

Relatório de Estágio apresentado para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção
do grau de Mestre em Gestão do Território

Orientado por:

Professor Doutor José Eduardo Silvério Ventura

Co-orientado por:

Doutor António Amílcar de Moura Alves da Silva

Local de estágio:

Instituto Geográfico Português

Aos meus pais

Agradecimentos

Este trabalho é o culminar de uma etapa do meu percurso académico, cuja realização contou com o apoio de várias pessoas, a quem gostaria de expressar os meus agradecimentos.

Ao Professor Doutor José Eduardo Silvério Ventura (orientador), da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas (UNL), agradeço a sua ajuda e conselhos dados, nomeadamente, na componente teórica do trabalho efectuado.

Ao Doutor António Amílcar de Moura Alves da Silva (co-orientador), do Instituto Geográfico Português, reconheço aqui a sua disponibilidade e o bom ambiente criado, necessários à execução do trabalho proposto.

Aos meus familiares, amigos e colegas de mestrado, agradeço as palavras de incentivo e o seu companheirismo. Esse reconhecimento também é extensível a outras pessoas que, de uma forma ou de outra manifestaram o seu apoio.

Por fim, não posso deixar de agradecer de forma muito especial aos meus pais, pela sua dedicação, apoio e carinho.

A todos, muito obrigado!

**Contribuição para a análise espacial da distribuição, variação e evolução da
precipitação anual na bacia hidrográfica do Rio Mira:
Projecto PREMIRA II**

Resumo

O presente relatório foi realizado no âmbito do Mestrado em Gestão do Território, área de especialização em Sistemas de Informação Geográfica e Detecção Remota, e desenvolvido no Instituto Geográfico Português (IGP). Integrou-se no projecto PREMIRA II, que estuda a distribuição da precipitação anual na bacia hidrográfica do rio Mira (SO de Portugal).

Além da apresentação sumária do Projecto PREMIRA, seu antecessor, são descritos os procedimentos que levaram à revisão e validação da informação estatística de base, relativa a cada estação/posto udométrico utilizado. Esses procedimentos, com o apoio de informação recolhida em artigos científicos, dizem respeito a aspectos metodológicos relacionados com o tratamento estatístico de séries de dados de precipitação, como a recolha de dados, estimativa de dados em falta, controlo de qualidade e homogeneidade. Os resultados estatísticos resumem-se em gráficos e tabelas-síntese, com ênfase para parâmetros de tendência central e dispersão como média, mediana, desvio-padrão e coeficiente de variação, tendo em vista a sua interpretação e utilização para cálculo de taxas de variação entre os períodos 1931/32-1990/91 e 1946/47-2005/06, definidos para efectuar a comparação.

Os valores obtidos, foram utilizados para modelar a distribuição espacial da precipitação anual em ambiente SIG. Nesta tarefa foram estudadas e seleccionadas variáveis independentes explicativas e especificados os procedimentos práticos que levaram à criação dos modelos de base e à operacionalização da álgebra de mapas. Neste âmbito testaram-se diferentes combinações de variáveis e dados de postos udométricos considerando a sua localização e a qualidade das séries. Para o efeito usou-se a regressão linear múltipla. São mencionadas as combinações de estações/postos que entraram no processo de modelação e respectivos critérios de selecção, havendo também espaço para a execução de um exercício experimental, recorrendo a outras variáveis explicativas do padrão espacial de precipitação.

Por último, apresentam-se os resultados dos modelos de distribuição da precipitação e algumas propostas de desenvolvimento futuro.

Palavras-chave: precipitação anual, tratamento estatístico, sistemas de informação geográfica, regressão linear múltipla.

**Contribution for the spatial analysis of distribution, variation and evolution of
the annual precipitation in the River Mira basin:
Project PREMIRA II**

Abstract

This report was performed under the Master of Territory Management, specialization in Geographic Information Systems and Remote Sensing, and developed in the Portuguese Geographic Institute (IGP). It integrates the Project PREMIRA II, which studies the distribution of annual precipitation in the River Mira basin (southwest of Portugal).

Is made a brief presentation of the Project PREMIRA, his predecessor, and described the procedures that led to the revision and validation of statistical information base (per udometer station used). These procedures, supported by information collected, refer to the statistical treatment of data series of precipitation (data collection, estimation of missing data, quality control and homogeneity). The results emphasize the statistical parameters of central tendency and dispersion, such as mean, median, standard deviation and coefficient of variation, used to calculate rates of change between the periods 1931/32-1990/91 and 1946/47-2005/06, defined to make the comparison.

The values obtained were used to model the spatial distribution of annual rainfall in a GIS environment. In this task were used independent explanatory variables and specified the methodology for creation of base models and operate map algebra. In this context, were tested different combinations of variables and data of udometer stations, considering its location and quality of the series, and used multiple linear regression. Are mentioned combinations of stations that entered the modeling process and criteria for their selection, and there is also space for the execution of an experimental exercise, using other explanatory variables of the spatial pattern of precipitation.

Finally, are presented the results of the models of precipitation distribution and some proposals for future development.

Keywords: annual precipitation, statistical treatment, geographic information systems, multiple linear regression.

Índice

1- Introdução	1
1.1 – Enquadramento	1
1.2 - O trabalho de estágio	3
1.3 - Estrutura do relatório	4
2- O Projecto PREMIRA.....	5
2.1 O projecto inicial	5
2.2 - O Projecto PREMIRA II	6
3-Tratamento e Análise Estatística de Dados Pluviométricos.....	7
3.1 – Nota introdutória.....	7
3.2 - Recolha de dados	9
3.3 - Estimativa de dados em falta	11
3.4 - Controlo de qualidade.....	15
3.5 - Testes de homogeneidade.....	16
3.6 - Sistematização de informação	18
3.7 – Análise de tendências.....	22
4 - Modelação da distribuição da precipitação anual.....	23
4.1 - A definição de variáveis explicativas do padrão espacial de precipitação.....	23
4.2 - Introdução às operações práticas de modelação em SIG.....	24
4.3 - Criação de modelos de base	26
4.3.1 – <i>Altitude</i>	26
4.3.2 – <i>Latitude e longitude</i>	28
4.3.3 – <i>Distâncias ao mar segundo as orientações NO e SO</i>	29

4.4 - Análise espacial: modelo de operacionalização da álgebra de mapas	32
4.5 - As combinações de estações presentes nos modelos de precipitação.....	33
4.6 - Abordagem alternativa: inclusão de novas variáveis	36
4.5.1 - <i>Nota introdutória</i>	36
4.5.2 - <i>Criação das variáveis propostas</i>	37
<i>Figura 17 – Procedimento de criação dos modelos de precipitação, a partir das matrizes de base</i>	39
5 - Resultados dos modelos de precipitação	40
5.1 - Primeira fase.....	40
5.1.1 – <i>Distribuição da precipitação anual no período 1931/32-1990/91</i>	40
5.1.2 – <i>Distribuição da precipitação anual no período 1946/47-2005/06</i>	43
5.1.3 – <i>Taxa de variação da precipitação média e validade dos modelos</i>	45
5.2 – Segunda fase	47
5.3 – Modelos com novas variáveis: abordagem alternativa	50
6 - Propostas de Desenvolvimento Futuro	52
Conclusão.....	556

1- Introdução

1.1 – Enquadramento

O presente relatório descreve o trabalho realizado no âmbito de um estágio profissionalizante para a obtenção do grau de Mestre em Gestão do Território, área de especialização em Sistemas de Informação Geográfica e Detecção Remota, pela Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa. O referido estágio, versando sobre o tema *“Análise, Modelos e Sistemas de Dados Geo-referenciados no domínio de especialização em ambiente: Análise Espacial em Climatologia – Precipitação anual”*, foi realizado no Instituto Geográfico Português (IGP), integrado num projecto denominado PREMIRA II, que estuda a distribuição da precipitação anual na bacia hidrográfica do rio Mira (SO de Portugal).

O IGP encontra-se formalmente integrado no Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (MAMAOT) e foi criado em 2002, tendo sido reconhecido com o estatuto de Autoridade Nacional de Geodesia, Cartografia e Cadastro (Decreto-Lei n.º 133/2007, de 27 de Abril).

No que toca à sua missão, O IGP deve *“assegurar a execução da política nacional de informação geográfica de base, competindo-lhe a regulação do exercício daquelas actividades, a homologação de produtos, a coordenação e o desenvolvimento do Sistema Nacional de Informação Geográfica e a promoção da investigação no âmbito das ciências e tecnologias de informação geográfica”* (DL 133/2007). De forma adicional, a sua visão foca-se na obtenção do *“reconhecimento como organismo de referência nacional e internacional no âmbito da informação geográfica”*. Entre outras missões, no âmbito da Cartografia e Geodesia, cabe ao IGP promover, coordenar e realizar, no domínio da informação geográfica, acções de formação e divulgação, bem como programas e projectos de investigação e desenvolvimento experimental.

Esta última actividade desenvolve-se em temas nos domínios do Ambiente, Ciências Sociais, Cartografia e Cadastro, Redes de Informação de Situações de Emergência, Desenvolvimento Aplicacional, Detecção Remota e Ordenamento do Território.

O trabalho de estágio, efectuado em apoio ao projecto de investigação PREMIRA II (que se desenvolve em simultâneo no domínio do Ambiente e da Modelação Espacial em SIG), foi desenvolvido dentro da Direcção de Serviços de Investigação e Gestão de Informação Geográfica (DSIGIG). A DSIGIG coordena e desenvolve o SNIG (Sistema Nacional de Informação Geográfica), e nele encontra-se o núcleo de investigação.

A área de estudo, a bacia hidrográfica do Rio Mira (Figura 1), situada no Baixo Alentejo Ocidental, ocupa uma área de 1575 km². É bastante dissimétrica, apresentando um comprimento máximo de 74 km (ao longo da orientação principal NO-SE) e uma largura máxima de 32 km (perpendicularmente à linha que define o comprimento máximo).

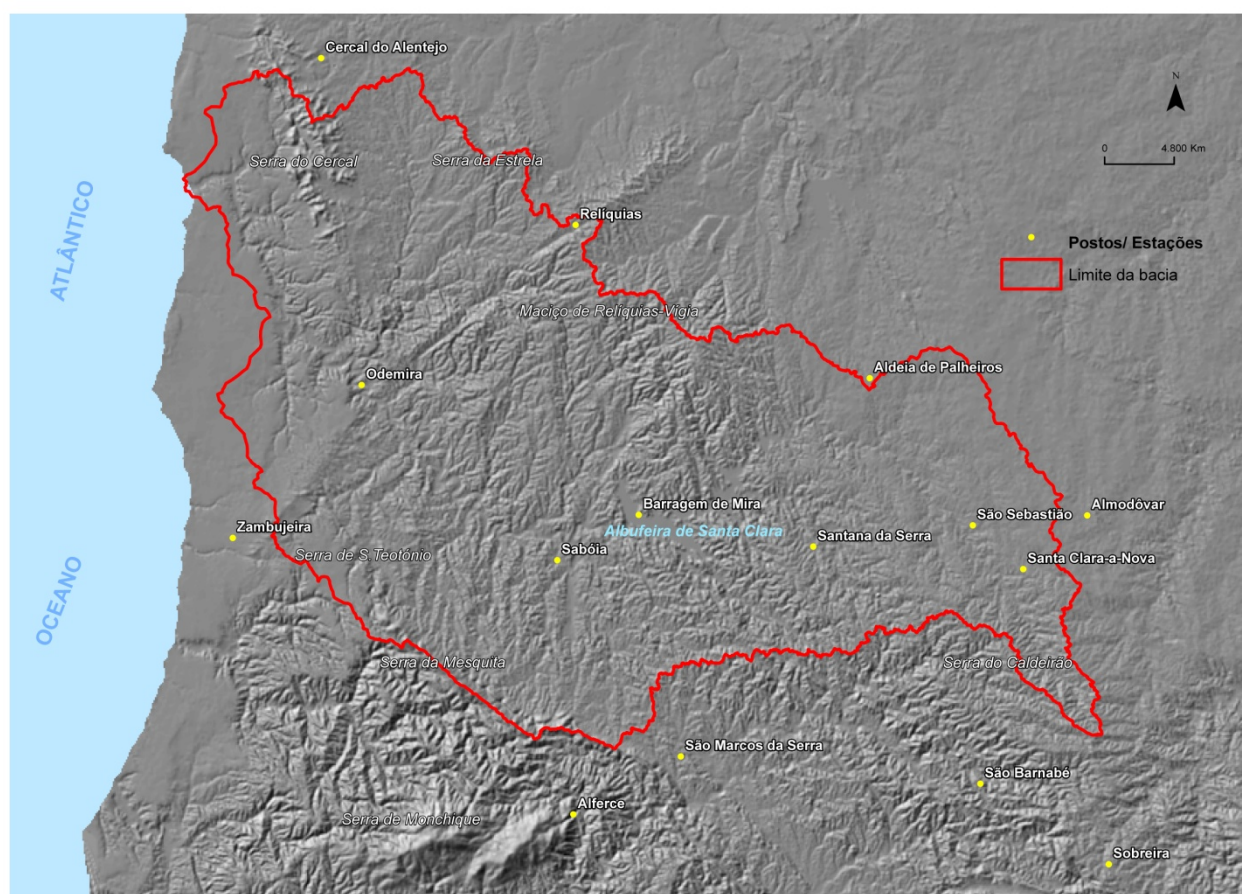


Figura 1 –Área de estudo e localização dos postos/estações. **Nota:** a base do mapa corresponde ao modelo digital de terreno, com efeito sombreado.

A bacia do Rio Mira corresponde a estruturas geológicas do Maciço Antigo, sendo limitada a Sul pelo Maciço Sub-vulcânico de Monchique. No sector ocidental da bacia, o rio principal escoia através dum talvegue que encaixa a plataforma litoral.

O extremo Sudeste, que coincide com a vertente Noroeste da Serra do Caldeirão, é o sector culminante (561 m). A Norte, situam-se a Serra do Cercal e os maciços montanhosos de Relíquias, Estrela e Vigia (mais centrais), verificando-se que ambos os conjuntos de relevos mencionados são separados pelo vale da Ribeira de Torgal.

Por sua vez, os pequenos maciços montanhosos anteriormente referidos encontram-se separados da vertente Norte da Serra do Caldeirão pelo vale encaixado do Mira, onde se situa a Albufeira de Santa Clara. Aqui, observa-se uma mudança de direcção do rio, que inflecte para Sudoeste. Por último, o sector entre as serras da Mesquita e do Caldeirão corresponde a uma portela, a partir da qual se desenvolve o troço principal do Rio Mira (SE-NO).

1.2 - O trabalho de estágio

Em termos de tarefas a desempenhar no decorrer do estágio, estas foram incluídas em três fases, tendo em vista a produção do presente relatório.

Desta forma, a primeira fase consistiu na revisão do relatório referente ao projecto PREMIRA, para que houvesse um conhecimento mais detalhado dos pressupostos, metodologia e resultados obtidos para o período temporal analisado 1931/32-1990/91. A segunda fase contemplou a verificação e validação de dados estatísticos, os quais incluíram dados de precipitação referentes ao período 1991/92-2005/06, já adicionados antes do começo do estágio. A informação estatística mais relevante, por posto udométrico, foi resumida em tabela-síntese. Por último, a terceira fase incluiu o trabalho em SIG, cujo objectivo principal foi a construção de um modelo geográfico de distribuição da precipitação anual na bacia do rio Mira, traduzindo-se na estruturação de informação vectorial de base para a produção de informação matricial, correspondente às variáveis utilizadas nessa modelação. Desta forma seria possível concluir acerca da variação e evolução da precipitação anual na bacia do rio Mira, o que foi feito comparando os resultados obtidos para os 60 anos da série inicial com outra série mais recente: 1946/47-2005/06.

1.3 - Estrutura do relatório

O presente relatório divide-se em sete partes – Introdução; O Projecto PREMIRA; Tratamento e Análise Estatística de Dados Pluviométricos; Modelação da Distribuição da Precipitação Anual; Resultados dos Modelos de Precipitação; Propostas de Desenvolvimento Futuro; e Conclusão.

O capítulo 2, O Projecto PREMIRA, é o resultado da leitura do relatório do projecto desenvolvido sob essa designação, apresentando os objectivos e o tipo de análises desenvolvidas. Nele, também é feita uma introdução ao Projecto PREMIRA II.

De seguida, o capítulo 3, Tratamento e Análise Estatística de Dados Pluviométricos, abrange as principais linhas de trabalho inicial a nível prático, suportadas com alguma base teórica. São descritos os passos efectuados para rever e validar a informação estatística por cada estação/posto, abordando questões relacionadas, principalmente, com a estimativa de dado de precipitação em falta e a homogeneidade das séries, finalizando com a sintetização de parâmetros estatísticos por posto/estação.

O capítulo 4, Modelação da Distribuição da Precipitação Anual, especifica os passos executados tendo em vista esse objectivo, abordando as principais opções tomadas e dificuldades a nível técnico. Aqui também são mencionadas as variáveis explicativas dos padrões espaciais observados, a metodologia de análise espacial em SIG, as combinações de estações/postos que levaram a melhores resultados e os respectivos critérios, havendo espaço para a execução de um exercício experimental, recorrendo a outras variáveis explicativas do padrão espacial de precipitação.

No capítulo 4, Resultados, são apresentados os modelos de precipitação obtidos pela aplicação das melhores combinações de estações/postos.

Quanto ao capítulo 5, Propostas de Desenvolvimento Futuro, apresentam-se algumas sugestões de trabalho que não se enquadram nos objectivos propostos para o estágio, ou que não foram possíveis de desenvolver para não comprometer esses mesmos objectivos.

A Conclusão constitui-se como um capítulo breve, mas com as principais ideias a reter do trabalho realizado ao longo do estágio.

2- O Projecto PREMIRA

O presente capítulo visa sintetizar o essencial sobre o Projecto PREMIRA. Esta síntese resulta da leitura do relatório desenvolvido para este projecto¹.

2.1 O projecto inicial

O Projecto PREMIRA consiste num estudo analítico da distribuição espacial da precipitação anual, baseado em dados mensais registados em postos udométricos, num período correspondente a 60 anos hidrológicos (entre 1931/32 e 1990/91), os quais possibilitaram a identificação de padrões de variação espacial e temporal do fenómeno. Os valores médios anuais, calculados a partir de totais mensais, foram usados como base de estudo da precipitação, tendo sido utilizados parâmetros estatísticos complementares como valores extremos, parâmetros de dispersão e quantis. Os parâmetros estatísticos referidos contribuíram para a análise de contrastes e classificação de anos normais, secos e chuvosos, avaliação de oscilações em termos quantitativos e tendências de variação.

A modelação espacial da precipitação foi realizada com recurso a sistemas de informação geográfica (SIG). Para a prossecução das referidas análises, foi fundamental a determinação e combinação ponderada de factores geográficos, explicativos tanto das assimetrias regionais da precipitação, como dos quantitativos observados. A base territorial do estudo, apesar de se restringir a uma escala regional, tem uma vincada diversidade pluviométrica, e possui uma rede de monitorização com uma densidade e distribuição espaciais que, longe de serem as ideais, foram consideradas aceitáveis para uma tentativa de pesquisa dum modelo explicativo. Foi feita uma análise individual da localização dos postos/estações que compõem a rede de monitorização, segmentada pelas características

¹ Alves da Silva, A., 1999 - *Análise Espacial e Temporal da Distribuição da Precipitação Anual na Bacia Vertente do Rio Mira: Desenvolvimento de um SIG para zonamento e análise da precipitação anual 1931/32-90/91* - Relatório provisório do projecto PREMIRA, IGP, Lisboa, 340p. , não publicado

morfoclimáticas dominantes e prováveis, face às massas de ar (loais de ascendência/subsidência, situações de abrigo e pontos culminantes ou de vertente).

A representação dos resultados foi possível por intermédio da modelação dos factores geográficos em ambiente SIG onde, após a execução de algumas operações de análise espacial, se produziu cartografia para os modelos espaciais de precipitação. Os mapas obtidos representaram a precipitação média anual, mediana, máximas e mínimas absolutas e coeficiente de variação. Ressalvou-se que os modelos de distribuição espacial podem ser validados pelos valores reais, isto é, relacionados com séries de precipitação longas.

Para facilitar a estruturação da informação espacial por sectores da bacia, estabeleceram-se doze sub-divisões morfológicas (denominadas de sectores morfo-pluviométricos), cuja delimitação obedeceu a critérios resultantes de observações das características do relevo dominante.

O sistema de informação geográfica implementado pretendia-se capacitado para a sua actualização mediante a introdução de novos dados de precipitação, de forma a permitir análises segundo a metodologia adoptada. Perspectivou-se que essa metodologia pudesse ser adoptada em áreas similares, permitindo associar resultados e conclusões úteis a escalas de análise cada vez mais abrangentes, e a identificação de eventuais variações climáticas, pelo menos ao nível da precipitação.

2.2 - O Projecto PREMIRA II

O PREMIRA II corresponde à segunda fase do PREMIRA, com a introdução de dados mais recentes e seu processamento numa nova série, de forma a comparar com os resultados anteriores. No início do estágio, a actualização dos dados necessários à realização do projecto PREMIRA II já tinha sido iniciada, por junção, à série de 1931/32-1990/91, dos dados de precipitação mensal e anual por estação/posto, relativos ao período 1991/92-2005/06. Procedeu-se, para estes 15 anos hidrológicos (Outubro a Setembro), à revisão/validação dos dados, inclusivé daqueles que foram estimados. O processo de actualização completou-se através da realização de tabelas-síntese para um período comparável com o PREMIRA, abrangendo parâmetros estatísticos de tendência central e de dispersão: média, mediana, desvio-padrão e coeficiente de variação. O uso do *software MS Excel™* foi fundamental,

potenciado com recurso ao *XLStat™*, programa que funciona como *plugin* do *MS Excel* e que permite o uso de outras funcionalidades e a obtenção mais rápida de resultados estatísticos, nomeadamente, regressão linear múltipla, ANOVA (análise de variância), testes de homogeneidade das séries de cada posto/estação e análise de tendências (testes paramétricos e não paramétricos).

Após a sintetização dos parâmetros estatísticos (para o período comparável com o PREMIRA), e uma vez definidas as variáveis independentes explicativas dos modelos de precipitação, procedeu-se à criação dos modelos de base, representativos das variáveis independentes, e à álgebra de mapas, com uso de regressão linear múltipla aplicada aos modelos de base (operações de análise espacial, em ambiente SIG). Os modelos de precipitação gerados basearam-se em diferentes combinações de variáveis e dados de postos udométricos, considerando a sua localização e a qualidade das séries. Esses modelos (PREMIRA II) foram comparados com os modelos de precipitação obtidos pelo PREMIRA, permitindo adiantar conclusões sobre a variação da precipitação em termos espaciais (quantidade e variabilidade).

3-Tratamento e Análise Estatística de Dados Pluviométricos

3.1 – Nota introdutória

As séries de precipitação longas revestem-se de grande importância para a análise da variabilidade temporal da precipitação, avaliação de tendências e de eventos extremos, contudo, nem sempre é possível usar séries com essa característica. A disponibilidade e fiabilidade dos dados é afectada por factores imponderáveis, tais como mudanças de localização das estações, erros humanos durante a observação e/ou digitalização dos dados, modificação, deterioração e realocação de instrumentos, variações no tempo de observação, ineficiência da captura de água devido ao vento, e mudanças no ambiente envolvente (Beaulieu *et al.*, 2010; Diodato, 2005; Longobardi e Villani, 2010; Vicente-Serrano *et al.*, 2010, citando Reek *et al.*, 1992). As incertezas introduzidas por estes e outros factores podem

ser classificadas como erros de medição (como consequência da localização ou da observação), incertezas sistemáticas (resultando em geral na sub-estimação da quantidade de precipitação) e incertezas aleatórias (relacionadas com a natureza da precipitação) (Ramos-Calzado *et al.*, 2008).

Alguns desses problemas enquadram-se nos problemas destacados já pelo PREMIRA, isto é, o desconhecimento sobre a uniformidade dos critérios de observação, a ausência de informações sobre a mudança de local dos postos por parte dos organismos responsáveis pela sua manutenção, e dificuldades em identificá-los com precisão, dada a falta de qualidade das coordenadas (Alves da Silva, 1999, n.p.).

Os factores imponderáveis que afectam a disponibilidade e fiabilidade dos dados introduzem descontinuidades abruptas e/ou enviesamento gradual nos dados, devendo-se proceder à homogeneização (Beaulieu *et al.*, 2010; Longobardi e Villani, 2010). Segundo Conrad e Pollak (1950), citados pelos mesmos autores, as análises climáticas a longo-prazo exigem dados homogéneos, admitindo apenas variações causadas por variações no tempo e no clima). A homogeneidade temporal dos dados deve ser garantida pela padronização dos instrumentos (Vicente-Serrano *et al.*, 2010).

O processo de reconstrução de séries de dados de precipitação envolve, duma forma geral, o preenchimento de dados em falta, o controlo de qualidade e a homogeneização (Vicente-Serrano *et al.*, 2010). A ausência de homogeneidade, quando detectada, pode levar ou à exclusão das séries ou ao seu ajustamento (González-Rouco *et al.*, 2001),

No processo de reconstrução é possível combinar dados de uma estação que cessou os seus registos com a série duma nova estação instalada na sua proximidade, admitindo que as diferenças nos registos são muito pequenas. Os dados da nova estação são atribuídos à estação primitiva, podendo a série obtida por este método apresentar heterogeneidade inerente a este processo (Vicente-Serrano *et al.*, 2010). No PREMIRA II, o posto de Barragem de Mira apresentou essa situação, pois após o seu encerramento foi activada uma estação na sua proximidade (2001) designada Albufeira de Santa Clara, cujos registos lhe foram associados durante o processo de actualização dos dados de precipitação.

No decorrer do estágio, foi sugerida a realização dum pequeno “estado da arte”, o qual permitiu actualizar a bibliografia existente. Esse texto resultou da leitura de artigos que constam dum acervo mais actual (ver Anexo 1), cujos aspectos teóricos fundamentais foram abordados e interligados, sempre que possível, com a metodologia aplicada à revisão e validação dos dados, e serviram de suporte às variáveis explicativas escolhidas para modelar a precipitação, através da análise espacial. Pretendeu-se mostrar a interligação teórico-prática, e transparecer que os artigos foram um apoio à melhoria do trabalho desenvolvido, sem esquecer que houve limitações que transitaram do projecto PREMIRA, nomeadamente, desconhecimento sobre eventuais mudanças de local dos postos/estações, e precisão das coordenadas desses locais.

3.2 - Recolha de dados

O número de postos/estações utilizados depende da rede existente, assim como de certos critérios, por exemplo, representatividade das condições topográficas, de onde se depreende a necessidade de representar as características morfoclimáticas da área de estudo (Portalés *et. al.*, 2010), e da inclusão de estações para além do limite da área de estudo (Diodato, 2005). Quer se trate de áreas montanhosas ou planas, uma boa distribuição das estações/postos permite identificar a influência das diferentes massas de ar, das montanhas circundantes e de outros factores que interferem nos padrões climáticos (Moral, 2010).

As considerações destes autores foram enquadradas pelo projecto PREMIRA, cujas estações usadas nas análises são as mesmas no projecto que lhe deu continuidade, o PREMIRA II. No início, reconheceu-se que a rede existente não reflectia a diversidade morfoclimática (Alves da Silva, 1999), no entanto, procurou-se atender à representatividade de alguns postos face à influência de factores tais como a altitude, a exposição e a proximidade oceânica. A julgar pela distribuição dos postos/estações, o facto mais relevante é a ausência de pelo menos um posto no litoral. Face à extinção dos postos de Odemira-Flor do Brejo e de Vila Nova de Milfontes (*op. cit.*) a estação de Zambujeira é a mais próxima. Os postos existentes na área de estudo e sua envolvente pertencem, na sua quase totalidade, à rede meteorológica do INAG. Dos quinze postos/estações utilizados (Tabela 1), apenas o de

Zambujeira se inclui na rede do Instituto de Meteorologia (IM)².

No sentido de efectuar uma melhor cobertura da área da bacia do rio Mira, recorreu-se a postos/estações localizados até um raio de 10 km fora dos seus limites. Esta opção assegurou a selecção de postos que não se afastam em demasia das “características pluviométricas da bacia”, assim como são necessários para a “modelação da precipitação junto às áreas de fronteira, uma vez que são necessários pontos fora da área de estudo para haver interpolação matemática considerando pontos contidos na área” (Alves da Silva, 1999).

Estação/ Posto udométrico	Anos da série	Entidade	Situação Actual (2011)
<i>Aldeia de Palheiros</i>	1931/32-2005/06	INAG	Activo
<i>Alferce</i>	1958/59-2005/06	INAG	Activo
<i>Almodôvar</i>	1931/32-2005/06	INAG	Activo
<i>Barragem de Mira</i>	1965/66-2000/01	INAG	Extinta
<i>Cercal do Alentejo</i>	1931/32-2005/06	INAG	Activo
<i>Odemira</i>	1931/32-2005/06	INAG	Activo
<i>Relíquias</i>	1931/32-2005/06	INAG	Activo
<i>S.Barnabé</i>	1964/65-2005/06	INAG	Activo
<i>S.Marcos da Serra</i>	1931/32-2005/06	INAG	Activo
<i>S.Sebastião (Gomes Aires)</i>	1958/59-1999/00	INAG	Desactivada
<i>Sabóia</i>	1931/32-2005/06	INAG	Activo
<i>Santana da Serra</i>	1936/37-2005/06	INAG	Activo
<i>Sobreira-Salir</i>	1942/43-2005/06	INAG	Activo
<i>Santa Clara-a-Nova</i>	1979/80-1998/99	INAG	Extinta
<i>Zambujeira</i>	1966/67-1990/91	DGRN / IM	Activo

Tabela 1 – Estações/postos utilizados

No que toca às séries de dados, é frequente que estas possuam mais do que 30 anos de dados (Portalés *et. al.*, 2010; Diodato, 2005; Moral, 2010; Longobardi e Villani, 2010), podendo um sub-conjunto de estações ser usada exclusivamente para a validação de modelos, quando é possível (Portalés *et. al.*, 2010; Johansson e Chen, 2003). No PREMIRA verificou-se a falta de simultaneidade de registos, decorrentes da extinção de postos e da existência de algumas séries de dados muito curtas, contudo, algumas séries ultrapassam os 30 anos de

² Esta estação já foi da responsabilidade da extinta Direcção Geral dos Recursos Naturais (DGRN), passando nos anos 90 para a tutela do INAG. Neste caso existem algumas dúvidas quanto à localização original desta estação relativamente à actual.

dados. A quantidade de estações/postos – quinze – não deixou margem para seleccionar um sub-conjunto de estações para validação dos resultados, visto que essa opção é viável em áreas mais abrangentes e/ou pelo uso de algumas dezenas de estações. No Anexo 2 é apresentado um excerto dos dados utilizados, exemplificando a sua organização tabular.

3.3 - Estimativa de dados em falta

O preenchimento de séries temporais incompletas pode ser efectuado a partir dos dados da própria série ou das estações mais próximas (Portalés *et. al.*, 2010; Ramos-Calzado *et al.*, 2008; Vicente-Serrano *et. al.*, 2010).

Entre os métodos que utilizam dados da própria série, e segundo Ramos-Calzado *et al.*, 2008, destacam-se os métodos da média (citando Linacre, 1992), assim como os de interpolação linear e primeiras diferenças (citando Lowry, 1972). Os autores que citaram estes exemplos ressaltam que o uso destes métodos em estudos de precipitação é limitado, facto que pode ser explicado pelas características dos mesmos. Enquanto que o método da média substitui um valor em falta pela média da série, a interpolação linear e o método das primeiras diferenças fazem essa substituição, respectivamente, quer através da média, quer pela diferença entre os valores anterior e posterior ao dado faltante, respeitando a ordem cronológica dos dados. Daqui, depreende-se que as estimativas obtidas tendem a verificar valores demasiado afastados da realidade, ainda para mais tratando-se de dados climáticos.

No que toca aos métodos que usam informação de outras estações, estes podem considerar a variabilidade espacial, ignorando a informação temporal contida em séries longas, ou então considerar a informação temporal, num processo em que a dependência espacial entre as séries perde relevância (Ramos-Calzado *et al.*, 2008). No primeiro caso, incluem-se métodos que na sua generalidade consideram dados síncronos de estações localizadas na vizinhança da estação alvo (isto é, daquela que se pretende preencher lacunas), podendo inclusivé adoptar como critério fundamental de escolha a maior correlação existente. Contudo, verifica-se que (pelo menos) alguns destes métodos não são claramente aconselhados para áreas com grande variabilidade espacial, ou seja, não-homogéneas. Quanto à segunda situação mencionada, nela se incluem abordagens baseadas em técnicas de

correlação (simples ou múltipla).

A aplicação do método de regressão simples é extremamente válida, visto que este método é robusto no tratamento de eventos extremos ou efeitos locais (Ramos-Calzado *et al.*, 2008), devendo as estações de referência apresentar os valores de correlação mais elevados (Portalés *et. al.*, 2010, Vicente-Serrano *et. al.*, 2010), podendo ou não verificar-se proximidade espacial. Para dados diários é possível que haja baixas correlações com estações próximas (Vicente-Serrano *et. al.*, 2010, cit. Auer *et al.*, 2005), deduzindo-se assim que a utilização de dados mensais seja mais aconselhável neste tipo de trabalhos.

