

**Climatologia**  
**e**  
**Anos Meteorológicos de Referência**  
**para o**  
**Sistema Nacional de Certificação de Edifícios**  
**(versão 2013)**

### *Declaração*

Este relatório foi produzido pelo LNEG para a ADENE ao abrigo de um contrato de prestação de serviços, no âmbito da revisão do Sistema Nacional de Certificação de Edifícios.

<i>Versão</i>	3 (16 maio 2013)
<i>Autor</i>	Ricardo Aguiar
<i>Revisão</i>	Maria João Carvalho, Hélder Gonçalves

### *Citação sugerida*

Aguiar, R. (2013). Climatologia e Anos Meteorológicos de Referência para o Sistema Nacional de Certificação de Edifícios (versão 2013). Relatório para ADENE – Agência de Energia. Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P., Lisboa, 55 pp.

## Índice

<b>1. Introdução</b>	<b>4</b>
1.1. Elenco de dados e estatísticas a preparar	4
1.2. Os dados climáticos no SCE 2006	5
1.3. Simplificação e eliminação de pontos fracos	6
1.4. Zonamento sazonal	9
1.5. Mudança climática global	9
<b>2. Estatísticas climáticas de base</b>	<b>11</b>
2.1. Dados preparados pelo IPMA	11
2.2. Pós-processamento dos dados do IPMA	13
2.3. Compilação de dados climáticos adicionais de rumo do vento	13
2.4. Compilação de dados climáticos adicionais para as Ilhas	14
<b>3. Metodologias de preparação de dados</b>	<b>15</b>
3.1. Avaliação das estatísticas climáticas do IPMA	15
3.2. Esquema metodológico geral	15
3.3. Caso específico do vento	16
3.4. Caso específico das Regiões Autónomas	17
3.5. Efeito das alterações climáticas globais nas médias climáticas	18
3.6. Estudos de zonamento climático adicionais	20
<b>5. Tendências com a altitude</b>	<b>21</b>
<b>6. Produtos climáticos finais</b>	<b>51</b>
6.1. Anos Meteorológicos de Referência	51
6.2. Estatísticas de referência	51
6.3. Zonamento para requisitos de qualidade da envolvente	53
6.4. Utilização dos produtos no contexto do SCE	54
<b>7. Referências</b>	<b>55</b>

## 1. Introdução

### 1.1. Elenco de dados e estatísticas a preparar

O conjunto de dados de que a ADENE solicitou preparação ao LNEG para a revisão 2013 do Sistema Nacional de Certificação Energética dos Edifícios (SCE 2013) foi o indicado a seguir:

(i) valores de referência para a estação de aquecimento de

GD(20) - graus-dia acumulados na estação de aquecimento

abaixo da temperatura base de 18 °C (°C);

M - duração da estação de aquecimento (°C);

$\theta_{\text{ext},i}$  - temperatura média ambiente do mês mais frio (°C);

$G_{\text{SUL}}$  - média da energia solar acumulada recebida mensalmente numa superfície vertical orientada a Sul (kWh/m<sup>2</sup>);

sendo que a estação de aquecimento tem início no primeiro decêndio posterior a 1 de outubro em que a temperatura média diária é inferior a 15°C e tem termo no último decêndio anterior a 31 de maio em que a referida temperatura ainda é inferior a 15°C;

(ii) valores de referência para a estação de arrefecimento de

$\theta_{\text{ext},v}$  - temperatura média ambiente (°C);

$I_{\text{sol,REF}}$  - média da energia solar acumulada recebida na horizontal e em superfícies verticais orientadas nas oito direcções N, NE, E, SE, S, SW, W, NW (kWh/m<sup>2</sup>);

sendo que a estação de arrefecimento convencionalmente integra os quatro meses de junho a setembro;

(iii) coeficientes para ajustes lineares com a altitude, de GD(20), M,  $\theta_{\text{ext},i}$  e  $\theta_{\text{ext},v}$ .

(iv) Anos Meteorológicos de Referência (AMR) com valores horários dos parâmetros

- temperatura ambiente;
- radiação solar global descendente, na horizontal;
- radiação solar difusa celeste, na horizontal;
- radiação solar directa, normal;
- humidade relativa;
- magnitude do vento;
- rumo do vento;
- radiação infravermelha celeste, descendente;
- radiação solar global recebida em superfícies verticais orientadas nas oito direcções N, NE, E, SE, S, SW, W, NW.

(vii) formatação dos AMR segundo:

- formato padrão para software de simulação térmica conhecido como "EnergyPlus/ESP-r weather format" ou simplesmente "E/E";
- outro formato que acomode adicionalmente a informação sobre radiação solar global recebida em superfícies verticais.

Em paralelo a ADENE solicitou ao Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) as estatísticas climáticas que servissem de base a este trabalho.

Não especificamente solicitado pela ADENE mas também necessário ao SCE 2013 é a definição de critérios para as zonas de verão e de inverno relevantes para classes de exigência dos parâmetros térmicos da envolvente dos edifícios.

