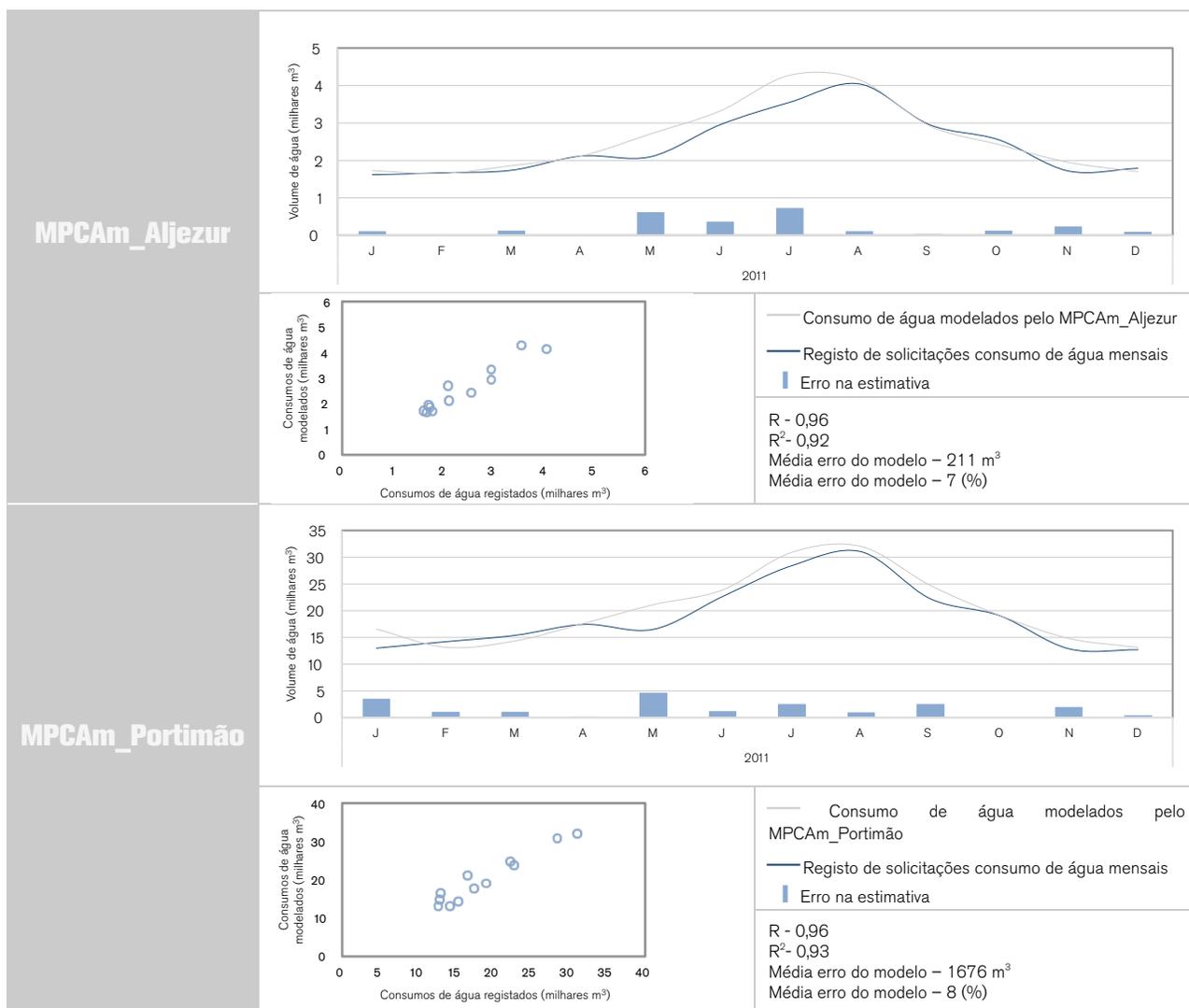
Estes MPCAd alcançam a maioria das variações dos consumos registados principalmente nos meses de Janeiro, Fevereiro e Março. Observa-se as maiores diferenças na Primavera mais concretamente nos meses de Abril e Maio onde as projeções sobre-estimam os consumos registados. Apesar das estimativas não atingirem consideravelmente as oscilações dos consumos de água em pequenos períodos, conseguem acompanhar as variações anuais, ou os padrões sazonais, de forma significativa.

É possível recorrer a aperfeiçoamentos nos MPCAd de forma a melhorar a eficiência de projeção. Apesar de resultados satisfatórios, com coeficientes de correlação acima de 0,85, a resolução de problemas abordados no ponto 6.2, permite otimizar as equações geradas de forma a diminuir os erros de projeção e melhorar as estimativas.

