

# **APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO DO BAIXO SABOR**

## **PROGRAMA INTEGRADO DE MONITORIZAÇÃO AMBIENTAL (PIMA)**

### **DESCRITORES AMBIENTAIS RELATÓRIO DE MONITORIZAÇÃO DO PROGRAMA PILOTO DE CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA (PPCMC) (RMCMC.04.00)**

#### **Fase de Exploração (Ano 2019)**



Junho de 2020



---

*(Página intencionalmente deixada em branco)*

## ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO .....	1
1.1 - IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO .....	1
1.2 - IDENTIFICAÇÃO E OBJETIVOS DA MONITORIZAÇÃO .....	1
1.3 - ÂMBITO DO RELATÓRIO DE MONITORIZAÇÃO .....	1
1.4 - AUTORIA TÉCNICA .....	3
2 - ANTECEDENTES .....	4
2.1 - IDENTIFICAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO E PÓS-AVALIAÇÃO .....	4
2.2 - IDENTIFICAÇÃO DAS MEDIDAS ADOPTADAS E PREVISTAS PARA EVITAR, REDUZIR OU COMPENSAR OS IMPACTES OBJETO DE MONITORIZAÇÃO .....	4
2.3 - DESCRIÇÃO DE EVENTUAIS RECLAMAÇÕES OU CONTROVÉRSIAS E INDICAÇÃO DAS DELIGÊNCIAS EFETUADAS PARA A RESPECTIVA RESOLUÇÃO .....	5
3 - PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO .....	6
3.1 - PARÂMETROS MONITORIZADOS .....	6
3.2 - LOCAIS DE AMOSTRAGEM .....	6
3.3 - PERIODICIDADE DE AMOSTRAGEM .....	10
3.4 - MÉTODOS DE AMOSTRAGEM E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS .....	11
3.5 - INDICADORES DE ATIVIDADE OU FATORES EXÓGENOS RELACIONADOS COM OS RESULTADOS .....	11
3.6 - MÉTODOS DE TRATAMENTO DOS DADOS .....	12
3.7 - CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS DADOS .....	12
4 - RESULTADOS DO PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO .....	14
4.1 - RESULTADOS OBTIDOS .....	14
4.1.1 - Temperatura .....	14
4.1.2 - Humidade relativa .....	17
4.1.3 - Vento .....	19
4.1.4 - Precipitação .....	20
4.1.5 - Temperatura de ponto de orvalho .....	22
4.1.6 - Temperatura do solo .....	23
4.1.7 - Radiação solar global .....	24
4.1.8 - Humectação .....	26
4.1.9 - Evapotranspiração potencial .....	27
4.2 - DISCUSSÃO, INTERPRETAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS .....	29
4.3 - AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DAS MEDIDAS ADOTADAS PARA EVITAR, REDUZIR OU COMPENSAR OS IMPACTES OBJETO DE MONITORIZAÇÃO .....	29
4.4 - COMPARAÇÃO COM AS PREVISÕES EFETUADAS NOS PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO .....	29
4.5 - AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DOS MÉTODOS DE AMOSTRAGEM .....	29
4.6 - COMPARAÇÃO DE RESULTADOS COM DADOS HISTÓRICOS .....	30
4.6.1 - Temperatura .....	31
4.6.2 - Humidade Relativa .....	36
4.6.3 - Geadas .....	41
4.6.4 - Tendências .....	42
4.6.5 - Modelo estatístico para inversões térmicas .....	46



---

4.7 - COTAS REGISTRADAS.....	47
5 - CONCLUSÕES.....	48
5.1 - SÍNTESE DA AVALIAÇÃO DOS IMPACTES OBJETO DE MONITORIZAÇÃO E DA EFICÁCIA DAS MEDIDAS ADOTADAS.....	48
5.2 - PROPOSTA DE NOVAS MEDIDAS DE MITIGAÇÃO E ALTERAÇÃO OU DESATIVAÇÃO DE MEDIDAS JÁ ADOTADAS.....	48
5.3 - PROPOSTA DE REVISÃO DOS PROGRAMAS DE MONITORIZAÇÃO E DA PERIODICIDADE DE FUTUROS RELATÓRIOS DE MONITORIZAÇÃO .....	49

## **ANEXOS**

### **ANEXO I – BIBLIOGRAFIA**

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 - Equipa técnica responsável pelos trabalhos e pela elaboração do relatório.....	3
Tabela 4.1 - Quadro síntese das médias mensais da temperatura, precipitação e evapotranspiração nas 3 estações automáticas e durante o ano de 2019. ....	28
Tabela 4.2 - Matriz de correlação (Pearson) entre a altitude e a temperatura mínima média mensal dos meses de inverno entre 2016 e 2019. Os valores a negrito têm um nível de significância $p < 0,05$ .....	47
Tabela 4.3 - Alguns valores de referência para cotas e áreas inundáveis do Aproveitamento Hidroelétrico do Baixo Sabor .....	47
Tabela 4.4 - Cotas das albufeiras montante e jusante em 30-12-2015 e ao longo do ano de 2019. ....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Localização das estações da rede meteorológica do Baixo Sabor (RMBS). ....	2
<b>Figura 3.1 - Localização das estações da Rede Meteorológica do Baixo Sabor (EMAs indicadas a vermelho e ETHs a azul).</b> .....	7
Figura 3.2 - Localização da EMA da Póvoa (41° 14' 00.62"N 7° 02' 00.60"W). ....	8
Figura 3.3 - Localização da EMA de Felgar (41° 13' 33.03"N 6° 57' 52.76"W). ....	8
Figura 3.4 - Localização da EMA de Sardão (41° 16' 11.29"N 6° 53' 29.00"W). ....	9
Figura 3.5 - Rede meteorológica do Baixo Sabor inicial (à esquerda) e atual (à direita). ....	13
Figura 4.1 - Cronograma da Temperatura Máxima e Mínima Diária (°C) para a EMA de Felgar no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019. ....	14
Figura 4.2 - Cronograma da Temperatura Máxima e Mínima Diária (°C) para a EMA de Póvoa no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019. ....	15
Figura 4.3 - Cronograma da Temperatura Máxima e Mínima Diária (°C) para a EMA de Sardão no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019. ....	15
Figura 4.4 - Distribuição espacial da temperatura média do ar (°C) nos meses de a) dezembro de 2018, janeiro e fevereiro, b) março, abril e maio, c) junho, julho e agosto, d) setembro, outubro e novembro 2019. As estações estão indicadas com círculos, bem como os principais cursos e massas de água. Os limites político-administrativos dos concelhos estão também representados. Método de interpolação espacial por inverso do quadrado da distância (IDW). ....	16
Figura 4.5 - Cronograma da Humidade Relativa Máxima e Mínima Diária (%) para a EMA de Felgar no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2018. ....	17
Figura 4.6 - Cronograma da Humidade Relativa Máxima e Mínima Diária (%) para a EMA da Póvoa no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2018. ....	17
Figura 4.7 - Cronograma da Humidade Relativa Máxima e Mínima Diária (%) para a EMA de Sardão no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2018. ....	18
Figura 4.8 - Distribuição espacial da humidade relativa média (%) nos meses de a) dezembro de 2018, janeiro e fevereiro, b) março, abril e maio, c) junho, julho e agosto, d) setembro, outubro e novembro 2019. As estações estão indicadas com círculos, bem como os principais cursos e massas de água. Os limites político-administrativos dos concelhos estão também representados. Método de interpolação espacial por <i>inverso do quadrado da distância</i> (IDW). ....	18
Figura 4.9 - Diagrama de distribuição do vento médio diário para diferentes classes de intensidade (m/s) para Felgar, Póvoa e Sardão durante o ano de 2019. ....	20

Figura 4.10 - Precipitação diária acumulada (mm/dia) na EMA de Felgar no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019. A curva vermelha representa a precipitação acumulada (escala à direita em mm/dia).....	21
Figura 4.11 - Precipitação diária acumulada (mm/dia) na EMA da Póvoa no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019. A curva vermelha representa a precipitação acumulada (escala à direita em mm/dia).....	21
Figura 4.12 - Precipitação diária acumulada (mm/dia) na EMA de Sardão no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019. A curva vermelha representa a precipitação acumulada (escala à direita em mm/dia).....	21
Figura 4.13 - Cronograma do ponto de orvalho máximo e mínimo diário (°C) para a EMA de Felgar no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.....	22
Figura 4.14 - Cronograma do ponto de orvalho máximo e mínimo diário (°C) para a EMA de Póvoa no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.....	23
Figura 4.15 - Cronograma do ponto de orvalho máximo e mínimo diário (°C) para a EMA de Sardão no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.....	23
Figura 4.16 - Cronograma da temperatura máxima e mínima diária do solo (°C) para a EMA de Felgar no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.....	23
Figura 4.17 - Cronograma da temperatura máxima e mínima diária do solo (°C) para a EMA de Póvoa no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.....	24
Figura 4.18 - Cronograma da temperatura máxima e mínima diária do solo (°C) para a EMA de Sardão no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.....	24
Figura 4.19 - Radiação solar global total diária (MJ/m <sup>2</sup> ) para a EMA de Felgar no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019. ....	25
Figura 4.20 - Radiação solar global total diária (MJ/m <sup>2</sup> ) para a EMA de Póvoa no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019. ....	25
Figura 4.21 - Radiação solar global total diária (MJ/m <sup>2</sup> ) para a EMA de Sardão no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019. ....	25
Figura 4.22 - Cronograma da humectação diária (%) para a EMA de Felgar no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019. ....	26
Figura 4.23 - Cronograma da humectação diária (%) para a EMA de Póvoa no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019. ....	26
Figura 4.24 - Cronograma da humectação diária (%) para a EMA de Sardão no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019. ....	26
Figura 4.25 - Cronograma da evapotranspiração diária estimada (mm) para a EMA de Felgar no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.....	27
Figura 4.26 - Cronograma da evapotranspiração diária estimada (mm) para a EMA de Póvoa no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.....	27
Figura 4.27 - Cronograma da evapotranspiração diária estimada (mm) para a EMA de Sardão no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.....	27
Figura 4.28 – Média anual da temperatura média diária (°C) para o período em análise (2011-2019) .....	31
Figura 4.29 – Anomalias relativas (%), em relação ao valor médio (2011-2019), da média anual da temperatura média. ....	32
Figura 4.30 - Anomalia (em relação ao valor médio 2011-2019) da média mensal da temperatura média em 2019. ....	33
Figura 4.31 - Distribuição espacial da temperatura média do ar (°C) nos meses de a) dezembro, janeiro e fevereiro, b) março, abril e maio, c) junho, julho e agosto, d) setembro, outubro e novembro, entre 2016-2019. As estações	

estão indicadas com círculos, bem como os principais cursos e massas de água. Os limites político-administrativos dos concelhos estão também representados. Método de interpolação espacial por inverso do quadrado da distância (IDW).	33
Figura 4.32 - Média anual da temperatura máxima diária (°C) para o período em análise (2011–2019).	34
Figura 4.33 - Anomalias relativas (%) em relação ao valor médio (2011-2019), da média anual da temperatura máxima.	34
Figura 4.34 - Anomalia (em relação ao valor médio 2011-2018) da média mensal da temperatura máxima em 2019.	35
Figura 4.35 - Média anual da temperatura mínima diária (°C) para o período em análise (2011–2019).	35
Figura 4.36 - Anomalias relativas (%) em relação ao valor médio (2011-2019), da média anual da temperatura mínima.	35
Figura 4.37 - Anomalia (em relação ao valor médio 2011-2019) da média mensal da temperatura mínima em 2019.	36
Figura 4.38 - Média anual da humidade relativa média diária (%) para o período em análise (2011–2019).	36
Figura 4.39 - Anomalias relativas [%] em relação ao valor médio (2011-2019), da média anual da humidade relativa média.	37
Figura 4.40 - Anomalia (em relação ao valor médio de 2011-2019) da média mensal da humidade relativa média diária em 2019.	37
Figura 4.41 - Distribuição espacial da humidade relativa média (%) nos meses de a) dezembro, janeiro e fevereiro, b) março, abril e maio, c) junho, julho e agosto, d) setembro, outubro e novembro entre 2016 e 2019. As estações estão indicadas com círculos, bem como os principais cursos e massas de água. Os limites político-administrativos dos concelhos estão também representados. Método de interpolação espacial por <i>inverso do quadrado da distância (IDW)</i> .	38
Figura 4.42 - Média anual da humidade relativa máxima diária (%) para o período em análise (2011–2019).	39
Figura 4.43 - Anomalias relativas [%] em relação ao valor médio (2011-2019), da média anual da humidade relativa máxima diária.	39
Figura 4.44 - Anomalia (em relação ao valor médio 2011-2019) da média mensal da humidade relativa máxima diária em 2019.	39
Figura 4.45 - Média anual da humidade relativa mínima diária (%) para o período em análise (2011–2019).	40
Figura 4.46 - Anomalias relativas [%] em relação ao valor médio (2011-2019), da média anual da humidade relativa mínima diária.	40
Figura 4.47 - Anomalia (em relação ao valor médio de 2011-2019) da média mensal da humidade relativa mínima diária em 2019.	41
Figura 4.48 – Número de dias de geada para o período em análise (2011–2019).	41
Figura 4.49 - Anomalias absolutas do número de dias com geada em relação à média, para o período em análise (2011-2019).	42
Figura 4.50 – Desvios da temperatura média anual e da humidade relativa média anual em relação ao valor climatológico (2011-2019) nas EMAs e em Vila Real.	43
Figura 4.51 - Tendências das anomalias da temperatura média nas EMAs relativas à média da estação de referência de Vila Real. Valores do declive de Sen (°C) a negrito representam a magnitude da tendência com significância estatística (5% de nível de significância).	44

Figura 4.52 - Tendências das anomalias da temperatura máxima nas EMAs relativas à média da estação de referência de Vila Real. Valores do declive de Sen (°C) a negrito representam a magnitude da tendência com significância estatística (5% de nível de significância). .....	44
Figura 4.53 - Tendências das anomalias da temperatura mínima nas EMAs relativas à média da estação de referência de Vila Real. Valores do declive de Sen (°C) a negrito representam a magnitude da tendência com significância estatística (5% de nível de significância). .....	45
Figura 4.54 - Tendências das anomalias da humidade média nas EMAs relativas à média da estação de referência de Vila Real. Valores do declive de Sen (%) a negrito representam a magnitude da tendência com significância estatística (5% de nível de significância). .....	45
Figura 4.55 - Tendências das anomalias da humidade máxima nas EMAs relativas à média da estação de referência de Vila Real. Valores do declive de Sen (%) a negrito representam a magnitude da tendência com significância estatística (5% de nível de significância). .....	46
Figura 4.56 - Tendências das anomalias da humidade mínima nas EMAs relativas à média da estação de referência de Vila Real. Valores do declive de Sen (%) a negrito representam a magnitude da tendência com significância estatística (5% de nível de significância). .....	46



## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>Sigla</b>	<b>Descrição</b>
<b>AHAC</b>	Aproveitamento Hidroelétrico do Alto Côa
<b>AHBS</b>	Aproveitamento Hidroelétrico do Baixo Sabor
<b>AIA</b>	Avaliação de Impacte Ambiental
<b>CITAB</b>	Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas
<b>DIA</b>	Declaração de Impacte Ambiental
<b>EIA</b>	Estudo de Impacte Ambiental
<b>EMAs</b>	Estações Meteorológicas Automáticas
<b>ETHs</b>	Estações Termohigrométricas
<b>MC</b>	Medidas Compensatórias
<b>MM</b>	Medidas Mitigadoras
<b>NPA</b>	Nível Pleno de Armazenamento
<b>PIMA</b>	Programa Integrado de Monitorização Ambiental
<b>PPCMC</b>	Programa Piloto de Caracterização Microclimática
<b>RECAPE</b>	Relatório de Conformidade Ambiental ao Projeto de Execução
<b>RMBS</b>	Rede Meteorológica do Baixo Sabor
<b>RMCMC</b>	Relatório de Monitorização e Caracterização Microclimática
<b>RT</b>	Resumo Técnico
<b>UTAD</b>	Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro



---

*(Página intencionalmente deixada em branco)*

## **1 - INTRODUÇÃO**

### **1.1 - IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO**

Ao abrigo do Programa Integrado de Monitorização Ambiental (PIMA) do Aproveitamento Hidroelétrico do Baixo Sabor (AHBS), o presente relatório de monitorização abarca os resultados dos trabalhos desenvolvidos no âmbito do Programa Piloto de Caracterização Microclimática (PPCMC) durante a fase de exploração e especificamente para o ano 2019, respeitando a estrutura formal, os conteúdos, as normas e os requisitos técnico-científicos inscritos no Anexo V da Portaria n° 395/2015, de 4 de novembro.

### **1.2 - IDENTIFICAÇÃO E OBJETIVOS DA MONITORIZAÇÃO**

O Aproveitamento Hidroelétrico do Baixo Sabor (AHBS) localiza-se na região de Trás-os-Montes e Alto Douro, mais precisamente no troço inferior do rio Sabor, sendo este o primeiro afluente da margem direita do rio Douro, em território nacional (EIA, 2004). O rio Sabor tem a sua nascente na Serra de Parada, em Espanha, a cerca de 1 600 metros de altitude, indo desaguar no rio Douro a jusante do Pocinho, à altitude de 97 metros. Aproximadamente 86% da bacia está situada em território português (EDP, 2006).

Com o decorrer do processo para a instalação do AHBS foi emitida, a 15 de junho de 2004, uma Declaração de Impacte Ambiental (DIA) “Favorável Condicionada” à implementação de Medidas Mitigadoras (MM) e Compensatórias (MC) e de um Programa de Monitorização, como é prática para a implantação deste tipo de empreendimentos. No sentido de dar cumprimento ao disposto na DIA, foram definidas algumas medidas de carácter obrigatório, designadas por planos de monitorização e medidas compensatórias, ao abrigo das quais o promotor ficou vinculado e responsável pela execução das mesmas, designadamente por via da realização de estudos de caracterização, planos e medidas de conservação para as espécies mais vulneráveis e/ou com interesse conservacionista prioritário e práticas de gestão sustentável dos recursos.

Os objetivos do PPCMC para a fase de exploração são os seguintes:

- i. Dar continuidade à monitorização microclimática da área de estudo;
- ii. Identificação dos possíveis impactos do projeto na modificação do microclima;
- iii. Análise dos dados recolhidos, com particular destaque para os aspetos relacionados com as inversões térmicas e a ocorrência de geadas resultantes da drenagem catabática e consequente acumulação de ar frio no fundo dos vales;
- iv. Construção de modelo que relacione a ocorrência de temperaturas mínimas com as características do terreno e outras variáveis climáticas.

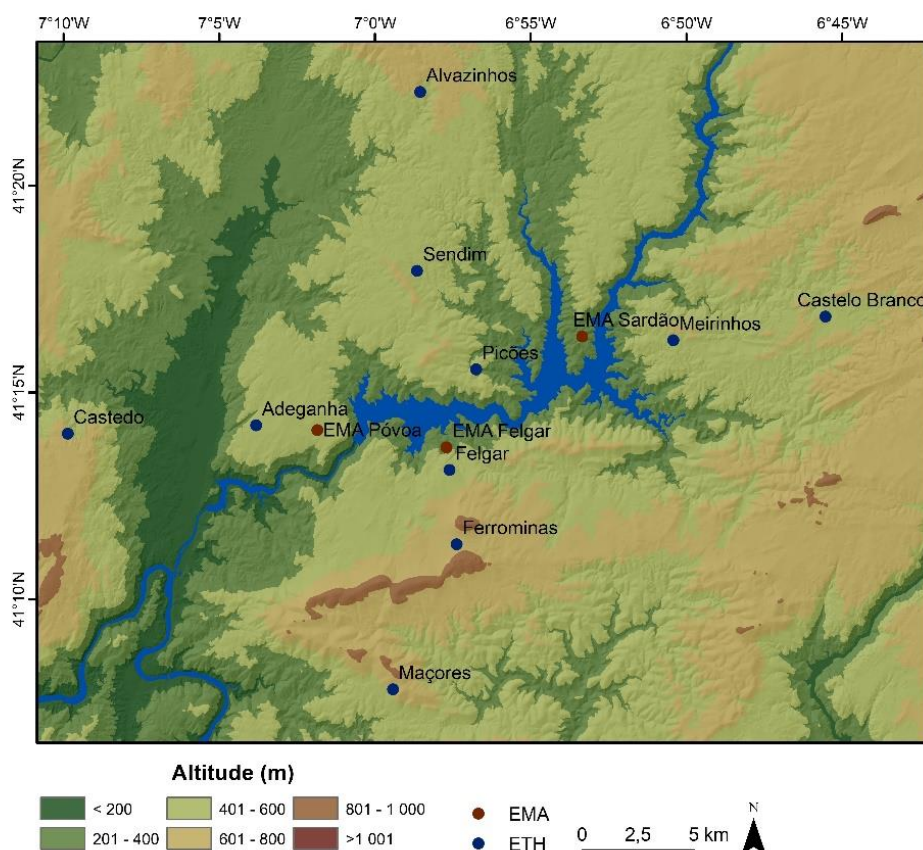
### **1.3 - ÂMBITO DO RELATÓRIO DE MONITORIZAÇÃO**

O AHBS é composto por duas barragens que se localizam no troço inferior do rio Sabor, estando a de montante (barragem do Baixo Sabor) localizada a cerca de 12,6 km da confluência do rio Sabor com o rio Douro e a de jusante (barragem do Feiticeiro), que cumpre as funções de contraembalse, localizada a cerca de 3 km da foz do Rio Sabor. Da sua implantação resultou a criação de duas albufeiras, a albufeira principal que se estende para montante ao longo de cerca de 60 km do curso do rio Sabor e que tem Nível Pleno de Armazenamento (NPA) à cota (234), ocupando áreas dos Concelhos de Torre de Moncorvo, Alfândega da Fé, Mogadouro e Macedo de Cavaleiros, num

total de 2800 ha, e a do contraembalse, compreendida entre as duas barragens, cujo NPA se encontra à cota (138), ocupando uma área de 200 ha do Concelho de Torre de Moncorvo (EIA, 2004; EDP, 2006).

O presente relatório refere-se às campanhas de monitorização realizadas no ano de 2019, no âmbito do PPCMC, correspondente ao 4º ano da fase de Exploração do Aproveitamento Hidroelétrico do Baixo Sabor (AHBS), tendo como referência o Programa Integrado de Monitorização Ambiental (PIMA) - Fase de Enchimento e Exploração, revisão 04 de junho de 2015 (EDP, 2015).

No que se refere aos limites espaciais, os trabalhos realizados abarcaram uma área definida de influência próxima do AHBS (Figura 1.1). São analisados os dados registados na Rede Meteorológica do Baixo Sabor (RMBS), que era constituída inicialmente por três Estações Meteorológicas Automáticas (EMAs) – Póvoa, Felgar e Sardão – e por dez Estações Termohigrométricas (ETHs) – Ferrominas, Maçores, Adeganha, Castedo, Felgar, Meirinhos, Alvazinhos, Sendim, Picões e Castelo Branco. As designações das estações são atribuídas tendo em conta o aglomerado populacional mais próximo da estação, mantendo-se as mesmas designações de relatórios anteriores. Na atualidade, estão em funcionamento as três EMAs e sete ETHs (três foram furtadas): Maçores, Adeganha, Castedo, Meirinhos, Sendim, Picões e Castelo Branco.



**Figura 1.1 – Localização das estações da rede meteorológica do Baixo Sabor (RMBS).**

## 1.4 - AUTORIA TÉCNICA

O Programa Piloto de Caracterização Microclimática foi executado pela equipa de Climatologia Aplicada do Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas (CITAB) da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), com sede na Quinta de Prados, Vila Real. A equipa técnico-científica responsável pela elaboração do presente relatório é composta por elementos com vasta experiência em climatologia, alterações climáticas, gestão e análise de bases de dados meteorológicos e avaliação de impactes ambientais, conforme está elencado na tabela seguinte (Tabela 1.1).

**Tabela 1.1 - Equipa técnica responsável pelos trabalhos e pela elaboração do relatório.**

Nome	Qualificações Técnicas e Profissionais	Função a Especialidade Asseguradas
João Andrade Santos <a href="mailto:jsantos@utad.pt">jsantos@utad.pt</a>	Prof. Auxiliar com Agregação da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD). Geofísico, Doutoramento em Climatologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa	Coordenador científico do PPCMC. Supervisão e revisão científica dos trabalhos. Investigação climática. Avaliação de impactes.
Mónica Santos	Bolseira do Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas da UTAD, Geógrafa, Mestre em SIG e Ordenamento do Território, Doutoramento em Geografia Física	Gestão e tratamento de dados. Redação de relatório.
Hélder Fraga	Investigador do Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas da UTAD, Engenheiro do Ambiente, Doutoramento em Ciências Agronómicas	Gestão de dados. Avaliação de impactes.
Teresa Freitas	Membro do Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas da UTAD, Mestre em Engenharia do Ambiente.	Gestão e tratamento de dados.

## 2 - ANTECEDENTES

### 2.1 - IDENTIFICAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO E PÓS-AVALIAÇÃO

A génese do empreendimento Aproveitamento Hidroelétrico do Baixo Sabor (AHBS) resulta da Resolução de Conselho de Ministros n.º 4/96, aprovada na sequência da decisão de suspender a construção da barragem de Foz Côa.

