



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

PROJETO BINGO: A ESTIMATIVA DA RECARGA DE QUATRO SISTEMAS AQUÍFEROS DO BAIXO TEJO PARA O PERÍODO 2015-2024

Manuel M. OLIVEIRA

Hidrogeólogo, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, moliveira@lnec.pt

Resumo

O projeto BINGO tem como objetivo avaliar os impactos das alterações climáticas no ciclo integrado da água, promovendo estratégias de gestão de risco e medidas de adaptação, numa lógica de redução de vulnerabilidades e de acréscimo de resiliência, desenvolvendo no final um portfólio de soluções para um leque de problemas específicos da gestão do ciclo da água.

O sítio de estudo português é a bacia do Baixo Tejo onde se pretende estudar o impacto das alterações climáticas no abastecimento público de água e na agricultura. Este sítio de estudo inclui quatro sistemas aquíferos: Margem Esquerda, Margem Direita, Aluviões do Tejo e Ota-Alenquer.

Aborda-se o estudo do impacto das alterações climáticas previstas para o período 2015-2024 na recarga de águas subterrâneas, confrontado estes valores com os determinados para as séries históricas utilizadas no Plano de Gestão de Região Hidrográfica do Tejo de 2010.

Apresentam-se os trabalhos realizados para desenvolver as séries meteorológicas de previsão decenais: precipitação diária, temperaturas e humidades relativas máximas e mínimas médias mensais, velocidade do vento mensal e radiação solar mensal. É feita uma análise crítica dos resultados produzidos tendo em vista a sua utilização no modelo de cálculo da recarga.

A metodologia utilizada para o cálculo da recarga utiliza o mesmo modelo de balanço hídrico sequencial diário BALSEQ_MOD e as mesmas estações udométricas e meteorológicas utilizados no passado, pelo que os resultados de recarga futuros são diretamente confrontáveis com os resultados das séries históricas permitindo estabelecer tendências de evolução, e fornecer informação que será incorporada posteriormente nos modelos numéricos de escoamento.

Palavras-chave: Recarga, BINGO, aquíferos, Tejo, modelação numérica.

Tema: Gestão de recursos hídricos e bacias hidrográficas.



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

1. INTRODUÇÃO

O projeto BINGO (BINGO - *Bringing INnovation to onGOing water management – A better future under climate change*) tem como objetivo avaliar os impactos das alterações climáticas no ciclo integrado da água, promovendo estratégias de gestão de risco e medidas de adaptação, numa lógica de redução de vulnerabilidades e de acréscimo de resiliência, desenvolvendo no final um portfólio de soluções para um leque de problemas específicos da gestão do ciclo da água.

Possui seis sítios de estudo localizados em Portugal, Espanha, Chipre, Noruega, Alemanha e Holanda, representando diferentes regiões climáticas da Europa e diferentes problemas, relacionados principalmente com fornecimento de água e de energia, agricultura e atividades urbanas.

O sítio de estudo português é a bacia do Baixo Tejo onde se pretende estudar o impacto das alterações climáticas no abastecimento público de água e na agricultura. Este sítio de estudo inclui quatro sistemas aquíferos: Margem Esquerda, Margem Direita, Aluviões do Tejo e Ota-Alenquer. Os quatro sistemas aquíferos estão a ser estudados quanto à recarga de águas subterrâneas e os primeiros três estão também a ser alvo de modelação numérica do escoamento.

O principal horizonte temporal do projeto BINGO é o curto prazo, utilizando previsões climáticas decenais à escala regional já existentes e preparando séries à escala local com as variáveis meteorológicas necessárias à corrida dos modelos hidrológicos e hidráulicos para o período 2015-2024. O objetivo desta comunicação é apresentar os resultados dos estudos relativamente ao cálculo da recarga de águas subterrâneas expectável para este período 2015-2024 e confrontar com os valores determinados para as séries históricas utilizadas no Plano de Gestão de Região Hidrográfica do rio Tejo de 2010.

O cálculo das previsões de precipitação e das variáveis meteorológicas que permitem o cálculo da evapotranspiração de referência são feitos no âmbito do pacote “WP2 - Previsão de clima e focagem em eventos de tempo (climatológicos) extremos no período 2015-2024”, pela equipa da Universidade Livre de Berlim. O cálculo da recarga é feito no âmbito do pacote “WP3 - Análise integrada do ciclo da água” pela equipa do LNEC.

Informação completa sobre o projeto BINGO pode ser consultada em <http://www.projectbingo.eu/>.

2. DESCRIÇÃO GENÉRICA DOS SISTEMAS AQUÍFEROS

Os sistemas aquíferos da bacia do Tejo são explorados intensivamente para o abastecimento público de água e para a agricultura. A área em estudo abrange os sistemas aquíferos referidos anteriormente, cuja localização pode ser vista na Fig. 1. Os sistemas aquíferos Margem Esquerda, Margem Direita e Aluviões do Tejo contactam entre si e com os cursos de água superficial da bacia do Tejo.

A descrição das características genéricas é apresentada na Tabela 1 que se baseia no trabalho “Sistemas Aquíferos de Portugal Continental” (Almeida et al., 2000).

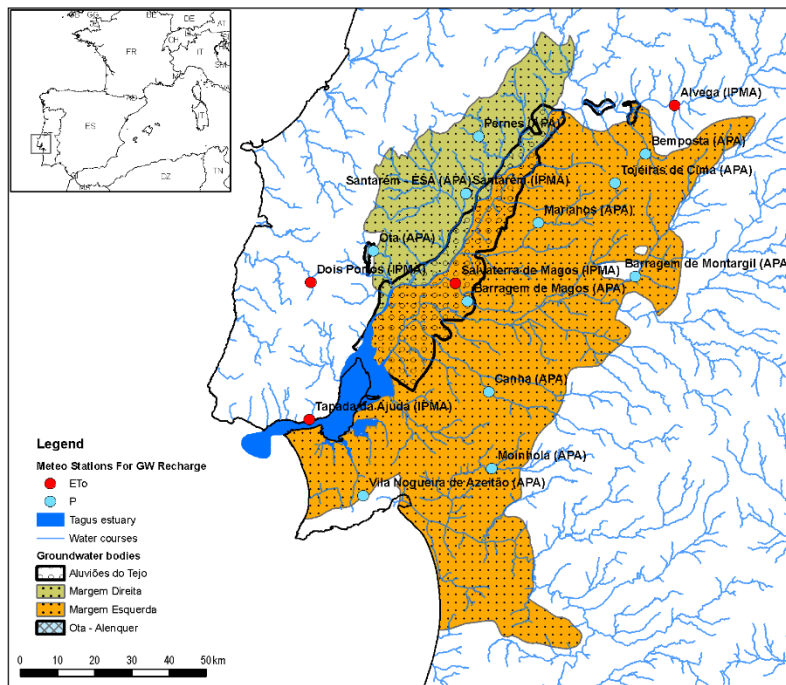


Figura 1 – Localização dos sistemas aquíferos estudados e das estações meteorológicas utilizadas.

3. O MODELO BALSEQ_MOD

O cálculo da recarga de águas subterrâneas é feito utilizando o modelo numérico de balanço hídrico sequencial diário BALSEQ_MOD. Este modelo faz um balanço hídrico a nível do solo, incorporando metodologias para cálculo, de forma sequencial, dos processos de infiltração no solo, evapotranspiração (real) e infiltração profunda do solo. Tem como antecedentes o modelo BALSEQ desenvolvido por Lobo Ferreira (1981, 1982) para a estimativa da recarga de águas subterrâneas na ilha de Porto Santo. A totalidade dos passos da corrida do programa é apresentada na Fig. 2.

A infiltração superficial é calculada em função da textura do solo, da precipitação diária e do teor de humidade do solo. A evapotranspiração (real) é calculada com base na evapotranspiração de referência, na humidade relativa mínima e na velocidade do vento, sendo que estas três variáveis podem ser mensais ou diárias, nos parâmetros que definem o ciclo vegetativo dos cobertos vegetais (coeficientes culturais, períodos de crescimento, variação da área ocupada pelos cobertos, altura máxima das plantas e profundidades das suas raízes), nos parâmetros do solo (retenção específica e ponto de emurchecimento permanente), e no armazenamento de água no solo. A infiltração profunda é calculada em função da condutividade hidráulica saturada e da água armazenada no solo que pode drenar por ação da gravidade.

A água de infiltração profunda é utilizada como um estimador da recarga da zona saturada mais próxima da superfície.

Tabela 1 – Características genéricas dos sistemas aquíferos

Sistema aquífero	Aluviões do Tejo		Margem Direita		Margem Esquerda			Ota-Alenquer
Área de ocorrência	1113 km ²		1629 km ²		6875 km ²			9,4 km ²
Formações aquíferas dominantes	aluviões (Holocénico)	terraços fluviais (Plistocénico)	Arenitos de Ota (Miocénico)	Calcários de Almoester (Miocénico)	Pliocénico	Arenitos de Ota (Miocénico)	Série calcogresosa marinha (Miocénico)	Formação de Ota e Alenquer (Jurássico sup.)
Litologias dominantes	Areias, argilas e na base seixos e calhaus, com uma espessura total de 70 m	Depósitos basais com seixos e calhaus, seguidos de um complexo formado por areias e argilas	Arenitos de origem continental, argilas e, por vezes, pequenas lenticulas de calhaus, com espessura entre 200 e 500 m	Calcários mais ou menos compactos, calcários margosos e margas, com espessura muito variável	Areias, com intercalações lenticulares de argilas, com espessura muito variável	Arenitos com algumas intercalações de argilas	Arenitos calcários, margas, com espessura superior a 450 m	Calcários oolíticos, calcários dolomíticos, calcários gresosos que num furo realizado na zona de Ota, apresentavam 203 m de espessura
Características Gerais	Sistema aquífero poroso, livre a confinado ou semiconfinado		Sistema constituído por um aquífero carbonatado, ausente nalgumas regiões, e por um aquífero mais profundo instalado em rochas detriticas, ambos predominantemente confinados ou semiconfinados		Sistema multiaquífero, livre, confinado ou semiconfinado, em que as variações laterais e verticais de fácies são responsáveis por mudanças significativas nas condições hidrogeológicas			Sistema aquífero cársico
Produtividade (l/s)	Mediana = 12 l/s	Mediana = 10 l/s	Mediana = 11,1 l/s	Mediana = 6 l/s	Mediana = 15,5 l/s	Mediana = 9,7 l/s	Mediana = 35 l/s	Alenquer: entre 100 e 280 l/s; Ota: entre 0 e 140 l/s
Transmissividade (T)	Mediana = 1493 m ² /dia	Mediana = 1573 m ² /dia	valores + frequentes entre 20 e 160 m ² /dia	valores + frequentes entre 10 e 130 m ² /dia	entre 100 e 3000 m ² /dia	valores + frequentes entre 45 e 179 m ² /dia	valores + frequentes entre 127 e 693 m ² /dia	entre 1000 e 14700 m ² /dia
Condutividade hidráulica (K)	Mediana = 122 m/dia	Mediana = 127 m/dia	-	-	-	-	-	-
Coefficiente de armazenamento (S)	8,39x10 ⁻³		-		10 ⁻³			-
Fonte	SNIRH (-a)		SNIRH (-b)		SNIRH (-c)			SNIRH (-d)

A descrição de toda a metodologia programada no modelo BALSEQ_MOD pode ser encontrada, entre outros, em Oliveira (2004, 2006) e Oliveira et al. (2008). O modelo pode ser aplicado a todos os tipos litológicos desde que se conheçam os parâmetros característicos do meio, e utilizando um conjunto de especificidades na interpretação dos seus resultados bem explicitadas em Oliveira (2011). Uma dessas especificidades consiste na ocorrência de sistemas cársicos aflorantes, onde exista um solo onde se pode desenvolver um coberto vegetal. Neste caso, considera-se que o escoamento direto calculado pelo modelo se soma à recarga do aquífero, exceto se existirem áreas impermeabilizadas.