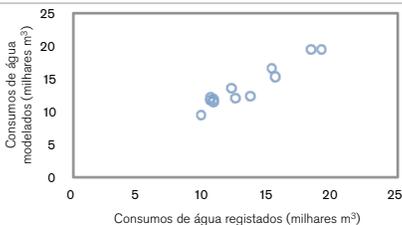
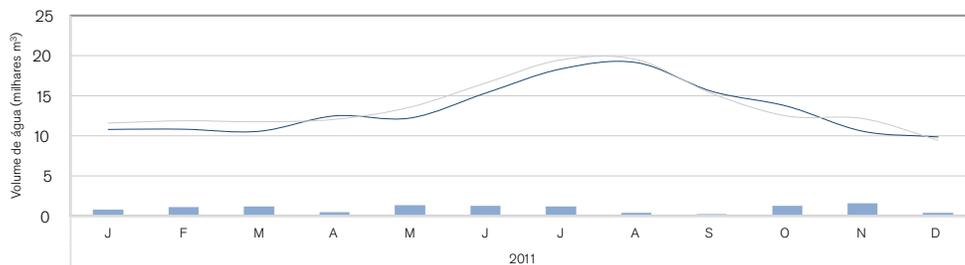
² A variação é justificada pela análise dos coeficientes de determinação.

6.3.2 ESTIMATIVA DE CONSUMOS DE ÁGUA MENSAIS

Os resultados da aplicação de sucessões do parâmetros meteorológicos diários estão exposto na Figura 6.2. Os consumos de água diários resultantes deste calculo encontram-se em cronogramas para leitura de diferenças entre consumos estimados e consumos registados no período de tempo descrito na Tabela 5.1 e em gráficos de dispersão para avaliação do grau de relação entre os consumos de água projetados e os consumos de água reais.



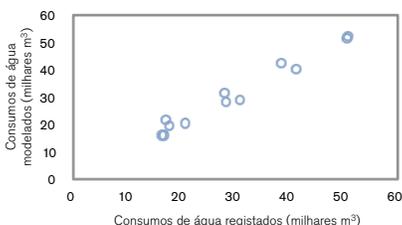
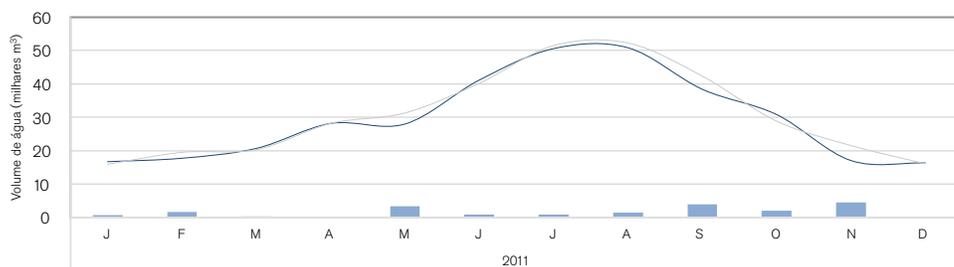
MPCAm_Silves



— Consumo de água modelados pelo MPCAm_Silves
 — Registo de solicitações consumo de água mensais
 | Erro na estimativa

R - 0,96
 R²- 0,92
 Erro médio do modelo - 918 m³
 Erro médio do modelo - 7 (%)

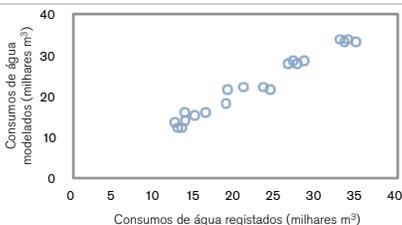
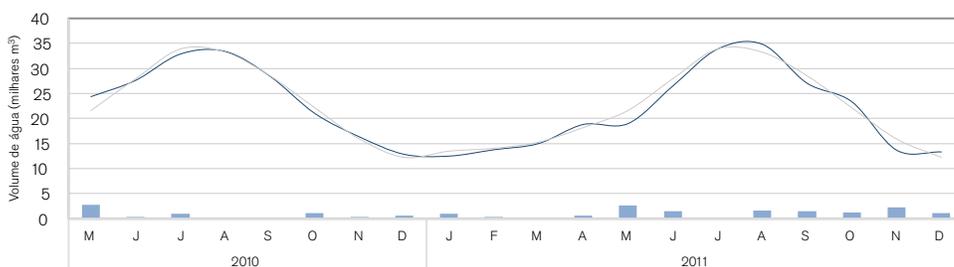
MPCAm_Albufeira



— Consumo de água modelados pelo MPCAm_Albufeira
 — Registo de solicitações consumo de água mensais
 | Erro na estimativa

R - 0,98
 R²- 0,97
 Média erro do modelo - 1679 m³
 Média erro do modelo - 6 (%)

MPCAm_Loulé



— Consumo de água modelados pelo MPCAm_Loulé
 — Registo de solicitações consumo de água mensais
 | Erro na estimativa