## **1.2. Os dados climáticos no SCE 2006**

As médias mensais de temperatura e graus-dia de aquecimento para o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios na versão de 2006 (SCE 2006, vd. Decretos-Lei 78, 79 e 80/2006, de 4 de abril) foram fornecidos pelo Instituto de Meteorologia (actualmente IPMA), segundo o melhor do nosso conhecimento com base no último período climatológico ao tempo disponível, 1971-2000 (não se encontrou uma publicação formal descrevendo estes dados).

Já os AMR para o RSECE 2006 (DL 79/2006) foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (actualmente LNEG) com a metodologia descrita em Aguiar (2004a), baseada num gerador de séries meteorológicas sintéticas (*weather generator*) e cujos fundamentos podem ser encontrados por exemplo em Aguiar (1996, 1998). Igualmente os valores médios mensais da temperatura e irradiação solar na estação de arrefecimento para o RCCTE 2006 (DL 80/2006) foram obtidos com esta abordagem, no caso da temperatura sob o contrangimento de serem compatíveis também com as estatísticas fornecidas pelo IPMA, em particular com os valores de graus-dia de aquecimento, com limiar de conforto 20 °C.

A preparação desta climatologia e dados horários teve por objectivo obter valores para a divisão administrativa do País ao nível de município, i.e. para 308 municípios. Sendo esta uma resolução espacial, por um lado muito elevada em comparação com o número de estações meteorológicas com dados adequados, e por outro lado arbitrária (fronteiras administrativas), houve que fazer numerosas aproximações e operações de interpolação e extrapolação espacial. Foram ainda aplicadas correcções *ad hoc* e muito arbitrárias a algumas bandas costeiras bem como correcções em altitude em bandas, com fórmulas de cálculo generalizadas a partir de apenas alguns casos de estudo.

Assim os dados disponibilizados corresponderam a exigências ligadas à concepção do regulamento mas pouco validadas, com pouca aderência à realidade das regiões climáticas existentes e na prática ignorando as limitações associadas à quantidade e incerteza dos dados de base.

### 1.3. Simplificação e eliminação de pontos fracos

Para esta revisão do SCE tentou-se melhorar alguns dos pontos fracos da anterior climatologia.

No sentido de (i) compatibilizar a resolução espacial da climatologia com incerteza implícita na rede de estações meteorológicas, modelos meteorológicos e dados radiativos (de satélite) e ainda (ii) melhorar o alinhamento entre regiões climáticas e fronteiras administrativas, adoptou-se a divisão administrativa relativa às Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III, cuja composição por municípios tem por base o Decreto-Lei nº 68/2008 de 14 de Abril de 2008, entretanto alterado pelo Decreto-Lei n.º 85/2009, de 3 de Abril e pela Lei n.º 21/2010 de 23 de Agosto. São portanto 30 zonas (cf. Tabela 1 e Figura 1).

**Tabela 1 – Concelhos e Regiões NUTS III em Portugal**

<b>NUTS III</b>	<b>Municípios</b>
Minho-Lima	Arcos de Valdevez, Caminha, Melgaço, Monção, Paredes de Coura, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Valença, Viana do Castelo, Vila Nova de Cerveira
Alto Trás-os-Montes	Alfândega da Fé, Boticas, Bragança, Chaves, Macedo de Cavaleiros, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Montalegre, Murça, Valpaços, Vila Pouca de Aguiar, Vimioso, Vinhais
Cávado	Amares, Barcelos, Braga, Esposende, Terras de Bouro, Vila Verde
Ave	Cabeceiras de Basto, Fafe, Guimarães, Mondim de Basto, Póvoa de Lanhoso, Vieira do Minho, Vila Nova de Famalicão, Vizela
Grande Porto	Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa de Varzim, Santo Tirso, Trofa, Valongo, Vila do Conde, Vila Nova de Gaia
Tâmega	Amarante, Baião, Castelo de Paiva, Cinfães, Felgueiras, Lousada, Marco de Canaveses, Celorico de Basto, Paços de Ferreira, Paredes, Penafiel, Resende
Douro	Alijó, Armamar, Carrazeda de Ansiães, Freixo de Espada à Cinta, Lamego, Mesão Frio, Moimenta da Beira, Murça, Penedono, Peso da Régua, Sabrosa, Santa Marta de Penaguião, São João da Pesqueira, Sernancelhe, Tabuaço, Tarouca, Torre de Moncorvo, Vila Nova de Foz Côa, Vila Real
Entre Douro e Vouga	Arouca, Oliveira de Azeméis, Santa Maria da Feira, São João da Madeira, Vale de Cambra
Baixo Vouga	Águeda, Albergaria-a-Velha, Anadia, Aveiro, Estarreja, Ílhavo, Murtosa, Oliveira do Bairro, Ovar, Sever do Vouga, Vagos
Baixo Mondego	Cantanhede, Coimbra, Condeixa-a-Nova, Figueira da Foz, Mealhada, Mira, Montemor-o-Velho, Mortágua, Penacova, Soure
Beira Interior Norte	Almeida, Celorico da Beira, Figueira de Castelo Rodrigo, Guarda, Manteigas, Mêda, Pinhel, Sabugal, Trancoso
Beira Interior Sul	Castelo Branco, Idanha-a-Nova, Penamacor, Vila Velha de Ródão
Cova da Beira	Belmonte, Covilhã, Fundão
Serra da Estrela	Fornos de Algodres, Gouveia, Seia