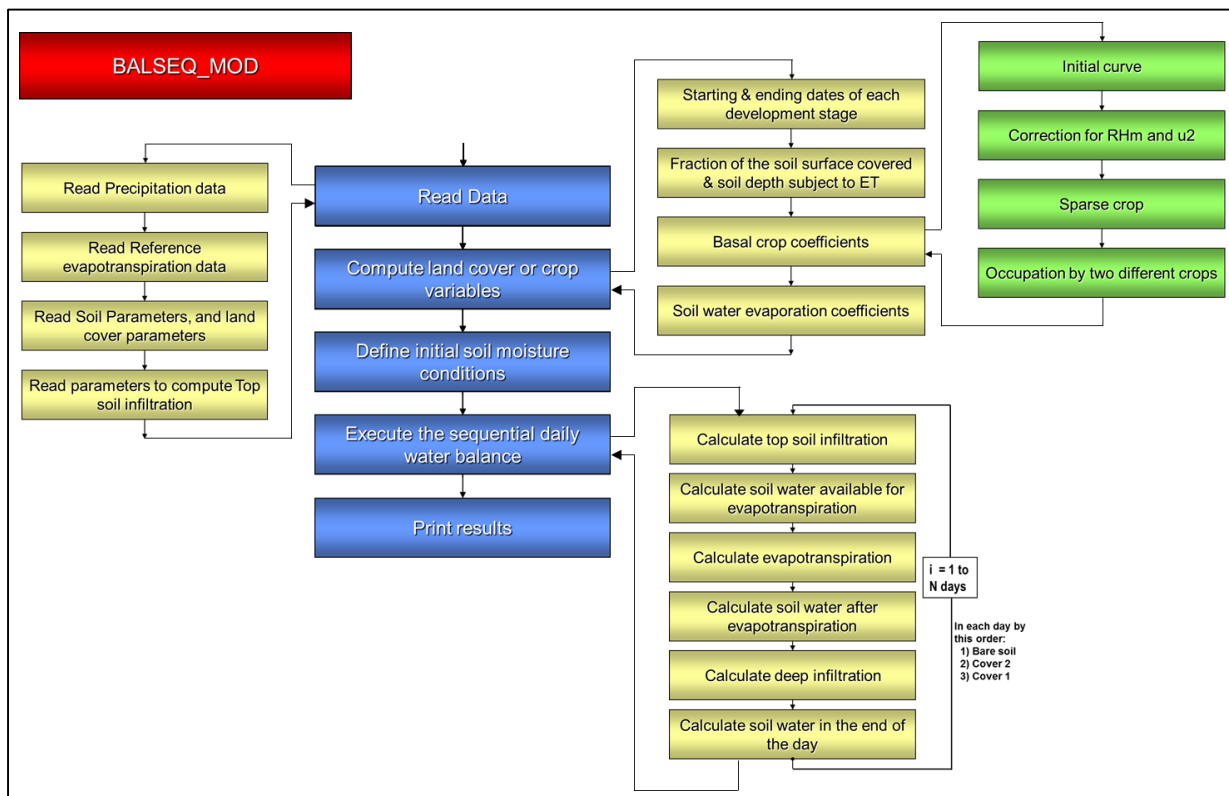


Figura 2 – Passos de execução do modelo de balanço hídrico sequencial diário a nível do solo BALSEQ_MOD (adaptado de Oliveira, 2009)

4. CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS NECESSÁRIOS AO CÁLCULO DA RECARGA

Como se depreende da secção anterior, a corrida do BALSEQ_MOD requer o conhecimento de um conjunto de informação de base, nomeadamente dados meteorológicos ou derivados (precipitação, evapotranspiração de referência, humidade relativa mínima e velocidade do vento), dados dependentes da ocupação do solo, dados dependentes do solo e informação geológica.

4.1 Parâmetros meteorológicos

Cada sistema aquífero foi analisado separadamente. Para os sistemas aquíferos de área pequena ou onde a variação espacial da precipitação anual média de 30 anos é relativamente reduzida, casos dos sistemas Aluviões do Tejo e Ota-Alenquer, selecionou-se uma série de precipitação diária de um posto existente dentro ou próximo desse sistema.

Para os sistemas aquíferos Margem Direita e Margem Esquerda, mais extensos, a variabilidade da precipitação conduziu a definir áreas com precipitações distintas, subdividindo-se o sistema aquífero de forma a que cada área dividida assumisse a mesma série de precipitação diária.



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

A subdivisão em áreas foi feita com base em uma ou mais isoietas determinadas a partir da superfície de precipitação anual média de 30 anos apresentada em Nicolau (2002). As lacunas existentes nas séries de precipitação diária foram preenchidas a partir dos dados de postos udométricos vizinhos.

A evapotranspiração de referência mensal utilizada foi a calculada e utilizada nos Planos de Região Hidrográfica do Tejo e do Oeste de 2010 para os balanços hídricos das culturas. Dado que estas séries se reportavam aos anos hidrológicos de 1959/60 a 1987/88 atribuiu-se a cada mês posterior à última data o valor da média das evapotranspirações de referência do mesmo mês no período com dados. Uma vez que o balanço hídrico sequencial é feito a nível diário, esta simplificação influencia pouco os cálculos.

Três dos sistemas aquíferos foram caracterizados por apenas uma série de evapotranspiração de referência mensal. Somente no sistema aquífero Margem Esquerda é que foi utilizada mais do que uma série de evapotranspiração de referência.

A Tabela 2 identifica as estações meteorológicas utilizadas para cada sistema aquífero assim como algumas das suas características. A sua localização pode ser consultada na Fig. 1. Os dados de precipitação das onze estações foram retirados do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH – <http://snirh.pt/>) e os dados de evapotranspiração tiveram origem em cinco estações do Instituto Português do Mar e da Atmosfera. As áreas de influência das estações meteorológicas quanto às séries de precipitação e de evapotranspiração utilizadas estão representadas na Fig. 3.

Os dados observados nestas estações foram utilizados para fazer as correções de viés das séries de precipitação modeladas no período de avaliação utilizado no projeto BINGO, que foi de 01-03-1979 até 31-07-2015, e para gerar as previsões decenais em cada estação para o período de 2015-01-01 até 2024-12-31 (ver secção 5).

Toda a informação de base necessária para a corrida do modelo e que foi utilizada para a quantificação da recarga no passado, utilizada na primeira versão do Plano de Gestão de Região Hidrográfica do rio Tejo, é descrita com pormenor em Lobo Ferreira et al. (2011), encontrando-se sumarizada em Oliveira et al. (2012).

4.2 Parâmetros dependentes do solo

Para cada solo é necessário caracterizar os parâmetros: porosidade, porosidade eficaz, ponto de emurchecimento permanente, condutividade hidráulica vertical e material do horizonte superior do solo.

Embora a informação dependente de cada solo possa resultar de análises de perfis de solos específicos de um local a estudar, neste caso não havia disponibilidade dessas análises. Nesta situação recorreu-se em primeiro lugar ao trabalho desenvolvido por Oliveira (2004, 2006) que procedeu à interpretação dos dados de perfis de solos publicados em SROA (1973), tendo caracterizado os parâmetros necessários à corrida do modelo. Os perfis de solos referidos correspondem aos solos da classificação da cartografia de solos publicada pelo Instituto de Hidráulica, Engenharia Rural e Ambiente (IHERA) às escalas 1:25 000 e 1: 50 000.

Para caracterizar os solos presentes nas massas de águas subterrâneas fez-se uma correspondência entre as formações geológicas representadas na carta geológica de Portugal à escala 1:500 000 (SGP, 1992) e a classificação da carta de solos do IHERA, fazendo atribuir a cada formação geológica um solo desta classificação.

Tabela 2 – Sistemas aquíferos e estações meteorológicas utilizadas para quantificar a sua recarga com indicação de algumas das suas características

Sistema aquífero	Estação meteorológica	Início da série	Fim da série	Completo da série	Variáveis	Frequência temporal	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Altura do anemómetro acima do terreno (m)
ME	Vila Nogueira de Azeitão (22C/02ug)	01-10-1980	30-09-2009	97.33%	Precipitação	Diária	38.516	-9.013	126	-
ME	Moinhola (22F/03c)	01-10-1980	30-09-2009	96.03%	Precipitação	Diária	38.584	-8.616	41	-
ME	Canha (21F/01ug)	01-10-1980	30-09-2009	93.78%	Precipitação	Diária	38.77	-8.627	52	-
ME	Marianos (18G/03uc)	01-10-1980	30-09-2009	94.06%	Precipitação	Diária	39.181	-8.476	48	-
ME	Bemposta (17I/02ug)	01-10-1980	30-09-2009	94.01%	Precipitação	Diária	39.349	-8.141	96	-
ME	Tojeiras de Cima (18H/04ug)	01-10-1980	30-09-2009	92.59%	Precipitação	Diária	39.279	-8.236	153	-
ME	Barragem de Montargil (19H/02c)	01-10-1980	30-09-2009	92.72%	Precipitação	Diária	39.051	-8.173	95	-
AT	Barragem de Magos (20E/01c)	01-10-1979	30-09-2009	95.47%	Precipitação	Diária	38.99	-8.694	43	-
MD	Santarém (ESA) (18E/01c)	01-10-1979	30-09-2009	77.59%	Precipitação	Diária	39.252	-8.702	61	-
MD	Pemes (17F/01ug)	01-10-1979	30-09-2009	99.64%	Precipitação	Diária	39.391	-8.663	81	-
OA	Ota (19D/02)	01-10-1980	30-09-2002	100.0 %	Precipitação	Diária	39.111	-8.989	39	-
MD/ME	Santarém (18E/01)	10-1959	09-1988	100.0 %	Meteorológicas	Mensal	39.252	-8.702	61	6
ME	Alvega (17I/01)	10-1959	09-1988	100.0 %	Meteorológicas	Mensal	39.467	-8.05	51	4
ME	Lisboa/Tapada da Ajuda (21B/07)	10-1959	09-1988	100.0 %	Meteorológicas	Mensal	38.7	-9.183	37	6
ME/AT	Salvaterra de Magos (19E/02)	10-1959	09-1988	100.0 %	Meteorológicas	Mensal	39.033	-8.733	5	4
OA	Dois Portos (19B/02)	10-1959	09-1988	100.0 %	Meteorológicas	Mensal	39.033	-9.183	110	4