R - 0,98
 R²- 0,97
 Média erro do modelo - 1157 m³
 Média erro do modelo - 5 (%)

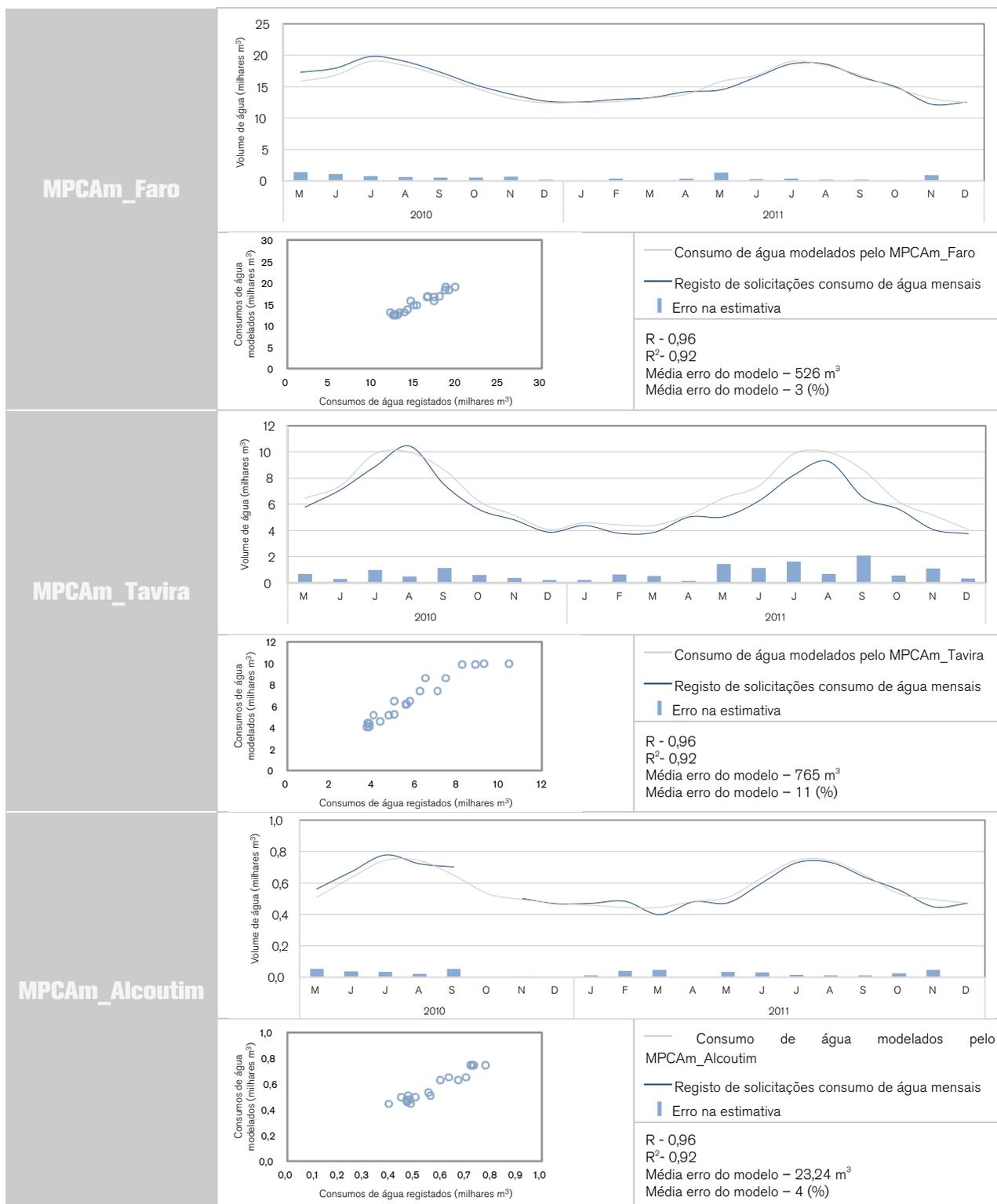


Figura 6.2: Estimativa mensal dos consumos de água para os municípios selecionados.

Os MPCAm apresentam melhores resultados, relativamente aos MPCAd, com valores de correlação superiores e erros nas estimativas inferiores. Pela análise dos gráficos de dispersão da Figura 6.2, verifica-se que a variação dos consumos de água pode ser explicada significativamente pelos MPCAm. Esta análise permite afirmar que a variação dos consumos projetados explicam ou correspondem a 9/10 dos valores dos consumos registados em todos os modelos elaborados³.