**Tabela 1 (cont.) – Concelhos e Regiões NUTS III em Portugal**

<b>NUTS III</b>	<b>Municípios</b>
Dão - Lafões	Aguiar da Beira, Carregal do Sal, Castro Daire, Mangualde, Nelas, Oliveira de Frades, Penalva do Castelo, Santa Comba Dão, São Pedro do Sul, Sátão, Tondela, Vila Nova de Paiva, Viseu, Vouzela
Pinhal Interior Norte	Alvaiázere, Ansião, Arganil, Castanheira de Pera, Figueiró dos Vinhos, Góis, Lousã, Miranda do Corvo, Oliveira do Hospital, Pampilhosa da Serra, Pedrógão Grande, Penela, Tábua, Vila Nova de Poiares
Pinhal Interior Sul	Oleiros, Proença-a-Nova, Sertão, Vila de Rei
Pinhal Litoral	Batalha, Leiria, Marinha Grande, Pombal, Porto de Mós
Oeste	Alcobaça, Alenquer, Arruda dos Vinhos, Bombarral, Cadaval, Caldas da Rainha, Lourinhã, Nazaré, Óbidos, Peniche, Sobral de Monte Agraço, Torres Vedras
Médio Tejo	Abrantes, Alcanena, Constância, Entroncamento, Ferreira do Zêzere, Mação, Ourém, Sardoal, Tomar, Torres Novas, Vila Nova da Barquinha
Lezíria do Tejo	Almeirim, Alpiarça, Azambuja, Benavente, Cartaxo, Chamusca, Coruche, Golegã, Rio Maior, Salvaterra de Magos, Santarém
Grande Lisboa	Amadora, Cascais, Lisboa, Loures, Mafra, Odivelas, Oeiras, Sintra, Vila Franca de Xira
Península de Setúbal	Alcochete, Almada, Barreiro, Moita, Montijo, Palmela, Seixal, Sesimbra, Setúbal
Alto Alentejo	Alter do Chão, Arronches, Avis, Campo Maior, Castelo de Vide, Crato, Elvas, Fronteira, Gavião, Marvão, Monforte, Mora, Nisa, Ponte de Sôr, Portalegre
Alentejo Central	Alandroal, Arraiolos, Borba, Estremoz, Évora, Montemor-o-Novo, Mourão, Portel, Redondo, Reguengos de Monsaraz, Sousel, Vendas Novas, Viana do Alentejo, Vila Viçosa
Alentejo Litoral	Alcácer do Sal, Grândola, Odemira, Santiago do Cacém, Sines
Baixo Alentejo	Aljustrel, Almodôvar, Alvitto, Barrancos, Beja, Castro Verde, Cuba, Ferreira do Alentejo, Mértola, Moura, Ourique, Serpa, Vidigueira
Algarve	Albufeira, Alcoutim, Aljezur, Castro Marim, Faro, Lagoa, Lagos, Loulé, Monchique, Olhão, Portimão, S. Brás de Alportel, Silves, Tavira, Vila do Bispo, Vila Real de Santo António
Região Autónoma dos Açores	Vila do Porto, Lagoa, Nordeste, Ponta Delgada, Povoação, Ribeira Grande, Vila Franca do Campo, Angra do Heroísmo, Praia da Vitória, Santa Cruz da Graciosa, Calheta, Velas, Lajes do Pico, Madalena, São Roque do Pico, Horta, Lajes das Flores, Santa Cruz das Flores, Vila do Corvo
Região Autónoma da Madeira	Calheta, Câmara de Lobos, Funchal, Machico, Ponta do Sol, Porto Moniz, Ribeira Brava, Santa Cruz, Santana, São Vicente, Porto Santo

Embora as NUTS III tenham como base uma lógica de agrupamento dos concelhos segundo as suas características demográficas e socio-económicas, o que se verifica é que se traduzem também *grosso modo* bacias hidrográficas, zonas de altitude, costa-litoral, etc., com certa conexão com as variações geográficas do clima. Por outro lado, a sua área corresponde melhor à resolução espacial efectiva que os dados implicam. Ao adoptar um único conjunto de dados para

caracterizar uma NUTS III e todos os concelhos específico que a integram, deixam de existir situações em que por exemplo há enclaves de uns concelhos noutros, mas correspondendo ao mesmo concelho-zona, concelhos-zona minúsculos, ou pelo contrário concelhos-zona muito extensos, etc., e que eram caracterizados de forma incoerente com o ponto de vista climático.