Notas: Sistema aquífero: AT – Aluviões do Tejo, ME – Margem Esquerda, MD – Margem Direita, OA – Ota - Alenquer. As variáveis meteorológicas compreendem: temperatura média máxima (Tmax, °C) e mínima (Tmin, °C), humidade relativa média (HRmed, %), velocidade do vento (km/h), insolação (horas/mês), evapotranspiração de referência calculada pelo método de Penman-Monteith (ET_o, mm/month)

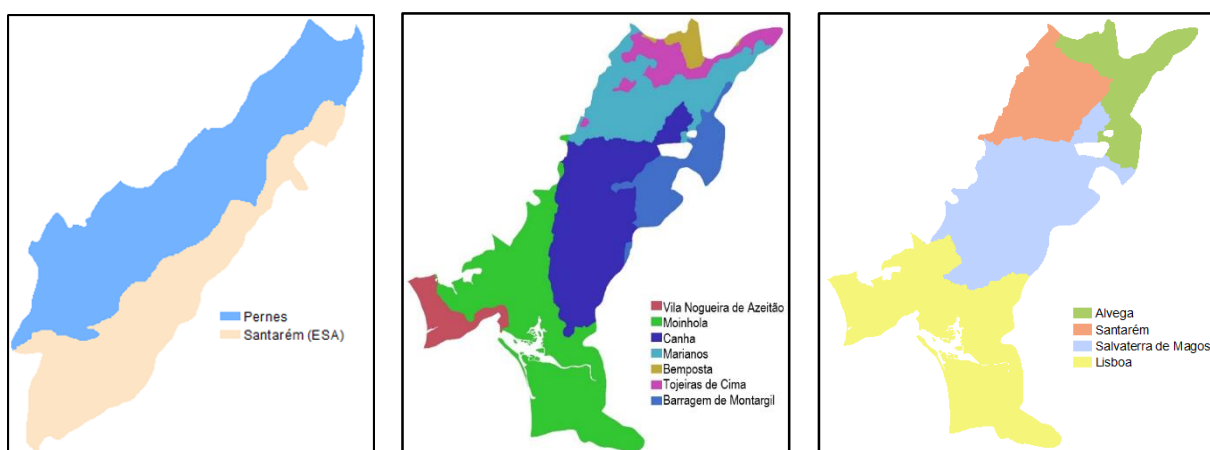


Figura 3: Áreas de influência das estações meteorológicas: esquerda – estações de precipitação do sistema aquífero da Margem Direita; meio e direita – sistema aquífero da Margem Esquerda; meio – estações de precipitação; direita – estações meteorológicas

Os valores atribuídos aos parâmetros dependentes dos solos em função do tipo de aquífero estão sumarizados na Tabela 3. A Fig. 4 mostra a distribuição destes solos.

Tabela 3 – Relação entre as formações geológicas e os tipos de solos e caracterização dos parâmetros dependentes do solo

Sistema aquífero	Geologia (segundo a legenda da Carta Geológica de Portugal 1:500 000 – SGP, 1992)	Solo (classificação IHERA)	Retenção específica (-)	Ponto de emurchecimento (-)	Porosidade (-)	Condutividade hidráulica vertical (mm/d)	Material do horizonte superior do solo
AT,MD, ME	a	A	0,27	0,12	0,44	91	7-Franco Arenoso
ME	PU	Apr	0,11	0,05	0,44	1834	2-Arenoso Franco
MD	beta	Cb	0,3	0,12	0,44	326	5-Argiloso
ME	OS	Ex	0,24	0,12	0,43	423	5-Argiloso
AT, MD, ME	MT	Pa	0,3	0,12	0,46	210	6-Franco
ME	ME	Par	0,16	0,03	0,32	333	7-Franco Arenoso
ME	XVA2	Pg	0,13	0,04	0,33	390	7-Franco Arenoso
AT, MD, ME	gz1m, PEM	Ppn	0,19	0,09	0,45	622	7-Franco Arenoso
ME	DFQ	Px	0,31	0,12	0,45	213	6-Franco
AT, MD, ME, OA	A1, AOO, D, Q	Rg	0,09	0,04	0,44	5040	1-Arenoso
ME	CD	Vcc	0,31	0,15	0,49	1310	5-Argiloso
AT, MD, ME, OA	C1AR, C2, FI_M, J1, J2O, J3, J3F, TJ	Vcd	0,31	0,18	0,47	648	4-Argilo-limoso
AT, MD	MST	Vct	0,22	0,14	0,48	1299	6-Franco
AT, MD, ME, OA	C1A, FI_A, FI_B, J3G, MAS, ML, MO, MP, MV, PAF, PAL, PMT, PR, PU	Vt	0,13	0,04	0,38	1081	7-Franco Arenoso
ME	COS	Vx	0,37	0,16	0,51	75	4-Argilo-limoso

Fonte: Lobo Ferreira et al. (2011). Notas: Sistema aquífero: AT – Aluviões do Tejo, ME – Margem Esquerda, MD – Margem Direita, OA – Ota - Alenquer. O significado das siglas utilizados na classificação da geologia pode ser consultado em SGP (1992)

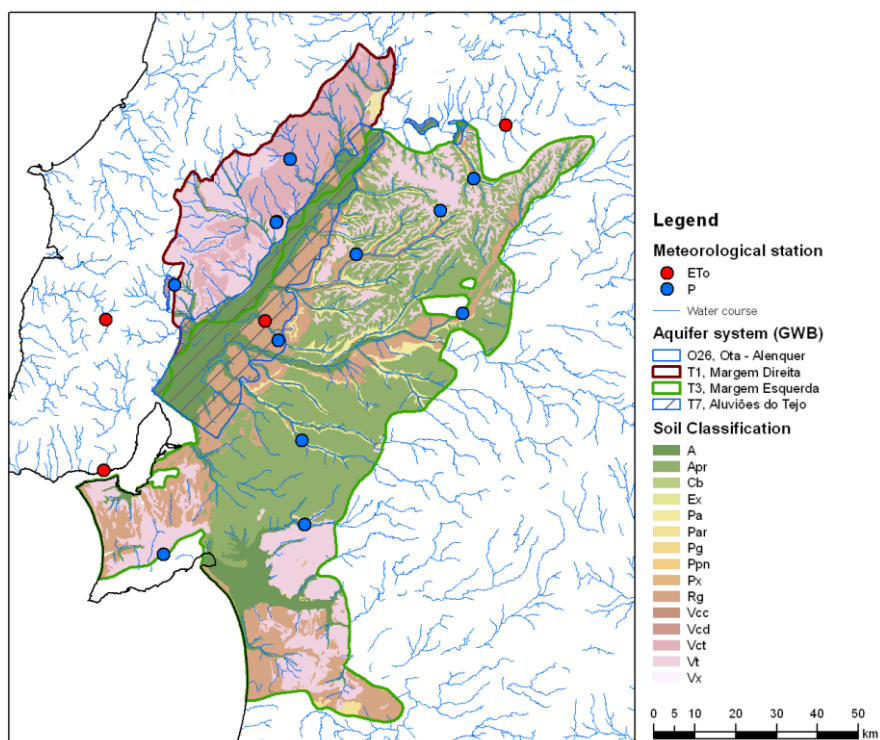


Figura 4 – Distribuição dos solos utilizados para caracterizar os parâmetros de corrida do modelo BALSEQ_MOD

4.3 Parâmetros dependentes da ocupação do solo

Cada ocupação do solo pode ser descrita por até três cobertos diferentes: solo com coberto 1, solo com coberto 2, e solo descoberto. Para cada coberto considerado, é necessário definir se ele é permeável ou não e se o for caracterizar os períodos de desenvolvimento dos tipos culturais se eles existirem, a data de início do período de desenvolvimento, as profundidades atingidas pelas raízes das plantas durante os períodos de desenvolvimento e as frações de terreno abrangidas, os seus coeficientes culturais e o limite de depleção de água do solo a 100%. No caso de o coberto conferir impermeabilidade ao meio é necessário definir a fração de área impermeável.

Os parâmetros dependentes da ocupação do solo, no que diz respeito aos cobertos vegetais, foram extraídos do conhecimento existente localmente ou, na ausência deste, de publicações como a de Allen et al. (1998) que referem as propriedades de muitos tipos de cobertos vegetais. Detalhes da forma de caracterização destes parâmetros podem ser consultados em Lobo Ferreira et al. (2011) e, de forma sintética, em Oliveira et al. (2012).

A informação da ocupação do solo provém do mapa *Corine Land Cover* (CLC) 2006, produzido à escala 1:100 000 pelo Instituto Geográfico Português (Fig.5, Caetano *et al.*, 2009).

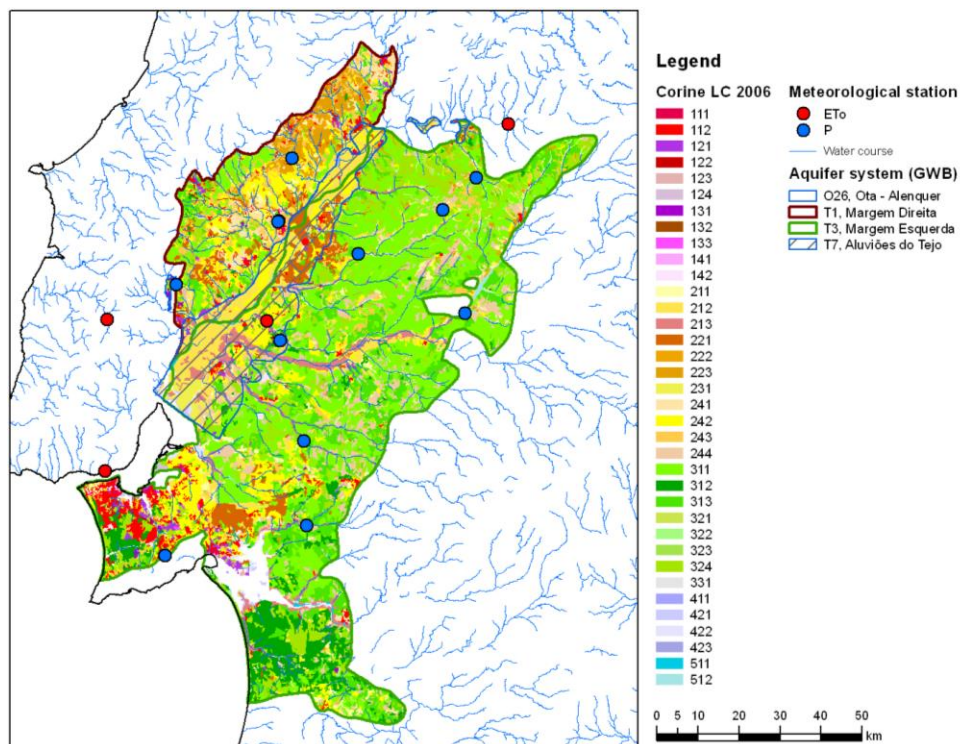


Figura 5 – Mapa com a classificação do Corine Land Cover 2006 utilizado para caracterizar os parâmetros dependentes da ocupação do solo do modelo BALSEQ_MOD (Origem: Caetano *et al.*, 2009)

A Tabela 4 apresenta os cobertos presentes com referência ao código de ocupação do solo Corine Land Cover (CLC) e sistema aquífero onde se localizam. Na Tabela 5, para cada tipo de coberto, apresentam-se os valores atribuídos aos parâmetros dependentes da ocupação do solo para a corrida do modelo BALSEQ_MOD.