As lacunas nos dados de precipitação mensal do PREMIRA, parte delas originadas pela entrada em funcionamento de determinados postos após a data inicial do período do projecto, foram estimadas por correlação linear simples. Para cada posto, segmentando as análises por mês e considerando todo o período do projecto, as equações de regressão linear simples foram calculadas com recurso a pares de dados comuns observados entre o posto-alvo e o posto de referência. Os postos de referência assumidos foram aqueles que observaram coeficientes de determinação superiores a 0,9 (ou o valor mais elevado, sempre que este fosse inferior ao valor de referência), substituindo-se a incógnita de cada equação pelo valor correspondente no posto de referência, obtendo-se estimativas para as lacunas ocorridas. Depreende-se, então, que o processo seleccionado considerou a informação temporal, em detrimento da dependência espacial entre as séries melhor correlacionadas.

Com a junção dos dados do período 1991/92-2005/06 (PREMIRA II) ao período 1931/32-1990/91, verificou-se, de igual modo, um problema com lacunas de dados. As equações de regressão que levaram ao preenchimento dessas lacunas recorreram a pares de valores comuns, reais, para a série 1931/32-2005/06 assim formada. As equações encontradas foram diferentes, e não se considerou neste processo os valores estimados para as lacunas do período 1931/32-1990/91 (PREMIRA). Registe-se, ainda, que a estação melhor correlacionada num dado mês poderia não ser noutra, e que as equações de regressão foram formuladas tendo em conta o mês do ano. Pode dizer-se que este processo de estimativa dos dados precipitação, já efectuado, é o **método de base**, e que as séries assim reconstruídas são as **séries de base**.

No entanto, perspectivou-se um método alternativo de estimar esses dados, adiante definido como **método experimental**. Este método privilegiou o cálculo de todos os dados em falta no período 1931/32-2005/06 (75 anos) de uma só vez, ao invés daquilo que se tinha sucedido antes (Figura 2).

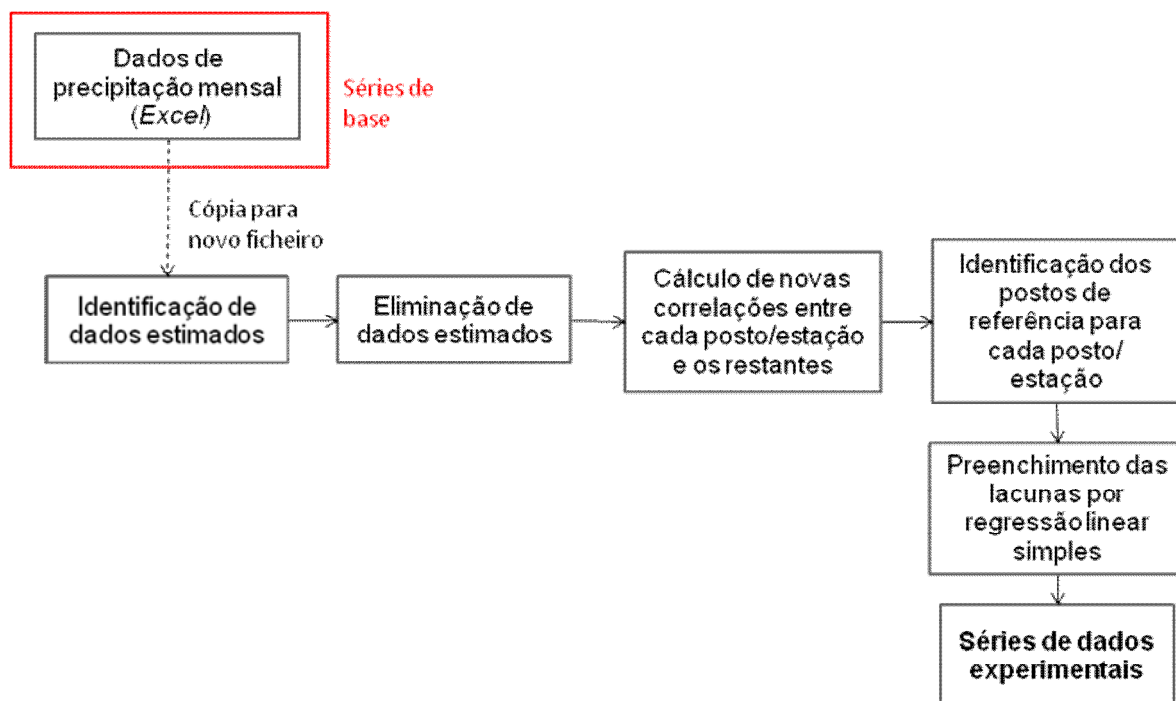


Figura 3 – Fluxograma do processo de obtenção de séries experimentais

O *XLStat* permitiu o cálculo dos coeficientes de determinação, em cada mês, entre cada posto/estação e os restantes, pois encontra os pares de valores comuns presentes nas tabelas de precipitação mensal e faz esses cálculos de forma automática. Como se observa na Figura 3, no comando *General* introduziu-se o intervalo de valores pretendidos. Acedendo ao comando *Missing data*, é que foram definidos os critérios que permitem calcular os coeficientes de determinação, por pares de valores comuns.

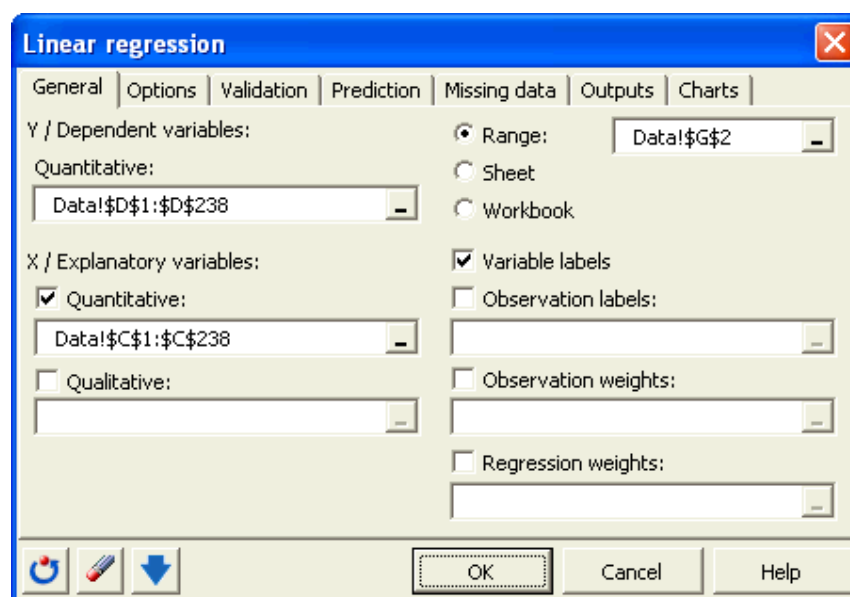


Figura 3 – Exemplificação do comando *General* do *XLStat*TM

Uma vez conhecida a estação de referência para cada posto alvo, lembrando, aquele que possui o coeficiente de determinação mais elevado e que cobre temporalmente as lacunas verificadas, iniciou-se a estimativa dos valores mensais em falta. A Figura 4 exemplifica dados estimados para o mês de Outubro, por ano hidrológico, cujos campos aparecem realçados com cor amarela. Nesta situação, as lacunas do posto de Odemira foram preenchidas pela aplicação da equação de regressão aos dados de Relíquias, posto com o qual se correlacionou melhor no referido mês. Por isso, o valor de precipitação mensal no ano 1996/97 em Odemira (célula F68) resultou do valor no posto de Relíquias (célula H68), no ano hidrológico correspondente (Figura 3). As equações de regressão que foram usadas no cálculo de todas as lacunas encontram-se no Anexo 3.

F68		f_x		=0,991167305122935*H68				
	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2	Ano	Alferce	Almodôvar	B. Mira	Cercal	Odemira	A. Palheirc	Reliquias
64	1992/93	31	39	65	43	54	32	47
65	1993/94	255	133	155	160	84	117	119
66	1994/95	78	29	35	88	42	15	36
67	1995/96	16	6	9	9	0	8	9
68	1996 / 97	38	17	21	27	25	30	25
69	1997/ 98	280	56	264	112	103	111	104
70	1998/ 99	23	0	5	4	4	4	4
71	1999/ 2000	195	139	136	183	169	160	170
72	2000/ 01	36	30	18	31	28	46	29
73	2001/ 02	1	75	78	6	67	78	61
74	2002/ 03	70	5	54	88	26	73	72
75	2003/ 04	195	110	149	97	149	146	150
76	2004/ 05	160	94	81	120	104	99	89
77	2005/ 06	209	112	145	138	126	127	137
78								
79								
80	XLSTAT 2010.6.04 - Testes de correlação - em 14-01-2011 às 15:32:45							
81	Tabela de observações/variáveis: Documento = Exp1931_2009.xls / Planilha = OUT / Intervalo = OUT							
82	Dados faltantes: Eliminação por pares							
83	Tipo de correlação: Pearson							

Figura 4 – Exemplificação de lacunas preenchidas (campos com cor amarela)

As séries reconstruídas segundo o método experimental foram designadas **séries experimentais**, e a sua utilidade foi verificada após os testes de homogeneidade e sintetização da informação contida por elas, comparando com as séries de base.

3.4 - Controlo de qualidade

Dum modo geral, o controlo de qualidade permite a identificação de valores extremos, os quais derivam de eventos meteorológicos extremos ou de erros de medição, verificando a consistência dos dados e filtrando-os de modo a evitar erros de análise (González-Rouco *et al.*, 2001; Moral, 2010). São aplicáveis abordagens assentes na variabilidade temporal e/ou espacial dos dados, rejeitando valores extremos falsos e substituindo-os (González-Rouco *et al.*, 2001). Este autores também referem que os valores extremos podem ter uma razão física na sua base, e por isso é necessário ter em conta que, apesar da importância deste tipo de dados climáticos, as técnicas estatísticas aplicadas são dum modo geral por eles afectadas, impondo ou a eliminação dos valores extremos, ou (os mesmos autores citando Barnett e Lewis, 1994) a aplicação de métodos “resistentes” combinados com a manutenção da

informação.

O controlo de qualidade aqui descrito, ao incidir apenas sobre os valores extremos, não foi abordado como uma questão premente, e como tal não se julgou viável a sua realização face aos objectivos definidos, no entanto é uma das etapas que pode ser considerada em trabalhos desta índole.

3.5 - Testes de homogeneidade

Os testes de homeogeneidade podem ser directos, consistindo na análise dos metadados históricos (dados sobre os registos e localização das estações/postos) e estudo dos efeitos de mudanças específicas nos instrumentos, ou indirectos, baseados em técnicas estatísticas e gráficas para detectar não-homogeneidade (Longobardi e Villani, 2010). É conveniente o uso em simultâneo de metadados e séries de dados vizinhas, de forma a minimizar o risco de falsa detecção, a par do aumento do poder de detecção de não-homogeneidade. Os metadados podem indicar quando é que ocorreu a descontinuidade, no que toca à sua probabilidade e causas (Beaulieu *et al.*, 2010). Contudo, nem sempre é possível o uso de metadados.

O teste de homogeneidade normal *standard* (SNHT) é o mais frequente nos trabalhos desenvolvidos (Vicente-Serrano *et al.*, 2010), e pressupõe proporcionalidade entre a quantidade da precipitação na estação testada e alguns valores médios regionais (González-Rouco *et al.*, 2001). A utilização de metadados no nível de 10% de significância reduz a probabilidade de rejeição de séries homogéneas, contudo, é normal não haver conhecimento prévio sobre quais as estações que devem ser consideradas como referência, devendo o teste correr iterativamente várias vezes para seleccionar as melhores séries (González-Rouco *et al.*, 2001).

O XLStat™ permite a realização automática de quatro testes de homogeneidade, entre os quais se encontra o teste SNHT, a partir de tabelas de precipitação anual ordenadas cronologicamente, para cada posto/estação. Nos resultados fornecidos pelo programa, são indicadas a hipótese nula (H_0 , quando verificada, as séries são homogéneas) e a hipótese

alternativa (H1, indica que há uma data em que houve descontinuidade nos dados). Também é indicada a probabilidade de rejeição da hipótese nula (H0) quando esta é verdadeira, isto é, considerar uma série como não homogénea quando isso não é verídico. Para níveis de significância $\alpha=0,05$, as séries foram consideradas homogéneas sempre que os p-valores (estatísticas usadas para sintetizar o resultado de um testes de hipóteses) foram superiores a esse valor α .

Por uma questão experimental, tomou-se a iniciativa de realizar testes de homogeneidade usando as séries de base e experimentais, referidos aquando das metodologias de preenchimento de lacunas. Isso possibilitou a verificação dos efeitos de cada método na homogeneidade das séries de dados, em cada posto/estação. Esta experiência foi feita para dois períodos, um de 75 anos (que engloba todos os dados de base) e outro de 60 anos (que se refere ao período 1946/47-2005/06), o qual excluiu uma época em que muitas séries apresentam dados estimados, e tem uma duração igual à do projecto inicial (1931/32-2005/06) (Anexo 4).

No global as séries são homogéneas, observando-se que Relíquias e Odemira (bastante antigas) foram identificadas como não homogéneas por alguns testes, tanto para 60 como 75 anos. Mas considerando apenas os resultados do teste SNHT, as série de Odemira e Relíquias não são homogéneas, respectivamente, para os conjuntos de dados de 75 e 60 anos, e Zambujeira só verificou essa condição para as séries de base, quando se aplicou o teste a 75 anos hidrológicos.

Atendendo apenas a este teste estatístico, mais vulgar na literatura consultada, pode ser corroborada a utilidade de manter as séries de base para 60 anos, em detrimento das séries experimentais. Para esse período, apenas uma série não é homogénea (Relíquias), e a série de Zambujeira (com poucos anos de dados medidos) é homogénea. Todavia, não sendo a homogeneidade uma questão prioritária, e dado que não há muitas séries de dados disponíveis para o processo de modelação da precipitação, por meio das melhores combinações possíveis de postos/estações, todas as séries presentes foram passíveis de tratamento estatístico.

3.6 - Sistematização de informação

Para sintetizar a informação estatística mais relevante por posto (médias, medianas, desvio-padrão e coeficientes de variação), foi efectuada uma tabela-síntese semelhante à que foi feita para o projecto PREMIRA, tal como os respectivos gráficos.

Essa informação resume os dados contidos nas tabelas de precipitação mensal. Inicialmente, tinham sido feitas tabelas-síntese que contemplaram os períodos 1931/32-2005/06 (75 anos) e 1990/91-2005/06 (15 anos), utilizando as séries de base. Mas viria a ser escolhido o período 1946/47-2005/06 (60 anos), por possuir o mesmo número de anos apresentado pelo período 1931/32-2005/06 (PREMIRA), com o qual é comparado. À imagem do que acontece com a comparação entre as normais climatológicas, onde o período mais recente é obtido pelo acréscimo de uma década de dados à normal mais antiga, compensado pela retirada dos primeiros dez anos, aqui fez-se o mesmo para o período referente ao PREMIRA, mas pela junção de quinze anos de dados. A comparação entre períodos com o mesmo número de anos pareceu, assim, mais consistente.

A Tabela 2 mostra uma relação da qualidade das séries e as taxas de variação obtidas entre as duas normais analisadas. Além da taxa de variação verificada pelos parâmetros estatísticos mais relevantes, o número de anos hidrológicos reais e calculados, introduzindo aqui o conceito de grau de fiabilidade. Este conceito resulta da razão entre o número de anos reais (e/ou completos) e o número total de anos da série considerada, sob a forma de percentagem. O critério adoptado para considerar um ano hidrológico como sendo completo foi a inexistência de lacunas de dados nos meses que integram o semestre húmido (Outubro a Março), já que a precipitação no semestre seco tem muito pouca expressão na área de estudo.

Estação/ posto	Período real	Período calculado	Grau de fiabilidade	Altitude (m)	Tx. variação (%) [31/32-90/91] - [46/47-05/06]			
					Média	Mediana	Desvio Padrão	Cf. Variação
Alferce	48	12	80	328	-3,5	-2,0	6,1	10,0
Sobreira	60	0	100	450	1,7	0,8	8,0	6,2
Cercal	52	8	87	176	-3,2	-7,0	1,9	5,3
S. Marcos	59	1	98	140	0,9	1,3	1,4	0,6
Relíquias	59	1	98	270	-4,5	-2,7	4,1	9,0
S. Barnabé	41	19	68	250	2,1	0,9	14,5	12,2
Santana	58	2	97	200	-0,7	2,7	9,3	10,1
Odemira	53	7	88	70	-8,1	-7,5	-6,1	2,2
Zambujeira	25	35	42	106	-7,6	-7,6	-5,6	2,2
Sabóia	54	6	90	60	3,8	6,4	5,2	1,3
Barr. Mira	35	25	58	171	0,8	-1,0	4,7	3,9
A. Palheiros	59	1	98	210	-1,5	-1,7	6,1	7,7
S. Sebastião	41	19	68	240	-1,9	-2,4	12,2	14,4
Almodôvar	59	1	98	270	0,7	0,3	-0,4	-1,2
Santa Clara	20	40	33	321	2,9	1,2	11	7,9

Tabela 2 – Sintetização da informação estatística por posto/estação, nos períodos 1931/32-1990/91 e 1946/47-2005/06

Os gráficos das figuras 5, 6, 7 e 8 mostram a evolução bruta dos parâmetros estatísticos.

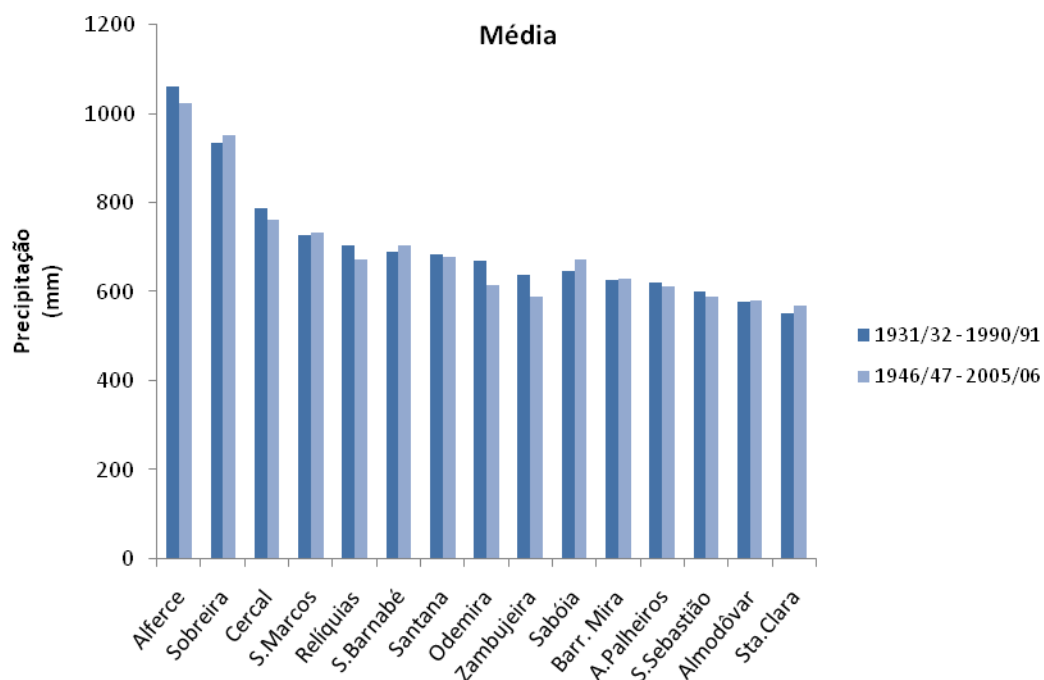


Figura 5 – Precipitação média nos períodos 1931/32-1990/91 e 1946/47-2005/06

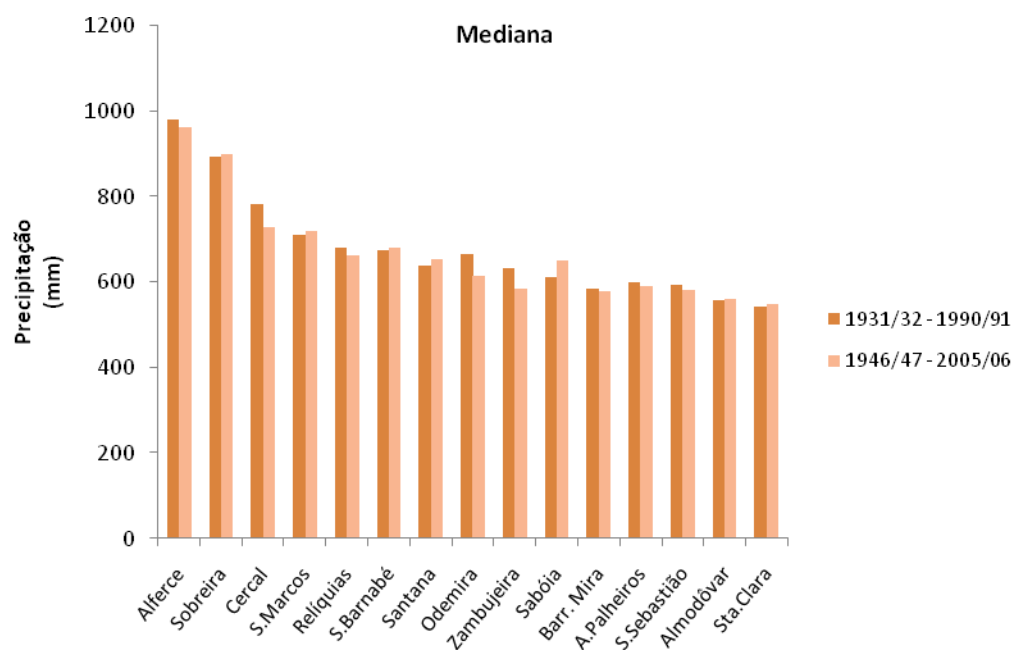


Figura 6 – Precipitação mediana nos períodos 1931/32-1990/91 e 1946/47-2005/06

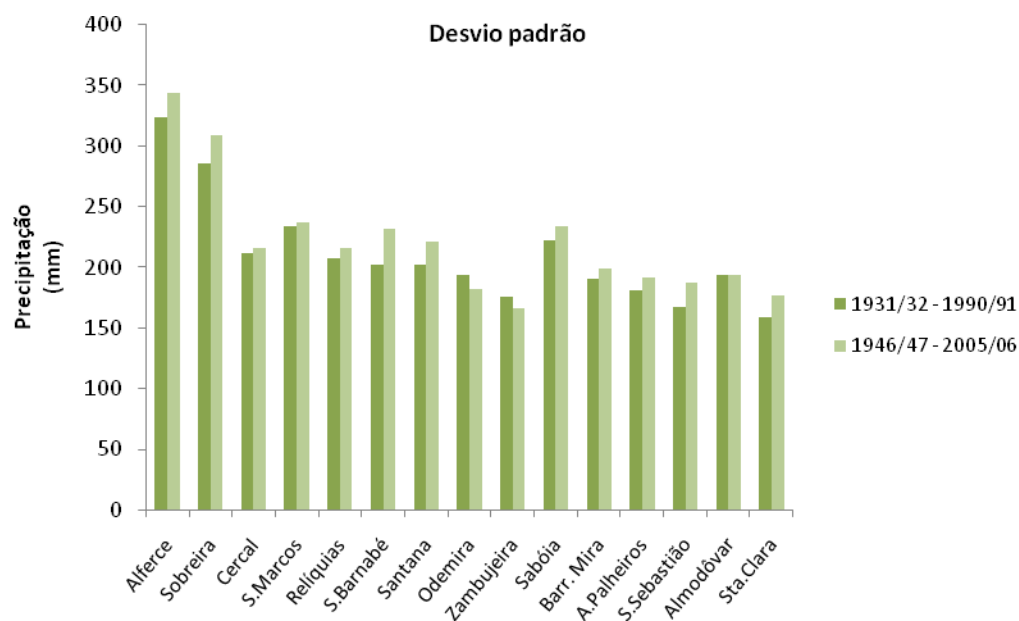


Figura 7 – Desvio padrão da precipitação nos períodos 1931/32-1990/91 e 1946/47-2005/06

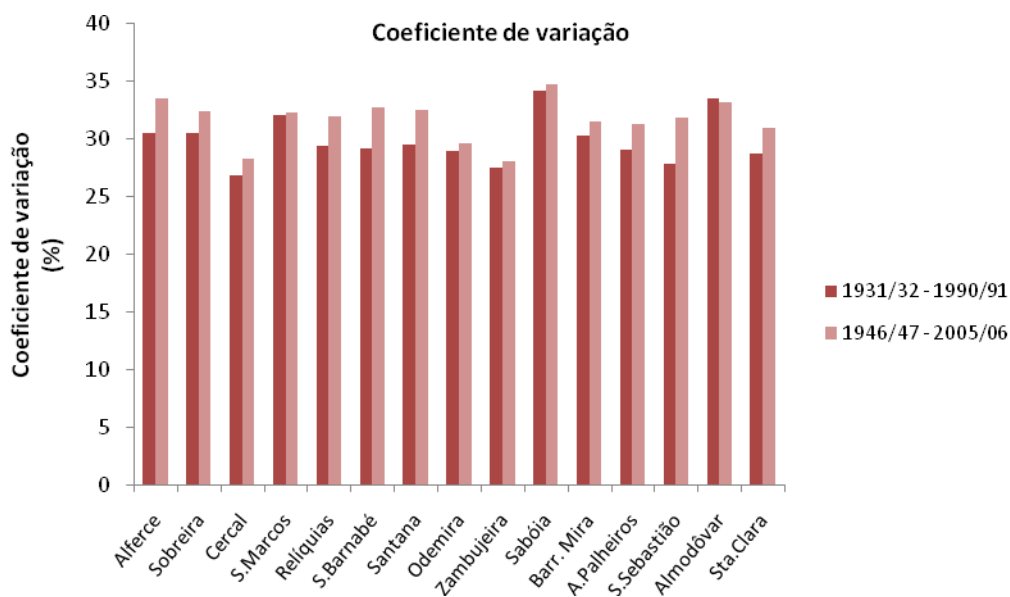


Figura 8 – Coeficiente de variação da precipitação nos períodos 1931/32-1990/91 e 1946/47-2005/06

Fazendo um breve comentário aos resultados estatísticos, resumidos na Tabela 2, a tendência geral foi para a diminuição ou manutenção dos valores de precipitação média e mediana, e para um aumento da variabilidade. O coeficiente de variação, que resulta da razão entre o desvio-padrão e a média, mostra que as maiores desvios em relação à média registaram-se em Alferce (onde há mais precipitação), S.Barnabé, Santana e S.Sebastião, portanto no sector sul-oriental da bacia.

Por último, fez-se uma comparação entre as tabelas-síntese para 75 anos, baseadas nas séries de base e experimental (Anexo 5). Importa referir que esta comparação foi executada após a sintetização da informação estatística presente nos gráficos das figuras 5, 6, 7 e 8 e na Tabela 2. Constatou-se que os valores sintetizados das séries experimentais, em termos de médias, medianas, desvio-padrão e coeficientes de variação, foram bastante semelhantes àqueles que se obtiveram com as séries de base (Tabela 3).

<i>Estação/posto</i>	<i>Média</i>	<i>Mediana</i>	<i>Desvio padrão</i>	<i>Coefficiente Variação (%)</i>
<i>Alferce</i>	-17	-2	-2	1
<i>Sobreira</i>	12	6	1	0
<i>Cercal</i>	-4	-2	5	1
<i>S.Marcos</i>	0	0	1	0
<i>Relíquias</i>	0	-5	0	0
<i>S.Barnabé</i>	3	0	9	0
<i>Santana</i>	-2	0	-6	-1
<i>Odemira</i>	-3	0	2	0
<i>Zambujeira</i>	-36	-31	0	2
<i>Sabóia</i>	-7	-10	-10	-2
<i>Barr. Mira</i>	7	13	-1	-1
<i>A.Palheiros</i>	0	0	0	0
<i>S.Sebastião</i>	11	19	2	-1
<i>Almodôvar</i>	1	0	0	0
<i>Sta.Clara</i>	8	-9	3	0

Tabela 3 - Diferença de valores entre o conjunto de dados experimental e o conjunto de dados de base, por parâmetro estatístico (1931/32-2005/06)

Uma vez que os valores dos parâmetros estatísticos necessários não se alteraram significativamente, mesmo considerando a média e mediana em Zambujeira, mantiveram-se os dados sintetizados a partir das séries de base (Tabela 2).

3.7 – Análise de tendências

Orientando os testes para a determinação de tendências, Longobardi e Villani (2010) combinaram a análise dos metadados com métodos estatísticos, agrupando os dados em classes de nível de precisão, nomeadamente pelo método de Ward (citando Kalkstein *et al.*,1987) e analisando as tendências por meio de testes paramétricos e não-paramétricos. O teste-t (paramétrico) permite avaliar a presença de tendência linear, através do declive da regressão linear ajustada. O sinal do declive indica se é uma tendência positiva ou negativa. Já o teste de Mann–Kendall (não-paramétrico) confirma a existência duma tendência positiva ou negativa para um dado nível de confiança. As tendências à escala anual medem a variabilidade inter-anual, ao passo que as mudanças à escala estacional contribuem para gestão dos recursos hídricos (Longobardi e Villani, 2010).

O *XLStat* permite efectuar testes paramétricos e não-paramétrico mas, devido a algumas dúvidas técnicas, não se obtiveram resultados experimentais pela sua aplicação.

4 - Modelação da distribuição da precipitação anual

A informação estatística por posto/estação, uma vez sintetizada, serviu de base para o processo de análise espacial conducente à modelação da distribuição da precipitação anual. Para conseguir esse objectivo, utilizaram-se variáveis úteis para a explicação dos padrões espaciais observados e procurou-se usar as melhores combinações de postos/estações para integrar o processo de modelação.

4.1 - A definição de variáveis explicativas do padrão espacial de precipitação

A selecção de variáveis geográficas que contribuam para a variabilidade espacial da precipitação, nas várias escalas locais e temporais, deve atender à importância da interacção dos elementos geográficos nos processos dinâmicos induzidos ou condicionados pela superfície (nomeadamente pelo relevo). Merecem destaque a deslocação das massas de ar em função das situações aerológicas de tempo perturbado mais frequentes e o efeito orográfico ou a canalização de ventos e outros processos de mesoescala, tendo em conta que é comum o aumento da precipitação com a altitude ou proximidade a massas de água (Hession e Moore, 2010; Portalés *et. al.*, 2010). Não existe uma metodologia globalmente aceite para representar a precipitação, devendo este processo estar na dependência “das características e da dimensão da área de estudo, assim como das variáveis topográficas disponíveis e da escala temporal considerada (diária, mensal, anual,...)” (Portalés *et. al.*, 2010).

Para além do uso generalizado da altitude, podem ser salientadas variáveis morfológicas (declive e exposição das vertentes), a distância relativa ao mar, a latitude e a longitude (efeitos posicionais) (Diodato, 2005; Hession e Moore, 2010; Portalés *et. al.*, 2010).

Em concreto para o PREMIRA, as variáveis utilizadas foram a **altitude**, **latitude**, **longitude** e **distâncias ao mar** segundo a **direcção NO** e a **direcção SO**, extensíveis ao PREMIRA II, por definição. A altitude faz variar a capacidade higrométrica e a temperatura das massas de ar, enquanto que a longitude funciona como factor que reflecte “o afastamento horizontal em relação ao mar (continentalidade), já que a maioria da precipitação provém da quadrante Oeste” (Alves da Silva, 1999, n.p., página 235). A distância ao mar de um ponto, segundo a direcção NO, traduziu “a direcção predominante do vento e de grande parte das perturbações frontais”, e por seu lado, a distância ao mar segundo a direcção SO, traduziu a “direcção de onde provém as perturbações mais intensas e pluviogénicas, associadas à circulação depressionária” (*op. cit.*). A latitude, apesar de ter pouca importância a nível regional, permitiu aumentar o coeficiente de determinação da regressão múltipla (importância a nível estatístico).

A questão da correcção das coordenadas das estações/postos é fundamental nesta abordagem ao trabalho. Quando este tipo de dados não apresenta a correcção necessária, isso pode implicar a associação de uma estação/posto a um local incorrecto, influenciando as distâncias ao mar calculadas segundo as orientações NO e SO. Depreende-se então que todo o modelo pode ser posto em causa derivado a erros nos dados de entrada, devendo-se proceder à sua correcção, possibilitando a obtenção de modelos de precipitação mais aproximados da realidade.

4.2 - Introdução às operações práticas de modelação em SIG

Os dados cartográficos necessários às operações de análise espacial encontravam-se sob o formato vectorial (.dgn). Compreenderam uma representação da linha de costa, outra dos limites da bacia hidrográfica do rio Mira e as curvas de nível e pontos cotados das folhas da Carta Militar de Portugal que cobrem a área de estudo e a sua envolvente (disponibilizadas pelo Instituto Geográfico do Exército, e referenciadas ao sistema de coordenadas *Lisboa Hayford Gauss IgeoE*). O *software* utilizado foi o ArcGIS™ 9.3 (ESRI), cuja aplicação designada *ModelBuilder* (localizada na extensão *ArcToolbox*) permite a criação, edição e gestão de modelos de geoprocessamento.

Nos modelos gerados pela aplicação *ModelBuilder*, um ou mais dados de projecto (*input*) podem ser ligados a ferramentas de análise espacial, originando dados derivados (*output*) constituindo um processo. Os dados derivados, por sua vez, podem ser ligados a outras ferramentas, realizando tantos processos quanto aqueles que forem necessários para a execução da(s) variável(eis) final(i)s.