**Figura 1 – Regiões NUTS III em Portugal (continental)**

Neste contexto também desaparecem os casos especiais para bandas costeiras definidas *ad hoc* no SCE 2006. Embora conhecida a situação micro-meteorológica em que se baseavam, designadamente a existência de nevoeiros costeiros de verão em situações de nortada e afloramento de águas frias sub-superficiais, objectivamente não há estações meteorológicas suficientes para a discriminação efectuada (porquê não se consideraram todos os concelhos afectados por esta situação, porquê a largura destas bandas...). Outra fraqueza desta abordagem consiste em evidenciar estas zonas e não outras que sofrem outros fenómenos micrometeorológicos, como por exemplo a diferente temperatura e radiação solar nas encostas sul e norte de certas serras (e.g. Sintra, Madeira) causadas pelo efeito Foëhn (orográfico), ou ainda a redução de amplitude térmica diária em zonas muito próximas do mar. Com a informação e meios técnicos que possuímos actualmente, é irrealista crer que um Regulamento do tipo do SCE dê conta de todos os efeitos micrometeorológicos que existem num território tão diverso como Portugal, ou até que daí venha significativa vantagem prática.

Um terceiro ponto de melhoria em relação ao SCE 2006 consistiu na melhoria da representação do arrefecimento em altitude. Abandona-se o conceito de banda de altitude: não apenas pelo seu carácter arbitrário mas ainda porque em certas situações levava a descontinuidades que na aplicação prática dos regulamentos causavam estranheza. Aplica-se um único coeficiente para

dar conta do gradiente em altitude de cada parâmetro meteorológico relevante (temperatura média, graus-dia, etc.).

Os valores dos parâmetros climáticos  $X$  associados a um determinado local, são então obtidos a partir de valores de referência  $X_{REF}$  para cada NUTS III e ajustados com base na altitude desse local,  $z$ . Estas correções de altitude, são do tipo linear, com declive  $a$ , proporcionais à diferença entre a altitude do local e uma altitude de referência  $z_{REF}$  para a NUTS III, segundo a seguinte expressão:

$$X = X_{REF} + a (z - z_{REF}) . \quad (1)$$

Esta solução é possível porque as NUTS III estão em largos traços alinhadas com regiões climáticas e com a própria orografia. Portanto ao invés de estabelecer bandas de altitude mas ignorar a forte variabilidade geográfica latitude-longitude do clima, as próprias NUTS III fornecem uma discriminação geográfica / climática, e cada uma tem um gradiente em altitude próprio desse clima e dessa orografia.

#### **1.4. Zonamento sazonal**

Continuam a definir-se zonas de verão e zonas de inverno (três de cada), uma vez que são necessárias para a aplicação de requisitos de qualidade térmica da envolvente dos edifícios. Mas porque neste SCE 2013 o limiar de conforto passa de 20 °C para 18 °C, e porque no caso do verão se usa agora como parâmetro principal uma temperatura média exterior, foi necessário propor novos critérios de discriminação de zonas. Note-se que enquanto no SCE 2006 estas zonas eram representadas descontinuamente (concelhos atribuídos a cada zona), agora em posse da Eq. 1 é possível obter um mapa contínuo das zonas, portanto com manchas que atravessam fronteiras das NUTS III.

#### **1.5. Mudança climática global**

A existência de alterações climáticas globais decorrentes de emissões antropogénicas de gases com efeito de estufa é já em parte irreversível: pelo menos +2°C na temperatura média superficial do globo, até ao final do século, relativamente a níveis pré-industriais. Em resposta a este problema, a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAA 2010), aprovada como Resolução de Conselho de Ministros, reconhece serem necessárias "...medidas de adaptação a aplicar, designadamente através de instrumentos de carácter sectorial...", sendo portanto necessário adaptar os procedimentos nacionais, inclusivé ao nível de políticas públicas do tipo regulamentar como o SCE.

Ora, tendo em atenção que a duração de um edifício é de várias dezenas de anos, não pode ser ignorado que a ENAA implica a adopção de dados climáticos no SCE que correspondam ao período da utilização futura do edifício e não a dados climáticos do passado, em compatibilidade com o seu Objectivo 2 "(...)Reduzir a vulnerabilidade e aumentar a capacidade de resposta: identificar medidas; (...) aplicar acções que reduzam a vulnerabilidade dos vários sectores às alterações do clima mais prováveis e mais preocupantes; e aplicar acções com vista a aumentar a eficiência de resposta a impactes que decorram das alterações climáticas(...)".

Neste contexto aplicou-se uma correcção aos dados climáticos 1971-2000 produzidos pelo IPMA, designadamente de temperatura, que é compatível com a visão do modelo climático CMIP5 (2012) para o cenário de emissões RCP 4.5 (Meinshausenet et al., 2011), o mais conservador dos recentemente preparados para o *5th Assessment Report* do IPCC (Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas).