Na sequência daquela decisão governamental, a então CPPE (atual EDP – Gestão da Produção de Energia, S.A.) promoveu, entre 1996 e 1999, a elaboração do Estudo Prévio do AHBS e do respetivo Estudo de Impacte Ambiental (EIA).

Em 2000, a respetiva AIA conclui, face à sensibilidade ecológica da área afetada pelo aproveitamento, pela necessidade de reformular o EIA, de forma a contemplar uma análise comparativa do AHBS com o Aproveitamento Hidroelétrico do Alto Côa (AHAC). O EIA de Avaliação Comparada do AHBS e do AHAC foi submetido a novo procedimento de AIA em fevereiro de 2003. Este procedimento de AIA terminou em 15 de julho de 2004 com a emissão, pelo Ministro das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, de uma DIA favorável ao AHBS, condicionada à elaboração de um conjunto de estudos e de planos, ao cumprimento de medidas de minimização e compensação e à monitorização. A DIA e o respetivo anexo foram publicados no Diário da República n.º 233, II Série, 2-10-2004 (Despacho Conjunto n.º 592/2004).

Com vista a analisar e demonstrar a conformidade do projeto de execução com a respetiva DIA, foi elaborado um RECAPE, de janeiro de 2006. O RECAPE foi avaliado pela Comissão de Avaliação nomeada no âmbito do procedimento de AIA (Procedimento n.º 1088), tendo emitido parecer em dezembro de 2006, onde tece um conjunto de observações e solicita elementos complementares. Esses elementos correspondem nalguns casos à solicitação de retificações e noutros à necessidade de se complementarem ou alterarem soluções em particular relacionadas com as medidas de compensação.

Com vista a dar resposta às questões e solicitações feitas pela CA foi feito um aditamento ao RECAPE de julho de 2007. Durante a elaboração do aditamento, o programa de medidas compensatórias mereceu especial atenção por parte da Direcção-Geral do Ambiente da Comissão Europeia que, após visita técnica ao local, em junho de 2007, solicitou o reforço do pacote de medidas.

Uma vez que não haviam sido incorporadas estas novas medidas no Aditamento, foi elaborada uma Adenda ao Aditamento, datada de setembro de 2007, que constitui o programa completo das medidas ambientais para o AHBS, no âmbito do qual se integra o Programa Piloto de Caracterização Microclimática (PPCM) e onde está definida a apresentação periódica de Relatórios de Monitorização, onde se enquadra o presente documento.

### 2.2 - IDENTIFICAÇÃO DAS MEDIDAS ADOPTADAS E PREVISTAS PARA EVITAR, REDUZIR OU COMPENSAR OS IMPACTES OBJETO DE MONITORIZAÇÃO

Não se encontram descritas medidas de mitigação ou de adaptação face aos potenciais impactes climáticos avaliados no âmbito do presente PPCMC.

---

### **2.3 - DESCRIÇÃO DE EVENTUAIS RECLAMAÇÕES OU CONTROVÉRSIAS E INDICAÇÃO DAS DELIGÊNCIAS EFETUADAS PARA A RESPETIVA RESOLUÇÃO**

No âmbito dos trabalhos a que o presente relatório de monitorização diz respeito, a equipa do PPCMC da UTAD não teve conhecimento de quaisquer reclamações ao programa em questão e, por conseguinte, não foram necessárias quaisquer diligências visando a resolução das mesmas.

### 3 - PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO

Durante este período de monitorização microclimática do Baixo Sabor, que decorreu entre janeiro e dezembro de 2019, foram realizadas análises à base de dados dos registos da RMBS, essencialmente focada nos aspetos meteorológicos. Os métodos e técnicas aplicadas na monitorização das medidas obedeceram aos princípios fundamentais definidos no PIMA, rev.04 (EDP, 2015).

#### 3.1 - PARÂMETROS MONITORIZADOS

Os parâmetros listados de seguida foram monitorizados no âmbito do PPCMC e registados pelas estações da RMBS:

- Temperatura do ar (expressa em °C);
- Radiação solar total (em MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>);
- Humidade relativa do ar (em %);
- Precipitação (em mm ou L.m<sup>-2</sup>);
- Humectação das superfícies (fração adimensional);
- Temperatura do solo (em °C);
- Intensidade do vento (em m.s<sup>-1</sup>);
- Direção do vento (em graus relativos ao norte geográfico).

Nestas estações são ainda obtidos, por via indireta, os seguintes parâmetros:

- Temperatura do ponto de orvalho (em °C);
- Evapotranspiração potencial (em mm ou L.m<sup>-2</sup>).

Os parâmetros registados nas Estações Termohigrométricas (ETHs) são os seguintes:

- Temperatura do ar (em °C);
- Humidade relativa do ar (em %).

Dado o número limitado de parâmetros medidos pelas ETHs, a avaliação dos potenciais impactes do AHBS sobre o clima à escala regional está naturalmente um pouco condicionada à análise destas duas variáveis. Todavia, consideramos que estas são as variáveis que poderão apresentar um sinal mais claro da influência do empreendimento.

#### 3.2 - LOCAIS DE AMOSTRAGEM

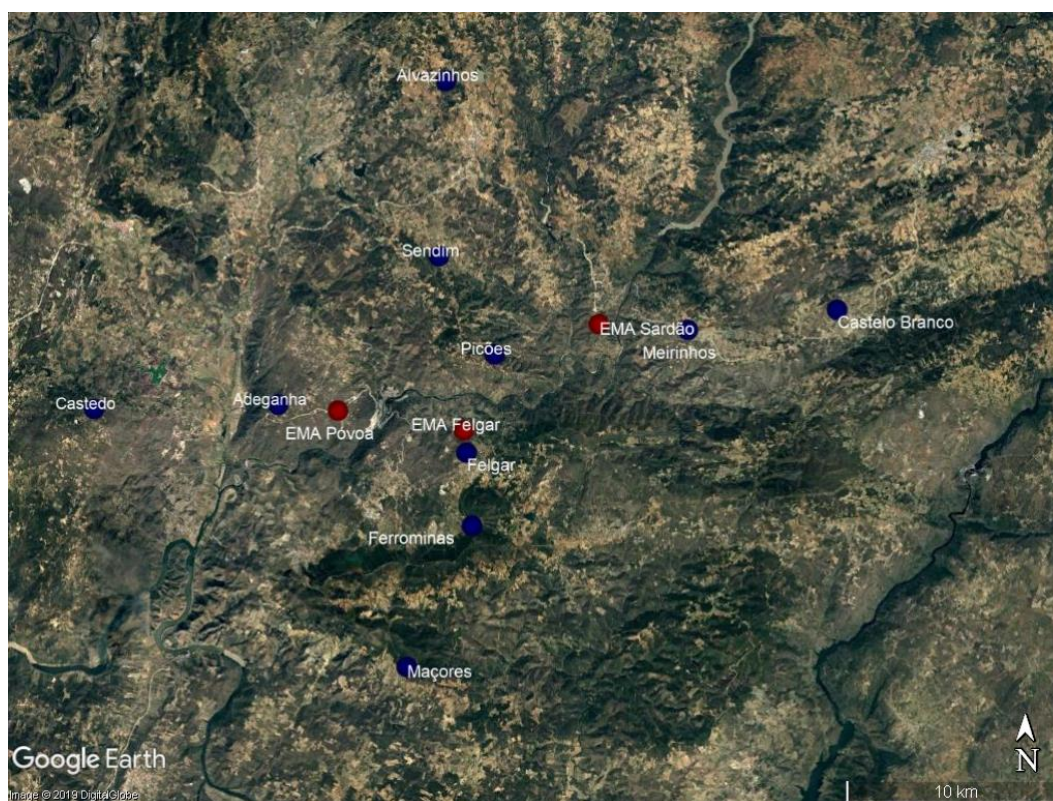
Para este estudo foram utilizados os dados registados por três EMAs (Póvoa, Felgar e Sardão) e pelo conjunto das sete ETHs atualmente em funcionamento (Maçores, Adeganha, Castedo, Meirinhos, Sendim, Picões e Castelo Branco). As ETHs de Ferrominas e Alvazinhos foram furtadas e não foram repostas. A ETH de Maçores foi também furtada, mas foi novamente operacionalizada com a deslocação da ETH de Felgar para este local, dado esta última estar muito próxima da EMA de Felgar e haver alguma redundância de informação.

A distribuição global original das estações está representada na **e fisiografia locais**, complementadas com uma elevada diversidade de solos, desde xistos a granitos. A predominância da paisagem agrícola em detrimento das



florestas é ainda outro elemento assinalável nesta região. São, todavia, ainda identificáveis zonas não agrícolas, predominantemente de montanha, com povoamentos essencialmente arbustivos (e.g. matas, baldios).

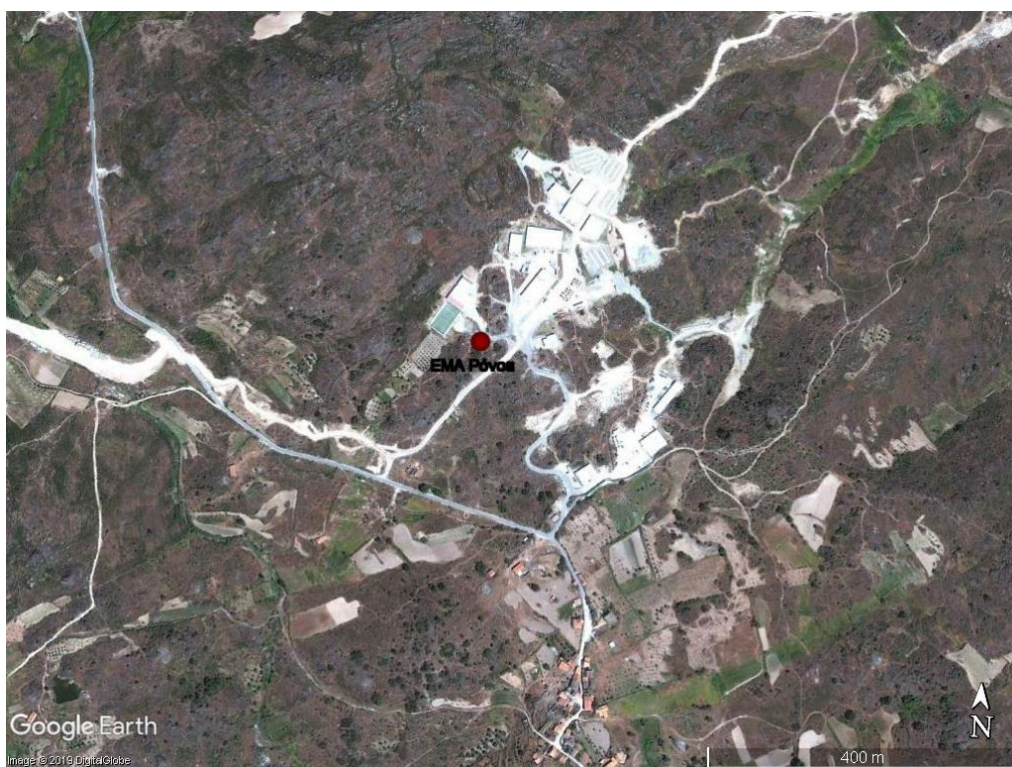
**Figura 3.1.** A imagem corresponde ao período de construção do AHBS, não sendo, por isso, visíveis as albufeiras que encontramos hoje no local. Nesta imagem, além do vale encaixado do Sabor, é bem visível a falha/vale da Vilariça, com orientação norte-sul, sendo um elemento estruturante importante da paisagem. Várias elevações são ainda notórias, assinalando a complexidade da orografia e fisiografia locais, complementadas com uma elevada diversidade de solos, desde xistos a granitos. A predominância da paisagem agrícola em detrimento das florestas é ainda outro elemento assinalável nesta região. São, todavia, ainda identificáveis zonas não agrícolas, predominantemente de montanha, com povoamentos essencialmente arbustivos (e.g. matas, baldios).



**Figura 3.1 - Localização das estações da Rede Meteorológica do Baixo Sabor (EMAs indicadas a vermelho e ETHs a azul).**

As localizações mais detalhadas das EMAs estão representadas nas Figura 3.2, Figura 3.3 e Figura 3.4, onde é também possível identificar algumas especificidades de cada local. Estas imagens de satélite foram obtidas com recurso à ferramenta Google Earth®, 2019. Após visitas ao terreno, sabe-se que quer devido ao enchimento das albufeiras do AHBS, quer por alterações na cobertura e nas tipologias de utilização dos solos ocorreram, entretanto, transformações significativas na paisagem local. Será importante assegurar que as condições na vizinhança das estações de observação não sejam substancialmente alteradas a fim de se poder isolar de forma rigorosa o efeito do AHBS no microclima local.





**Figura 3.2 - Localização da EMA da Póvoa (41° 14' 00.62"N 7° 02' 00.60"W).**



**Figura 3.3 - Localização da EMA de Felgar (41° 13' 33.03"N 6° 57' 52.76"W).**



**Figura 3.4 - Localização da EMA de Sardão (41° 16' 11.29"N 6° 53' 29.00"W).**

O planeamento e localização da rede de estações meteorológicas no AHBS teve a aprovação do IPMA e foi instalada pela equipa responsável por executar o PPCMC durante a fase de construção do aproveitamento. O envolvimento da UTAD teve início em 2015, coincidindo com o primeiro ano de implementação do PIMA do AHBS, cuja continuidade tem sido assegurada pelas suas equipas de especialistas, onde se inclui a equipa de Climatologia Aplicada do Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas (CITAB) que tem a seu cargo a concretização do PPCMC, desde então. Embora esta equipa não tenha participado na conceção do PPCMC, será feita uma breve descrição da rede de estações e respetiva fundamentação, tendo em consideração relatórios anteriores e outros elementos que foram gentilmente cedidos pela empresa Quantific à equipa de investigação da UTAD. Esta informação será reportada da forma mais fiel possível aos elementos supracitados.

A seleção dos locais para a instalação das EMAs teve em conta critérios técnicos e operacionais. Os critérios técnicos prenderam-se com questões de representatividade e de qualidade da informação obtida. No que diz respeito às questões de representatividade, pretendeu-se essencialmente garantir que, face à análise microclimática preliminar da zona envolvente, as localizações escolhidas permitissem a medição adequada da variável, vento. Pretendeu-se ainda que as estações se localizassem a distâncias suficientemente próximas das albufeiras.

Ainda dentro dos critérios técnicos, foram seguidas as recomendações da Organização Meteorológica Mundial relativas à localização das estações, assegurando a qualidade dos dados registados.

As estações foram ainda instaladas tendo em conta a sua localização em situação de planalto, meia-encosta e vale. Para a zona de planalto foi selecionada uma localização junto ao estaleiro da Póvoa (EMA da Póvoa, estaleiro visível



na Figura 3.2). Para a zona de vale foi escolhida a margem esquerda do Sabor a norte de Larinho e Felgar (EMA de Felgar, situada num vale agrícola a baixa altitude cf. Figura 3.3). Por fim, para a zona de meia-encosta, foi selecionada a margem direita do rio Sabor a sul de Sardão (EMA de Sardão, situada numa zona montanhosa cf. Figura 3.4). Esta abordagem permite ainda cobrir de forma significativa a área dos lagos artificiais resultantes do enchimento das albufeiras. Outros aspetos complementares serão estudados com base nas ETHs.

As 10 ETHs iniciais foram distribuídas ao longo de dois eixos, um com orientação Este – Oeste (direção zonal) e o outro com orientação Norte – Sul (direção meridional), centrados na zona da albufeira principal (montante). Este planeamento em cruz da rede é bem patente na **e fisiografia locais**, complementadas com uma elevada diversidade de solos, desde xistos a granitos. A predominância da paisagem agrícola em detrimento das florestas é ainda outro elemento assinalável nesta região. São, todavia, ainda identificáveis zonas não agrícolas, predominantemente de montanha, com povoamentos essencialmente arbustivos (e.g. matas, baldios).

### Figura 3.1.

Assim, para o eixo Este – Oeste, as localizações das estações de observação são: Castelo Branco, Meirinhos, Sardão (EMA), Póvoa (EMA), Adeganha, Castedo. Para o eixo Norte – Sul, as localizações são: Alvazinhos, Sendim, Picões, Felgar (EMA), Felgar, Ferrominas, Maçores.

Castedo, Alvazinhos, Castelo Branco e Maçores são as estações mais afastadas do AHBS, sendo presumivelmente as menos influenciadas pelo referido empreendimento. A EMA de Felgar é a estação central da rede de monitorização meteorológica, localizada junto à parte central da albufeira principal, sendo, por conseguinte, essencial para o estudo.

## 3.3 - PERIODICIDADE DE AMOSTRAGEM

A amostragem dos parâmetros meteorológicos é feita de forma contínua, não estando, portanto, sujeita a visitas ao local do projeto. Os registos dos vários sensores são automaticamente lidos com uma periodicidade de 10 segundos (intervalo de leitura), quer para as EMAs quer para as ETHs. No entanto, os valores são compilados e registados digitalmente em tabelas com periodicidades de 10 minutos (EMAs e ETHs), 60 minutos (EMAs) e 24 horas (EMAs e ETHs). Estes dados são então arquivados em ficheiros e são remotamente descarregados das estações para os servidores. A recolha de dados das várias estações é efetuada via GSM ou localmente, quando as comunicações remotas não se encontram operacionais.

De seguida, é feita uma síntese da informação registada por tipologia de estação e por intervalo temporal:

### Estações meteorológicas automáticas (EMAs)

#### *Ficheiros em tabelas de 10 minutos:*

- Temperatura, Humidade Relativa, Temperatura do Ponto de Orvalho (grandeza derivada), Temperatura do Solo, Radiação Solar: médias dos valores medidos no intervalo;
- Vetor velocidade do vento (intensidade e direção): média vetorial no intervalo;
- Precipitação: totalização (valor acumulado) no intervalo.

#### *Ficheiros em tabelas de 60 minutos:*

- Temperatura, Humidade Relativa, Temperatura do Ponto de Orvalho (grandeza derivada), Evapotranspiração (grandeza derivada segundo a fórmula de Penman-Monteith), Temperatura do Solo, Radiação Solar: médias dos valores medidos no intervalo;
- Velocidade e Direção do Vento: média vetorial no intervalo;
- Precipitação: totalização no intervalo.

*Ficheiros em tabelas de 24 horas:*

- Temperatura, Humidade Relativa, Ponto de Orvalho (grandeza derivada), Temperatura do Solo, Radiação Solar, Vento: extremos diários;
- Radiação Solar: totalização diária;
- Precipitação: totalização diária;
- Humectação: histograma de frequências diário.

### **Estações Termohigrométricas (ETHs)**

*Ficheiros em tabelas de 10 minutos:*

- Temperatura, Humidade Relativa: médias dos valores no intervalo.

*Ficheiros em tabelas de 24 horas:*

- Temperatura, Humidade Relativa: extremos diários.

## **3.4 - MÉTODOS DE AMOSTRAGEM E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS**

Os pontos seguintes sintetizam as características principais dos equipamentos utilizados na RMBS, bem como o esquema de monitorização implementado:

### **ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS (EMAs)**

- Unidade de Aquisição de Dados (*datalogger*) – *Campbell Scientific CR800*
- Sensor de Temperatura e Humidade Relativa – VAISALA HMP45A (modelo HMP155 em Sardão)
- Sensor de Velocidade e Direção do Vento – GILL WINDSONIC
- Sensor de Radiação Solar – HUKSEFLUX LP02
- Sensor de Humectação – *Campbell Scientific 237*
- Sensor de Precipitação – *Young 52203*
- Sensor de Temperatura do solo – *PT100 Labfacility*

### **ESTAÇÕES DE TEMPERATURA E HUMIDADE RELATIVA (ETHs)**

- Unidade de Aquisição de Dados – *Campbell Scientific CR200*
- Sensor de Temperatura e Humidade Relativa - VAISALA HMP45A

A manutenção destes sensores está a cargo da empresa *Quantific*, responsável pela instalação inicial das estações de observação e pela continuidade dos registos. As estações são atualmente visitadas com uma periodicidade mensal e foram adquiridos sobresselentes para substituição de equipamento entretanto danificado ou em fase final de vida útil. A manutenção da rede e a obtenção dos respetivos registos nas melhores condições possíveis é um objetivo central do presente estudo, dada a importância fulcral destes dados para a concretização dos objetivos previstos no PPCMC.

### 3.5 - INDICADORES DE ATIVIDADE OU FATORES EXÓGENOS RELACIONADOS COM OS RESULTADOS

Na Fase de exploração do AHBS os dados recolhidos no âmbito da PPCMC foram analisados e avaliados com base na utilização das cotas das albufeiras a montante e a jusante, gentilmente fornecidas pela EDP, como indicadores de base da atividade do AHBS. Estas cotas estão necessariamente relacionadas com o volume e a extensão superficial da massa de água, sendo estes fatores determinantes na potencial alteração do microclima do Baixo Sabor. Fatores exógenos, tal como a variabilidade climática de larga-escala, independente do AHBS, serão também analisados de forma a diferenciar as possíveis modificações climáticas diretamente atribuíveis ao AHBS das modificações resultantes de outros processos, nomeadamente das alterações climáticas à escala global/regional.

### 3.6 - MÉTODOS DE TRATAMENTO DOS DADOS

Após a recolha remota dos dados dos vários sensores é feita uma validação preliminar que se baseia nos seguintes critérios:

1. *Critério Primário*: verificação dos limites físicos e dos limites instrumentais;
2. *Critério Secundário*: rotinas de verificação dos dados mensais de cada estação, a fim de validar e preparar os registos de 10 minutos para integrar a base de dados.

Os dados são posteriormente analisados com recurso a metodologias de análise temporal e espacial, com vista à identificação de alterações estatisticamente significativas no microclima do Baixo Sabor.

### 3.7 - CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS DADOS

Os valores erróneos são removidos, não sendo feita qualquer substituição por valores estimados, sendo, por isso, considerados como valores em falha. Se for verificado que um dia tem um volume de falhas superior a 10% do total de dados para esse dia, os dados referentes a esse dia serão excluídos *à priori* da análise.

Na base de dados completa foram testadas e aplicadas metodologias de substituição de valores em falha, de resto já aplicadas na região noutros contextos, nomeadamente a aplicação de metodologias de regressão linear multivariada *stepwise* entre as séries temporais da rede. As estações apresentam elevadas correlações temporais em todas as variáveis (quase sempre superiores a 0.70), mesmo nos valores diários, dada a sua proximidade espacial. Por conseguinte, estas metodologias têm sido aplicadas com grande êxito e têm permitido a construção de uma base de dados homogénea e temporalmente consistente. Com efeito, entendemos que esta base de dados poderá ser uma mais-valia para a região, dada a sua possível aplicabilidade a numerosos estudos regionais de âmbito ambiental, agrícola ou florestal, naturalmente salvaguardando os interesses da EDP e todas as questões relacionadas com a propriedade efetiva dos dados. A falta crónica de dados meteorológicos em Portugal é um grave entrave à investigação climática, estando com frequência associada à não manutenção das estações meteorológicas e à descontinuidade dos estudos.

Novas técnicas de análise espacial e de interpolação de dados, com recurso a sistemas de informação geográfica com alta resolução espacial, permitiram também, uma melhor caracterização do microclima do Baixo Sabor e das suas eventuais alterações induzidas pelo AHBS. A determinação mais rigorosa da área de influência direta das albufeiras no microclima do Baixo Sabor é também um resultado central do estudo, permitindo uma quantificação mais rigorosa dos eventuais efeitos do empreendimento na região.

Nas três EMAs foram encontrados erros ou dados em falta, em 16 dias em Felgar, 1 dia na Póvoa e 3 dias em Sardão, no período considerado. O período relativamente longo de dados com falhas em Felgar deveu-se a uma avaria no equipamento, que teve que ser reposto, após condições meteorológicas adversas. Estes dados foram estimados pelas metodologias estatísticas, descritas anteriormente.

Relativamente às ETHs existem algumas falhas para o período em análise, que serão sumariamente reportadas de seguida. A ETH de Ferrominas foi furtada em 2014, pelo que não existem dados *à posteriori* para esta estação. A ETH de Maçores foi vandalizada a 28 de novembro de 2015. No dia 9 de fevereiro de 2017 a ETH de Felgar foi recolocada em Maçores e reprogramada (modificado o ID e calibrada a sonda) às 11h22. A ETH de Felgar foi retirada de serviço às 9h35 do dia 9 fevereiro de 2017 e reinstalada em Maçores. A estação de Alvazinhos foi vandalizada a 8 de novembro de 2016, sendo reinstalada às 14h49 do dia 9 fevereiro de 2017, com equipamento "novo". No entanto, esta estação foi novamente furtada a 25 de junho de 2018. Desta forma, estão atualmente em funcionamento sete ETHs: Maçores, Adeganha, Castedo, Meirinhos, Sendim, Picões e Castelo Branco (Figura 3.5).