Neste caso em concreto, foram produzidos três modelos de geoprocessamento: o primeiro, conducente à produção da matriz de altitude; o segundo com o intuito de criar matrizes que representassem as restantes variáveis independentes; e por último, um terceiro modelo que operasse a distribuição da precipitação por meio de equações de regressão múltipla (álgebra de mapas), integrando de forma ponderada as matrizes com os valores das variáveis independentes, de acordo com os índices indicados na equação de regressão obtida. A opção por três modelos de geoprocessamento em separado, em vez de um único, prendeu-se com motivos de ordem técnica associados ao encadeamento das operações de análise. O primeiro e segundo modelos de geoprocessamento encontram-se esquematizados, na sua totalidade, no Anexo 6.

A característica comum a todos os modelos de geoprocessamento é a necessidade de cada célula (*pixel*) duma matriz de determinado tema corresponder exactamente à mesma localização nos restantes temas, ou seja, deverão estar co-registadas. Tal é possibilitado pela determinação dum sistema de coordenadas comum, adoptando-se no presente trabalho o *ETRS 1989 Portugal TM*.

Depois da obtenção da matriz de altitude (a primeira a ser gerada), as restantes quatro matrizes foram geradas tendo essa matriz por base. Isso implicou a definição, nas propriedades dos outros dois modelos de geoprocessamento, de um parâmetro específico que determinasse a criação de outras matrizes segundo as características da matriz de altitude. Uma perfeita sobreposição das matrizes possibilitou a execução de cálculos matemáticos que envolveram os valores contidos pelas células de cada matriz.

Existe um outro parâmetro que pode interferir na análise espacial, que é a extensão dos dados geográficos. Os ficheiros de entrada e derivados possuem uma extensão por defeito, cujos limites direito, esquerdo, de topo e de base abrangem a área mínima necessária para incluir todo os registos que compõem o tema representado. Quando necessário, os limites da

extensão deverão ser modificados nas propriedades dos modelos de geoprocessamento, de modo a permitir que a análise pretendida não seja dificultada.

No que toca às matrizes (*grids*) representativas das variáveis independentes e dos modelos de precipitação resultantes do projecto PREMIRA, estas foram geradas por outro *software*, o *MGE™* (*Intergraph*). Tecnicamente, não foi possível convertê-las no formato nativo das matrizes do *ArcGIS* (*ESRI grid*), e por isso as matrizes correspondente ao período do PREMIRA foram reproduzidas usando o *ArcGIS*. Deste modo, permitiu-se fazer a comparação entre os modelos de precipitação dos períodos de 1931/32-1990/91 e 1946/47-2005/06 (PREMIRA II).

4.3 - Criação de modelos de base

4.3.1 – *Altitude*

A informação vectorial que serviu de base à matriz de altitude - curvas de nível e pontos cotados das folhas da Carta Militar de Portugal que abrangiam a área de estudo e a sua envolvente-, encontrava-se em formato *.dgn*. A opção tomada para que esses ficheiros fossem incluídos nos processos de análise espacial passou pela sua conversão em *feature classes*, e posterior atribuição do sistema de coordenadas convencionado (*ETRS 1989*). As *feature classes* são colecções homogéneas de objectos espaciais comuns, possuindo a mesma representação espacial (pontos, linhas, polígonos) e os mesmos campos de atributos.

Os ficheiros em formato *.dgn*, e outros nativos de programas de *CAD* (*Computer-aided design*), possuem objectos com mais do que um tipo de geometria/representação espacial. Para obter uma *feature class* de curvas de nível, recorreu-se à ferramenta *Merge*, na qual se seleccionaram os objectos do tipo *polyline* existentes em cada ficheiro representativo de uma folha da Carta Militar, e se obtiveram todas as linhas reunidas num único ficheiro (Figura 9).

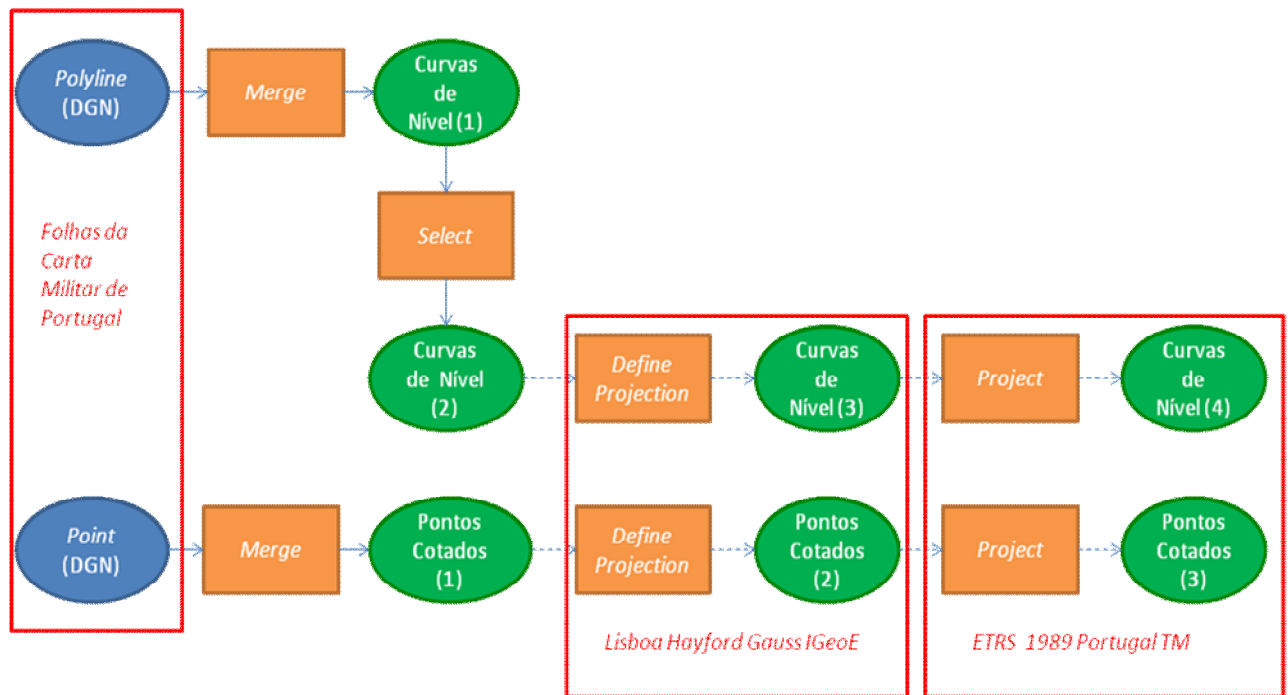


Figura 9 – Preparação dos temas representativos das curvas de nível e dos pontos cotados

Contudo, dentro das linhas obtidas, foram distinguidas quatro entidades, designadas por *Closed Shape*, *Complex Chain*, *LineString* e *Cell*. A entidade *Cell*, que representa as localizações de pontos cotados por meio de linhas circulares, foi excluída por não ter utilidade para a criação do modelo digital de terreno. Essa exclusão foi efectuada através duma expressão SQL (*Structured Query Language*) encapsulada, dentro da ferramenta *Select*. Seguindo um processo idêntico àquele que foi descrito para as curvas de nível, foram seleccionados os objectos dentro da geometria *point*, existentes nas folhas das cartas militares, obtendo-se um ficheiro apenas com os pontos cotados [Curvas de Nível (2)] (Figura 9).

Sabendo que os ficheiros de entrada não se encontravam georreferenciados, as curvas de nível e os pontos cotados foram submetidos à definição do sistema de coordenadas original: *Lisboa Hayford Gauss IGeoE*. Devido a problemas não identificados, a georreferenciação foi realizada com sucesso directamente na ferramenta *Define Projection* existente na extensão *ArcToolbox* do *ArcGIS*, e não dentro do modelo de geoprocessamento criado para a geração da matriz de altitude, como seria desejável. No entanto, a georreferenciação destes temas só ficou completa após a sua reprojecção no sistema de

coordenadas de base do projecto (*ETRS 1989*) (Figura 9).

A partir dos pontos cotados e curvas de nível, avançou-se com a geração do modelo digital de terreno. Em primeiro lugar foi criado o TIN (*Triangulated irregular network*), uma rede irregular de triângulos composta por nós (*nodes*) e linhas (*edges*), cujo objectivo é modelar os valores de altitude entre os dados de entrada, cujos valores são conhecidos (Figura 9). Depois de criado um TIN vazio, e feita a sua edição (definindo aqui os dados de entrada), obteve-se o TIN propriamente dito, o qual foi convertido para formato matricial (*raster*), com uma resolução de 100 metros ao nível dos *pixels* (Figura 10 e Anexo 7).

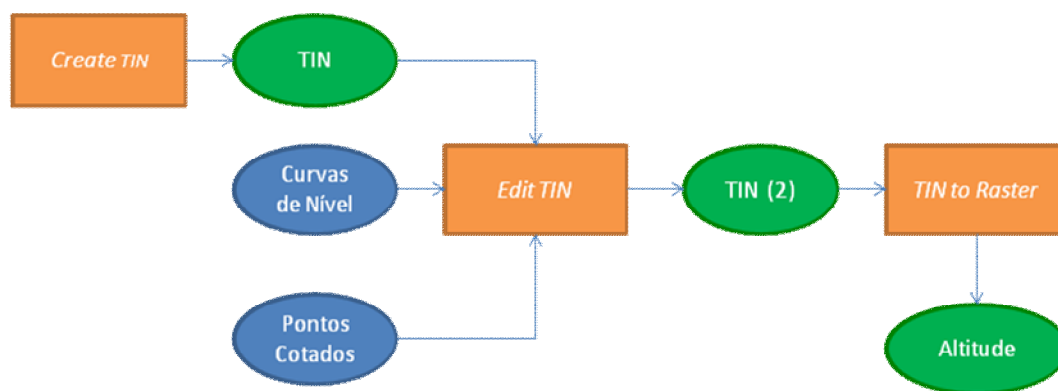


Figura 10 – Procedimento de criação do modelo digital de terreno

4.3.2 – Latitude e longitude

A derivação das matrizes de longitude e latitude, incluída no segundo modelo de geoprocessamento, apresentou-se como um procedimento bastante simplificado, pois estas matrizes apresentam uma origem comum. O tema vectorial representativo da área da bacia do Mira foi convertido em formato *raster*, cujos *pixels* da matriz resultante foram convertidos em pontos (*Raster to Point*) (Figura 10) . A esses pontos, situados no local correspondente ao centro geométrico de cada *pixel* da matriz que os originou, foram adicionados dois atributos: as coordenadas *x* e *y*. Concluiu-se a produção das matrizes de latitude e longitude através da

conversão dos pontos em *raster* (ferramenta *Feature to Raster*), onde se utilizou o campo mais conveniente à derivação de cada uma dessas matrizes (campo com o valor numérico das coordenadas x e y, para a longitude e latitude, respectivamente) (Figura 11 e Anexo 7).

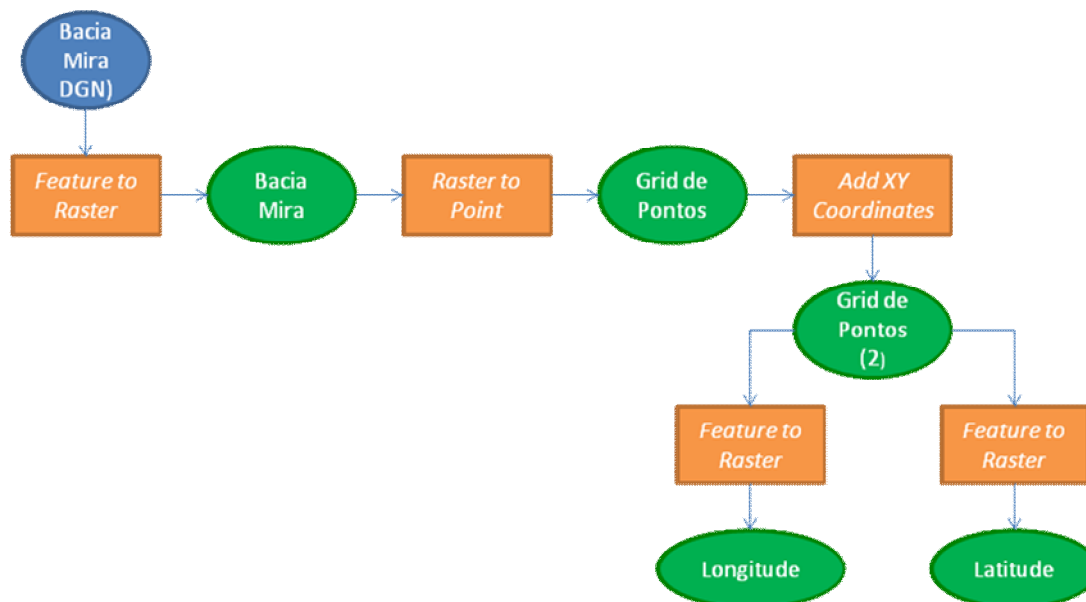


Figura 11 – Procedimento de criação das matrizes de latitude e longitude

4.3.3 – Distâncias ao mar segundo as orientações NO e SO

No que toca à criação das matrizes de distância ao mar, o processo iniciou-se pela criação de matrizes com valor constante para as direcções NO e SO. (Figura 12). A matriz de valores constantes funcionou como factor de custo horizontal, definindo a direcção a tomar pelo algoritmo no cálculo da distância acumulada em cada *pixel* a partir da linha de costa, segundo o valor do ângulo existente na matriz de valores constantes. No programa usado, é necessário definir a distância acumulada da linha de costa a cada célula, não sendo possível o inverso, como se julgava no início.

Partindo do princípio de que uma circunferência cujo valor 0° refere-se à localização Norte, e na qual os valores dos ângulos subsequentes seguem uma evolução no sentido dos ponteiros do relógio, então, a direcção NO corresponde ao valor de 315°, daí que a matriz de

custo com esse valor constante tenha dado origem à matriz de distância ao mar segundo a orientação NO, a partir da linha de costa. Repetindo o mesmo processo com uma matriz de valor constante 45°, obteve-se a matriz de distância ao mar segundo a direcção SO.

O modelo de geoprocessamento assumiu, *a priori*, a extensão da bacia hidrográfica, com consequências nas operações de análise espacial. Pelo exposto, a solução passou pela definição, nas propriedades do modelo de geoprocessamento, de uma extensão superior à dos dois temas vectoriais “linha de costa” e “bacia hidrográfica”, resolvendo assim o problema da ausência de processamento das matrizes de distâncias nos locais onde a linha de costa se encontrava fora da extensão da área de estudo, ou por outras palavras, só havia processamento de matrizes na área de intersecção entre estes dois temas.

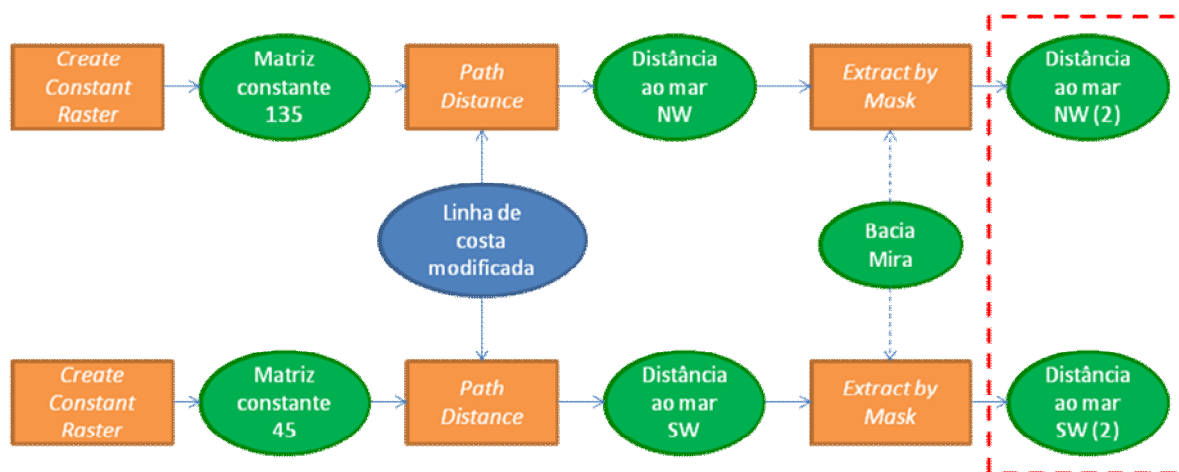


Figura 12 – Procedimento de criação das matrizes de distância ao mar, segundo as orientações NO e SO

Porém, surgiu como dificuldade o facto das primeiras matrizes geradas não se aproximarem, de todo, da realidade. Verificou-se que, em determinados locais, *pixels* muito próximos ou contíguos registaram valores de distância ao mar muitíssimo diferentes, com mais do que 1 km de diferença (segundo direcções lineares em relação à costa) (Figura 13). A explicação para o sucedido encontra-se nas características da linha de costa no troço considerado, onde as reentrâncias e cabos, nomeadamente, o de Sines e o de S.Vicente, induziram as enormes diferenças já referidas. Daí, surgiu a necessidade de modificar a linha de costa, referência primordial para a execução das matrizes de distâncias, generalizando-a manualmente e tendo especial atenção aos locais referidos anteriormente.

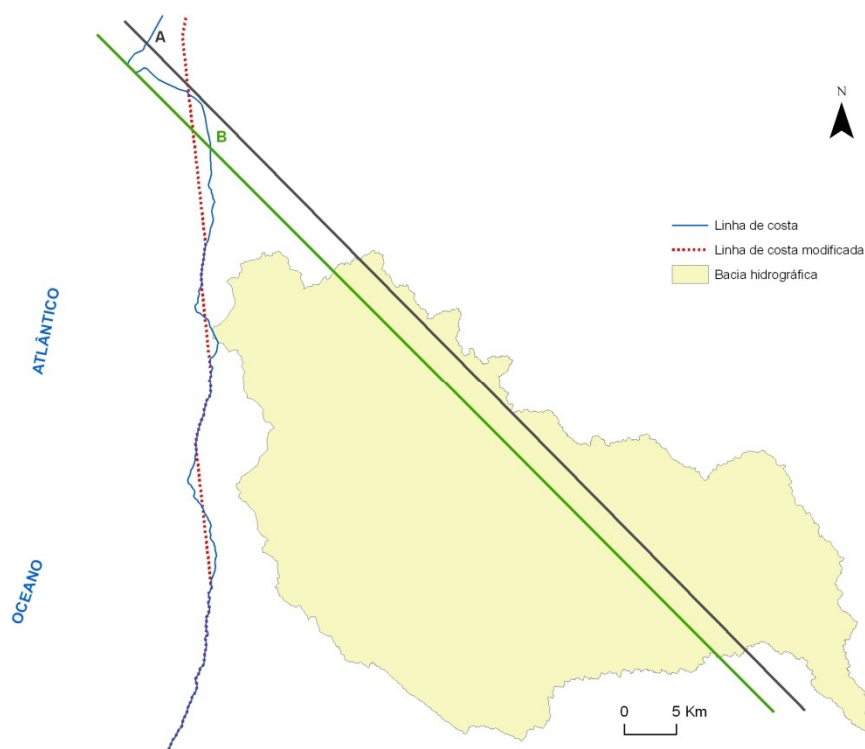


Figura 13 – Exemplicação da influência do Cabo de Sines na definição da distância à linha de costa segundo a orientação NO, nos locais coincidentes com as linhas A e B

A utilização da linha de costa modificada revelou-se satisfatória, pois as matrizes decorrentes da sua aplicação apresentaram já uma modelação das variáveis mais próxima da realidade, com diferenças na ordem das poucas centenas de metros. Essas diferenças serão desprezáveis, visto que nem mesmo na realidade os padrões de distribuição da precipitação serão tão rígidos. Até mesmo a escolha dos valores dos ângulos, que estão relacionados com a direcção dos ventos predominantes, pretende ser uma aproximação da realidade.

Visto que os dois modelos a que se refere este capítulo representam a área de estudo e a sua envolvente, utilizou-se a ferramenta *Extract by Mask* para extrair a área exclusiva correspondente à bacia hidrográfica em cada matriz gerada, cuja “máscara” foi o tema que representa a bacia (Figura 12 e Anexo 7).

4.4 - Análise espacial: modelo de operacionalização da álgebra de mapas

As matrizes de altitude (primeiro modelo de geoprocessamento), latitude, longitude e distâncias ao mar segundo as direcções NO e SO (segundo modelo de geoprocessamento) foram ligadas à ferramenta *Single Output Map Algebra* (Figura 14) . Esta ferramenta permitiu a produção de modelos de distribuição da precipitação anual através de álgebra de mapas, integrando cada matriz das variáveis independentes em equações de regressão linear múltipla.

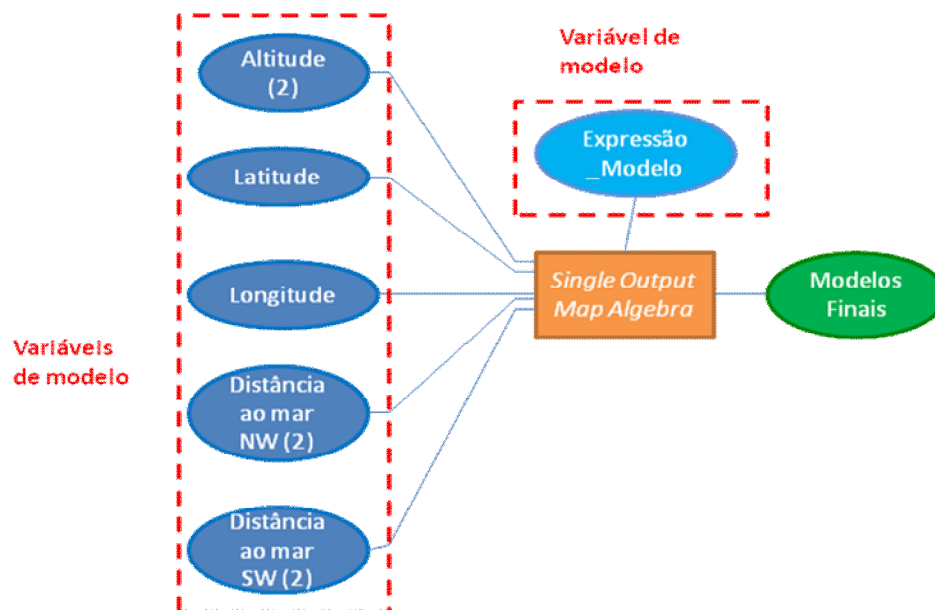


Figura 14 – Procedimento de criação dos modelos de precipitação, a partir das matrizes de base

Num modelo de geoprocessamento, pode ser criada uma variável de valor (tradução livre de *value variable*), associada a uma ferramenta de geoprocessamento. O tipo de dados dessa variável pode ser escolhido de entre os vários que são disponibilizados, tendo sido usado neste caso o tipo *Expression*. Esta variável de valor foi renomeada com a designação *Expressao_Modelo* (Figura 14), e foi útil na digitação das equações de regressão múltipla.

As variáveis de dados (as variáveis independentes) puderam, juntamente com a variável de valor, ser definidas como parâmetros (variáveis de modelo), e foram visíveis

sempre que se abriu a caixa de diálogo do modelo a partir das extensões *ArcToolbox* e *ArcCatalog* (Figura 15).

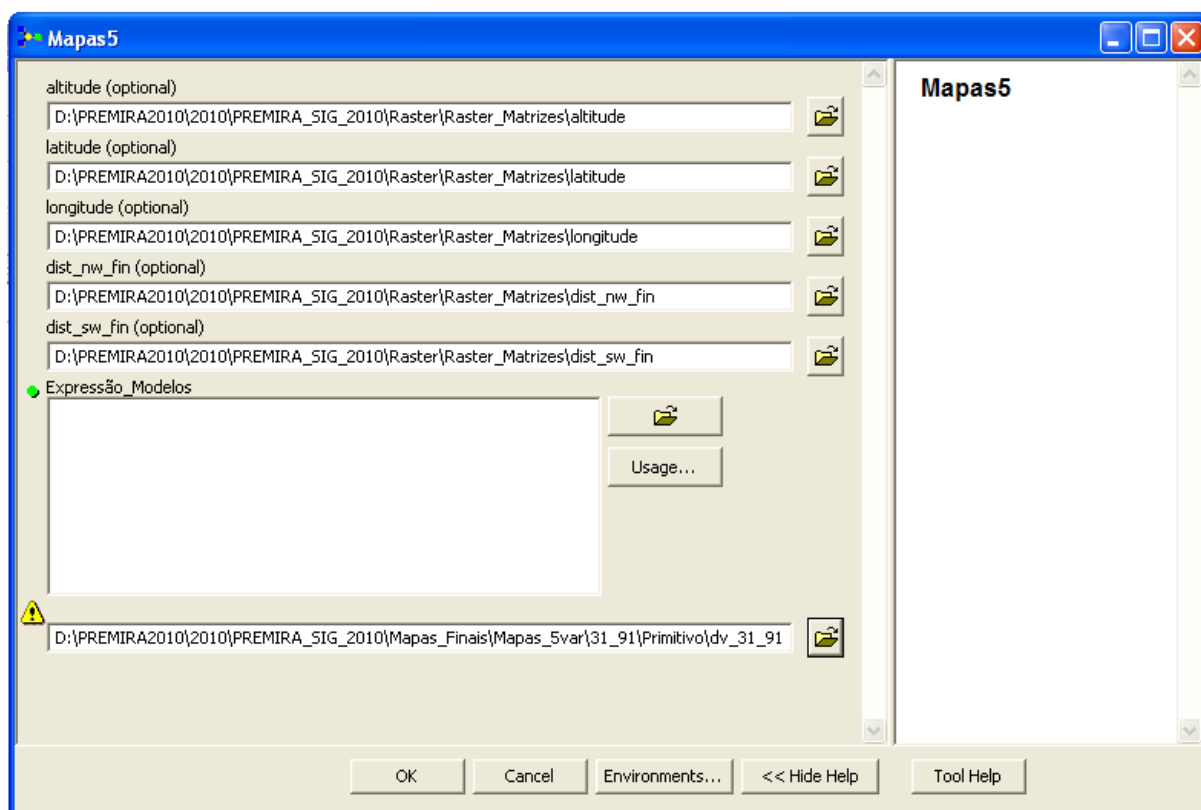


Figura 15 – Caixa de diálogo da modelo de geoprocessamento da álgebra de mapas

Para finalizar este capítulo, salienta-se que não foi necessário definir propriedades específicas no terceiro modelo de geoprocessamento, visto que o mesmo apenas serviu para realizar operações matemáticas com base em matrizes co-registradas.

4.5 - As combinações de estações presentes nos modelos de precipitação

Os modelos de distribuição da precipitação anual obtidos no PREMIRA tinham resultado da regressão linear múltipla aplicada a estações/postos que possuíam séries com mais de 40 anos de dados. No caso do projecto PREMIRA II, numa **primeira fase**, experimentaram-se três combinações de postos.

A primeira combinação inclui a totalidade de postos (quinze), ao passo que, nas duas combinações restantes, incluíram-se as combinações de postos/estações cujos graus de fiabilidade das séries de dados fossem superiores, respectivamente, a 50 (**primeira condição**) e 80% (**segunda condição**).

Postos que verificaram a primeira condição: Alferce; Sobreira; Cercal; S.Marcos; Relíquias; S.Barnabé; Santana; Odemira; Sabóia; Barragem de Mira; Aldeia de Palheiros; S.Sebastião; Almodôvar.

Postos que verificaram a segunda condição: Alferce; Sobreira; Cercal; S.Marcos; Relíquias; Santana; Odemira; Sabóia; Aldeia de Palheiros; Almodôvar.

Em seguida, calcularam-se os coeficientes de regressão múltipla relativos a esses três agrupamentos, verificando-se que as variáveis média, mediana e desvio-padrão se correlacionaram melhor com as variáveis independentes usando apenas a combinação de estações/postos com grau de fiabilidade superior a 80% (Tabela 4). Esta combinação (período 1946/47-2005/06) incluiu mais um posto (Alferce) do que a com a combinação presente no PREMIRA (período 1931/32-1990/91), com a qual foi comparada.

<i>Variáveis</i>	<i>15 estações</i>	<i>Grau de fiabilidade >50%</i>	<i>Grau de fiabilidade >80%</i>
<i>Média</i>	0,671	0,897	0,950
<i>Mediana</i>	0,668	0,899	0,965
<i>Desvio-padrão</i>	0,639	0,890	0,981

Tabela 4 – Coeficientes de determinação apresentados pelas combinações de estações/postos, na primeira fase (período 1946/47-2005/06)

O processo de selecção mencionado anteriormente baseou-se em critérios estatísticos, contudo, antes de se considerar os valores das correlações estatísticas, há que atender à distribuição espacial das estações, garantindo a existência de uma cobertura minimamente homogénea de toda a área. Determinou-se, por isso, a experimentação de outras combinações de postos/estações, na **segunda fase**. Nessas combinações, assumiu-se a estação de Zambujeira como sendo essencial para o processo de modelação, dada a ausência de representatividade do litoral, mesmo fazendo baixar o R^2 . Além disso, atendendo ao período

1946/47-2005/06, verificou-se a existência de um grupo de seis estações/postos com grande fiabilidade de dados: Sobreira, S.Marcos, Santana, Relíquias, Aldeia de Palheiros e Almodôvar. Por essa razão, as referidas séries foram sempre incluídas nas novas combinações.

Previu-se que o uso do posto de Cercal seria prepoderante para a modelação da precipitação no extremo NO da área de estudo, justificando-se o uso de Sabóia e Odemira noutras combinações devido à sua localização em áreas de relevo bastante complexo (deprimidas ou abrigadas), não esquecendo o facto de as suas séries de dados reais serem bastante longas. O posto de Barragem de Mira, apesar da fiabilidade muito baixa dos seus dados, seria importante para a representação da área central da bacia. As combinações experimentadas centraram-se na necessidade de haver um compromisso entre um elevado significado estatístico e a representatividade espacial das estações, pois só assim, em princípio, seria possível uma melhor aproximação à realidade.

De todas as combinações experimentadas na segunda fase, apresentam-se neste relatório as seis melhores (Tabela 5), não tendo nenhuma delas incluído Barragem de Mira:

- 12 estações/postos (por ordem decrescente de grau de fiabilidade);
- 6 melhores séries e Zambujeira;
- 6 melhores séries, Cercal, Sabóia e Zambujeira;
- 6 melhores séries, Zambujeira e Sabóia;
- 6 melhores séries, Zambujeira e Cercal;
- estações/postos melhor correlacionados e distribuídos espacialmente (“combinações próximas”) que se aproximaram mais dos valores reais, atendendo ao resíduo, e que excluíram Alferce, S.Barbabé, S.Sebastião, Barragem de Mira e Santa Clara). Combinação mais equilibrada.

	Combinação	Parâmetro				
		R Múltiplo	R ²	R ² Ajustado	Erro padrão	Est. /Postos
1931/32- 1990/91	12 estações	0,978	0,956	0,920	40,21	12
	6 +Cer+Zam	0,986	0,972	0,901	35,39	8
	6+Zam	1,000	1,000	1,000	1,89	7
	6+Cer+Sab+Zam	0,961	0,924	0,797	48,20	9
	6+Sab+Zam	0,982	0,963	0,872	39,04	8
	Comb. Próx.	0,925	0,856	0,677	57,72	10
1946/47- 2005/06	12 estações	0,977	0,954	0,915	40,54	12
	6 +Cer+Zam	0,982	0,964	0,873	43,23	8
	6+Zam	0,999	0,999	0,993	10,57	7
	6+Cer+Sab+Zam	0,964	0,929	0,811	49,44	9
	6+Sab+Zam	0,988	0,977	0,919	33,63	8
	Comb. Próx.	0,939	0,882	0,733	56,90	10

Tabela 5 - Coeficientes de determinação apresentados pelas combinações de estações/postos, na segunda fase (períodos 1931/32-1990/91 e 1946/47-2005/06)

Admitindo que uma boa combinação baseada nos valores registados no período 1946/47-2005/06 também o seria no período 1931/32-1990/91 (comprovado pela Tabela 5), os modelos de precipitação resultantes foram comparados por meio da taxa de variação, e apenas quanto à precipitação média. As equações de regressão encontram-se discriminadas no Anexo 8.

4.6 - Abordagem alternativa: inclusão de novas variáveis

4.5.1 - Nota introdutória

Como já foi verificado, as variáveis explicativas do padrão espacial da precipitação anual podem ser muito diversificadas. Aqui relata-se um exercício em SIG, tendo em vista a experimentação de outras variáveis independentes que pudessem contribuir para a variabilidade da precipitação. Essas variáveis resultaram de adaptações de variáveis sugeridas por alguns autores, observando as consequências na representação da precipitação.

Admitindo, segundo Daly *et al.* (1994, citado por Johansson e Chen, 2003), que os elementos geográficos e topográficos se correlacionam melhor com a precipitação a uma escala de 2–15 km, comparativamente com os elementos pontuais, então é possível calcular os valores médios de altitude e declive, considerando diversos raios em torno de cada estação (Johansson e Chen, 2003, citando Chuan e Lockwood, 1974 e Hill *et al.*, 1981; Portalés *et al.*, 2010). Conforme Wotling *et al.* (2000, citados por Hession e Moore, 2010), deste modo suavizam-se os efeitos locais. A exposição das vertentes pode ser incluída em modelos de precipitação, através das funções seno e cosseno do seu valor. A função seno dá uma medida de exposição E/W (1 e -1, respectivamente), e o cosseno uma medida de exposição N/S (1 e -1, respectivamente).

