



SANTARÉM

INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM  
ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE



MESTRADO EM AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

# Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo

Alexandra Ribeiro de Frias Fino

Santarém

2018



INSTITUTO POLITÉCNICO DE  
SANTARÉM



ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE SANTARÉM

MESTRADO EM AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

# Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo

**Dissertação apresentada para a obtenção do grau de  
Mestre na área de Agricultura Sustentável**

Nome: Alexandra Ribeiro de Frias Fino

Número: 130390023

Orientadora: Ana Mafalda Dúlio Ribeiro Pacheco Ferreira

Grau Académico da orientadora: Doutoramento

Coorientadora: Ana Ambrósio Paulo

Grau Académico da coorientadora: Doutoramento

Santarém

2018

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar devo agradecer à minha família pela força e motivação na execução deste trabalho.

Agradeço ainda, às professoras Ana Mafalda Ferreira e Ana Ambrósio Paulo, pelo apoio, orientação e disponibilidade que demonstraram durante a execução deste trabalho.

Por fim, agradeço à Direção Regional de Agricultura e Pescas de Lisboa e Vale do Tejo pela disponibilização dos dados meteorológicos pertencentes à sua Estação de Avisos.

## LISTA DE ABREVIATURAS

°C	Graus centígrados
A	Armazenamento de água no solo
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
D	Défice de água no solo
DRAPLVT	Direção Regional de Agricultura e Pescas de Lisboa e Vale do Tejo
EMA	Estação Meteorológica Automática
ETN	Evapotranspiração não ajustada
ET <sub>o</sub>	Evapotranspiração de referência
ETP	Evapotranspiração potencial
ETR	Evapotranspiração real
i	Índice térmico mensal
IAF	Índice de área foliar
IPCC	Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
K	Fator de correção da duração mensal de insolação
K <sub>c</sub>	Coefficiente cultural

L	Perda potencial de água no solo
mm	Milímetros
MOVE	Maintenance Of Variance Extension
R	Precipitação total mensal
r	Coeficiente de correlação
r <sup>2</sup>	Coeficiente de Determinação
S	Excesso de água no solo
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
T	Temperatura média do ar (°C)
Tmax	Temperatura máxima do ar (°C)
Tmed	Temperatura média do ar (°C)
Tmin	Temperatura mínima do ar (°C)
U	Capacidade máxima de armazenamento de água no solo
ΔA	Varição do armazenamento de água no solo
σ	Desvio padrão

## RESUMO

A caracterização agroclimática de uma região tem particular importância pois permite avaliar a viabilidade da instalação de novas culturas ou variedades, em termos de disponibilidades térmicas ou hídricas, estimar datas de sementeira, de colheita e de outras operações culturais. Pretendeu-se efetuar a caracterização agroclimática da região do Ribatejo através do estudo dos padrões mensais de comportamento dos valores da temperatura do ar, precipitação e evapotranspiração potencial nas localidades de Ferreira do Zêzere, Santarém e Almeirim, no período de tempo compreendido entre 2006 e 2014. Pretendeu-se igualmente determinar o balanço hídrico de Thornthwaite & Mather (1955) e analisar os valores de armazenamento, deficiência e excesso de água no solo nas localidades consideradas. Os dados utilizados foram fornecidos pela Direção Regional de Agricultura e Pescas da Região de Lisboa e Vale do Tejo e organizados num formato padrão e o preenchimento das falhas foi efetuado através de análise de regressão linear simples (temperatura), do método MOVE2 (precipitação) e através do boletim meteorológico para a agricultura do IPMA. Nas três localidades em estudo, a temperatura máxima absoluta é atingida no mês de agosto e a temperatura mínima absoluta no mês de fevereiro. Ferreira do Zêzere é a localidade que apresenta maior precipitação anual e o oposto ocorre em Santarém. A evapotranspiração apresenta um comportamento muito similar à temperatura em todas as localidades. O balanço hídrico revelou que Almeirim e Santarém apresentam um défice de água no solo mais prolongado que Ferreira do Zêzere. Não foi possível obter uma fiável caracterização agroclimática devido à série de anos estudada ser reduzida e ao facto do estudo se ter focado em apenas dois elementos climáticos (temperatura e precipitação) e três localidades.

**Palavras-chave:** caracterização climática; temperatura; precipitação; evapotranspiração; balanço hídrico

## ABSTRACT

The agroclimatic characterization of a region is of particular importance because it allows to evaluate the viability of the installation of new crops or varieties, in terms of thermal or water availability, to estimate dates of sowing, harvesting and other cultural operations. The agroclimatic characterization of the Ribatejo region was intended through the study of the monthly patterns of behavior of air temperature, precipitation and potential evapotranspiration values in the localities of Ferreira do Zêzere, Santarém and Almeirim, in the time period between 2006 and 2014. It was also intended to determine the water balance of Thornthwaite & Mather (1955) and to analyze the values of storage, deficiency and excess water in the soil in the localities considered. The data used were provided by the Regional Directorate of Agriculture and Fisheries of Lisboa and Vale do Tejo and were organized in a standard format and the filling of the faults was done through simple linear regression analysis (temperature), MOVE2 method (precipitation) and through the meteorological bulletin for agriculture of IPMA. In the three localities under study, the absolute maximum temperature is reached in the month of August and the absolute minimum temperature in the month of February. It was also verified that Ferreira do Zêzere is the one with the highest annual precipitation and the opposite occurs in Santarém. Evapotranspiration shows a very similar behavior to temperature in all localities. The water balance showed that Almeirim and Santarém present a bigger soil water deficit than Ferreira do Zêzere. It was not possible to obtain reliable agroclimatic characterization because the series of years studied was reduced and the focus of the study was only in two climatic elements (temperature and precipitation) and three stations.

**Key Words:** Climate characterization; Temperature; Rainfall; Evapotranspiration; Water balance

# ÍNDICE GERAL

Agradecimentos .....	i
Lista de Abreviaturas.....	ii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Índice geral .....	iii
Índice de Quadros.....	v
Índice de Figuras.....	vii
1. Introdução e objetivos.....	1
2. revisão bibliográfica .....	3
2.1. A influência do clima e das alterações climáticas na agricultura .....	3
2.2. Temperatura do ar .....	6
2.3. Precipitação.....	7
2.4. Evapotranspiração potencial.....	8
2.5. Balanço hídrico.....	11
2.6. Métodos de preenchimento de falhas .....	12
2.7. Estações meteorológicas.....	13
3. Materiais e métodos .....	15
3.1. Caracterização da região em estudo .....	15
3.2. Recolha de dados meteorológicos para o estudo .....	21
3.3. Organização e Tratamento dos dados.....	24
3.3.1. Preenchimento de falhas.....	26
3.3.1.1. Temperatura.....	26
3.3.1.2. Precipitação.....	28
3.3.2. Evapotranspiração potencial .....	29

3.3.3. Balanço Hídrico.....	30
4. Resultados e discussão.....	32
4.1. Temperatura.....	32
4.2. Precipitação.....	40
4.3. Evapotranspiração Potencial .....	44
4.4. Balanço hídrico de Thornthwaite & Mather .....	46
5. Considerações finais .....	53
6. Bibliografia.....	54
Anexos .....	57
Anexo I – temperatura.....	58
Anexo II – Balanço hídrico e Evapotranspiração potencial .....	60

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Fatores determinantes da evapotranspiração. ....	10
Quadro 2. Variação da precipitação média mensal durante o período de 1941/1970.....	20
Quadro 3. Levantamento dos dados existentes nas seis estações meteorológicas selecionadas.....	23
Quadro 4. Localização geográfica das E.M.A. selecionadas.....	24
Quadro 5. Registo de falhas detetadas nas EMA em estudo para a temperatura (T) e para a precipitação (P) em dias e das anomalias encontradas (realce a azul). ....	25
Quadro 6. Resultados das regressões lineares simples entre os valores de temperatura máxima (Tmax), temperatura média (Tmed) e temperatura mínima (Tmin) de Almeirim e de Santarém. (a) ponto de interceção da linha de regressão com o eixo Y; (b) declive da linha de regressão; ( $r^2$ ) coeficiente de determinação e (r) coeficiente de correlação. ....	33
Quadro 7. Resultados das regressões lineares simples entre os valores de temperatura máxima (Tmax), temperatura média (Tmed) e temperatura mínima (Tmin) entre Almeirim e Ferreira do Zêzere. (a) ponto de interceção da linha de regressão com o eixo Y; (b) declive da linha de regressão; ( $r^2$ ) coeficiente de determinação e (r) coeficiente de correlação. ...	34
Quadro 8. Médias mensais da temperatura máxima do ar (°C) das EMA em estudo na série de anos de 2006 a 2014 (falhas de dados apresentam “-”)......	35
Quadro 9. Médias mensais da temperatura média do ar (°C) das EMA em estudo na série de anos de 2006 a 2014 (falhas de dados apresentam “-”)......	36
Quadro 10. Médias mensais da temperatura mínima do ar (°C) das EMA em estudo na série de anos de 2006 a 2014 (falhas de dados apresentam “-”)......	37
Quadro 11. Valores totais mensais e anuais da precipitação (mm) nas EMA em estudo na série de anos de 2006 a 2014 (falhas de dados apresentam “-”). ....	41

Quadro 12. Médias da temperatura máxima (Tmax), média (Tmed) e mínima (Tmin) e respectivo desvio padrão ( $\sigma$ ) da série de dados em estudo (2006 a 2014) da EMA Almeirim. ....	58
Quadro 13. Médias da temperatura máxima, média e mínima e respectivo desvio padrão ( $\sigma$ ) da série de dados em estudo (2006 a 2014) da EMA Ferreira do Zêzere. ....	58
Quadro 14. Médias da temperatura máxima, média e mínima e respectivo desvio padrão ( $\sigma$ ) da série de dados em estudo (2006 a 2014) da EMA Santarém. ....	59
Quadro 15. Fator de ajustamento da duração da luz solar para o hemisfério Norte. ....	60
Quadro 16. Exemplar de balanço hídrico executado neste trabalho. ....	61
Quadro 17. Quadro resumo do balanço hídrico e da ETP para a EMA de Almeirim (os meses sem dados encontram-se assinalados com "-"). ....	62
Quadro 18. Quadro resumo do balanço hídrico e da ETP para a EMA de Ferreira do Zêzere (os meses sem dados encontram-se assinalados com "-"). ....	63
Quadro 19. Quadro resumo do balanço hídrico e da ETP para a EMA de Santarém (os meses sem dados encontram-se assinalados com "-"). ....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Temperatura e precipitação anual no período de 1931 a 2014 (IPMA, 2015 b)..	5
Figura 2. Variabilidade interanual da temperatura média (em cima), máxima e mínima (em baixo) em Portugal Continental (tracejado valor médio 1971-2000) (IPMA, 2015 b). .....	6
Figura 3. Localização da região do Ribatejo (Chocofrito, 2016). .....	15
Figura 4. Solos da região do Ribatejo (CVRTejo, 2018). .....	16
Figura 5. Classificação climática de Köppen para Portugal Continental (IPMA, 2018 a). .	17
Figura 6. Normais climatológicas, valor mínimo e máximo detetado no período de 1971/2000 para a temperatura do ar na estação meteorológica de Santarém (IPMA, 2018 a). .....	18
Figura 7. Distribuição da precipitação média anual na região do Ribatejo (CVRTejo, 2018). .....	19
Figura 8. Normais climatológicas e máximos de precipitação no período de 1971/2000 para a estação meteorológica de Santarém (IPMA, 2018 a). .....	21
Figura 9. Localização das Estações Meteorológicas Automáticas na área de intervenção da DRAPLVT. As EMA do estudo (Almeirim, Santarém e Ferreira do Zêzere) encontram-se assinaladas com um círculo. ....	22
Figura 10. Relação entre as temperaturas máximas diárias registadas no mês de Maio na EMA de Santarém e na de Almeirim no período de anos em estudo (Equação da reta e coeficiente de determinação representado no corpo da figura). .....	28
Figura 11. Valores médios da temperatura máxima (Tmax), média (Tmed) e mínima (Tmin) e respetivo desvio padrão no período (2006 a 2014) para Almeirim (A), Ferreira do Zêzere (B) e Santarém (C). As barras verticais representam o desvio padrão. ....	39
Figura 12. Precipitação média mensal (mm) e desvio padrão para Almeirim (A), Ferreira do Zêzere (B) e Santarém (C), no período de 2006 a 2014. ....	43

Figura 13. Evapotranspiração potencial de Almeirim (A), Ferreira do Zêzere (B) e Santarém (C), no período de 2006 a 2014. ....	45
Figura 14. Médias mensais de evapotranspiração potencial (ETP), precipitação (R) e Armazenamento de água no solo referentes ao período 2006 a 2014 para Almeirim (A), Ferreira do Zêzere (B) e Santarém (C). ....	48
Figura 15. Défice (D) e excesso de água (S) em Almeirim no período de 2006 a 2014. ...	50
Figura 16. Défice (D) e excesso de água (S) em Santarém no período de 2006 a 2014. .	51
Figura 17. Défice (D) e excesso de água (S) em Ferreira do Zêzere no período de 2006 a 2014. ....	52

## 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O clima é a realização de uma síntese de estado de tempo sendo que para o definir, é necessário recorrer à estatística e recorrer a valores médios e extremos, variâncias, probabilidades de ocorrência, entre outros. O intervalo de tempo ou período a que se recorre deve ser suficientemente longo para que a caracterização tenha significado estatístico, normalmente recorre-se a médias de 30 anos (Normais Climatológicas) (IPMA, 2015 a).

Nos últimos anos verificou-se um aumento da necessidade do estudo do clima devido, em grande parte, às evidências das alterações climáticas. Embora se conheça genericamente o clima da região do Ribatejo, a existência de um banco de dados completo, de qualidade e longo prazo para a região a partir de uma estação meteorológica tem conhecido limitações quer em termos temporais quer em termos espaciais. Este trabalho pretende contribuir para uma melhor compreensão dos padrões de variação de alguns elementos climáticos desta região, permitindo aprofundar o conhecimento sobre a aptidão regional do clima para o desenvolvimento das culturas e sua adaptação às alterações climáticas.

O conhecimento do clima de uma região é especialmente importante quando aplicado à agricultura pois esta é uma atividade extremamente dependente das condições climáticas. A importância da caracterização climática de uma região revela-se quando a mesma é tida em consideração no planeamento das atividades agrícolas numa exploração. Uma vez que a agricultura é um dos setores em que os riscos inerentes às alterações climáticas tem um grande impacto, existem alguns riscos específicos para o setor como por exemplo a escassez de água, maior propagação e intensidade de parasitas, doenças e ervas daninhas devido à temperatura e humidade ser mais elevada (Comunidades Europeias, 2008). Os impactos previstos das alterações climáticas na região sul e sudoeste da União Europeia são o aumento da temperatura, redução da precipitação anual e água disponível, aumento do risco de secas, redução do rendimento das culturas e redução das áreas de cultivo adequadas (Comunidades Europeias, 2008). Os efeitos das alterações climáticas têm ainda impacto no planeamento das atividades agrícolas pois as “culturas apresentam limites climáticos que afetam o seu crescimento, desenvolvimento e produtividade” (Braga & Pinto, 2009). O balanço hídrico é considerado um dos melhores

referenciais em termos de caracterização climática, esta caracterização permite contribuir para o desenvolvimento sustentável de uma região porque, conforme referido anteriormente permite analisar o potencial hídrico de uma região para o desenvolvimento de determinadas culturas (Alves, et al., 2015).

O principal objetivo deste trabalho é a caracterização agroclimática da região do Ribatejo recorrendo às estações da Direção Regional de Agricultura e Pescas de Lisboa e Vale do Tejo (DRAPLVT) através do estudo dos padrões mensais de comportamento dos valores da temperatura do ar, precipitação e evapotranspiração potencial (ETP) em algumas localidades do Ribatejo: Ferreira do Zêzere, Santarém e Almeirim, no período de tempo compreendido entre 2006 a 2014.

Pretende-se igualmente determinar o balanço hídrico de Thornthwaite & Mather (1955) e analisar os valores de armazenamento, deficiência e excesso de água no solo nas localidades consideradas.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. A influência do clima e das alterações climáticas na agricultura**

Apesar da complexa influência que o clima tem na agricultura pode dizer-se que a, temperatura, radiação solar, precipitação e evapotranspiração são os elementos que mais condicionam o desenvolvimento da vegetação e a produção de biomassa vegetal.

Cada vez mais é necessário aprofundar o conhecimento das exigências térmicas das culturas desde a sua sementeira até à colheita. Com este conhecimento é possível prever a ocorrência e a duração dos estádios de desenvolvimento das plantas e com isso definir qual a melhor época de sementeira ou mesmo de colheita.

Os impactos que as alterações climáticas tem sobre a agricultura irão refletir-se em diversos aspetos da atividade. Segundo Abreu & Pereira (2010) os vários cenários publicados pelo Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC) relativos às alterações climáticas futuras demonstram que a agricultura sofrerá diversos impactos em aspetos essenciais ao desenvolvimento da atividade. As principais alterações refletir-se-ão nos seguintes aspetos:

- Crescimento, produtividade e necessidades hídricas das culturas;

As culturas estão dependentes da assimilação de dióxido de carbono para crescerem, esta assimilação está dependente de diversos fatores sendo eles genéticos ou ambientais (local físico e disponibilidade de água e nutrientes). É ainda condicionada por agentes bióticos e abióticos como pragas e doenças e a poluição.

A temperatura média do ar e a precipitação são os elementos que mais sofrerão com as alterações climáticas sendo que a previsão é que a temperatura aumente e a frequência e quantidade de precipitação diminua; dito isto prevê-se que as necessidades de rega aumentem significativamente pelo que, no futuro, será necessário procurar variedades e culturas mais resistentes à seca. Foi ainda estudado que, com o aumento de temperatura muitas culturas deixam de conseguir completar os ciclos produtivos pois estes

irão tornar-se mais longos conseqüentemente, as culturas deixarão de ser tão produtivas ou a qualidade será menor. Os fenómenos extremos de seca e inundações serão mais frequentes influenciando negativamente as culturas.

- Datas de ocorrência de eventos fenológicos;

A fenologia é determinada pelo tipo de planta, pelo ambiente físico onde cresce e pela disponibilidade de água e nutrientes. Muitas plantas necessitam de passar por um período de dormência que ocorre normalmente no inverno onde as temperaturas são mais baixas. Sem passarem por este período as plantas não florescem normalmente e a taxa de germinação das sementes baixa. Alguns exemplos destas plantas são as árvores de fruto como a cerejeira, os cereais de inverno e alguns arbustos caducifólios. Sendo que, os diversos cenários do IPCC envolvem a subida da temperatura média do ar isto implica que, no futuro estas plantas poderão não ter o número de horas de frio necessárias ao seu correto desenvolvimento. Segundo Abreu & Pereira (2010), as plantas sem necessidades de frio terão uma evolução mais rápida dos diversos estados fenológicos no entanto, mesmo nestas plantas poderá ocorrer o fenómeno contrário e o período da floração à maturação pode prolongar-se de tal modo que as culturas acabam por perecer em vez de desenvolverem os frutos. Dito isto, se o aumento da temperatura for muito alto poderá resultar na inviabilidade de diversas culturas o que resultaria na necessidade de procurar outras alternativas como por exemplo, novas variedades, culturas diferentes ou a alteração das datas de sementeira.

- Competição de infestantes, pragas e doenças com as culturas e a eficiência dos fitofármacos;

Quando se coloca um cenário de aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera foi estudado que a resistência das infestantes ao herbicida glifosato parece aumentar quanto maior for a concentração de CO<sub>2</sub> (Ziska et al., 2004 citado por Abreu & Pereira, 2010). Verificou-se ainda que a temperatura também tem influência na eficiência dos herbicidas sendo que a temperatura que está antes, durante e após a aplicação do fitofármaco altera a suscetibilidade das infestantes ao mesmo. Estima-se ainda que a incidência de pragas e doenças aumente bem como, a sua resistência aos fitofármacos esperando-se impactos significativos na produtividade e qualidade de algumas culturas (Abreu & Pereira, 2010).

Com as alterações climáticas é expectável que a aplicação de fitofármacos aumente significativamente projetando-se aumentos superiores a 20%.

Com todas estas alterações projeta-se que a condição económica, financeira e social dos agricultores se deteriore (Abreu & Pereira, 2010).

Na **Figura 1** encontra-se representada a temperatura média do ar e a precipitação nacional no período de 1931 a 2014 onde, se pode verificar a variabilidade anual de ambos os elementos. No ano de 2014 (ano marcada a cor diferente na figura) verificou-se que a temperatura média do ar e a precipitação foram superiores ao valor médio verificado no período de 1971 a 2000, a temperatura média do ar (15,80 °C) foi superior ao valor médio em +0,54 °C sendo, o décimo segundo valor mais alto desde 1931 e o valor médio de precipitação total anual (1092,2 mm) o que corresponde a +216,1 mm que o valor médio de 1971-2000 (IPMA, 2015 b).