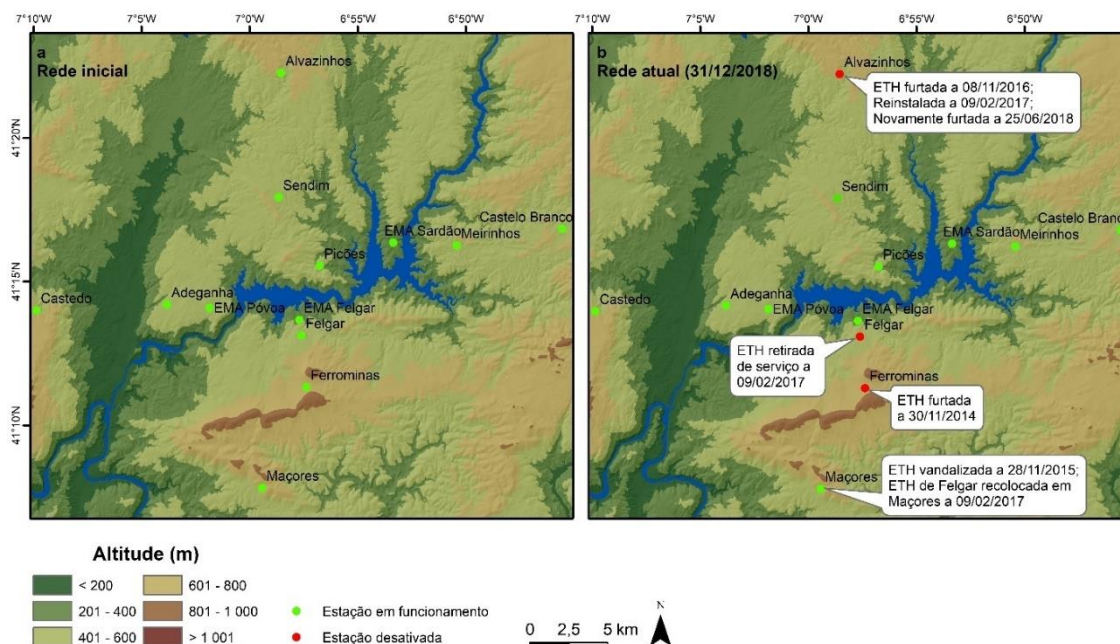


Figura 3.5 - Rede meteorológica do Baixo Sabor inicial (à esquerda) e atual (à direita).

No decorrer do ano de 2019, a estação de Sendim, registou 4 dias com dados em falta. As restantes estações, Maçores, Castedo, Meirinhos, Castelo Branco e Adeganha registaram todas as leituras diárias.

Todas estas anomalias no funcionamento das estações têm vindo a ser reportadas e regularmente acompanhadas, quer pela equipa da UTAD, quer pela empresa *Quantific*, através de um contrato de manutenção da rede e de um programa de visitas com periodicidade mensal. O Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA, S.A.) tem vindo também a acompanhar regularmente a monitorização meteorológica e tem alertado quando se verificam falhas ou anomalias na rede. Deixamos os nossos agradecimentos ao IPMA pela colaboração no estudo.

## 4 - RESULTADOS DO PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO

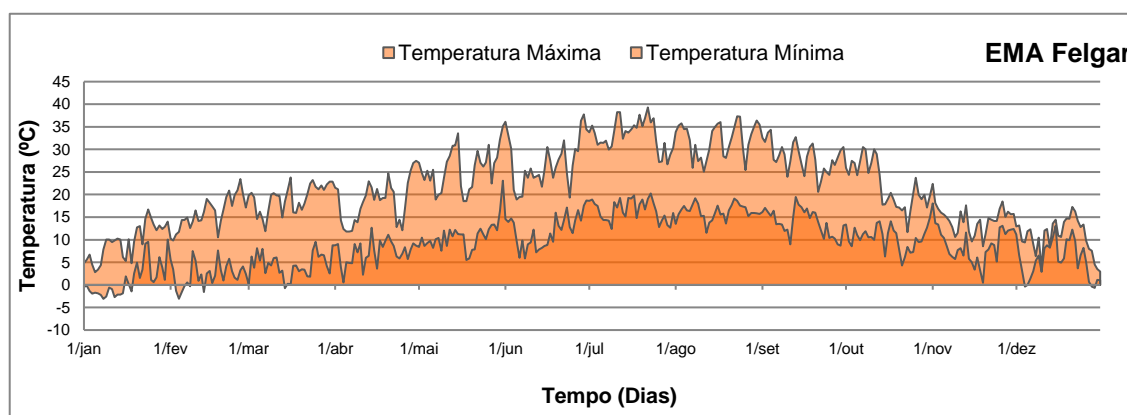
Para o estudo do microclima da região do Baixo Sabor são utilizados todos os dados disponíveis das EMAs e ETHs relativos ao ano de 2019. Para a análise do inverno de 2019 foram ainda considerados os dados de dezembro de 2018, já que do ponto de vista meteorológico faz mais sentido agrupar os meses em trimestres meteorológicos do que em trimestres civis. Assim, o inverno corresponde aos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (DJF), a primavera a março, abril e maio (MAM), o verão a junho, julho e agosto (JJA) e o outono a setembro, outubro e novembro (SON). Estes dados estão devidamente arquivados num servidor da UTAD, podendo a sua consulta ser solicitada a qualquer momento pela EDP. Serão agora sucintamente documentados os principais resultados da referida monitorização.

### 4.1 - RESULTADOS OBTIDOS

#### 4.1.1 - Temperatura

As Figura 4.1, Figura 4.2 e Figura 4.3 apresentam os cronogramas das temperaturas máximas e mínimas diárias registadas pelas EMAs de Felgar, Póvoa e Sardão, respetivamente, e para o ano civil de 2019.

A elevada coerência na variabilidade térmica registada pelas três estações demonstra uma homogeneidade climática ao longo do eixo formado pelo conjunto das três EMAs, que corresponde aproximadamente ao alinhamento da albufeira montante. Na verdade, as três estações têm altitudes e exposições relativamente semelhantes e estão geograficamente próximas. Estas figuras evidenciam ainda padrões semelhantes para a temperatura máxima e mínima durante todo o período de observação. No entanto, nas três estações a amplitude térmica diária (diferença entre a temperatura máxima e mínima) foi significativamente maior nos meses de verão. Com efeito, durante os dias secos de verão os contrastes térmicos são habitualmente mais acentuados.

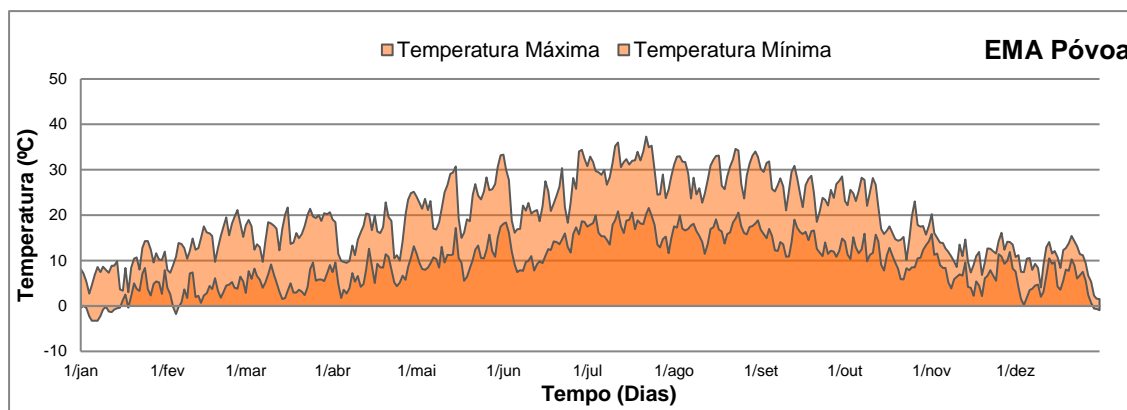


**Figura 4.1 - Cronograma da Temperatura Máxima e Mínima Diária (°C) para a EMA de Felgar no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.**

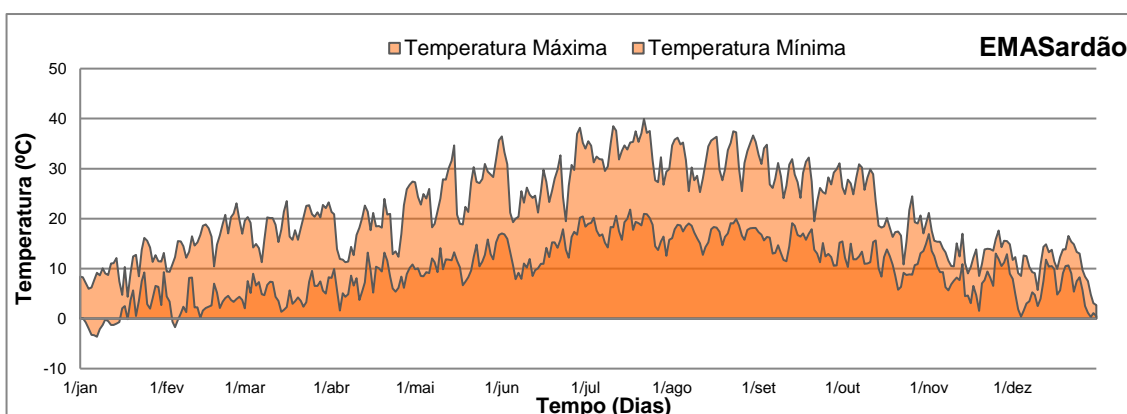
A temperatura média no ano de 2019 foi de 15,2°C em Felgar, de 14,4°C na Póvoa e de 15,6°C em Sardão. O dia 22 de julho foi o mais quente, com 40,0°C de temperatura máxima, em Sardão. O mesmo sucedeu na Póvoa e em Felgar, onde a temperatura máxima no dia 22 de julho, foi de 37,3°C e 39,3°C, respetivamente. Pelo contrário, nos meses de inverno, a temperatura máxima atingiu ocasionalmente valores próximos da temperatura mínima. Estas situações estão associadas à presença de nevoeiros de radiação muito intensos e persistentes, favorecidos pela



drenagem catabática e pelas fortes inversões térmicas em condições anticiclónicas e de subsidência de massas de ar, circunstâncias também muito típicas do inverno no Alto Douro (*nevoeiro transmontano-leonês*).



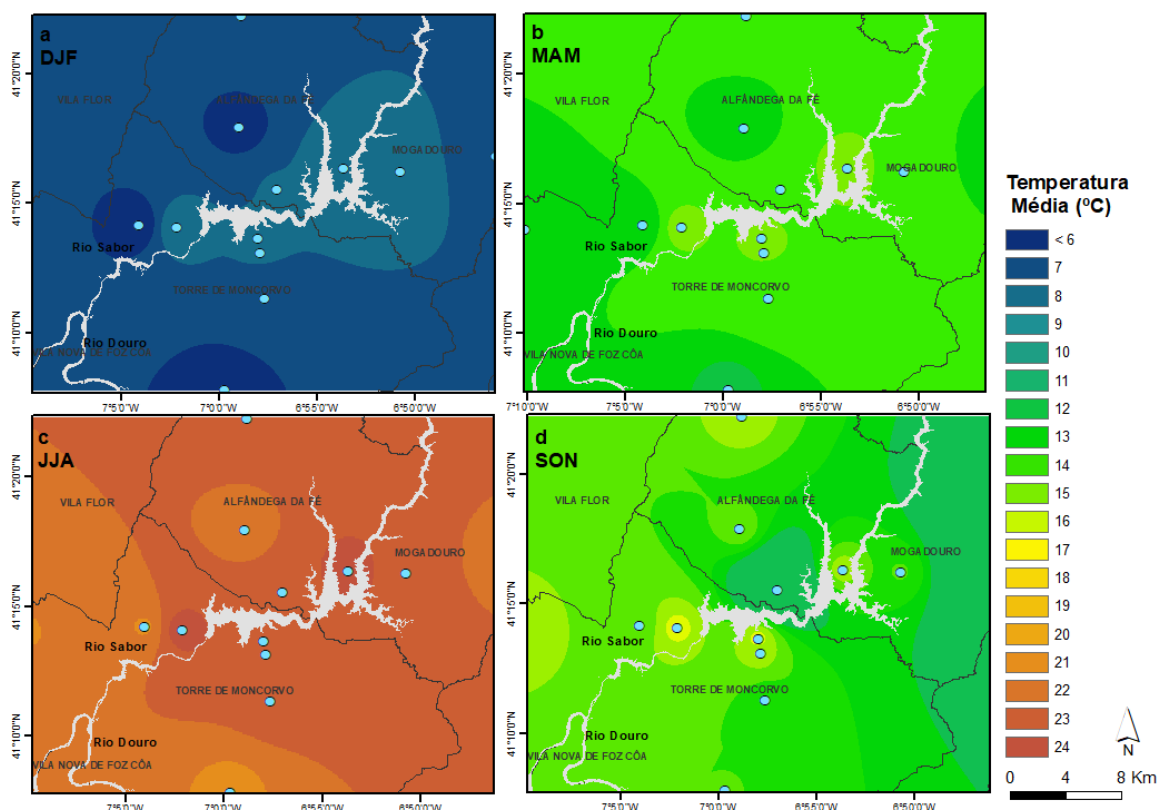
**Figura 4.2 - Cronograma da Temperatura Máxima e Mínima Diária (°C) para a EMA de Póvoa no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.**



**Figura 4.3 - Cronograma da Temperatura Máxima e Mínima Diária (°C) para a EMA de Sardão no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.**

Nos meses de inverno verificam-se ocasionalmente temperaturas mínimas negativas nas três estações. De referir, o dia 7 de janeiro de 2019, como o dia com o valor mais baixo de temperatura mínima em Sardão (-3,6 °C). Na EMA da Póvoa, o valor mais baixo registou-se a 6 de janeiro (-3,3°C) enquanto na EMA de Felgar o valor mais baixo de temperatura mínima, assinalou-se a 8 de janeiro de 2019 (-3,1°C).

Para a análise da distribuição espacial da temperatura do ar, procedeu-se para cada estação do ano separadamente, ao traçado dos respetivos campos de temperatura (Figura 4.4), com base na rede total de estações de observação (EMAs e ETHs). Dada a marcada sazonalidade, a análise espacial por estação do ano é mais adequada do que a análise para o ano completo. Nesta análise espacial foram utilizadas técnicas de interpolação espacial (inverso do quadrado da distância, IDW) com recurso a sistemas de informação geográfica. Para simplificação da comparação entre mapas, optou-se pela utilização da mesma escala de temperatura.



**Figura 4.4 - Distribuição espacial da temperatura média do ar (°C) nos meses de a) dezembro de 2018, janeiro e fevereiro, b) março, abril e maio, c) junho, julho e agosto, d) setembro, outubro e novembro 2019. As estações estão indicadas com círculos, bem como os principais cursos e massas de água. Os limites político-administrativos dos concelhos estão também representados. Método de interpolação espacial por inverso do quadrado da distância (IDW).**

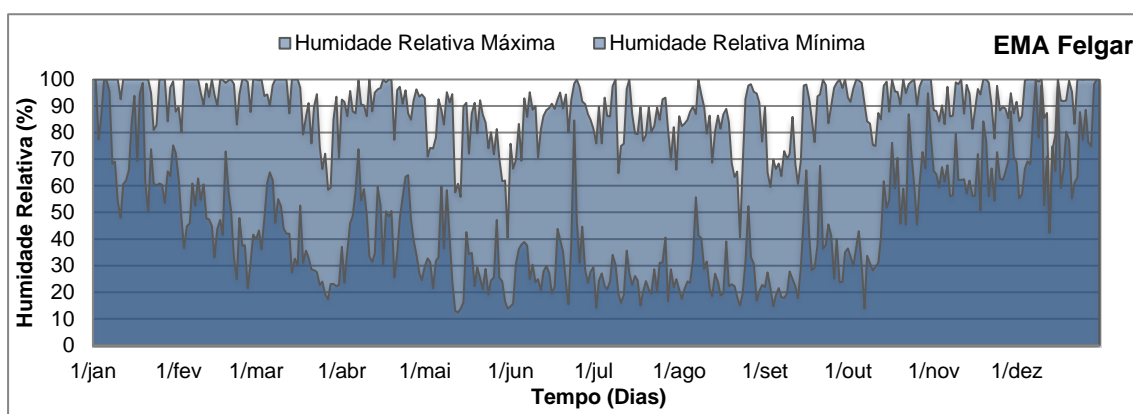
No inverno de 2018/19, a temperatura média do ar foi superior a 8°C nas proximidades da albufeira montante do AHBS (Figura 4.4a). A menor altitude desta região, aliada a um possível efeito moderador do reservatório de água (inércia térmica) explica este comportamento. Na restante área, a temperatura média do ar desce cerca de 1-2°C. A região depressionária da albufeira montante é particularmente mais quente que as regiões vizinhas, o que denuncia a existência de um microclima de características muito próprias. O campo da temperatura média do ar na primavera (Figura 4.4b) apresentou um padrão espacial semelhante ao de inverno, mas com gradientes menos acentuados. O mesmo aconteceu no trimestre de verão (Figura 4.4c), com valores mais elevados na área das albufeiras e com a temperatura média do ar a variar entre 22°C e 24°C. No outono (Figura 4.4d), a temperatura média do ar registada foi semelhante em toda a região, variando de aproximadamente 17-18°C na área da grande massa de água, baixando na periferia para 15-16°C, dadas as cotas mais elevadas.

Globalmente, estes padrões são consistentes com a orografia local, designadamente com o efeito da altitude sobre a temperatura do ar (gradiente vertical euleriano), mas também denotam alguma influência do AHBS nas estações situadas na sua proximidade. Contudo, é importante salientar que as médias sazonais filtram uma parte significativa da variabilidade que poderá ser modelada pela presença das albufeiras. Acresce ainda que para uma avaliação do impacto potencial será necessária a análise da evolução histórica destes padrões e registos, o que será feito mais à frente neste relatório.

#### 4.1.2 - Humidade relativa

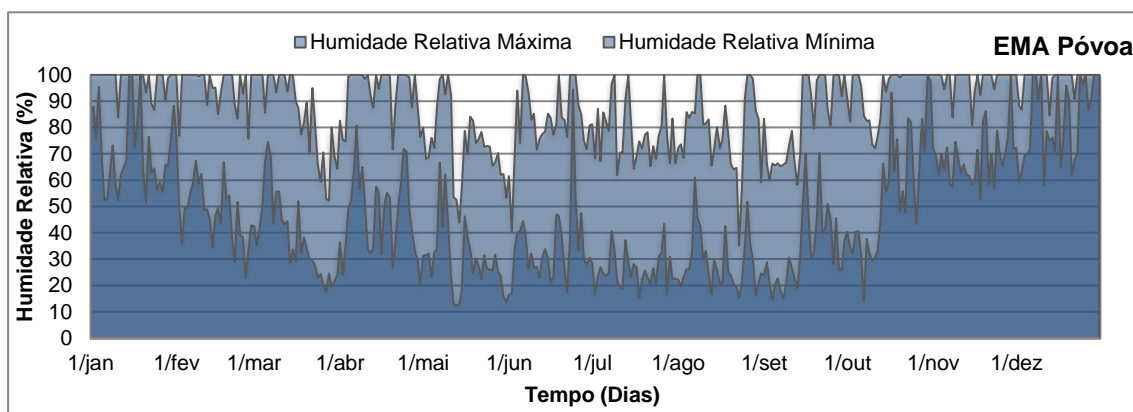
À semelhança da temperatura, as Figura 4.5, Figura 4.6 e Figura 4.7 apresentam a variação da humidade relativa para o ano de 2019 e para as EMAs de Felgar, Póvoa e Sardão, respetivamente.

A elevada consistência na variabilidade da humidade relativa entre as três estações é uma vez mais notória. Tanto a humidade relativa máxima como a mínima apresentam, como seria de esperar, valores mais baixos no verão e mais elevados no inverno. A humidade relativa avalia a fração entre o teor de humidade atual na massa de ar e o máximo permitido a dada temperatura (saturação). Como este valor de saturação diminui exponencialmente com a temperatura, é natural a humidade relativa apresentar valores maiores para temperaturas mais baixas, mesmo que o teor de humidade no ar seja invariante (humidade específica).

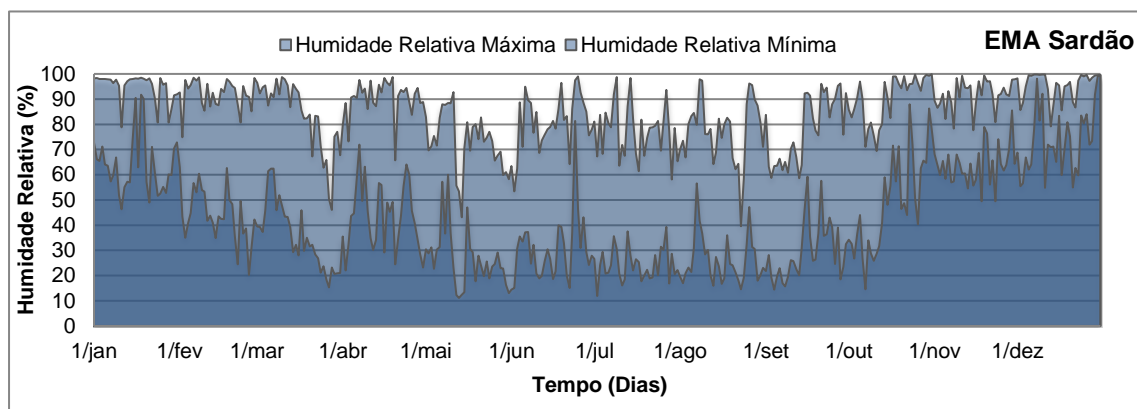


**Figura 4.5 - Cronograma da Humidade Relativa Máxima e Mínima Diária (%) para a EMA de Felgar no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2018.**

Nas três EMAs em análise, a humidade relativa média foi homogénea, i.e. cerca de 63% (62.7% em Felgar, 62.9% na Póvoa e 62.1% em Sardão). A humidade relativa apresenta geralmente forte variabilidade, com grandes flutuações diárias. É um comportamento típico e não exclusivo do microclima em questão. A variabilidade intra-anual da humidade relativa mínima é também maior do que a da humidade relativa máxima. Em 2019, nos meses de janeiro e dezembro, a humidade relativa máxima atingiu, frequentemente, valores acima de 90% nas três EMAs e, ocasionalmente, a humidade relativa mínima atingiu igualmente valores muito próximos ou iguais a 100%. Estas situações estão habitualmente associadas à ocorrência dos nevoeiros já mencionados atrás.

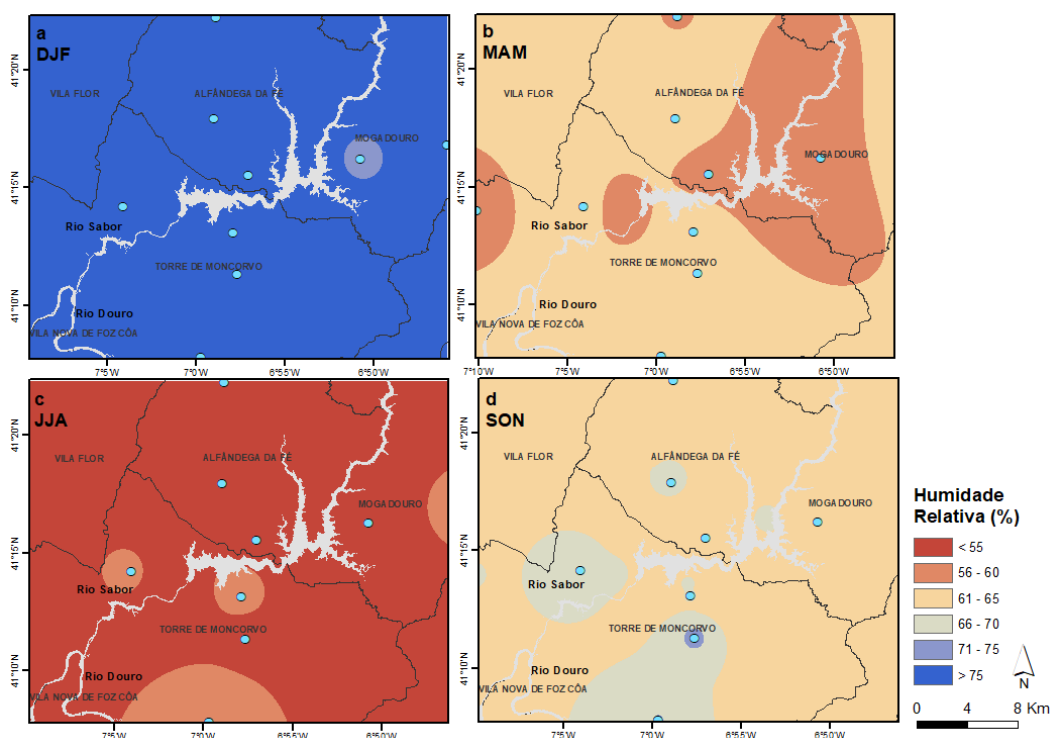


**Figura 4.6 - Cronograma da Humidade Relativa Máxima e Mínima Diária (%) para a EMA da Póvoa no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2018.**



**Figura 4.7 - Cronograma da Humidade Relativa Máxima e Mínima Diária (%) para a EMA de Sardão no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2018.**

Também para a análise da variação espacial da humidade relativa se elaborou, para cada trimestre separadamente, o traçado dos respetivos campos espaciais, com recurso à totalidade de estações da rede meteorológica (Figura 4.8). No trimestre de inverno (Figura 4.8a), o campo da humidade relativa média foi bastante homogéneo. Os valores da humidade relativa variam entre 70 e 75%. No trimestre da primavera (Figura 4.8b), os valores da humidade relativa não excederam os 65%. Os valores da humidade relativa média diminuem consideravelmente no trimestre de verão (Figura 4.8c). Na maior parte da região em estudo, incluindo em toda a albufeira, a humidade relativa foi inferior a 55%. Nos meses de setembro, outubro e novembro (Figura 4.8d), a humidade relativa foi também homogénea ao longo de toda a albufeira com valores entre os 61-65%.