## 2. Estatísticas climáticas de base

### 2.1. Dados preparados pelo IPMA

O IPMA preparou para a ADENE, e entregou ao LNEG, para Portugal continental, o seguinte conjunto de dados:

- (i) Médias mensais de radiação solar global na horizontal no período 1981-2010. 12 ficheiros mensais com valores estatísticos, em  $\text{W/m}^2$ , por NUTS III. Fonte: Interpolação e estatística zonal das grelhas de reanálise da ERA-Interim do ECMWF (<http://www.ecmwf.int/research/era/do/get/era-interim>)
- (ii) Médias mensais de temperatura do ar mínima e máxima no período 1971-2000. 12 ficheiros mensais e 1 anual com valores estatísticos, em  $^{\circ}\text{C}$ , por NUTS III. Fonte: Estatística zonal das grelhas de temperatura do ar com 250 m de resolução base do Atlas Climático Ibérico 1971-00 ([http://www.meteo.pt/resources.www/docs\\_pontuais/ocorrencias/2011/atlas\\_clima\\_iberico.pdf](http://www.meteo.pt/resources.www/docs_pontuais/ocorrencias/2011/atlas_clima_iberico.pdf)).
- (iii) Médias mensais de humidade relativa no período 1971-2000. Um ficheiro contendo os valores médios mensais, em %, por NUTS III. Fonte: Interpolação e estatística zonal dos valores médios mensais no período 1971-2000, de humidade relativa às 9 horas em 60 estações climatológicas da rede de observação do IM.
- (iv) Médias mensais de longo prazo da intensidade do vento no período 1971-2000. Um ficheiro EXCEL com os dados e um ficheiro de texto descrevendo as estações (listadas na Tabela 2). Fonte: Base de dados do IPMA.
- (v) Graus-dia acumulados para a temperatura-base de  $20^{\circ}\text{C}$ , outubro a maio, no período 1971-2000. Um ficheiro contendo os valores médios, em graus-dia  $^{\circ}\text{C}$ , por NUTS III. Fonte: Estatística zonal da grelha produzida no IM no âmbito do RCCTE de 2006. Mais tarde a solicitação extraordinária da ADENE foi também enviado um ficheiro semelhante com temperatura-base de  $18^{\circ}\text{C}$ .
- (vi) Duração da estação convencional de aquecimento, no período 1971-2000. Um ficheiro contendo os valores médios, em graus-dia  $^{\circ}\text{C}$ , por NUTS III. Fonte: Estatística zonal da grelha produzida no IM no âmbito do RCCTE de 2006. Fonte: Estatística zonal da grelha produzida no IM no âmbito do RCCTE de 2006.
- (vii) Orografia numa resolução de 5 km x 5 km. Embora o LNEG dispusesse da orografia, a solicitação do LNEG, posteriormente o IPMA também enviou um ficheiro orográfico, para assegurar a plena consistência com os dados climáticos.

**Tabela 2 - Estações anemométricas utilizadas (Portugal continental).**

Estação	Período	Lat.(°N)	Long.(°W)	Alt(m)
Monção	1971-2000	42.07	8.38	80
Montalegre	1971-2000	41.82	7.78	1005
Bragança	1971-1998	41.80	6.73	690
Cabril	1983-2000	41.72	8.02	585
Chaves/Aerodromo	1981-2000	41.72	7.47	360
Viana do castelo	1971-1999	41.70	8.80	16
Mirandela	1971-2000	41.52	7.20	250
Miranda do Douro	1971-1997	41.52	6.28	693
Carraceda de Ansiães	1981-1999	41.23	7.30	715
Porto/S. Gens	1971-2000	41.18	8.65	90
Régua	1971-2000	41.17	7.80	65
Luzim	1981-2000	41.15	8.25	250
Porto/S. Pilar	1971-2000	41.13	8.60	93
Viseu	1981-1997	40.67	7.90	443
Aveiro	1981-2000	40.63	8.67	5
Guarda	1971-2000	40.53	7.27	1019
Anadia	1971-2000	40.43	8.43	45
Coimbra/Bencanta	1971-2000	40.22	8.45	35
Montemor-o-Velho	1971-1999	40.18	8.72	15
Fundão	1971-2000	40.13	7.50	495
Castelo Branco	1988-2000	39.82	7.48	380
S. Pedro Muel	1971-2000	39.75	9.03	40
Alvega	1971-2000	39.47	8.05	51
Portalegre	1971-2000	39.28	7.42	597
Santarém	1971-1994	39.25	8.70	54
Mora	1981-2000	38.93	8.17	110
Elvas	1971-2000	38.88	7.15	208
Sintra	1971-2000	38.83	9.33	134
Lisboa/Geofísico	1971-2000	38.72	9.15	77
Lisboa/Tapada	1971-2000	38.70	9.18	60
Évora	1971-2000	38.57	7.90	309
Setúbal	1971-2000	38.55	8.88	35
Setúbal/Setenave	1974-2000	38.48	8.82	4
Alcácer do Sal	1971-1997	38.38	8.52	51
Cabo Carvoeiro	1971-2000	38.35	9.40	32
Viana do Alentejo	1971-2000	38.33	8.05	202
Amareleja	1971-2000	38.22	7.22	192
Contenda	1971-2000	38.05	7.07	450
Beja	1971-2000	38.02	7.87	246
Sines	1971-2000	37.95	8.88	15
Zambujeira	1971-2000	37.50	8.75	106
Tunes	1980-1998	37.17	8.25	56
Vila do Bispo	1971-1997	37.08	8.88	115

Com excepção dos dados de vento, esta informação é disponibilizada para uma grelha regular com 5 km de resolução espacial, georreferenciada com indicação das coordenadas de latitude e longitude do centróide de cada polígono, contendo ainda a identificação da NUTS III a que pertence e um identificador único de cada polígono. Para cada polígono são disponibilizados os valores estatísticos mínimo, máximo, médio e desvio padrão de cada elemento (com excepção da humidade relativa em que se apresenta apenas o valor médio dada a menor variabilidade espacial).