Partindo destes pressupostos, testou-se a eficácia da inclusão de mais três variáveis: **altitude média**, e o **seno** e **cosseno** dos **valores de exposição das vertentes**, todas elas verificadas num **raio de 5 km** em torno de cada célula. Tomando as variáveis usadas pelos modelos com cinco variáveis, mantiveram-se a latitude, longitude, e as distâncias ao mar segundo as orientações NO e SO. A altitude média num raio de 5 km substitui a altitude absoluta dos postos/estações, e com a adição das variáveis seno e cosseno da exposição média (no mesmo raio), fez-se um total de sete variáveis. As duas últimas variáveis são adimensionais, mas verificou-se o uso de variáveis deste tipo juntamente com outras referentes ao sistema métrico, na literatura científica.

4.5.2 - Criação das variáveis propostas

A criação das variáveis propostas recorreu ao modelo de geoprocessamento que deu origem à matriz de altitude (Anexo 6). A derivação da matriz da variável “altitude média num raio de 5 km” iniciou-se com a utilização da ferramenta *Focal Statistics*, aplicada ao modelo digital de terreno (Figura 16). Esta ferramenta realiza diversas estatísticas para cada célula de uma matriz, tomando em conta a sua vizinhança, neste caso, a média da altitude média numa vizinhança circular de 5000 m. O mesmo modelo digital de terreno deu origem à matriz de exposição (ferramenta *Aspect*).

Por meio da matriz de exposição, aplicando de novo a ferramenta *Focal Statistics*, procedeu-se de modo similar ao que foi descrito anteriormente, dando origem à matriz de exposição média. Por fim, converteram-se os valores de exposição média nos respectivos valores de seno e coseno, através de duas ferramentas distintas que operam essas funções (Figura 16). Visto, também, que seria necessário realizar combinações de postos/estações, obtiveram-se os valores tomados por cada nova variável, em cada posto usado. Através de uma *feature class* representativa da localização dos postos/estações, extraíram-se os valores relativos às células que se lhes sobrepunham (ferramenta *Extract to Point*). A melhor combinação de estações/postos no período 1946/47-2005/06 (com maior coeficiente de correlação) foi comparada com a mesma combinação para o período 1931/32-1990/91, tendo por base a precipitação média.

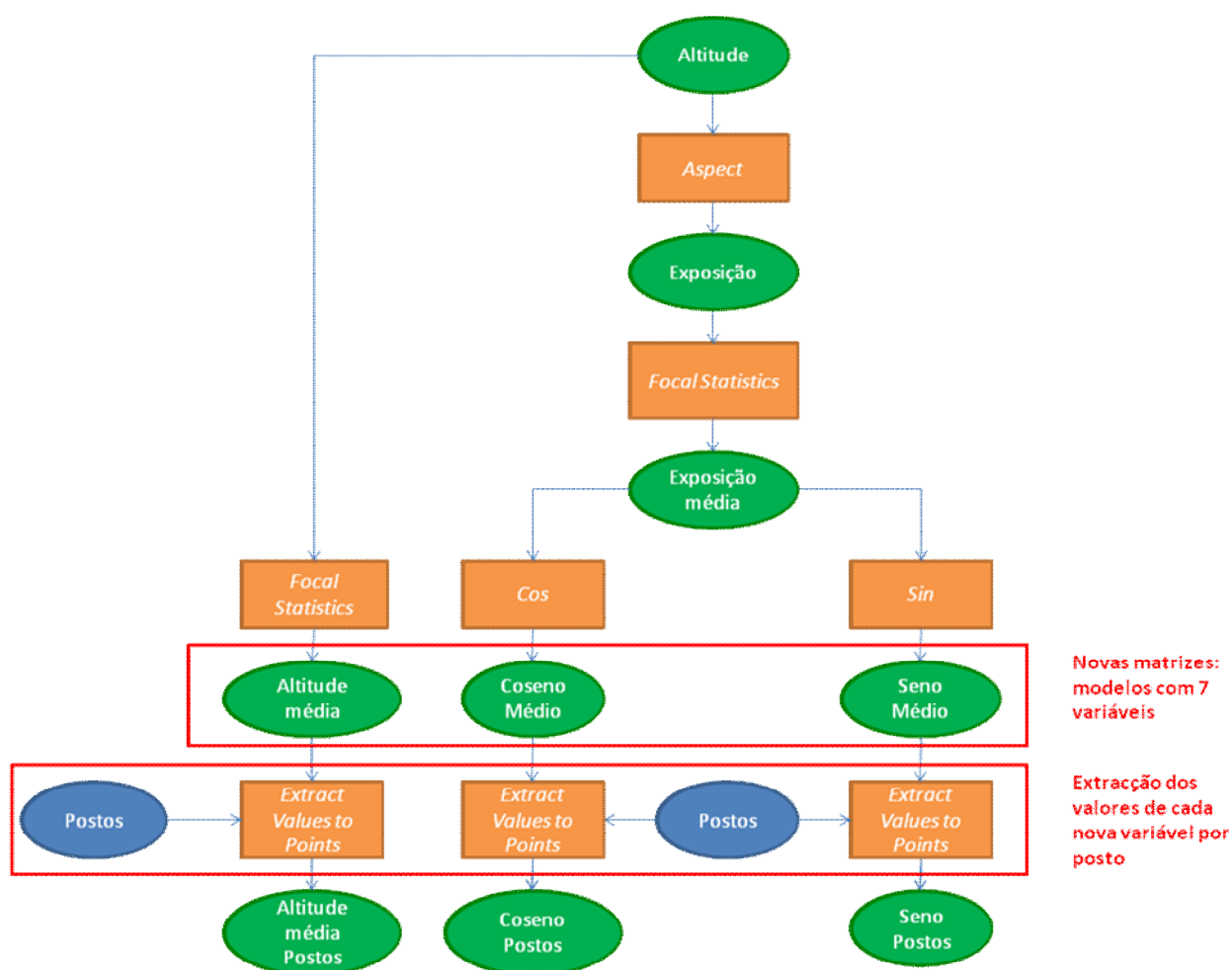


Figura 16 – Procedimento de criação das matrizes de altitude média e seno e coseno da exposição média, num raio de 5 km

Para executar os modelos estatísticos que seguiram esta abordagem, foi então executado um modelo de geoprocessamento de álgebra de mapas especificamente para a mesma. Esse modelo de geoprocessamento foi muito semelhante àquele que foi descrito aquando da utilização de cinco variáveis, diferenciando apenas no número e tipo de variáveis, conforme as adaptações descritas sobre esta abordagem alternativa (Figura 17).

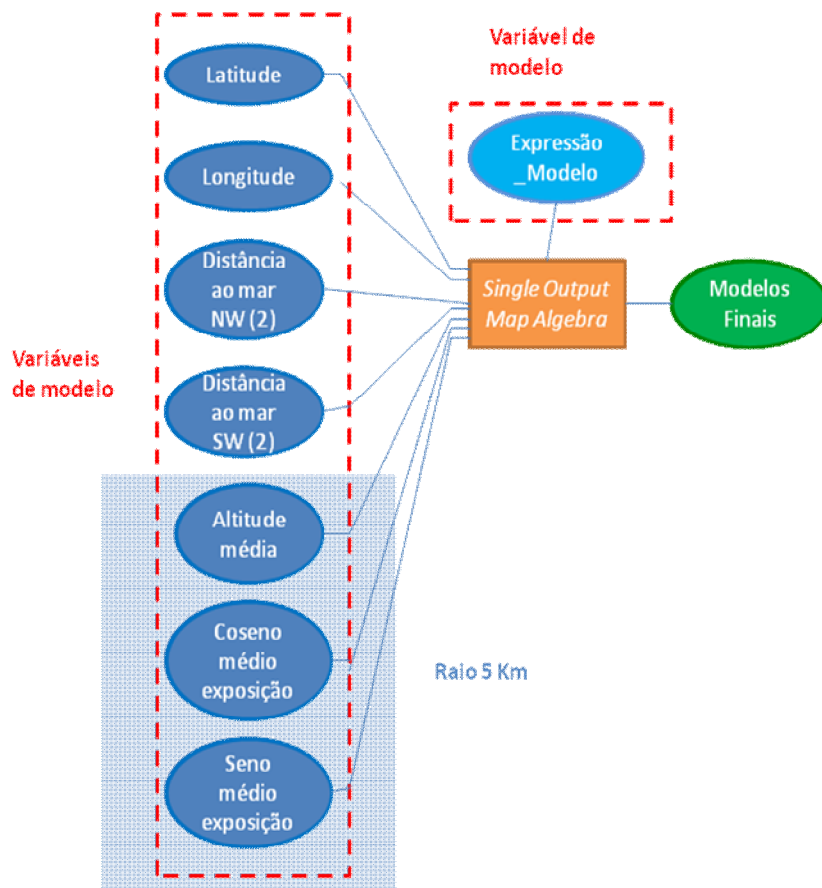


Figura 17 – Procedimento de criação das modelos de precipitação, a partir das matrizes de base

5 - Resultados dos modelos de precipitação

5.1 - Primeira fase

5.1.1 – Distribuição da precipitação anual no período 1931/32-1990/91

O modelo representativo da precipitação média no período 1931/32-1990/91 (Figura 18) pretendeu ser uma reprodução do modelo obtido para o mesmo período, e para o mesmo parâmetro estatístico, resultante do PREMIRA. Apesar da trama de cores não ser exactamente igual à original, e de o número de classes também ser diferente (Anexo 9), os padrões de distribuição da precipitação média anual e seus quantitativos mantiveram-se aproximadamente os mesmos, daí que se tenha sido aceite para integrar o processo de evolução da precipitação.

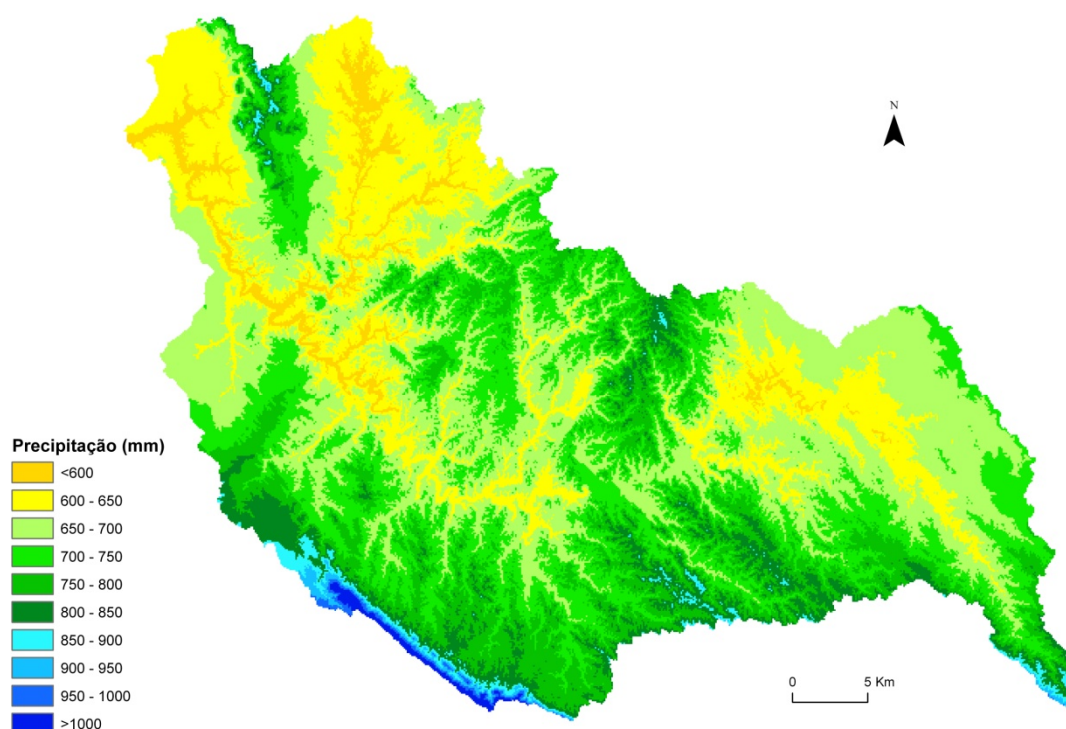


Figura 18 - Modelo representativo da precipitação média no período 1931/32-1990/91

O modelo que representa a distribuição da precipitação mediana (Figura 19) também segue a mesma avaliação, visto que aparenta manter o padrão espacial dessa variável, obtido após o PREMIRA (ver Anexo 9). Mas a média foi usada como referência, pois o coeficiente de determinação foi superior.

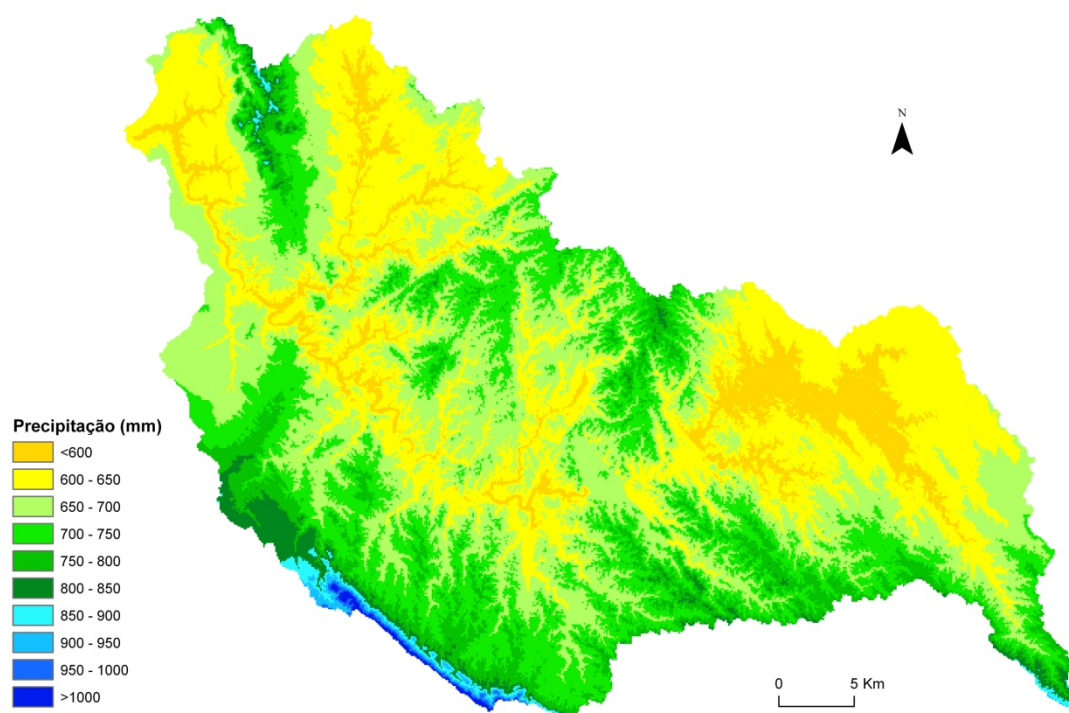


Figura 19 - Modelo representativo da precipitação mediana no período 1931/32-1990/91

Quanto ao modelo da variável desvio-padrão (Figura 20), este apresenta um padrão espacial muito influenciado pela distância ao litoral, segundo as orientações NO (sector ocidental e SO (sector oriental), e nem reflecte nem se aproxima da mesma representação obtida pelo PREMIRA (Anexo 9). Essa constatação pode ser mesmo verificada ao nível quantitativos, onde há áreas cujo desvio-padrão ultrapassa 800 mm, enquanto que no PREMIRA se tinha constatado que o valor mais elevado era 354 mm.

Tal situação influenciou a representação do coeficiente de variação, que resulta da razão entre os modelos do desvio padrão e a média (Figura 21 e Anexo 9). Na base desta situação poderá estar um erro sistemático, que não foi detectado e corrigido a tempo de permitir incluir modelos de precipitação correctos, relativos a essas variáveis.

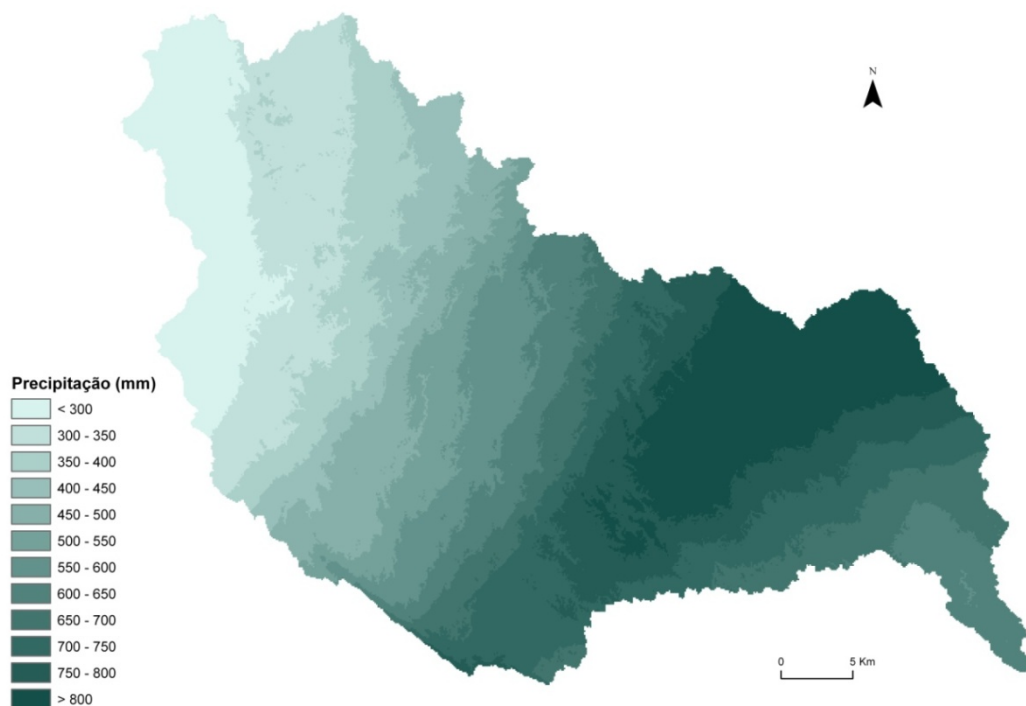


Figura 20 - Modelo representativo do desviopadrão da precipitação no período 1931/32-1990/91

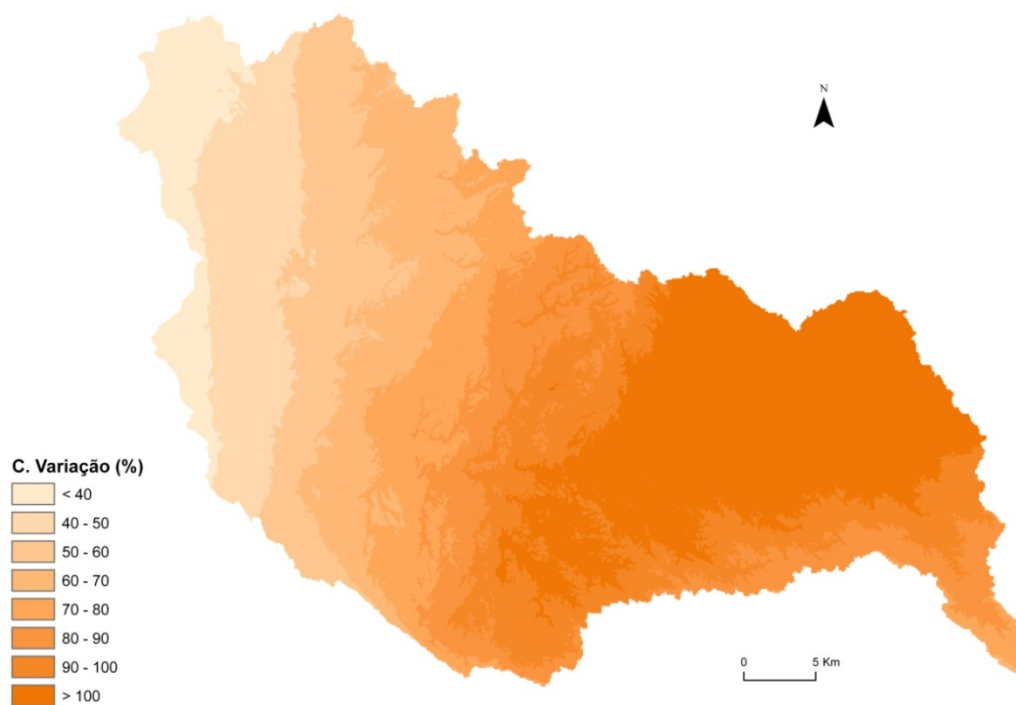


Figura 21 - Modelo representativo do coeficiente de variação da precipitação no período 1931/32-1990/91

5.1.2 – Distribuição da precipitação anual no período 1946/47-2005/06

Neste ponto são apresentados os resultados dos modelos de precipitação anual para o período 1946/47-2005/06, considerando a combinação de estações/postos com grau de fiabilidade superior a 80%, cujos coeficientes de determinação foram os mais elevados.

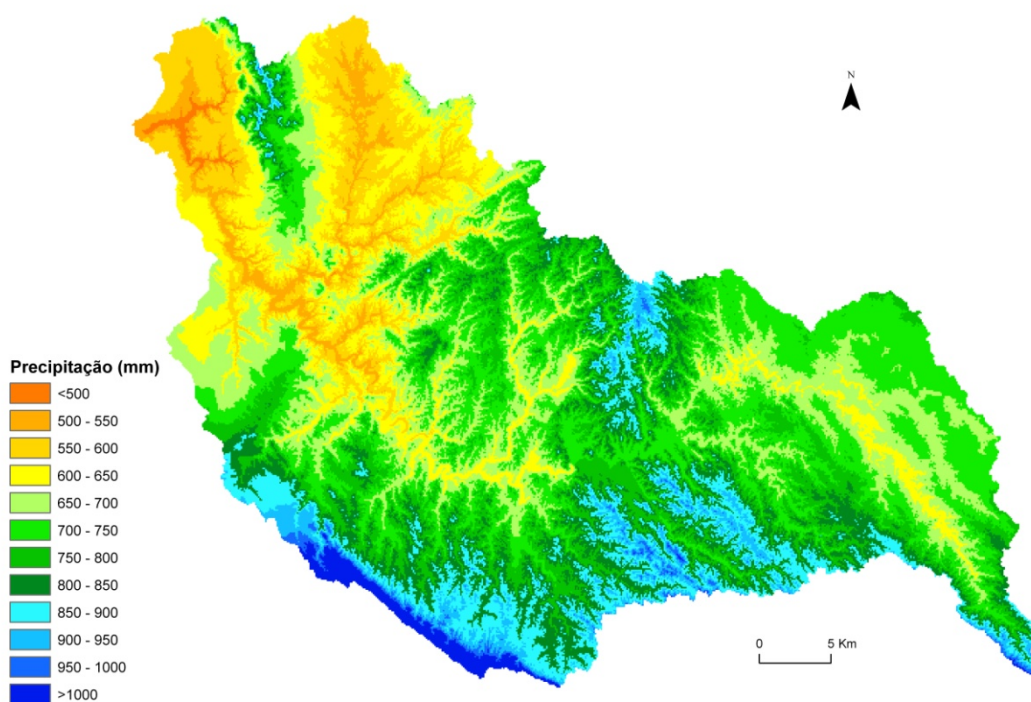


Figura 22 – Modelo representativo da precipitação média no período 1946/47-2005/06

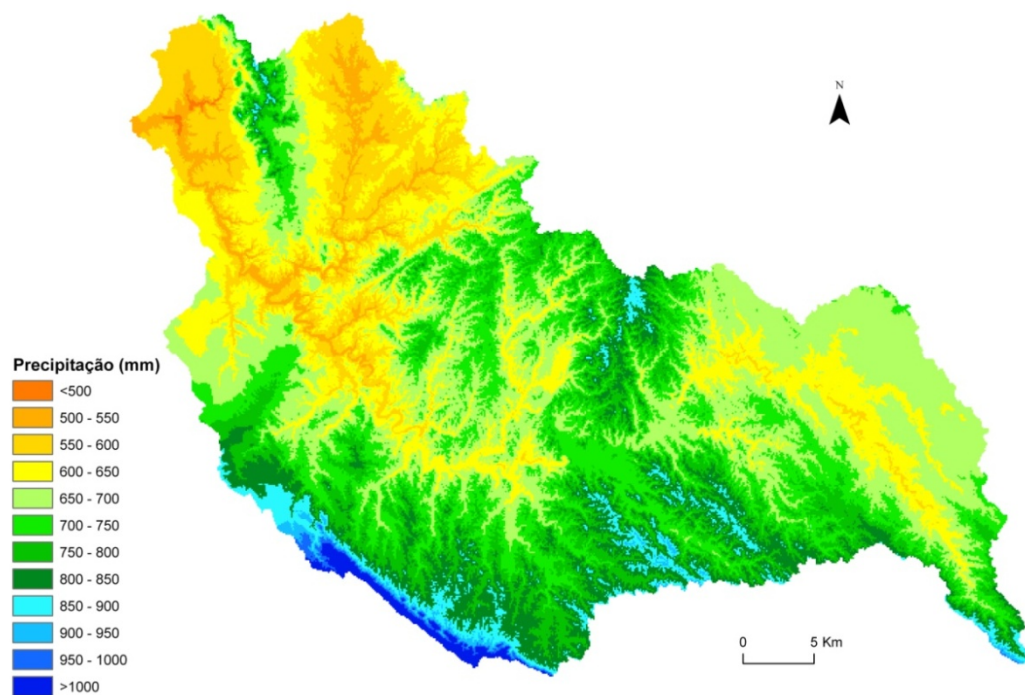


Figura 23 – Modelo representativo da precipitação mediana no período 1946/47-2005/06

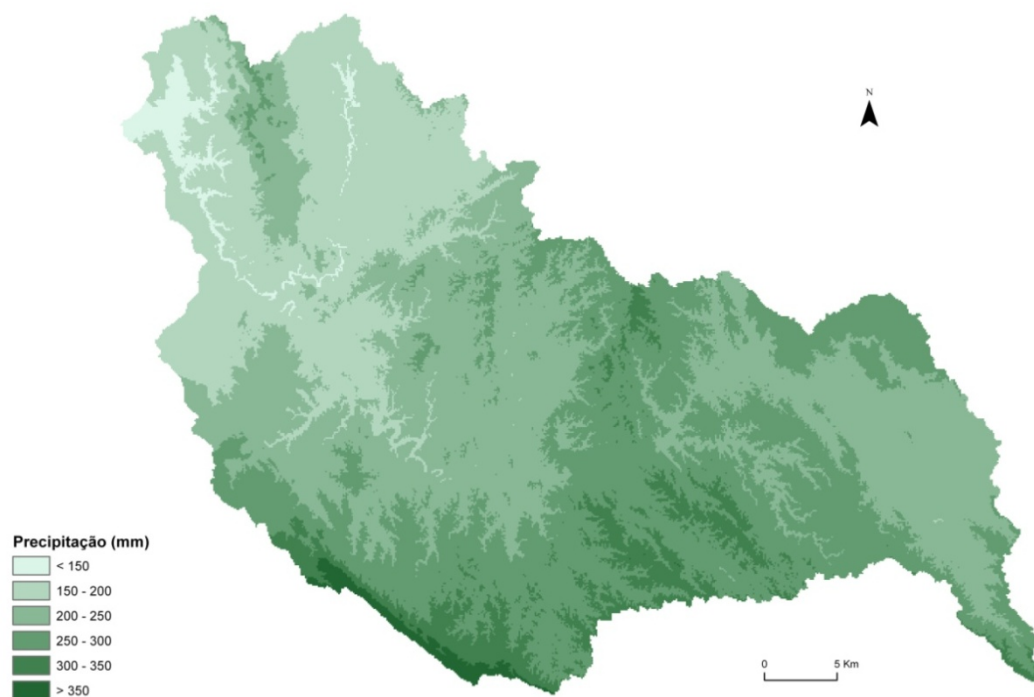


Figura 24 – Modelo representativo do desvio padrão da precipitação no período 1946/47-2005/06

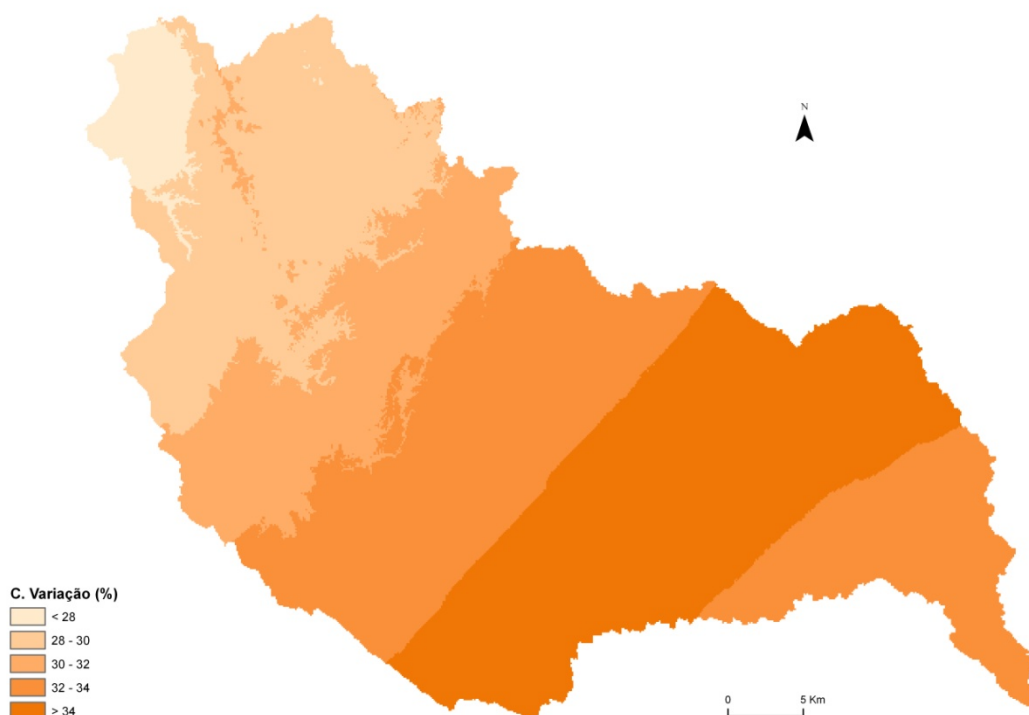


Figura 25 – Modelo representativo do coeficiente de variação da precipitação no período 1946/47-2005/06

Os resultados obtidos são globalmente aceitáveis, excepto a distribuição espacial do coeficiente de variação, que merece uma verificação mais atenta, em termos de processos conducentes a esse modelo.

5.1.3 – Taxa de variação da precipitação média e validade dos modelos

O modelo da Figura 26, obtido através da diferença espacial das matrizes correspondentes aos mapas da precipitação média anual para os dois períodos estudados, mostra a taxa de variação, quanto à média, entre os períodos 1931/32-1990/91 e 1946/47-2005/06. Observou-se uma diminuição da precipitação nas áreas com menor altitude, próximas do litoral, com maior destaque para o sector vestibular. Por seu turno, os aumentos mais significativos na precipitação abrangeram todo sector central, entre 5 a 15%, mas com maior preponderância no extremo Sudoeste (<15%).

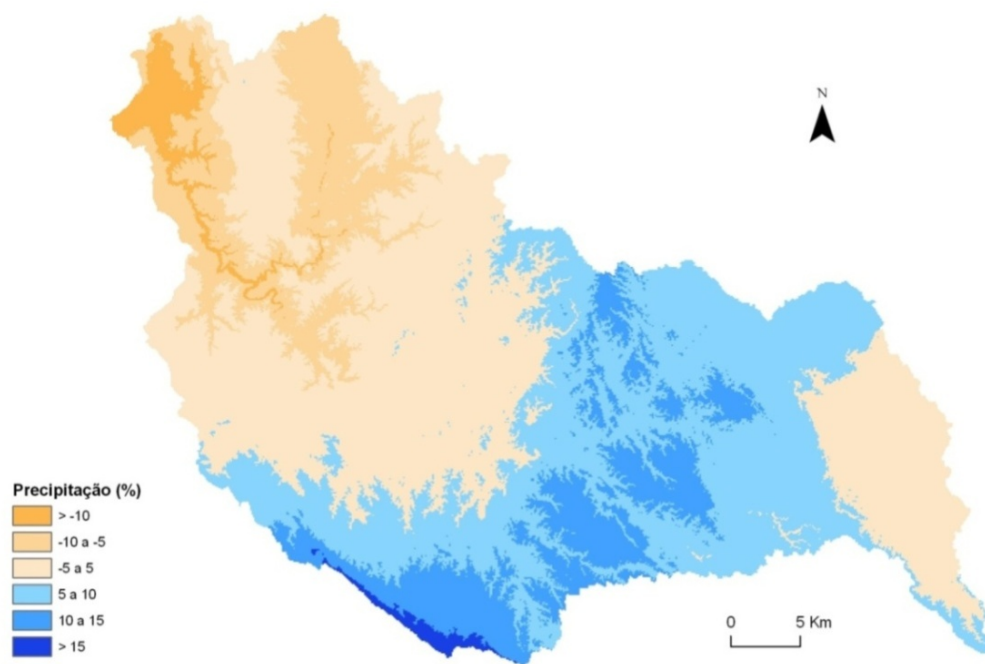


Figura 26 – Distribuição espacial da taxa de variação da precipitação média entre 1931/32-1990/91 e 1946/47-2005/06

A validade dos modelos apresentados até aqui foi avaliada tomando em consideração a diferença entre os valores de precipitação estimados e reais (resíduos), em cada posto/estação e período temporal, para os parâmetros média, mediana e desvio-padrão (Tabela 6).