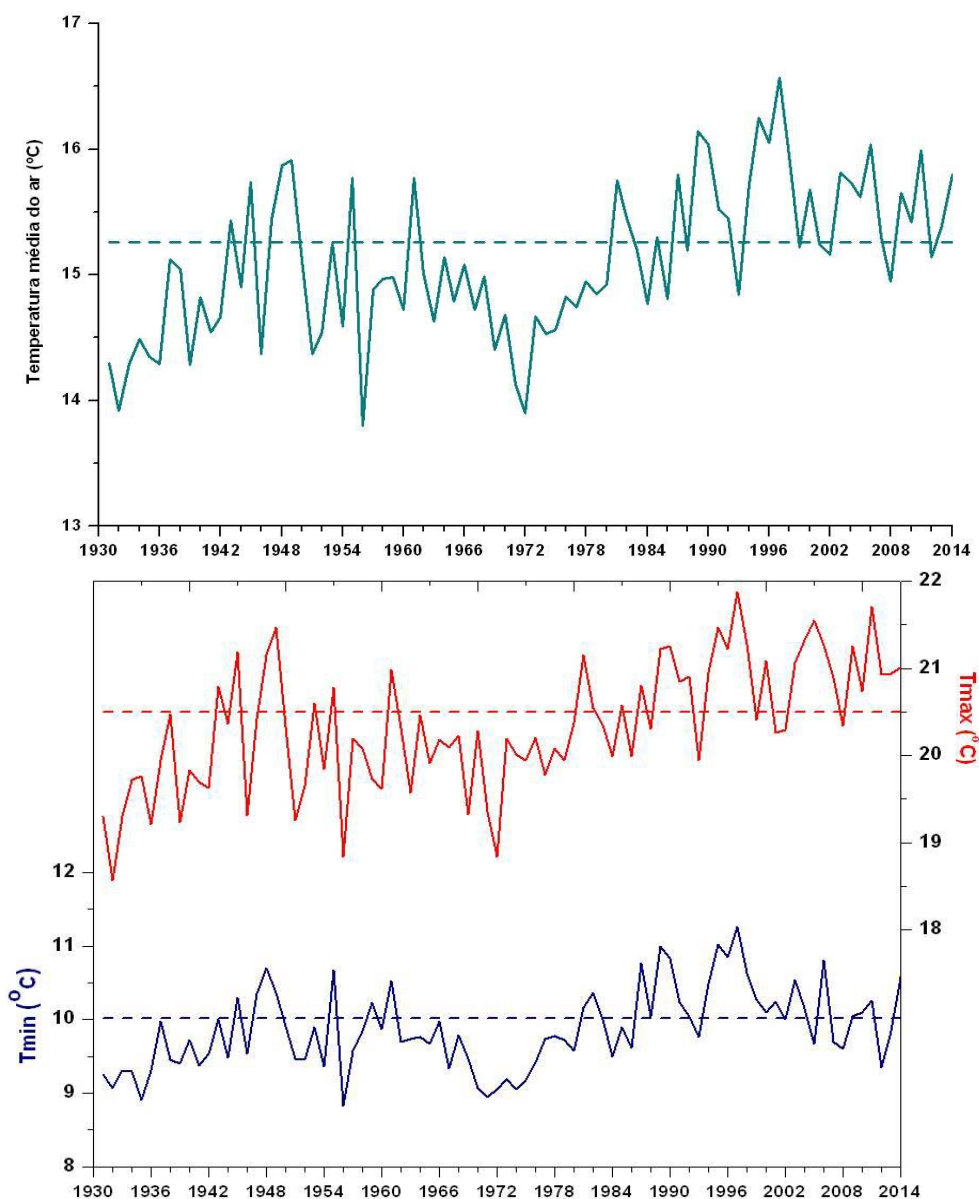
**Figura 1.** Temperatura e precipitação anual no período de 1931 a 2014 (IPMA, 2015 b).

O aquecimento global é inequívoco e é demonstrado pelo aumento da temperatura global do ar e do oceano, que origina fusão do gelo e da neve e consequentemente a subida do nível médio do mar (Pires, Marques, Nunes, Cota, & Mendes, 2010).

A tendência linear de aquecimento nos últimos 50 anos é de aproximadamente +0,13 °C por década refletindo aproximadamente dobro da tendência verificada nos últimos 100 anos (Pires, Marques, Nunes, Cota, & Mendes, 2010).

Em Portugal Continental tem-se observado algumas alterações nomeadamente, na variação da temperatura e nas situações de seca (Pires, Marques, Nunes, Cota, & Mendes,

2010). Nos últimos 25 anos, o valor médio da temperatura média anual tem sido quase superior ao valor médio da normal climatológica de 1971 a 2000 (**Figura 2**) (IPMA, 2015 b).



**Figura 2.** Variabilidade interanual da temperatura média (em cima), máxima e mínima (em baixo) em Portugal Continental (tracejado valor médio 1971-2000) (IPMA, 2015 b).

## 2.2. Temperatura do ar

A temperatura do ar é a condição que determina a capacidade de transferir calor para outros corpos ou de o receber deles.

Ao analisar a temperatura do ar temos que ter em consideração que a sua distribuição espacial está condicionada por diversos fatores fisiográficos como por

exemplo, o relevo, a proximidade de grandes superfícies de água e pelo vento (Reis & Gonçalves, 1981).

A temperatura do ar desempenha um papel importante no processo de evapotranspiração. A radiação solar absorvida pela atmosfera e o calor emitido pela superfície cultivada elevam a temperatura do ar. O ar aquecido junto às plantas transfere energia às mesmas, na forma de fluxo de calor sensível, interferindo na atividade fotossintética e conseqüentemente na transpiração das plantas (Filho & Teixeira, 2018). Deste modo, a temperatura influencia o crescimento e desenvolvimento das culturas.

### **2.3. Precipitação**

A precipitação é a quantidade de água transferida da atmosfera para o globo terrestre no estado líquido ou sólido sob diversas formas como por exemplo, chuva, granizo, neve, entre outras, durante um determinado período de tempo. A precipitação é medida por unidade de área de uma superfície horizontal e expressa-se em milímetros ( $1 \text{ mm} = 1 \text{ l/m}^2$ ) (Reis & Gonçalves, 1981; Carvalho & Silva, 2006; Dias, 2003). A sua disponibilidade anual é fator determinante para quantificar as necessidades hídricas de uma região (Feltrin, 2009).

A precipitação é um elemento meteorológico extremamente importante no desenvolvimento de qualquer cultura não irrigada. Esta tem ainda um importante papel no processo de termorregulação e de transporte de nutrientes no solo. A presença de água disponível no solo permite que a planta mantenha os estomas abertos por mais tempo, o que favorece a absorção de dióxido de carbono que é uma matéria-prima importante na fotossíntese (Facco, 2004).

A precipitação divide-se em três tipos de acordo com os movimentos verticais do ar: ciclónica, de convecção e orográfica. As precipitações ciclónicas estão relacionadas com o movimento de massas de ar de regiões com alta pressão para regiões de baixa pressão, resultantes do aquecimento desigual da superfície terrestre. Podem ser classificadas como frontais ou não frontais, são de longa duração com intensidade baixa a moderada. As precipitações ciclónicas frontais são mais comuns e resultam da ascensão de ar quente sobre ar frio entre duas massas de ar com características diferentes. Já as precipitações ciclónicas não frontais resultam de uma baixa barométrica, em que o ar é elevado como consequência de convergência horizontal em zonas de baixa pressão. A precipitação de convecção é frequente em regiões tropicais e no período quente de regiões temperadas pois está relacionada com o tempo quente e normalmente é acompanhada de trovoadas. A precipitação orográfica resulta do desvio de correntes de ar quente e húmido

provocado por uma barreira vertical abrupta como por exemplo, uma cadeia montanhosa (Carvalho & Silva, 2006; Dias, 2003; Costa & Lança, 2011).

## 2.4. Evapotranspiração potencial

A evapotranspiração é a combinação de dois processos que ocorrem em simultâneo: evaporação e a transpiração. A evaporação é um processo natural no qual a água presente na superfície do solo é transferida para a atmosfera na forma de vapor e a transpiração é a perda de água por parte das plantas (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 1998; Facco, 2004; Carvalho & Silva, 2006) .

O conceito de evapotranspiração potencial foi introduzido por Thornthwaite, em 1948, como a perda máxima de água de uma superfície padrão, sem restrições hídricas e em crescimento ativo, num determinado período de tempo em que as condições meteorológicas e de energia radiante se mantêm as mesmas (Thornthwaite, 1948). Segundo Andrade (2011), a evapotranspiração potencial (ETP) é a quantidade máxima de água que poderia passar para a atmosfera, quer por transpiração das plantas, quer por evaporação direta do solo, se o solo estivesse completamente abastecido de água. O solo está completamente abastecido de água quando já não tem capacidade de reter mais água e ocorrendo escoamento superficial.

A evapotranspiração de referência de acordo com o método FAO de Penman-Monteith é a taxa de evapotranspiração de uma cultura de referência hipotética com as seguintes características: 0,12 metros de altura;  $70 \text{ s m}^{-1}$  de resistência de superfície constante; 0,23 de albedo. Estas características assemelham-se às apresentadas por um extenso coberto de relva verde de altura uniforme, em crescimento ativo e bem abastecido de água (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 1998; Pereira L. S., 2004).

Uma adequada determinação da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) é de extrema importância em estudos agrícolas e hidrológicos, bem como na gestão dos recursos hídricos e das bacias hidrográficas. Particularmente, na agricultura a determinação da ET<sub>o</sub> é essencial para fazer uma estimativa das necessidades hídricas das culturas servindo de apoio para uma boa calendarização das regas, gestão de secas e pode ainda ajudar no estudo das alterações climáticas (Pereira & Raziei, 2013). Já a evapotranspiração potencial é determinante para o estudo do potencial hídrico de uma região.

A evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) é a perda efetiva de água por evaporação e transpiração nas condições atuais, meteorológicas e de humidade do solo (Carvalho & Silva, 2006).

A evapotranspiração cultural (ET<sub>c</sub>) depende da cultura, estado de desenvolvimento da cultura, duração do ciclo vegetativo da cultura, evaporação do solo e das condições climáticas. Os parâmetros de cada cultura são definidos pelo coeficiente cultural ( $K_c$ ) e normalmente, em culturas anuais, aplicam-se quatro fases temporais nas curvas do coeficiente cultural, sendo elas: fase inicial, fase de desenvolvimento, fase média e a fase final (Costa B. , 2015; Allen, Pereira, Raes, & Smith, 1998). O coeficiente cultural é um valor tabelado e difere conforme a cultura.

O estudo da distribuição espacial e temporal da evapotranspiração permite uma melhor determinação da água necessária para irrigação. O conhecimento deste fator permite diminuir os desperdícios de água e manter a humidade do solo em níveis adequados para as culturas ou seja, efetuar uma melhor gestão da rega aplicando apenas a água necessária ao desenvolvimento das plantas (Kobiyama & Vestena, 2004).

A evapotranspiração é um processo físico que está diretamente relacionado com três fatores: clima, cultura e solo (Costa B. , 2015; Allen, Pereira, Raes, & Smith, 1998). A gestão da rega efetuada nas culturas de regadio também influencia a evapotranspiração.

No **Quadro 1** encontram-se descritos os fatores determinantes da evapotranspiração.

## Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo

**Quadro 1.** Fatores determinantes da evapotranspiração.

<b>Fatores climáticos</b>	
<b>Radiação líquida (Rn)</b>	Esta é a principal fonte de energia para o processo de evapotranspiração e está dependente da radiação solar incidente e do albedo da vegetação.
<b>Temperatura</b>	A variação da temperatura do ar ao longo do dia provoca um aumento no défice de saturação de vapor de água, o que provoca uma diminuição na quantidade de vapor de água na atmosfera aumentando a evapotranspiração.
<b>Humidade relativa do ar</b>	A temperatura do ar e a humidade relativa atuam em conjunto. Entre a procura atmosférica e a disponibilidade de água no solo existe uma inter-relação. Quanto menor ela for a humidade relativa, maior será a procura evaporativa e consequentemente, maior a evapotranspiração. O poder evaporante do ar controla a transferência de vapor de água.
<b>Vento</b>	É responsável pelo transporte horizontal de energia de uma área mais seca para outra mais húmida, remove ainda o vapor de água do ar que encontra junto às plantas. O vento contribui para o aumento da evapotranspiração.
<b>Fatores culturais</b>	
<b>Espécie</b>	O aspeto morfológico da planta (distribuição dos estomas, o seu tamanho e número) exerce influência direta sobre a evapotranspiração.
<b>Albedo</b>	Também denominado de coeficiente de reflexão influencia diretamente a disponibilidade de energia para a evapotranspiração. Quanto maior for a reflexão, menor será a energia disponível e consequentemente menor a evapotranspiração.
<b>Índice de área foliar</b>	Quanto maior for a área foliar, maior será a evapotranspiração.
<b>Altura das plantas</b>	As plantas mais altas conseguem extrair mais energia da atmosfera e também estão mais expostas à ação do vento, aumentando assim a evapotranspiração.
<b>Profundidade das raízes</b>	Quanto maior a profundidade das raízes, maior é o volume de solo explorado. Plantas com raízes superficiais, em período de seca não conseguem extrair água suficiente do solo para responder à sua demanda evaporativa.
<b>Densidade de plantação</b>	Uma densidade de plantação mais baixa permite que o desenvolvimento das raízes seja mais superficial, maior aquecimento do solo e das plantas e maior movimentação de ar entre as plantas, tudo isto origina um aumento da evapotranspiração.
<b>Fatores do solo</b>	
<b>Impedimentos físico-químicos</b>	Quando ocorre limitação no crescimento e desenvolvimento das raízes, as plantas exploram um volume de solo mais reduzido, pelo que tanto no período chuvoso como no seco existem efeitos negativos. No período chuvoso o excesso de água pode provocar asfixia das raízes e no período seco, a água é escassa e não permite que as plantas aprofundem raízes à procura da mesma.
<b>Tipos de solo</b>	Os solos argilosos possuem maior capacidade de retenção de água consequentemente, a taxa de evapotranspiração mantém-se por um período mais longo. Os solos arenosos têm uma baixa capacidade de armazenamento de água pelo que, as plantas tendem a ter raízes mais profundas para compensar este facto.
<b>Humidade do solo</b>	A evapotranspiração, em condições de humidade de solo próximas da capacidade de campo, é determinada pelas condições climáticas predominante e mantida na razão potencial. A razão evapotranspiração real/Evapotranspiração Potencial (ETR/ETP) depende das características físicas do solo, da cobertura vegetal e da procura evaporativa da atmosfera. Com a diminuição da humidade do solo, a ETR tomará valores mais baixos que a ETP a partir de determinado valor de humidade do solo.
<b>Textura do solo</b>	A textura grosseira dos solos arenosos permite a rápida remoção da maior parte da humidade do solo pelo que, a ETR é equivalente à ETP praticamente até ao ponto de murcha. Já os solos de textura fina é necessário ocorrerem elevadas tensões para a remoção da água disponível no solo, onde a ETR é inferior à ETP quando a humidade no solo é elevada.

Fonte: Carvalho et al., 2008 citado por Costa, 2015.

A evapotranspiração potencial pode ser calculada com recurso a inúmeros métodos, a título de exemplo temos, o método de Thornthwaite, o de Penman-Monteith, o de Makkink, o de Hargreaves e o de Budyko. A principal diferença entre os diversos métodos de cálculo da evapotranspiração potencial são as variáveis utilizadas (radiação solar, temperatura, IAF, resistência superficial, entre outras) e o número de variáveis utilizadas.

Para o cálculo da evapotranspiração potencial (ETP) de cada mês, foi utilizado o método de Thornthwaite (1948), conforme descrito no ponto 3.3.2. A escolha deste método deveu-se às variáveis disponíveis nos dados climáticos fornecidos pela estação de avisos da DRAPLVT.

## **2.5. Balanço hídrico**

O balanço hídrico pode ser definido como a contabilização da quantidade de água que é transferida da atmosfera para a superfície e vice-versa. Esta transferência é condicionada por diversos fatores mas é principalmente condicionada pelo estado físico da atmosfera, pelas características do solo e pela cobertura vegetal e podendo-se verificar défice ou excesso de água no local em estudo, com variações intra e interanuais (Neto, 2001).

O balanço hídrico de uma bacia hidrográfica é de extrema importância porque, permite a análise da disponibilidade de recursos hídricos de uma região e ainda, a sua variabilidade espacial e temporal (Feltrin, 2009).

O balanço hídrico pode ser efetuado para diversos períodos de tempo. A escolha do período para a execução do balanço hídrico com fins agrícolas, é condicionada por diversos fatores nomeadamente, a disponibilidade de dados climáticos e cultura em estudo (Feltrin, 2009).

O estudo do balanço hídrico de uma região permite quantificar as necessidades hídricas de região. Especificamente no setor agrícola, é possível quantificar as necessidades de irrigação, bem como as dotações e duração da rega para diferentes culturas e capacidades de armazenamento de água do solo. O balanço hídrico é essencial na definição e quantificação das exigências hídricas das culturas nas diferentes fases fenológicas, a recolha destes dados é fundamental para o mapeamento das aptidões climáticas de culturas agrícolas na área ou região em estudo (Camargo & Camargo, 1993).

O método de cálculo do balanço hídrico segundo Thornthwaite & Mather (1955) encontra-se descrito no ponto 3.3.3. denominado de “Balanço hídrico”.

## 2.6. Métodos de preenchimento de falhas

Na recolha dos dados climáticos provenientes das estações meteorológicas ocorrem por vezes erros, falhas ou descontinuidade de dados que podem ter diversas origens. Por vezes, ocorrem devido a avarias nos sensores ou mesmo situações extremas como fenómenos climáticos extremos que resultem em danos na estação e seus instrumentos.

O tratamento destas falhas ou descontinuidades de dados climáticos podem ser solucionadas através da aplicação de diversos métodos. Passo a enumerar alguns dos métodos existentes: o método dos valores duplamente acumulados, o da razão normal e do inverso da distância. Estes métodos são normalmente aplicados quando, as falhas não representam mais de cinco a dez por cento da dimensão inicial da série pois, existem métodos como a regressão linear e os métodos genericamente denominados de MOVE (Maintenance Of Variance Extension) que são mais adequados para executar o preenchimento dessas falhas (Matias, 2000).

Para o preenchimento das falhas detetadas nos dados climáticos das estações meteorológicas pertencentes à Estação de Avisos da DRAPLVT foram aplicados os métodos da regressão linear simples e o MOVE.2 sendo, ambos explicados nos pontos 3.3.1.1. e 3.3.1.2., respetivamente. Quer a regressão linear quer os métodos MOVE requerem, para o preenchimento de falhas, a existência de uma série de referência que apresente uma “boa” correlação linear com a série com falhas a preencher. Além disso não poderá haver falhas simultâneas em ambas as estações. A série completada pela regressão linear apresenta uma menor variabilidade que, a série inicial pelo contrário os métodos MOVE preservam a variabilidade da série original.

Os métodos MOVE recorrem a equações lineares para as estimativas de  $y$ , da seguinte forma:

$$\hat{y}(i) = a + bx(i) \quad (1)$$

O método MOVE.1 (Maintenance Of Variance Extension, tipo 1) é uma extensão da equação (1) em que  $a$  e  $b$  servem para manter a média e a variância da amostra com recurso à seguinte equação (Hirsch, 1982):

$$\hat{y}(i) = m(y_1) + \frac{S(y_1)}{S(x_1)} (x(i) - m(x_1)) \quad (2)$$

O método MOVE.3 é muito similar ao método MOVE.2 e é calculado com a seguinte equação (3) (Vogel & Stedinger, 1985).

$$\hat{y}_i = a' + b(x_i - \bar{x}_2) \quad (3)$$

em que,

$$a' = \frac{(n_1 + n_2)\hat{\mu}_y - n_1\bar{y}_1}{n_2} \quad (4)$$

$$b^2 = \left[ (n_1 + n_2 - 1)\hat{\sigma}_y^2 - (n_1 - 1)S_{y1}^2 - n_1(\bar{y}_1 - \hat{\mu}_y)^2 - n_2(a' - \hat{\mu}_y)^2 \right] \left[ (n_2 - 1)S_{x2}^2 \right]^{-1} \quad (5)$$

## 2.7. Estações meteorológicas

As estações meteorológicas são, normalmente, instaladas ao ar livre num terreno com cerca de quarenta e oito metros quadrados, deve ter uma área limpa equivalente a duas vezes a altura da estação (Eden, 2000). Existem dois tipos de estações meteorológicas, as convencionais e as automáticas. As estações convencionais exigem a presença de um operador para registar os dados e as estações meteorológicas automáticas permitem que a recolha dos dados seja totalmente automatizada ou seja, os sensores emitem sinais elétricos que são captados por um *logger* possibilitando que a transmissão dos dados seja efetuada por computador.

As estações meteorológicas automáticas (EMA) pertencentes à Estação de Avisos da DRAPLVT têm como equipamento disponível sensores de temperatura, humidade relativa, velocidade e direção do vento, precipitação e folha molhada. As EMA têm ainda um *logger* DataTaker 50, Série 3 e um modem Siemens ou Wavecom. Estes equipamentos permitem que a transmissão da informação e conseqüente tratamento dos dados seja mais expedito pois a EMA recolhe os dados, compila-os e transmite-os para o computador.

As estações convencionais entraram em desuso e foram sendo substituídas pelas automáticas. Atualmente as estações convencionais são utilizadas para calibração de métodos e equipamento.

O anemómetro permite determinar a intensidade do vento através do princípio de medição da energia cinética do vento e o catavento permite determinar a direção do vento através da pressão por ele exercida.

O sensor de precipitação é denominado udómetro. O udómetro é composto por um funil que efetua a recolha da precipitação e depois é encaminhado para um recipiente. Nas EMA a precipitação é contabilizada através de um sistema de basculação de um depósito dividido em duas partes iguais, a precipitação proveniente do funil provoca basculações

sucessivas do depósito que são registadas através de impulsos elétricos e contabilizadas no sistema de aquisição (Mendes, 2008).

O sensor de temperatura efetua a medição através da variação da resistência elétrica dos metais com a temperatura. Normalmente estes sensores efetuam medições a cada segundo e trabalham com temperaturas compreendidas entre os  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  e o  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Devido às suas características e para evitar a exposição do sensor à chuva e aos raios solares, este é protegido por um abrigo meteorológico normalmente metálico, de cor branca e de forma cilíndrica e com as dimensões externas de 22 cm de diâmetro e 29,9 cm de altura (Mendes, 2008). O sensor de humidade relativa funciona de forma combinada com o da temperatura sendo instalados juntos. O sensor de humidade é basicamente uma película higroscópica colocada entre dois elétrodos (IPMA, 2018 b).