Para as Regiões Autónomas, o IPMA entregou um ficheiro com os valores médios de longo prazo de temperatura mínima, máxima, humidade relativa e intensidade de vento,

- (i) para a R.A. Açores, estações Angra Heroísmo (Terceira), Aeroporto (Flores); Horta (Faial); Base Aérea das Lajes (Terceira), Ponta Delgada (S. Miguel), e Santa Maria (Aeroporto), período nominal 1971-2000;
- (ii) para a R.A. Madeira, estações Funchal e Aeroporto, período nominal 1971-2000.

## **2.2. Pós-processamento dos dados do IPMA**

Os dados climáticos do IPMA para o continente nos vários formatos foram processados e recombinaados obtendo-se um conjunto de ficheiros de formato uniforme com médias mensais de longo prazo dos vários parâmetros para coordenadas nominais de cada rectângulo 5 km x 5 km - médias da latitude, longitude e altitude.

Adicionaram-se dois ficheiros semelhantes para a média da temperatura durante a estação de arrefecimento (verão, nominalmente junho a setembro) e para a temperatura média do mês mais frio da estação de aquecimento (examinados novembro a fevereiro, quase sem excepção trata-se do valor de janeiro).

Num segundo tempo foi acrescentado a esses ficheiros a informação, para cada rectângulo, do nome e medianas da latitude, longitude e altitude da NUTS III respectiva. Em particular o valor  $z_{REF}$  indicado na Eq. 1 corresponde a esta mediana da altitude para a região.

A abordagem seguida para as Regiões Autónomas foi semelhante, com a diferença de que as coordenadas se referiram às estações específicas disponíveis e não a rectângulos.

## **2.3. Compilação de dados climáticos adicionais de rumo do vento**

Os dados do IPMA não incluem rumo do vento, no entanto este parâmetro é necessário para os AMR, pelo menos no formato E/E. Foram compilados dados de rumo de vento em 8 direcções cardeais para as mesmas estações cujos dados foram fornecidos pelo IPMA, a partir da climatologia 1951-1980 (INMG, 1991). Note-se que o rumo é muito dependente do entorno de cada local, pelo que os dados detalhados das rosas de vento das estações não podem ser considerados representativos da NUTS III a que pertencem; apenas nas suas características

gerais. Por outro lado, este dado não é essencial para os AMR (seria importante por exemplo para simulações de convecção natural).

Assim foi extraída apenas a informação da moda do rumo. O gerador de séries sintéticas tem um modo em que necessita apenas desta informação como dado de entrada para produzir a série de rumos horários.

#### **2.4. Compilação de dados climáticos adicionais para as Ilhas**

Os dados do IPMA não eram suficientes para estimar a variação em altitude dos parâmetros. Para o arquipélago dos Açores isto não foi considerado um problema dada a modesta dimensão vertical das ilhas, ou melhor dizendo, da cota máxima das zonas significativamente habitadas das ilhas. Já no caso da Madeira o mesmo argumento não seria aceitável. Assim foram compilados dados adicionais da climatologia 1951-1980 (INMG, 1991) para as estações Bom Sucesso, Sanatório do Monte, Lugar de Baixo, Ponta Delgada, Porto Santo, Santana, Camacha, Porto Moniz, Arieiro, Bica da Cana, Queimadas e Santo da Serra (a adicionar portanto a Funchal e Aeroporto).

### 3. Metodologias de preparação de dados

#### 3.1. Avaliação das estatísticas climáticas do IPMA

Comparações preliminares entre os valores de duração da estação de aquecimento e de graus-dia de aquecimento para limiar 20 °C fornecidos pelo IPMA, com os do RCCTE 2006, evidenciaram diferenças muito significativas em numerosos estudos-de-caso. Utilizando séries sintéticas de temperatura com base nos algoritmos de Aguiar (1996) e tomando como entrada os valores médios também indicados pelo IPMA, foram de novo encontradas diferenças significativas entre as estatísticas implícitas nestas séries sintéticas e as fornecidas pelo IPMA. Este problema de inconsistência foi analisado de outros ângulos e provou-se ser irredutível, pelo que foram pedidos esclarecimentos ao IPMA.

Na resposta o IPMA salientou que “(...)a disponibilização da informação em grelhas coincidentes de 5 km não significou que a informação de entrada o fosse, quer ao nível de resolução quer ao nível de método e estações meteorológicas utilizados. No caso dos graus-dia há estações meteorológicas que não foram utilizadas na obtenção das grelhas de temperatura do Atlas Climático (Ibérico) e vice-versa. O método de interpolação no primeiro caso passou pela krigagem residual da regressão com a altitude para uma resolução de 1000 m e no segundo caso pela interpolação dos resíduos através de IDW da regressão multivariada com altitude, latitude e distância à costa para uma resolução de 250 m. Deste modo a comparação de valores de temperatura com os correspondentes graus-dia para o mesmo ponto deverá ser feita com cautela e não reproduz a metodologia empregue nos dados que foram entregues.” (IPMA, 2012).