Os valores estimados pela função de regressão linear múltipla do *Excel* foram calculados apenas para as estações/postos que integraram o processo de modelação, tornando-se necessário conhecer os valores estimados, por essas mesmas equações, para as estações/postos que ficaram fora desse processo.

Os resíduos observados nas estações/postos incluídos nos modelos de precipitação apresentados, no que toca à média e à mediana, não ultrapassam os 50 mm, regra geral (Tabela 6). Apenas em Relíquias esse valor é ultrapassado, no entanto, atendendo só àqueles que foram incluídos, os modelos de precipitação representados têm validade. Mas, através dos resíduos das estações/postos não incluídos, o facto comum é que Barragem de Mira, Santa Clara, Zambujeira e Alferce (esta última para o único período em que foi excluída, 1931/32-1990/91) apresentem grandes diferenças em relação aos valores reais.

ESTAÇÕES/POSTOS		1931/32-1990/91			1946/47-2005/06		
		Média	Mediana	Desv. padrão	Média	Mediana	Desv. padrão
INCLUÍDOS	Sobreira	14,6	15,3	2,9	1,1	1,3	-1,4
	S. Marcos	5,4	15,5	-0,1	-7,7	-0,3	-7,8
	Santana	-18,9	-34,2	-13,2	3,4	-0,4	5,0
	Relíquias	-40,6	-48,9	-5,6	-75,7	-55,2	-14,4
	Ald. Palheiros	44,3	45,9	-2,1	24,2	22,3	-2,7
	Almodôvar	-20,7	-14,1	7,5	4,9	0,4	6,1
	Cercal	23,3	33,8	5,5	52,0	38,7	9,5
	Sabóia	-13,2	-15,6	4,0	-13,0	-12,8	1,4
	Odemira	5,9	2,3	1,1	-7,8	-6,5	-1,5
	Alferce				18,7	12,3	5,7
NÃO INCLUÍDOS	Alferce	222,9	154,2	49,8			
	S. Barnabé	-43,6	-29,3	-27,1	-3,0	-7,7	4,1
	S. Sebastião	-30,2	-11,3	-26,9	-14,7	-7,0	-5,1
	Barr. Mira	-124,5	-112,6	-58,5	-200,3	-201,1	-91,4
	Santa Clara	-208,8	-170,4	-81,4	-220,1	-194,9	-89,4
	Zambujeira	-149,3	-153,9	-58,6	-207,9	-197,8	-77,9

Tabela 6 – Resíduos (mm), observados em cada estação/posto, nos períodos 1931/32-1990/91 e 1946/47

Pelo exposto, tornou-se legítimo a experimentação de outras combinações de estações, que obtivessem valores mais próximos dos reais, pelo menos em Zambujeira e Barragem de Mira, verificando se os mesmos seriam válidos.

5.2 – Segunda fase

Nos Anexos 10 e 11 são apresentados, respectivamente, os resultados dos modelos dos períodos 1931/32-1990/91 e 1946/47-2005/06, e as taxas de variação da precipitação média entre esses períodos, experimentados na segunda fase. De um modo geral, a taxa de variação da precipitação média (Anexo 11) teve tendência a ser negativa no sector ocidental (litoral), e a registar valores que revelam estabilidade (variação entre -5 e 5%) no sector oriental (interior), observando-se uma área de transição entre sectores.

Nos modelos que usaram uma combinação de doze estações, observou-se uma diminuição da precipitação superior a 15%, com grande expressão espacial, no sector litoral a

Norte de Zambujeira e na área correspondente ao vale da Ribeira de Torgal. Esses valores de variação encontraram-se confinados ao sector vestibular, nas restantes combinações (Anexo 11). No que toca a áreas que revelaram um aumento da precipitação entre os períodos analisados, a taxa de variação entre modelos que tiveram em comum a inclusão de Sabóia (além das seis melhores séries e Zambujeira) mostrou a existência, no sector oriental, de uma faixa de orientação SO-NE onde a precipitação teve um aumento acima de 5%. Essa faixa também foi observada para a taxa de variação entre modelos que usaram a combinação de estações/postos mais equilibrada, que também tiveram em comum a inclusão dos dados referentes a esses locais.

Avaliando os resíduos dos valores de precipitação observados em cada posto/estação, para cada combinação usada nos modelos (nos períodos 1931/32-1990/91 e 1946/47-2005/06), verificou-se que, de um modo geral, estas não são viáveis para representar os padrões de distribuição da precipitação anual. Esta situação foi visível dando ênfase à diferença entre os valores estimados e reais, nos postos/estações que foram excluídos em cada combinação (Tabelas 7 e 8).

Na combinação de 12 estações/postos, em Zambujeira, Barragem de Mira e Santa Clara (estações/postos excluídos) verificaram-se valores reais muito abaixo dos esperados. Todavia, o factor mais determinante para não tomar esta combinação como válida foi o grande distanciamento entre esses valores em Zambujeira (mais próxima do litoral), e em Barragem de Mira, cuja área de influência se supõe muito abrangente, visto não haver estações ou postos mais próximos.

ESTAÇÕES/ POSTOS	1931/32-1990/91					
	12 estações	6 +Cer+Zam	6+Zam	6+Cer+Sab+ Zam	6+Sab+Zam	Comb. Próx.
Sobreira	6,0	7,8	-0,3	2,3	-6,6	24,6
S. Marcos	-7,9	9,4	1,0	48,3	30,5	35,5
Santana	16,3	-33,9	-0,6	-22,8	16,0	-40,6
Relíquias	-75,2	-23,8	0,8	-23,1	6,9	-14,7
Ald. Palheiros	30,6	9,6	-1,0	35,0	17,2	38,9
Almodôvar	1,7	9,7	0,6	-21,2	-26,5	-43,9
Cercal	45,3	21,3	117,6	27,2	144,2	14,0
Zambujeira	-208,1	-0,1	-0,5	-15,3	-12,9	-53,2
Sabóia	-17,0	-146,3	-123,4	-30,5	-24,7	-14,6
Odemira	-1,1	161,0	182,9	117,8	152,9	54,0
Alferce	16,7	310,2	173,8	348,7	174,1	401,1
S. Barnabé	-9,1	22,8	26,0	-11,4	-0,9	-49,1
S. Sebastião	-6,3	13,3	15,1	-16,5	-8,6	-45,6
Barr. Mira	-156,9	-434,4	-406,1	-231,5	-235,7	-140,8
Santa Clara	-197,2	-382,4	-358,1	-298,2	-284,6	-249,0

Tabela 7 – Resíduos observados por estação/posto e por cada combinação usada (1931/32-1990/91). *Nota:* a sombreado, postos/estações excluídos de cada combinação

ESTAÇÕES/ POSTOS	1946/47-2005/06					
	12 estações	6 +Cer+Zam	6+Zam	6+Cer+Sab+ Zam	6+Sab+Zam	Comb. Próx.
Sobreira	2,1	8,1	-1,7	3,2	-7,0	24,1
S. Marcos	-7,0	15,7	5,5	50,6	30,4	38,5
Santana	5,1	-43,3	-3,1	-33,3	10,8	-50,1
Relíquias	-75,4	-25,2	4,4	-24,5	9,6	-16,7
Ald. Palheiros	26,9	7,3	-5,4	30,1	9,8	33,7
Almodôvar	9,6	14,3	3,3	-13,4	-19,5	-34,8
Cercal	51,1	25,6	141,6	30,9	164,0	18,6
Zambujeira	-208,1	-2,5	-3,0	-16,1	-13,4	-51,7
Sabóia	-14,2	-131,3	-103,7	-27,4	-20,7	-12,4
Odemira	-5,7	149,5	175,9	110,7	150,7	50,7
Alferce	17,9	317,0	152,8	351,5	153,0	400,7
S. Barnabé	0,4	30,8	34,6	0,1	12,0	-35,3
S. Sebastião	-10,7	5,6	7,8	-21,1	-12,1	-48,4
Barr. Mira	-204,6	-459,2	-425,1	-277,1	-281,9	-191,8
Santa Clara	-220,3	-394,3	-365,1	-318,8	-303,3	-272,5

Tabela 8 – Resíduos observados por estação/posto e por cada combinação usada (1946/47-2005/06). *Nota:* a sombreado, postos/estações excluídos de cada combinação

No caso das quatro combinações que incluíram sempre as seis melhores séries e Zambujeira, foi comum a observação de elevados resíduos em Odemira, Alferce, Barragem de Mira e Santa Clara, nos períodos analisados. Em duas combinações das quatro mencionadas, Cercal apresentou resíduos de igual modo elevados, em situações em que tinham sido incluídos poucos postos/estações. Contudo, apesar dos resíduos apresentados por Zambujeira terem sido satisfatórios, mais uma vez tal não se verificou para Barragem de Mira, local consirado como chave na modelação, e sua avaliação.

Finalmente, constatou-se que a combinação mais equilibrada foi aquela que obteve resíduos mais aceitáveis para as estações excluídas (“combinações próximas”), pese embora o valor observado em Alferce. De facto, é um valor muito elevado, mas trata-se da estação/posto que registou os valores mais elevados de precipitação média anual, em ambos os períodos analisados, e onde já se tinha verificado que a variabilidade em termos quantitativos (dada pelo desvio padrão) era elevada. Ainda assim, o factor mais preponderante na afirmação da viabilidade deste combinação foi o resíduo verificado em Barragem de Mira que, ainda que seja muito elevado, é o mais baixo de entre as combinações alvo de comparação.

5.3 – Modelos com novas variáveis: abordagem alternativa

Os modelos feitos a partir de sete variáveis (latitude; longitude; distâncias ao mar segundo as orientações NO e SO; e altitude média, seno e coseno da exposição média, num raio de 5 km), obtiveram a melhor combinação de estações/postos pela exclusão de Barragem de Mira e Santa Clara-a-Nova.

Há uma grande similaridade entre os períodos estudados, visto que os padrões de precipitação média anual são aproximados (Figuras 27 e 28).

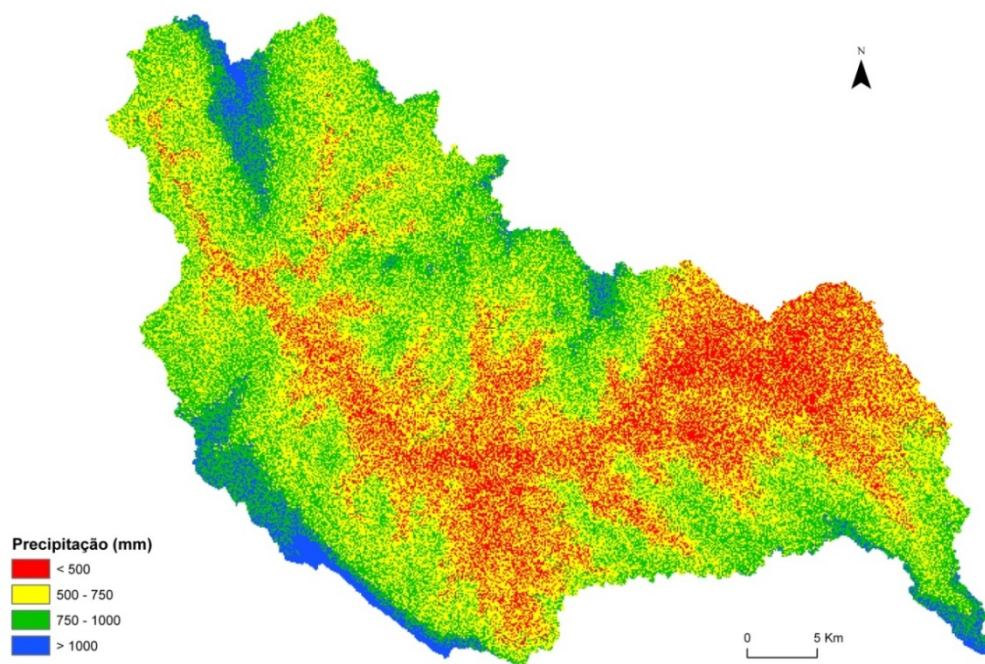


Figura 27 – Modelo da distribuição da precipitação média no período 1931/32-1990/91, usando 7 variáveis

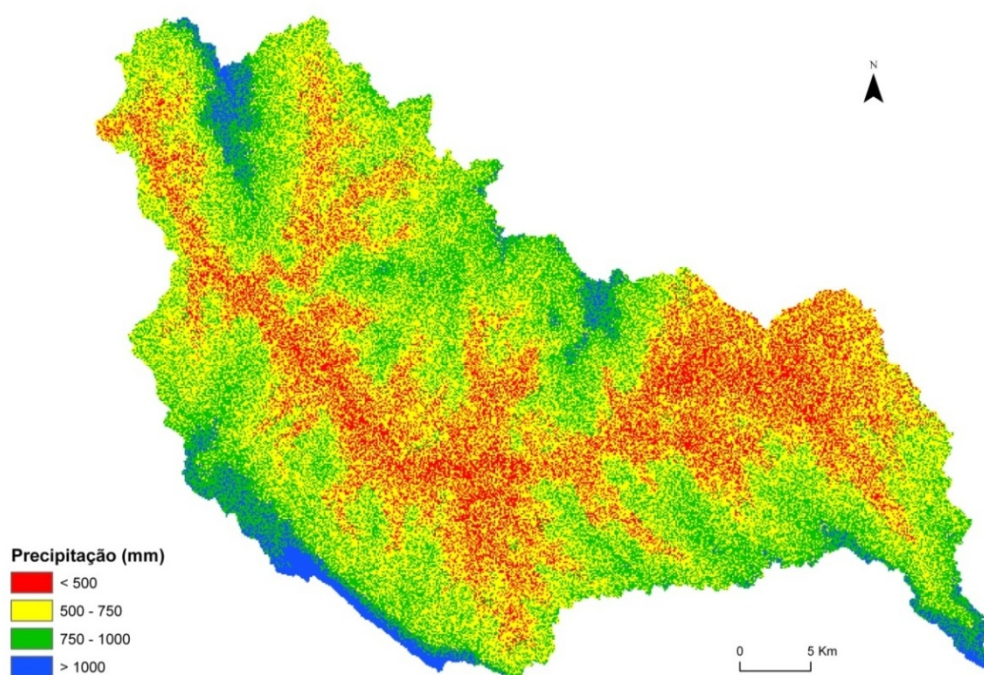


Figura 28 – Modelo da distribuição da precipitação média no período 1946/47-2005/06, usando 7 variáveis

Esta abordagem poderia ser reformulada, dada a disparidade em relação aos padrões espaciais encontrados através do uso de cinco variáveis, e alguns erros de base. O primeiro erro introduzido estará relacionado com o raio admitido em torno de cada célula, sendo exagerado tendo em conta as dimensões da bacia. Ao nível das variáveis utilizadas, algumas poderão ser incompatíveis, devendo-se também reflectir sobre a questão do uso de variáveis adimensionais. Em último lugar, há que mencionar o problema da imprecisão das coordenadas dos postos/estações, pois foram introduzidos valores extraídos de células que não corresponderão à sua localização correcta. Por estes motivos, esta abordagem não se constituiu uma verdadeira alternativa.

6 - Propostas de Desenvolvimento Futuro

São diversificadas as hipóteses de desenvolvimento que um trabalho com estas características pode seguir, apresentando-se aqui duas daquelas que se revestem de maior utilidade.

Os padrões espaciais de distribuição da precipitação observados em episódios chuvosos podem ser representados de acordo com a sua génese, diferenciando fluxos de NO e de SO. O SNIRH (Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos) disponibiliza, para além da informação tratada ao longo do presente relatório, e entre outros parâmetros, a precipitação diária ocorrida na generalidade da rede mantida por essa entidade. Com esses dados organizados segundo os locais de registo e a data de ocorrências, é possível verificar eventos chuvosos na área de estudo, através da simultaneidade de grandes quantitativos de precipitação num dia, ou em vários dias seguidos. Os fluxos dos quadrantes NO e SO são responsáveis pela maioria da precipitação verificada no nosso país, sabendo-se, de antemão, que os fluxos de SO representam, muitas vezes, uma particular importância no Sul de Portugal, com diversos eventos muito chuvosos, facto associado às características dessas massas de ar. Ao fazer-se a selecção de um, ou mais eventos abrangentes, segundo um dos fluxos mencionados, pode ser calculada a média da precipitação em cada estação/posto. Tomando a precipitação média como variável dependente, e usando as cinco variáveis

independentes que originaram os modelos de distribuição da precipitação já apresentados, poder-se-ia calcular os coeficientes de regressão para várias combinações de postos, seleccionando aquela que obtivesse melhor resultado estatístico e verificasse uma maior abrangência espacial. Assim seria possível analisar o padrão de distribuição da precipitação média dum evento relativo a cada um desses fluxos.

Infelizmente, não há dados diários sobre a direcção do vento registada nesses locais (tanto horária como a média diária), a uma altitude que não seja influenciada pelas condições do terreno. As informações mais precisas seriam dadas por sondagens aerológicas, ou então por dados registados por estações da rede do IM, dentro ou na envolvente da bacia. Uma possibilidade de contornar esta contrariedade, embora menos precisa, é a utilização de dados provenientes de satélites, mais concretamente das denominadas re-análises.

Os dados mais acessíveis, embora menos precisos, podem ser obtidos de forma gratuita através dos organismos NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*, EUA) ou do ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*). Essa informação encontra-se em formato *netCDF* (*Network Common Data Form*), que armazena dados multidimensionais tais como temperatura, humidade, pressão, velocidade do vento, e direcção. No caso de não serem disponibilizados os valores da direcção do vento, esta variável pode ser calculada usando funções trigonométricas aplicadas às componentes U e V, cujos vectores definem o vector do vento.

A resolução das *grids* das re-análises pode levar à cobertura total da área de estudo por um só *pixel*, implicando um único valor de direcção do vento para todos locais e uma precisão muito baixa para o objectivo proposto. Os ficheiros com este formato podem ser abertos e processados pelo *ArcGIS*, mas dificuldades técnicas no tratamento dos dados provenientes de re-análises, assim como o tempo disponível não permitiram obter resultados, no entanto o trabalho de selecção de eventos chuvosos já tinha sido iniciado.

A outra possibilidade de trabalho prende-se com a utilização de outros métodos geoestatísticos, que se encontram largamente difundidos pela literatura científica (*IDW*, *Spline*, *Kriging*). Sem entrar na enumeração e descrição desses métodos, estes são uma forma alternativa de representar padrões espaciais de precipitação, possibilitando que variáveis ambientais representadas sob forma pontual possam ser transformadas em variáveis contínuas

através de interpolação. Um método não pode ser aplicado a qualquer série de dados, e a existência duma baixa densidade de amostras (muito frequente) determina a importância de seleccionar o método mais adequado (Silva, 2005). A realização de estudos comparativos auxilia nessa decisão, onde uma abordagem focada em ferramentas de validação revela-se muito consistente, a par da experiência e conhecimentos dos técnicos (*op. cit.*).

O maior interesse em experimentar outros métodos geoestatísticos residiria na possibilidade de comparar os resultados obtidos através do seu uso com aqueles que foram alcançados por meio da regressão linear múltipla, observando a sua eficiência numa área com as dimensões observadas e complexidade do relevo. Seria uma excelente oportunidade de verificar que os modelos de precipitação e respectiva validação dos resultados não se devem focar em demasia nos critérios matemáticos, mas ter em atenção a dinâmica entre as massas de ar e o relevo, a nível regional.

Conclusão

O estágio realizado no IGP, no âmbito do Mestrado em Gestão do Território, revelou-se ímpar na integração em ambiente de trabalho de investigação.

A possibilidade de trabalhar na área da Climatologia, mais concretamente na análise de dados de precipitação associada ao uso de SIG; a boa definição cronológica das tarefas a desempenhar e a facilidade de esclarecer dúvidas que foram surgindo e de partilhar idéias acerca do trabalho desenvolvido ao longo do estágio, criaram condições necessárias para estimular a vontade e perseverança em alcançar os objectivos definidos. Em termos de aptidões adquiridas, realça-se a exploração de ferramentas de tratamento estatístico e o aprofundamento de ferramentas e metodologias de análise espacial em SIG, além de um maior conhecimento acerca das potencialidades de trabalho que podem ser exploradas neste tipo de estudos.

Pelas experiências realizadas com os dados disponíveis, há que referir que os dados de precipitação designados experimentais, resultantes de outra metodologia de estimativa de dados, não conduziram a valores médios muito diferentes daqueles que se tinham registado com os dados de base, daí que não tenham sido úteis para alcançar os objectivos de trabalho. Já os testes de homogeneidade vieram confirmar a utilidade da generalidade das séries de precipitação usadas, mesmo após o seu processo de reconstrução, por preenchimento de lacunas, não sendo vinculativa a rejeição de uma série quando esta fosse considerada não homogénea.

Por fim, fazendo um apontamento relacionado com o contributo cognitivo, este estudo contribuiu para cimentar um olhar crítico em relação aos modelos de distribuição da precipitação. Esse reparo baseou-se nas comparações entre diversas combinações de estações/postos que foram testadas e que fizeram variar os resultados da representação espacial da precipitação. A abordagem de modelação denominada alternativa, em relação àquela que serviu de base, não trouxe resultados positivos, e a sua validade só poderia trazer benefícios com a sua reformulação. O trabalho realizado permitiu concluir que um bom modelo é aquele que mais se aproxima da realidade, não se devendo procurar somente a sua validade estatística, mas também, antes de mais, a representatividade geográfica dos dados de entrada, sem a qual não é possível concretizar o modelo.

Referência bibliográficas

Alves da Silva, A. (1999) – “Análise Espacial e Temporal da Distribuição da Precipitação Anual na Bacia Vertente do Rio Mira: Desenvolvimento de um SIG para zonamento e análise da precipitação anual 1931/32-90/91” - Relatório provisório do projecto PREMIRA, IGP, Lisboa, 340p. , não publicado.

Beaulieu, C; Ouarda, T.; Seidou, O. (2010) – “A Bayesian normal homogeneity test for the detection of artificial discontinuities in climatic series”, *International Journal of Climatology*, 30: 2342-2357, DOI: 10.1002/joc.2056.

Diodato, N. (2005) – “The influence of topographic co-variables on the spatial variability of precipitation over small regions of complex terrain”, *International Journal of Climatology*, 25: 351–363, DOI: 10.1002/joc.1131.

González-Rouco, J. F.; Jiménez, J. L.; Quesada, V., Valero, F. (2001) – “Quality control and homogeneity of precipitation data in the southwest of Europe”, *Journal of Climate*, 14: 964–978.

Hession, S; Moore, N. (2010) – “A spatial regression analysis of the influence of topography on monthly rainfall in East Africa”, *International Journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.2174.

Johansson, B.; Chen, D (2003) – “The influence of wind and topography on precipitation distribution in Sweden: statistical analysis and modeling”, *International Journal of Climatology*, 23: 1523–1535, DOI: 10.1002/joc.951.

Longobardi, A.; Villani, P. (2010) – “Trend analysis of annual and seasonal rainfall time series in the Mediterranean area”, *International Journal of Climatology*, 30: 1538–1546, DOI: 10.1002/joc.2001.

Moral, F. (2010) – “Comparison of different geostatistical approaches to map climate variables: application to precipitation”, *International Journal of Climatology*, 30:620 – 631, DOI: 10.1002/joc.1913.

Portalés, C.; Boronat, N.; Pardo-Pascual, J.; Balaguer-Beser, A. (2010) - Seasonal precipitation interpolation at the Valencia region with multivariate methods using geographic and topographic information, *International Journal of Climatology*, 30: 1547–1563, DOI: 10.1002/joc.1988.

Ramos-Calzado, P.; Gómez-Camacho, J.; Pérez-Bernal, F.; Pita-López, M. F. (2008) – “A novel approach to precipitation series completion in climatological datasets: application to Andalusia”, *International Journal of Climatology*, 28: 1525–1534, DOI: 10.1002/joc.1657.

Silva, José Álvaro (2005) – “Estimação da temperatura média do ar em Portugal Continental: Teste e comparação de métodos de interpolação em Sistemas de Informação Geográfica”, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

Vicente-Serrano, S.; Beguería, S.; López-Moreno, J.; García-Vera, M.; Stepanek, P. (2010) – “A complete daily precipitation database for northeast Spain: reconstruction, quality control, and homogeneity”, *International Journal of Climatology*, 30: 1146–1163, DOI: 10.1002/joc.1850.

URL:

Instituto Geográfico Português: www.igeo.pt

ArcGIS 9.2 Desktop Help: <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/>

Anexos

Anexo 1 – Lista de artigos científicos consultados

Nome	Autor(es)	Ano	Código	Publicação/revista	Volume	Edição	Páginas	Categoria
Seasonal precipitation interpolation at the Valencia region with multivariate methods using geographic and topographic information	C. Portalés, N. Boronat, J. Pardo-Pascual, A. Balaguer-Beser	2009	10.1002/joc.1988	International Journal of Climatology	30	Wiley InterScience	1547-1563	Tratamento_Dados/ Geostatística
Trend analysis of annual and seasonal rainfall time series in the Mediterranean area	A. Longobardi, P. Villani	2009	10.1002/joc.2001	International Journal of Climatology	30	Wiley InterScience	1538-1546	Tratamento_Dados
The influence of wind and topography on precipitation distribution in Sweden: statistical analysis and modelling	B. Johansson, D. Chen	2003	10.1002/joc.951	International Journal of Climatology	23	Wiley InterScience	1523-1535	Tratamento_Dados/ Geoestatística
The influence of topographic co-variables on the spatial variability of precipitation over small regions of complex terrain	N. Diodato	2005	10.1002/joc.1131	International Journal of Climatology	25	Wiley InterScience	351- 363	Geoestatística
Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall	P. Goovaerts	2000		Journal of Hydrology	228		113-129	Geoestatística
A complete daily precipitation database for northeast Spain: reconstruction, quality control, and homogeneity	S. Vicente-Serrano, S. Beguería, J. López-Moreno, M. García-Verac, P. Stepánek	2010	10.1002/joc.1850	International Journal of Climatology	30	Wiley InterScience	1146-1163	Tratamento_Dados
Monthly precipitation trends on the Mediterranean fringe of the Iberian Peninsula during the second-half of the twentieth century (1951–2000)	J. Gonzalez-Hidalgo, J. A. Lopez-Bustins, P. Stepánek, J. Martin-Vide, M. de Luis	2009	10.1002/joc.1780	International Journal of Climatology	29	Wiley InterScience	1415-1429	Tratamento_Dados
Rainfall trends in the KwaZulu-Natal Drakensberg region of South Africa during the twentieth century	W. Nel	2009	10.1002/joc.1814	International Journal of Climatology	29	Wiley InterScience	1634-1641	Tratamento_Dados
Trend detection of annual and seasonal rainfall in Calabria (Southern Italy)	T. Caloiero, R. Coscarelli, E. Ferrari, M. Mancini	2009	10.1002/joc.2055	International Journal of Climatology		Wiley InterScience		Tratamento_Dados
Seasonal precipitation trends in the Mediterranean Iberian Peninsula in second half of 20th century	M. De Luis, J. González-Hidalgo, L. Longares, P. Stepánek	2008	10.1002/joc.1778	International Journal of Climatology	29	Wiley Online Library	1312-1323	Tratamento_Dados
Appropriate application of the Standardized Precipitation Index in arid locations and dry seasons	H. Wu, M. Svoboda, M. Hayes, D. Wilhite, F. Wen	2007	10.1002/joc.1371	International Journal of Climatology	27	Wiley InterScience	65-79	Tratamento_Dados
A Bayesian normal homogeneity test for the detection of artificial discontinuities in climatic series	C. Beaulieu, T. Ouara, S. Seidou	2010	10.1002.joc.2056	International Journal of Climatology	30	Wiley Online Library	2342-2357	Tratamento_Dados

(Continuação)

Nome	Autor(es)	Ano	Código	Publicação/revista	Volume	Edição	Páginas	Categoria
A novel approach to precipitation series completion in climatological datasets_application to Andalusia	P. Ramos-Calzado, J. Gómez-Camacho, F. Pérez-Bernal, M. Pita-López	2008	10.1002/joc.1657	International Journal of Climatology	28	Wiley InterScience	1525-1534	Tratamento_Dados
Classification of daily abundant rainfall patterns and associated large_scale atmospheric circulation types in Southern Portugal	M. Fragoso, P. Tildes Gomes	2008	10.1002/joc.1564	International Journal of Climatology	28	Wiley InterScience	537-544	Tratamento_Dados
Comparison of interpolation methods for mapping climatic and bioclimatic variables at regional scale	F. Attorre, M. Alfo, M. de Sanctis, F. Francesconi, F. Bruno	2007	10.1002/joc.1495	International Journal of Climatology	27	Wiley Online Library	1825-1843	Tratamento_Dados/Geoestatística
Detecting spatio_temporal precipitation variability in Portugal using multichannel singular spectral analysis	S. Antunes, Oliveira Pires, A. Rocha	2006	10.1002/joc.1358	International Journal of Climatology	26	Wiley InterScience	2199-2212	Tratamento_Dados
Homogenization of long_term monthly Spanish temperature data	M. Staudt, M. Esteban-Parra, Y. Castro-Díez	2007	10.10027joc.1493	International Journal of Climatology	27	Wiley InterScience	1809-1823	Tratamento_Dados
Review: A study of precipitation variability in the Duero Basin (Iberian Peninsula)	L. Caramelo, M. Manso Orgaz	2007	10.1002/joc.1403	International Journal of Climatology	27	Wiley InterScience	327-339	Tratamento_Dados
Short Communication: On the critical values of the standard normal homogeneity test (SNHT)	M. Khaliq, T. Ouarda	2007	10.10027joc.1438	International Journal of Climatology	27	Wiley InterScience	681-687	Tratamento_Dados
Use of the gamma distribution to represent monthly rainfall in Africa for drought monitoring applications	G. Husak, J. Michaelson, C. Funk	2007	10.1002/joc.1441	International Journal of Climatology	27	Wiley InterScience	935-944	Tratamento_Dados
Interannual variability of precipitation distributions patterns in Southern Portugal	S. Mourato, M. Moreira, J. Corte-Real	2009	10.1002/joc.2021	International Journal of Climatology	30	Wiley Online Library	1784-1794	Tratamento_Dados/Geoestatística
Developments and prospects in synoptic climatology	B. Yarnal, A. Comrie, B. Frakes, D. Brown	2001	10.1002/joc.675	International Journal of Climatology	21	Wiley Online Library	1923-1950	Tratamento_Dados
A spatial regression analysis of the influence of topography on monthly rainfall in East Africa	S. L. Hession, N. Moore	2010	10.1002/joc.2174	International Journal of Climatology		Wiley InterScience		Geoestatística
Comparison of different geostatistical approaches to map climate variables: application to precipitation	F. Moral	2009	10.10027joc.1913	International Journal of Climatology	30	Wiley InterScience	620-631	Geoestatística

Anexo 2 – Exemplificação da organização tabular dos dados de precipitação

Exemplo presente: dados de precipitação registados no mês de Outubro, por estação/posto udométrico, entre os anos climatológicos de 1931/32 e 1950/51.

Nota: a sombreado, lacunas preenchidas por regressão linear simples, por meio da estação/posto melhor correlacionado.

Ano	Alferce	Almodôvar	B. Mira	Cercal	Odemira	A. Palheiros	Reliquias	Saboia	Santana	S. Barnabé	Sobreira	S. Sebastiao	Santa Clara	S. Marcos
1931/32	37	106	118	20	50	140	30	131	147	114	44	128	89	119
1932/33	38	32	30	24	90	22	31	18	29	37	45	28	37	30
1933/34	108	48	66	90	175	87	83	65	94	135	111	83	50	144
1934/35	0	2	0	4	0	0	0	0	7	10	6	9	18	0
1935/36	28	16	29	13	11	13	23	17	20	22	35	20	28	13
1936/37	9	8	51	34	41	20	9	46	28	31	17	26	22	24
1937/38	185	71	81	147	176	105	140	84	118	87	183	99	65	88
1938/39	6	7	20	9	3	5	7	6	8	15	15	13	21	5
1939/40	163	156	66	154	118	88	124	65	56	121	163	84	124	127
1940/41	110	10	53	105	96	83	84	48	84	94	112	80	24	96
1941/42	1	1	7	3	3	0	2	0	2	11	8	9	17	1
1942/43	210	111	121	125	193	136	159	135	144	179	177	125	93	194
1943/44	53	37	76	73	41	36	42	77	39	60	66	39	42	57
1944/45	34	23	15	58	38	26	28	0	27	36	52	31	32	29
1945/46	92	73	29	58	45	62	71	17	79	84	99	62	67	85
1946/47	88	14	44	104	41	37	68	36	37	39	44	41	26	33
1947/48	83	37	69	47	28	60	64	68	45	62	134	60	42	60
1948/49	71	79	59	30	92	44	55	55	56	42	116	47	71	36
1949/50	2	0	10	4	6	2	4	0	2	10	0	11	0	0
1950/51	2	4	37	14	16	7	4	28	10	57	13	15	19	54

Anexo 3 – Equações de regressão linear simples utilizadas no preenchimento de lacunas, método experimental. (NOTA: as equações encontram-se discriminadas segundo os resultados automáticos fornecidos pelo programa XLStat. Fórmula geral: $y = a + bx$; y = variável independente; x = variável dependente; a = intercepto; b = declive da recta).