O sensor folha molhada mede a humidade existente na superfície de uma folha através da determinação da resistência elétrica na superfície do sensor. Este sensor pode ser instalado à superfície do solo ou no topo do abrigo meteorológico do sensor da temperatura.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização da região em estudo

A região em estudo é a região do Ribatejo, a qual se encontra destacada a laranja na figura abaixo.



**Figura 3.** Localização da região do Ribatejo (Chocofrito, 2016).

Do ponto de vista geológico, podem-se encontrar a oeste do Tejo, com exceção da zona entre Tomar e Alenquer e para leste do sistema montanhoso Montejunto/Candeeiros, terrenos da orla cenozoica. A leste do Tejo encontra-se a bacia miocénica do Tejo, bem como terrenos do Pliocénio e terrenos modernos constituídos por aluviões (Reis & Gonçalves, 1981).

A região do Ribatejo tem uma diversidade de tipos climáticos, pedológicos, topográficos e de intervenção humana (usos do solo). Tendo em conta esta diversidade evidenciam-se quatro zonas naturais: Campo, Bairro, Charneca e Serra.

## Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo

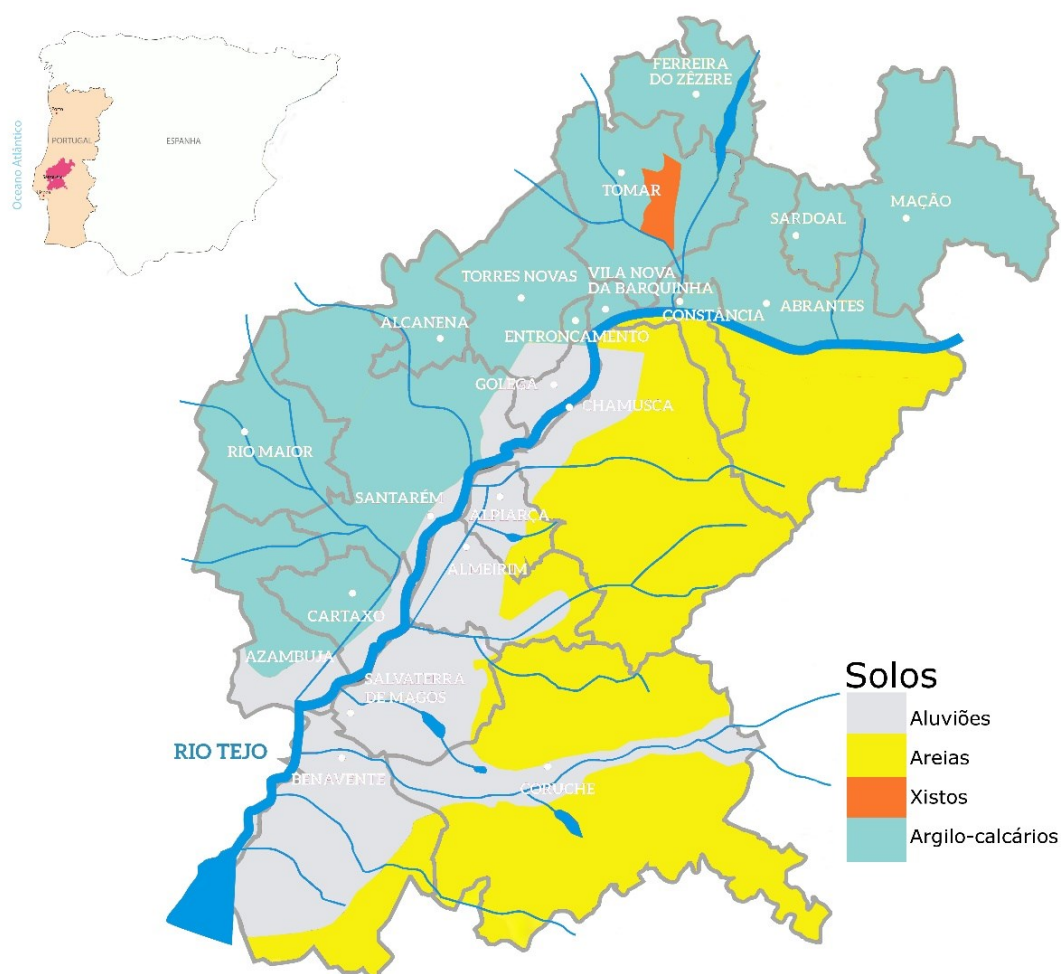
A zona denominada de Campo ou Lezíria é muito produtiva, constitui-se por aluviões modernos profundos e corresponde às planícies inundáveis da margem direita do rio Tejo bem como do curso inferior dos seus principais afluentes.

A zona do Bairro apresenta um terreno mais irregular, com solos relativamente pobres, argilo-arenosos e argilo-calcários. Esta zona localiza-se na margem direita do rio Tejo entre o vale do Tejo e a serra de Aire e Candeeiros.

A Charneca localiza-se na margem esquerda do rio Tejo, desde os terrenos inundáveis até ao sul do Ribatejo. Os solos são predominantemente arenosos.

A Serra está integrada no maciço estremenho de Porto de Mós sendo, a zona com maior altitude. Nos relevos calcários desta zona podem observar-se, em grande abundância, maciços rochosos e pedras soltas.

Na **Figura 4** pode observar-se os solos presentes na região do Ribatejo, evidenciando as três principais zonas da região (Campo, Bairro e Charneca).



**Figura 4.** Solos da região do Ribatejo (CVRTejo, 2018).

Segundo Reis e Gonçalves (1981), os solos da região podem ser caracterizados em dois grandes tipos tendo, como linha divisória o rio Tejo. Deste modo, a sul do Tejo, os solos são na sua grande maioria podzóis e a norte do Tejo, há predominância de cambissolos de diferentes tipos. Na região a sul do Tejo, mais precisamente junto ao Tejo e ao Sorraia existem ainda manchas de pluviosolos e regossolos. A norte do Tejo, além da predominância de cambissolos, aparecem ainda manchas de litossolos nos concelhos de Tomar e Sardoal.

Pela classificação de Köppen (Ahrens, 2003), o clima de Portugal Continental é mesotérmico húmido, com precipitação concentrada no inverno e estação seca no verão, que é quente na metade leste da região (Csa) e pouco quente e extenso na região oeste (Csb) (Figura 5).

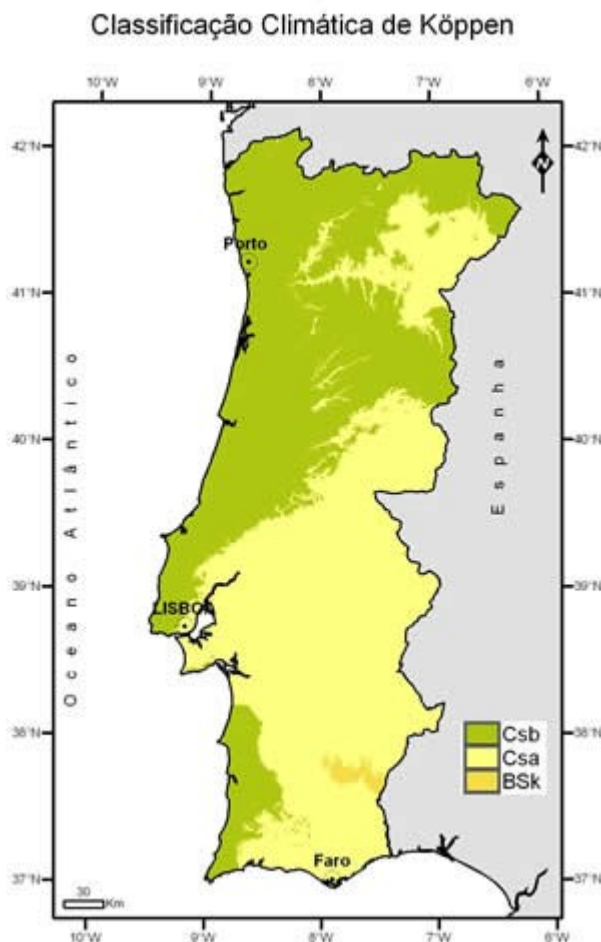
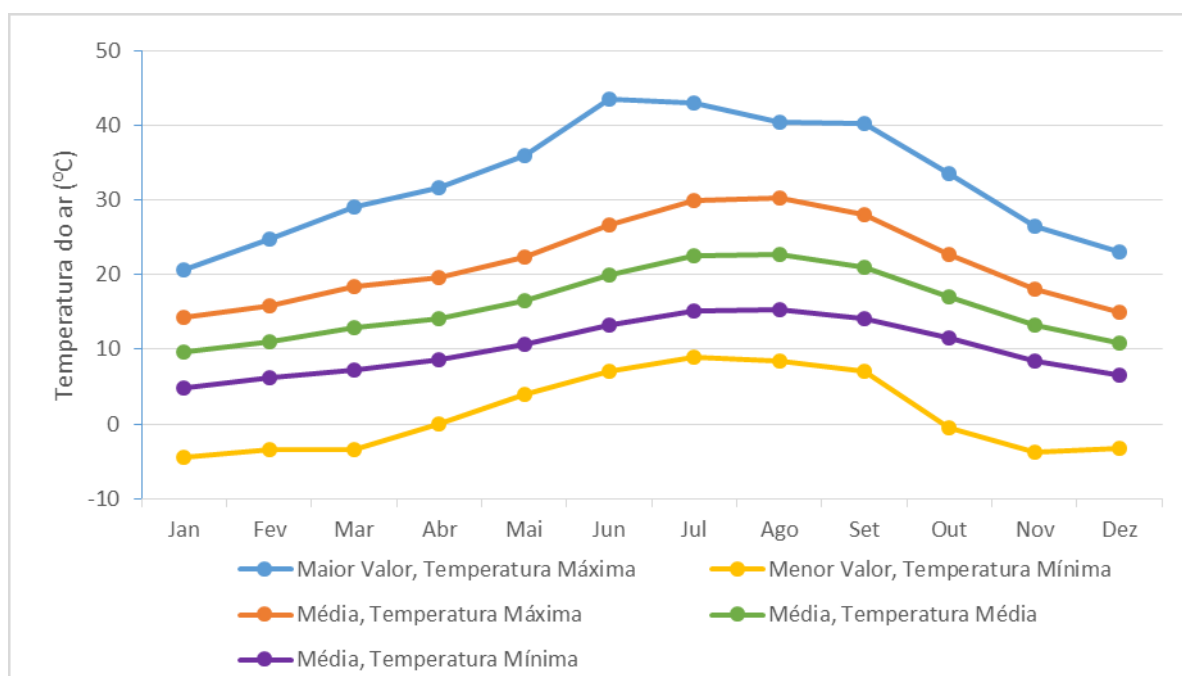


Figura 5. Classificação climática de Köppen para Portugal Continental (IPMA, 2018 a).

Os valores da temperatura média mensal variam regularmente ao longo do ano, registando-se o máximo no mês de agosto e o mínimo em janeiro. A temperatura média anual do ar é superior no vale do Tejo sobretudo junto ao estuário do mesmo, estando compreendida entre 16 °C e 17,5 °C. Na restante região nomeadamente, a faixa compreendida na linha de alturas das Serras de Aire e Candeeiros, de Montejunto, de Sintra e Serra da Arrábida a temperatura média anual é inferior aos 15 °C (Reis & Gonçalves, 1981).

A título de exemplo, apresenta-se na **Figura 6** a normal climatológica de Santarém no período de 1971 a 2000 para a temperatura do ar bem como, os valores mínimos e máximos de temperatura do ar detetados nesse mesmo período. Como se pode verificar, a temperatura média do ar aumenta progressivamente de janeiro (9,6 °C) até agosto (22,7 °C) e depois decresce até dezembro (10,8 °C). Os meses mais quentes são julho, agosto e setembro, com temperaturas médias de 22,6 °C, 22,7 °C e 21,0 °C, respetivamente e os meses mais frios são os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, com temperaturas de 10,8 °C, 9,6 °C e 11,0 °C, respetivamente. Os valores mínimos da temperatura do ar oscilam entre -3,7 °C em novembro e entre os -4,4 °C em janeiro. Os valores máximos de temperatura do ar ocorrem em junho, julho e agosto, com máximos de 43,5 °C, 43,0 °C e 40,5 °C, respetivamente.



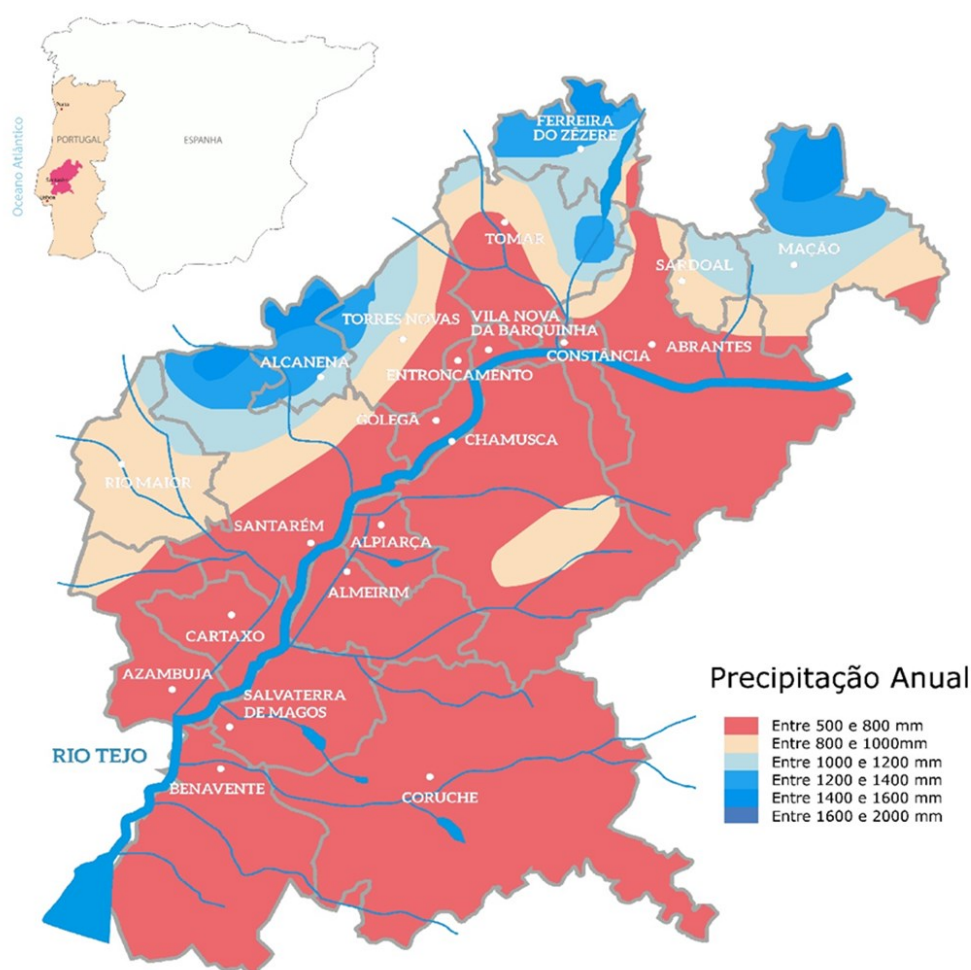
**Figura 6.** Normais climatológicas, valor mínimo e máximo detetado no período de 1971/2000 para a temperatura do ar na estação meteorológica de Santarém (IPMA, 2018 a).

## Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo

Reis & Gonçalves (1981) classifica esta região como moderadamente chuvosa. Os meses mais chuvosos são dezembro e janeiro e os meses mais secos são julho e agosto. Destes, janeiro é mais chuvoso e julho é o mês mais seco.

As zonas com maior precipitação estão associadas ao sistema montanhoso constituído pelas serras de Sintra, Montejunto e Aire e Candeeiros. As localidades de Ferreira do Zêzere e Chouto também apresentam precipitações elevadas.

Na **Figura 7** observa-se que a maioria da região do ribatejo tem uma precipitação anual entre os 500 e os 800 mm, na qual se inclui Santarém e Almeirim, já Ferreira do Zêzere tem entre 1200 e 1400 mm de precipitação anual.



**Figura 7.** Distribuição da precipitação média anual na região do Ribatejo (CVRTejo, 2018).

No **Quadro 2** apresentam-se os valores máximos e mínimos da precipitação média mensal, ocorridos durante o período 1941-1970 na região do ribatejo.

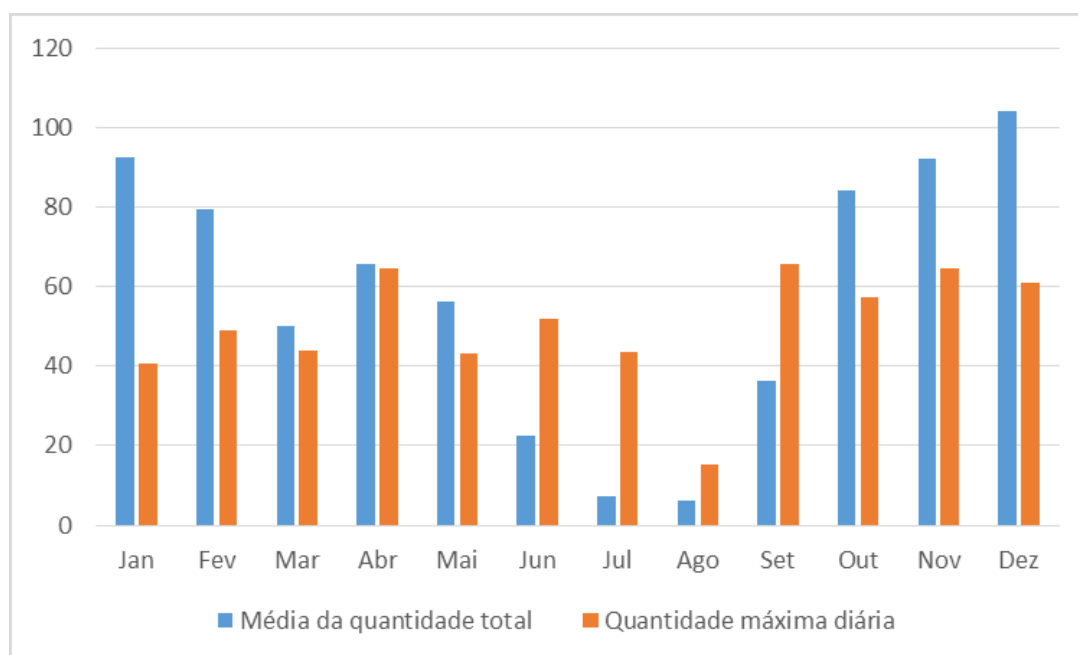
**Quadro 2.** Variação da precipitação média mensal durante o período de 1941/1970.

<b>Meses</b>	<b>Precipitação (mm)</b>
<b>Janeiro</b>	60 - 250
<b>Fevereiro e Dezembro</b>	55 - 225
<b>Março</b>	70 - 180
<b>Abril e Outubro</b>	40 - 110
<b>Maió</b>	20 - 100
<b>Junho</b>	10 - 45
<b>Julho</b>	1 - 12
<b>Agosto</b>	1 - 17
<b>Setembro</b>	20 - 70
<b>Novembro</b>	60 - 170

**Fonte:** Reis & Gonçalves, 1981

A distribuição das chuvas ao longo do ano não é uniforme. O período chuvoso concentra-se na estação fria, em particular de novembro a março. Nos meses mais chuvosos (dezembro, janeiro e fevereiro), a precipitação varia entre 55 mm e 250 mm e nos mais secos (julho e agosto), entre 1 mm e 17 mm. Os meses de menor precipitação são os de verão.

Na **Figura 8** apresenta-se a normal climatológica de Santarém no período de 1971 a 2000 para a precipitação bem como, os máximos de precipitação detetados nesse mesmo período. Como se pode verificar, a precipitação diminui progressivamente de janeiro (92,5 mm) até agosto (6,2 mm) e de seguida aumenta até dezembro (104,1 mm). Em setembro foi registada a quantidade máxima diária de 65,7 mm seguido, de novembro e abril com máximas diárias de 64,5 mm.

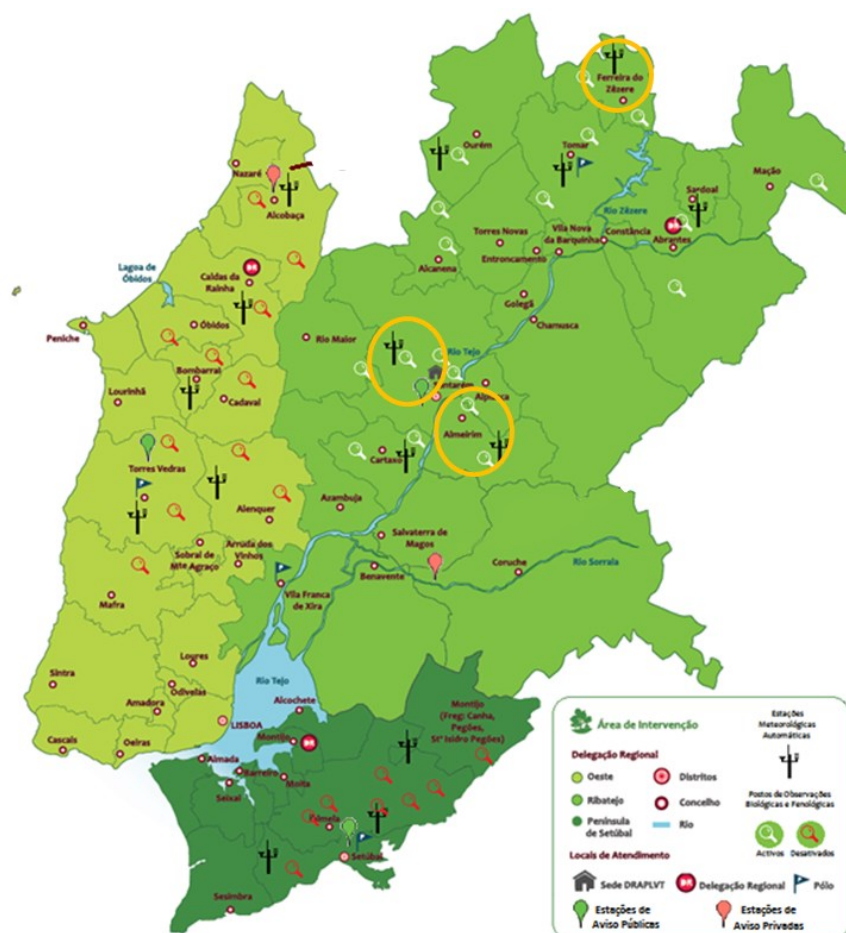


**Figura 8.** Normais climatológicas e máximos de precipitação no período de 1971/2000 para a estação meteorológica de Santarém (IPMA, 2018 a).