Tabela 4 - Cobertos considerados em cada classe de ocupação do solo CORINE Land Cover por sistema aquífero

Sistema aquífero	Ocupação do Solo (CLC)	Cobertos presentes	Sistema aquífero	Ocupação do Solo (CLC)	Cobertos presentes
AT, MD, ME, OA	111, 112, 124	Impermeável	AT, MD, ME	231, 321, 322	Matos
AT, MD, ME	121	Impermeável	AT, MD, ME	241	Pomares
OA	121	Impermeável			Pinhal
AT, MD, ME	122	Espaços verdes	AT, ME	242	Pomares
		Impermeável			Milho
AT, MD, ME, OA	131	Pinhal	MD	242	Vinha
		Impermeável			Milho
MD	132	Pinhal	OA	242	Impermeável
		Impermeável			Milho
AT, MD, ME	133	Impermeável	AT, ME	243	Milho
		Matos			Eucalipto
ME	142	Matos	MD	243	Vinha
AT, MD, ME	211	Trigo de inverno			Eucalipto
AT, MD, ME	212	Milho	AT, MD, ME, OA	244, 311	Eucalipto
OA	212	Milho	AT, MD, ME	312	Pinhal
		Pomares	AT, MD, ME, OA	313, 324	Eucalipto
AT, MD, ME	213	Arrozais			Pinhal
AT, MD, ME, OA	221	Vinha	AT, MD, ME	331	Praias, dunas e areais
AT, MD, ME	222	Pomares	MD, ME	411, 421	Matos
AT, MD, ME	223	Olivais	ME	422, 423	Areal

Fonte: adaptado de Lobo Ferreira et al. (2011).

4.4 Parâmetros dependentes da geologia

No caso da ocorrência de formações carsificadas assume-se que toda a água calculada como escoamento direto se pode infiltrar no aquífero após um determinado percurso à superfície, constituindo também recarga do aquífero. O sistema aquífero Ota-Alenquer corresponde precisamente a uma destas situações, assumindo-se que nas áreas de ocorrência das formações jurássicas (com as designações J3 e J3F na legenda da carta geológica de Portugal à escala 1:500 000 – SGP, 1992), que coincidem com as áreas de solo com a classificação Vcd toda a água de escoamento direto se infiltra.

5. PREPARAÇÃO DAS SÉRIES DAS PREVISÕES DECENAIS

5.1 Contextualização

No projeto BINGO, pretende-se verificar se no horizonte 2015-2024 existe uma alteração da climatologia da área do Baixo Tejo e esudar o impacto que essa alteração tem nas disponibilidades hídricas. Um dos fatores que se relaciona com as disponibilidades hídricas é a recarga de aquíferos sendo que esta depende dos aspetos geológicos, de solos, de ocupação dos solos e da meteorologia.

Do ponto de vista da ocupação do solo, um dos fatores em estudo no projeto BINGO, nomeadamente como medida de adaptação às alterações climáticas no caso destas causarem uma alteração das disponibilidades hídricas, não estão, no entanto, previstas

alterações sensíveis para o horizonte temporal referido. Assim este aspeto, conjuntamente com as características do solo e a geologia considerar-se-á congelado, sem alteração em relação à situação passada.

Tabela 5 - Parâmetros de corrida do modelo em função do coberto presente na ocupação do solo identificada na tabela de classes de ocupação do solo

Culturas presentes	Permeável	Calcula Kcb_esp	Dia_ini	L_ini	L_des	L_med	L_fim	Kcb_ini	Kcb_med	Kcb_fim	h_cult	rp_1	rp_0	sld	Kc_min	Kcb_tot	fraccao	fraccao_0	fraccao_nada
Arrozais	1	0	62	30	30	60	30	1	1,15	0,6	1	800	150	0,2	0,15	1,15	0,95	0,1	0
Espaços verdes	1	1	1	1	1	361	2	0,95	0,95	0,95	10	2750	2750	0,7	0,15	0,95	0,1	0,1	0,1
Eucalipto	1	1	1	1	1	361	2	1,2	1,2	1,2	10	2750	2750	0,8	0,15	1,2	0,3-0,75	0,3-0,75	0,3-0,75
Impermeável	0	0	1	1	1	361	2	0,01	0,01	0,01	1	1	1	1	0,01	0,01	0,2-0,9	0,2-0,9	0,2-0,9
Matos	1	0	1	1	1	361	2	0,8	0,8	0,8	1	1000	1000	0,5	0,15	0,8	0,1-0,85	0,1-0,85	0,1-0,85
Milho	1	1	183	30	40	50	30	0,15	1,15	0,15	2	1200	150	0,55	0,15	1,15	0,35-0,85	0,1-0,2	0
Olivais	1	1	152	30	90	60	90	0,6	0,7	0,7	4	1500	1500	0,65	0,15	0,7	0,65-0,95	0,65-0,95	0
Pinhal	1	1	1	1	1	361	2	0,95	0,95	0,95	10	2750	2750	0,7	0,15	0,95	0,05-0,9	0,05-0,9	0,05-0,9
Pomares	1	1	1	1	1	361	2	0,6	0,95	0,75	4	1500	1500	0,5	0,15	0,95	0,1-0,8	0,1-0,8	0,1-0,8
Praias, dunas e areais	1	0	1	10	10	10	10	0,15	0,15	0,15	1	1	1	1	0,15	0,15	0	0	0
Trigo de inverno	1	1	32	30	140	40	30	0,15	1,1	0,15	1	1200	150	0,55	0,15	1,1	0,75-0,85	0,1	0
Vinha	1	1	152	20	50	75	60	0,15	0,65	0,4	2	1500	150	0,45	0,15	0,65	0,2-0,95	0,1	0

Fonte: adaptado de Lobo Ferreira et al. (2011). Permeável= código para a infiltração superficial: (0) nula, (1) calculada pelo modelo, Calcula_Kcb_esp=código para calcular (1) ou não (0) o coeficiente cultural basal esparso, Dia_ini=dia de início de desenvolvimento da cultura, L= comprimento (dia): L_ini= da fase inicial, L_des= da fase de desenvolvimento, L_med= da meia estação, L_fim= da fase final, Kcb=coeficiente cultural basal: Kcb_ini=da fase inicial, Kcb_med=da meia estação, Kcb_fim= da fase final, h_cult=altura da cultura na fase de meia estação (m), rp_1=profundidade máxima das raízes das plantas (mm), rp_0=profundidade mínima das raízes das plantas (mm), sld=limite de depleção da água do solo a 100%, Kc_min=coeficiente cultural mínimo, Kcb_tot= coeficiente cultural basal total, fraccao=fração máxima de terreno ocupada pela cultura, fraccao_0=fração mínima de terreno ocupada pela cultura no período inicial, fraccao_nada=fração de terreno ocupada pela cultura no seu período de dormência.

Nota: cada corrida do modelo pode ser feita para um ou dois cobertos identificados nesta Tabela. Um terceiro coberto corresponde à fração de terreno remanescente (não ocupada pelos até outros dois cobertos) e trata-se de um terreno descoberto para o qual só se definem dois parâmetros: rp_1=150 e sld=0,42.

Assim, apenas os aspetos meteorológicos serão tidos em atenção, nomeadamente a precipitação e a evapotranspiração.

As séries meteorológicas são criadas utilizando os resultados de modelos climáticos regionais. Como estes são produzidos em células de redes geométricas cujos centros representam grandes áreas geográficas, é necessário transpor os dados gerados pelos modelos climáticos nos dados pontuais registados nas estações meteorológicas referidas na secção 4.1. Este passo obriga a fazer uma interpolação entre os resultados obtidos na rede geométrica do modelo climático para o ponto onde se localiza o posto udométrico.

Por sua vez, como a rede geométrica não permite traduzir efeitos locais, por exemplo orográficos ou de solo, nos fatores meteorológicos é necessário desenvolver um procedimento que transforme os valores interpolados em valores afetados pelas condições locais (correção de viés).



Tal é conseguido por aprendizagem confrontando os valores produzidos pela modelação climática do passado com os dados históricos observados nos postos meteorológicos. Esta é feita procurando uma função (metodologia) que transponha aceitavelmente os dados modelados nos dados observados.

Assumindo que esta função é válida no futuro, é possível, a partir dos resultados dos modelos climáticos de previsão decenal, gerar séries meteorológicas decenais locais, aplicando essa mesma função ao futuro. Este é o procedimento usado para gerar as séries de precipitação decenais. De forma a verificar a fiabilidade da função utilizada confrontam-se os dados observados no passado com os dados modelados. Se esta comparação for aceitável então é aceitável a sua aplicação para o futuro.

Os dados foram produzidos no âmbito do pacote “WP2 - Previsão de clima e focagem em eventos de tempo (climatológicos) extremos no período 2015-2024”, pela equipa da Universidade Livre de Berlim (FUB). Para cada local esta equipa produziu dez realizações diferentes que resultam de incorporar a incerteza nas condições iniciais nas fronteiras dos modelos climáticos. A metodologia utilizada para fazer a correção de viés consistiu na aplicação da transformação da função de distribuição acumulada (CDFt). A descrição desta metodologia e dos modelos climáticos globais e regionais utilizados, assim como dos processos de refinamento de escala (“downscaling”) encontram-se sumariamente descritos em Rust et al. (2017).