Os MPCAm conferem um ajustamento mais aproximado da realidade em relação aos MPCAd nas diferentes estações do ano. Apesar de mais aproximados, observa-se que estes modelos sobre-estimam os consumos de água registados, principalmente no período da Primavera. O efeito da sazonalidade é perfeitamente caracterizada pelos MPCAm, assim como as oscilações nos períodos mais curtos ou em períodos onde ocorrem volumes registados menos estacionários.

É possível recorrer a aperfeiçoamentos nos MPCAm de forma a melhorar a eficiência de projeção. Apesar de resultados satisfatórios, com coeficientes de correlação acima de 0,95, a resolução de problemas abordados no ponto 6.2, permite otimizar as equações geradas de forma a diminuir os erros de projeção e melhorar as estimativas.

O efeito da sazonalidade nos consumos de água está fortemente marcada no SMAAA devido ao turismo. O pico dos consumos de água nos municípios de maior fluxo populacional turístico coincide o período de temperaturas mais elevadas e menor ocorrências de precipitação. A introdução destes efeitos nos MPCA consistem num ponto importante, aumentando ainda mais a precisão nas projeções dos consumos de água. Isto verifica-se sobretudo no município de Faro. Os MPCA neste município apresentam resultados mais aproximados com os registados, pois adquire uma população mais estável e não admite efeitos relativos ao turismo tão significativos.

³ A variação é justificada pela análise dos coeficientes de determinação.

6.4 CENÁRIOS CLIMÁTICOS

Com a definição dos MPCA, desenvolve-se neste ponto, a projeção de consumos face a alterações climáticas apontadas pelas principais entidades nacionais e internacionais. Para projetar consumos de água, desenvolveu-se um conjunto de cenários de acordo com a pesquisa efetuada no ponto 2.6, para posteriormente aplicar nos MPCA. O desenvolvimento de cenários consiste na aplicação das alterações climáticas projetadas por essas entidades, nas séries meteorológicas relativas ao ano médio de referência elaborada no ponto 4.4.1. A Tabela 6.3 apresenta o conjunto de alterações climáticas a introduzir a essas mesmas séries relativas a cada um dos parâmetros meteorológicos. Os três primeiros cenários permitem a projeção de consumos de água num horizonte de 10, 30 e 50 anos, respectivamente, caso as projeções apontadas se registem.

Tabela 6.3: Cenários climáticos para aplicação nos MPCA.

	Tmed	Tmax	Tmin	Hmed	Hmax	Hmin	Pmed
Cenário 1	+0,5°C	+0,5°C	+0,5°C	- 5%	- 5%	- 5%	- 5%
Cenário 2	+1,5°C	+1,5°C	+1,5°C	- 10%	- 10%	- 10%	- 10%
Cenário 3	+2,5°C	+2,5°C	+2,5°C	- 20%	- 20%	- 20%	- 20%
Cenário 4	Séries meteorológicas registadas no ano de 2004						

No ano de 2004, o Algarve foi afectado por um evento de seca, como se pode verificar no ponto 4.2, registando-se ocorrências de chuva quase inexistentes e intensidades de precipitação muito baixas. Eventos deste género apresentam elevada probabilidade de repetição, sendo importante a criação de um cenário semelhante para avaliar o comportamento dos consumos. Com isto, o cenário 4 consiste na aplicação das séries meteorológicas relativas ao ano de 2004 nos MPCA.

A Figura 6.3 apresenta os resultados das diferenças entre os consumos projetados pelos MPCA e os consumos de água registados em 2011 para cada cenário seleccionado. São apresentados as estimativas de consumos de água nos municípios em estudo e a estimativa para o Algarve ou para o SMAAA. A percentagem exposta reflete os aumentos nos consumos diários por município e em toda a região do Algarve segundo as projeções climáticas apontadas.