### 3.2. Recolha de dados meteorológicos para o estudo

Para concretização dos objetivos propostos foi efetuado o levantamento da informação disponível em todas as estações meteorológicas pertencentes à Estação de Avisos do Ribatejo da DRAPLVT (**Figura 9**).

A Direção Regional de Agricultura e Pescas de Lisboa e Vale do Tejo (DRAPLVT) tem uma área de intervenção que abrange 52 concelhos perfazendo um total de 12.147 km<sup>2</sup> (13,2% do território nacional), tem três delegações regionais sendo elas o Oeste, o Ribatejo e a Península de Setúbal. A delegação regional do Ribatejo é a que abrange a maior área (7.251 km<sup>2</sup>) seguida pela delegação do Oeste e por fim a Península de Setúbal.



**Figura 9.** Localização das Estações Meteorológicas Automáticas na área de intervenção da DRAPLVT. As EMA do estudo (Almeirim, Santarém e Ferreira do Zêzere) encontram-se assinaladas com um círculo.

Numa fase preliminar do trabalho efetuou-se o levantamento da informação disponível em todas as estações meteorológicas pertencentes à Estação de Avisos da DRAPLVT (20 estações meteorológicas), tendo sido numa primeira fase, selecionadas seis estações: Bemposta, Ferreira do Zêzere, Fátima, Santarém, Almeirim e Tomar. A seleção destas estações foi efetuada com base em dois critérios: (1) número de variáveis medidas: seleção de estações com medições de temperatura do ar, precipitação, humidade relativa, velocidade do vento e insolação e (2) período com registo de dados: seleção de estações com registos de janeiro de 1997 a dezembro de 2014. No **Quadro 3** encontra-se representado o levantamento efetuado para as seis estações, desde janeiro de 1997 até dezembro de 2014. O cumprimento de cada um dos critérios encontra-se representado a verde.

**Quadro 3.** Levantamento dos dados existentes nas seis estações meteorológicas selecionadas.

		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Bemposta, Santarém e Tomar	Temperatura máxima e mínima																		
	Precipitação																		
	Humidade relativa																		
	Velocidade do vento																		
	Insolação																		
Almeirim e Ferreira do Zêzere	Temperatura máxima e mínima																		
	Precipitação																		
	Humidade relativa																		
	Velocidade do vento																		
	Insolação																		
Fátima	Temperatura máxima e mínima																		
	Precipitação																		
	Humidade relativa																		
	Velocidade do vento																		
	Insolação																		

Após este levantamento, excluiu-se a estação meteorológica de Fátima devido à falta de dados comparáveis. Verificou-se igualmente que algumas das estações não possuíam todos os dados para série climática pretendida no início deste trabalho (1997-2014).

De seguida, o conjunto de dados obtidos foi organizado num formato padrão e foram efetuadas verificações quanto a erros grosseiros, bem como uma inspeção visual para verificar a consistência dos campos e decidir se se mantinham ou rejeitavam os dados. Nesta fase de organização dos dados foram detetadas numerosas falhas nas estações de Bemposta e Tomar, o que impossibilitou a análise pretendida, eliminando-se por isso estas estações da análise.

Devido ao facto de algumas das estações não terem dados de 1997 a 2006 (Almeirim e Ferreira do Zêzere) e tendo em consideração que estas estações tinham o menor número de falhas de 2006 a 2014, optou-se por limitar o tratamento dos dados às estações com menor número de falhas, selecionando a série climática de 2006 a 2014 para as estações de Almeirim, Santarém e Ferreira do Zêzere. Também se verificou que apenas a temperatura do ar e a precipitação apresentaram valores ao longo deste período de tempo pelo que se teve de limitar o estudo apenas a estas duas variáveis.

No **Quadro 4** apresentam-se as coordenadas geográficas das estações meteorológicas selecionadas para estudo.

**Quadro 4.** Localização geográfica das E.M.A. selecionadas.

Estação	Coordenadas geográficas	
	Latitude	Longitude
Almeirim	39° 09' 57,640''	8° 33' 36,510''
Ferreira do Zêzere	39° 45' 04,676''	8° 17' 26,468''
Santarém	39° 18' 45,667''	8° 45' 33,881''

### 3.3. Organização e Tratamento dos dados

Os dados climáticos da DRAPLVT foram fornecidos em ficheiros com formato DLR (finalRender Plugin), em que cada ficheiro corresponde a um mês do ano e a uma estação em específico. A primeira fase foi organizar o conjunto de dados diários fornecidos pela DRAPLVT para cada uma das estações meteorológicas automáticas.

Para efeitos do presente trabalho foram utilizados dados diários de temperatura máxima, média e mínima e de precipitação de três estações meteorológicas (Almeirim, Santarém e Ferreira do Zêzere) pertencentes à Estação de Avisos da DRAPLVT.

Após esta fase juntaram-se os dados diários de cada ano num ficheiro de excel e foram efetuadas verificações quanto a erros grosseiros. Foi igualmente realizada uma inspeção visual para verificar consistências dos campos e decidir se os dados eram confiáveis. Neste âmbito fez-se um controlo com os dados disponibilizados pela Agência Portuguesa do Ambiente através do SNIRH (Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos) de estações meteorológicas existentes nas proximidades e pelo Boletim climatológico mensal do Instituto Português do Mar e da Atmosfera para verificar, em anos anómalos, se os dados eram confiáveis ou se tinha ocorrido algum erro ou falha na recolha dos dados por parte da EMA que se estava a analisar. Este procedimento foi repetido para as três estações em estudo.

Nesta fase, foram registadas todas as falhas e/ou dados que não eram confiáveis. O **Quadro 5** mostra as falhas ou descontinuidades nas séries temporais bem como, as anomalias para cada uma das estações referente aos dados de temperatura e precipitação. Através destes quadros foi possível verificar quais os anos/ meses em que existiram falhas ou erros e proceder às respetivas correções, ou preenchimentos.

Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo

**Quadro 5.** Registo de falhas detetadas nas EMA em estudo para a temperatura (T) e para a precipitação (P) em dias e das anomalias encontradas (realce a azul).

		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014	
		T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P
Almeirim	Mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Abr	0	0	0	0	0	0	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Jun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Set	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ferreira do Zêzere	Jan	0	0	0	0	0	0	0	0	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fev	0	0	0	0	0	0	0	0	28	28	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mar	0	0	0	0	0	0	0	0	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0
	Abr	0	0	0	0	0	0	19	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mai	0	0	0	0	0	0	0	0	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0
	Out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nov	0	0	0	0	0	0	25	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Dez	0	0	0	0	0	0	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Santarém	Jan	31	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0	31	
	Fev	28	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	28	
	Mar	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	
	Abr	30	30	0	0	0	0	26	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
	Mai	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
	Jun	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	30	
	Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0	31	
	Ago	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0	31	
	Set	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	0	30	0	30	
	Out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	31	0	31	
	Nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	30	
	Dez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0	31	

Depois desta fase, efetuou-se o preenchimento de falhas de temperatura e precipitação e calcularam-se as médias mensais da temperatura do ar (máxima, média e mínima) e os totais mensais da precipitação.

A partir dos valores mensais de temperatura e de precipitação, determinou-se a evapotranspiração potencial e efetuou-se o balanço hídrico através do método de Thornthwaite & Mather (1955). Analisaram-se ainda os valores de armazenamento, deficiência e excesso de água no solo nas localidades consideradas sendo estes especialmente relevantes para o setor agrícola.

### 3.3.1. Preenchimento de falhas

#### 3.3.1.1. Temperatura

O preenchimento das falhas de temperatura foi feito recorrendo à análise de regressão linear simples. Considerou-se a temperatura na estação com falhas como “variável dependente” e estabeleceu-se uma relação com a temperatura noutra estação próxima (variável independente). Na seleção da estação a usar como “referência”, isto é, como “variável independente”, considerou-se o seguinte critério: não existirem falhas no mês em que se pretendia efetuar o preenchimento falhas na série de anos em estudo (9 anos). Tendo em conta este critério, a estação meteorológica de Almeirim foi selecionada para o preenchimento das falhas da EMA de Ferreira do Zêzere e de Santarém. No **Quadro 5** pode-se observar que a estação de Almeirim apenas apresenta falhas de temperatura em abril de 2009, acontecendo o mesmo nas restantes as estações meteorológicas em estudo. Por esta razão não foi possível proceder ao preenchimento das falhas ocorridas no mês de abril na EMA de Almeirim e de Ferreira do Zêzere. O preenchimento das falhas ocorridas em abril de 2009 na EMA de Santarém foi efetuado com recurso aos dados divulgados pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera através do boletim agrometeorológico (IPMA, 2009). Recorreu-se ao boletim agrometeorológico do Instituto Português do Mar e da Atmosfera pela dificuldade em arranjar uma estação com o mesmo período de dados e que permitisse a obtenção de dados de qualidade pelo método de preenchimento das restantes falhas de temperatura através do SNIRH.

O preenchimento das falhas de temperatura máxima, média e mínima diária detetadas nas séries temporais das três estações meteorológicas selecionadas foi efetuado com recurso à análise da regressão linear simples, de acordo com a equação (6) (Kazmier, 1982).

$$\bar{Y}_x = a + bX \quad (6)$$

Em que,

$\bar{Y}_x$  é o valor estimado da variável dependente (valor a preencher) dado um valor específico da variável independente;

$X$  é um valor específico da variável independente (valor da estação de referência);

$a$  é o ponto de interseção da reta de regressão linear com o eixo  $Y$ ;

$b$  é o declive da reta de regressão.

O ponto de interseção e o declive da reta de regressão podem ser calculadas com recurso às equações (7) e (8).

$$b = \frac{\sum XY - n\bar{X}\bar{Y}}{\sum X^2 - n\bar{X}^2} \quad (7)$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (8)$$

Para avaliar a qualidade do ajuste do modelo de regressão linear, calculou-se o coeficiente de determinação com recurso à equação (9). O coeficiente de determinação indica a proporção da variância de  $Y$  explicada pelo conhecimento do valor de  $X$  (Kazmier, 1982).

$$r^2 = \frac{a\sum Y + b\sum XY - n\bar{Y}^2}{\sum Y^2 - n\bar{Y}^2} \quad (9)$$

Em que,

$Y$  é a variável dependente (valor a preencher);

$X$  é a variável independente (valor da estação de referência);

$\bar{Y}$  é a média da variável dependente.

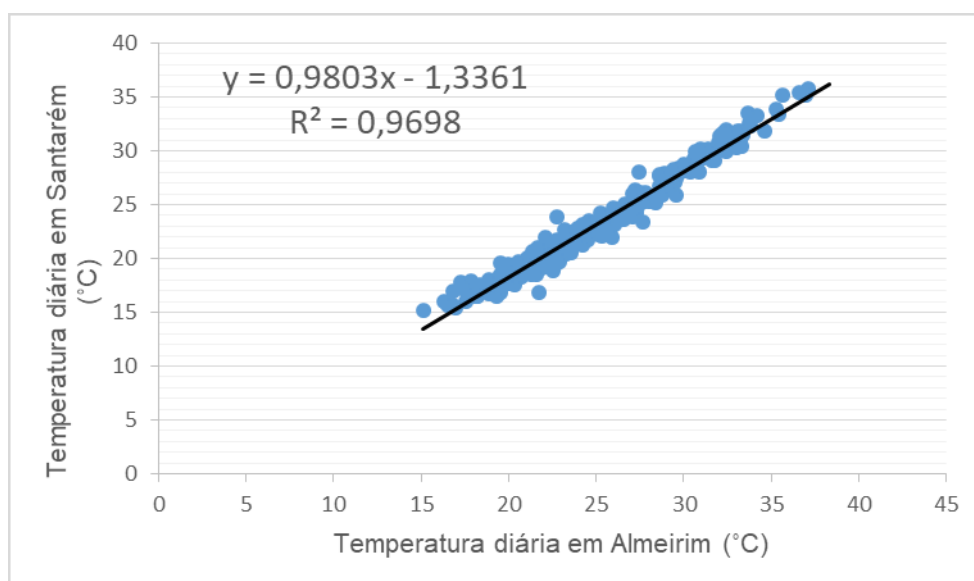
O coeficiente de determinação permitiu avaliar a qualidade dos dados obtidos, no entanto, não pode ser testado estatisticamente. Por esta razão optou-se por determinar o coeficiente de correlação, calculado a partir da raiz quadrada do coeficiente de determinação (equação (10)) (Kazmier, 1982).

$$r = \sqrt{r^2} \quad (10)$$

O coeficiente de correlação “ $r$ ” é uma medida cujo valor se situa entre -1 e 1. O sinal indica a direção da relação entre  $X$  e  $Y$  e o valor absoluto do coeficiente indica a extensão da relação. Numa regressão linear, o sinal de “ $r$ ” é sempre igual ao sinal de “ $b$ ”.

A análise da correlação permite medir o grau de relação entre as variáveis. O grau de relação ideal é ‘ $r$ ’ igual a 1 pelo que quanto mais próximo o valor for de 1 ou -1 maior a qualidade do ajustamento da reta aos valores observados.

A título de exemplo, apresenta-se na **Figura 10** a regressão linear ajustada aos dados de temperatura máxima diária do mês de maio, entre a EMA de Santarém e a EMA de Almeirim, durante o período de 2006 a 2014.



**Figura 10.** Relação entre as temperaturas máximas diárias registadas no mês de Maio na EMA de Santarém e na de Almeirim no período de anos em estudo (Equação da reta e coeficiente de determinação representado no corpo da figura).

Após o preenchimento das falhas e anomalias diárias de temperatura máxima, média e mínima foram calculadas as respetivas médias mensais e desvios padrão.

### 3.3.1.2. Precipitação

O preenchimento das falhas de precipitação foi efetuado de duas formas dependendo da disponibilidade de dados. O método de preenchimento dos dados de precipitação foi o método MOVE.2. Nos casos em que não foi possível a aplicação deste método por falha simultânea de valores em ambas as estações, recorreu-se ao boletim agrometeorológico disponibilizado pelo IPMA.

Com recurso ao método de MOVE.2 foi possível preencher as falhas existentes na EMA de Ferreira do Zêzere. Para a aplicação deste método foi necessário ter outra estação meteorológica e para isso recorreu-se aos dados da estação meteorológica de Rego da Murta por demonstrar maior correlação de dados.

Os dados da estação meteorológica de Rego da Murta foram extraídos do portal do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) (Instituto da Água, 2018). Esta estação tinha dados em comum com a EMA de Ferreira do Zêzere desde janeiro de 2006 a janeiro de 2013.

As falhas da EMA de Santarém foram preenchidas com a precipitação apresentada nos boletins agrometeorológicos divulgados pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera relativamente ao mês de abril de 2009, ano de 2013 e 2014 (IPMA, 2009; IPMA, 2013; IPMA, 2014).

O método MOVE.2 é calculado com base na equação (11) (Hirsch, 1982).

$$\hat{y}(i) = \hat{m}(y) + \frac{\hat{S}(y)}{S(x)} [x(i) - m(x)] \quad (11)$$

em que segundo Hirsh (1982),

$$\hat{m}(y) = m(y_1) + \frac{N_2}{(N_1+N_2)} r \frac{S(y_1)}{S(x_2)} (m(x_2) - m(x_1)) \quad (12)$$

$$\hat{S}^2(y) = \frac{1}{N_1+N_2-1} \left\{ (N_1 - 1) + S^2(y_1) + (N_2 - 1) r^2 \frac{S^2(y_1)}{S^2(x_1)} S^2(x_2) + (N_2 - 1) \alpha^2 (1 - r^2) S^2(y_1) + \frac{N_1 N_2}{(N_1+N_2)} r^2 \frac{S^2(y_1)}{S^2(x_1)} (m(x_2) - m(x_1))^2 \right\} \quad (13)$$

Dois dos parâmetros desta equação foram desenvolvidos por Matalas & Jacobs (1964) nomeadamente,  $\hat{m}(y)$  e  $\hat{S}^2(y)$  sendo ambos, respetivamente, estimativas não enviesadas da média e da variância de  $y$ .

### 3.3.2. Evapotranspiração potencial

Para o cálculo da evapotranspiração potencial (ETP) de cada mês, foi utilizado o método de Thornthwaite (1948), de acordo com a seguinte equação:

$$ETP_i = ETN_i \times K_i \quad (14)$$

em que,

ETP<sub>i</sub> é a Evapotranspiração potencial do mês  $i$  (mm),

ETN<sub>i</sub> é a Evapotranspiração potencial não ajustada do mês  $i$  (mm),

$K$  é um fator de correção que leva em consideração o fotoperíodo médio, a latitude do local e o número de dias do mês em questão (ver Anexos,

**Quadro 15.** Fator de ajustamento da duração da luz solar para o hemisfério Norte.).

A Evapotranspiração potencial não ajustada (ETN), representa a evapotranspiração estimada para um mês padrão com um fotoperíodo de 12 horas e com 30 dias. Quando o valor médio da temperatura do ar é inferior a 26,5 °C, Thornthwaite (1948), propôs estimar ETN<sub>i</sub>, usando a seguinte equação:

$$ETNi = 16 \left(10 \frac{T}{I}\right)^a \quad (15)$$

em que,

T é a temperatura média do mês i (°C),

I é o índice térmico anual, dado pela equação (EP.3):

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_i}{5}\right)^{1,514} \quad (16)$$

a é calculado com a equação (17):

$$a = 6,75 \times 10 - 7 \times I^3 - 7,71 \times 10 - 5 \times I^2 + 1,792 \times 10 - 2 \times I + 0,49239 \quad (17)$$

Quando a temperatura média é superior a 26,5 °C, é necessário aplicar um fator de correção de temperatura para atenuação do valor de ETNi, estimado a partir da equação (EP.2). No caso do presente trabalho, tal não foi necessário pois os valores da temperatura média nas três EMA's em estudo e no período de tempo considerado nunca igualou ou excedeu o valor de 26,5 °C.

### 3.3.3. Balanço Hídrico

O balanço hídrico do solo exprime as variações do teor de água no solo, num intervalo de tempo, estando estas variações dependentes das diferenças ocorridas entre a precipitação e a evapotranspiração.

Para estimar a disponibilidade hídrica mensal do solo foram necessários os dados de precipitação e da evapotranspiração potencial (apresentada no ponto 3.3.2) e a equação do balanço hídrico mensal na forma (Thorntwaite-Mather, 1955):

$$\Delta A = R - (ETR + S) \quad (18)$$

onde,  $\Delta A$  é a variação do armazenamento de água no solo, R é a precipitação mensal, ETR é a evapotranspiração real mensal e S é o excesso de água no solo.

Considerou-se uma capacidade máxima de armazenamento de água no solo (U) de 100 mm por ser um valor médio representativo para a maioria dos solos da região.

Em R (mm) são colocados os dados da precipitação média mensal.

Através da diferença entre a evapotranspiração potencial e a precipitação mensal (R-ETP) é possível determinar a perda potencial de água do solo (L). Quando R-ETP é

superior a zero não existe perda de água no solo. Se R-ETP é inferior a zero existem duas formas de preencher (ver exemplo do balanço hídrico no Anexo II,

Quadro 16): quando é um mês isolado coloca-se a positivo o valor resultante de R-ETP em L; quando R-ETP é inferior a zero em vários meses consecutivos, coloca-se a positivo o valor resultante de R-ETP em L no primeiro mês e nos meses seguintes é usada a seguinte fórmula  $L - (R-ETP)$ .

A evapotranspiração real (ETR) é igual á evapotranspiração potencial quando R-ETP é superior a zero e quando R-ETP é inferior a zero é igual á diferença entre a precipitação mensal e a variação do armazenamento de água no solo.

O armazenamento de água no solo (A) é calculado segundo a seguinte fórmula:

$$A = U \times e^{-L/U} \quad (19)$$

onde, U é a capacidade de armazenamento de água no solo e L a perda potencial de água do solo.

A variação do armazenamento de água no solo ( $\Delta A$ ) é determinada através da subtração entre a quantidade de água armazenada no mês anterior e a quantidade de água armazenada no mês em causa.

A deficiência de água no solo (D) é determinada pela subtração entre a evapotranspiração potencial e a evapotranspiração real (ETP-ETR).

O excesso de água no solo (S) é determinado pela subtração entre a precipitação média mensal, a evapotranspiração real e a variação do armazenamento de água no solo ( $R-ETR-\Delta A$ ).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Temperatura

Neste ponto apresentam-se os resultados das regressões efetuadas para o preenchimento das falhas de temperatura bem como os resultados relativos aos valores médios mensais da temperatura mínima, média e máxima para as três estações em estudo.

Nos **Quadro 6 e 7** apresentam-se os resultados das regressões efetuadas para o preenchimento das falhas de temperatura máxima, temperatura média e temperatura mínima, realizadas conforme descrito no ponto 3.3.1.1. São também apresentados os valores dos coeficientes de determinação e de correlação.