5.2 Séries de precipitação relativas ao período de avaliação

Para verificar a fiabilidade do procedimento utilizado para gerar as séries modeladas do passado fez-se a comparação com os valores observados nos 11 postos udométricos utilizados. A Tabela 6 mostra os resultados deste exercício de comparação para os valores médios anuais, permitindo concluir que os valores anuais observados são, em média, quer tenham ou não correção de viés, sempre superiores aos modelados (há só uma exceção para

Tabela 6 – Médias e comparação das médias das precipitações acumuladas anuais para os valores observados e modelados com correção e sem correção de viés por posto (unidades: mm/ano)

Posto udométrico	Sem correção (1)	Com correção (2)	Observado (3)	Diferença, Sem correção (3) - (1)	Diferença, Com correção (3) - (2)	Diferença absoluta, Sem correção (3) - (1)	Diferença absoluta, Com correção (3) - (2)
Vila Nogueira de Azeitão	382,9	685,4	704,2	321,3	18,8	328,4	120,5
Moinhola	383,7	561,4	666,6	282,9	105,2	282,9	155,5
Canha	377,8	635,4	664,2	286,5	28,9	286,5	105,2
Marianos	436,9	650,9	656,5	219,6	5,5	227,9	99,8
Bemposta	440,7	646,8	651,7	211,0	4,9	211,0	72,1
Tojeiras de Cima	432,5	668,2	681,0	248,5	12,7	253,0	100,0
Barragem de Montargil	404,0	542,4	628,2	224,2	85,8	227,7	122,6
Ota	400,3	661,1	734,8	334,5	73,7	334,5	97,0
Pernes	473,4	689,0	687,2	213,8	-1,8	214,9	83,2
Santarém (ESA)	458,3	587,9	643,0	184,7	55,1	184,7	87,8
Barragem de Magos	381,0	595,2	628,9	247,9	33,7	249,5	113,5

o caso da Ota com correção de viés), e que os valores com correção de viés são sempre muito mais próximos dos observados.

Se se utilizar as médias das diferenças absolutas dos valores de precipitação anual verifica-se, principalmente para o caso dos valores com correção de viés, que as diferenças são muito superiores o que significa que haverá muitos anos em que a precipitação modelada também pode ser superior à precipitação observada.

Esta última situação é constatada quando se analisam os valores anuais. De um modo geral os dados com a correção de viés ajustam-se muito mais adequadamente aos valores observados, embora normalmente nos anos mais secos os dados do modelo sem correção se ajustem melhor. A título de exemplo mostra-se na Fig. 6 o resultado obtido para o posto udométrico de Vila Nogueira de Azeitão, e na Fig. 7 ilustram-se os resultados obtidos para os anos mais secos, medianos e húmidos, considerando a própria distribuição anual da precipitação acumulada.

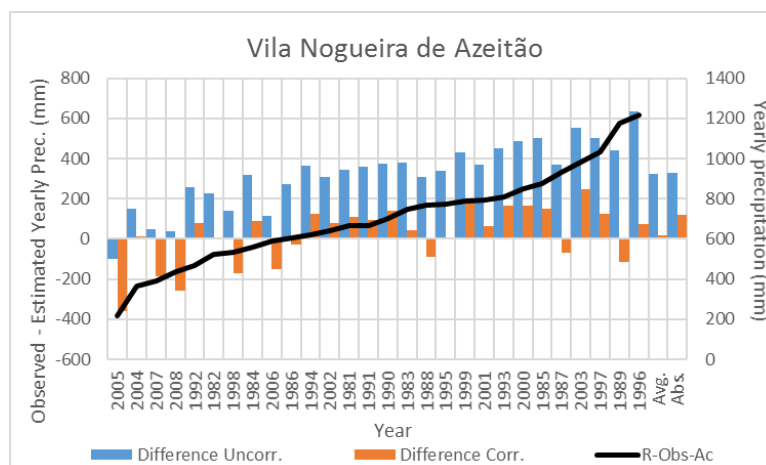


Figura 6: Valores de precipitação anual ordenados ascendentemente (R-Obs-Ac) e diferenças entre os valores observados e os modelados, sem correção (“Difference Uncorr.”) e com correção de viés (“Difference Corr.”) para o posto udométrico de Vila Nogueira de Azeitão

5.3 Séries de precipitação de previsão decenais

Aceitando-se que a função de correção de viés é adequada, a equipa da FUB aplicou a metodologia definida para o período de avaliação às séries de previsão decenais (período 2015-2024). A correção de viés foi realizada construindo de duas formas distintas a curva da função de distribuição acumulada (CDF): numa primeira iteração (método 1) os resultados obtidos não foram considerados satisfatórios, o que levou à realização de uma segunda iteração (método 2).

A Tabela 7 mostra os valores médios anuais das dez realizações de cada conjunto (sem correção, com correção de viés pelo método 1, com correção de viés pelo método 2), que são comparados com os valores médios das séries históricas.

De um modo geral pode-se verificar que, em média, as previsões decenais sem correção de viés (linha “[(3) - (4)] / (4)” da tabela) produzem valores superiores aos das séries históricas

em 8 (de 11) postos udométricos; as exceções são Vila Nogueira de Azeitão (-10 %), Ota (- 9%) e Canha (-2 %). Os valores superiores variaram entre +3 % em Moinhola e +23 % em Bemposta.

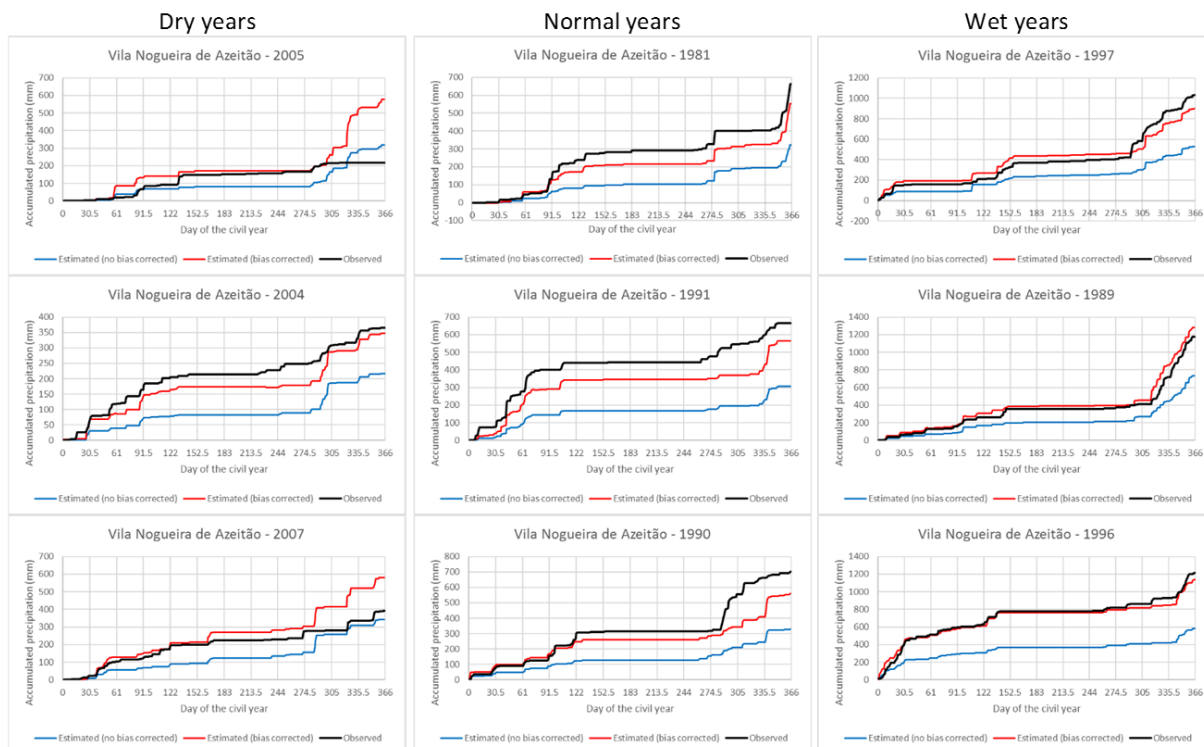


Figura 7: Distribuição da precipitação acumulada por ano no posto udométrico de Vila Nogueira de Azeitão, com exemplificação dos três anos mais secos (“Dry years”), de três anos medianos (“Normal years”) e dos três anos mais húmidos (“Wet years”), indicando-se a série observada (“Observed”), modelada sem correção de viés (“Estimated (no bias corrected)”) e modelada com correção de viés (“Estimated (bias corrected)”)

Tabela 7: Média das precipitações anuais médias das 10 realizações das séries de previsão decenais e média das precipitações das séries históricas por estação de precipitação e método de correção de viés (valores em mm/ano).

	Vila Nogueira de Azeitão	Moinhola	Canha	Maria-nos	Bem-posta	Tojeiras de Cima	Barragem de Montargil	Ota	Pernes	Santarém (ESA)	Barragem de Magos
(1) Média (correção de viés, método 2) [mm/ano]	721	683	688	675	662	699	641	659	715	653	651
(2) Média (correção de viés, método 1) [mm/ano]	903	900	930	884	833	883	828	848	903	821	844
(3) Média (sem correção de viés) [mm/ano]	635	688	649	728	804	733	681	667	781	722	652
(4) Média da série histórica [mm/ano]	704	667	664	656	652	681	628	735	687	643	629
$[(1) - (4)] / (4)$	2%	3%	4%	3%	2%	3%	2%	-10%	4%	2%	3%
$[(2) - (4)] / (4)$	28%	35%	40%	35%	28%	30%	32%	15%	31%	28%	34%
$[(3) - (4)] / (4)$	-10%	3%	-2%	11%	23%	8%	8%	-9%	14%	12%	4%

Nota: A média da série histórica refere-se a 28 anos civis exceto Ota (21 anos civis), Pernes e Santarém (ESA) (29 anos civis) e Barragem de Magos (30 anos civis)

Uma vez que a aprendizagem do período de avaliação requereu que se fizesse a correção de viés, esta foi aplicada às séries de previsões decenais.

As previsões decenais com correção de viés pelo método 1 produziram sempre valores mais elevados que as séries históricas (linha “[(2) - (4)] / (4)”). Esta situação mostrou-se desadequada uma vez que se obteve para este período aumentos a variarem entre +15 % (na Ota) e +40 % (em Canha), ou seja um aumento considerável da precipitação.

Daí se ter avançado para a correção de viés pelo método 2 que produziu valores apenas ligeiramente superiores aos das séries históricas (linha “[(1) - (4)] / (4)”), entre +2 % (em Vila Nogueira de Azeitão, Bemposta, Barragem de Montargil e Santarém (ESA)) e +4 % (em Canha e Pernes), tendo somente o posto da Ota registado um valor inferior, de -10 % em relação à série histórica.

Note-se que se está a analisar a média das previsões decenais. Na realidade há uma variabilidade assinalável entre as 10 realizações de cada posto udométrico que se exemplifica para o posto de Vila Nogueira de Azeitão na Fig. 8.