**Figura 4.8 - Distribuição espacial da humidade relativa média (%) nos meses de a) dezembro de 2018, janeiro e fevereiro, b) março, abril e maio, c) junho, julho e agosto, d) setembro, outubro e novembro 2019. As estações estão indicadas com círculos, bem como os principais cursos e massas de água. Os limites político-administrativos dos concelhos estão também representados. Método de interpolação espacial por *inverso do quadrado da distância* (IDW).**

#### 4.1.3 - Vento

Na Figura 4.9 são apresentados os diagramas de radar do vento médio diário para as EMAs de Felgar, Póvoa e Sardão. Nestes diagramas é feita uma separação por classes de intensidade do vento (0-2, 2-5, 5-10 e  $\geq 10 \text{ m.s}^{-1}$ ) e, para cada classe, é indicada a frequência relativa (em %) de cada direção do vento, agrupadas nas 8 direções principais (pontos cardiais e colaterais da rosa dos ventos). A análise aqui apresentada é feita para o ano civil completo de 2019. Por razões de síntese do relatório não são apresentados os resultados parcelares por trimestre.

Em Felgar e para o ano de 2019, o vento soprou predominantemente de norte, durante perto de 30% dos dias do ano, mas com uma velocidade muito baixa, entre 0 e  $2 \text{ m.s}^{-1}$ . Com esta mesma velocidade o vento soprou durante cerca de 20% dos dias do ano de sudeste. Durante cerca de 20% dos dias do ano, o vento soprou também de norte e de sudeste, mas com uma velocidade moderada, entre 2 e  $5 \text{ m.s}^{-1}$ . As velocidades médias diárias do vento em classes mais elevadas são muito raras nesta estação. À semelhança dos registos de anos anteriores, o padrão de distribuição do vento é muito diferente na Póvoa, onde se identificam duas direções predominantes da velocidade do vento (noroeste e sudeste) e com intensidades globalmente superiores. O vento foi de noroeste durante quase 15% dos dias do ano com uma velocidade entre 2 e  $5 \text{ m.s}^{-1}$ , e com uma frequência de superior a 5% com velocidades compreendidas entre 0 e  $2 \text{ m.s}^{-1}$ . O vento foi de sudeste em perto de 15% dos dias, com uma velocidade entre 2-5  $\text{m.s}^{-1}$ , mas foi muito menos frequente em intensidades menores, ao invés do que acontece na estação de Felgar. É ainda de referir que o vento também soprou de nordeste e de leste, com velocidades entre 2-5  $\text{m.s}^{-1}$ , mas com frequências próximas de 10%. Ventos intensos de noroeste e de sudeste, com velocidades médias diárias superiores a  $5 \text{ m.s}^{-1}$  foram ainda registados na Póvoa. Em Sardão, o vento soprou predominantemente de oeste (9%), noroeste (10%), nordeste (7%) e de este (15%), com velocidades entre 2 e  $5 \text{ m.s}^{-1}$ . Para intensidades de vento mais baixas ( $<2 \text{ m.s}^{-1}$ ) é de notar um máximo de norte (8%). Para as intensidades mais elevadas, refira-se o pico de nordeste (10%).

Estes resultados para o vetor vento (intensidade e direção) permitem concluir que, ao contrário da temperatura do ar e da humidade relativa, o vento apresenta elevada heterogeneidade na região alvo do estudo. Na verdade, nota-se uma clara predominância pelos quadrantes N-NW e E-SE nas três estações. Todavia, a orografia muito acidentada da região cria numerosos efeitos de túnel, com repercussões na intensidade do vento, e desvios significativos na direção do vento. Dada esta diversidade, não é tão fiável a substituição de falhas no vento como da temperatura e humidade relativa, embora ainda existam condições para o fazer. No caso específico de Felgar, a sua localização na margem sul da albufeira montante claramente aumenta a sua exposição a ventos do quadrante norte, incluindo sistemas de brisas gerados pela albufeira, o que explica a elevada frequência destes ventos nesta estação, ainda que de intensidade reduzida. O padrão do vento mantém-se em relação aos anos anteriores (não mostrado). Em síntese, as três EMAs têm um comportamento muito distinto em termos da direção e intensidade do vento, sendo Felgar claramente menos ventosa e com uma exposição típica de um local confinado pela fisiografia, sendo notórios quer os efeitos de barramento, quer os de condução orográfica das massas de ar.

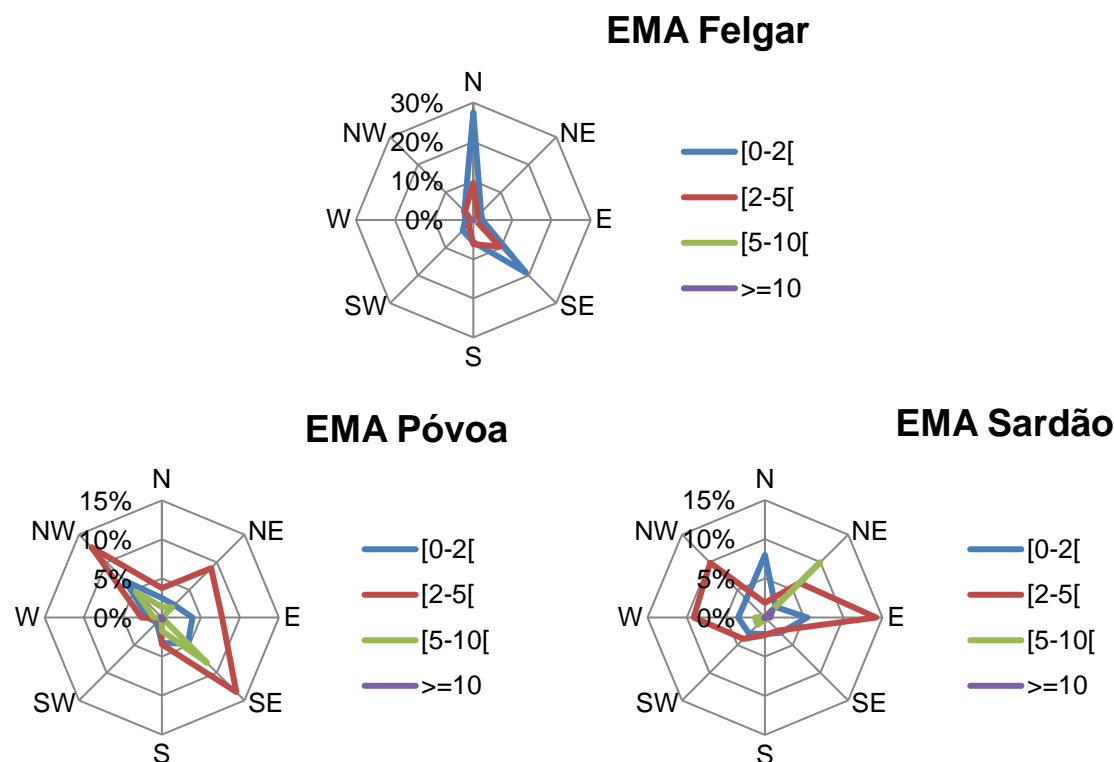


Figura 4.9 - Diagrama de distribuição do vento médio diário para diferentes classes de intensidade (m/s) para Felgar, Póvoa e Sardão durante o ano de 2019.

#### 4.1.4 - Precipitação

A análise da precipitação está patente nas Figura 4.10, Figura 4.11 e Figura 4.12. A análise dos registos das estações mostra elevada conformidade. Ao longo do ano de 2019 o acumulado de precipitação foi semelhante nas três EMAs (Felgar: 494 mm e Sardão: 592 mm). Os registos da precipitação na estação da Póvoa não são válidos desde o início de outubro de 2019. Para resolver este problema foi já substituído o sensor da precipitação e o cabo de comunicação com o *datalogger*. Contudo, mantém-se a inconsistência nos registos, pelo que se deverá proceder a uma nova intervenção a fim de restabelecer a normalidade dos registos. Os dados aqui apresentados são, pois, estimativas baseadas nas metodologias de substituição de valores em falha já referidas anteriormente.

Com efeito, a precipitação é primeiramente controlada por mecanismos da circulação atmosférica de larga escala. Os sistemas sinóticos (anticlones e ciclones) determinam as condições favoráveis à ocorrência da precipitação em Portugal. É, no entanto, de referir que no verão, na região do Baixo Sabor, se formam ocasionalmente sistemas convectivos intensos (de meso-escala), menos dependentes da circulação de larga-escala, e geradores de episódios de precipitação forte localizada e trovoadas. O total de precipitação no verão, 92 mm (Felgar), 255 mm (Póvoa) e 74 mm (Sardão), corresponde a menos de 20% do valor total anual. Em 2019, registaram-se apenas diferenças ao nível dos montantes acumulados, sendo a variabilidade temporal e os episódios de precipitação praticamente coincidentes nas três EMAs.

Nas curvas da precipitação acumulada é visível a ocorrência de períodos chuvosos relativamente bem distribuídos ao longo do ano, havendo apenas a destacar o período extremamente chuvoso registado em meados de dezembro, quando foram atingidos máximos de precipitação diária. A precipitação ocorreu durante quase todo o ano. O máximo absoluto de precipitação diária, com o valor de 81.0 mm.dia<sup>-1</sup>, ocorreu em Sardão no dia 19 de dezembro. Nesse mesmo dia, registou-se uma precipitação de 70.5 mm em Felgar.

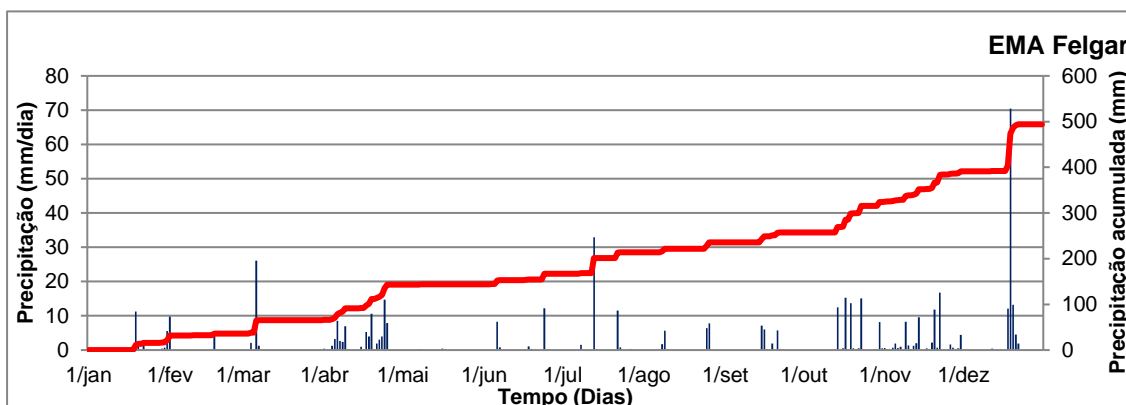


Figura 4.10 - Precipitação diária acumulada (mm/dia) na EMA de Felgar no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019. A curva vermelha representa a precipitação acumulada (escala à direita em mm/dia).

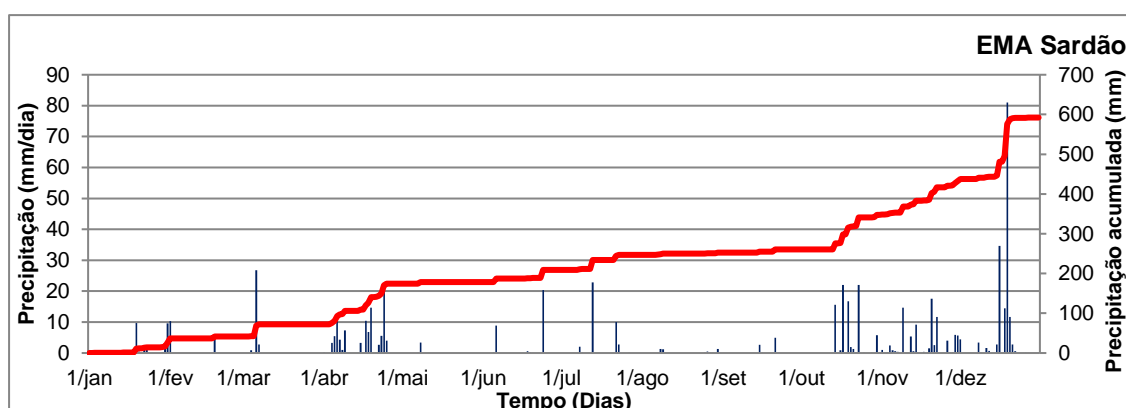


Figura 4.11 - Precipitação diária acumulada (mm/dia) na EMA da Póvoa no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019. A curva vermelha representa a precipitação acumulada (escala à direita em mm/dia).

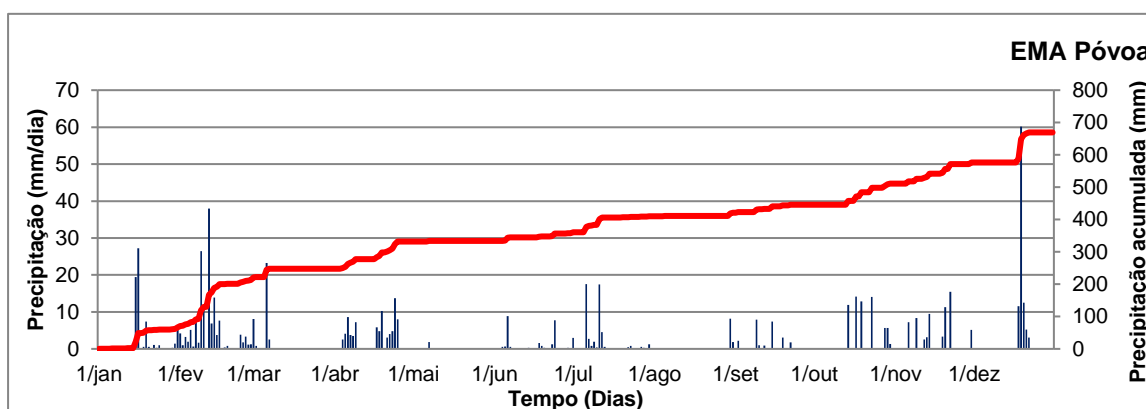


Figura 4.12 - Precipitação diária acumulada (mm/dia) na EMA de Sardão no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019. A curva vermelha representa a precipitação acumulada (escala à direita em mm/dia).



#### 4.1.5 - Temperatura de ponto de orvalho

Nas Figura 4.13, Figura 4.14 e Figura 4.15 apresentam-se os dados diários (máximos e mínimos) da temperatura do ponto de orvalho nas três EMAs, durante o período de observação. A temperatura do ponto de orvalho corresponde à temperatura para a qual a pressão atual de vapor de água na atmosfera seria máxima (de saturação) para a pressão atmosférica observada. É, portanto, a temperatura à qual seria necessário arrefecer a massa de ar, com pressão e humidade constantes, para que o ar ficasse saturado, começando então o vapor de água a condensar e a formar-se orvalho.

As três EMAs apresentam ao longo do ano de 2019 um padrão de variação temporal similar. Assim, a temperatura do ponto de orvalho oscilou entre cerca -10°C no final de março (26 a 27 de março foi um período particularmente frio), na Póvoa, Sardão e Felgar (aqui um pouco menos frio), a cerca de 20°C no durante vários dias de verão nas três estações. Saliente-se a relevância dos valores mínimos, dado que quando a temperatura do ponto de orvalho é menor que zero, pode ocasionar geada branca (e por vezes também negra, a existir danos nas plantas) consoante a temperatura do ar (necessariamente não positiva nessas condições). No período em estudo verificou-se ocasionalmente a ocorrência deste hidrometeoro no inverno e outono, como iremos observar no ponto 4.6.3.

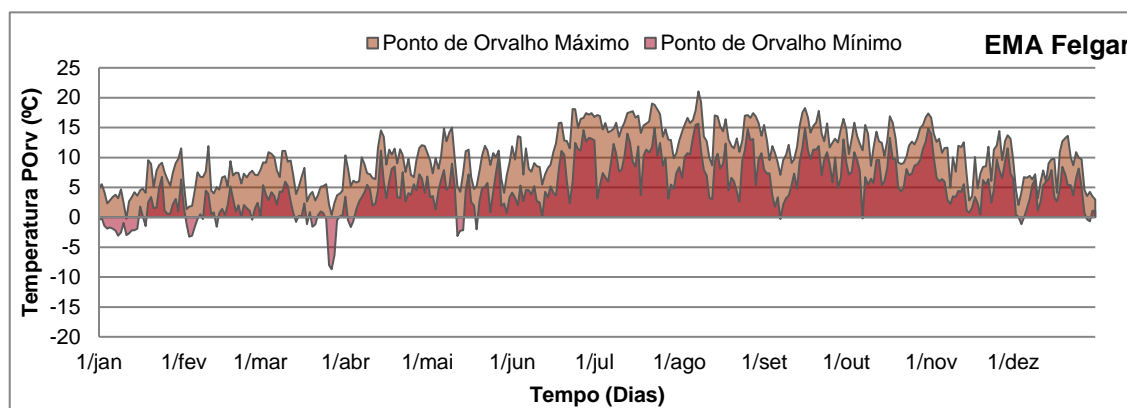


Figura 4.13 - Cronograma do ponto de orvalho máximo e mínimo diário (°C) para a EMA de Felgar no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.



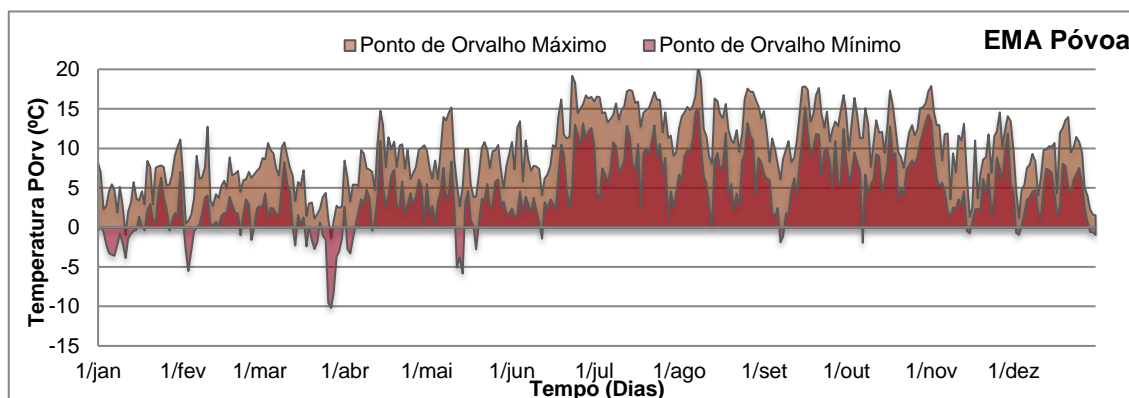


Figura 4.14 - Cronograma do ponto de orvalho máximo e mínimo diário (°C) para a EMA de Póvoa no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.

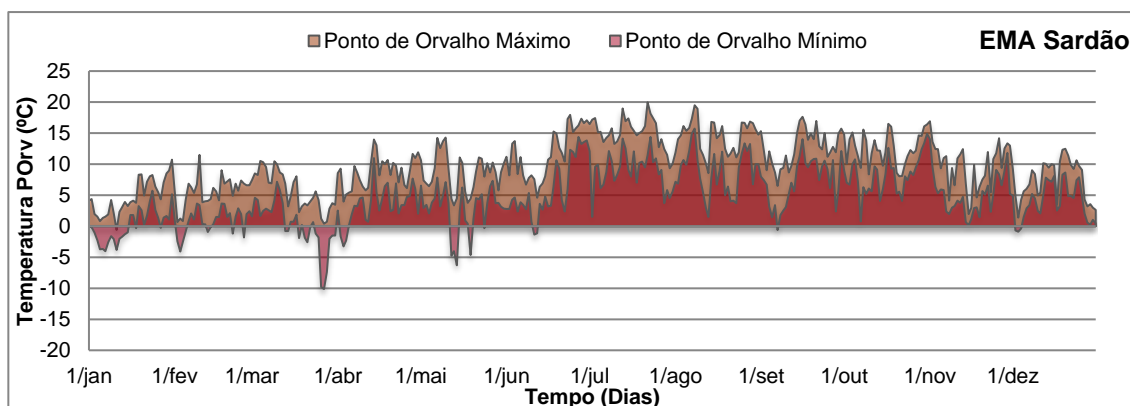


Figura 4.15 - Cronograma do ponto de orvalho máximo e mínimo diário (°C) para a EMA de Sardão no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.

#### 4.1.6 - Temperatura do solo

As Figuras 4.16, 4.17 e 4.18 revelam os valores de temperatura do solo (máximos e mínimos) a 10 cm de profundidade, correspondente a uma das profundidades padrão recomendadas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), durante o período de registo. Cada solo tem um regime térmico característico, que depende naturalmente do tipo de solo e da sua localização. Esta variável é uma propriedade física dos solos que influencia processos físicos, químicos e biológicos que neles têm lugar.

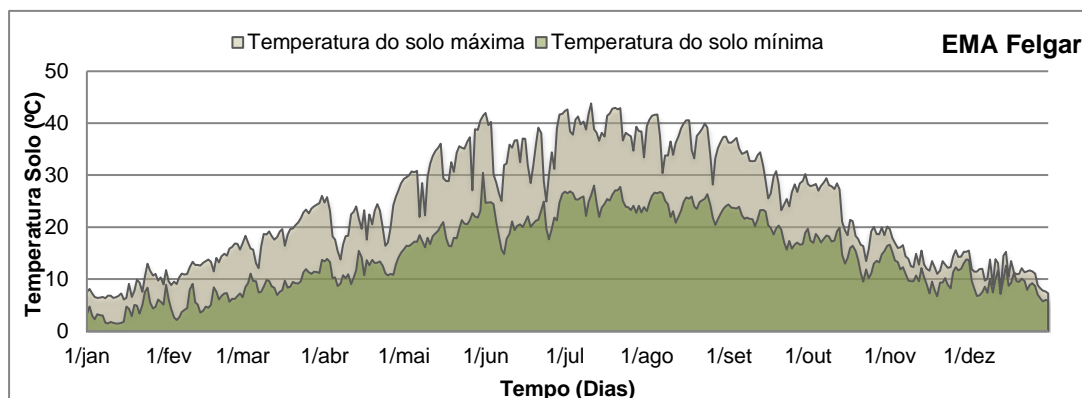


Figura 4.16 - Cronograma da temperatura máxima e mínima diária do solo (°C) para a EMA de Felgar no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.

Os valores diários da temperatura do solo revelam o efeito do aquecimento da superfície pela radiação solar (abaixo apresentada) e arrefecimento noturno. Saliente-se ainda a influência da humidade do solo, dependente de eventos de precipitação, como por exemplo em março. Assim a temperatura do solo atingiu valores máximos superiores a 40°C, tal como 43.8°C em 11 de julho em Felgar, um valor inédito na base de dados. Foram registados valores mínimos absolutos inferiores a 2°C em janeiro (1.4°C a 13 de janeiro em Felgar). Registe-se que o solo em Sardão apresentou menores amplitudes térmicas comparativamente às outras duas EMAs. Já Felgar foi a estação que registou os valores extremos de 2019, tal como já foi mencionado atrás.

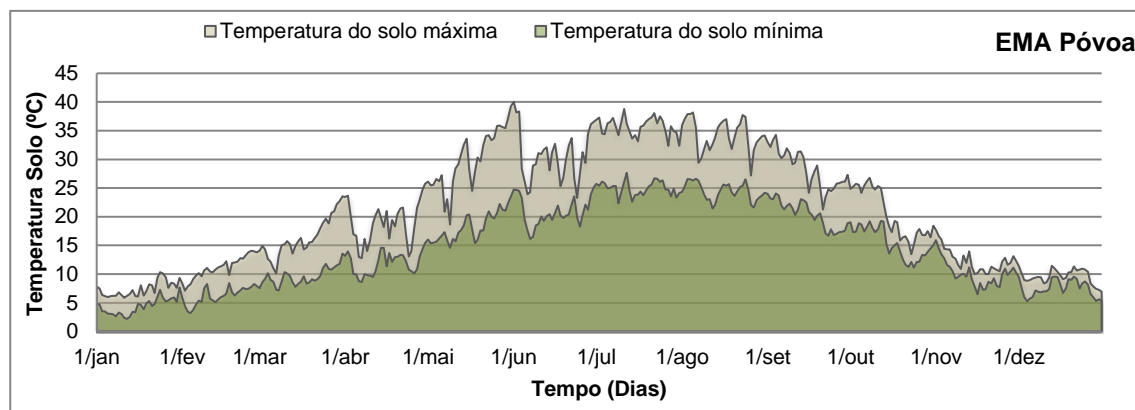


Figura 4.17 - Cronograma da temperatura máxima e mínima diária do solo (°C) para a EMA de Póvoa no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.