OUTUBRO

Alferce = 1,569*A. Palheiros
 Almodôvar = 0,825*Saboia
 B. Mira = 0,850*S. Marcos
 Cercal = 1,071*Relíquias
 Odemira = 0,991*Relíquias
 Saboia = 0,859*S. Marcos
 Santana Serra = 1,118*A. Palheiros
 S. Barnabé = 0,867*S. Marcos
 Sobreira = 1,535*A. Palheiros
 S. Sebastiao = 0,951*A. Palheiros
 Santa Clara = 0,912*A. Palheiros
 S. Marcos = 1,129*B. Mira
 Zambujeira = 0,900*Relíquias

NOVEMBRO

Alferce = 1,280*S. Marcos
 Almodôvar = 0,682*S. Marcos
 B. Mira = 1,063*A. Palheiros
 Cercal = 1,136*Relíquias
 Odemira = 0,828*Santana Serra
 Saboia = 0,910*S. Barnabé
 Santana Serra = 1,123*A. Palheiros
 S. Barnabé = 1,199*A. Palheiros
 Sobreira = 1,368*Relíquias
 S. Sebastiao = 0,944*A. Palheiros
 Santa Clara = 0,876*A. Palheiros
 S. Marcos = 1,072*Santana Serra
 Zambujeira = 1,031*Relíquias

DEZEMBRO

Alferce = 1,470*S. Marcos
 Almodôvar = 0,954*A. Palheiros
 B. Mira = 1,031*A. Palheiros
 Cercal = 1,074*Relíquias
 Odemira = 0,467*Alferce
 Saboia = 0,545*Alferce
 Santana Serra = 1,129*A. Palheiros
 S. Barnabé = 1,260*A. Palheiros
 Sobreira = 1,367*S. Marcos
 S. Sebastiao = 1,008*A. Palheiros
 Santa Clara = 1,036*A. Palheiros
 Zambujeira = 0,839*A. Palheiros

JANEIRO

Alferce = 1,587*S. Marcos
 Almodôvar = 0,530*Sobreira
 B. Mira = 0,795*S. Marcos
 Cercal = 1,142*Relíquias
 Odemira = 0,858*Relíquias
 A. Palheiros = 0,836*Relíquias
 Saboia = 0,834*S. Marcos
 Santana Serra = 0,908*S. Marcos
 S. Barnabé = 1,110*S. Marcos
 Sobreira = 1,765*A. Palheiros
 S. Sebastiao = 0,859*Relíquias
 Santa Clara = 0,778*S. Marcos
 Zambujeira = 0,916*Relíquias

FEVEREIRO

Alferce = 1,484*S. Marcos
 Almodôvar = 0,862*Santana Serra
 B. Mira = 0,754*S. Marcos
 Cercal = 1,201*A. Palheiros
 Odemira = 0,830*Relíquias
 A. Palheiros = 0,851*Relíquias
 Relíquias = 1,132*A. Palheiros
 Saboia = 0,851*Relíquias
 Santana Serra = 1,108*Almodôvar
 S. Barnabé = 0,850*S. Marcos
 Sobreira = 1,556*A. Palheiros
 S. Sebastiao = 0,850*S. Marcos
 Santa Clara = 0,893*A. Palheiros

MARÇO

Alferce = 1,608*A. Palheiros
 Almodôvar = 0,814*Santana Serra
 B. Mira = 1,008*A. Palheiros
 Cercal = 1,234*A. Palheiros
 Odemira = 0,619*Alferce
 Saboia = 0,893*Relíquias
 Santana Serra = 1,127*A. Palheiros
 S. Barnabé = 0,970*A. Palheiros
 Sobreira = 1,542*A. Palheiros
 S. Sebastiao = 0,903*A. Palheiros
 Santa Clara = 0,816*A. Palheiros
 Zambujeira = 0,926*A. Palheiros

(Continuação)

Zambujeira = 0,714*S. Marcos

ABRIL

Alferce = 1,292*S. Marcos
Almodôvar = 0,824*Santana Serra
B. Mira = 1,005*A. Palheiros
Cercal = 1,104*Relíquias
Odemira = 0,879*Relíquias
Saboia = 0,929*A. Palheiros
Santana Serra = 1,021*A. Palheiros
S. Barnabé = 0,973*Relíquias
Sobreira = 1,163*S. Marcos
S. Sebastiao = 0,919*S. Marcos
Santa Clara = 0,938*Relíquias
Zambujeira = 0,825*Relíquias

MAIO

B. Mira = 0,899*S. Marcos
Cercal = 0,981*Relíquias
Odemira = 0,875*Relíquias
Saboia = 0,864*S. Marcos
Santana Serra = 0,993*A. Palheiros
S. Barnabé = 1,035*S. Marcos
Sobreira = 1,215*S. Marcos
S. Sebastiao = 1,020*A. Palheiros
Santa Clara = 0,928*A. Palheiros
Zambujeira = 0,760*Relíquias

JUNHO

Alferce = 1,488*S. Marcos
Almodôvar = 0,663*S. Barnabé
B. Mira = 1,035*A. Palheiros
Cercal = 0,978*Relíquias
Odemira = 0,743*Relíquias
Saboia = 0,942*Relíquias
Santana Serra = 0,967*S. Marcos
S. Barnabé = 0,954*A. Palheiros
Sobreira = 1,186*A. Palheiros
S. Sebastiao = 0,795*Relíquias
Santa Clara = 0,641*A. Palheiros
Zambujeira = 0,949*Relíquias

JULHO

Alferce = 1,093*S. Marcos
Almodôvar = 0,768*Santana Serra
B. Mira = 0,330*Relíquias
Cercal = 1,609*Santana Serra
Odemira = 0,811*S. Barnabé
Saboia = 0,545*A. Palheiros
Santana Serra = 0,659*A. Palheiros
S. Barnabé = 0,708*Odemira
Sobreira = 0,859*Saboia
S. Sebastiao = 1,081*A. Palheiros
Santa Clara = 0,741*A. Palheiros
Zambujeira = 1,353*S. Marcos

AGOSTO

Alferce = 0,883*S. Marcos
Almodôvar = 0,980*A. Palheiros
B. Mira = 1,084*Relíquias
Cercal = 1,026*Relíquias
Odemira = 1,184*Relíquias
Saboia = 1,126*Relíquias
Santana Serra = 0,959*S. Marcos
S. Barnabé = 0,809*S. Marcos
Sobreira = 0,532*S. Marcos
S. Sebastiao = 1,066*A. Palheiros
Santa Clara = 0,904*A. Palheiros
Zambujeira = 0,422*Relíquias

SETEMBRO

Alferce = 1,196*S. Marcos
Almodôvar = 0,673*Sobreira
B. Mira = 0,901*Relíquias
Cercal = 0,650*Sobreira
Odemira = 0,821*S. Marcos
Saboia = 0,694*S. Marcos
Santana Serra = 0,962*A. Palheiros
S. Barnabé = 1,061*A. Palheiros
Sobreira = 1,173*S. Marcos
S. Sebastiao = 0,861*S. Marcos
Santa Clara = 0,838*S. Marcos
Zambujeira = 0,907*Relíquias

Anexo 4 – Resultados dos testes de homogeneidade

1. Período de 75 anos (1931/32-2005/06)

Estação/ posto	Teste de Pettitt				Teste SNHT				Teste de Buishand				Teste de von Neumann			
	Dados actuais		Dados experimentais		Dados actuais		Dados experimentais		Dados actuais		Dados experimentais		Dados actuais		Dados experimentais	
	Dados homog.	Prob.de rejeição H0 verdad	Dados homog.	Prob.de rejeição H0 verdad	Dados homog.	Prob.de rejeição H0 verdad	Dados homog.	Prob.de rejeição H0 verdad	Dados homog.	Prob.de rejeição H0 verdad	Dados homog.	Prob.de rejeição H0 verdad	Dados homog.	Prob.de rejeição H0 verdad	Dados homog.	Prob.de rejeição H0 verdad
<i>Alferce</i>	Sim	25,2	Sim	35,15	Sim	16,74	Sim	22,95	Sim	24,14	Sim	35,1	Sim	7,91	Sim	9,61
<i>Almodôvar</i>	Sim	54,44	Sim	57,78	Sim	31,42	Sim	31,41	Sim	50,11	Sim	51,5	Sim	18,44	Sim	18,38
<i>B. Mira</i>	Sim	56,16	Sim	87,46	Sim	44,55	Sim	65,97	Sim	42,77	Sim	84,97	Sim	21,88	Sim	28,08
<i>Cercal</i>	Sim	60,5	Sim	40,27	Sim	52,96	Sim	28,39	Sim	57,18	Sim	40,19	Sim	15,21	Sim	15,25
<i>Odemira</i>	Não	0,21	Não	0,19	Não	0,6	Não	0,54	Não	0,16	Não	0,2	Não	0,79	Não	1,11
<i>A. Palheiros</i>	Sim	72,02	Sim	74,2	Sim	52,6	Sim	55,74	Sim	70,15	Sim	72,91	Sim	37,58	Sim	73,2
<i>Relíquias</i>	Não	4,82	Não	4,89	Sim	7,48	Sim	7,44	Não	2,66	Não	2,65	Sim	17,83	Não	16,97
<i>Saboia</i>	Sim	32,25	Sim	34,2	Sim	23,9	Sim	26,13	Sim	26,91	Sim	29,35	Sim	45,48	Sim	35,59
<i>Santana Serra</i>	Sim	98,8	Sim	95,93	Sim	94,8	Sim	72,33	Sim	96,71	Sim	95,38	Sim	53,93	Sim	52,98
<i>S. Barnabé</i>	Sim	85,3	Sim	77,14	Sim	74,94	Sim	79,36	Sim	83,12	Sim	96,06	Sim	28,82	Sim	26,71
<i>Sobreira</i>	Sim	69,81	Sim	96,08	Sim	30,16	Sim	50,97	Sim	56,41	Sim	95,01	Sim	14,34	Sim	19,83
<i>S. Sebastiao</i>	Sim	46,53	Sim	62	Sim	22,97	Sim	73,03	Sim	55,77	Sim	73,56	Sim	44,59	Sim	59,4
<i>Santa Clara</i>	Sim	52,53	Sim	84,5	Sim	29,61	Sim	73,39	Sim	45,62	Sim	90,87	Sim	38,15	Sim	50,82
<i>S. Marcos</i>	Sim	74,13	Sim	74,9	Sim	30,6	Sim	31,22	Sim	78,05	Sim	79,38	Sim	20,51	Sim	20,64
<i>Zambujeira</i>	Não	0,74	Sim	15,97	Não	3,63	Sim	25,66	Não	1,06	Sim	18,87	Sim	8,2	Sim	23,22

Período de 60 anos (1946/47-2005/06)

Estação/ posto	Teste de Pettitt				Teste SNHT				Teste de Buishand				Teste de von Neumann			
	Dados actuais		Dados experimentais		Dados actuais		Dados experimentais		Dados actuais		Dados experimentais		Dados actuais		Dados experimentais	
	Dados homog.	Prob.de rejeição H0 verdad. (%)	Dados homog.	Prob.de rejeição H0 verdad. (%)	Dados homog.	Prob.de rejeição H0 verdad. (%)	Dados homog.	Prob.de rejeição H0 verdad. (%)	Dados homog.	Prob.de rejeição H0 verdad. (%)	Dados homog.	Prob.de rejeição H0 verdad. (%)	Dados homog.	Prob.de rejeição H0 verdad. (%)	Dados homog.	Prob.de rejeição H0 verdad. (%)
Alferce	Sim	11,27	Sim	12,21	Sim	13,58	Sim	15,26	Sim	9,11	Sim	13,88	Sim	8,9	Sim	10,56
Almodôvar	Sim	57,32	Sim	57,09	Sim	40,92	Sim	42,3	Sim	44,81	Sim	48,31	Sim	19,95	Sim	19,35
B. Mira	Sim	41,52	Sim	63,57	Sim	48,3	Sim	49,3	Sim	43,83	Sim	65,46	Sim	20,71	Sim	23,77
Cercal	Sim	47,98	Sim	30,74	Sim	51	Sim	27,8	Sim	45,14	Sim	30,14	Sim	30,32	Sim	30,32
Odemira	Não	3,56	Não	3,85	Sim	8,89	Sim	7,82	Sim	6,08	Sim	5,56	Não	1,51	Não	2,3
A. Palheiros	Sim	46,09	Sim	47,58	Sim	40,73	Sim	46,29	Sim	43,4	Sim	45,49	Sim	31,51	Sim	31,56
Relíquias	Não	3,62	Não	3,26	Não	3,98	Não	3,88	Não	1,75	Não	1,62	Sim	20,98	Sim	19,7
Saboia	Sim	35,77	Sim	20,49	Sim	80,9	Sim	46,89	Sim	49,07	Sim	26,66	Sim	56,57	Sim	43,2
Santana Serra	Sim	85,82	Sim	89,89	Sim	96,74	Sim	90,12	Sim	81,16	Sim	87,56	Sim	42,64	Sim	48,45
S. Barnabé	Sim	40,68	Sim	34,65	Sim	84,48	Sim	83,21	Sim	78,16	Sim	64,98	Sim	26,06	Sim	22,42
Sobreira	Sim	70,61	Sim	70,33	Sim	46,02	Sim	41,33	Sim	71,81	Sim	71,25	Sim	20,91	Sim	19,15
S. Sebastiao	Sim	26,22	Sim	29,33	Sim	20,29	Sim	65,06	Sim	39,23	Sim	35,74	Sim	33,92	Sim	56,58
Santa Clara	Sim	96,04	Sim	54,6	Sim	80,62	Sim	62,38	Sim	96,82	Sim	60,54	Sim	49,78	Sim	45,01
S. Marcos	Sim	40,56	Sim	39,77	Sim	43,03	Sim	43,92	Sim	47,58	Sim	48,53	Sim	22,93	Sim	23,56
Zambujeira	Sim	8,9	Sim	6,64	Sim	27,07	Sim	20,86	Sim	10,32	Sim	7,87	Sim	18,23	Sim	21,53

Anexo 5 – Tabelas-síntese 1931/32-2005/06

1. Dados de base

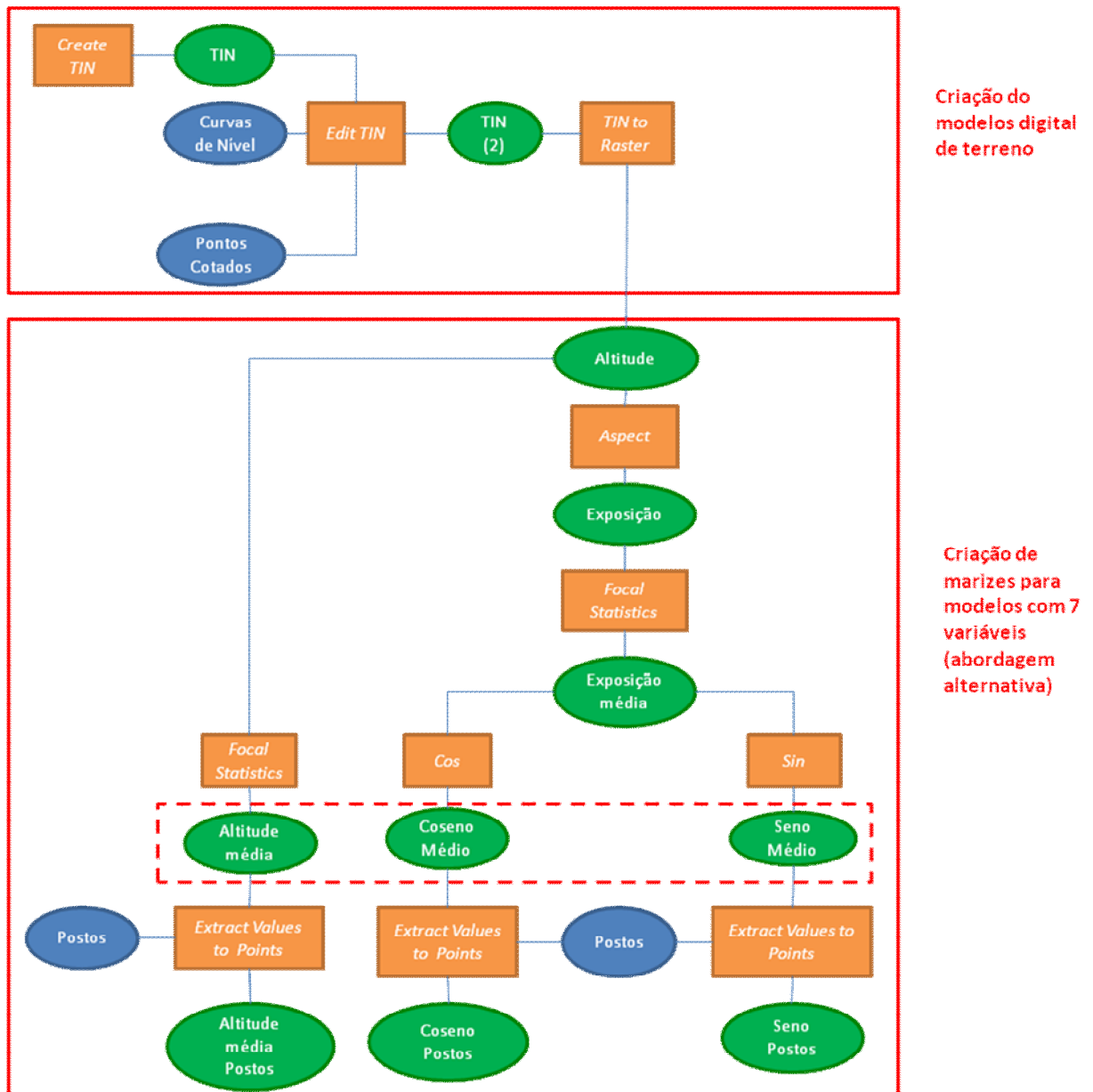
<i>Estação/posto</i>	<i>Período real</i>	<i>Período calculado</i>	<i>Grau de fiabilidade (%)</i>	<i>Altitude (m)</i>	<i>Média</i>	<i>Mediana</i>	<i>Desvio padrão</i>	<i>Coefficiente Variação (%)</i>
<i>Alferce</i>	48	27	64	328	1016	960	340	33
<i>Sobreira</i>	64	11	85	450	926	886	308	33
<i>Cercal</i>	67	8	89	176	766	733	216	28
<i>S.Marcos</i>	74	1	99	140	720	707	240	33
<i>Relíquias</i>	74	1	99	270	679	665	216	32
<i>S.Barnabé</i>	41	34	55	250	694	678	226	33
<i>Santana</i>	68	7	91	200	673	647	219	33
<i>Odemira</i>	68	7	91	70	646	636	198	31
<i>Zambujeira</i>	25	50	33	106	618	612	180	29
<i>Sabóia</i>	69	6	92	60	646	617	231	36
<i>Barr. Mira</i>	35	40	47	171	612	568	196	32
<i>A.Palheiros</i>	74	1	99	210	610	589	194	32
<i>S.Sebastião</i>	41	34	55	240	585	578	185	32
<i>Almodôvar</i>	73	2	97	270	566	557	195	34
<i>Sta.Clara</i>	20	55	27	321	553	545	176	32

2. Dados experimentais

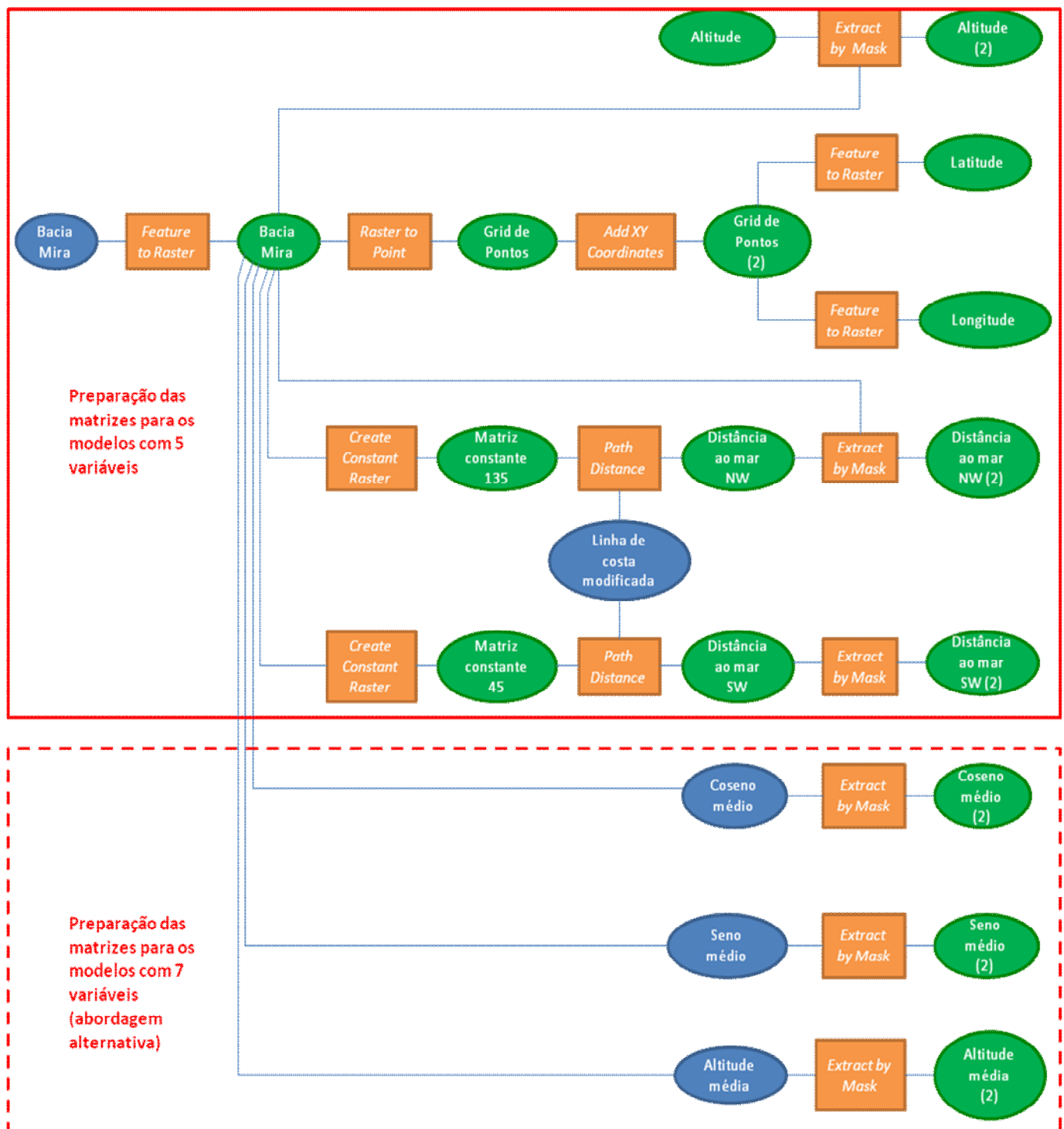
<i>Estação/posto</i>	<i>Período real</i>	<i>Período calculado</i>	<i>Grau de fiabilidade (%)</i>	<i>Altitude (m)</i>	<i>Média</i>	<i>Mediana</i>	<i>Desvio padrão</i>	<i>Coefficiente Variação (%)</i>
<i>Alferce</i>	48	12	80	328	999	958	338	34
<i>Sobreira</i>	60	0	100	450	939	892	309	33
<i>Cercal</i>	52	8	87	176	762	731	221	29
<i>S.Marcos</i>	59	1	98	140	721	707	241	33
<i>Relíquias</i>	59	1	98	270	679	660	216	32
<i>S.Barnabé</i>	41	19	68	250	698	678	235	33
<i>Santana</i>	58	2	97	200	672	647	213	32
<i>Odemira</i>	53	7	88	70	643	636	200	31
<i>Zambujeira</i>	25	35	42	106	582	581	180	31
<i>Sabóia</i>	54	6	90	60	639	607	221	34
<i>Barr. Mira</i>	35	25	58	171	619	581	195	31
<i>A.Palheiros</i>	59	1	98	210	610	589	194	32
<i>S.Sebastião</i>	41	19	68	240	596	597	187	31
<i>Almodôvar</i>	59	1	98	270	567	557	195	34
<i>Sta.Clara</i>	20	40	33	321	561	536	179	32

Anexo 6 – Modelos de geoprocessamento

1. Primeiro modelo de geoprocessamento

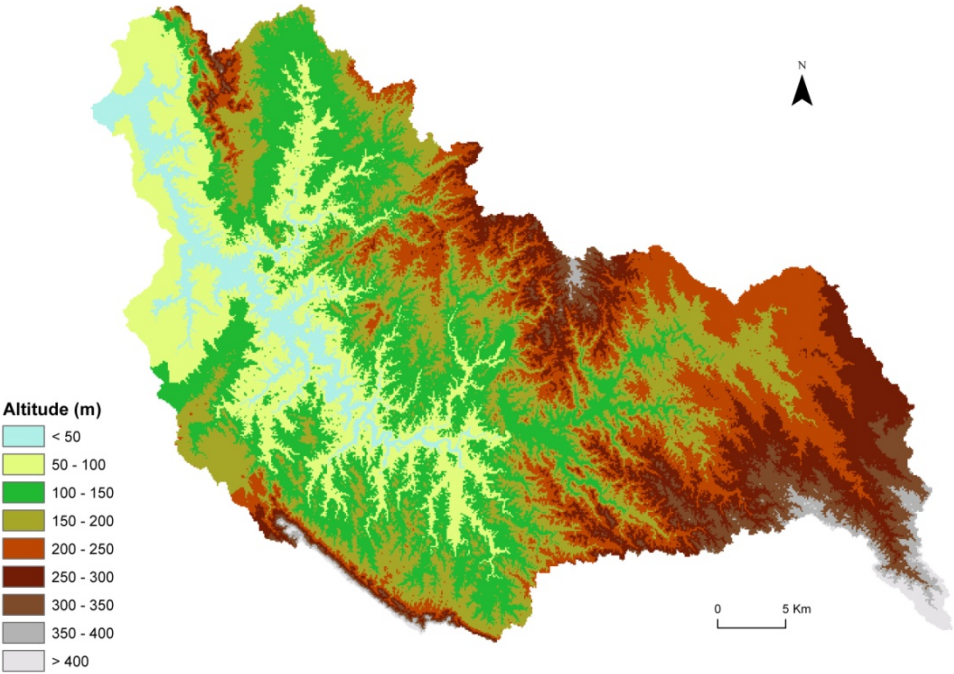


2. Segundo modelo de geoprocessamento

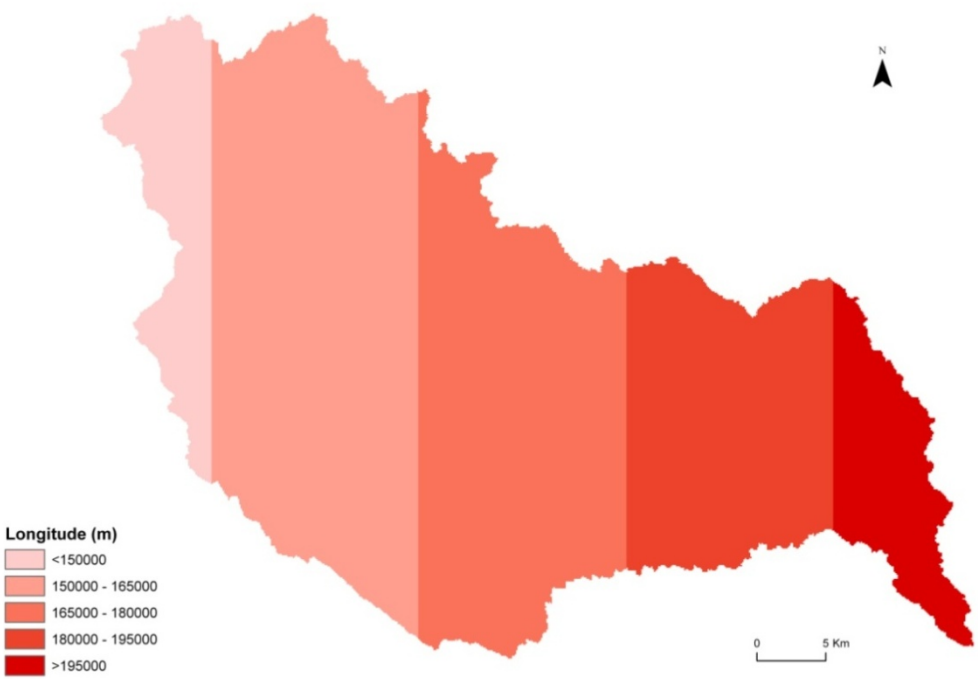


Anexo 7 – Modelos de base

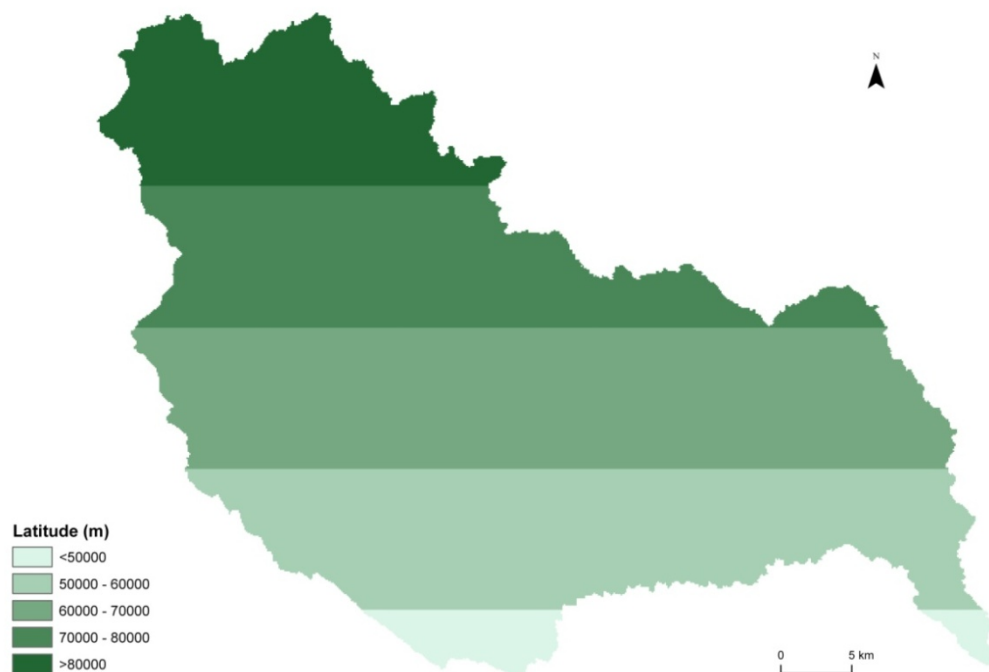
1. Altitude



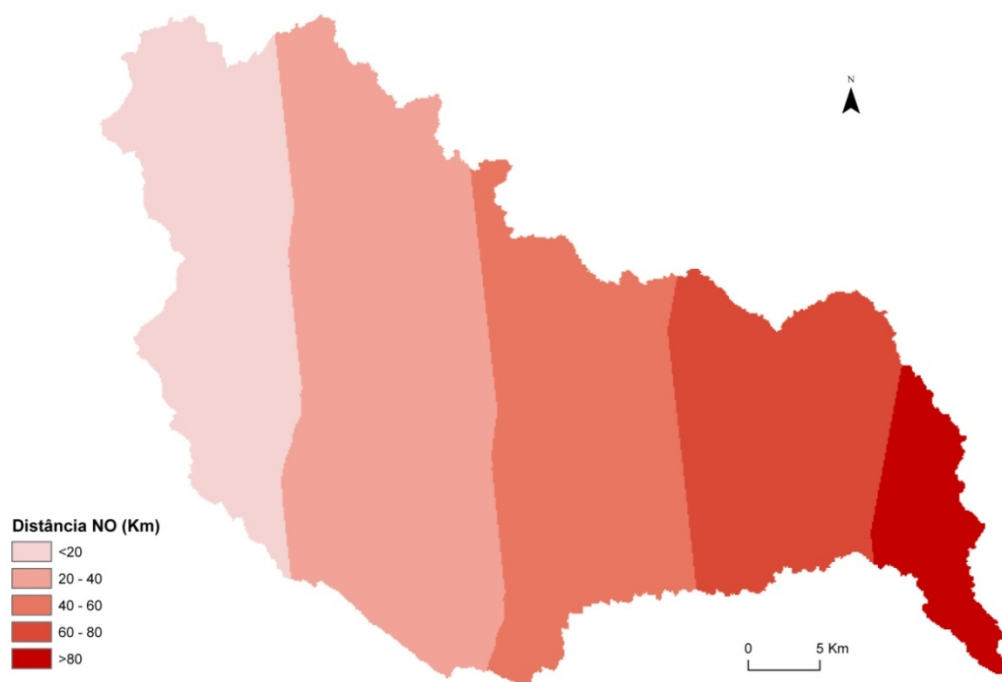
2. Longitude



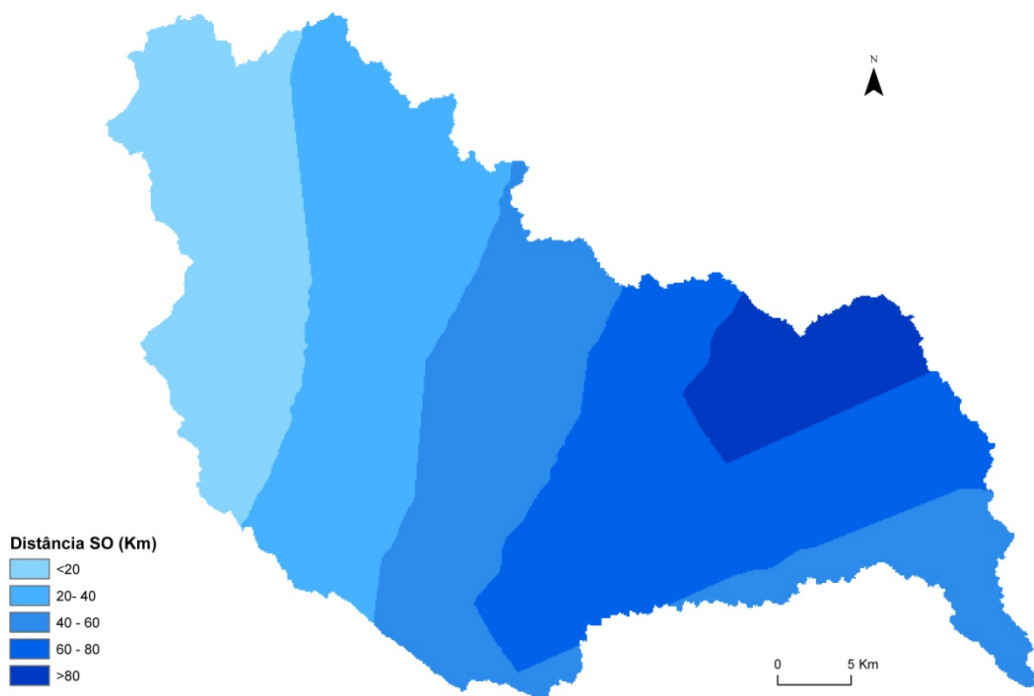
3. Latitude



4. Distância ao mar segundo a orientação NO



5. Distância ao mar segundo a orientação SO



Anexo 8 – Equações de regressão linear múltipla utilizadas para a produção de modelos de precipitação anual (**NOTA:** as equações encontram-se discriminadas segundo o modo como foram introduzidas no processo de álgebra de mapas. Fórmula geral: $y = a + (b_1 * x_1) + \dots + (b_n * X_n)$).