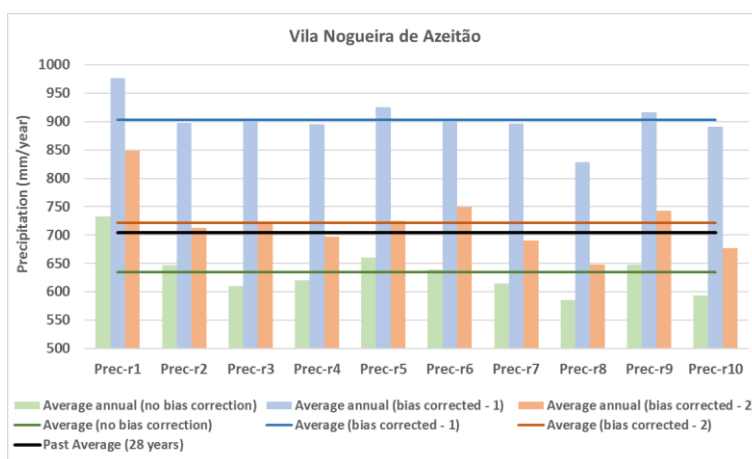


Figura 8: Precipitação anual média para cada realização decenal – comparação entre as séries não corrigidas, as séries com correção de viés pelos métodos 1 e 2 e o valor médio da série histórica do posto de Vila Nogueira de Azeitão

Os valores agora obtidos parecem muito mais plausíveis embora careçam de algum tipo de validação. Esta consegue-se uma vez que já passaram três anos, pouco chuvosos, que estão incluídos no período de projeção e existem dados observados em quatro postos udométricos de registo automático pertencentes ao SNIRH. A comparação entre as séries de precipitação acumuladas modeladas e as medidas pode ser feita observando a Fig. 9 para o posto de Vila Nogueira de Azeitão, a Fig. 10 para o posto de Moinhola, a Fig. 11 para o posto de Canha e a Fig. 12 para a Barragem de Magos.

De um modo geral pode-se constatar que as séries observadas se encaixam dentro das previsões decenais, situando-se o ano de 2016 dentro das previsões decenais medianas e os anos de 2015 e de 2017 junto às previsões decenais mais baixas. O ano de 2017, inclusive, encontra-se abaixo das séries decenais de alguns postos. A exceção é o posto da Barragem

de Magos que apresenta registos no ano de 2017 que se enquadram dentro dos valores medianos das séries de previsão decenal.

Embora não haja registos para os outros sete postos udométricos poder-se-á aceitar que estas previsões decenais são adequadas e utilizá-las para a nova corrida do modelo BALSEQ_MOD.

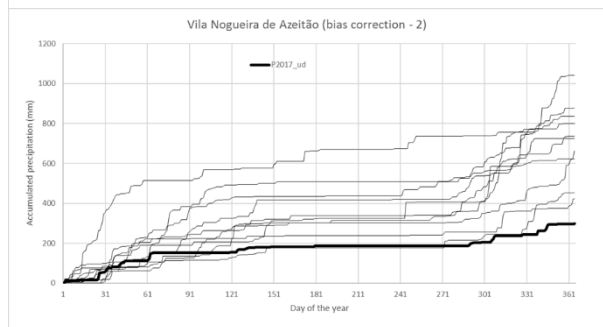
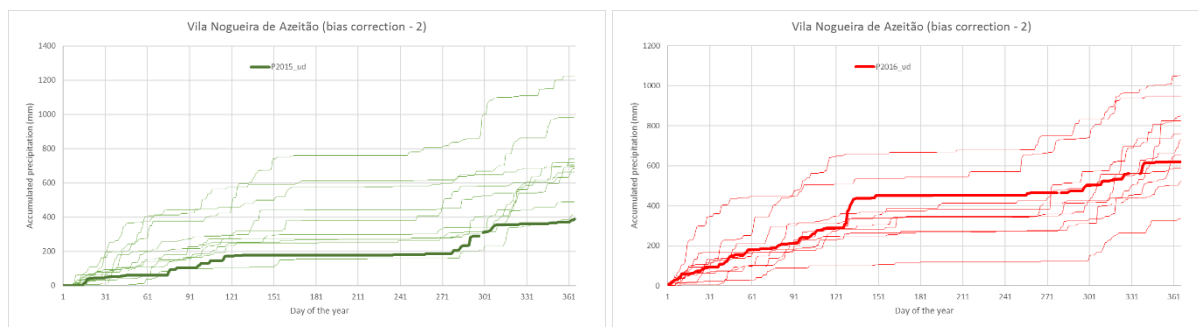


Figura 9: Distribuição da precipitação acumulada para as 10 realizações com correção de viés (método 2) e para os valores observados no posto udométrico de Vila Nogueira de Azeitão (em cima à esquerda: ano 2015, em cima à direita: ano 2016, em baixo: ano 2017)

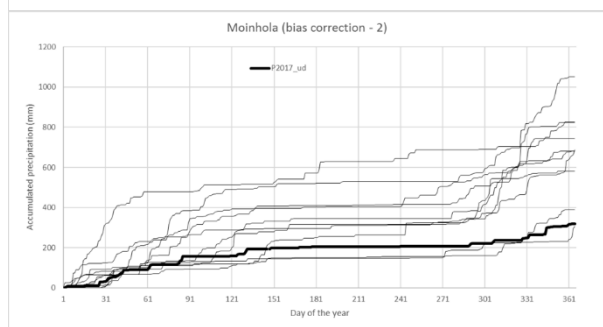
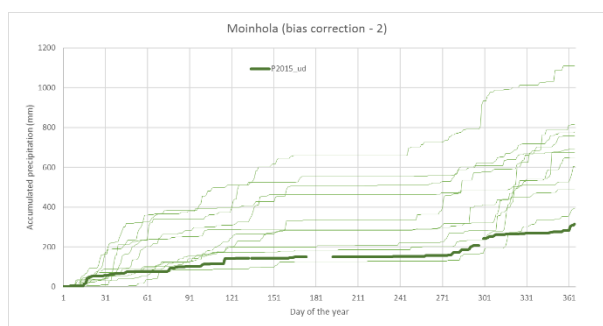


Figura 10: Distribuição da precipitação acumulada para as 10 realizações com correção de viés (método 2) e para os valores observados no posto udométrico de Moinhola (em cima à esquerda: ano 2015, em cima à direita: ano 2016, em baixo: ano 2017)

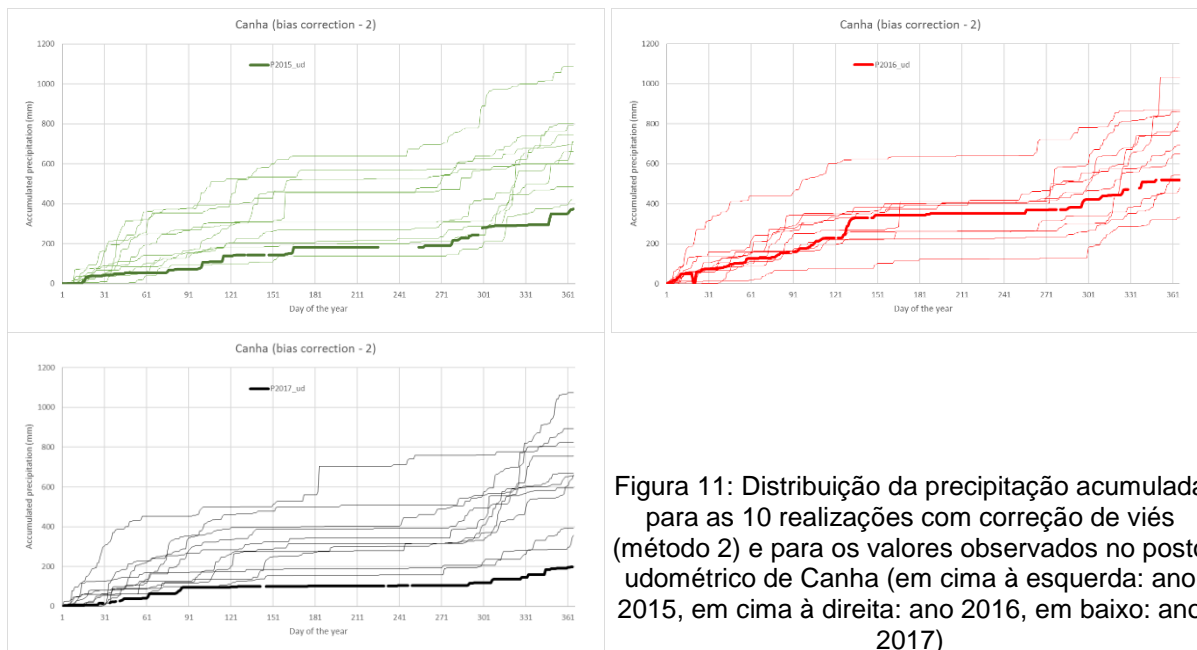


Figura 11: Distribuição da precipitação acumulada para as 10 realizações com correção de viés (método 2) e para os valores observados no posto udométrico de Canha (em cima à esquerda: ano 2015, em cima à direita: ano 2016, em baixo: ano 2017)

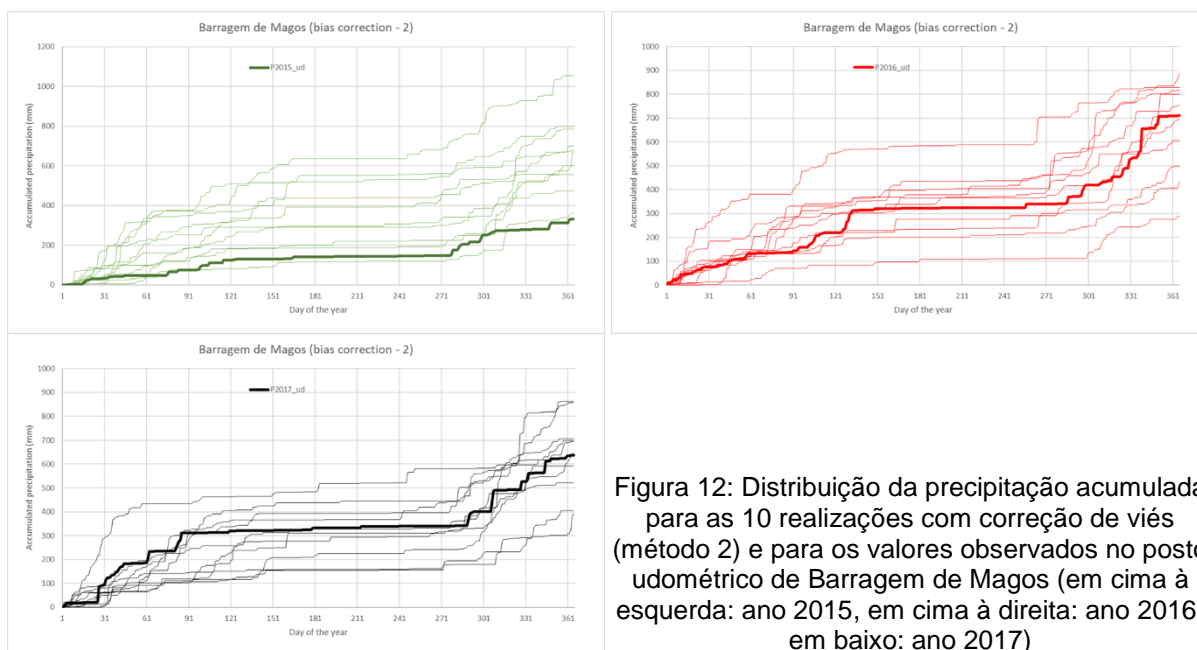


Figura 12: Distribuição da precipitação acumulada para as 10 realizações com correção de viés (método 2) e para os valores observados no posto udométrico de Barragem de Magos (em cima à esquerda: ano 2015, em cima à direita: ano 2016, em baixo: ano 2017)