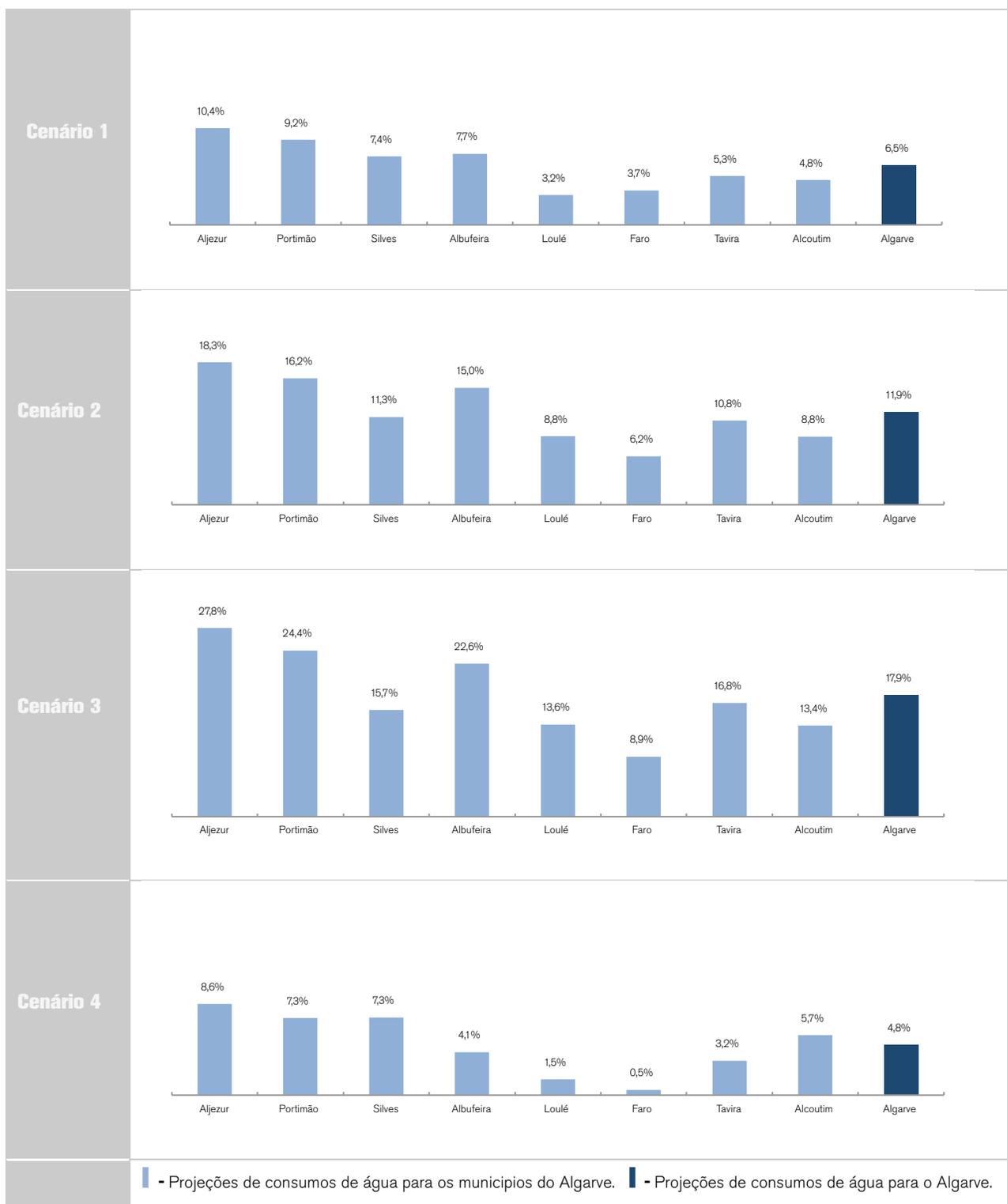


Figura 6.3: Aumento de consumos de água projetados pelos MPCA face aos consumos registados em 2011.

Os resultados das estimativas preconizados pelos MPCA, apontam para aumentos substanciais nos consumos de água nos prazos estabelecidos em todos os municípios. Em termos gerais há um crescimento nítido em todos os cenários projetados para a região do Algarve devido às alterações climáticas.

Do cenário 1, resulta um aumento de 5,5% nos volumes diários solicitados pelo SMAAA para o ano de 2021. Para um período próximo de 2041 as projeções de consumos água diários apresentam 11,9% de aumento e para 2061 os MPCA resultam de um aumento de solicitações de água de 17,9% no SMAAA.

Os consumos de água solicitados pelos municípios de Loulé e Faro encontram-se menos sensíveis às alterações climáticas enquanto os municípios de Albufeira e Aljezur apresentam as maiores solicitações de água face às projeções estabelecidas. Numa análise entre regiões, verifica-se que a Barlavento existe maior sensibilidade nos caudais solicitados para abastecimento devido às alterações climáticas do que a Sotavento.

Relativamente ao cenário 4, que considera os efeitos da seca registada no ano de 2004, observa-se um comportamento distinto dos restantes cenários. Os resultados apontam um aumento de aproximadamente 5% nos consumos de água diários no Algarve caso um evento deste género ocorra novamente.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES

CONCLUSÕES | INVESTIGAÇÕES FUTURAS

CAPÍTULO 7 CONCLUSÕES

7.1 CONCLUSÕES

Este trabalho representou um novo desafio e um avanço nos conhecimentos científicos visto que são praticamente inexistentes estudos sobre este tema em Portugal. Estudos deste género permitem solucionar problemas que os responsáveis pelas entidades gestoras de abastecimento se deparam, tanto ao nível da operação como do planeamento, mas principalmente ao nível da execução de planos de segurança que permitam assegurar a continuidade do serviço de abastecimento face a fenómenos meteorológicos singulares.