De uma forma geral, as regressões foram muito significativas ( $p < 0,001$ ), apresentando valores de  $r$  que variaram entre 0,711 e os 0,985. Conforme referido anteriormente, quanto mais próximo o coeficiente de correlação estiver da unidade, maior a fiabilidade dos dados obtidos para preenchimento das falhas de temperatura. Para a temperatura média obtiveram-se melhores correlações do que para a temperatura mínima e máxima, tanto na estação meteorológica de Santarém como a de Ferreira do Zêzere.

O coeficiente de determinação, medida descritiva da qualidade do ajuste obtido, variou entre 0,5794 ( $T_{min}$ , junho 2006) e 0,9698 ( $T_{máx.}$ , maio 2006). O  $r^2$  de 0,9698 obtido para a temperatura máxima no mês de maio de 2006 na EMA de Santarém significa que 96,98% da variação total na temperatura é explicada pelo modelo de regressão ajustado.

Este modelo de regressão linear simples apresentou um bom desempenho para a estimativa do preenchimento das falhas existentes nos dados de temperatura máxima, média e mínima do ar nas estações meteorológicas em estudo.

**Quadro 6.** Resultados das regressões lineares simples entre os valores de temperatura máxima (Tmax), temperatura média (Tmed) e temperatura mínima (Tmin) de Almeirim e de Santarém. (a) ponto de interceção da linha de regressão com o eixo Y; (b) declive da linha de regressão; ( $r^2$ ) coeficiente de determinação e (r) coeficiente de correlação.

	Mês/Ano	b	a	$r^2$	r
Tmax	jan-06	0,9141	0,3762	0,7513	0,8668
	fev-06	0,8646	1,5808	0,7613	0,8725
	mar-06	0,9582	-0,2728	0,9174	0,9578
	mai-06	0,9803	-1,3361	0,9698	0,9848
	jun-06	0,9622	-1,0362	0,9472	0,9732
	set-12	0,9892	-1,3016	0,9295	0,9641
	out-12	0,92	0,4961	0,8882	0,9424
Tmed	jan-06	0,8779	1,4206	0,8896	0,9432
	fev-06	0,8707	1,5642	0,8653	0,9302
	mar-06	1,0223	-0,2713	0,9110	0,9545
	mai-06	1,0075	-0,5776	0,9694	0,9846
	jun-06	0,9944	-0,5806	0,9474	0,9733
	set-12	1,0261	-0,7546	0,9338	0,9663
	out-12	0,9931	0,2071	0,8493	0,9216
Tmin	jan-06	0,7315	2,4958	0,7732	0,8793
	fev-06	0,6371	3,0426	0,7029	0,8384
	mar-06	0,6914	3,3345	0,6494	0,8059
	mai-06	0,8227	2,8243	0,7308	0,8549
	jun-06	0,7247	4,4034	0,5794	0,7612
	set-12	0,6635	6,043	0,5795	0,7612
	out-12	0,6773	5,3037	0,5832	0,7637

**Quadro 7.** Resultados das regressões lineares simples entre os valores de temperatura máxima (Tmax), temperatura média (Tmed) e temperatura mínima (Tmin) entre Almeirim e Ferreira do Zêzere. (a) ponto de interceção da linha de regressão com o eixo Y; (b) declive da linha de regressão; ( $r^2$ ) coeficiente de determinação e (r) coeficiente de correlação.

	Mês/Ano	b	a	$r^2$	r
Tmax	jan-10	0,9892	-0,8974	0,6564	0,8102
	fev-10	1,1085	-3,0565	0,868	0,9317
	mar-10	1,1143	-3,7275	0,9212	0,9598
	mai-10	1,0261	-2,5963	0,9181	0,9582
	nov-09	1,0328	-2,3003	0,8284	0,9102
	dez-09	0,842	1,2254	0,5057	0,7111
Tmed	jan-10	0,9509	-0,9339	0,9088	0,9533
	fev-10	0,9539	-0,9093	0,8921	0,9445
	mar-10	1,0035	-1,4776	0,9225	0,9605
	mai-10	1,0018	-1,4458	0,9075	0,9526
	nov-09	0,9781	-1,3012	0,925	0,9618
	dez-09	0,9713	-1,2344	0,9063	0,9520
Tmin	jan-10	0,9505	-0,8443	0,8482	0,9210
	fev-10	0,8968	-0,5816	0,844	0,9187
	mar-10	0,8892	-0,2004	0,7936	0,8908
	mai-10	0,8518	1,0443	0,7428	0,8619
	nov-09	0,9421	-0,522	0,8617	0,9283
	dez-09	0,9535	-0,9434	0,8916	0,9442

No **Quadro 8**, **Quadro 9** e **Quadro 10** apresentam-se, respetivamente, os valores médios mensais da temperatura máxima, média e mínima para os anos de 2006 a 2014 em cada uma das estações meteorológicas automáticas em estudo.

Quanto à temperatura máxima, Almeirim apresenta o valor mais elevado em agosto de 2010 (35,2 °C) e o mais baixo em janeiro de 2010 (15,1 °C). Ferreira do Zêzere apresenta o valor mais elevado de temperatura máxima, em agosto de 2010 (33,5 °C) e o mais baixo em janeiro de 2009 (11,9 °C). Santarém, também apresenta o valor mais elevado em agosto de 2010 (33,2 °C) e o mais baixo em janeiro de 2009 (12,3 °C).

Na temperatura média, Almeirim tem o valor mais baixo de 7,9 °C em janeiro de 2006 e o mais elevado de 24,9 °C a agosto de 2010. Ferreira do Zêzere apresenta, a agosto de 2010 um valor máximo de 23,8 °C e a janeiro de 2006 apresenta o mínimo de 6,6 °C. Santarém também apresenta, a agosto de 2010 um valor máximo de 24,5 °C e a janeiro de 2006, o mínimo de 8,4 °C.

Na temperatura mínima, Almeirim tem em janeiro de 2006, o valor mais baixo de 2,7 °C e a agosto de 2010, o valor mais alto de 16,1 °C. Ferreira do Zêzere apresenta, a

## Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo

agosto de 2010 um valor máximo de 15,9 °C e a fevereiro de 2012 apresenta o mínimo de - 0,4 °C. Santarém apresenta, a agosto de 2006 um valor máximo de 17,4 °C e tal como Ferreira do Zêzere, fevereiro de 2012 é onde apresenta o mínimo de temperatura mínima (3,3 °C).

Almeirim é a localidade que apresenta uma média de temperatura máxima do ar mais elevada nos meses de verão atingindo regularmente valores acima do 30 °C. Ferreira de Zêzere apresenta uma média de temperatura mínima mais reduzida tendo, invernos mais frios chegando a atingir temperaturas negativas.

**Quadro 8.** Médias mensais da temperatura máxima do ar (°C) das EMA em estudo na série de anos de 2006 a 2014 (falhas de dados apresentam "-").

		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Almeirim</b>	Jan	14,2	15,4	17,4	13,5	13,9	14,4	16,9	15,4	14,7
	Fev	16,0	17,1	18,5	17,6	14,2	17,6	17,0	14,9	15,0
	Mar	18,3	19,6	19,0	22,8	17,6	18,9	22,4	16,0	19,2
	Abr	23,2	22,6	22,6	-	22,6	25,9	18,1	20,9	21,7
	Mai	28,4	24,7	22,6	26,5	24,5	27,4	25,9	23,7	25,9
	Jun	29,8	27,3	30,2	29,6	28,8	29,2	28,4	28,6	27,5
	Jul	33,5	31,2	31,2	30,4	34,3	29,9	31,0	32,5	30,3
	Ago	34,7	31,4	31,0	33,6	35,2	30,9	31,5	34,2	30,5
	Set	30,5	31,0	29,1	31,0	30,4	30,3	30,8	31,2	27,6
	Out	24,7	25,9	24,7	27,0	23,4	28,5	23,4	23,9	25,6
	Nov	20,4	21,2	18,8	18,9	17,7	18,5	16,8	18,0	17,9
	Dez	15,8	15,8	15,0	14,5	14,9	15,8	15,5	15,7	15,1
<b>Ferreira do Zêzere</b>	Jan	13,9	14,7	15,9	11,9	12,8	13,9	16,5	13,5	13,1
	Fev	15,8	15,5	16,9	16,6	12,7	16,1	16,4	13,3	13,3
	Mar	16,8	17,9	17,2	21,3	15,9	17,3	21,3	14,4	18,0
	Abr	21,9	20,9	20,8	-	22,5	24,3	15,9	19,1	20,6
	Mai	26,6	22,7	20,3	24,3	23,5	26,0	23,3	21,1	23,8
	Jun	28,1	24,7	26,8	27,2	26,6	27,2	26,3	26,2	25,6
	Jul	31,6	27,9	28,7	27,2	32,2	27,8	28,8	31,5	28,3
	Ago	32,8	29,6	28,3	31,2	33,5	29,1	29,7	32,6	28,4
	Set	28,2	29,4	26,8	29,4	29,0	28,8	29,9	29,8	25,9
	Out	22,5	24,6	22,6	25,1	21,5	27,8	21,8	22,1	24,0
	Nov	18,5	20,1	16,6	17,0	15,6	17,4	15,8	16,5	15,9
	Dez	14,8	15,0	13,3	13,4	13,2	15,1	13,8	14,4	14,4
<b>Santarém</b>	Jan	13,3	13,9	16,1	12,3	13,1	12,9	15,2	14,5	16,2
	Fev	15,4	15,8	17,4	16,4	13,4	16,4	15,7	14,2	17,4
	Mar	17,2	17,9	17,4	21,2	16,9	17,4	21,1	15,8	19,1
	Abr	-	20,6	21,2	-	21,6	24,0	17,0	19,7	20,5
	Mai	26,5	22,2	20,9	24,5	22,9	25,9	23,9	21,5	24,2
	Jun	27,2	25,0	27,4	27,5	26,4	27,0	26,8	26,9	26,3
	Jul	30,8	28,7	28,9	27,6	31,4	27,5	28,7	31,0	28,5
	Ago	32,3	29,2	28,3	31,1	33,2	28,7	29,5	32,3	28,5
	Set	28,2	29,4	27,2	29,1	28,3	28,7	29,7	30,0	26,5
	Out	22,8	24,4	22,9	25,3	21,7	27,3	21,1	22,9	24,7
	Nov	18,5	19,5	16,8	17,3	16,2	17,2	15,6	16,9	17,5
	Dez	14,3	14,5	13,7	13,8	13,4	14,9	14,5	15,4	14,8

Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo

**Quadro 9.** Médias mensais da temperatura média do ar (°C) das EMA em estudo na série de anos de 2006 a 2014 (falhas de dados apresentam "-").

		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Almeirim</b>	<b>Jan</b>	7,9	9,0	11,0	9,0	9,7	9,7	8,8	10,4	10,9
	<b>Fev</b>	9,2	11,5	12,2	10,6	9,6	10,5	8,4	9,2	10,5
	<b>Mar</b>	12,7	12,7	12,4	14,6	11,7	12,4	13,8	11,8	12,2
	<b>Abr</b>	15,9	15,0	15,3	-	15,6	17,9	12,4	14,1	15,0
	<b>Mai</b>	19,2	17,1	15,8	18,2	17,1	19,6	18,3	15,7	17,7
	<b>Jun</b>	21,2	19,6	21,2	21,5	20,1	20,6	20,6	20,7	20,0
	<b>Jul</b>	24,2	22,2	22,1	21,6	24,2	21,3	21,7	23,1	21,6
	<b>Ago</b>	24,7	22,5	21,6	23,4	24,9	21,9	22,1	23,6	21,8
	<b>Set</b>	21,3	21,5	20,1	21,5	20,7	20,8	22,0	22,0	20,6
	<b>Out</b>	18,4	17,8	16,5	19,1	15,9	19,4	16,5	17,6	19,0
	<b>Nov</b>	14,8	12,6	10,9	13,6	11,9	12,5	11,5	11,8	13,5
	<b>Dez</b>	9,5	9,0	9,4	10,3	10,2	9,7	10,3	9,4	8,8
<b>Ferreira do Zêzere</b>	<b>Jan</b>	6,6	7,9	9,5	7,5	8,3	8,3	7,5	8,5	9,6
	<b>Fev</b>	8,1	10,0	10,8	8,9	8,2	9,2	7,3	7,8	8,8
	<b>Mar</b>	11,4	11,1	10,9	13,0	10,2	10,9	12,7	10,1	11,0
	<b>Abr</b>	14,7	13,3	13,6	-	15,4	16,6	10,6	12,4	14,1
	<b>Mai</b>	17,9	15,4	14,2	16,7	16,5	18,2	16,3	14,1	16,1
	<b>Jun</b>	19,7	17,7	19,4	19,9	19,1	19,2	19,0	18,7	18,4
	<b>Jul</b>	22,8	20,2	20,6	19,7	23,1	19,8	20,2	22,1	20,4
	<b>Ago</b>	23,3	20,9	20,1	22,1	23,8	20,7	20,7	22,5	20,4
	<b>Set</b>	20,0	20,3	18,3	20,0	19,9	19,7	20,8	21,0	18,9
	<b>Out</b>	16,8	15,7	14,7	17,3	14,4	18,2	15,1	15,8	17,4
	<b>Nov</b>	13,2	10,4	9,1	12,0	10,1	11,3	10,4	10,5	11,8
	<b>Dez</b>	7,9	7,6	7,8	8,8	8,4	8,4	8,9	7,8	7,3
<b>Santarém</b>	<b>Jan</b>	8,4	9,4	11,4	9,1	9,7	9,4	9,8	10,6	10,7
	<b>Fev</b>	9,6	11,4	12,4	10,8	9,6	10,9	9,3	9,5	10,2
	<b>Mar</b>	12,7	12,5	12,1	14,7	11,5	12,3	14,3	11,6	12,4
	<b>Abr</b>	-	14,5	15,1	14,0	15,7	17,7	12,2	13,9	14,8
	<b>Mai</b>	18,7	16,3	15,3	17,9	17,0	19,1	17,4	15,2	17,2
	<b>Jun</b>	20,3	18,7	20,4	20,7	19,4	20,1	20,2	20,1	19,6
	<b>Jul</b>	23,5	21,6	21,3	20,7	23,5	20,6	21,2	22,6	21,1
	<b>Ago</b>	24,1	21,9	21,1	22,9	24,5	21,4	21,7	23,2	21,3
	<b>Set</b>	20,8	21,2	19,7	21,2	20,5	20,8	22,2	22,0	20,4
	<b>Out</b>	18,2	18,0	16,5	19,2	16,0	19,9	15,8	17,5	19,6
	<b>Nov</b>	14,7	13,6	11,4	13,6	12,0	12,8	11,5	12,3	13,5
	<b>Dez</b>	9,9	10,0	10,0	10,2	10,0	10,5	10,6	9,9	10,0

Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo

**Quadro 10.** Médias mensais da temperatura mínima do ar (°C) das EMA em estudo na série de anos de 2006 a 2014 (falhas de dados apresentam "-").

		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Almeirim	Jan	2,7	4,2	5,7	4,9	6,3	6,0	2,5	6,1	7,8
	Fev	3,6	6,5	7,4	4,6	5,5	4,8	0,4	4,4	6,2
	Mar	7,8	6,5	6,7	7,5	6,8	7,1	6,1	8,0	6,2
	Abr	9,9	8,6	8,9	-	9,4	11,2	7,7	8,1	9,4
	Mai	10,6	10,5	10,1	10,5	10,0	13,3	11,4	8,5	10,6
	Jun	13,9	12,8	13,1	14,8	13,3	13,0	13,3	12,9	13,2
	Jul	16,3	14,5	14,2	14,0	16,0	14,1	13,6	15,4	14,5
	Ago	16,1	14,6	14,0	15,2	16,1	14,6	14,2	14,9	14,5
	Set	14,3	14,4	13,1	14,3	12,8	13,7	14,8	14,3	15,7
	Out	13,6	10,9	9,7	12,8	10,1	11,7	11,0	12,6	13,8
	Nov	10,6	5,3	4,3	9,3	7,1	7,8	7,0	6,6	9,8
Dez	4,5	3,9	5,1	6,4	6,4	4,5	6,3	4,3	3,7	
Ferreira do Zêzere	Jan	1,6	3,3	5,0	4,0	5,1	4,4	1,4	4,8	6,7
	Fev	2,6	5,5	6,3	3,0	4,3	3,7	-0,4	3,3	5,2
	Mar	7,2	5,2	5,7	6,2	5,8	6,1	5,6	6,6	5,4
	Abr	9,0	7,4	7,9	-	9,2	10,5	6,8	6,7	8,9
	Mai	10,6	9,8	9,6	9,7	10,1	12,4	10,4	7,9	10,0
	Jun	13,4	11,7	12,3	13,6	12,9	12,8	12,8	12,3	12,4
	Jul	16,1	13,6	13,8	13,5	15,6	13,5	13,6	15,4	14,3
	Ago	15,6	13,9	13,9	15,1	15,9	14,5	14,1	14,8	14,6
	Set	14,0	13,6	11,9	13,3	13,1	12,9	13,9	14,2	14,5
	Out	12,4	9,1	8,6	11,5	8,7	10,8	10,0	11,3	13,0
	Nov	9,7	3,7	3,8	8,3	6,0	7,3	6,1	5,6	8,8
Dez	3,4	2,7	3,6	5,1	4,8	3,6	5,3	3,4	2,4	
Santarém	Jan	4,5	6,0	7,6	5,8	6,8	6,1	4,4	7,5	7,6
	Fev	5,3	7,5	9,0	6,4	5,9	6,0	3,3	5,9	5,6
	Mar	8,7	8,0	7,6	9,4	7,0	7,9	8,5	8,4	7,7
	Abr	-	9,7	10,1	-	10,7	12,4	8,5	9,0	10,5
	Mai	11,6	11,1	10,7	11,8	11,2	14,0	12,2	9,5	11,6
	Jun	14,5	13,2	13,8	14,8	13,6	14,4	14,6	13,9	14,0
	Jul	17,3	15,3	14,7	14,6	16,3	15,2	15,2	16,1	15,4
	Ago	17,4	15,7	15,3	15,9	16,8	15,9	16,0	16,0	15,9
	Set	15,2	15,3	14,2	15,4	14,6	14,9	17,0	16,0	16,5
	Out	14,7	13,0	11,5	14,1	11,4	13,7	11,9	13,6	15,6
	Nov	11,8	8,6	7,1	10,3	8,3	9,1	8,2	8,4	10,4
Dez	6,4	6,3	7,0	6,8	6,7	6,3	7,6	6,0	6,1	

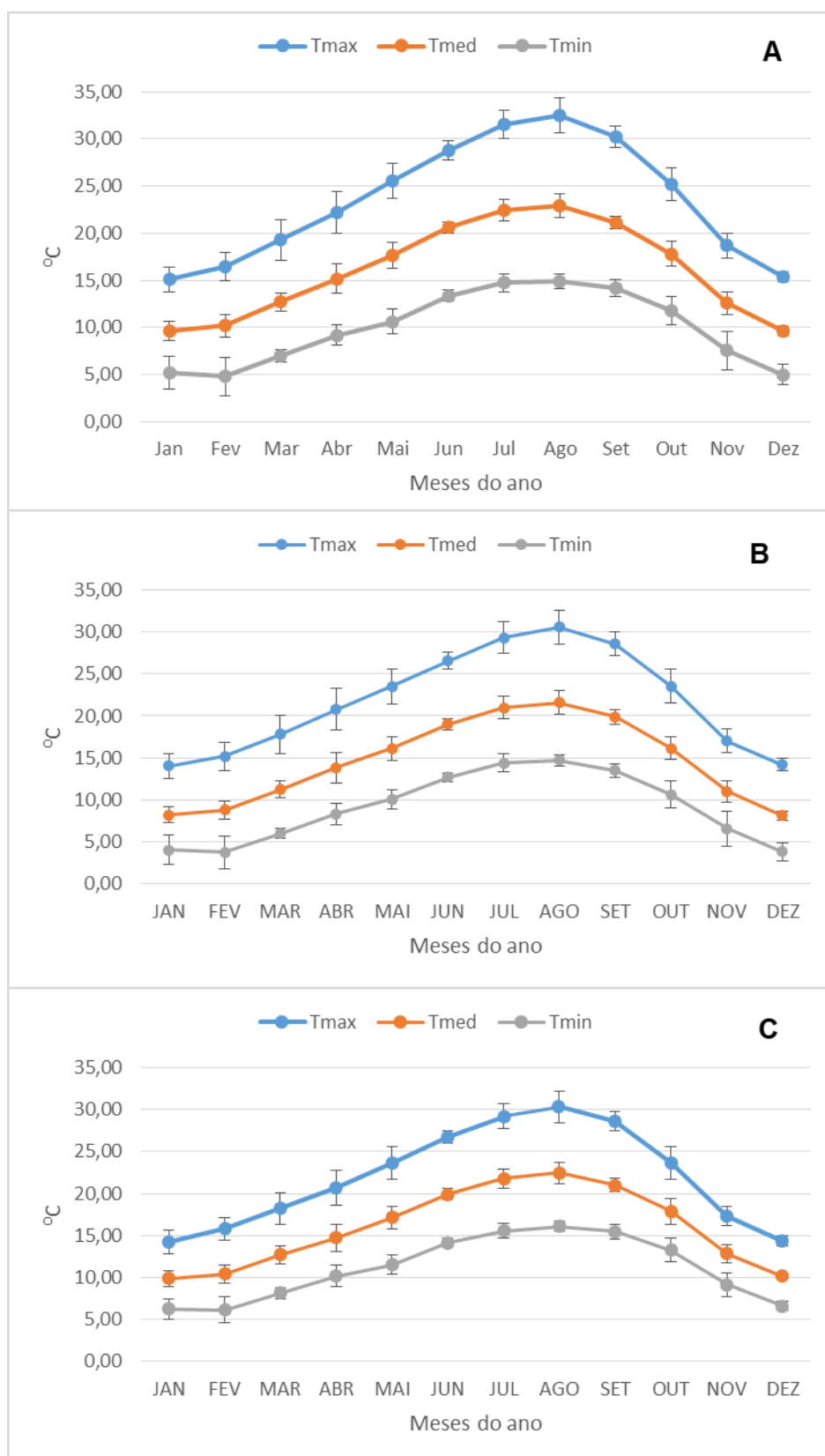
Na **Figura 11** apresentam-se os valores médios e respetivos desvios padrão da temperatura máxima, média e mínima no período de 2006 a 2009. Podemos verificar que as temperaturas aumentam gradualmente de janeiro a agosto e depois voltam a baixar gradualmente até dezembro em todas as estações meteorológicas em estudo.