5.4 Séries de evapotranspiração de referência

Procedimento equivalente ao realizado para as séries de precipitação foi conduzido para as séries de evapotranspiração de referência e, após este não ter produzido resultados aceitáveis, para cada uma das séries das seguintes variáveis meteorológicas produzidas no âmbito do pacote WP2 do projeto BINGO: média mensal da temperatura diária máxima, média mensal da temperatura diária mínima, média mensal da humidade relativa diária máxima, média mensal da humidade relativa diária mínima, velocidade do vento média mensal,

radiação solar mensal. Os resultados obtidos para as variáveis meteorológicas ainda não são aceitáveis, estando atualmente a equipa da FUB a preparar novas séries meteorológicas.

Devido a este facto não é possível ainda realizar corridas do modelo BALSEQ_MOD para o período 2015-2024.

6. RESULTADOS OBTIDOS NO PLANO DE GESTÃO DE REGIÃO HIDROGRÁFICA DO TEJO

A corrida do modelo foi feita para cada subárea de cada massa de águas subterrâneas resultante da interseção do mapa de ocupação dos solos Corine Land Cover 2006 do IGP (secção 4.3), com o mapa de solos definido de acordo com a metodologia referida na secção 4.2, com a área de influência de cada série de evapotranspiração de referência mensal e de cada série de precipitação diária (secção 4.1) e tendo em atenção a área de ocorrência das formações carsificadas (secção 4.4).

Cada corrida originou para cada subárea uma série de dados diários de recarga. Cada série pode ser utilizada individualmente ou integrada para a massa de águas subterrâneas para produzir séries diárias, mensais ou anuais de recarga, podendo-se assim caracterizar a distribuição espaço-temporal da recarga. Na Fig. 13 apresenta-se a distribuição espacial dos valores de recarga anual média calculados no Plano de Gestão de Região Hidrográfica do Tejo (Lobo Ferreira et al., 2011) utilizando as séries históricas de precipitação registadas entre 01-10-1979 e 30-09-2009 da forma indicada na Tabela 2 por sistema aquífero.

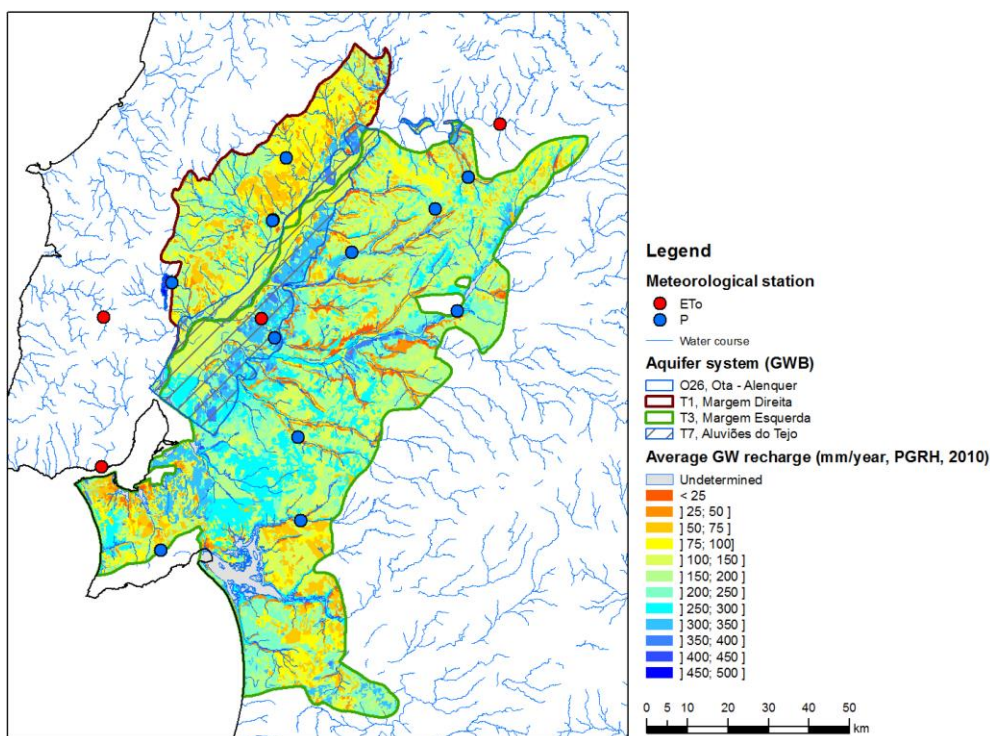


Figura 13 – Recarga anual média calculada usando as series históricas registadas (períodos variando entre 01-10-1979 e 30-09-2009, dependendo do sistema aquífero – ver Tabela 2)



Os resultados anuais médios obtidos com as séries históricas por sistema aquífero são sumarizados na Tabela 8. Projetaram-se os valores anuais de recarga em função da correspondente precipitação podendo-se ver os valores obtidos na Fig. 14 para todos os sistemas aquíferos. O lado direito da figura apresenta as equações de regressão encontradas entre a recarga anual e a precipitação anual. Estas equações são também mostradas na Tabela 8.

Uma vantagem da utilização destas equações é que, apresentando coeficientes de correlação tão elevados, permitem verificar para cada sistema aquífero como se relaciona a recarga com a precipitação e permitem estimar o valor da recarga anual em função da precipitação.

Tabela 8: Recarga anual média obtida usando as séries históricas nos quatro sistemas aquíferos estudados (não considerando as áreas com código Corine Land Cover correspondentes a meios aquáticos ou superfícies com água)

	Margem Direita	Margem Esquerda	Aluviões do Tejo	Ota-Alenquer
Precipitação anual média (mm/ano)	668	642	629	721
Recarga anual média (mm/ano)	123	167	207	415
Equação de relação entre Recarga anual (Rec) e Precipitação anual (Prec)	Rec = $2,454 \times 10^{-4} \times \text{Prec}^2$ $+ 0,0516 \times \text{Prec}$ $- 31,4$	Rec = $3,589 \times 10^{-4} \times \text{Prec}^2$ $+ 0,0551 \times \text{Prec}$ $- 36,0$	Rec = $3,533 \times 10^{-4} \times \text{Prec}^2$ $+ 0,1810 \times \text{Prec}$ $- 60,6$	Rec = $0,7271 \times \text{Prec}$ $- 109,52$
Coeficiente de correlação (r)	97 %	98 %	97 %	100 %

7. CONCLUSÕES

No contexto do projeto BINGO, o objetivo desta comunicação era verificar de que forma uma eventual alteração das séries meteorológicas no curto prazo (2015-2024) poderia impactar na recarga dos sistemas aquíferos tomando como situação de referência os cálculos feitos para o Plano de Gestão de Região Hidrográfica do rio Tejo de 2010, que utilizou séries históricas variando entre 01-10-1979 e 30-09-2009, consoante os sistemas aquíferos.

Para se correr o modelo de balanço hídrico sequencial diário BALSEQ_MOD para o cálculo da recarga, selecionaram-se exatamente os mesmos postos de precipitação e estações de evapotranspiração utilizados na situação de referência, sendo necessário calcular as correspondentes séries de previsão decenais, tarefa a cargo da Universidade Livre de Berlim (FUB), parceiro do projeto BINGO.

Os resultados obtidos para as previsões das dez realizações das séries de precipitação são em média ligeiramente superiores aos das séries de referência existindo realizações com valores médios anuais abaixo destes. Em função da análise efetuada estes resultados parecem enquadrar-se com os valores observados entre 2015 e 2017 em quatro postos de precipitação.

O processo para estimativa das previsões decenais das variáveis meteorológicas que permitem a estimativa da evapotranspiração está ainda em curso e por esse motivo não é possível dispor de séries decenais que permitam a corrida do modelo BALSEQ_MOD.