No presente trabalho, desenvolveu-se um conjunto de metodologias para determinação de volumes de água e dados meteorológicos a curto, médio e longo-prazo, numa área com uma multiplicidade de fontes de informação (35 pontos de entrega de registos de volumes de água e 7 estações de monitorização meteorológica), como a região do Algarve. Devido às características do conjunto de municípios selecionados para estudo, retira-se conclusões importantes dos usos de água, sendo perfeitamente aplicável nos restantes municípios que não se integraram neste trabalho.

A metodologia adoptada para o desenvolvimento dos MPCA, assentada em técnicas de regressão linear múltipla, alcançou ferramentas de simulação para consumos de água com aplicação de dados meteorológicos, por cada município em estudo. Os MPCAd e MPCAm produziram coeficientes de determinação acima de 0,75 e 0,9, respectivamente, e erros médios no período de validação entre os 10% e os 7%.

Os modelos desenvolvidos por esta metodologia permitem a realização de simulações com o propósito da aplicação de projeções de cenários climáticos, projetados pelas mais importantes entidades científicas, e identificar os padrões de consumo a longo-prazo face a estes cenários.

Registando-se as projeções indicadas pelas entidades científicas no âmbito das alterações climáticas, conclui-se que o SMAAA sofrerá aumentos de caudais para consumo de água de

5,5% próximo do ano de 2021, 11,9% em 2041 e 17,9% em 2061, segundo a aplicação dessas projeções nos MPCA. Estas projeções de consumos permitem concluir que os municípios a Barlavento encontram-se mais sensíveis às alterações climáticas que os municípios a Sotavento. Um evento de seca, semelhante ao ocorrido em 2004, constituirá aumentos das solicitações por parte da população dos municípios do Algarve em aproximadamente 5%, o que afectará significativamente os municípios a Barlavento.

Dos resultados obtidos no presente trabalho, nomeadamente da análise de correlações, conclui-se que a temperatura do ar é a variável mais influenciadora das utilizações de água, e dentro dos parâmetros estudados desta variável, as temperaturas máximas estão associados a consumos de água mais elevados. A precipitação, nos seus parâmetros diários, não apresenta correlações com os consumos diários de água. A análise diária desta variável é dispensável, uma vez que o período de dados extraídos das estações de monitorização não coincide com o período dos dias de consumo, mesmo depois do tratamento de dados efetuado. Esta contrariedade foi ultrapassada com o estudo mensal da relação entre a precipitação e os consumos de água, o que permitiu concluir que as populações respondem mais à ocorrência de precipitação do que à sua intensidade. Dos resultados obtidos da humidade relativa do ar, conclui-se que as pessoas tendem a consumir mais água à medida que os índices de humidade baixam ou quando o clima permanece mais seco.

A elaboração de indicadores meteorológicos para consumos de água constituem requisitos fundamentais para a caracterização do comportamento dos consumos de água face às condições meteorológicas, relativamente à temperatura, humidade e precipitação, proporcionando um instrumento indispensável para fundamentar planos de decisão por parte das entidades gestoras de abastecimento, neste caso a AdA. Assim, fica possibilitada a gestão dos sistemas de captação, adução e distribuição de água e subsequente definição de caudais a curto-prazo, a induzir no SMAA.

Da leitura dos indicadores meteorológicos para consumos de água diários conclui-se que os consumos, em geral, apresentam relações não lineares às subidas de temperatura máximas e às diminuições da humidade. Isto representa que os consumos de água aumentam a uma taxa superior no momento em que as temperaturas máximas diárias e mensais ultrapassam

os 25°C e os 30°C, respectivamente. A precipitação conduz à diminuição dos consumos a uma taxa média entre municípios de 2% por cada milímetro de chuva acumulada num dia, assumindo uma relação linear ao longo do ano.

Os consumos de água entre municípios estudados demonstram proximidade relativamente às oscilações nos volumes de água. Tal constatação torna-se evidente pelo facto dos municípios responderem de forma semelhante às variáveis exógenas, independentemente da região inserida e das características do município.

Os índices base e médios elaborados para os municípios do Algarve, representativos da variação mensal dos consumos de água, são indispensáveis para o planeamento e operação hidráulica dos sistemas de abastecimento. O desenvolvimento desses índices possibilitam uma leitura simplificada dos consumos mensais ao longo do ano, permitindo assim, conhecer a evolução mensal das utilizações de água para definir estratégias ao nível financeiro e logístico.

O efeito da sazonalidade nos consumos de água está fortemente marcada no SMAAA devido ao turismo. O pico dos consumos de água nos municípios de maior fluxo populacional turístico coincide com o período de temperaturas mais elevadas e menor ocorrências de precipitação. A introdução destes efeitos (população flutuante) e a introdução de efeitos socioeconómicos (preço das tarifas da água) nos MPCA consistem num ponto importante, aumentando ainda mais a precisão nas projeções dos consumos de água.