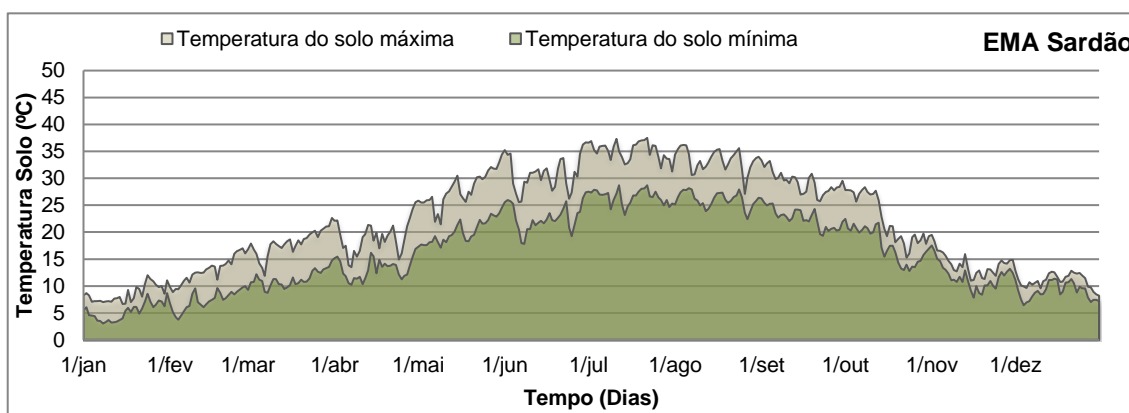
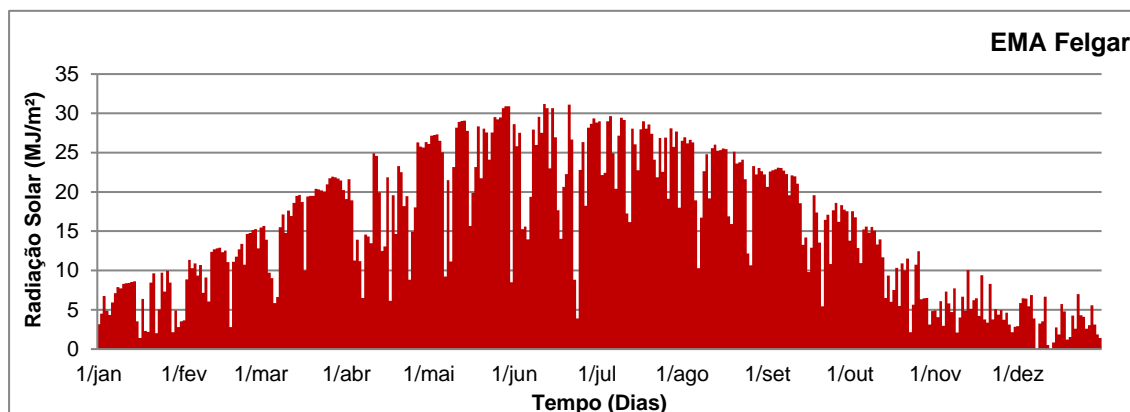


Figura 4.18 - Cronograma da temperatura máxima e mínima diária do solo (°C) para a EMA de Sardão no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.

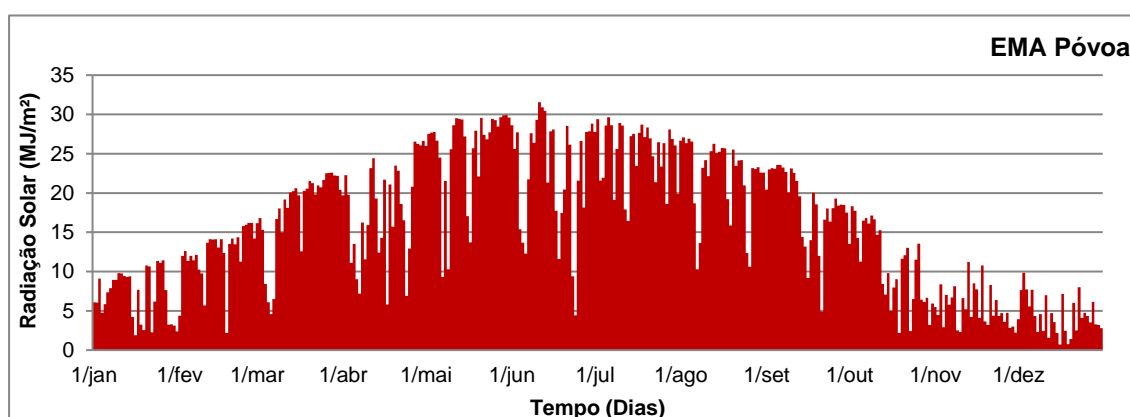
#### 4.1.7 - Radiação solar global

A radiação solar global corresponde à quantidade total de energia solar total (radiação direta e difusa) recebida na unidade de tempo sobre uma superfície horizontal. Esta variável apresentou oscilações sazonais evidentes (como por exemplo entre o inverno e o verão) para as três EMAs, revelador do efeito de fatores astronómicos e de condições de maior ou menor nebulosidade (neste último caso com aumento dos valores de radiação) (Figura 4.19, Figura 4.20 e Figura 4.21). Assim a radiação solar variou entre valores mínimos de cerca 1 MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup> a máximos de 33,5 MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup> (a 21 de junho em Sardão). Não obstante, a estação de Felgar apresentou valores ligeiramente inferiores, com uma média de aproximadamente 15.4 MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>, comparativamente à Póvoa e Sardão, com médias de 15.8 e 16.9 MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup> respetivamente. Este resultado reflete, pelo menos em parte, o efeito da

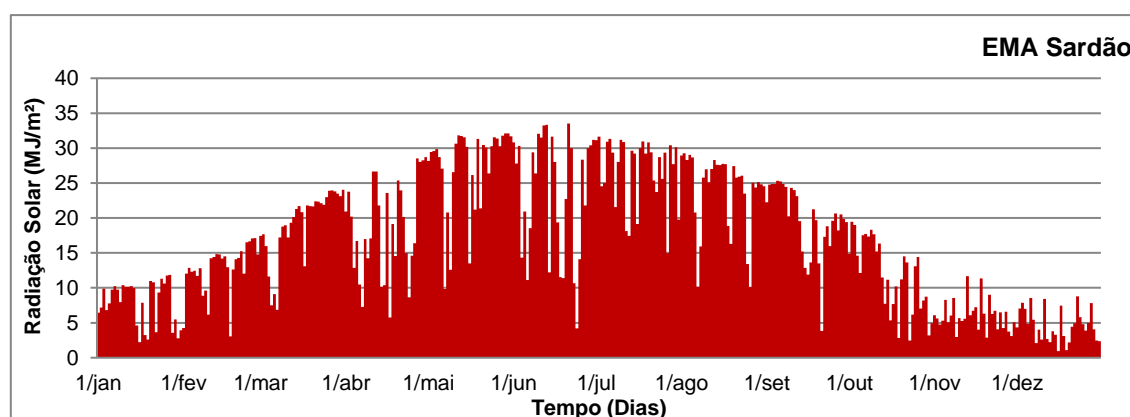
nebulosidade, as condições de ventos provenientes do quadrante norte e maior humidade relativa, conforme já foi verificado nas seções anteriores.



**Figura 4.19 - Radiação solar global total diária (MJ/m²) para a EMA de Felgar no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.**



**Figura 4.20 - Radiação solar global total diária (MJ/m²) para a EMA de Póvoa no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.**



**Figura 4.21 - Radiação solar global total diária (MJ/m²) para a EMA de Sardão no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.**

#### 4.1.8 - Humectação

A humectação corresponde ao número de horas de folha molhada, isto é, a percentagem de tempo em que a superfície de uma folha (um sensor imita as características de uma folha vegetal) está molhada versus o tempo em que estiver seca. Esta variável, presente nas Figura 4.22, Figura 4.23 e Figura 4.24, apresentou oscilações diárias importantes para as três estações desde 0%, particularmente em junho, julho e agosto, em conformidade com condições de menor humidade atmosférica, a valores elevados (70-100%), no fim do outono e no inverno.

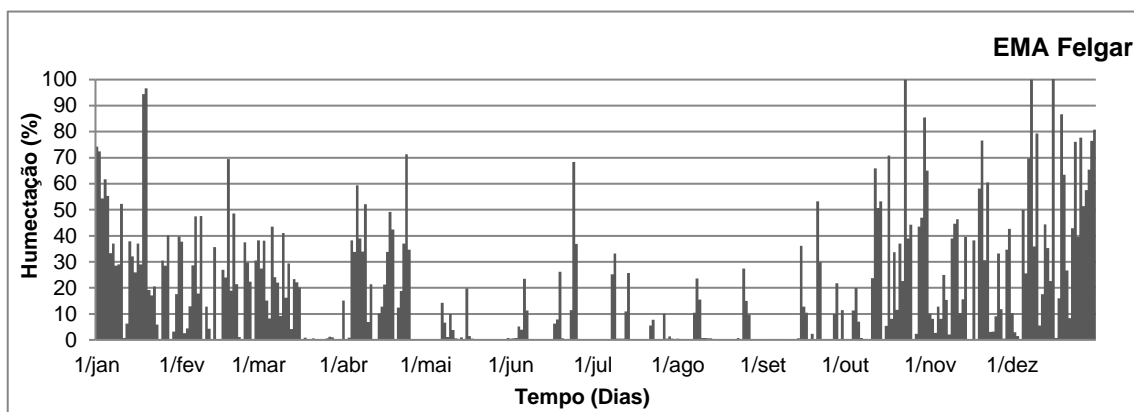


Figura 4.22 - Cronograma da humectação diária (%) para a EMA de Felgar no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.

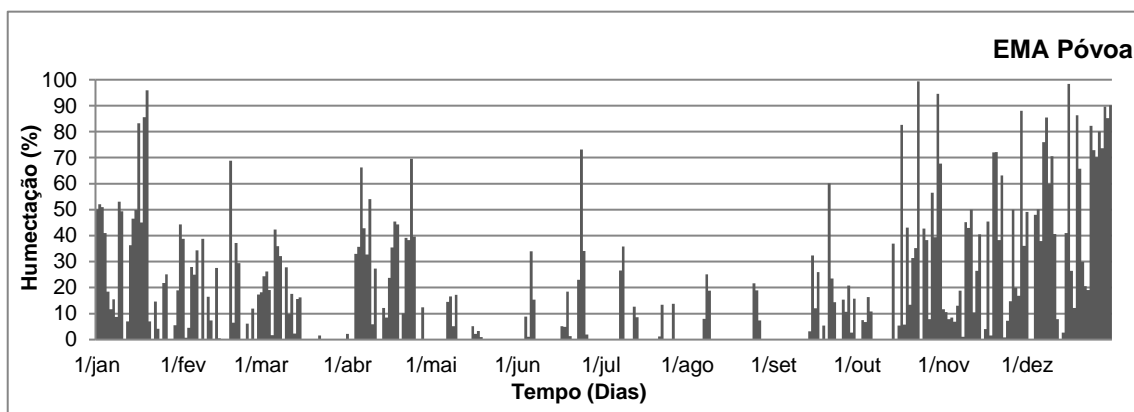


Figura 4.23 - Cronograma da humectação diária (%) para a EMA de Póvoa no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.

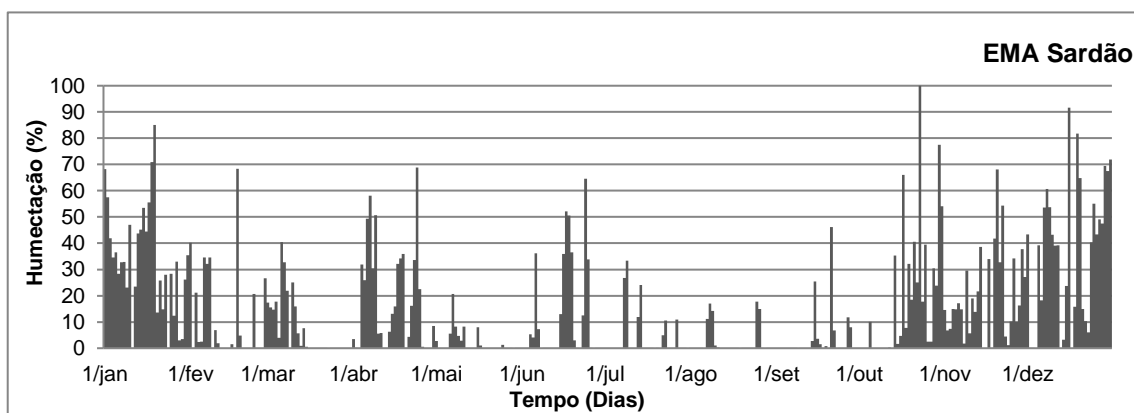


Figura 4.24 - Cronograma da humectação diária (%) para a EMA de Sardão no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.

#### 4.1.9 - Evapotranspiração potencial

As Figura 4.25, Figura 4.26 e Figura 4.27 apresentam a variação temporal da evapotranspiração ao longo do ano de 2019. A água presente no solo é perdida para a atmosfera por processos de evaporação, no caso de solo nu (camada superficial) ou processos de transpiração pelas plantas no caso de um coberto vegetal denso.

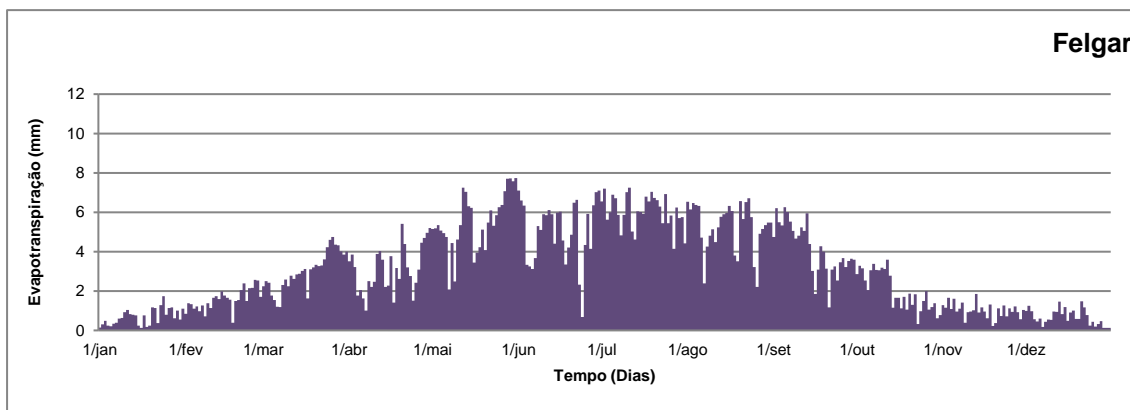


Figura 4.25 - Cronograma da evapotranspiração diária estimada (mm) para a EMA de Felgar no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.

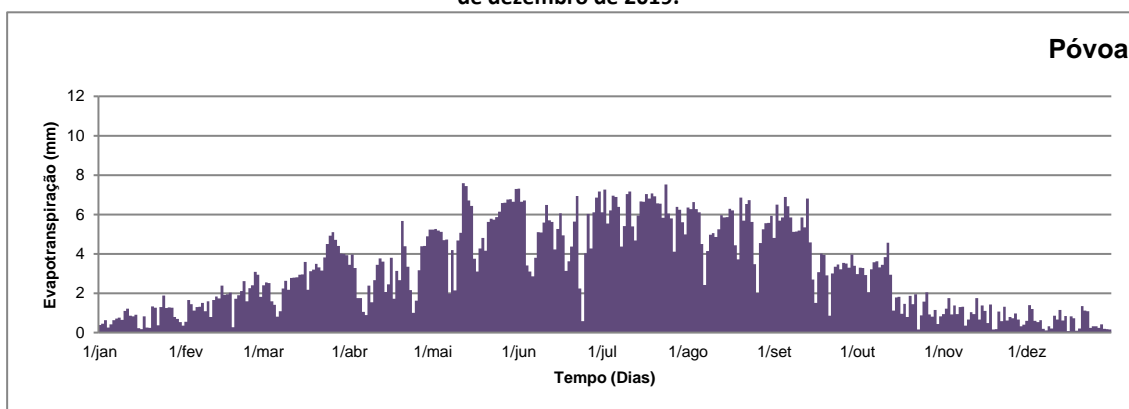


Figura 4.26 - Cronograma da evapotranspiração diária estimada (mm) para a EMA de Póvoa no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.

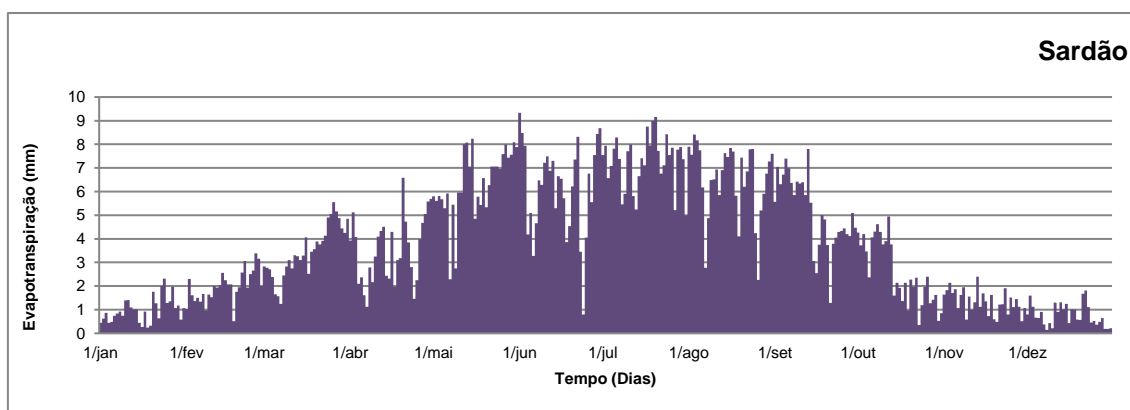


Figura 4.27 - Cronograma da evapotranspiração diária estimada (mm) para a EMA de Sardão no período de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2019.

No caso de uma superfície vegetada observam-se simultaneamente estes dois processos e daí que se denomina de evapotranspiração. Existem, contudo, diferentes variantes deste conceito, entre os quais a evapotranspiração potencial. Neste caso é considerado ser unicamente dependente das condições meteorológicas, pressupondo os restantes fatores como não limitantes (a água no solo, por exemplo). Deste modo, a evapotranspiração apresentou um padrão de variação temporal (Figura 4.25, Figura 4.26 e Figura 4.27) semelhante a variáveis meteorológicas como a temperatura e a radiação solar global. As estações apresentam valores máximos diários de cerca 7.7 mm (Felgar), 7.6 mm (Póvoa) e 9.3 mm (Sardão) nos meses de verão, decrescendo para valores diários próximos de 0 mm no inverno, em consonância com a menor demanda atmosférica neste último período.

O valor de evapotranspiração potencial anual em Felgar foi de 1163.3 mm, na Póvoa de 1169.0 mm e em Sardão de 1405.5 mm. Para as três EMAs, os meses com um balanço hídrico positivo foram janeiro, fevereiro (apenas na Póvoa), outubro, novembro e dezembro (Tabela 4.1).

**Tabela 4.1 - Quadro síntese das médias mensais da temperatura, precipitação e evapotranspiração nas 3 estações automáticas e durante o ano de 2019.**

Mês	Temperatura média (°C)	Precipitação (mm)	Evapotranspiração (mm)	Balanço Hídrico (mm)
<b>EMA Felgar</b>				
Janeiro	5	22	21	1
Fevereiro	9	14	44	-30
Março	12	29	93	-63
Abril	13	78	93	-16
Maio	18	1	170	-169
Junho	19	23	152	-129
Julho	25	47	187	-140
Agosto	24	22	163	-141
Setembro	21	21	125	-104
Outubro	16	67	62	5
Novembro	12	67	31	36
Dezembro	8	103	21	82
<b>EMA Póvoa</b>				
Janeiro	5	67	24	43
Fevereiro	9	146	49	97
Março	11	35	95	-61
Abril	12	84	90	-5
Maio	17	2	166	-164
Junho	18	23	149	-126
Julho	24	53	192	-139
Agosto	23	11	165	-154
Setembro	20	24	130	-105
Outubro	16	66	65	0
Novembro	10	66	27	39
Dezembro	7	93	17	75
<b>EMA Sardão</b>				
Janeiro	6	26	31	-4
Fevereiro	10	15	55	-40
Março	12	30	108	-77
Abril	13	103	105	-3
Maio	19	4	197	-193
Junho	20	31	184	-154
Julho	26	38	225	-187
Agosto	25	5	202	-197
Setembro	22	8	154	-146
Outubro	17	87	80	7
Novembro	11	85	40	45
Dezembro	8	159	24	135

Os restantes meses do ano foram marcados por acentuados défices hídricos, que determinaram condições de seca severas e prolongadas em toda a região, só interrompidas com as chuvas abundantes do outono.

## **4.2 - DISCUSSÃO, INTERPRETAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS**

A análise e discussão dos resultados do PPMCM do Baixo Sabor só podem ser feitas mediante o devido enquadramento com outros anos de registo. Um ano isolado não permite retirar conclusões. Na secção 4.6 será feita uma comparação detalhada com os dados históricos (2011-2019). Esta análise permitirá a obtenção de alguns resultados preliminares relevantes e que serão também discutidos no Capítulo 5.

De uma forma geral, tendo em conta os objetivos definidos e as características do projeto, considera-se que o período de registo já permite a obtenção de elementos de referência com alguma representatividade do período anterior ao enchimento das albufeiras e da fase de exploração. Estes elementos são indispensáveis para as análises comparativas em curso, que têm como objetivo central a avaliação dos potenciais impactos climáticos do empreendimento do Baixo Sabor no microclima regional.

## **4.3 - AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DAS MEDIDAS ADOTADAS PARA EVITAR, REDUZIR OU COMPENSAR OS IMPACTES OBJETO DE MONITORIZAÇÃO**

Não se encontram descritas medidas de mitigação ou de adaptação face aos potenciais impactos climáticos avaliados no âmbito do presente PPCMC.

## **4.4 - COMPARAÇÃO COM AS PREVISÕES EFETUADAS NOS PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO**

Pelo motivo exposto em 4.3, esta secção não é aplicável ao PPMCM do Baixo Sabor.

## **4.5 - AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DOS MÉTODOS DE AMOSTRAGEM**

Como é possível observar na Figura 3.5, já apresentada anteriormente, devido ao furto de estações, a rede meteorológica à data, é composta por menos três ETHs: Alvazinhos, Felgar e Ferrominas. A ETH de Ferrominas foi furtada em 2014, pelo que não existem dados à posteriori para esta estação. A ETH de Maçores foi vandalizada a 28 de novembro de 2015. No dia 9 de fevereiro de 2017 a ETH de Felgar foi recolocada e reprogramada (modificado o ID e calibrada a sonda) em Maçores às 11h22. A estação de Alvazinhos foi vandalizada a 8 de novembro de 2016, sendo reinstalada às 14h49 do dia 9 fevereiro de 2017, com equipamento "novo". No entanto, esta estação foi novamente furtada a 25 de junho de 2018. Desta forma, estão em funcionamento sete ETHs: Maçores, Adeganha, Castedo, Meirinhos, Sendim, Picões e Castelo Branco.

Considera-se que a rede atual de 3 EMAs e 9 ETHs é adequada para os objetivos do PIMA, tendo sido realizada uma manutenção regular, com periodicidade mensal, pela empresa *Quantific*. Todas as anomalias identificadas têm sido prontamente corrigidas. A rede de monitorização tem sido mantida ao longo do período de funcionamento com um razoável grau de operacionalidade. Tendo em consideração os resultados obtidos até ao momento, a eficácia dos métodos padronizados utilizados no âmbito deste relatório foi a espectral.

#### 4.6 - COMPARAÇÃO DE RESULTADOS COM DADOS HISTÓRICOS

Nas secções anteriores foi detalhada a monitorização dos diferentes parâmetros meteorológicos ao longo do ano de 2019. Na presente secção será feita uma análise retrospectiva da variabilidade interanual destes parâmetros.

A análise de variabilidade interanual é essencial para a identificação de possíveis impactes do AHBS sobre o microclima local. Esta análise torna-se gradualmente mais relevante à medida que o período de registo de dados se alonga, dado que só é possível analisar tendências quando dispomos de um período relativamente longo de dados.

Dado que se considera que a conclusão da fase de enchimento das albufeiras ocorreu em 2015, o ano de 2019 é o quarto da fase de exploração, com efetivamente uma vasta superfície de água presente ao longo de todo o ano na região do Baixo Sabor. Os dados meteorológicos anteriores a 2011 apresentam extensas falhas, pelo que se considerou mais prudente a sua não utilização na presente análise histórica. No presente relatório, o ano de 2019 será comparado com a média do período 2011 – 2019. Foi também realizada uma comparação das anomalias detetadas na presente rede de estações com as observações de uma estação meteorológica suficientemente afastada do AHBS (Vila Real), mas ainda integrada no mesmo contexto climático regional. Só assim será possível desagregar os possíveis efeitos do AHBS no microclima local de outras causas, nomeadamente tendências naturais e/ou alterações climáticas de larga escala em curso.