1. Modelos com 5 variáveis

Primeira fase

- *Combinação de estações do PREMIRA*

MÉDIA 1931/32-1990/91

$(-2048.720) + (1.113 * [\text{altitude}]) + ((-0.00327) * [\text{latitude}]) + (0.020588 * [\text{longitude}]) + ((-0.01862) * [\text{dist_nw_fin}]) + (0.001116 * [\text{dist_sw_fin}])$

MEDIANA 1931/32-1990/91

$(-1142.587) + (1.04016 * [\text{altitude}]) + (0.014174 * [\text{longitude}]) + ((-0.00303) * [\text{latitude}]) + ((-0.01394) * [\text{dist_nw_fin}]) + (0.0002917 * [\text{dist_sw_fin}])$

DESVIO PADRÃO 1931/32-1990/91

$(-546.806214) + (0.316810510 * [\text{altitude}]) + (0.005964385 * [\text{longitude}]) + ((-0.00164625) * [\text{latitude}]) + ((-0.00561884) * [\text{dist_nw_fin}]) + (0.00850001 * [\text{dist_sw_fin}])$

- *Combinação de estações do PREMIRA II*

MÉDIA 1946/47-2005/06

$(-932.533612) + (1.49822299 * [\text{altitude}]) + (0.01347167 * [\text{longitude}]) + ((-0.00552116) * [\text{latitude}]) + ((-0.01631602) * [\text{dist_nw_fin}]) + (0.0034016 * [\text{dist_sw_fin}])$

MEDIANA 1946/47-2005/06

$(-614.13643) + (1.29633434 * [\text{altitude}]) + (0.01109712 * [\text{longitude}]) + ((-0.0051138) * [\text{latitude}]) + ((-0.0138584) * [\text{dist_nw_fin}]) + (0.00258871 * [\text{dist_sw_fin}])$

DESVIO PADRÃO 1946/47-2005/06

$(-417.841378) + (0.51172763 * [\text{altitude}]) + (0.00523508 * [\text{longitude}]) + ((-0.00225575) * [\text{latitude}]) + ((-0.00616412) * [\text{dist_nw_fin}]) + (0.00178255 * [\text{dist_sw_fin}])$

Segunda fase

-Modelos com 12 estações

MÉDIA 1946/47-2005/06

$$(-1028.457) + (1.519 * [\text{altitude}]) + (0.014 * [\text{longitude}]) + ((-0.006) * [\text{latitude}]) + ((-0.017) * [\text{dist_nw_fin}]) + (0.004 * [\text{dist_sw_fin}])$$

MÉDIA 1931/32-1990/91

$$775.6822 + (1.440388 * [\text{altitude}]) + (0.001695 * [\text{longitude}]) + ((-0.00502) * [\text{latitude}]) + ((-0.00795) * [\text{dist_nw_fin}]) + (0.001854 * [\text{dist_sw_fin}])$$

- 6 melhores séries + Zambujeira

MÉDIA 1946/47-2005/06

$$(-6778.645387) + (1.78769932 * [\text{altitude}]) + (0.052812793 * [\text{longitude}]) + ((-0.005796155) * [\text{latitude}]) + ((-0.045270799) * [\text{dist_nw_fin}]) + (0.010596363 * [\text{dist_sw_fin}])$$

MÉDIA 1931/32-1990/91

$$(-5913.6) + (1.750467 * [\text{altitude}]) + (0.046827 * [\text{longitude}]) + ((-0.00509) * [\text{latitude}]) + ((-0.04111) * [\text{dist_nw_fin}]) + (0.009552 * [\text{dist_sw_fin}])$$

- 6 melhores séries + Zambujeira + Cercal

MÉDIA 1946/47-2005/06

$$(-10298.05881) + (1.760980821 * [\text{altitude}]) + (0.076587069 * [\text{longitude}]) + ((-0.003529275) * [\text{latitude}]) + ((-0.061528274) * [\text{dist_nw_fin}]) + (0.011021338 * [\text{dist_sw_fin}])$$

MÉDIA 1931/32-1990/91

$$(-8836.65) + (1.728276 * [\text{altitude}]) + (0.066573 * [\text{longitude}]) + ((-0.00321) * [\text{latitude}]) + ((-0.05461) * [\text{dist_nw_fin}]) + (0.009905 * [\text{dist_sw_fin}])$$

- 6 melhores séries + Zambujeira + Cercal + Sabóia

MÉDIA 1946/47-2005/06

$$(-7918.03965) + (1.472841375 * [\text{altitude}]) + (0.059768645 * [\text{longitude}]) + ((-0.002414378) * [\text{latitude}]) + ((-0.046796244) * [\text{dist_nw_fin}]) + (0.006488629 * [\text{dist_sw_fin}])$$

MÉDIA 1931/32-1990/91

$$(-6184.5) + (1.40719 * [\text{altitude}]) + (0.047832 * [\text{longitude}]) + ((-0.00197) * [\text{latitude}]) + ((-0.0382) * [\text{dist_nw_fin}]) + (0.004854 * [\text{dist_sw_fin}])$$

- 6 melhores séries + Zambujeira + Sabóia

MÉDIA 1946/47-2005/06

$$(-4422.273908) + (1.573785289 * [\text{altitude}]) + (0.036334158 * [\text{longitude}]) + ((-0.005309432) * [\text{latitude}]) + ((-0.031556257) * [\text{dist_nw_fin}]) + (0.007098072 * [\text{dist_sw_fin}])$$

MÉDIA 1931/32-1990/91

$$(-3110.14) + (1.495965 * [\text{altitude}]) + (0.027222 * [\text{longitude}]) + ((-0.00451) * [\text{latitude}]) + ((-0.02479) * [\text{dist_nw_fin}]) + (0.00539 * [\text{dist_sw_fin}])$$

- Modelos com os postos/estações melhor correlacionados e distribuídos espacialmente

MÉDIA 1946/47-2005/06

$$(-6909.74) + (1.077721 * [\text{altitude}]) + (0.053029 * [\text{longitude}]) + ((-0.00187) * [\text{latitude}]) + ((-0.04007) * [\text{dist_nw_fin}]) + (0.003818 * [\text{dist_sw_fin}])$$

MÉDIA 1931/32-1990/91

$$(-5111.61) + (0.986759 * [\text{altitude}]) + (0.04066 * [\text{longitude}]) + ((-0.00138) * [\text{latitude}]) + ((-0.03104) * [\text{dist_nw_fin}]) + (0.002012 * [\text{dist_sw_fin}])$$

2. Abordagem alternativa

MÉDIA 1946/47-2005/06

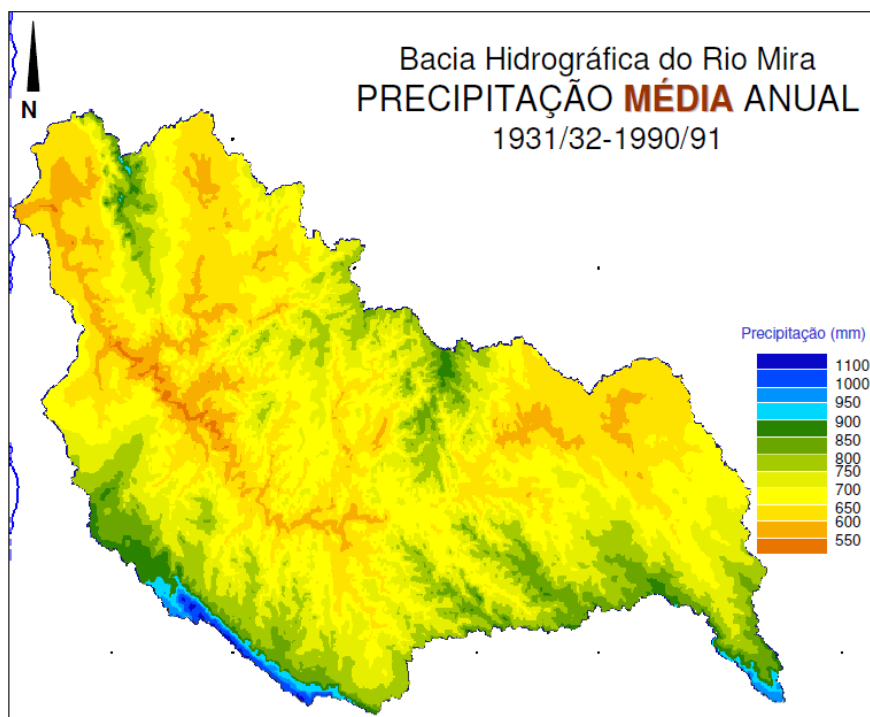
$$84.50534 + (2.471301 * [\text{almed500_2}]) + (0.004417 * [\text{longitude}]) + ((-0.00185) * [\text{latitude}]) + ((-0.01014) * [\text{dist_nw_fin}]) + ((-0.00091) * [\text{dist_sw_fin}]) + ((-132.223) * [\text{cos500_2}]) + (69.16354 * [\text{sin500_2}])$$

MÉDIA 1931/32-1990/91

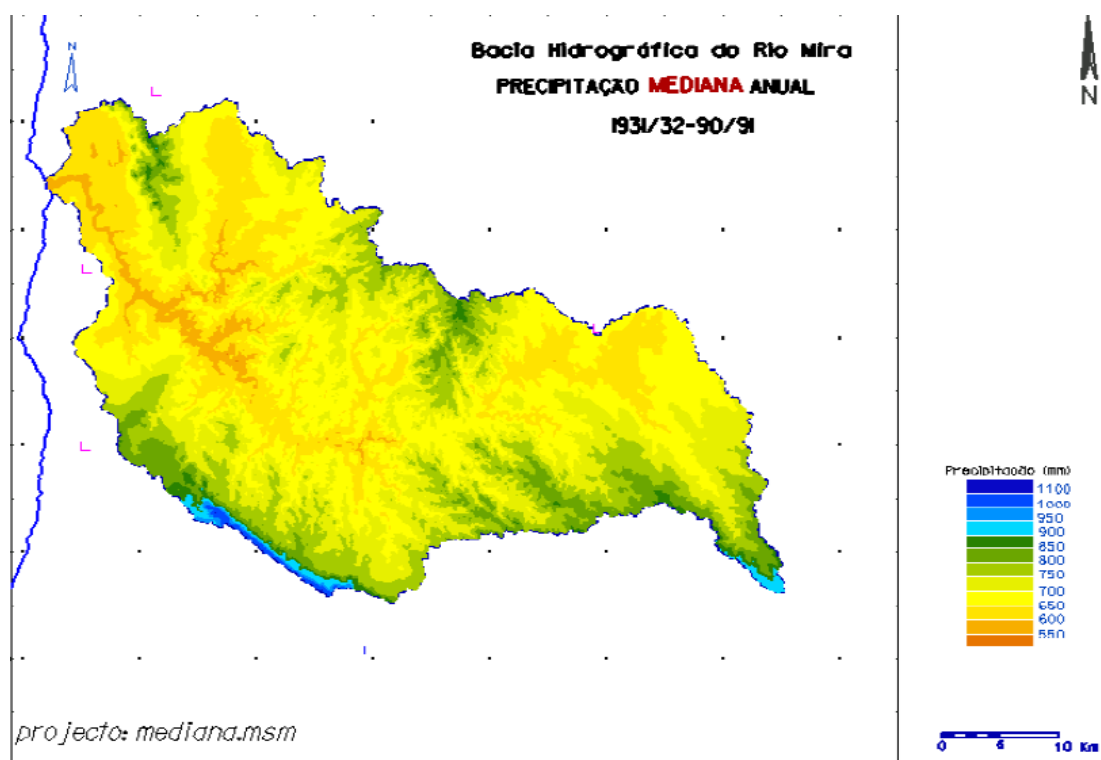
$$1717.194 + (2.369737 * [\text{almed500_2}]) + ((-0.00685) * [\text{longitude}]) + ((-0.00128) * [\text{latitude}]) + ((-0.00179) * [\text{dist_nw_fin}]) + ((-0.00266) * [\text{dist_sw_fin}]) + ((-134.666) * [\text{cos500_2}]) + (68.17957 * [\text{sin500_2}])$$

Anexo 9 – Modelos resultantes do Projecto PREMIRA

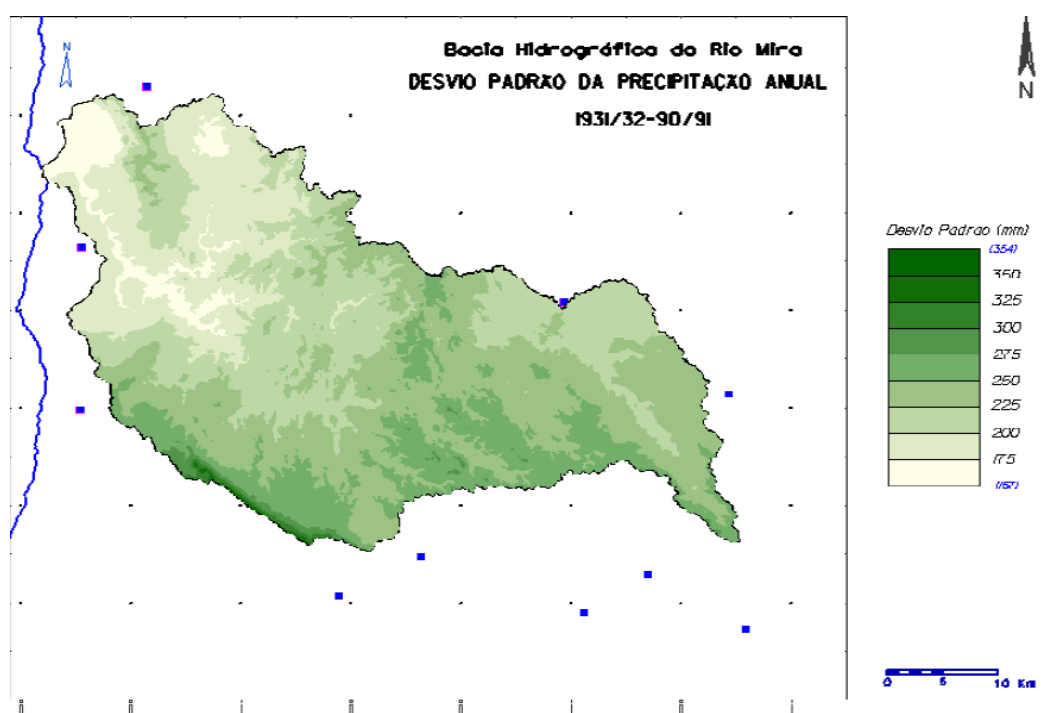
1. Precipitação média anual



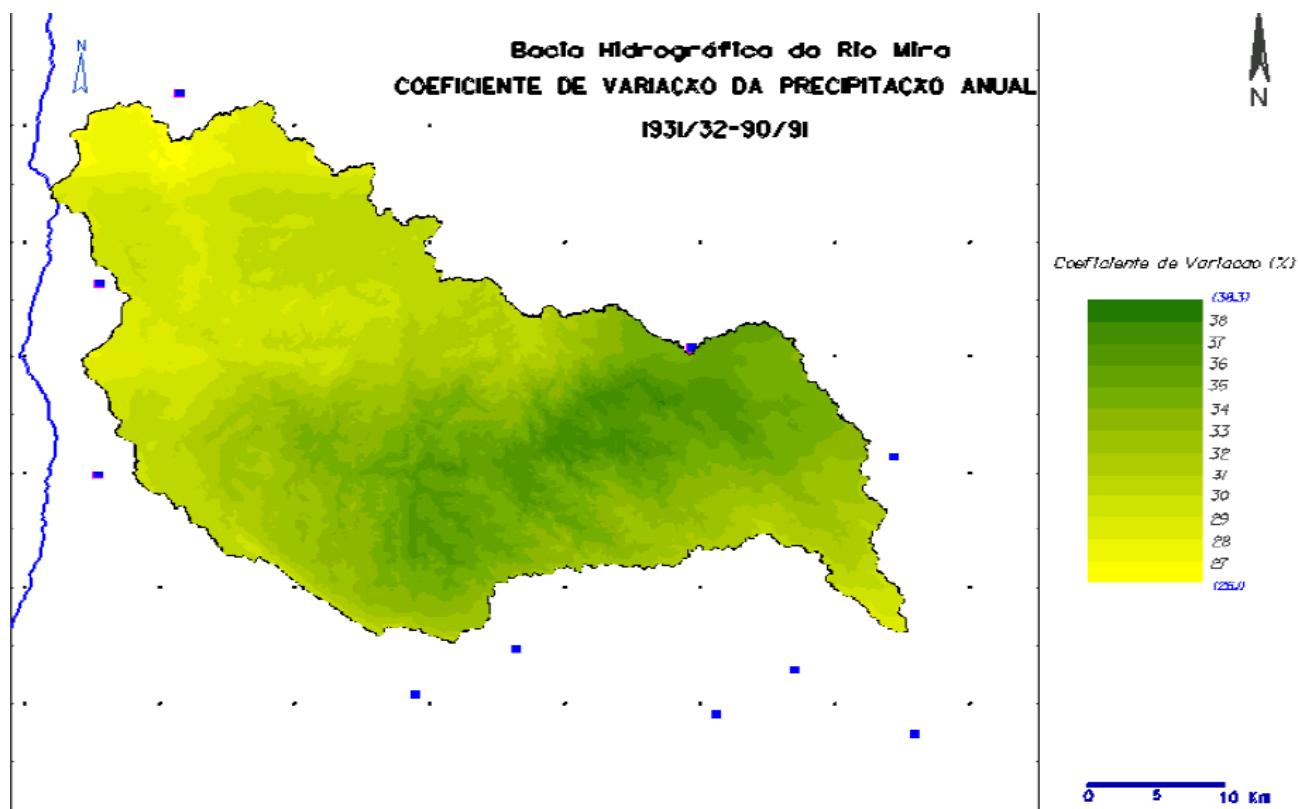
2. Precipitação mediana anual



3. Desvio padrão da precipitação anual

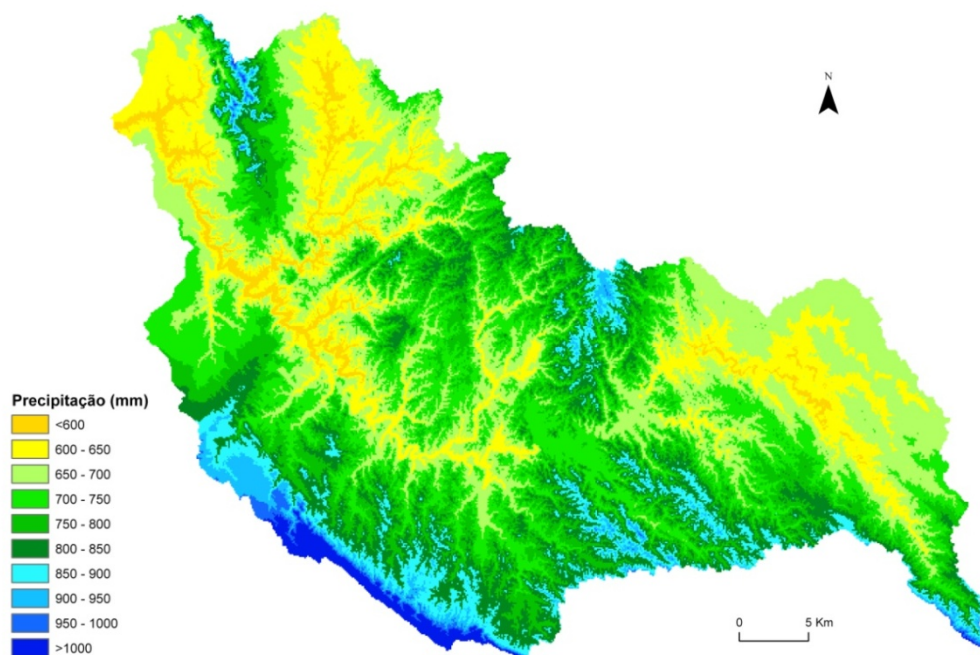


4. Coeficiente de variação da precipitação anual

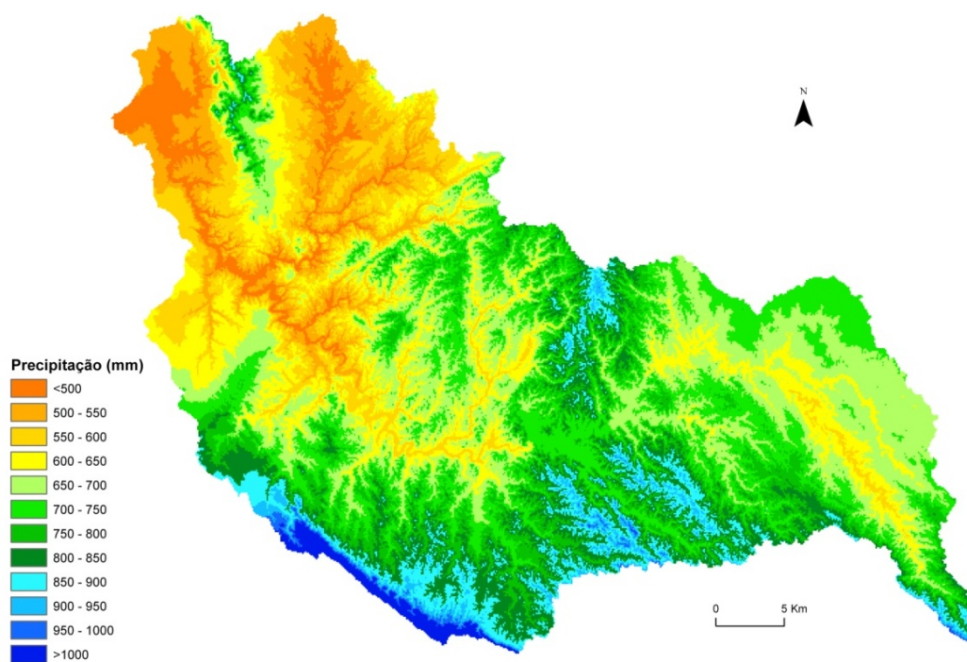


Anexo 10 - Distribuição espacial da precipitação média nos períodos 1931/32-1990/91 e 1946/47-2005/06: modelos da segunda fase