A metodologia elaborada neste estudo permite estabelecer o desenvolvimento de leis de consumo de água para aplicação na região do Algarve, resultando assim em planos estratégicos fundamentais para a evolução, operação e avaliação do SMAAA concessionados pela AdA. No entanto, esta metodologia revela-se suficientemente abrangente para ser aplicada em regiões com características semelhantes às do Algarve, sujeitas a condições climáticas adversas e mais sensíveis às alterações climáticas.

7.2 SUGESTÕES PARA INVESTIGAÇÕES FUTURAS

Com base no estudo realizado e nas conclusões obtidas sugere-se as seguintes investigações futuras:

- Análise da influência das variáveis meteorológicas nos consumos de água, distinguindo a sazonalidade ou a população flutuante no comportamento dos volumes de água;
- Análise da influência das variáveis meteorológicas nos consumos de água, distinguindo as estações do ano com o intuito de quantificar o grau de relação das variáveis meteorológicas nas diferentes estações do ano;
- Aplicação da metodologia com a utilização de consumos de água *per capita*;
- Aplicação da metodologia numa zona ou região sem elevados índices de sazonalidade;
- Aplicação de diferentes metodologias no mesmo caso de estudo, como redes neuronais artificiais ou análise de *Clusters*;
- Aplicação de variáveis distintas à mesma metodologia nomeadamente: evapotranspiração nebulosidade e intensidade solar;
- Aplicação de variáveis relativas à população flutuante no Algarve;
- Aplicação de variáveis relativas ao preço das tarifas de água praticadas no Algarve;
- Avaliação da capacidade de resposta ao aumento de consumos devido às alterações climáticas em sistemas de abastecimento de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adamowski, J., & Karapataki, C. (2010). Comparison of Multivariate Regression and Artificial Neural Networks for Peak Urban Water-Demand Forecasting: Evaluation of Different ANN Learning Algorithms (Vol. 15). *Journal of Hydrology Eng.*

Akuoko-Asibey, A., Nkemdirim, L. C., & Draper, D. L. (March de 1993). The Impacts of Climatic Variables o Seasonal Water Concumption in Calgary, Alberta.

American Water Works Association. (2008). *Climate Change and Driking Water* (Vol. 18). (C. Raybrun, Ed.) Denver: Awwa Research Foundation .

Anderson, R. C., Miller, T. A., & Washburn, M. C. (1980). Water Savings from Watering Restrictions During a Dought Year in Fort Collins, Colorado (Vol. 16). *Water Resources Bull.*

Balling Jr, R. C., & Gober, P. (2007). Climate variability and residential water use in the city of Phoenix, Arizona. (Vol. 46). *Journal of Applied Metereology and Climatology.*

Beatrice B. Yung, B. A. (2011). Risk assessment of a water supply system under climate variability: a stochastic approach. *Canadian Journal of Civil Engineering* , 38 (3), 252-262.

Billings, R. B., & Jones, C. V. (1996). *Forecasting Urban Water Demand*. (B. Cobban, Ed.)

Bougadis, J., Adamowski, K., & Diduch, R. (2005). Short-term municipal water demand forecasting . *HYDROLOGICAL PROCESSES* , 19, 137 – 148.

Chesnutt, T., & McSpadden, C. (1995). *Determinants of Phoenix Water Demand*. A&N Technical Services, Inc.

Cochran, R., & Cotton, A. (1984). *Municipal Water Demand Study Oklahoma City and Tulsa Oklahoma*. Water Resources.

Darr, P. (1988). *Forecasting Models for Determining Peak Water Consumption*. Rio de Janeiro: Proceedings of the Internaional Water Works Association Congress.

Dias, S. (2010). *Adaptação às Alterações Climáticas do Plano de Contingência do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Algarve*. Évora: Universidade de Évora.

dos Santos, C. C. (2011). *Previsão De Demanda De Água Na Região Metropolitana De São Paulo Com Redes Neurais Artificiais E Condições Socioambientais E Meteorológicas*. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Gato, S., Jayasuriya, N., & Roberts, P. (2007). Forecasting Residential Water Demand: Case Study. *Journal Water Resources Planning and Management* , 133.