Será também importante referir que nem todas as alterações climáticas regionais poderão ser atribuídas ao AHBS, já que a variabilidade climática apresenta múltiplas causas naturais e antropogénicas, que se manifestam num largo espectro de escalas espaciais e temporais. Não obstante, alterações na concentração de gases com efeito de estufa a nível global, ou mesmo mecanismos naturais atmosféricos (e.g. Oscilação do Atlântico Norte ou El Niño), têm geralmente implicações mais notórias na variabilidade climática de larga escala. Estas alterações devem ser diferenciadas de alterações atribuíveis ao AHBS, necessariamente circunscritas à escala local e regional. Por este motivo, será fundamental a comparação dos registos meteorológicos do Baixo Sabor com outras regiões suficientemente afastadas e, por isso, não influenciadas pelo empreendimento.

Nesta análise são apresentados parâmetros médios anuais para as variáveis mais sensíveis à presença do AHBS (temperatura e humidade relativa) registadas nas três EMAs (Póvoa, Felgar e Sardão), juntamente com as correspondentes anomalias relativas (variação em % relativamente à média no período de 2011 a 2019). É apresentada também uma análise espacial dos campos médios da temperatura e da humidade relativa para os últimos quatro anos (fase de exploração), para cada estação do ano separadamente, com base na rede total de estações de observação (EMAs e ETHs). Na análise espacial foram utilizadas técnicas de interpolação espacial (inverso do quadrado da distância, IDW) com recurso a sistemas de informação geográfica.

Tendo em conta o objetivo III do PPCMC para a fase de exploração, examinou-se também a evolução do número de ocorrências de dias com geada, resultantes da drenagem catabática e consequente acumulação de ar frio no fundo dos vales.

A avaliação de tendências nas séries sazonais realizou-se através do teste não paramétrico de Mann-Kendall (Kendall, 1976). No teste de Mann-Kendall, a hipótese nula ( $H_0$ ) assume que a sequência de valores ocorre de forma independente e que a distribuição da probabilidade permanece sempre a mesma (número aleatório simples). A hipótese alternativa ( $H_1$ ) assume que os dados são distribuídos de acordo com uma tendência crescente ou decrescente (Gallego *et al.*, 2011). Para estimar a magnitude das tendências, foi utilizado o algoritmo inicialmente proposto por Sen (1968). O declive de Sen está relacionado com a inclinação da tendência encontrada no teste de Mann-Kendall. O teste foi calculado para um nível de significância de 5%.

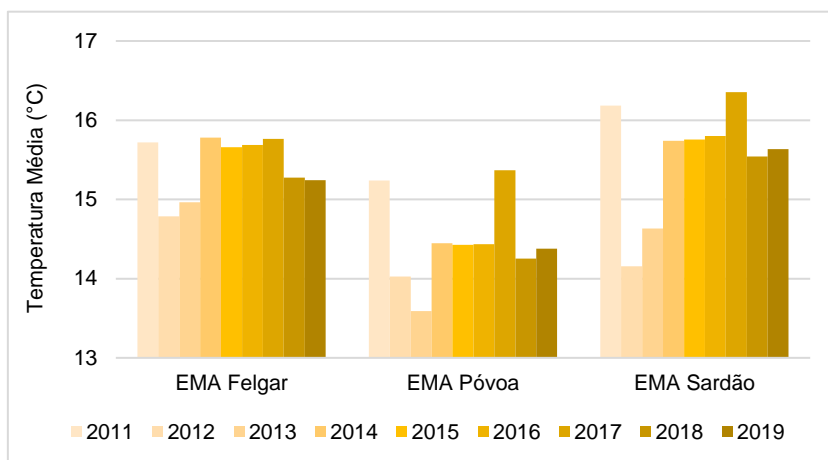


Por fim, de modo a cumprir um dos objetivos do PPCMC, construiu-se um modelo que relaciona a ocorrência de temperaturas mínimas com as características do terreno. Desta forma, calculou-se o grau da correlação (e a direção dessa correlação - se positiva ou negativa) entre a temperatura mínima dos últimos quatro anos (durante a fase de exploração) e a altitude.

#### 4.6.1 - Temperatura

Nas

Figura 4.28 e Figura 4.29 está representada a variação da média anual da temperatura média diária para o período em análise (2011 – 2019) e as correspondentes anomalias (variação em %) relativas à média de longo prazo do período 2011 – 2019, para as três EMAs em análise. O ano de 2011 foi exceccionalmente quente, mostrando valores claramente acima da média. Os anos de 2012 e 2013 foram visivelmente mais frescos, tendo ocorrido um claro aquecimento em 2014 e 2015, mas com valores ainda abaixo de 2011 nas EMAs da Póvoa e Sardão. Em 2016, a temperatura média desce ligeiramente nas EMAs da Póvoa e Sardão, relativamente a 2015. O ano de 2017 foi um ano mais quente principalmente nas EMAs de Póvoa e Sardão. Na EMA de Felgar o ano de 2017 foi mais quente que o ano anterior, mas com valores médios idênticos ao ano de 2014. No ano de 2018 temperatura média foi ligeiramente inferior a 2017, em todas as EMAs. Por fim, o ano de 2019 revelou temperaturas médias anuais muito semelhantes às de 2018, ligeiramente inferior em Felgar e ligeiramente superior na Póvoa e Sardão. Os anos de 2011 e 2017 mantêm-se os mais quentes no período em estudo, tendo sido os anos de 2012 e 2013 os mais frescos.



**Figura 4.28 – Média anual da temperatura média diária (°C) para o período em análise (2011-2019)**

Globalmente, nas EMAs de Felgar e Sardão, nota-se uma tendência de aquecimento desde 2012 até 2017. Podemos verificar nestas EMAs, que 2014, 2015, 2016 e 2017 foram anos, com anomalias positivas em relação à média de longo prazo. A EMA da Póvoa não mostra resultados tão claros, apesar de em 2017 a anomalia da temperatura média seja positiva (cerca de 10%). Em 2018 e 2019, não continua esta tendência de aumento da temperatura média. O ano de 2019 apresenta nas três EMAs valores próximos dos valores médios entre 2011 e 2019. A anomalia da temperatura média em 2019, em relação à média dos nove anos em estudo é superficialmente negativa em Felgar e na Póvoa e tenuemente positiva em Sardão.

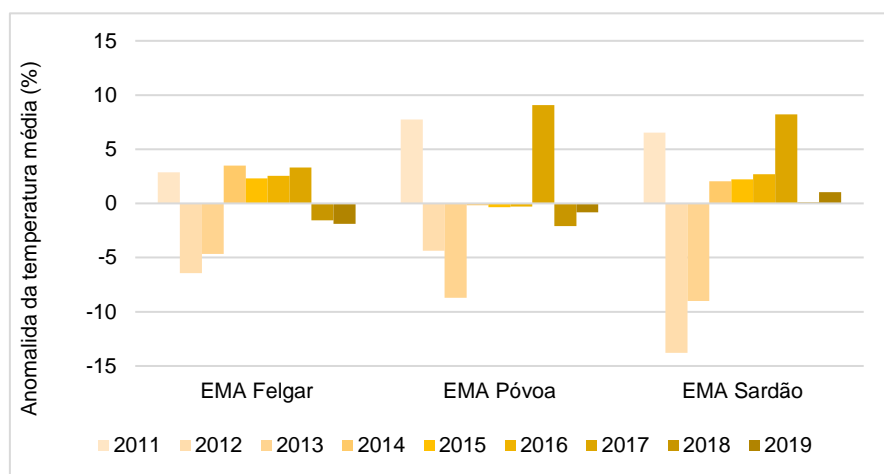


Figura 4.29 – Anomalias relativas (%), em relação ao valor médio (2011-2019), da média anual da temperatura média.

Na Figura 4.30 apresenta-se a anomalia da média mensal da temperatura média em 2019, em relação aos respetivos valores médios mensais nas três EMAs. Os meses de janeiro, abril, junho, agosto, setembro e outubro apresentam anomalias negativas da temperatura média do ar nas três EMAs. Os restantes meses apresentam anomalias positivas consistentes entre as três EMAs. De realçar que o mês de junho foi anormalmente fresco nas três EMAs (anomalias 1,5-2°C).

A análise espacial da temperatura média do ar, entre 2016 e 2019, está patente na Figura 4.31. Observamos na área das albufeiras que a temperatura média do ar nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro foi superior a 8°C, por ser uma região de altitudes inferiores à área circundante, mas também possivelmente devido a algum efeito moderador das massas de água (inércia térmica). Na restante área, a temperatura média do ar desce cerca de 1-2°C (inércia térmica). O padrão espacial é semelhante nas restantes estações do ano, com destaque para o verão, onde os valores mais elevados de temperatura média se localizam na área mais a leste da albufeira de montante (25°C), uma área de maior continentalidade e de secura mais acentuada.

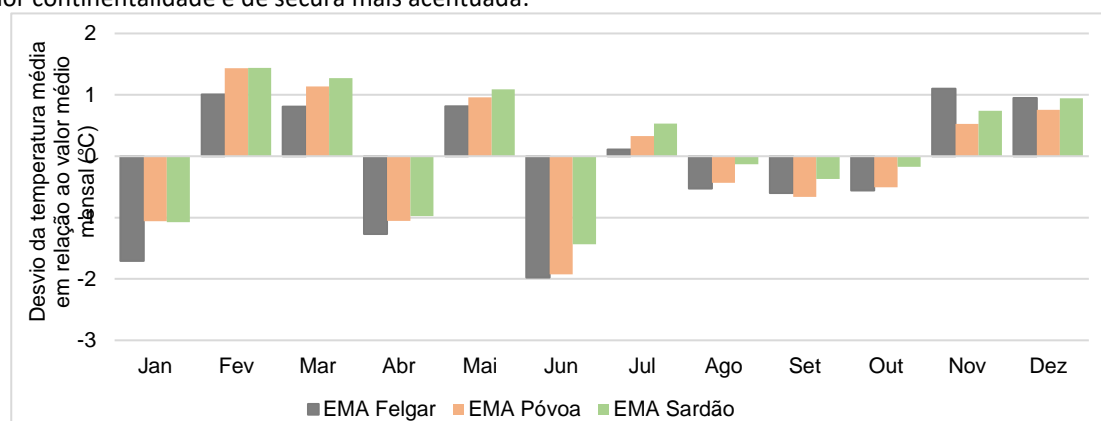
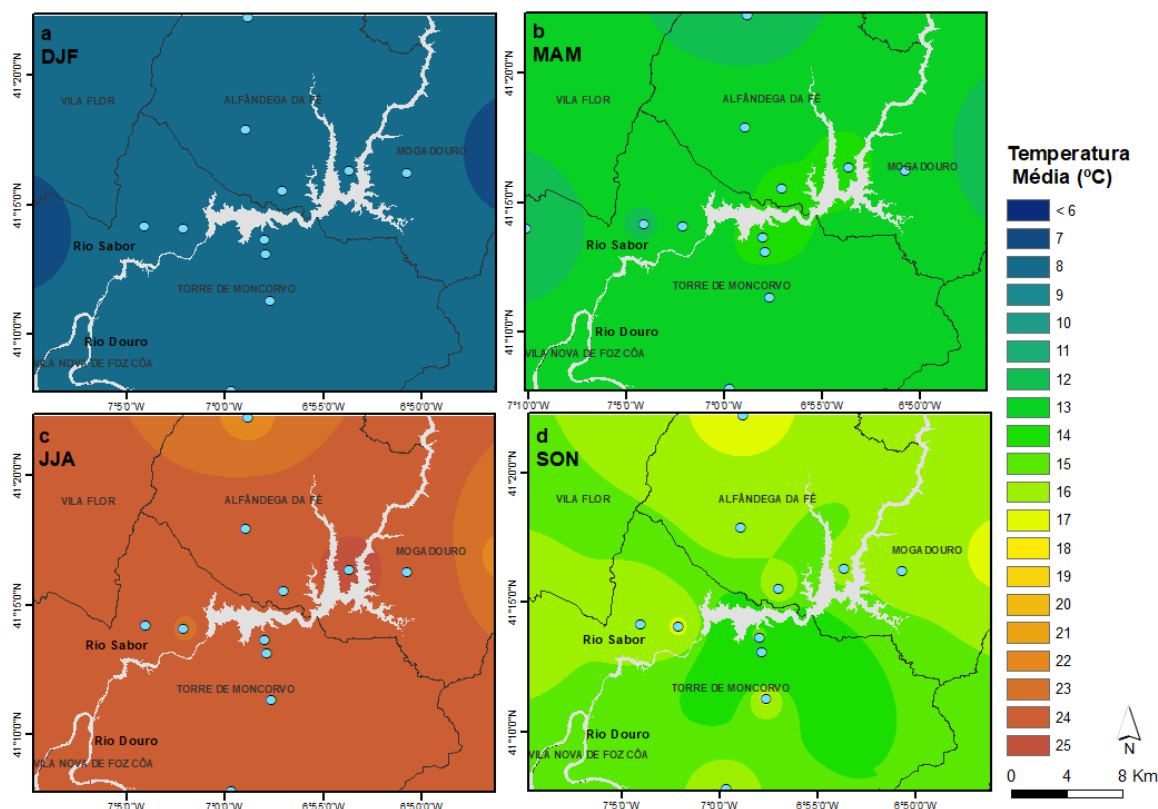


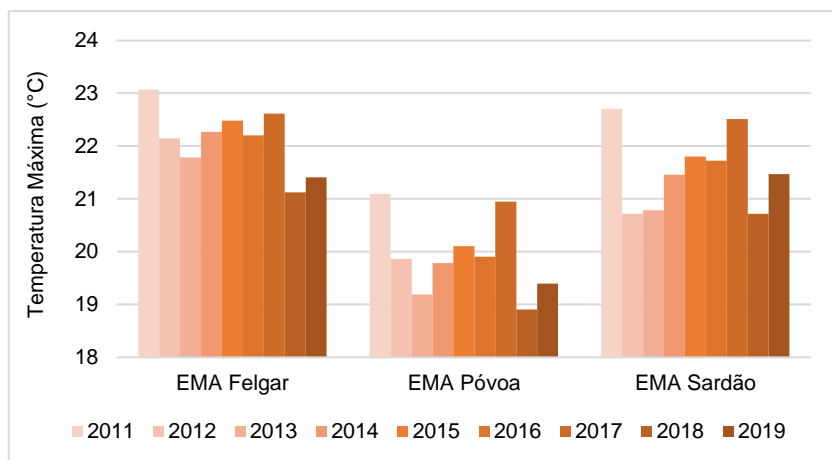
Figura 4.30 - Anomalia (em relação ao valor médio 2011-2019) da média mensal da temperatura média em 2019.

Figura 4.31 - Distribuição espacial da temperatura média do ar (°C) nos meses de a) dezembro, janeiro e fevereiro, b) março, abril e maio, c) junho, julho e agosto, d) setembro, outubro e novembro, entre 2016-2019. As estações estão indicadas com círculos, bem como os principais cursos e massas de água. Os limites político-administrativos dos concelhos estão também

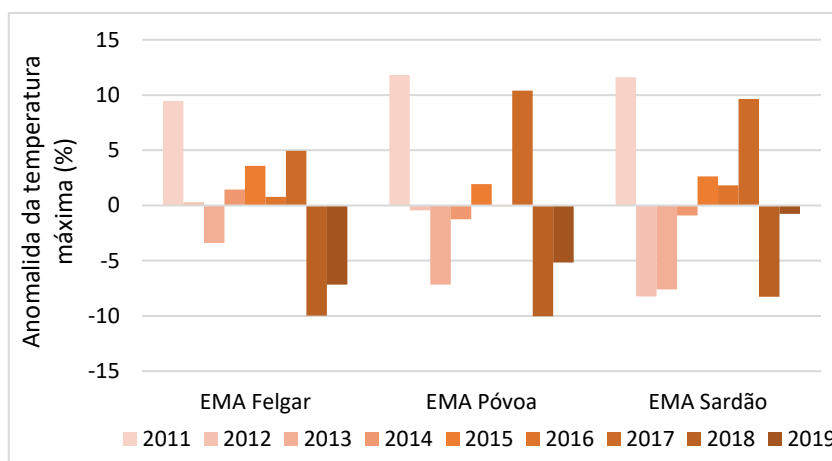


representados. Método de interpolação espacial por inverso do quadrado da distância (IDW).

Nas Figura 4.32 e Figura 4.33 está representada a variação da média anual da temperatura máxima diária e a correspondente anomalia. Destaca-se o ano de 2011, com a média da temperatura máxima mais elevada. No ano de 2018, verificou-se uma diminuição da média da temperatura máxima nas três EMAs, em relação a 2017, mas houve alguma recuperação em 2019. Por isso, as anomalias negativas em 2018 relativamente ao valor médio do período considerado são atenuadas em 2019.



**Figura 4.32 - Média anual da temperatura máxima diária (°C) para o período em análise (2011–2019).**



**Figura 4.33 - Anomalias relativas (%) em relação ao valor médio (2011-2019), da média anual da temperatura máxima.**

Durante o ano de 2019, destacam-se valores de temperatura máxima do ar inferior ao valor médio mensal. As exceções são os meses de fevereiro, março e maio. Destaca-se o mês de junho com anomalias negativas da temperatura máxima superiores a 2°C nas três EMAs (Figura 4.34).

Nas Figura 4.35 e Figura 4.36 está patente a variação da média anual da temperatura mínima diária e as correspondentes anomalias. O comportamento da temperatura mínima é claramente de aquecimento desde 2014 em Felgar e em Sardão. De destacar, as anomalias relativas positivas em relação à média anual da temperatura mínima desde 2014, nestas duas EMAs. Na Póvoa, a variabilidade interanual é maior, apesar de se verificar uma anomalia positiva nos últimos três anos em estudo. O ano de 2019 caracteriza-se pelas anomalias positivas da temperatura mínima nas três EMAs, ainda que menos acentuadas que em 2017 e 2018.

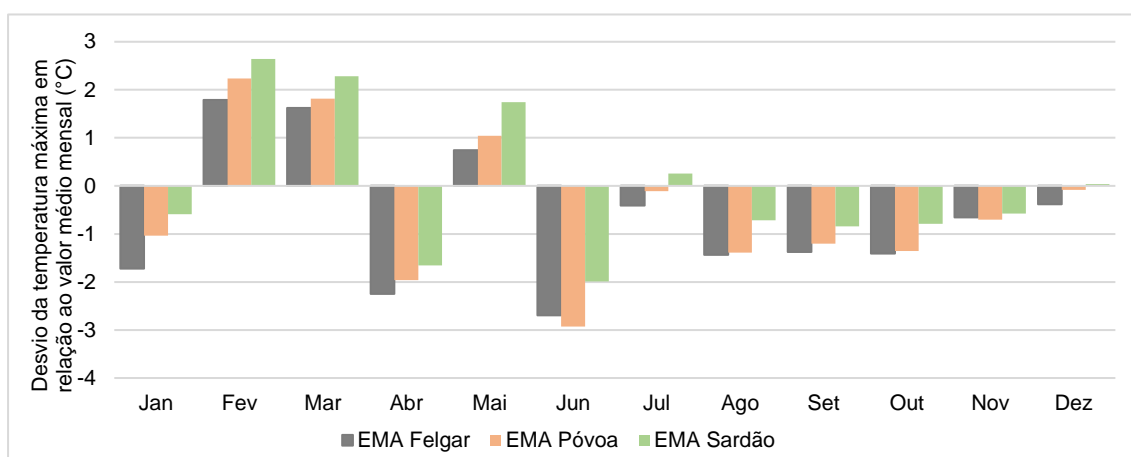


Figura 4.34 - Anomalia (em relação ao valor médio 2011-2018) da média mensal da temperatura máxima em 2019.

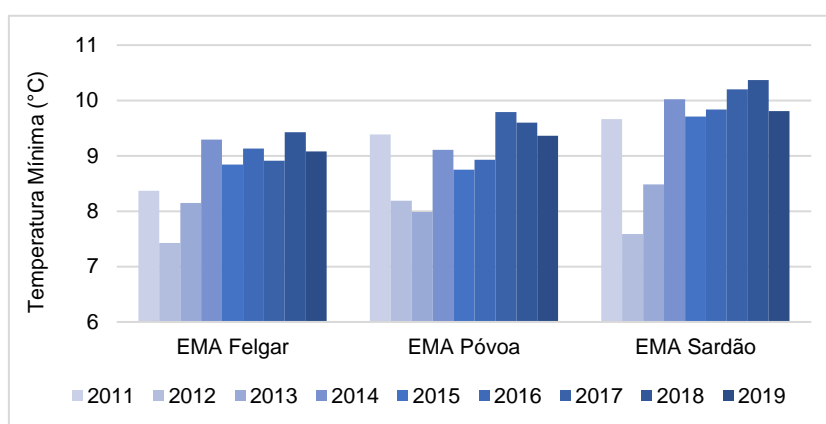


Figura 4.35 - Média anual da temperatura mínima diária (°C) para o período em análise (2011–2019).

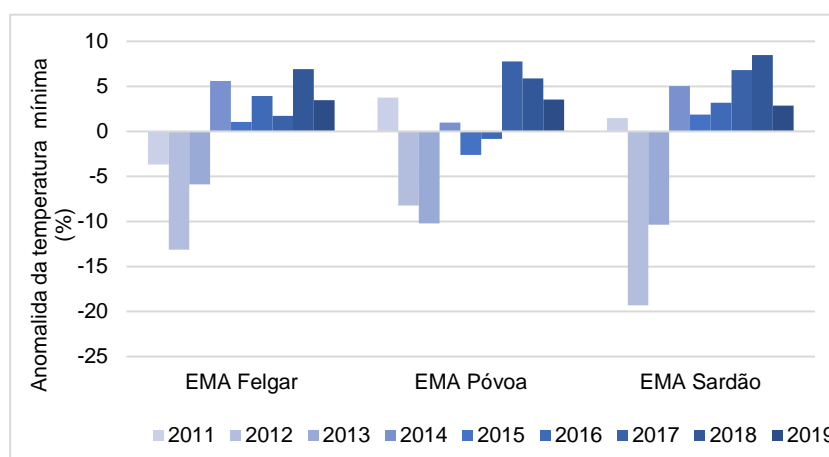


Figura 4.36 - Anomalias relativas (%) em relação ao valor médio (2011-2019), da média anual da temperatura mínima.

Os desvios da temperatura mínima em 2018, são positivos na maioria dos meses, com exceção dos meses de janeiro, abril e junho, nas três EMAs. Destacam-se também as anomalias positivas em novembro e dezembro, superiores a 1,5°C nas três EMAs (Figura 4.37).

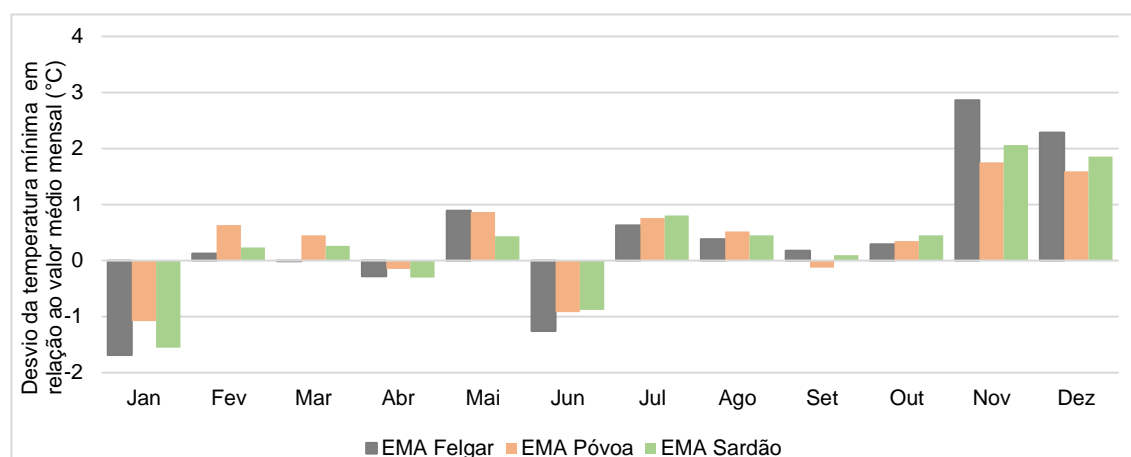


Figura 4.37 - Anomalia (em relação ao valor médio 2011-2019) da média mensal da temperatura mínima em 2019.

#### 4.6.2 - Humidade Relativa

As Figura 4.38 e Figura 4.39 mostram a variação anual da humidade relativa média e as correspondentes anomalias. Nesta análise, importa destacar o aumento expressivo da humidade relativa média diária nas três EMAs em 2014, 2015 e 2016 face aos anos anteriores, particularmente em 2014. O aumento da humidade relativa de 2013 para 2014 em Sardão é de facto notório. Este comportamento é também notório nas anomalias relativas, com valores positivos nomeadamente desde 2014. O mesmo não se verificou em 2017, ano extremamente seco. De facto, os valores médios são bem mais baixos do que nos anos anteriores. Situação, que se reflete nas anomalias correspondentes das três EMAs. Todavia, em 2018 e em 2019, os valores médios de humidade relativa média voltam a subir significativamente, sugerindo a retoma da tendência crescente gradual que se vinha observando até à forte interrupção em 2017.