Em Almeirim a temperatura máxima do ar é atingida no mês de agosto (32,54 °C) e a temperatura mínima do ar é atingida no mês de fevereiro (4,81 °C). Em Ferreira do Zêzere, a temperatura máxima do ar é atingida no mês de agosto (30,59 °C) e a temperatura mínima do ar é atingida no mês de fevereiro (3,72 °C). O mesmo sucede em Santarém em que, a temperatura máxima do ar e a mínima do ar são atingidas no mês de agosto (30,34 °C) e fevereiro (6,10 °C), respetivamente.

A análise baseada no período 2006/2014 mostra que a temperatura média anual varia cerca de 1,4 °C entre Almeirim e Ferreira do Zêzere (repare-se que Ferreira do Zêzere está situada mais a norte que as outras duas localidades, razão que pode justificar essa diferença) As diferenças encontradas entre Almeirim e Santarém não são tão evidentes (note-se que são estações mais próximas), observando-se diferenças na ordem dos 0,1 °C.

Em todos os anos foi em Almeirim que se registou a temperatura média anual mais elevada de aproximadamente 16 °C comparativamente aos 15,8 °C de Santarém e aos 14,5 °C de Ferreira do Zêzere. Na temperatura mínima anual, foi Ferreira do Zêzere que apresentou as temperaturas mais baixas em todos os anos, registando-se aproximadamente 9,0 °C comparativamente aos 9,8°C de Almeirim e aos 11,0 °C de Santarém.

## Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo



**Figura 11.** Valores médios da temperatura máxima (Tmax), média (Tmed) e mínima (Tmin) e respetivo desvio padrão no período (2006 a 2014) para Almeirim (A), Ferreira do Zêzere (B) e Santarém (C). As barras verticais representam o desvio padrão.

## 4.2. Precipitação

O preenchimento das falhas de precipitação, conforme referido anteriormente, foi efetuado de duas formas: aplicando o método MOVE.2 e recorrendo ao boletim agrometeorológico disponibilizado pelo IPMA. Deste modo, foi possível preencher as falhas de Ferreira do Zêzere (método MOVE.2) e Santarém (boletim agrometeorológico).

Na aplicação do método MOVE.2 na EMA de Ferreira do Zêzere para preenchimento das falhas de precipitação dos anos de 2009 (mês de novembro e dezembro) e 2010 (meses janeiro, fevereiro, março e maio) obteve-se um valor de  $a$  de 1,0099 e um valor de  $b$  de 1,62207.

No **Quadro 11** é possível verificar que, Ferreira do Zêzere é a localidade com maior precipitação anual, seguida de Almeirim e por fim, Santarém. Na EMA de Almeirim não foi possível preencher a falha de dados detetada em abril pelo que, não se apresenta a soma anual, o mesmo aconteceu nos anos de 2006 e 2014 na EMA de Santarém.

Em Ferreira do Zêzere os totais anuais variaram entre os 652,2 mm (2007) e 1498,2 mm (2014), já em Santarém variaram entre os 404,5 mm (2007) e os 923,25 mm (2010) e em Almeirim variaram entre os 410 mm (2007) e os 919 mm (2010).

**Quadro 11.** Valores totais mensais e anuais da precipitação (mm) nas EMA em estudo na série de anos de 2006 a 2014 (falhas de dados apresentam "-").

		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Almeirim	Jan	42,6	61,8	76,4	100,6	73,6	73,2	9,4	86,4	149,6
	Fev	48,4	77,0	82,4	53,0	160,4	110,4	0,4	59,8	140,6
	Mar	116,0	17,8	32,4	7,8	103,6	49,0	2,0	190,2	34,9
	Abr	41,4	24,8	109,6	-	79,6	89,0	49,4	41,4	87,2
	Mai	0,2	34,0	59,8	38,2	27,6	95,6	42,0	13,4	32,8
	Jun	69,0	47,0	1,0	47,2	23,4	0,4	1,2	13,2	31,6
	Jul	3,2	3,4	0,0	5,2	0,0	0,2	0,0	0,8	3,2
	Ago	10,8	3,8	1,6	6,0	0,6	7,2	16,0	0,0	1,2
	Set	45,6	41,6	13,2	4,6	0,0	58,0	48,8	29,8	80,6
	Out	186,0	4,2	18,6	108,6	124,2	78,2	70,6	146,0	94,2
	Nov	169,6	69,8	36,6	81,8	91,8	171,0	144,2	7,8	189,2
	Dez	38,8	24,8	76,0	182,0	234,2	21,6	79,0	89,8	25,6
Total	771,6	410,0	507,6	-	919,0	753,8	463,0	678,6	870,7	
Ferreira do Zêzere	Jan	36,0	21,8	125,8	271,2	166,5	100,6	13,0	219,4	276,6
	Fev	96,4	148,2	95,0	59,6	225,6	114,2	2,6	83,6	268,8
	Mar	161,0	43,8	48,8	33,4	190,4	73,2	6,0	365,4	116,4
	Abr	67,6	67,6	192,2	78,8	59,8	106,4	104,4	53,2	97,0
	Mai	0,2	104,0	104,6	35,4	14,3	85,8	94,8	43,6	64,4
	Jun	90,4	74,4	5,4	53,0	41,4	0,4	6,6	31,4	45,8
	Jul	1,4	10,8	1,2	9,6	0,0	0,2	0,4	1,0	17,2
	Ago	16,8	4,6	8,0	2,0	0,6	28,6	12,6	0,0	6,0
	Set	109,4	49,0	24,6	18,6	3,2	55,4	35,2	165,1	175,4
	Out	342,8	15,0	33,6	132,6	171,0	142,2	118,6	165,0	114,2
	Nov	408,6	83,4	52,2	237,5	124,6	187,0	154,0	25,4	282,0
	Dez	115,8	29,6	201,6	263,8	271,4	44,0	120,6	216,8	34,4
Total	1446,4	652,2	893,0	1195,5	1268,8	938,0	668,8	1369,9	1498,2	
Santarém	Jan	-	27,0	77,5	138,0	117,8	75,5	8,5	90,8	132,4
	Fev	-	96,0	86,8	39,5	147,5	95,5	0,6	41,0	-
	Mar	-	17,5	38,5	14,3	121,5	45,8	38,5	170,3	33,6
	Abr	-	51,3	45,3	44,9	67,8	111,8	65,4	40,3	77,6
	Mai	-	43,5	74,8	30,5	19,5	91,8	49,7	8,4	21,0
	Jun	-	40,0	2,5	50,5	25,0	1,0	3,3	6,6	39,8
	Jul	0,0	1,8	0,8	2,3	1,3	0,3	0,0	16,9	7,9
	Ago	10,0	5,0	2,5	4,5	0,0	32,3	8,3	0,0	0,3
	Set	70,8	20,8	3,0	1,5	0,8	5,8	27,4	39,9	110,6
	Out	221,8	19,3	31,5	44,5	125,5	90,8	83,9	118,2	87,4
	Nov	227,0	55,5	35,3	134,5	99,0	136,0	154,6	15,7	219,0
	Dez	53,0	27,0	92,0	203,8	197,8	22,3	64,1	81,7	25,8
Total	-	404,5	490,25	708,65	923,25	708,5	504,3	629,8	-	

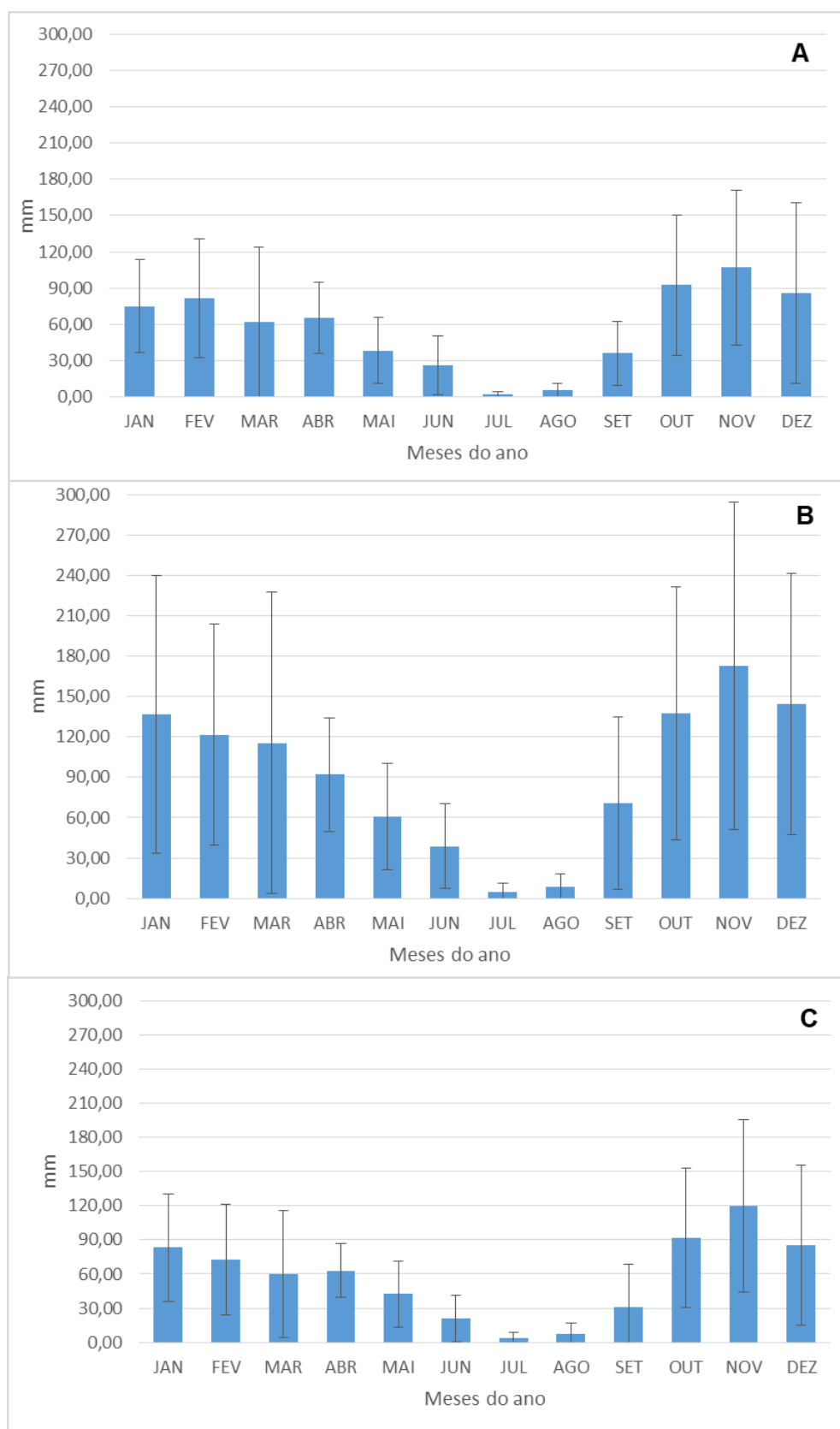
Na **Figura 12** podemos observar a distribuição da precipitação média mensal ao longo do ano nas três localidades em estudo (Almeirim, Ferreira do Zêzere e Santarém) durante o período de 2006 a 2014.

Conforme esperado observa-se que, a distribuição da precipitação ao longo do ano é semelhante nas três localidades em estudo. Os meses mais chuvosos coincidem com os mais frios e os meses mais secos coincidem com os mais quentes. A precipitação é superior nos meses de inverno e primavera, os meses de verão têm uma precipitação residual. Também é possível observar que a precipitação tem um comportamento oposto ao observado para a temperatura (**Figura 11**), à medida que a temperatura aumenta a

## Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo

precipitação diminui e vice-versa. Verifica-se que, o mês de novembro é o que apresenta maior precipitação nas três localidades. A localidade de Ferreira de Zêzere é a que apresenta maior precipitação anual.

## Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo



**Figura 12.** Precipitação média mensal (mm) e desvio padrão para Almeirim (A), Ferreira do Zêzere (B) e Santarém (C), no período de 2006 a 2014.

Nesta figura também é possível analisar o desvio-padrão em cada uma das estações meteorológicas e, ao contrário do observado na temperatura os desvios-padrão são muito elevados devido à elevada variabilidade que caracteriza a precipitação.

### 4.3. Evapotranspiração Potencial

Os valores totais mensais da evapotranspiração potencial nas localidades em estudo no período 2006/2014 apresentam-se na **Figura 13**. Nos **Quadros 17, 18 e 19** (ver Anexos) apresentam-se os valores de ETP para cada uma das localidades bem como os valores do balanço hídrico.

A evapotranspiração potencial tem o seu pico no verão, tendo um aumento progressivo de janeiro a julho/agosto, iniciando de seguida um decréscimo progressivo até dezembro, em todas as localidades.

Nas localidades de Almeirim e Ferreira do Zêzere não foi possível determinar a evapotranspiração potencial no mês de abril de 2009 devido à falha de dados presente neste mês e que não foi possível preencher. Já em Santarém, não foi possível calcular a evapotranspiração potencial no mês de abril de 2006 pela mesma razão.

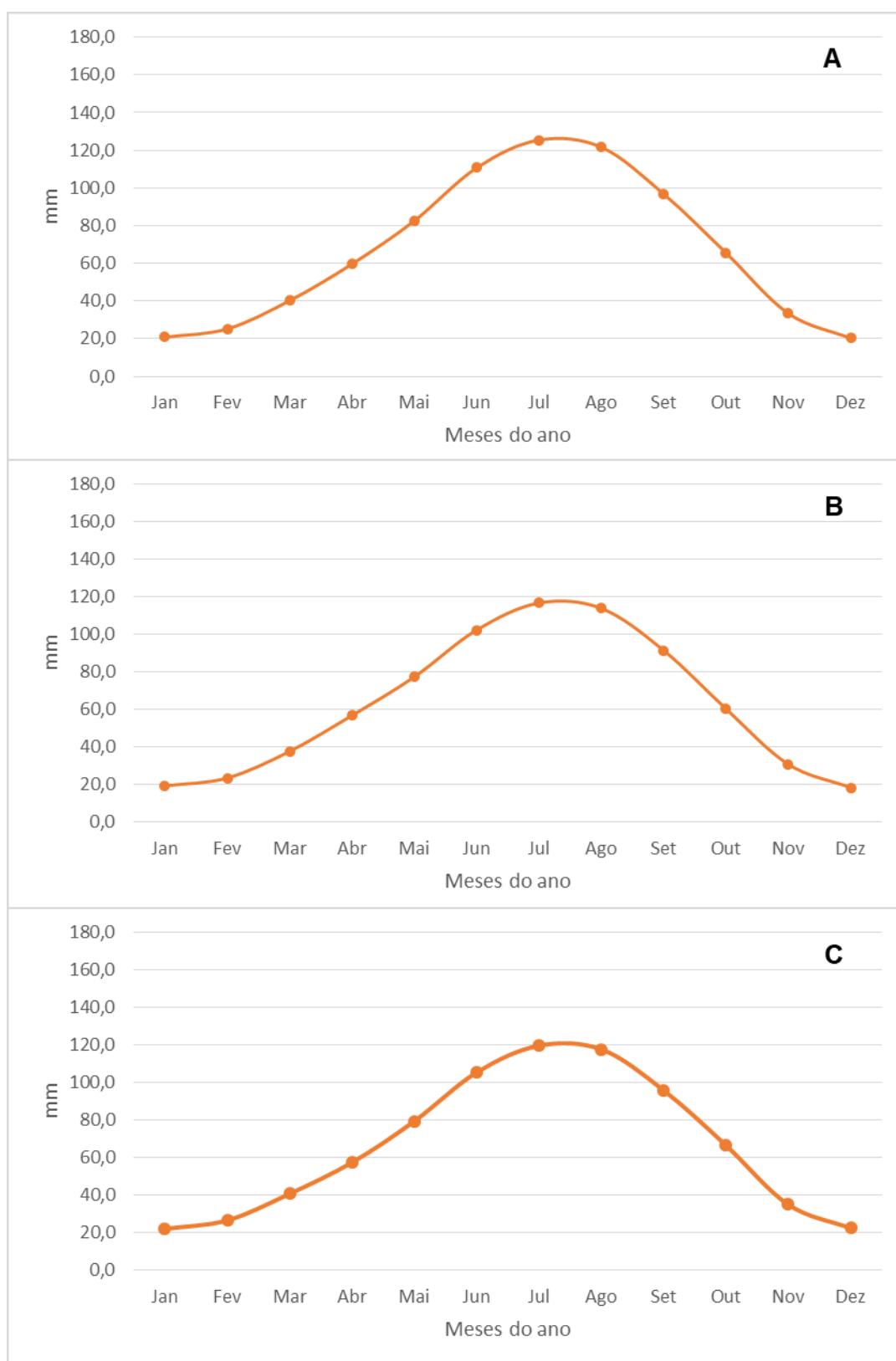
Em Almeirim, a evapotranspiração potencial acumulada variou entre os 779,1 mm/ano (em 2008) e os 835,5 mm/ano (em 2006), no decorrer do período de 2006 a 2014. No mês de janeiro de 2006 atingiu-se o mínimo de ETP (13,7 mm) e em julho de 2010, atingiu-se o máximo de ETP (141,8 mm). A média do período de 2006 a 2014 variou entre os 19,9 mm, em dezembro e 126,3 mm em julho.

Na localidade de Ferreira do Zêzere, a evapotranspiração potencial acumulada variou entre os 728,9 mm/ano (em 2007) e os 777,7 mm/ano (em 2006). Em 2006, atingiu-se o mínimo de 12,5 mm em janeiro e em 2010, o máximo de 133 mm, em julho. A média do período de 2006 a 2014 variou entre os 18,0 mm, em dezembro e os, 117,9 mm em julho.

Em Santarém, o ano de 2011 foi o que registou maior evapotranspiração potencial (800,6 mm/ano). Em 2009, atingiu-se o mínimo de 18,5 mm em janeiro e em 2010, o máximo de 135,4 mm, em agosto. A evapotranspiração potencial acumulada variou entre os 766,4 mm/ano (em 2008) e os 800,6 mm/ano (em 2006). A média do período de 2007 a 2014 variou entre os 22,6 mm, em dezembro e os, 117,7 mm em julho.

A evapotranspiração está diretamente relacionada com a temperatura e por esta razão o comportamento da evapotranspiração é muito similar ao da temperatura (pico no verão e mínimo no inverno).

## Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo



**Figura 13.** Evapotranspiração potencial de Almeirim (A), Ferreira do Zêzere (B) e Santarém (C), no período de 2006 a 2014.

#### 4.4. Balanço hídrico de Thornthwaite & Mather

Neste ponto apresentam-se os resultados do balanço hídrico estimado pelo método de Thornthwaite & Mather (1955) de cada ano da série de dados para as estações meteorológicas em estudo.

Importa referir que apenas se elaborou o balanço hídrico nos anos em que foi possível preencher a totalidade das falhas de temperatura e precipitação (Anexo II - **Quadro 17**, Quadro 18, Quadro 19).

Para a EMA de Almeirim e de Ferreira do Zêzere só não foi possível elaborar o balanço hídrico no ano 2009. Na EMA de Santarém não foi possível elaborar os balanços hídricos nos anos 2006 e 2014.