1. 12 estações/postos

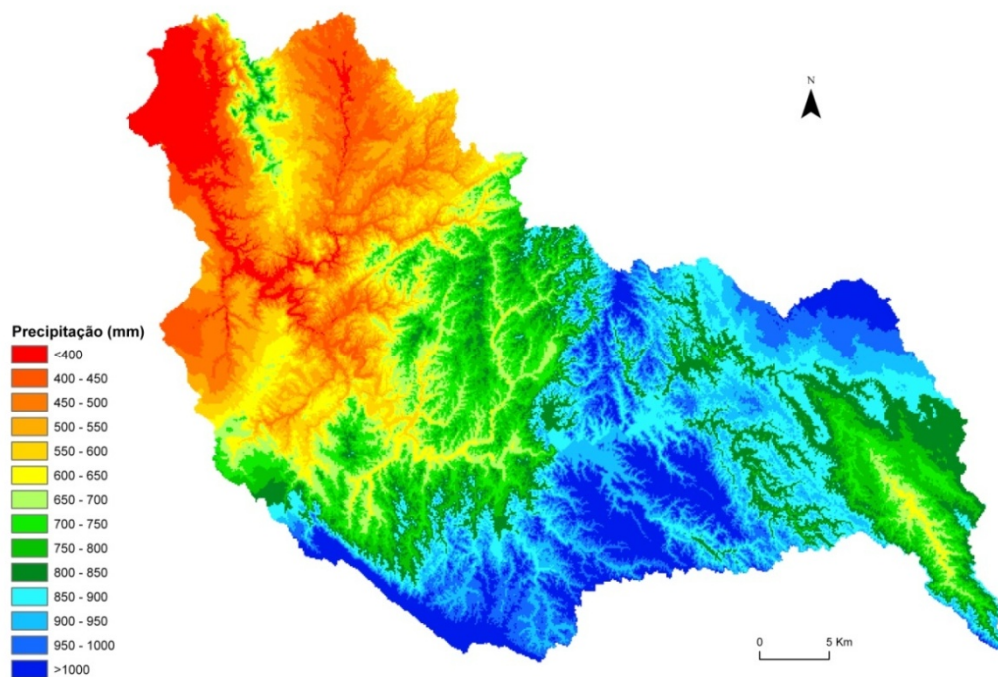


- 1931/32-1990/91

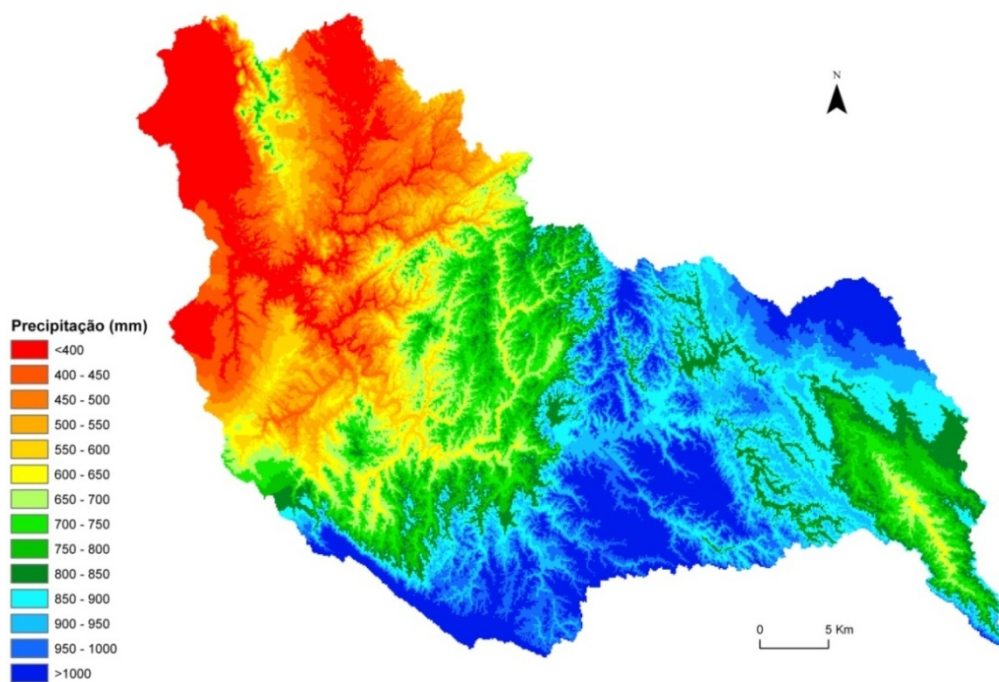


- 1946/47-2005/06

2. 6 melhores séries e Zambujeira

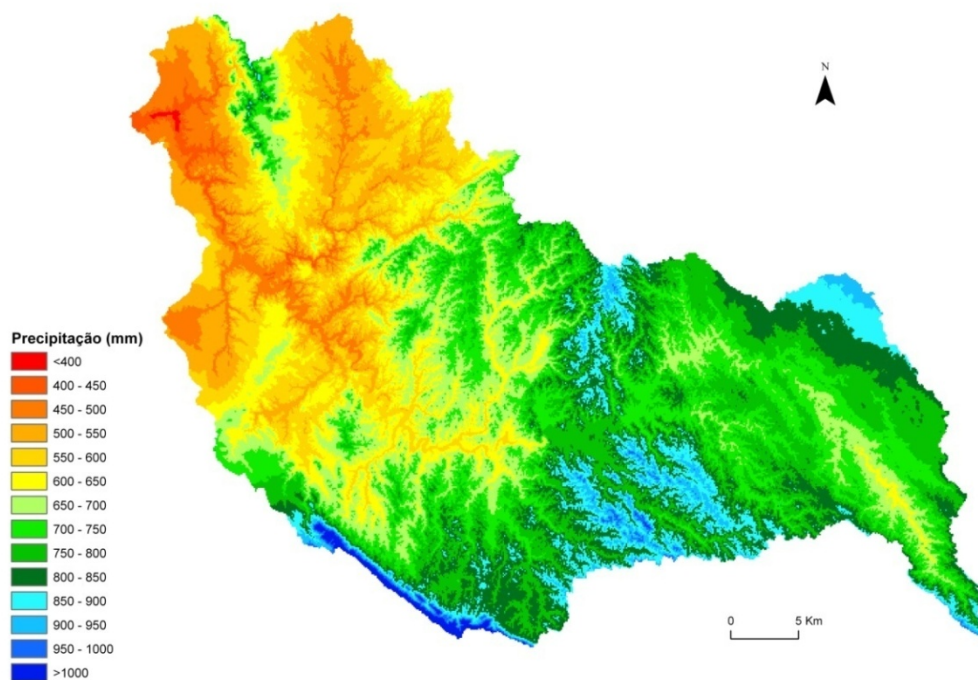


- 1931/32-1946/47

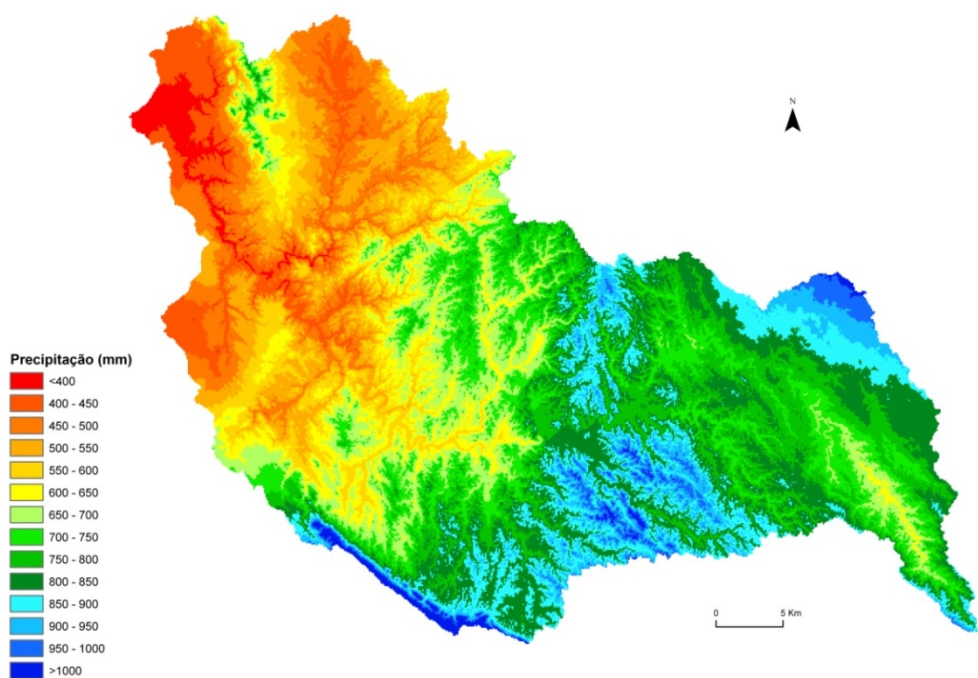


-1946/47-2005/06

3. 6 melhores séries, Cercal, Sabóia e Zambujeira

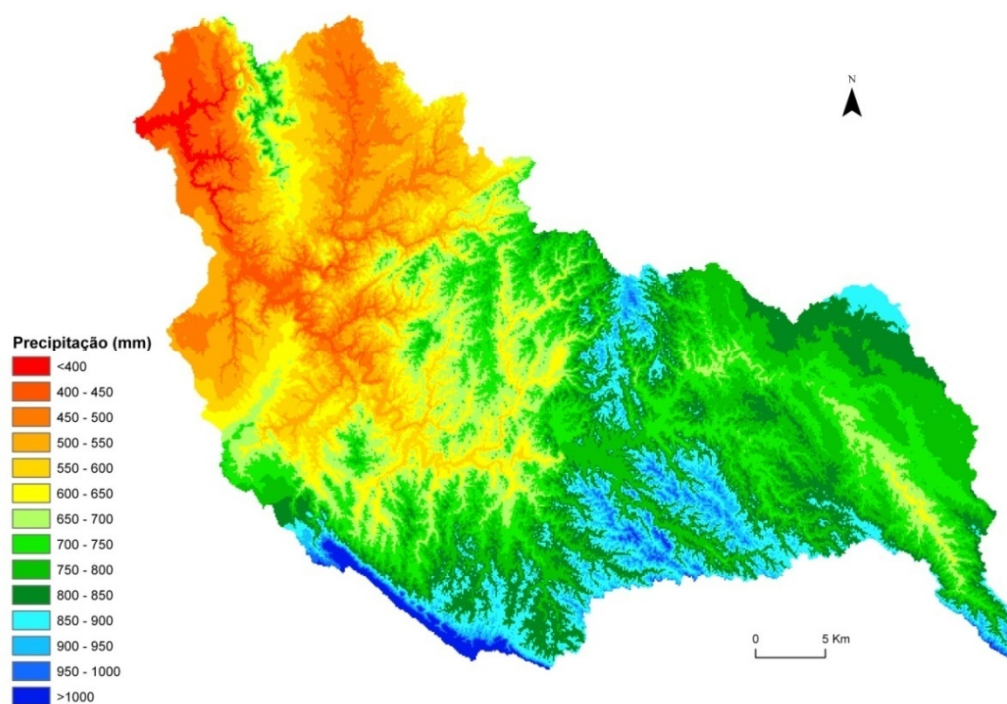


- 1931/32-1990/91

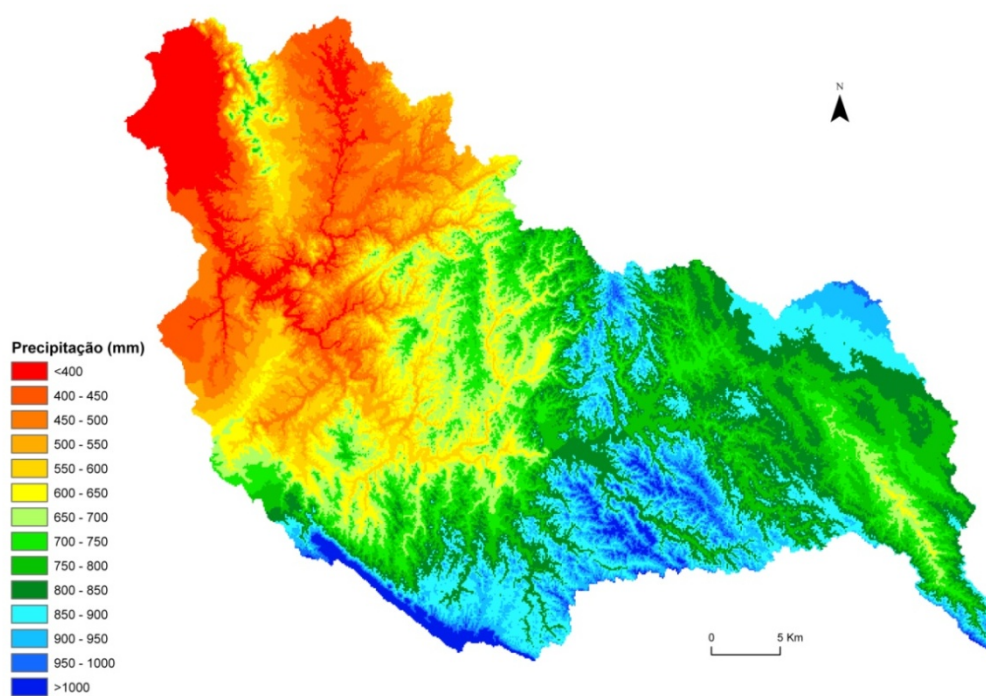


-1946/47-2005/06

4. 6 melhores séries, Zambujeira e Sabóia

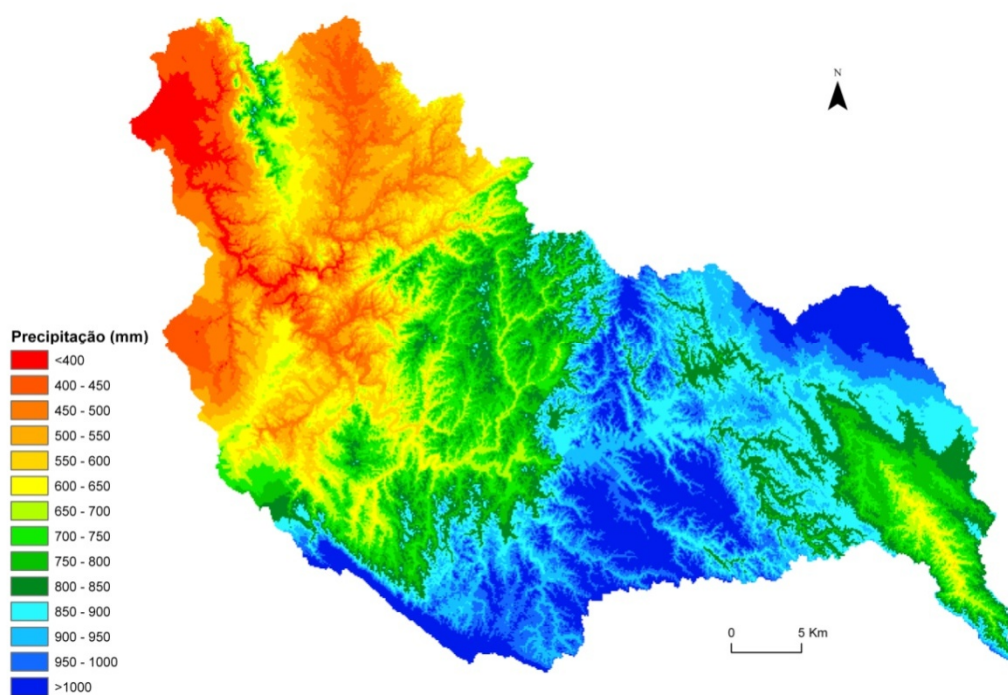


- 1931/32-1990/91

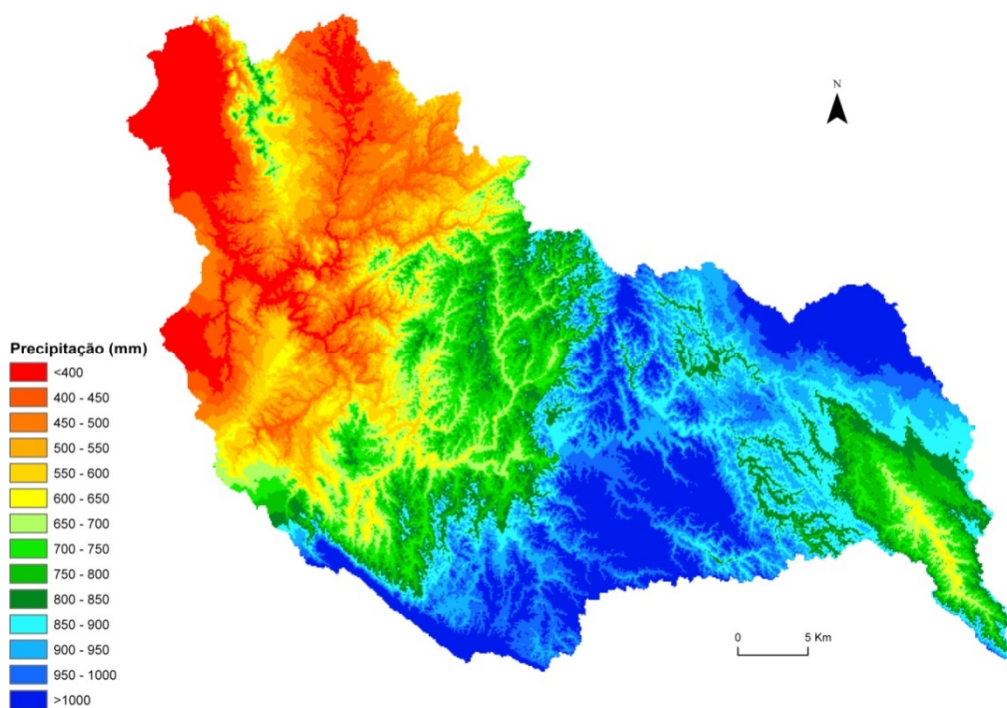


-1946/47-2005/06

5. 6 melhores séries, Zambujeira e Cercal

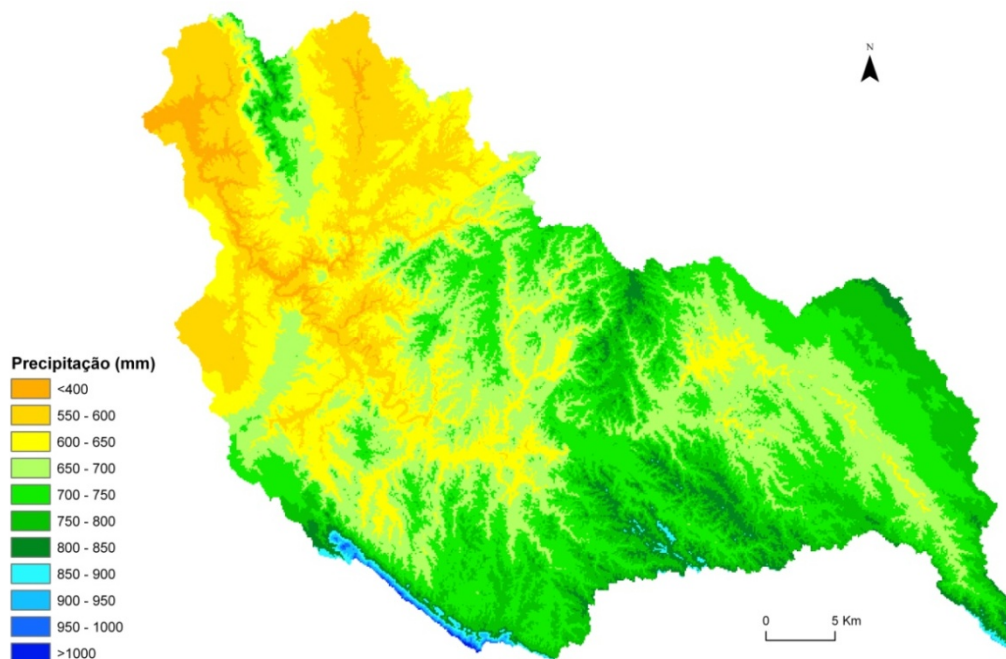


-1931/32-1990/91

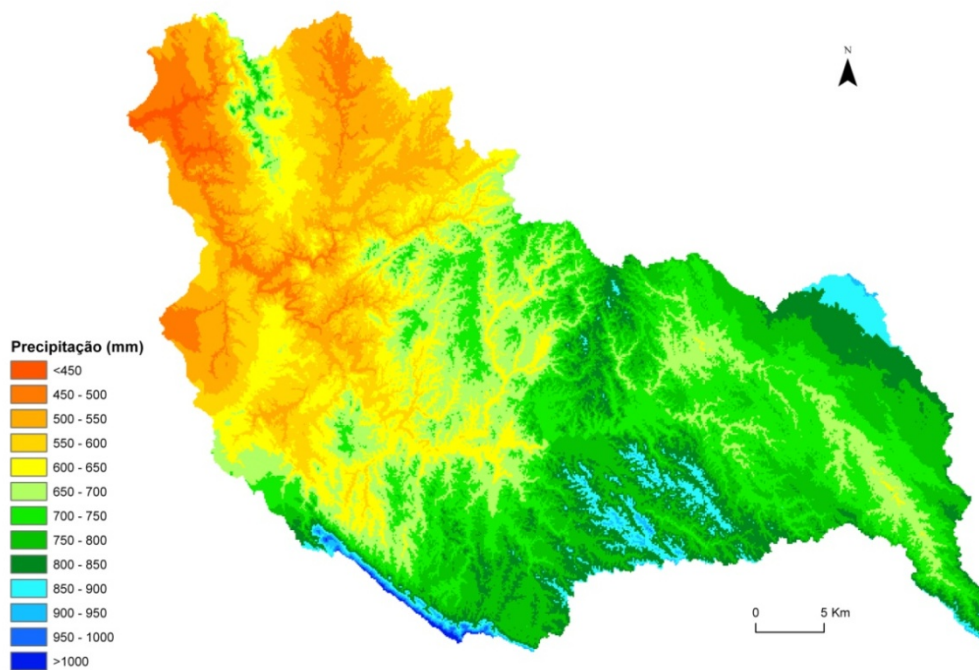


- 1946/47-2005/06

6. Combinação de estações/postos mais equilibrada

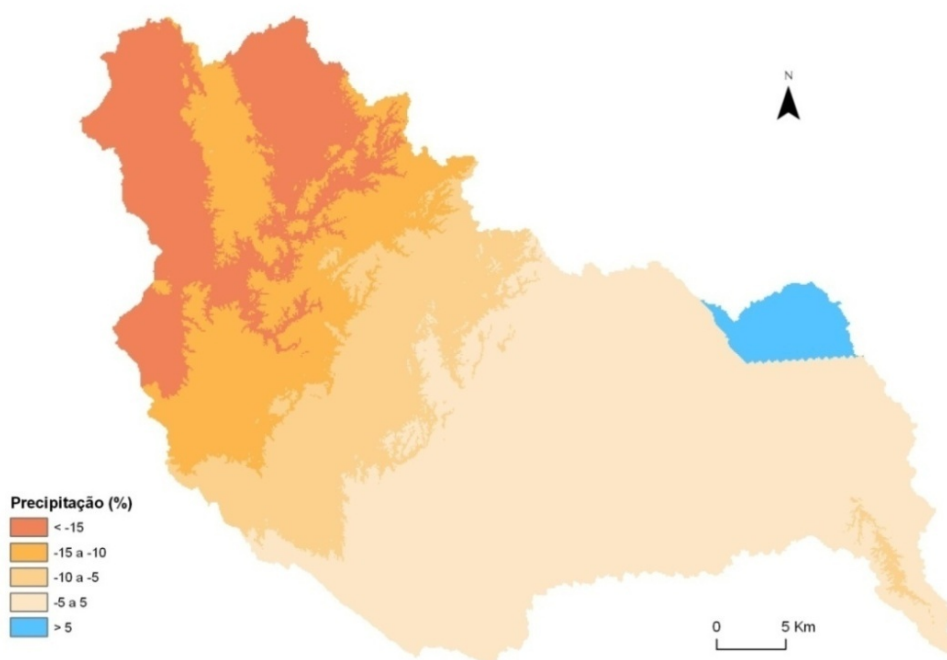


- 1931/32-1990/91

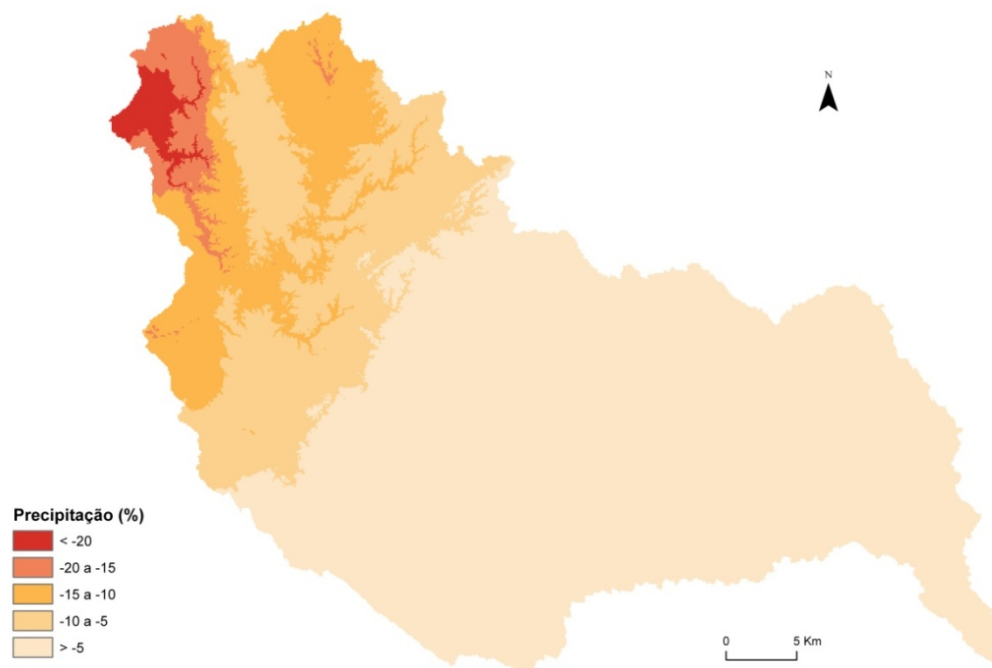


-1946/47-2005/06

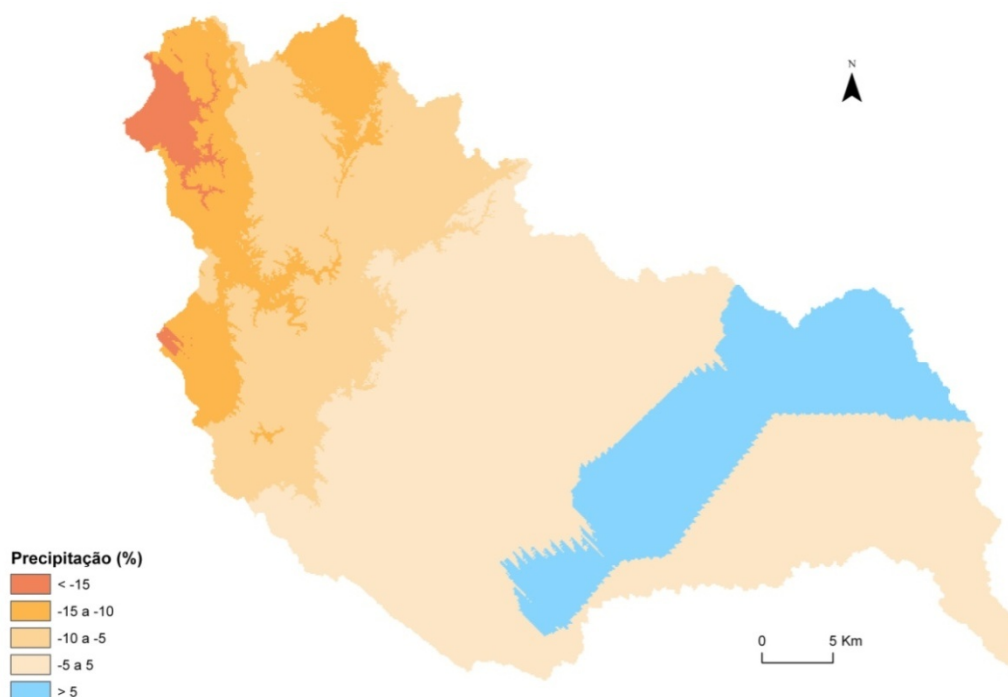
Anexo 11 - Distribuição espacial da taxa de variação da precipitação média entre 1931/32-1990/91 e 1946/47-2005/06 - modelos da segunda fase



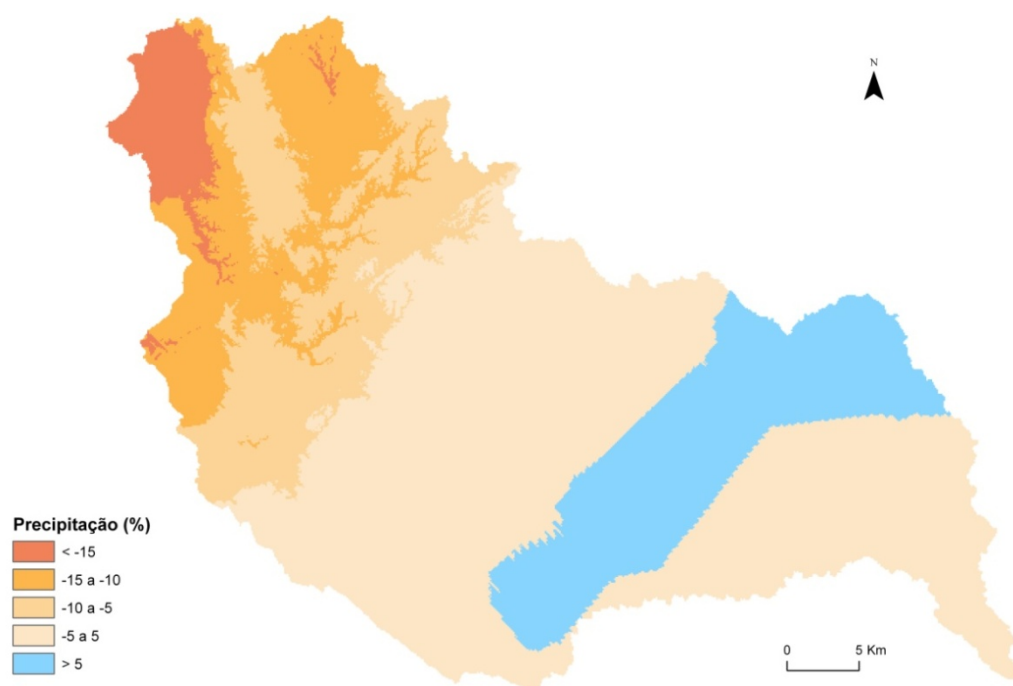
1. Combinação com 12 estações/postos



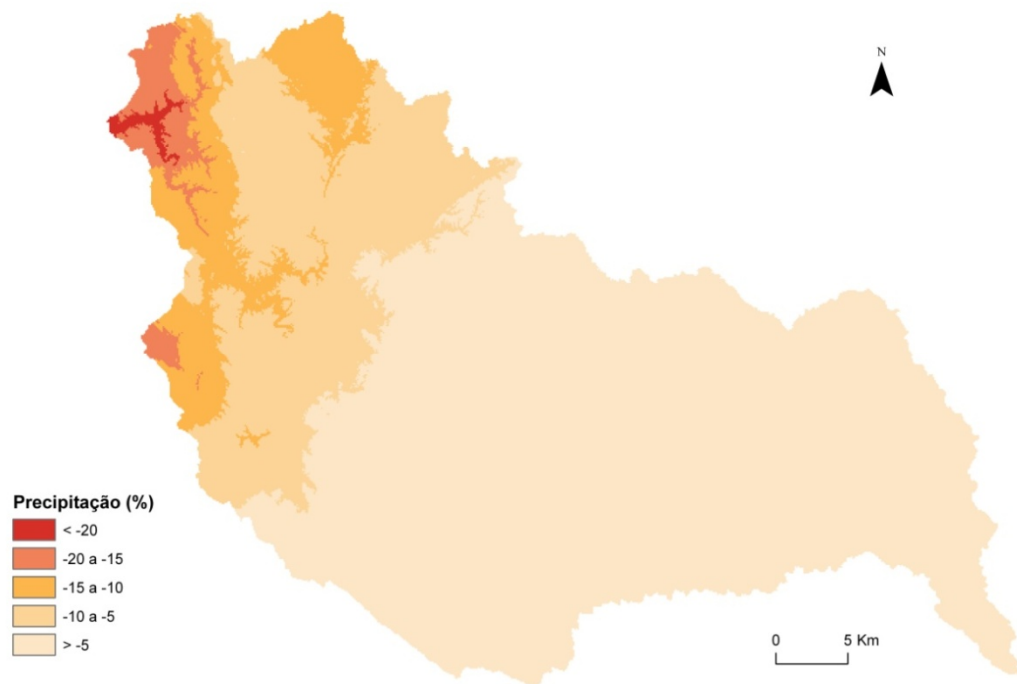
2. Combinação com as 6 melhores séries e Zambujeira



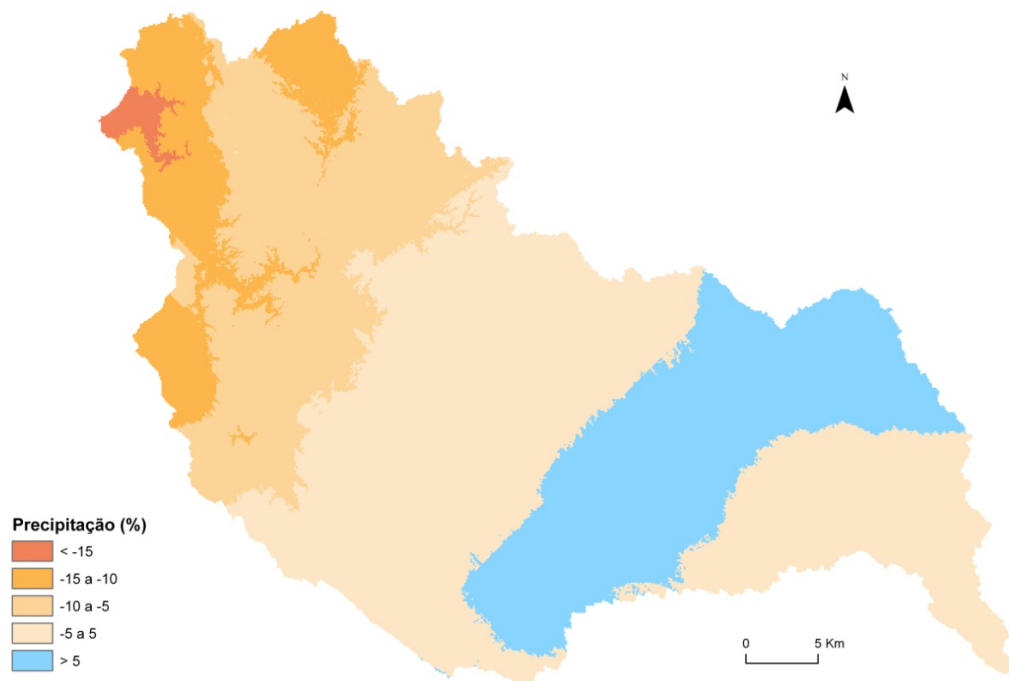
3. Combinação com as 6 melhores séries, Cercal, Sabóia e Zambujeira



4. Combinação com as 6 melhores séries, Zambuieira e Sabóia



5. Combinação com as 6 melhores séries, Zambuieira e Cercal



6. Combinação com os postos/estações mais equilibrada

Anexo 12 – Tabelas de resíduos (mm), por posto/estação (segunda fase)

- 12 estações

ESTAÇÕES/POSTOS		1931/32-1990/91			1946/47-2005/06		
		Observado	Previsto	Resíduos	Observado	Previsto	Resíduos
INCLUÍDOS	Sobreira	936	930	6,0	952	950	2,1
	S. Marcos	728	736	-7,9	734	741	-7,0
	Santana	684	668	16,3	679	674	5,1
	Relíquias	705	780	-75,2	673	749	-75,4
	Ald. Palheiros	623	592	30,6	614	587	26,9
	Almodôvar	578	576	1,7	582	573	9,6
	Cercal	789	744	45,3	764	713	51,1
	Sabóia	648	665	-17,0	673	687	-14,2
	Odemira	670	671	-1,1	616	621	-5,7
	Alferce	1062	1045	16,7	1025	1007	17,9
	S. Barnabé	691	700	-9,1	705	705	0,4
	S. Sebastião	600	606	-6,3	589	599	-10,7
NÃO INCLUÍDOS	Barr. Mira	626	783	-156,9	631	836	-204,6
	Santa Clara	553	750	-197,2	569	789	-220,3
	Zambujeira	640	848	-208,1	591	799	-208,1

- 6 melhores séries + Cercal + Zambujeira

ESTAÇÕES/POSTOS		1931/32-1990/91			1946/47-2005/06		
		Observado	Previsto	Resíduos	Observado	Previsto	Resíduos
INCLUÍDOS	Sobreira	936	928	7,8	952	944	8,1
	S. Marcos	728	719	9,4	734	718	15,7
	Santana	684	718	-33,9	679	722	-43,3
	Relíquias	705	729	-23,8	673	698	-25,2
	Ald. Palheiros	623	613	9,6	614	606	7,3
	Almodôvar	578	568	9,7	582	568	14,3
	Cercal	789	768	21,3	764	738	25,6
	Zambujeira	640	640	-0,1	591	594	-2,5
NÃO INCLUÍDOS	Sabóia	648	794	-146,3	673	804	-131,3
	Odemira	670	509	161,0	616	466	149,5
	Alferce	1062	752	310,2	1025	708	317,0
	S. Barnabé	691	668	22,8	705	675	30,8
	S. Sebastião	600	587	13,3	589	583	5,6
	Barr. Mira	626	1060	-434,4	631	1090	-459,2
	Santa Clara	553	935	-382,4	569	963	-394,3

- 6 melhores séries + Zambujeira

ESTAÇÕES/POSTOS		1931/32-1990/91			1946/47-2005/06		
		Observado	Previsto	Resíduos	Observado	Previsto	Resíduos
INCLUIDOS	Sobreira	936	936	-0,3	952	954	-1,7
	S. Marcos	728	727	1,0	734	729	5,5
	Santana	684	685	-0,6	679	682	-3,1
	Relíquias	705	704	0,8	673	669	4,4
	Ald. Palheiros	623	624	-1,0	614	619	-5,4
	Almodôvar	578	577	0,6	582	579	3,3
	Zambujeira	640	641	-0,5	591	594	-3,0
NÃO INCLUIDOS	Cercal	789	671	117,6	764	622	141,6
	Sabóia	648	771	-123,4	673	777	-103,7
	Odemira	670	487	182,9	616	440	175,9
	Alferce	1062	888	173,8	1025	872	152,8
	S. Barnabé	691	665	26,0	705	671	34,6
	S. Sebastião	600	585	15,1	589	581	7,8
	Barr. Mira	626	1032	-406,1	631	1056	-425,1
	Santa Clara	553	911	-358,1	569	934	-365,1

- 6 melhores séries + Cercal + Sabóia + Zambujeira

ESTAÇÕES/POSTOS		1931/32-1990/91			1946/47-2005/06		
		Observado	Previsto	Resíduos	Observado	Previsto	Resíduos
INCLUIDOS	Sobreira	936	934	2,3	952	949	3,2
	S. Marcos	728	680	48,3	734	684	50,6
	Santana	684	707	-22,8	679	712	-33,3
	Relíquias	705	728	-23,1	673	698	-24,5
	Ald. Palheiros	623	588	35,0	614	584	30,1
	Almodôvar	578	599	-21,2	582	596	-13,4
	Cercal	789	762	27,2	764	733	30,9
	Sabóia	648	679	-30,5	673	700	-27,4
	Zambujeira	640	655	-15,3	591	607	-16,1
NÃO INCLUIDOS	Odemira	670	552	117,8	616	440	110,7
	Alferce	1062	713	348,7	1025	872	351,5
	S. Barnabé	691	702	-11,4	705	671	0,1
	S. Sebastião	600	617	-16,5	589	581	-21,1
	Barr. Mira	626	857	-231,5	631	1056	-277,1
	Santa Clara	553	851	-298,2	569	934	-318,8

- 6 melhores séries + Cercal + Zambujeira

ESTAÇÕES/POSTOS		1931/32-1990/91			1946/47-2005/06		
		Observado	Previsto	Resíduos	Observado	Previsto	Resíduos
INCLUÍDOS	Sobreira	936	943	-6,6	952	959	-7,0
	S. Marcos	728	697	30,5	734	704	30,4
	Santana	684	668	16,0	679	668	10,8
	Relíquias	705	698	6,9	673	664	9,6
	Ald. Palheiros	623	606	17,2	614	604	9,8
	Almodôvar	578	604	-26,5	582	602	-19,5
	Sabóia	648	673	-24,7	673	694	-20,7
	Zambujeira	640	653	-12,9	591	604	-13,4
NÃO INCLUÍDOS	Cercal	789	645	144,2	764	600	164,0
	Odemira	670	517	152,9	616	465	150,7
	Alferce	1062	888	174,1	1025	872	153,0
	S. Barnabé	691	692	-0,9	705	693	12,0
	S. Sebastião	600	609	-8,6	589	601	-12,1
	Barr. Mira	626	862	-235,7	631	913	-281,9
	Santa Clara	553	838	-284,6	569	872	-303,3

- Combinação de estações melhor correlacionadas e distribuídas espacialmente

ESTAÇÕES/POSTOS		1931/32-1990/91			1946/47-2005/06		
		Observado	Previsto	Resíduos	Observado	Previsto	Resíduos
INCLUÍDOS	Sobreira	936	911	24,6	952	928	24,1
	S. Marcos	728	693	35,5	734	696	38,5
	Santana	684	725	-40,6	679	729	-50,1
	Relíquias	705	720	-14,7	673	690	-16,7
	Ald. Palheiros	623	584	38,9	614	580	33,7
	Almodôvar	578	622	-43,9	582	617	-34,8
	Cercal	789	775	14,0	764	745	18,6
	Sabóia	648	663	-14,6	673	685	-12,4
	Odemira	670	616	54,0	616	565	50,7
	Zambujeira	640	693	-53,2	591	643	-51,7
NÃO INCLUÍDOS	Alferce	1062	661	401,1	1025	624	400,7
	S. Barnabé	691	740	-49,1	705	741	-35,3
	S. Sebastião	600	646	-45,6	589	637	-48,4
	Barr. Mira	626	767	-140,8	631	823	-191,8
	Santa Clara	553	802	-249,0	569	841	-272,5