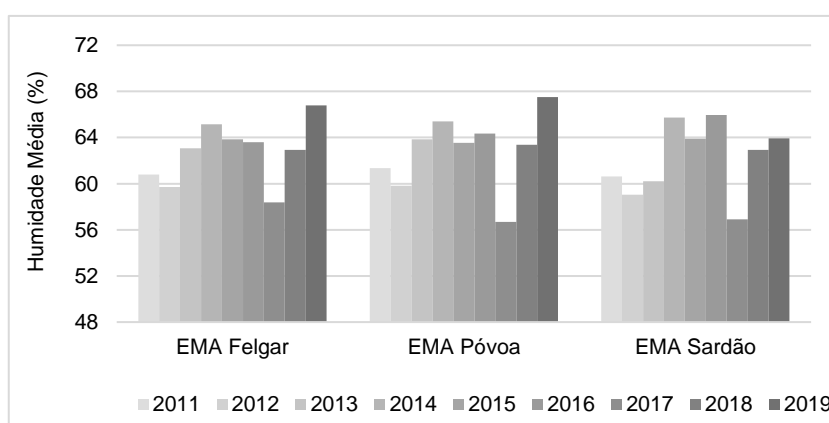
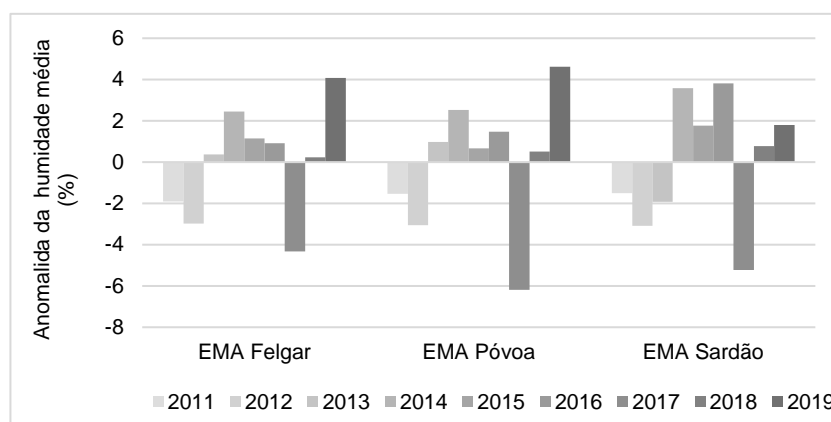


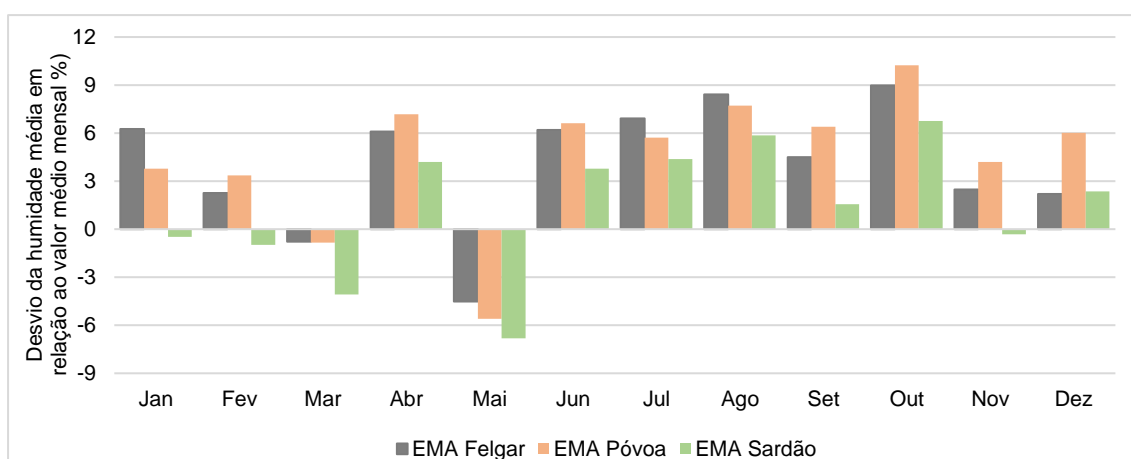
Figura 4.38 - Média anual da humidade relativa média diária (%) para o período em análise (2011–2019).



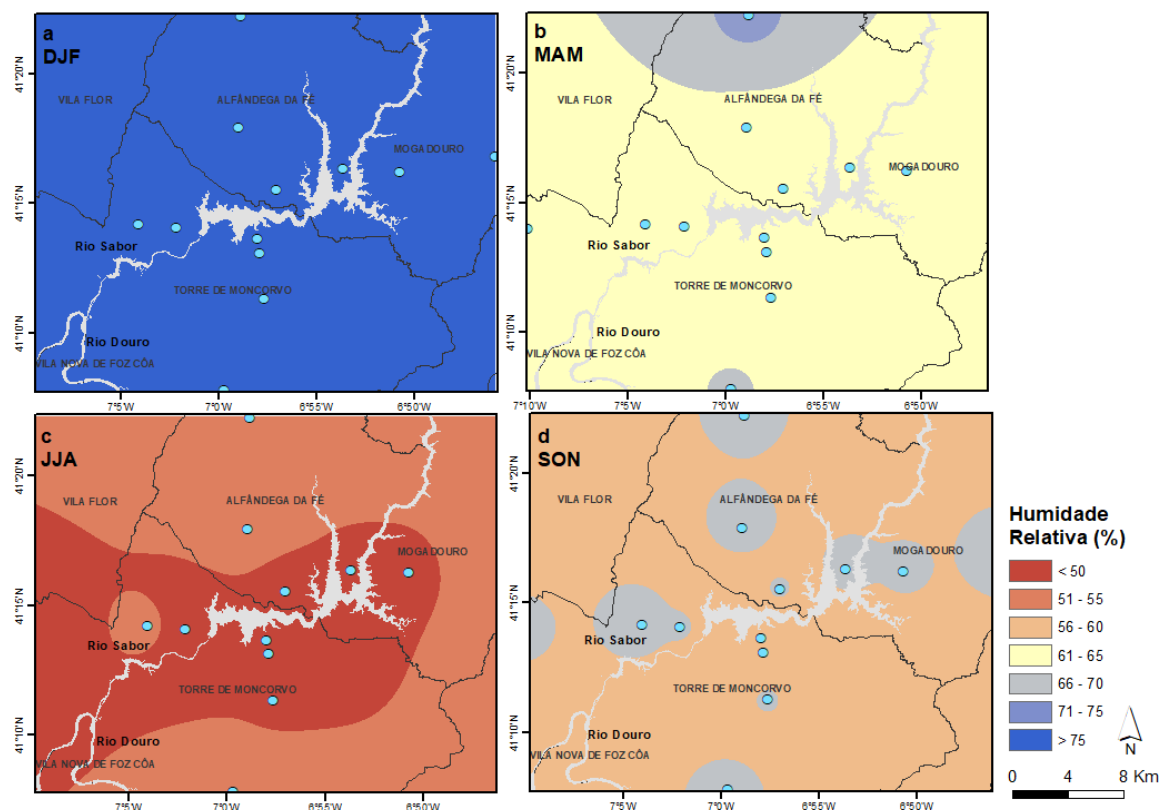
**Figura 4.39 - Anomalias relativas [%] em relação ao valor médio (2011-2019), da média anual da humidade relativa média.**

Na Figura 4.40 apresentam-se os desvios mensais da humidade relativa média em 2019, em relação aos respetivos valores médios nas três EMAs. De realçar, as anomalias positivas em grande parte do ano, com exceção mais pronunciada em maio.

A análise da variação espacial da humidade relativa média entre 2016 e 2019, em cada trimestre, indica uma elevada homogeneidade espacial em toda a área de estudo (Figura 4.41). No trimestre de inverno, o campo da humidade relativa média foi superior a 75% enquanto na primavera desceu para valores entre os 61-70%. Os valores da humidade relativa média diminuem consideravelmente no trimestre de Verão, na maior parte da região em estudo, incluindo em toda a albufeira (<50%).



**Figura 4.40 - Anomalia (em relação ao valor médio de 2011-2019) da média mensal da humidade relativa média diária em 2019.**



**Figura 4.41 - Distribuição espacial da humidade relativa média (%) nos meses de a) dezembro, janeiro e fevereiro, b) março, abril e maio, c) junho, julho e agosto, d) setembro, outubro e novembro entre 2016 e 2019. As estações estão indicadas com círculos, bem como os principais cursos e massas de água. Os limites político-administrativos dos concelhos estão também representados. Método de interpolação espacial por *inverso do quadrado da distância (IDW)*.**

As Figura 4.42 e Figura 4.43 mostram a variação da média anual da humidade relativa máxima diária e as correspondentes anomalias. A evolução da humidade relativa máxima diária é muito semelhante à da média diária, suportando os resultados anteriores, sendo de particular destaque a forte recuperação dos valores de humidade face a 2018 e, muito em particular, face a 2017, que foi um ano excecionalmente seco e de interrupção da tendência de aumento dos parâmetros de humidade do ar. Ao longo do ano o comportamento das anomalias foi também muito semelhante ao já descrito para a humidade relativa média diária (Figura 4.44).



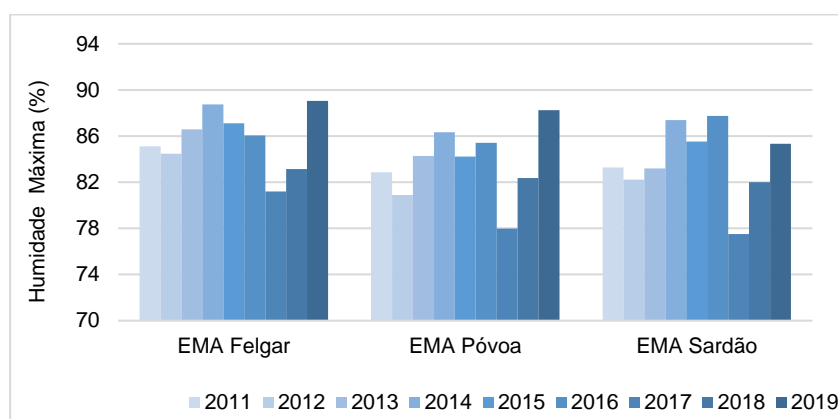


Figura 4.42 - Média anual da humidade relativa máxima diária (%) para o período em análise (2011–2019).

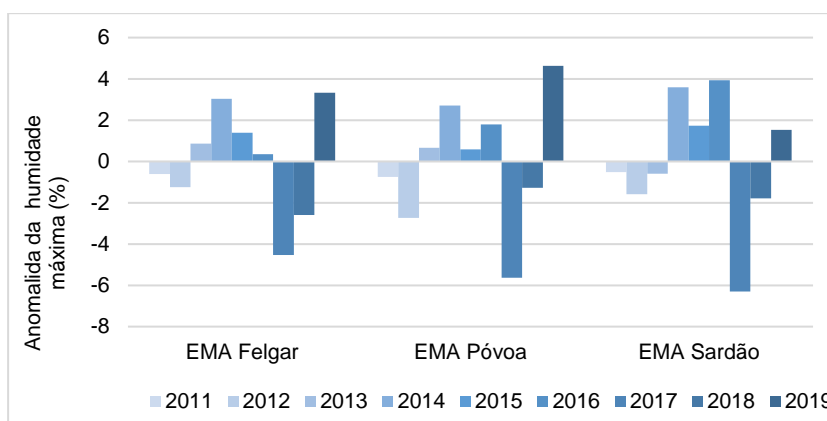


Figura 4.43 - Anomalias relativas [%] em relação ao valor médio (2011-2019), da média anual da humidade relativa máxima diária.

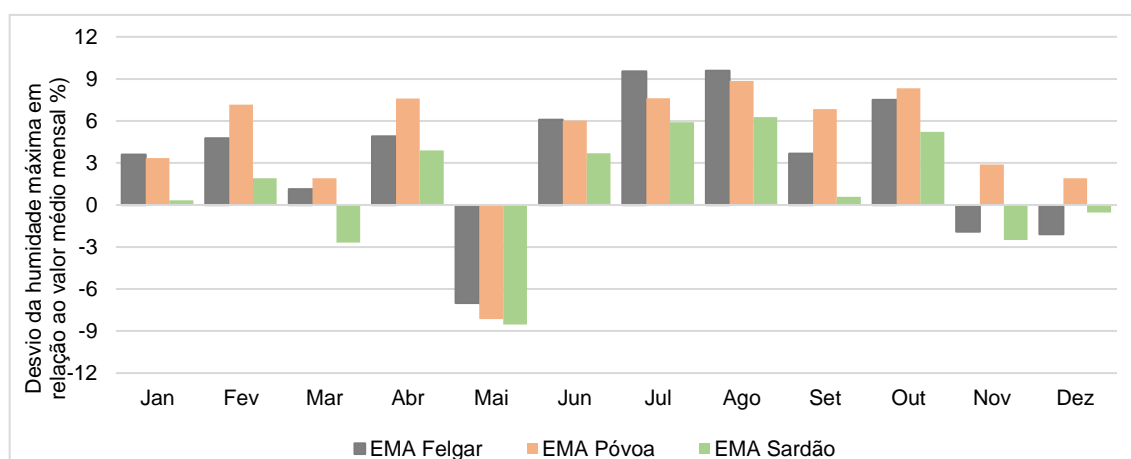
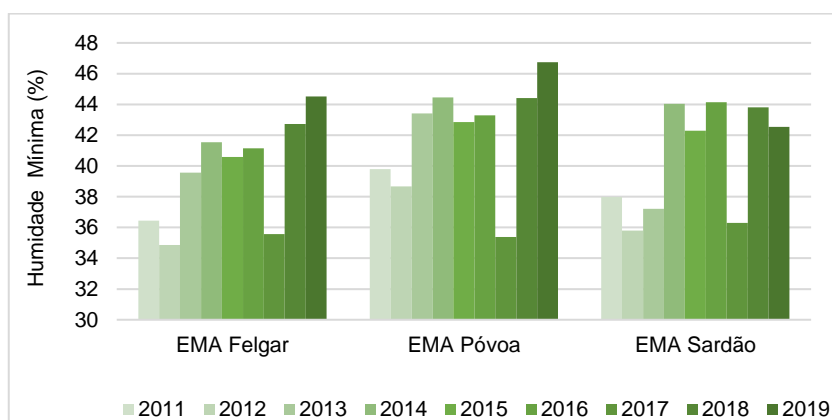
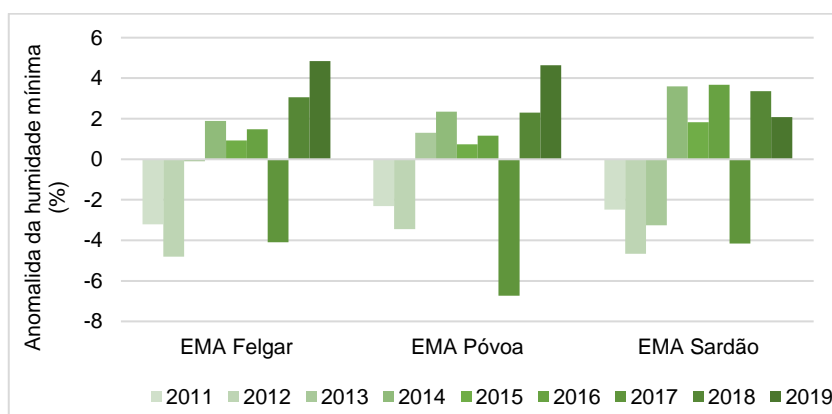


Figura 4.44 - Anomalia (em relação ao valor médio 2011-2019) da média mensal da humidade relativa máxima diária em 2019.

Os resultados da variação da média anual da humidade relativa mínima diária e as correspondentes anomalias (Figura 4.45 e Figura 4.46), atestam o claro aumento das concentrações de vapor de água na atmosfera nas três EMAs em 2014, 2015 e 2016, face aos anos anteriores, particularmente em Sardão, estação localizada na parte mais oriental da bacia do Baixo Sabor, onde as condições atmosféricas são habitualmente marcadas por elevados graus de secura. Em 2017, devido à secura que caracterizou este ano, a média da humidade relativa mínima desceu cerca de 3% nas EMAs de Felgar e Sardão e 6% na EMA da Póvoa. Em 2018 e 2019, a humidade mínima voltou a subir em todas as EMAs.

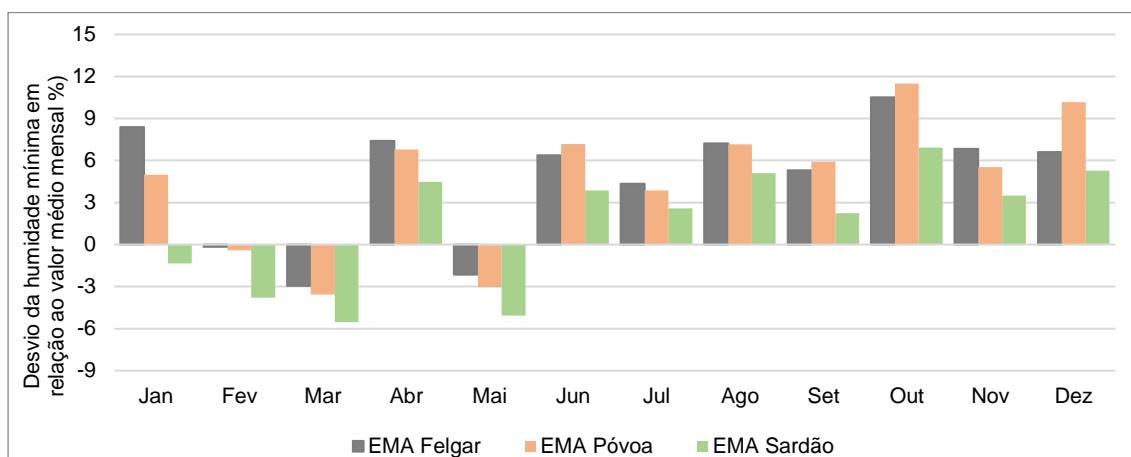


**Figura 4.45 - Média anual da humidade relativa mínima diária (%) para o período em análise (2011–2019).**



**Figura 4.46 - Anomalias relativas [%] em relação ao valor médio (2011-2019), da média anual da humidade relativa mínima diária.**

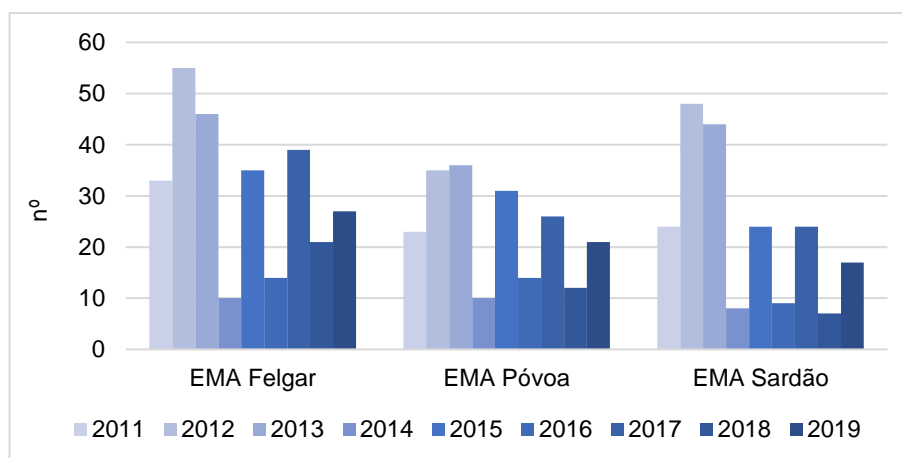
A análise mensal mostra comportamentos das anomalias mensais globalmente muito semelhantes aos da humidade média e máxima diária já descritos anteriormente (Figura 4.47).



**Figura 4.47 - Anomalia (em relação ao valor médio de 2011-2019) da média mensal da humidade relativa mínima diária em 2019.**

#### 4.6.3 - Geadas

Por número de dias de geada, entende-se dias com temperatura mínima  $\leq 0^{\circ}\text{C}$ . A variação do número de dias de geada está patente na Figura 4.48. Nesta análise importa destacar que não há nenhuma evidência de aumento das noites frias. Aliás, parece claro que há mais dias de geada nos primeiros 3 anos do período em análise que nos 3 anos seguintes (2014-2016). Em 2017, o número de dias de geada aumenta, em relação aos 3 anos anteriores, com especial destaque para a EMA da Póvoa. Em 2018 e 2019, o número de dias de geada volta a diminuir. As anomalias do número de dias de geada em 2019 face à média (2011-2019) são negativas nas três EMAs (Figura 4.49). Como o período de análise é ainda curto, não é possível retirar conclusões definitivas e rigorosas sendo, por isso, necessário um período de registo mais longo. Em todo o caso, não existe qualquer evidência científica quanto a um aumento dos dias de geada por influência do AHBS.



**Figura 4.48 – Número de dias de geada para o período em análise (2011–2019).**

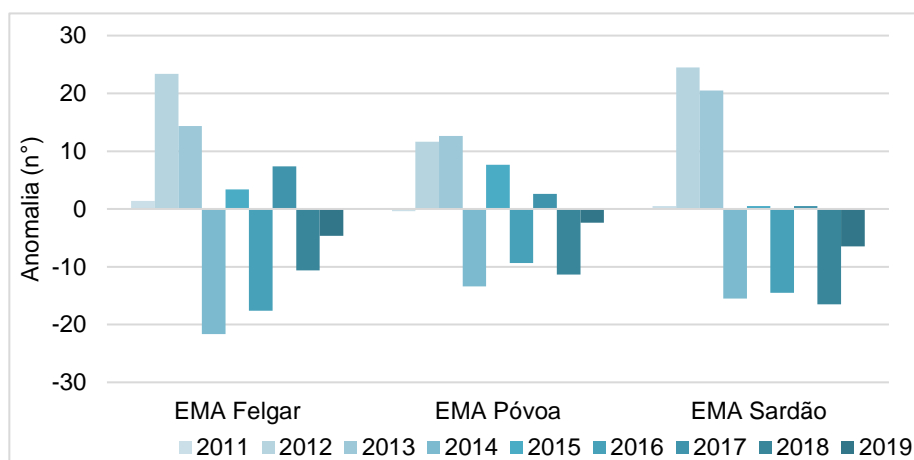
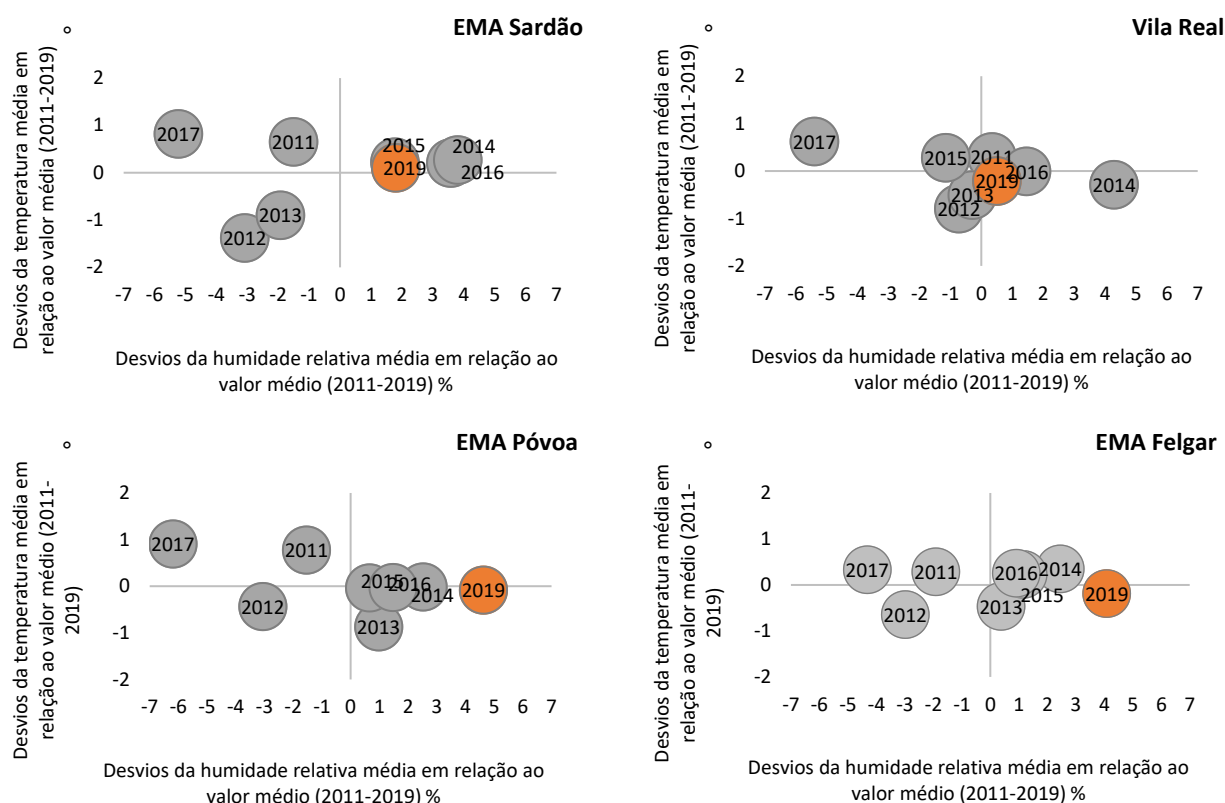


Figura 4.49 - Anomalias absolutas do número de dias com geada em relação à média, para o período em análise (2011-2019).