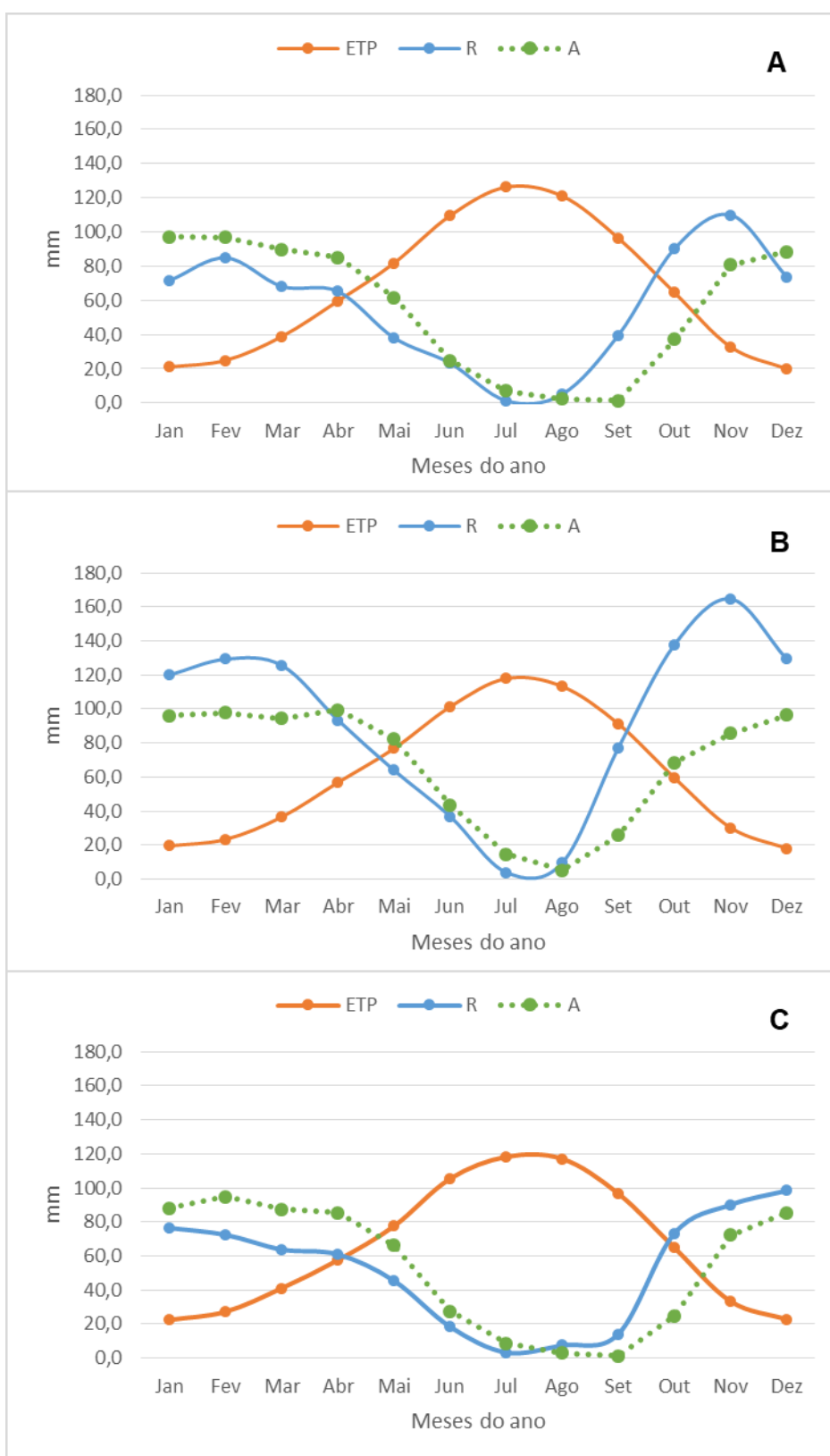
Nos gráficos apresentados na **Figura 14** podemos observar que todas as estações meteorológicas em estudo apresentam:

- Défice de água no solo no período de primavera/verão sendo que, Almeirim e Santarém apresentam um período de défice de água no solo mais prolongado (desde abril ao início de outubro) do que Ferreira do Zêzere que apresenta défice de água no solo desde o mês de maio ao mês de setembro.
- Excesso de água no solo de janeiro a abril/maio e de setembro/outubro a Dezembro. O excesso de água ocorre quando o solo atinge a sua capacidade máxima, e continua a ocorrer precipitação. Podemos verificar que a localidade que apresentou maior excesso de água foi Ferreira do Zêzere.
- Quanto ao armazenamento de água no solo e à sua variação podemos verificar que, o armazenamento de água no solo não ultrapassa os 100 mm porque foi a capacidade de retenção de água definida no cálculo do balanço hídrico. Na **Figura 14** podemos observar que na estação de Almeirim (A) as reservas de água no solo vão diminuindo progressivamente desde fevereiro a maio tendo, depois uma queda abrupta até julho e continuando a diminuir progressivamente até setembro, mês em que o armazenamento atingiu o seu mínimo e também é, a partir o qual, as reservas de água começam a ser lentamente repostas. A água começa efetivamente a ser restituída ao solo entre os meses de outubro e novembro. Em de Ferreira do Zêzere (B) o armazenamento de água no solo mantém-se relativamente estável até ao mês de abril, começando depois a diminuir e quando a precipitação é inferior à evapotranspiração, o armazenamento de água no solo diminui significativamente. Após o mês de

## Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo

agosto inicia novamente a recuperação das reservas de água no solo sendo que, a verdadeira restituição de água ocorre a partir de outubro. Santarém tem um comportamento muito similar a Almeirim.

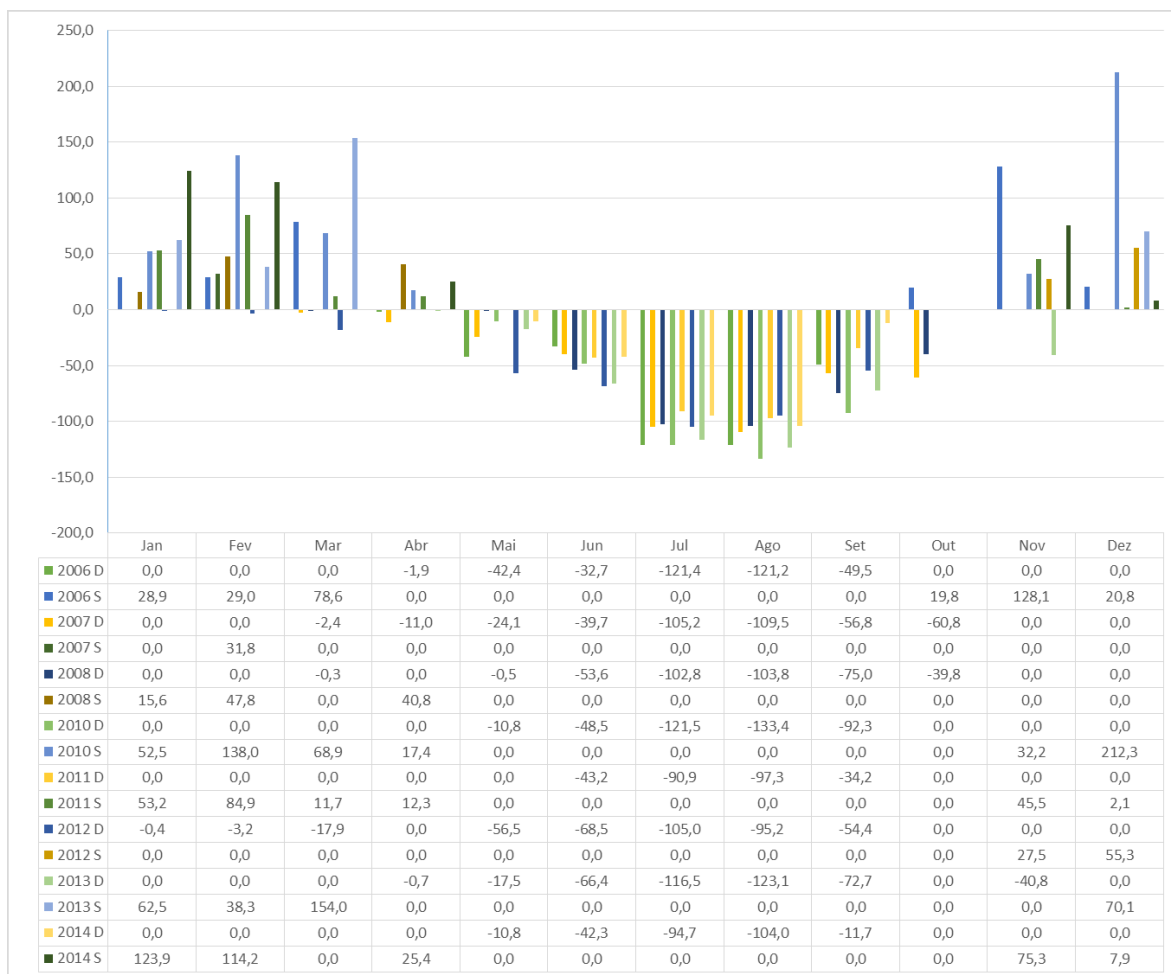
## Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo



**Figura 14.** Médias mensais de evapotranspiração potencial (ETP), precipitação (R) e Armazenamento de água no solo referentes ao período 2006 a 2014 para Almeirim (A), Ferreira do Zêzere (B) e Santarém (C).

Na **Figura 15**, **Figura 16** e **Figura 17** apresenta-se o défice e o excesso de água no solo em cada uma das estações meteorológicas estudadas. Em todas as localidades, o défice de água no solo concentra-se no período de primavera/verão e conforme referido anteriormente, Almeirim e Santarém apresentam um período de défice de água no solo mais prolongado (desde abril ao início de outubro) que Ferreira do Zêzere. Já o excesso de água no solo concentra-se de janeiro a abril/maio e de setembro/outubro a Dezembro. Confrontando os gráficos representados nestas figuras com os da **Figura 14**, o excesso de água começa quando a capacidade de retenção de água no solo (100 mm) é excedida. Com o aumento da precipitação e redução da temperatura do ar, o solo inicia a recuperação das reservas hídricas e começa a apresentar excesso de água, ocorrendo escoamento superficial. A localidade de Ferreira do Zêzere ao apresentar maior precipitação também apresenta maiores excessos de água e um período de défice de água menor quando comparada com as outras duas localidades. Em Almeirim, não é recorrente ocorrer excesso de água sendo que, nos meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro é onde ocorre maior probabilidade de excesso de água. Santarém tem um comportamento muito similar a Almeirim e, é nos meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro que existe probabilidade de ocorrer excesso de água. Tanto Almeirim como Santarém têm poucos anos a apresentar excesso de água, mantendo-se normalmente abaixo da capacidade de campo, originando elevados défices de água no verão. Este facto, gera elevadas necessidades de água pelo que, nesta região é essencial que culturas permaneçam em regime de regadio.

## Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo



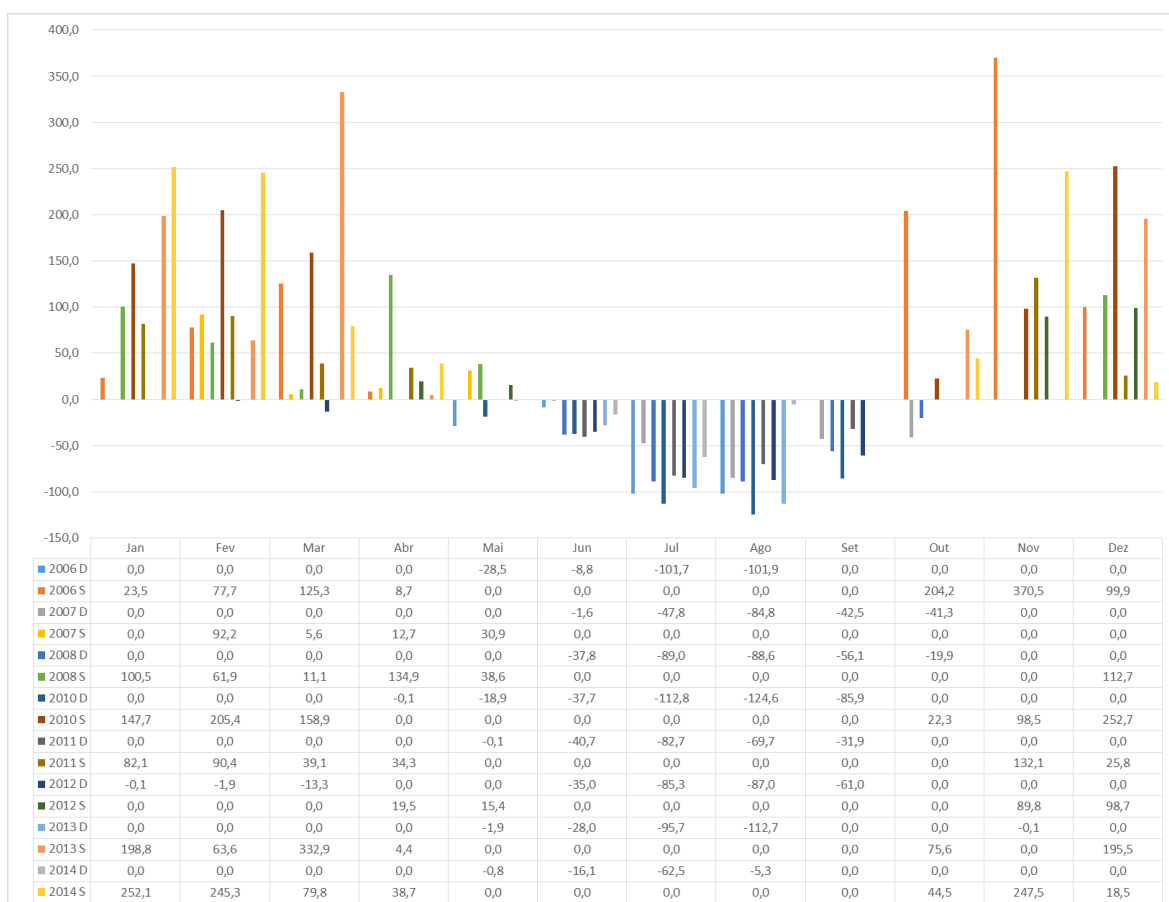
**Figura 15.** Déficit (D) e excesso de água (S) em Almeirim no período de 2006 a 2014.

## Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo



**Figura 16.** Défice (D) e excesso de água (S) em Santarém no período de 2006 a 2014.

## Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo



**Figura 17.** Défice (D) e excesso de água (S) em Ferreira do Zêzere no período de 2006 a 2014.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho foi possível efetuar o estudo dos padrões mensais de comportamento dos valores da temperatura do ar, precipitação e evapotranspiração potencial (ETP) em algumas localidades do Ribatejo: Ferreira do Zêzere, Santarém e Almeirim, no período de tempo compreendido entre 2006 a 2014.

Os dados das estações meteorológicas selecionadas apresentaram inúmeras falhas tendo sido possível preencher praticamente a totalidade ficando apenas a faltar os dados de temperatura do ano 2009 para as localidades de Almeirim e Ferreira do Zêzere e os dados de 2006 para Santarém.

No período de 2006 a 2014, a localidade de Almeirim foi a que apresentou temperaturas médias mais elevadas (16,0°C) e a localidade de Ferreira do Zêzere é a que apresentou temperaturas mínimas mais reduzidas (9,0°C). Consequentemente, a evapotranspiração potencial média foi mais elevada em Almeirim (797 mm), seguida de Santarém (784 mm) e por fim, Ferreira do Zêzere (745 mm). Por esta razão, é possível aferir que as necessidades de rega serão potencialmente superiores na localidade de Almeirim do que em Ferreira do Zêzere.

Ferreira do Zêzere foi a localidade que apresentou precipitação média anual superior, com um valor de aproximadamente 1103 mm, seguida de Almeirim com 668 mm e por fim, Santarém com 634 mm, no período de 2006 a 2014.

Para efetuar uma correta caracterização agroclimática da região do Ribatejo seria necessário recorrer a um maior número de estações e analisar um leque mais alargado de elementos meteorológicos durante um período de tempo mais longo.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Abreu, J. P., & Pereira, L. S. (2010). Impactos e vulnerabilidades da agricultura resultantes das alterações climáticas. Obtido em 1 de Junho de 2018
- Ahrens, C. (2003). *Meteorology today. An introduction to weather, climate and the environment*. (7ª ed.). Thompson.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Em *FAO Irrig. Drain. Pap. 56*. Roma: FAO.
- Alves, M. d., Carvalho, L. G., Oliveira, M. S., Vianello, R. L., Sedyama, G. C., Neto, P. C., & Dantas, A. A. (2015). *Capítulo 4 – Clima. pág.1*. (Z. E. Gerais, Ed.) Obtido em 1 de Fevereiro de 2015, de [http://www.zee.mg.gov.br/pdf/componentes\\_geofisico\\_biotico/4clima.pdf](http://www.zee.mg.gov.br/pdf/componentes_geofisico_biotico/4clima.pdf)
- Andrade, J. A. (2011). *A água no sistema climático*. Obtido em 6 de Maio de 2018, de Universidade de Évora: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/8358/1/A%20%C3%A1gua%20no%20Sistema%20Clim%20C3%A1tico.pdf>
- Braga, R., & Pinto, P. A. (2009). *Alterações Climáticas e Agricultura (1ªed.)*. Obtido em 27 de Janeiro de 2015, de Associação dos Jovens Agricultores de Portugal: [http://agrinov.ajap.pt/manuais/Manual\\_Alteracoes\\_Climaticas\\_e\\_Agricultura.pdf](http://agrinov.ajap.pt/manuais/Manual_Alteracoes_Climaticas_e_Agricultura.pdf)
- Camargo, Â. P., & Camargo, M. B. (1993). Representação gráfica informatizada do extrato do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather. *Bragantia*, 52 (2) , pp. 169-172. Obtido em 16 de Agosto de 2018, de <http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/bragantia/volumesonline.php>
- Carvalho, D. F., & Silva, L. D. (Agosto de 2006). Hidrologia. Obtido em 20 de Agosto de 2018, de <http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/it113-hidrologia.htm>
- Chocofrito. (Janeiro de 2016). *Região do Ribatejo*. Obtido de Wikimedia Commons: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Regi%C3%A3o\\_Ribatejo.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Regi%C3%A3o_Ribatejo.png)
- Comunidades Europeias. (2008). *A agricultura na UE – Enfrentar o desafio das alterações climáticas. pág. 12 e 13*. (C. E.-G. Rural, Ed.) Obtido em 27 de Janeiro de 2015, de [http://ec.europa.eu/agriculture/publi/fact/climate\\_change/leaflet\\_pt.pdf](http://ec.europa.eu/agriculture/publi/fact/climate_change/leaflet_pt.pdf)
- Costa, B. (Fevereiro de 2015). *MODELAÇÃO ESPACIO-TEMPORAL DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL PELO MÉTODO DE HARGREAVES: Caso de estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Vez*. Instituto Politécnico de Viana do Castelo. Tese de Mestrado em Gestão Ambiental e Ordenamento do Território. Obtido em 29 de Junho de 2018
- Costa, T., & Lança, R. (2011). Capítulo I - Hidrologia de Superfície. *Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Algarve*. Faro. Obtido em 20 de Agosto de 2018, de [http://w3.ualg.pt/~rlanca/sebenta-hid-aplicada/sebenta\\_de\\_hidraulica\\_aplicada\\_2011\\_03\\_01.pdf](http://w3.ualg.pt/~rlanca/sebenta-hid-aplicada/sebenta_de_hidraulica_aplicada_2011_03_01.pdf)
- CVRTejo. (2018). *Vinhos do Tejo*. Obtido em 23 de Agosto de 2018, de <http://www.cvrtejo.pt/vinhos-do-tejo/>
- Dias, M. C. (2003). Hidráulica Aplicada 2 - Hidrologia, Hidrologia Urbana e Aproveitamentos Hidráulicos. Obtido em 20 de Agosto de 2018, de <http://www.ipb.pt/~mnvalente/2005-1sem/HA2/BAK/HA2-Sebenta-Parte1-Hidrologia.pdf>
- Eden, P. (2000). *Os Climas e os seus segredos (1.ª ed.)*. (M. D. Correia, Trad.) Lisboa: Selecções do Reader's Digest,SA. Obtido em 2 de Julho de 2018

- Facco, A. (2004). *Modelagem e simulação geoespacial dos componentes do balanço hídrico para plantios de eucalipto em áreas de relevo ondulado*. Minas Gerais: Tese de Mestrado em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. Obtido em 21 de Julho de 2018, de <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/8147>
- Feltrin, R. M. (2009). *Comportamento das variáveis hidrológicas do balanço hídrico do solo em lísímetros de drenagem*. Santa Maria, Brasil: Tese de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria. Obtido em 10 de Agosto de 2018, de <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7732/FELTRIN%2c%20RAFAEL%20MATIAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Filho, J. M., & Teixeira, A. H. (2018). *Temperatura do ar*. Obtido em 20 de Agosto de 2018, de [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01\\_79\\_24112005115223.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_79_24112005115223.html)
- Hirsch, R. (Agosto de 1982). A Comparison of Four Streamflow Record Extension Techniques. *Water Resources Research*, 18, pp. 1081-1088. Obtido em 28 de Abril de 2018, de <https://www.esf.edu/quest/documents/Hirsch.1982.WRR.pdf>
- Instituto da Água. (2018). *SNIRH*. Obtido de Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos: <https://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=2&idItem=1&objCover=920123704&objSite=920685650>
- IPMA. (2009). *Boletim Meteorológico para a Agricultura*. Obtido em 1 de Maio de 2018, de Instituto Português do Mar e da Atmosfera: <http://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=agr&cmbTema=bag&cmbAno=2009&idDep=agr&idTema=bag&curAno=2009>
- IPMA. (2015 a). *Glossário Climatológico/ Meteorológico*. Obtido em 27 de Janeiro de 2015, de Instituto Português do Mar e da Atmosfera: [https://www.ipma.pt/pt/educativa/glossario/meteorologico/index.jsp?page=glossario\\_cd.xml](https://www.ipma.pt/pt/educativa/glossario/meteorologico/index.jsp?page=glossario_cd.xml)
- IPMA. (2015 b). *Boletim Climatológico Anual 2014 - Portugal Continental*. Obtido em 6 de Junho de 2018, de IPMA: [https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20150127/jaWbvppqLKYSXxPvTfaAW/cli\\_20140101\\_20141231\\_pcl\\_aa\\_co\\_pt.pdf](https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20150127/jaWbvppqLKYSXxPvTfaAW/cli_20140101_20141231_pcl_aa_co_pt.pdf)
- IPMA. (2018 a). *Normais Climatológicas*. Obtido em 12 de agosto de 2018, de Instituto Português do Mar e da Atmosfera: <https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/>
- IPMA. (2018 b). *Área educativa - Temperatura e humidade relativa do ar*. Obtido em 20 de Junho de 2018, de IPMA: <https://www.ipma.pt/pt/educativa/observar.tempo/index.jsp?page=ema.temp.humid.xml>
- Jacobs, B., & Matalas, N. (1964). A Correlation Procedure for Augmenting Hydrologic Data. *Statistical Studies in Hydrology. Geological Survey Professional Paper 434-E*, pp. E1-E7. Obtido em 28 de Abril de 2018, de <https://pubs.usgs.gov/pp/0434e/report.pdf>
- Kazmier, L. J. (1982). Em *Estatística Aplicada a Economia e Administração - 683 Problemas Resolvidos* (pp. 299 a 314, 328 a 333). McGraw-Hill. Obtido em 2 de Julho de 2018
- Kobiyama, M., & Vestena, L. R. (21 de Junho de 2004). Aplicação do Método de PENMAN Modificado no Cálculo da Evapotranspiração Potencial para Quatro Estações Meteorológicas do Estado do Paraná.