- Gato, S., Jayasuriya, N., & Roberts, P. (2007). Temperature and rainfall thresholds for base use urban water demand modeling (Vol. 337). *Journal of Hydrology*.
- Gutzler, D., & Nims, J. (2005). *Interannual Variability of Water and Summer Climate in Albuquerque, New Mexico*. Albuquerque, New Mexico: University of New Mexico.
- Jain, A., Varshney, A. K., & Joshi, U. C. (2001). Short-Term Water Demand Forecast Modelling at I.I.T. Kanpur Using Artificial Neural Networks. 15, 299-321.
- Joo, C. N., Koo, J. Y., & Yu, M. J. (2002). Application of short-term water demand prediction model to Seoul. (Vol. 46). *Water Science and Technology*.
- Joyce, K. J. (2004). Las Vegas Water Consumption: Conservation Policy Case Study . *ABAC Journal* , 24, 45-58.
- Kenny, D., Goemans, C., Klein, R., Lowrey, J., & Reidy, K. (2008). Residential Water Demand Management: Lessons from Aurora, Colorado. *Journal of the American Water Resources Association* , 44, 192-207.
- Lima, I., Marques, A. C., & de Lima, J. L. (2005). Análise de tendência da precipitação anual e mensal no período 1900-2000, em Portugal Continental. *Fundação para a Ciência e Tecnologia*.
- Maidment, D. M. (1985). Transfer function models of daily urban water use. *Water Resources Research* , 21, 425-432.
- Maidment, D. R., & Miao, S. P. (1986). Daily water use in nine cities (Vol. 22). *Water Resources Research*.
- Maidment, D. R., & Parzen, E. (1984). Cascade Model of Monthly Municipal Water Use. *Water Resources Research* , 20, 15-23.
- Maidment, D. R., & Parzen, E. (1984). Time patterns of water use in six Texas cities (Vol. 110). *J. Water Resour. Plann. Manage.*
- Mayer, P., & DeOreo, W. (1999). Residential end Uses of Water. A.W.W.A. Research Foudnation and American Water Works Association.
- Merlo, G. (1988). Statistics for Water Demand Forecasts. Rio de Janeiro: Proceedigs of the IWWA Congress.
- Metzner, R. (1989). Demand Forecasting: A Model for San Francisco. *American Water Works Association Journal* , 82, 56-59.

Miaou, S.-P. (1990). A Class of Time Series Urban Water Demand Models With Nonlinear Climatic Effects. *Water Resources Research* , 26, 169-178.

Michelsen, A. M., J. T., M., & Stumpf, D. M. (1999). Non-price water conservation programs as a demand management tool (Vol. 35). *Journal American Water Resources Association*.

Morgan, W., & Smolen, J. C. (1976). Climatic indicators in the estimation of municipal water demand. *Journal of the American Water Resources Association* , 12 (3), 511-518.

Odan, F. K. (2010). *Previsão de Demanda para Sistema de Abastecimento de Água*. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

Pereira Filho, A. J., Rodrigues, C. T., & Ginez, W. (2004). Impacto das condições meteorológicas no consumo de água na Região Metropolitana de São Paulo. *Seminário de Planejamento Urbano e Desastres Naturais*. Fortaleza: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia.

Pereira Filho, A. J., Rodrigues, L. C., & Ginez, W. G. (s.d.). *Impacto das Condições Meteorológicas no Consumo de Água na Região Metropolitana de São Paulo*.

Polebitski, A., & Palmer, R. (2010). Seasonal Residential Water Demand Forecasting for Census Tracts. *Journal Of Water Resources Planning And Management* , 27-36.

Protopapas, A. L., Katchamart, S., & Platonova, A. (1996). Weather Effects on Daily Water Use in New York City (Vol. 5). New York, U.S.A.: *Journal of Hydrologic Engineering*.

S.A.B.E.S.P. (1999). *Modelo Previsional da Optimização do SCOA (Vol. I)*.

Tabesh, M., & Dini, M. (2009). Fuzzy And Neuro-Fuzzy Models For Short-Term Water Demand Forecasting In Tehran. *Iranian Journal of Science & Technology* , 33, 61-77.

Wagner, F. H. (2003). *Preparing for a Changing Climate: The Potential Consequences of Climate Variability and Change*. A Report of the Rocky Mountain / Great Basin Regional Assessment Team for the U.S. Global Change Research Program. Washington, D. C.

Walker, B. J. (1982). *Effects of Precipitation on Water Use in Gainesville, Florida*. University of Florida.

Wilson, L. (1989). Addition of a climate variable to the Howe and Linaweaver western sprinkling equation. *Water Resources*.

Woodard, G. C. (1988). *Effects of weather and climate on municipal water demand in Arizona*. College of Business and Public Administration, University of Arizona.

Worthington, A. C., Higgs, H., & Hoffmann, M. (2006). Modelling residential water demand in Queensland, Australia: A comparative analysis of pricing structures and estimation techniques. University of Wollongong.

Zhou, S. L., McMahon, T. A., & Wang, Q. J. (2001). Frequency analysis of water consumption for metropolitan area of Melbourne. *Journal of Hydrology* , 247, 72-84.

Zhou, S. L., McMahon, T. A., Walton, A., & Lewis, J. (2000). Forecasting daily urban demand: a case study of Melbourne. (Vol. 236). *Journal of Hydrology*.

Zhou, S. L., McMahon, T. A., Walton, A., & Lewis, J. (2002). Forecasting operational demand for an urban water supply zone. *Journal of Hydrology* , 259, 189-202.