#### 4.6.4 - Tendências

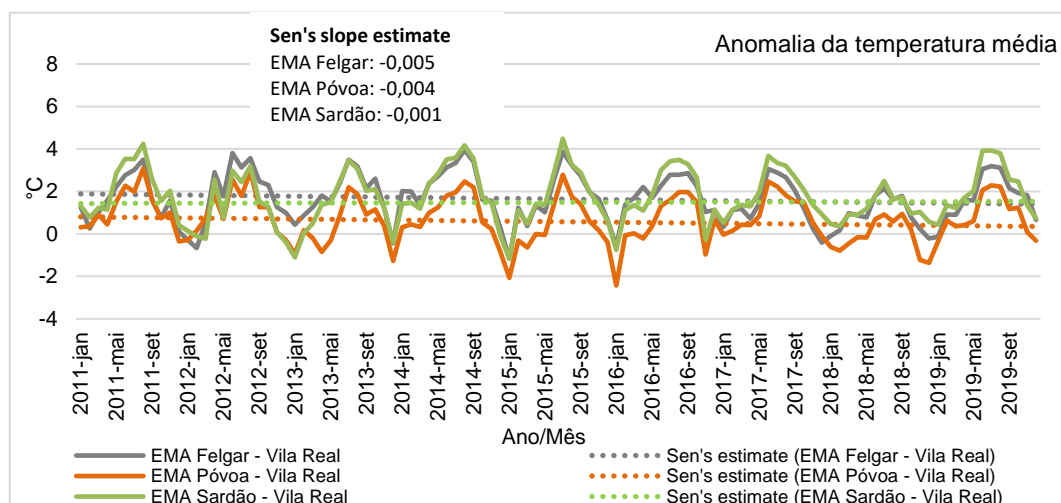
A análise de variabilidade interanual anterior será agora complementada com uma análise de anomalias relativas a uma estação meteorológica regional de referência (Vila Real), mas fora da influência direta do AHBS e, por isso, com uma variabilidade independente do empreendimento. Deste modo, será possível subtrair da análise todas as componentes da variabilidade climática regional não dependentes do AHBS. A componente residual dessa análise facilita o isolamento de potenciais sinais de modificação climática, atribuíveis ao AHBS.

A Figura 4.50 mostra os desvios da temperatura média e da humidade relativa média em relação ao valor médio entre 2011 e 2019 nas três EMAs e em Vila Real. De destacar, o ano de 2017, com anomalias consideráveis da temperatura (positivas) e da humidade relativa (negativas) nas três EMAs e em Vila Real. Podemos verificar que o ano de 2019, comparativamente ao período 2011 a 2019, classificou-se como normal em relação à temperatura do ar, mas anormalmente húmido nas três EMAs. Em Vila Real, o ano de 2019 não teve anomalias expressivas nem na temperatura, nem na humidade, pelo que se as anomalias registadas na humidade nas três EMAs ganham maior destaque nesta análise comparativa. Nada levaria a supor que 2019 fosse um ano anormalmente húmido na região do AHBS, a não ser o impacto deste mesmo empreendimento.



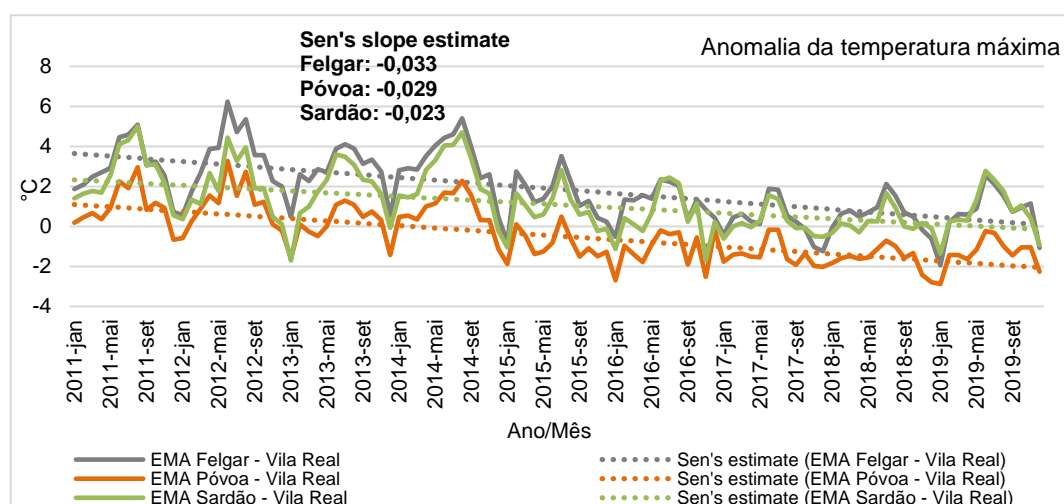
**Figura 4.50 – Desvios da temperatura média anual e da humidade relativa média anual em relação ao valor climatológico (2011-2019) nas EMAs e em Vila Real.**

A análise das anomalias é feita também à escala mensal para permitir uma análise estatística mais robusta (séries temporais mais longas). O ciclo sazonal é parcialmente removido pelo cálculo das anomalias (diferenças entre cada estação e a estação de referência – Vila Real), ainda que subsista alguma sazonalidade, atendendo às maiores amplitudes térmicas anuais no Baixo Sabor que em Vila Real. Na Figura 4.51, Figura 4.52 e Figura 4.53 estão representadas as tendências das anomalias mensais das temperaturas nas EMAs relativas à estação de referência de Vila Real. As tendências das anomalias mensais da temperatura média são negativas, mas sem significância estatística em qualquer uma das estações.



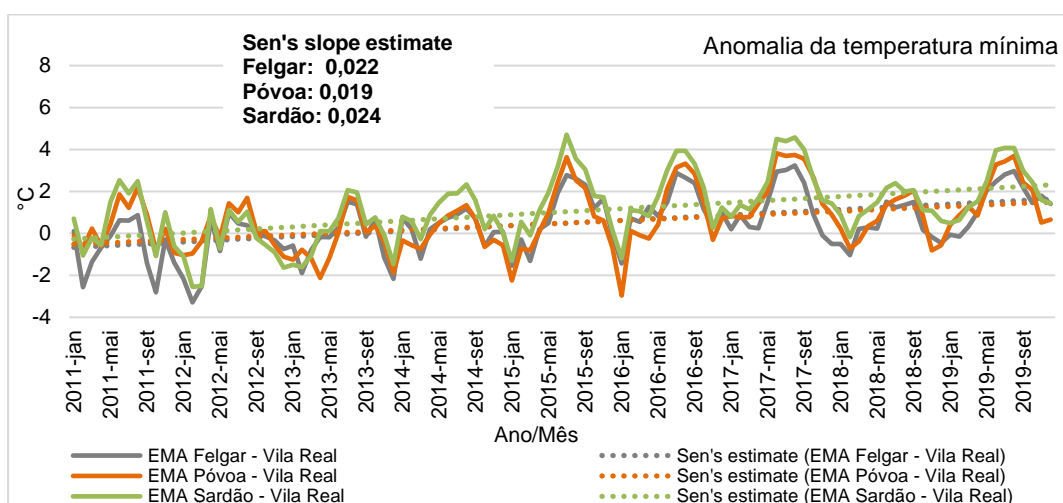
**Figura 4.51 - Tendências das anomalias da temperatura média nas EMAs relativas à média da estação de referência de Vila Real. Valores do declive de Sen (°C) a negrito representam a magnitude da tendência com significância estatística (5% de nível de significância).**

As anomalias mensais das temperaturas máximas (Figura 4.52) apresentam para as três EMAs tendências de diminuição, com significância estatística. O comportamento das anomalias da temperatura mínima (Figura 4.53) é o oposto, ou seja, apresenta tendências de aumento, com significância estatística, nas três EMAs. Estes resultados são bastante relevantes, pois sugerem uma influência do AHBS, já com significância estatística, induzindo temperaturas mínimas mais elevadas e máximas mais baixas, isto é, menores amplitudes térmicas diárias.



**Figura 4.52 - Tendências das anomalias da temperatura máxima nas EMAs relativas à média da estação de referência de Vila Real. Valores do declive de Sen (°C) a negrito representam a magnitude da tendência com significância estatística (5% de nível de significância).**

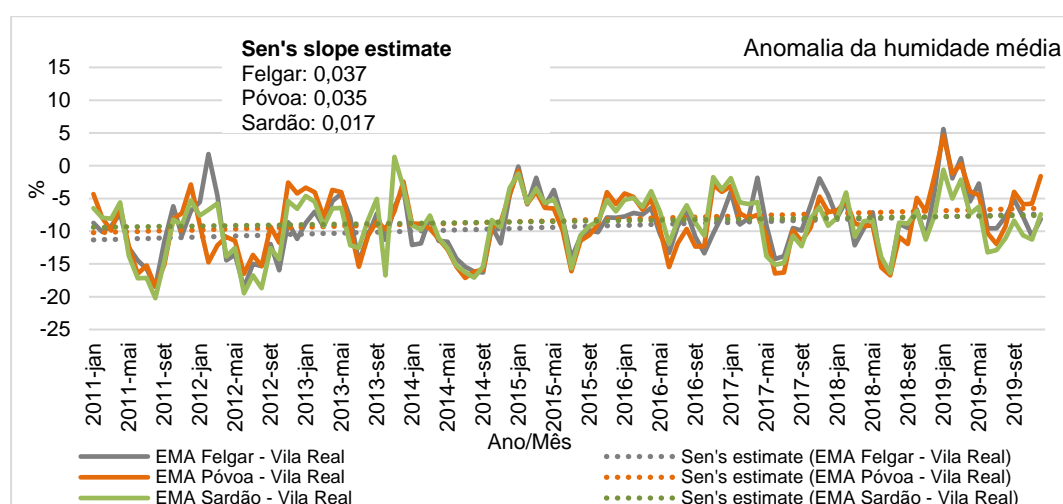




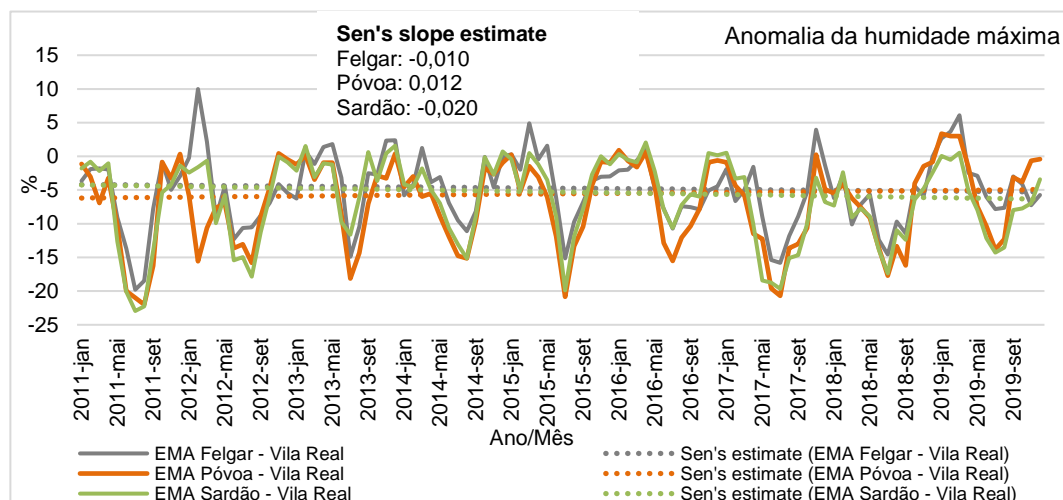
**Figura 4.53 - Tendências das anomalias da temperatura mínima nas EMAs relativas à média da estação de referência de Vila Real. Valores do declive de Sen (°C) a negrito representam a magnitude da tendência com significância estatística (5% de nível de significância).**

Nas Figura 4.54, Figura 4.55 e Figura 4.56 estão representadas as tendências das anomalias mensais da humidade nas EMAs relativas à estação de referência de Vila Real. As tendências das anomalias da humidade média são positivas nas três EMAs.

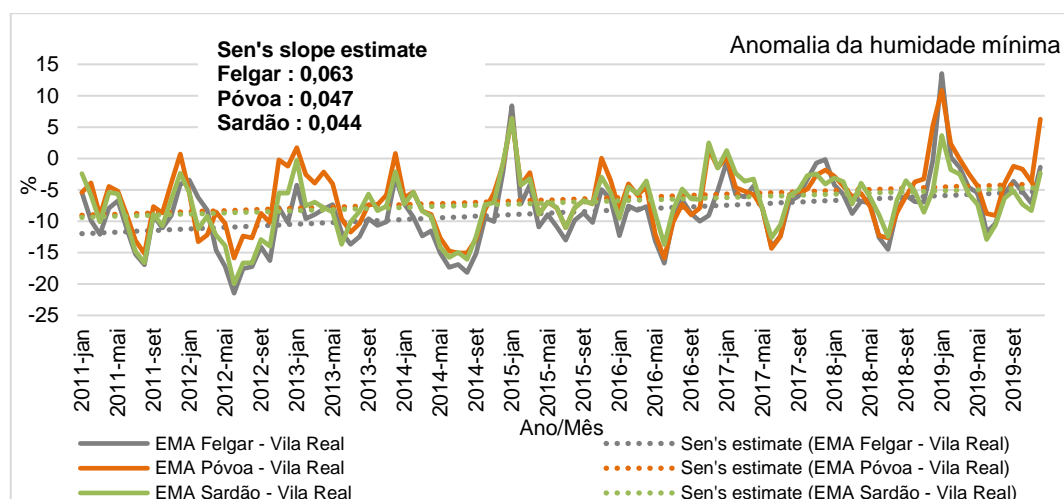
A tendência da humidade máxima não é estatisticamente significativa e os resultados da magnitude da tendência são muito próximos de 0%, não permitindo retirar conclusões definitivas (Figura 4.55). Já para a humidade mínima, as tendências são positivas e com significância estatística (Figura 4.56).



**Figura 4.54 - Tendências das anomalias da humidade média nas EMAs relativas à média da estação de referência de Vila Real. Valores do declive de Sen (%) a negrito representam a magnitude da tendência com significância estatística (5% de nível de significância).**



**Figura 4.55 - Tendências das anomalias da humidade máxima nas EMAs relativas à média da estação de referência de Vila Real. Valores do declive de Sen (%) a negrito representam a magnitude da tendência com significância estatística (5% de nível de significância).**



**Figura 4.56 - Tendências das anomalias da humidade mínima nas EMAs relativas à média da estação de referência de Vila Real. Valores do declive de Sen (%) a negrito representam a magnitude da tendência com significância estatística (5% de nível de significância).**

#### 4.6.5 - Modelo estatístico para inversões térmicas

Um dos objetivos inicialmente definidos do PPCMC é a construção de um modelo que relacione a ocorrência de inversões térmicas de inverno, com drenagem catabática e potenciadoras de geadas, com as características do terreno. Desta forma, calculámos o coeficiente de correlação (e a direção dessa correlação - se positiva ou negativa) entre a temperatura mínima dos últimos quatro anos (durante a fase de exploração) e a altitude (Tabela 4.2) para os meses de inverno (dezembro, janeiro e fevereiro). Os valores sofreram algumas alterações relativamente aos valores apresentados em 2018, atendendo a que foram incorporados nos modelos mais dados registados. Apesar

dos valores de correlação não serem muito elevados, as correlações são globalmente negativas, ou seja, temperaturas mais baixas correspondem a altitudes mais elevadas.

**Tabela 4.2 - Matriz de correlação (Pearson) entre a altitude e a temperatura mínima média mensal dos meses de inverno entre 2016 e 2019. Os valores a negrito têm um nível de significância  $p < 0,05$ .**

Variáveis	Dez-2016	Dez-2017	Dez-2018	Dez-2019	Jan-2016	Jan-2017	Jan-2018	Jan-2019	Fev-2016	Fev-2017	Fev-2018	Fev-2019
Altitude	<b>-0.47</b>	-0.30	-0.36	<b>-0.66</b>	<b>-0.79</b>	-0.20	-0.43	-0.10	<b>-0.55</b>	<b>-0.54</b>	<b>-0.49</b>	0.28

#### 4.7 - COTAS REGISTRADAS

São apresentados de seguida alguns valores de referência do AHBS relativamente às cotas e áreas inundadas previstas para o empreendimento. As cotas do dia 30 de dezembro de 2015, foram gentilmente cedidos pela EDP, enquanto as cotas restantes foram consultadas no centro de informação da Rede Elétrica Nacional (<http://www.centrodeinformacao.ren.pt/PT/InformacaoExploracao/Paginas/EstatisticaDiariaHidraulica.aspx>).

**Tabela 4.3 - Alguns valores de referência para cotas e áreas inundáveis do Aproveitamento Hidroelétrico do Baixo Sabor**

Escalão/albufeira montante	
Nível de pleno armazenamento (NPA)	Cota (234)
Nível de Máxima Cheia (NMC)	Cota (235)
Nível mínimo de exploração normal (NmEn)	Cota (227,4)
Nível mínimo de exploração excecional (NmEe)	Cota (205,5)
Área inundada Albufeira NPA (ha)	2820
Escalão/albufeira jusante	
Nível de pleno armazenamento (NPA)	Cota (138)
Nível de Máxima Cheia (NMC)	Cota (138)
Nível mínimo de exploração normal (NmEn)	Cota (130)
Área inundada Albufeira NPA (ha)	200

Relativamente aos registos das cotas das albufeiras de montante e de jusante, correspondentes a 30 de dezembro de 2015 e a 31 de dezembro de 2019, é possível observar um aumento da cota de montante, de cerca de 19 m, de 214 para 233 m (NPA = 234 m), e da cota de jusante de 130 para 135 m (NPA = 138 m). Em geral, ao longo do ano de 2019 verificou-se um aumento até maio, uma gradual diminuição das cotas a partir de julho e uma inversão em dezembro (Tabela 4.4). No mês de dezembro, a área inundada encontrava-se praticamente no nível pleno de armazenamento na albufeira de montante e muito próxima desse limiar na albufeira de jusante. Deste modo, os elevados níveis de armazenamento implicam a existência de um vasto volume de água e de uma larga superfície de contacto com a atmosfera, sendo, por conseguinte, um agente não despiciente no microclima do Baixo Sabor.

**Tabela 4.4 - Cotas das albufeiras montante e jusante em 30-12-2015 e ao longo do ano de 2019.**

Data de Referência	30-dez-15	31-jan-19	31-mar-19	31-mai-18	31-jul-19	30-set-19	30-nov-19	31-dez-19
Cota Montante	213,6	228.2	228.64	233.06	231.73	228.05	227.4	233.19
Cota Jusante	130,04	134.62	135.94	135.42	135	136.5	136.21	134,68

## 5 - CONCLUSÕES

### 5.1 - SÍNTESE DA AVALIAÇÃO DOS IMPACTES OBJETO DE MONITORIZAÇÃO E DA EFICÁCIA DAS MEDIDAS ADOTADAS

Numa primeira parte, o presente relatório descreve pormenorizadamente os dados meteorológicos recolhidos na rede de estações do AHBS durante o ano de 2019. Numa segunda parte, é feita uma análise de variabilidade interanual tendo como base os dados históricos recolhidos num período mais alargado (2011-2019). Atendendo a que o ano de 2019 corresponde ao quarto da fase de exploração, já é possível identificar algumas tendências durante o período de monitorização microclimática. No entanto como o período de análise dos dados é ainda curto (2011-2019), é fundamental um período de dados mais alargado, para se confirmar as tendências das principais variáveis em estudo.

No que diz respeito à temperatura, 2019 foi um ano com valores normais de temperatura média do ar para o período histórico do AHBS. A temperatura máxima média registou valores mais baixos comparativamente aos anos anteriores, enquanto a temperatura mínima média registou valores mais elevados, o que resulta em menores amplitudes térmicas diárias. Quanto às tendências das anomalias da temperatura face a Vila Real (estação de referência para comparação), estas são de aumento da temperatura mínima e de diminuição da temperatura máxima no período de 2011 a 2019.

Nesta análise foi ainda identificado um aumento gradual da humidade relativa (2014, 2015, 2016), apesar da interrupção em 2017, devido à seca excecional que afetou o país. Em 2018 e 2019, os valores de humidade relativa já seguiram a tendência detetada nos anos anteriores. As tendências das anomalias face à estação de referência de Vila Real mostram também um aumento da humidade relativa mínima, com significância estatística. Pelo exposto, as análises sugerem já uma diminuição da amplitude térmica diária por influência do AHBS, acompanhada de um ligeiro aumento da humidade relativa mínima do ar.

Conclui-se, assim, que os resultados obtidos até ao momento e as tendências observadas são globalmente coerentes com a literatura científica especializada, que refere como impactes das albufeiras:

- Diminuição da temperatura máxima diária;
- Aumento da temperatura mínima diária;
- Aumento da humidade relativa média diária.

Por fim, refira-se que não existe qualquer evidência científica relativamente a um aumento dos dias de geada (cujo padrão normal de ocorrência não se alterou) e de condições de inversão térmica.

Tendo em conta que o período de estudo é ainda muito reduzido (2011-2019, 9 anos), com apenas 4 anos em fase de exploração, será fundamental o estudo continuado no tempo do microclima da região de forma a corroborar estes resultados e a isolar a influência do AHBS num contexto de forte variabilidade climática e das alterações climáticas em curso no país e na região.

### 5.2 - PROPOSTA DE NOVAS MEDIDAS DE MITIGAÇÃO E ALTERAÇÃO OU DESATIVAÇÃO DE MEDIDAS JÁ ADOTADAS

Relativamente ao Programa Piloto de Caracterização Microclimática, os resultados das monitorizações realizadas demonstraram ser prematura qualquer proposta no sentido de se propor a criação de novas medidas de mitigação.

### **5.3 - PROPOSTA DE REVISÃO DOS PROGRAMAS DE MONITORIZAÇÃO E DA PERIODICIDADE DE FUTUROS RELATÓRIOS DE MONITORIZAÇÃO**

Tal como já feito reiterado em relatórios anteriores, para que os resultados atuais se tornem mais robustos cientificamente, será indispensável a continuação do estudo de forma a isolar uma possível influência do AHBS sobre o microclima local. Neste momento existem apenas 4 anos em fase de exploração, mas as alterações climáticas ocorrem, por definição, em escalas temporais mais longas. Só com um período relativamente longo de dados será possível uma análise comparativa que permita retirar conclusões mais sólidas.

Enfatizamos, uma vez mais, que o presente estudo é absolutamente necessário numa região que depende fortemente das atividades agroflorestais, nomeadamente da viticultura, a olivicultura e o amendoal, que são sectores socioeconómicos vitais e de excelência na região. Estas culturas agrícolas são, por natureza, muito sensíveis às condições atmosféricas, quer ao nível da produção agrícola, quer ao nível de diversos parâmetros e atributos de qualidade dos seus produtos, pelo que o apuramento das potenciais alterações induzidas pelo AHBS nos microclimas/mesoclima da região é de elevada relevância e pertinência para vários sectores socioeconómicos locais, regionais e nacionais. Estas alterações não serão forçosamente prejudiciais, podendo mesmo ser benéficas, por exemplo atenuando a seca numa região em que as culturas agrícolas estão habitualmente sujeitas a elevados e indesejados stresses hídricos e térmicos, fatores claramente limitantes da produção e da qualidade dos produtos agrícolas e que, por vezes, requerem gastos elevados com a rega. Acresce ainda que num contexto de alterações climáticas, com previsível escassez de recursos hídricos, a existência de reservas estratégicas de água e que tenham também um efeito moderador do clima local são um aspeto positivo a ter em conta.





## ANEXOS



---

*(Página intencionalmente deixada em branco)*

## ANEXO I – BIBLIOGRAFIA

- EDP. (2015). *Programa Integrado de Monitorização Ambiental (PIMA) - Revisão 04. Fase de Enchimento e Exploração. Aproveitamento Hidroelétrico do Baixo Sabor*. EDP. Porto: EDP - Gestão da Produção de Energia, S.A
- EDP. (2015). *Programa Integrado de Monitorização Ambiental (PIMA) - Revisão 04. Fase de Enchimento e Exploração. Aproveitamento Hidroelétrico do Baixo Sabor* (pp. 142). Porto: EDP - Gestão da Produção de Energia, S.A.
- Gallego, M. C., Trigo, R. M., Vaquero, J. M., Brunet, M., García, J. A., Sigró, J., & Valente, M. A. (2011). Trends in frequency indices of daily precipitation over the Iberian Peninsula during the last century. *J. Geophys. Res.*, 116, D02109. doi: 10.1029/2010JD014255
- Kendall, S. (1976). *Time Series* (Oxford Univ. Press ed.). New York.
- Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *J. Am. Stat. Assoc.*, 63, 1379-1389. doi: 10.2307/2285891



---

*(Página intencionalmente deixada em branco)*