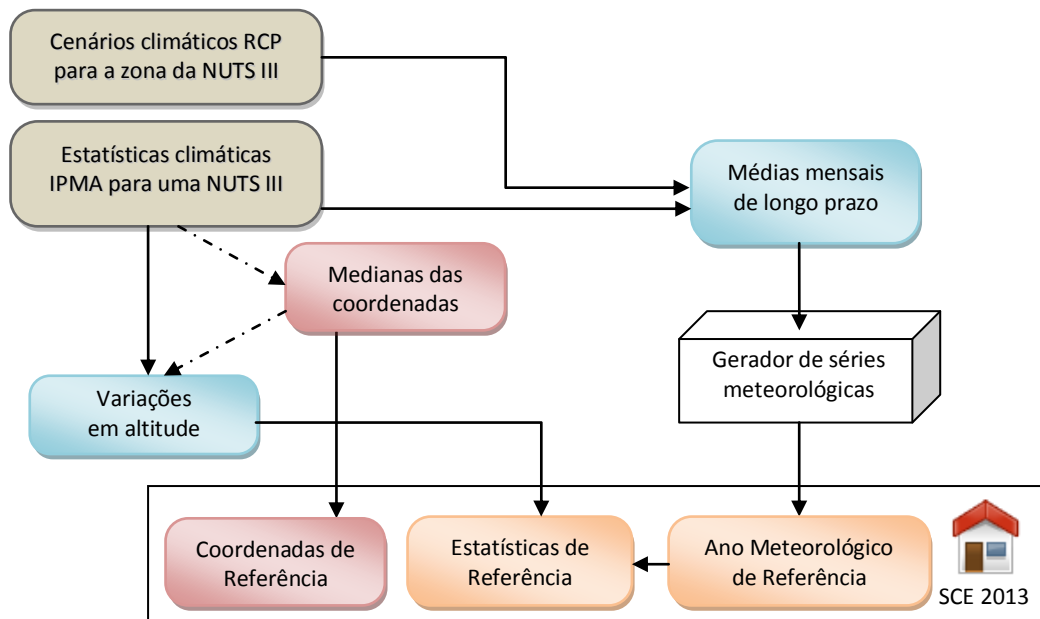
Surge então a dificuldade que do ponto de vista operacional do SCE, requer consistência plena para os algoritmos que utilizam temperaturas médias, graus-dia, e bem assim para as médias e graus-dias implícitos nos Anos Meteorológicos de Referência.

#### 3.2. Esquema metodológico geral

A conclusão da análise da secção anterior foi que os valores de graus-dia disponibilizados pelo IPMA seriam úteis, e aliás quase indispensáveis, para a análise da variação em altitude, mas que os valores de referência deveriam ser obtidos de séries sintéticas, partindo das temperaturas médias do IPMA como dados de entrada, de forma a obter plena consistência. Duas mais-valias adicionais desta abordagem são:

- (i) a fácil inclusão de tendências climáticas via alteração ligeira dos valores médios mensais de longo prazo, enquanto tal seria difícil de aplicar directamente para as estatísticas de duração da estação de arrefecimento ou o número de graus-dia, e
- (ii) a consistência da metodologia de obtenção de médias, estatísticas e séries horárias, de radiação solar, humidade, e temperaturas, pois que todas serão calculadas a partir dos Anos Meteorológicos de Referência.

Assim a abordagem metodológica seguida na preparação dos dados para o SCE foi a exposta na Figura 2.



**Figura 2 – Esquema da metodologia de preparação de dados para o SCE.**

O gerador de séries sintéticas utilizado é o do Projecto ALTENER “Climed”, detalhadamente reportado em Aguiar (1998).

Para cada NUTS III são geradas 30 séries sintéticas (amostras), da qual se selecciona a amostra que se tornará o AMR da NUTS III. A questão aqui é que em qualquer amostra as médias de longo prazo das temperaturas mínima, média e máxima diárias, estão a menos de 0,2 °C dos valores de entrada, como critério de aprovação da própria série, portanto do ponto de vista de médias mensais qualquer amostra seria adequada. Contudo, como as amostras correspondem a sequências diferentes, os valores de GD(18) e M não são iguais, bem como as estatísticas de radiação solar, neste caso dada a correlação cruzada com a temperatura (que no entanto é pequena).

Calcula-se pois a mediana das estatísticas relevantes (cf. secção 1.1) e selecciona-se como AMR a amostra cujas estatísticas estão mais próximas daquelas medianas. Nesta avaliação são considerados os valores de GD(18) e M, e se necessário de  $G_{SUL}$  como critério de desempate; na prática os desvios das restantes estatísticas dão informação redundante com a dos desvios das três indicadas.