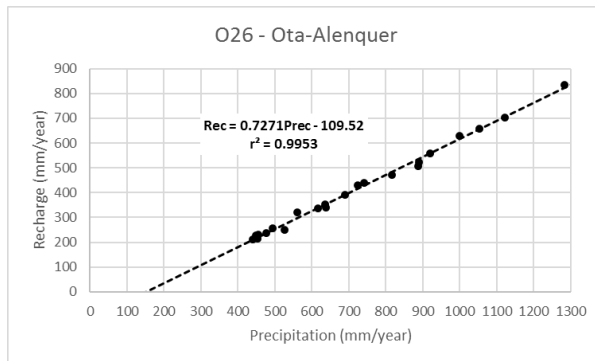
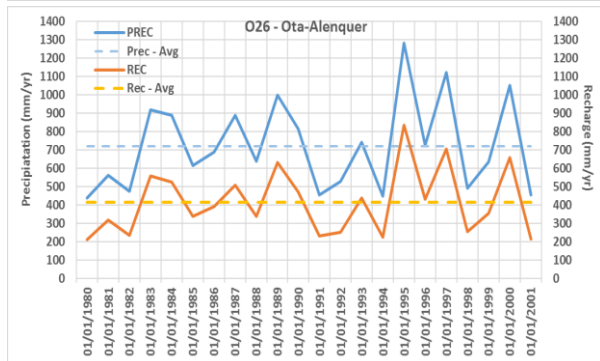
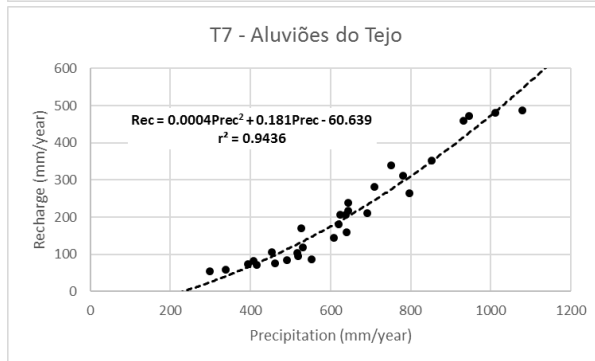
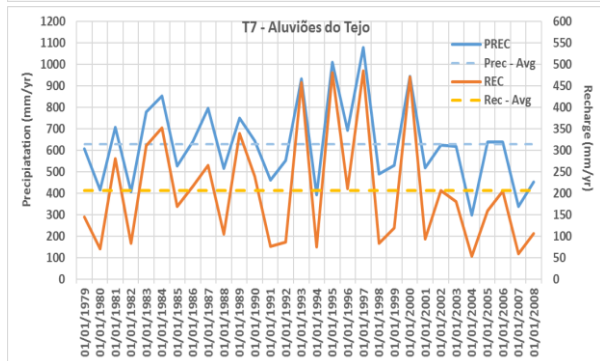
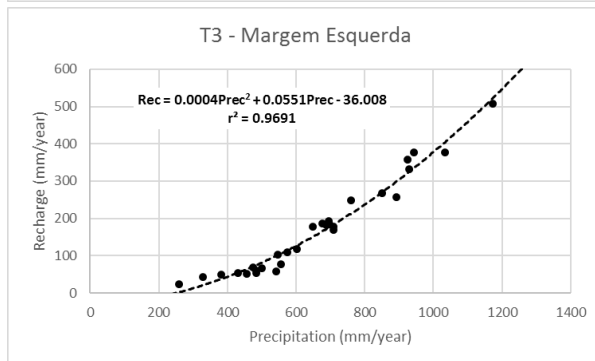
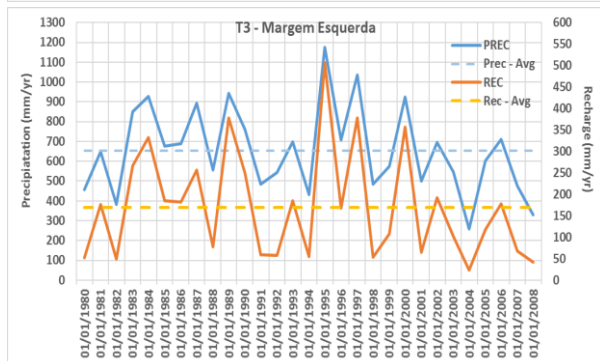
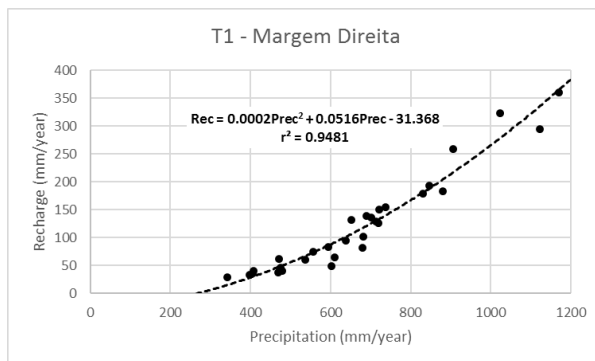
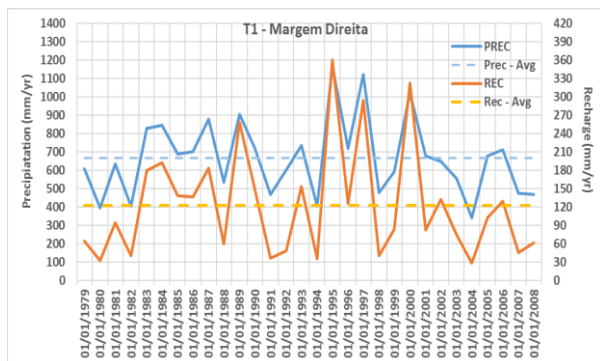


Figura 14 – Projeção dos valores anuais de recarga em função da precipitação por ano hidrológico (esquerda) e em gráfico de dispersão onde se inclui uma equação de regressão (direita) para os sistemas aquíferos Margem Direita (primeira fila), Margem Esquerda (segunda fila), Aluviões do Tejo (terceira fila) e Ota-Alenquer (quarta fila)



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

Note-se que no âmbito do BINGO também se estudam possíveis alterações da ocupação do solo como medida de adaptação a eventuais alterações climáticas e estas têm também impacto direto nos parâmetros de cálculo da recarga e como tal na sua quantificação. Contudo não se prevê neste momento que haja alterações sensíveis no curto prazo pelo que os parâmetros de entrada que dependem da ocupação do solo não deverão sofrer alteração.

Enquanto não for possível realizar corridas para as séries decenais poder-se-ão utilizar os dados de recarga atualmente existentes e, a nível anual, as relações que se apresentaram da recarga em função da precipitação, para estimar eventuais alterações de recarga em função de alterações de precipitação. É, contudo, expectável que, se houver alterações climáticas com aumentos de evapotranspiração de referência e diminuições de precipitação, mantendo-se a ocupação do solo, as reduções da recarga anual sejam maiores do que as previstas pelas relações apresentadas devido ao aumento dessa evapotranspiração.

AGRADECIMENTOS

Esta comunicação foi desenvolvida com base na atividade em curso para o projeto “*BINGO – Bringing INnovation to onGOing water management – a better future under climate change*” - Grant Agreement nº 641739, do Programa de Investigação e Inovação Horizonte 2020 da União Europeia (Processo LNEC 0605/111/1911002) e também no âmbito do projeto de I&D&I do LNEC – Gestão do Risco e Segurança em Hidráulica e Ambiente (Processo LNEC 0605/112/20383). Os resultados apresentados dos trabalhos passados foram desenvolvidos no âmbito do projeto “Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo e Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Oeste – Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos” (Proc. LNEC 0607/1/17628)

REFERÊNCIAS

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). "Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements", FAO, Irrigation and Drainage Paper, nr. 56.
- Almeida C., Mendonça J.J.L., Jesus M.R., Gomes A.J. (2000). “Actualização do Inventário dos Sistemas Aquíferos de Portugal Continental”. Centro de Geologia e Instituto da Água, dezembro 2000, 661 p.
- Caetano, M., Nunes, V., Nunes, A. (2009). CORINE Land Cover 2006 for Continental Portugal, Technical report, Instituto Geográfico Português.
- Lobo Ferreira J.P. (1981, 1982). "Mathematical Model for the Evaluation of the Recharge of Aquifers in Semiarid Regions with Scarce (Lack) Hydrogeological Data". Proceedings of Euromech 143/2-4 Setp. 1981, Rotterdam, A.A. Balkema (Ed. A. Verruijt e F.B.J. Barends). Também: 1982, Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Memória Nº 582.
- Lobo Ferreira J.P., Vaz Pinto I., Monteiro J.P., Oliveira M.M., Leitão T.E., Nunes L., Novo M.E., Salvador N., Nunes J.F., Leal G., Pombo S., Silva M.F., Igreja A., Henriques M.J., Silva D., Oliveira L., Martins T., Martins J., Braceiro A., Henriques R.S., Martins R. (2011). Plano de gestão da Região Hidrográfica do Tejo - Lote 2: Recursos Hídricos Subterrâneos (Versão de Agosto de 2011). Consórcio Hidroprojecto/LNEC/ICCE. Rel. 289/2011 – NAS. Estudo realizado para a Administração da Região Hidrográfica do Tejo, I.P., 1056 pp.



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

Oliveira M.M. (2004, 2006). "Recarga de águas subterrâneas: Métodos de avaliação". Doutoramento em Geologia (Hidrogeologia), Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Geologia, 440 pp., 2004. Também: Teses e Programas de Investigação - TPI 42, ISBN 972-49-2093-3, Editora LNEC, 2006.

Oliveira M.M. (2009). "Including the dual crop coefficient approach for the estimation of evapotranspiration in the daily sequential soil water balance model BALSEQ_MOD. Groundwater Recharge Assessment Meeting. Are we any closer to an answer? Norwich, 20 and 21 May 2009, 1 pp summary and Powerpoint presentation.

Oliveira M.M. (2011). "Conceptualização do processo de recarga e do balanço hídrico de sistemas aquíferos no planeamento de recursos hídricos por sub-bacias hidrográficas". 8º Seminário sobre Águas Subterrâneas, APRH, Lisboa, 10 e 11 de Março de 2011.

Oliveira, M.M., Oliveira, L., Lobo Ferreira, J.P. (2008). "Estimativa da recarga natural no sistema aquífero de Querença-Silves (Algarve) pela aplicação do modelo BALSEQ_MOD". 9.º Congresso da Água. 2 a 4 de abril de 2008, Cascais, 15 pp.

Oliveira, M.M., Martins, T.A., Lobo Ferreira, J.P. (2012). "Avaliação da recarga dos sistemas aquíferos abrangidos pelas regiões hidrográficas do Vouga, Mondego, Lis, Ribeiros do Oeste e Tejo". Comunicação ao 11º Congresso da Água, APRH, Publicação em CD-ROM, Palácio Hotel, Porto, 6 a 8 de fevereiro de 2012, 15 pp

Rust, H.W., Richling, A., Meredith, E., Fischer, M., Vagenas, C., Kpogo-Nuwoklo, K.A., Kadow, C., Ulbrich, U. (2017). DECO - A plug-in for data extraction and conversion developed within and for BINGO. Freie Universität Berlin, Version from December 8, 2017.

SGP (1992). "Carta Geológica de Portugal, na escala de 1:500 000". Serviços Geológicos de Portugal.

SNIRH (-a) – "Ficha do Sistema Aquífero: ALUVIÕES DO TEJO(T7)". http://snirh.pt/snirh/atlasagua/sistemasaquiferos/mostra_ficha.php?aquif=T7 (acedido a 7 de fevereiro de 2018)

SNIRH (-b) – "Ficha do Sistema Aquífero: BACIA DO TEJO-SADO / MARGEM DIREITA(T1)". http://snirh.pt/snirh/atlasagua/sistemasaquiferos/mostra_ficha.php?aquif=T1 (acedido a 7 de fevereiro de 2018)

SNIRH (-c) – "Ficha do Sistema Aquífero: BACIA DO TEJO-SADO / MARGEM ESQUERDA(T3)". http://snirh.pt/snirh/atlasagua/sistemasaquiferos/mostra_ficha.php?aquif=T3 (acedido a 7 de fevereiro de 2018)

SNIRH (-d) – "Ficha do Sistema Aquífero: OTA - ALENQUER(O26)". http://snirh.pt/snirh/atlasagua/sistemasaquiferos/mostra_ficha.php?aquif=O26 (acedido a 7 de fevereiro de 2018)

SROA (1973). "Carta dos solos de Portugal. II Volume: classificação e caracterização morfológica dos solos". Ministério da Economia, Secretaria de Estado da Agricultura, Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário, Volume II, 6ª Ed.