- Matias, P. (Fevereiro de 2000). Extensão de Séries Hidrológicas e Preenchimento de Falhas - Modelos Lineares. *Texto de Apoio às Aulas de Hidrologia I*. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia - Departamento de Engenharia Rural. Obtido em Maio de 2018
- Mendes, M. M. (2008). *10 Anos de estações automáticas:perspectivas para a caracterização do clima em Portugal*. Obtido em 1 de maio de 2018, de <http://hdl.handle.net/10451/1315>
- Neto, O. B. (2001). *Balanço hídrico em plantios jovens de eucalipto na região de Belo Oriente, MG*. Universidade Federal de Viçosa, Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola. Obtido em 16 de Agosto de 2018, de <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/8136>
- Pereira, L. S. (2004). *Necessidades de Água e Métodos de Rega* (137060/8507 ed.). Mem Martins: Publicações Europa-América, Lda. doi:215584/04
- Pereira, L., & Raziei, T. (2013). *Agricultural Water Management. Volume 121, pág. 1*. Obtido em 1 de Fevereiro de 2015, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377413000048>
- Pires, V., Marques, J., Nunes, L. F., Cota, T., & Mendes, L. (2010). *Clima de Portugal continental - Tendências*. (I. d. Meteorologia, Ed.) Obtido em 6 de Junho de 2018, de Arcimis: <http://hdl.handle.net/20.500.11765/5393>
- Reis, R. M., & Gonçalves, M. Z. (1981). *Caracterização climática da região agrícola do Ribatejo e Oeste* (1ª ed., Vol. XXXII). Lisboa, Portugal: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica. Obtido em Maio de 2018
- Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38, pp. 55-94.
- Thornthwaite, C. W., & Mather, J. R. (1955). *THE WATER BALANCE* (Vol. VIII). New Jersey: Stanford Libraries - Drexel Institute of Technology. Obtido em 31 de março de 2018, de <https://oregondigital.org/downloads/oregondigital:df70pr001>
- Vogel, R. M., & Stedinger, J. R. (Maio de 1985). Minimum Variance Streamflow Record Augmentation Procedures. *Water Resources Research*, 21, pp. 715-723. Obtido em 28 de Abril de 2018, de <https://engineering.tufts.edu/cee/people/vogel/documents/minimumVariance.pdf>

# **ANEXOS**

## ANEXO I – TEMPERATURA

**Quadro 12.** Médias da temperatura máxima (Tmax), média (Tmed) e mínima (Tmin) e respetivo desvio padrão ( $\sigma$ ) da série de dados em estudo (2006 a 2014) da EMA Almeirim.

	Tmax	$\sigma$	Tmed	$\sigma$	Tmin	$\sigma$
Jan	15,09	1,33	9,60	1,02	5,13	1,74
Fev	16,45	1,47	10,18	1,20	4,81	2,03
Mar	19,31	2,15	12,69	0,94	6,97	0,68
Abr	22,20	2,19	15,17	1,56	9,15	1,09
Mai	25,52	1,83	17,62	1,36	10,62	1,28
Jun	28,81	1,00	20,60	0,62	13,37	0,63
Jul	31,59	1,51	22,45	1,12	14,72	0,94
Ago	32,54	1,85	22,96	1,26	14,90	0,77
Set	30,20	1,16	21,17	0,65	14,17	0,87
Out	25,23	1,73	17,80	1,28	11,80	1,47
Nov	18,68	1,35	12,56	1,23	7,54	2,07
Dez	15,36	0,49	9,62	0,54	5,00	1,09

**Quadro 13.** Médias da temperatura máxima, média e mínima e respetivo desvio padrão ( $\sigma$ ) da série de dados em estudo (2006 a 2014) da EMA Ferreira do Zêzere.

	Tmax	$\sigma$	Tmed	$\sigma$	Tmin	$\sigma$
Jan	14,03	1,48	8,19	0,96	4,03	1,72
Fev	15,17	1,63	8,79	1,09	3,72	1,99
Mar	17,79	2,29	11,24	0,98	5,98	0,61
Abr	20,75	2,48	13,84	1,84	8,31	1,32
Mai	23,52	2,05	16,16	1,42	10,06	1,18
Jun	26,54	0,99	19,01	0,69	12,68	0,58
Jul	29,33	1,90	21,00	1,29	14,38	1,05
Ago	30,59	2,01	21,61	1,36	14,71	0,71
Set	28,58	1,39	19,89	0,83	13,48	0,79
Out	23,54	2,04	16,14	1,33	10,60	1,61
Nov	17,02	1,45	11,00	1,23	6,58	2,11
Dez	14,16	0,73	8,10	0,54	3,81	1,05

## Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo

**Quadro 14.** Médias da temperatura máxima, média e mínima e respetivo desvio padrão ( $\sigma$ ) da série de dados em estudo (2006 a 2014) da EMA Santarém.

	<b>Tmax</b>	<b><math>\sigma</math></b>	<b>Tmed</b>	<b><math>\sigma</math></b>	<b>Tmin</b>	<b><math>\sigma</math></b>
<b>Jan</b>	14,17	1,41	9,85	0,92	6,25	1,24
<b>Fev</b>	15,80	1,33	10,42	1,05	6,10	1,56
<b>Mar</b>	18,22	1,87	12,68	1,11	8,13	0,70
<b>Abr</b>	20,66	2,10	14,72	1,60	10,13	1,27
<b>Mai</b>	23,62	1,92	17,13	1,37	11,52	1,20
<b>Jun</b>	26,73	0,77	19,93	0,61	14,10	0,52
<b>Jul</b>	29,21	1,47	21,78	1,12	15,56	0,85
<b>Ago</b>	30,34	1,90	22,46	1,27	16,08	0,62
<b>Set</b>	28,60	1,14	20,98	0,78	15,46	0,90
<b>Out</b>	23,67	1,93	17,86	1,53	13,27	1,47
<b>Nov</b>	17,29	1,17	12,81	1,11	9,13	1,44
<b>Dez</b>	14,37	0,65	10,14	0,26	6,58	0,52

## ANEXO II – BALANÇO HÍDRICO E EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL

Quadro 15. Fator de ajustamento da duração da luz solar para o hemisfério Norte.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
38°N	0,82	0,90	1,00	1,10	1,18	1,23	1,21	1,13	1,04	0,93	0,85	0,80
39°N	0,81	0,89	0,99	1,10	1,19	1,24	1,22	1,14	1,04	0,93	0,84	0,79
40°N	0,81	0,89	0,99	1,10	1,20	1,25	1,22	1,14	1,04	0,93	0,83	0,78

Adaptado de Thornthwaite & Mather (1957).

Quadro 16. Exemplo de balanço hídrico executado neste trabalho.

**BALANÇO HIDRICO ( U = 100mm) ETP Thornthwaite**

	jan	fev	mar	abril	maio	junho	julho	ago	set	out	nov	dez	
<b>T (°C)</b>	10,99	12,18	12,38	15,33	15,75	21,18	22,12	21,63	20,08	16,49	10,87	9,39	
<b>i</b>	3,29	3,85	3,95	5,45	5,68	8,89	9,50	9,19	8,20	6,09	3,24	2,60	<b>69,94</b>
<b>ETN (mm)</b>	32,95	38,85	39,88	56,15	58,63	94,12	100,89	97,39	86,43	63,12	32,38	25,65	
<b>K</b>	0,81	0,89	0,99	1,10	1,19	1,24	1,22	1,14	1,04	0,93	0,84	0,79	
<b>ETP (mm)</b>	26,77	34,63	39,68	61,78	69,77	116,66	122,92	110,91	89,67	58,82	27,21	20,25	<b>779,1</b>
<b>R (mm)</b>	76,40	82,40	32,40	109,60	59,80	1,00	0,00	1,60	13,20	18,60	36,60	76,00	<b>507,6</b>
<b>R-ETP (mm)</b>	49,63	47,77	-7,28	47,82	-9,97	-115,66	-122,92	-109,31	-76,47	-40,22	9,39	55,75	
<b>L (mm)</b>			7,28		9,97	125,63	248,55	357,86	434,33	474,55			
<b>A (mm)</b>	100	100,00	92,98	100,00	90,51	28,47	8,33	2,79	1,30	0,87	10,26	66,00	
<b>ΔA (mm)</b>	34,00	0,00	-7,02	7,02	-9,49	-62,04	-20,14	-5,54	-1,49	-0,43	9,39	55,75	
<b>ETR (mm)</b>	26,77	34,63	39,42	61,78	69,29	63,04	20,14	7,14	14,69	19,03	27,21	20,25	
<b>D (mm)</b>	0,0	0,0	0,3	0,0	0,5	53,6	102,8	103,8	75,0	39,8	0,0	0,0	
<b>S (mm)</b>	15,6	47,8	0,0	40,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo

**Quadro 17.** Quadro resumo do balanço hídrico e da ETP para a EMA de Almeirim (os meses sem dados encontram-se assinalados com "-").

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>2006</b>	<b>ETP</b>	13,7	19,4	37,4	61,4	91,7	113,5	140,3	135,9	95,7	67,1	41,5	18,0
	<b>R</b>	42,6	48,4	116,0	41,4	0,2	69,0	3,2	10,8	45,6	186,0	169,6	38,8
	<b>D</b>	0,0	0,0	0,0	1,9	42,4	32,7	121,4	121,2	49,5	0,0	0,0	0,0
	<b>S</b>	28,9	29,0	78,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,8	128,1	20,8
<b>2007</b>	<b>ETP</b>	18,9	30,9	40,4	58,9	78,4	102,1	123,3	117,6	99,3	65,5	33,8	18,6
	<b>R</b>	61,8	77,0	17,8	24,8	34,0	47,0	3,4	3,8	41,6	4,2	69,8	24,8
	<b>D</b>	0,0	0,0	2,4	11,0	24,1	39,7	105,2	109,5	56,8	60,8	0,0	0,0
	<b>S</b>	0,0	31,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>2008</b>	<b>ETP</b>	26,8	34,6	39,7	61,8	69,8	116,7	122,9	110,9	89,7	58,8	27,2	20,3
	<b>R</b>	76,4	82,4	32,4	109,6	59,8	1,0	0,0	1,6	13,2	18,6	36,6	76,0
	<b>D</b>	0,0	0,0	0,3	0,0	0,5	53,6	102,8	103,8	75,0	39,8	0,0	0,0
	<b>S</b>	15,6	47,8	0,0	40,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>2009</b>	<b>ETP</b>	19,0	27,3	51,1	-	88,6	119,9	118,9	126,9	99,8	73,9	38,2	23,1
<b>2010</b>	<b>ETP</b>	21,1	22,4	34,7	62,2	78,0	105,8	141,5	138,8	93,3	54,2	30,2	21,9
	<b>R</b>	73,6	160,4	103,6	79,6	27,6	23,4	0,0	0,6	0,0	124,2	91,8	234,2
	<b>D</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	48,5	121,5	133,4	92,3	0,0	0,0	0,0
	<b>S</b>	52,5	138,0	68,9	17,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,2	212,3
<b>2011</b>	<b>ETP</b>	20,0	25,5	37,3	76,7	96,2	109,6	113,7	111,5	93,3	74,2	32,1	19,5
	<b>R</b>	73,2	110,4	49,0	89,0	95,6	0,4	0,2	7,2	58,0	78,2	171,0	21,6
	<b>D</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,2	90,9	97,3	34,2	0,0	0,0	0,0
	<b>S</b>	53,2	84,9	11,7	12,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,5	2,1
<b>2012</b>	<b>ETP</b>	19,0	19,3	47,4	44,4	88,6	111,7	119,5	115,2	104,2	58,9	29,7	23,7
	<b>R</b>	9,4	0,4	2,0	49,4	42,0	1,2	0,0	16,0	48,8	70,6	144,2	79,0
	<b>D</b>	0,4	3,2	17,9	0,0	56,5	68,5	105,0	95,2	54,4	0,0	0,0	0,0
	<b>S</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,5	55,3
<b>2013</b>	<b>ETP</b>	23,9	21,5	36,2	53,2	68,7	111,7	131,2	126,9	103,3	64,7	30,6	19,7
	<b>R</b>	86,4	59,8	190,2	41,4	13,4	13,2	0,8	0,0	29,8	146,0	7,8	89,8
	<b>D</b>	0,0	0,0	0,0	0,7	17,5	66,4	116,5	123,1	72,7	0,0	40,8	0,0
	<b>S</b>	62,5	38,3	154,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,1
<b>2014</b>	<b>ETP</b>	25,7	26,4	38,0	58,8	83,3	105,5	117,6	111,3	92,6	73,1	37,7	17,7
	<b>R</b>	149,6	140,6	34,9	87,2	32,8	31,6	3,2	1,2	80,6	94,2	189,2	25,6
	<b>D</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	42,3	94,7	104,0	11,7	0,0	0,0	0,0
	<b>S</b>	123,9	114,2	0,0	25,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75,3	7,9
<b>MÉDIAS</b>	<b>ETP</b>	20,9	25,3	40,2	59,7	82,6	110,7	125,4	121,7	96,8	65,6	33,5	20,3
	<b>R</b>	71,6	84,9	68,2	65,3	38,2	23,3	1,3	5,1	39,7	90,2	110,0	73,7

Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo

**Quadro 18.** Quadro resumo do balanço hídrico e da ETP para a EMA de Ferreira do Zêzere (os meses sem dados encontram-se assinalados com "-").

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2006	ETP	12,5	18,7	35,7	58,9	86,6	104,9	129,4	125,4	90,1	61,4	38,1	15,9
	R	36,0	96,4	161,0	67,6	0,2	90,4	1,4	16,8	109,4	342,8	408,6	115,8
	D	0,0	0,0	0,0	0,0	28,5	8,8	101,7	101,9	0,0	0,0	0,0	0,0
	S	23,5	77,7	125,3	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	204,2	370,5	99,9
2007	ETP	19,0	29,1	38,2	54,9	73,1	93,1	111,2	109,2	95,4	58,6	29,4	17,6
	R	21,8	148,2	43,8	67,6	104,0	74,4	10,8	4,6	49,0	15,0	83,4	29,6
	D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	47,8	84,8	42,5	41,3	0,0	0,0
	S	0,0	92,2	5,6	12,7	30,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2008	ETP	25,3	33,1	37,7	57,3	66,0	107,0	114,8	103,7	82,6	53,9	24,6	18,5
	R	125,8	95,0	48,8	192,2	104,6	5,4	1,2	8,0	24,6	33,6	52,2	201,6
	D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,8	89,0	88,6	56,1	19,9	0,0	0,0
	S	100,5	61,9	11,1	134,9	38,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	112,7
2009	ETP	17,3	24,6	47,3	-	82,7	111,2	108,1	119,4	93,5	67,3	35,5	21,2
2010	ETP	18,8	20,2	31,5	64,9	77,9	101,9	133,0	130,5	90,2	49,6	26,1	18,7
	R	166,5	225,6	190,4	59,8	14,3	41,4	0,0	0,6	3,2	171,0	124,6	271,4
	D	0,0	0,0	0,0	0,1	18,9	37,7	112,8	124,6	85,9	0,0	0,0	0,0
	S	147,7	205,4	158,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,3	98,5	252,7
2011	ETP	18,5	23,8	34,1	72,1	90,2	102,2	105,4	104,8	88,9	70,4	30,7	18,2
	R	100,6	114,2	73,2	106,4	85,8	0,4	0,2	28,6	55,4	142,2	187,0	44,0
	D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	40,7	82,7	69,7	31,9	0,0	0,0	0,0
	S	82,1	90,4	39,1	34,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	132,1	25,8
2012	ETP	17,6	18,7	46,1	39,3	79,4	103,8	111,0	107,3	98,4	55,9	29,5	21,9
	R	13,0	2,6	6,0	104,4	94,8	6,6	0,4	12,6	35,2	118,6	154,0	120,6
	D	0,1	1,9	13,3	0,0	0,0	35,0	85,3	87,0	61,0	0,0	0,0	0,0
	S	0,0	0,0	0,0	19,5	15,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	89,8	98,7
2013	ETP	20,6	20,0	32,5	48,8	63,6	100,0	126,1	121,0	99,3	58,7	29,1	17,7
	R	219,4	83,6	365,4	53,2	43,6	31,4	1,0	0,0	165,1	165,0	25,4	216,8
	D	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	28,0	95,7	112,7	0,0	0,0	0,1	0,0
	S	198,8	63,6	332,9	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75,6	0,0	195,5
2014	ETP	24,5	23,5	36,6	58,3	77,1	97,3	111,9	104,1	85,1	67,6	34,5	15,9
	R	276,6	268,8	116,4	97,0	64,4	45,8	17,2	6,0	175,4	114,2	282,0	34,4
	D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	16,1	62,5	85,3	0,0	0,0	0,0	0,0
	S	252,1	245,3	79,8	38,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,5	247,5	18,5
MÉDIAS	ETP	19,3	23,5	37,7	56,8	77,4	102,4	116,8	113,9	91,5	60,4	30,8	18,4
	R	120,0	129,3	125,6	93,5	64,0	37,0	4,0	9,6	77,2	137,8	164,6	129,3

Avaliação de alguns elementos climáticos na região do Ribatejo

**Quadro 19.** Quadro resumo do balanço hídrico e da ETP para a EMA de Santarém (os meses sem dados encontram-se assinalados com "-").

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>2006</b>	<b>ETP</b>	17,4	23,8	41,2	-	92,7	109,1	136,0	132,5	95,4	69,2	44,1	22,1
<b>2007</b>	<b>ETP</b>	20,9	31,1	40,1	56,6	73,4	95,3	117,8	113,3	97,7	67,3	38,7	22,1
	<b>R</b>	27,0	96,0	17,5	51,3	43,5	40,0	1,8	5,0	20,8	19,3	55,5	27,0
	<b>A</b>	28,7	93,6	79,8	75,6	56,1	32,3	10,1	3,4	1,6	1,0	17,8	22,7
	<b>D</b>	0,0	0,0	8,8	1,2	10,3	31,5	93,9	101,6	75,1	47,4	0,0	0,0
	<b>S</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>2008</b>	<b>ETP</b>	28,9	36,2	39,1	61,1	67,4	110,5	116,1	106,9	87,5	59,7	29,9	23,0
	<b>R</b>	77,5	86,8	38,5	45,3	74,8	2,5	0,8	2,5	3,0	31,5	35,3	92,0
	<b>A</b>	100,0	100,0	99,4	84,8	92,2	34,0	10,7	3,8	1,6	1,2	6,6	75,6
	<b>D</b>	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	49,8	92,1	97,4	82,3	27,8	0,0	0,0
	<b>S</b>	24,1	50,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>2009</b>	<b>ETP</b>	18,5	27,1	50,5	51,0	83,1	110,7	108,7	120,0	96,1	73,3	37,1	21,8
	<b>R</b>	138,0	39,5	14,3	44,9	30,5	50,5	2,3	4,5	1,5	44,5	134,5	203,8
	<b>A</b>	100,0	100,0	69,6	65,4	38,6	21,2	7,3	2,3	0,9	0,7	98,1	100,0
	<b>D</b>	0,0	0,0	5,9	2,0	25,9	42,7	92,6	110,5	93,2	28,6	0,0	0,0
	<b>S</b>	119,5	12,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	180,1
<b>2010</b>	<b>ETP</b>	21,6	23,0	34,7	63,2	77,8	101,0	134,6	135,4	92,5	55,5	31,3	22,1
	<b>R</b>	117,8	147,5	121,5	67,8	19,5	25,0	1,3	0,0	0,8	125,5	99,0	197,8
	<b>A</b>	100,0	100,0	100,0	100,0	55,8	26,1	6,9	1,8	0,7	70,8	100,0	100,0
	<b>D</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	46,2	114,1	130,3	90,6	0,0	0,0	0,0
	<b>S</b>	96,1	124,5	86,8	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,4	175,7
<b>2011</b>	<b>ETP</b>	19,5	27,3	37,4	75,5	92,8	105,3	107,8	107,6	93,1	77,7	33,7	22,8
	<b>R</b>	75,5	95,5	45,8	111,8	91,8	1,0	0,3	32,3	5,8	90,8	136,0	22,3
	<b>A</b>	100,0	100,0	100,0	100,0	98,9	34,9	11,9	5,6	2,3	15,3	100,0	99,5
	<b>D</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,2	84,6	69,1	84,1	0,0	0,0	0,0
	<b>S</b>	55,4	68,2	8,4	36,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,6	0,0
<b>2012</b>	<b>ETP</b>	22,5	23,0	50,2	43,1	82,7	108,6	115,4	112,1	105,6	55,3	30,2	25,0
	<b>R</b>	8,5	0,6	38,5	65,4	49,7	3,3	0,0	8,3	27,4	83,9	154,6	64,1
	<b>A</b>	86,9	69,5	61,8	84,1	71,9	25,1	7,9	2,8	1,3	29,9	100,0	100,0
	<b>D</b>	0,9	5,0	4,0	0,0	20,8	58,5	98,2	98,7	76,6	0,0	0,0	0,0
	<b>S</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,3	39,1
<b>2013</b>	<b>ETP</b>	25,1	23,1	35,5	52,3	65,6	106,6	127,1	124,1	103,9	64,6	32,7	22,0
	<b>R</b>	90,8	41,0	170,3	40,3	8,4	6,6	16,9	0,0	39,9	118,2	15,7	81,7
	<b>A</b>	100,0	100,0	100,0	88,7	50,1	18,4	6,1	1,8	0,9	54,5	84,4	100,0
	<b>D</b>	0,0	0,0	0,0	0,7	18,6	68,4	97,9	119,7	63,2	0,0	46,8	0,0
	<b>S</b>	65,7	17,9	134,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,1
<b>2014</b>	<b>ETP</b>	25,1723	25,7	39,1	57,2	80,0	102,5	114,2	108,0	91,8	77,2	37,7	21,8
<b>MÉDIAS</b>	<b>ETP</b>	22,2	26,7	40,9	57,5	79,5	105,5	119,7	117,8	95,9	66,6	35,1	22,5
	<b>R</b>	76,4	72,4	63,8	60,9	45,4	18,4	3,3	7,5	14,2	73,4	90,1	98,4