### 3.3. Caso específico do vento

No caso do vento, do que se dispõe é de um conjunto de estações e não de dados em malha rectangular. Nesse caso houve que proceder a uma interpolação espacial (na região continental). Uma vez que o objectivo era produzir dados característicos de cada NUTS III, e não um campo contínuo e extenso de valores, o procedimento adoptado após estudos e ensaios preliminares foi

usar uma interpolação com pesos iguais ao inverso da distância (em graus) da estação ao ponto de coordenadas nominais da NUTS III, mas só participando as estações com peso superior à unidade; esses pesos foram depois normalizados cf. Tabela 3.

**Tabela 3 – Matriz de pesos normalizados da contribuição de estações anemométricas para os valores de referência das NUTS III de Portugal continental.**

	Minho-Lima	Alto Trás-os-Montes	Cávado	Ave	Grande Porto	Tâmega	Douro	Entre Douro e Vouga	Baixo Vouga	Baixo Mondego	Beira Interior Norte	Beira Interior Sul	Cova da Beira	Serra da Estrela	Dão-Lafões	Pinhal Interior Norte	Pinhal Interior Sul	Pinhal Litoral	Oeste	Médio Tejo	Lezíria do Tejo	Grande Lisboa	Península de Setúbal	Alto Alentejo	Alentejo Central	Alentejo Litoral	Baixo Alentejo	Algarve
Monção	0.36	0.11			0.04																							
Montalegre	0.16	0.13	0.08	0.10	0.03	0.04																						
Bragança			0.14																									
Cabril	0.20	0.20	0.06	0.16	0.05	0.05																						
Chaves/Aerodromo			0.15	0.09			0.08																					
Viana do castelo	0.27	0.26		0.10	0.07	0.04																						
Mirandela			0.32	0.08			0.12																					
Miranda do Douro			0.08																									
Carrazeda de Ansiães			0.10	0.08		0.05	0.39		0.04		0.12																	
Porto/S. Gens		0.11		0.10	0.30	0.08		0.14	0.04	0.06																		
Régua			0.06	0.10	0.04	0.12	0.22	0.09	0.06																			
Luzim		0.10		0.11	0.10	0.41	0.10	0.18	0.06	0.06																		
Porto/S. Pilar		0.10		0.09	0.25	0.09		0.17	0.04	0.06																		
Viseu				0.04	0.06	0.09	0.11	0.50	0.07	0.14	0.23	0.06	0.06	0.09														
Aveiro				0.05	0.05		0.14	0.05	0.45			0.09		0.09														
Guarda							0.06		0.60	0.25		0.08			0.11													
Anadia				0.04			0.10	0.06	0.15		0.12	0.19	0.05	0.14		0.10												
Coimbra/Bencanta							0.07	0.04	0.08		0.10	0.36	0.05	0.23		0.14	0.14											
Montemor-o-Velho								0.07		0.25		0.14				0.18	0.12		0.07									
Fundão								0.04		0.14	0.20	0.67	0.12	0.26		0.16												
Castelo Branco										0.10		0.09	0.10	0.41		0.22					0.10							
S. Pedro Muel											0.06					0.36		0.24	0.14		0.07							
Alvega													0.09	0.10	0.10	0.25	0.48		0.15	0.09								
Portalegre																0.11		0.12		0.33								
Santarém																	0.11		0.29	0.16		0.37	0.06					
Mora																				0.15	0.12		0.04	0.09	0.05			
Elvas																				0.16					0.07			
Sintra																					0.14		0.07	0.44	0.07			
Lisboa/Geofísico																					0.12		0.08	0.17	0.13		0.05	
Lisboa/Tapada																					0.12		0.07	0.16	0.13		0.05	
Évora																						0.11				0.51	0.05	0.09
Setúbal																					0.09		0.07	0.07	0.30		0.07	
Setúbal/Setenave																					0.08		0.07	0.06	0.15		0.09	
Alcácer do Sal																						0.07	0.07	0.13	0.09			
Cabo Carvoeiro																					0.07		0.05	0.06		0.05		
Viana do Alentejo																								0.04	0.12	0.08	0.13	
Amareleja																									0.07		0.11	
Contenda																										0.10		
Beja																										0.07	0.07	0.47
Sines																											0.14	
Zambujeira																											0.08	0.20
Tunes																											0.05	0.62
Vila do Bispo																											0.05	0.19

### 3.4. Caso específico das Regiões Autónomas

Nas Regiões Autónomas, uma vez que o número de estações com dados disponibilizados foi muito pequeno, não seria possível utilizar métodos sofisticados, aliás nem sequer interpolação espacial simples. Foram adoptados simplesmente, para cada parâmetro, os valores relativos à estação com estatísticas mais próximas da mediana das estatísticas do conjunto de estações disponível.

### 3.5. Efeito das alterações climáticas globais nas médias climáticas

Como já mencionado antes, tomou-se como base para inclusão do efeito das alterações climáticas globais em Portugal, os resultados do Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5), para o cenário de emissões RCP 4.5 (vd. CMIP5, 2012; Meinshausen et al., 2011). Estes estudos são sumariados pelo IPMA (2013) da forma que se reproduz: “Recentemente o [IPMA] concluiu, em parceria com o Instituto Dom Luiz da Universidade de Lisboa e integrado no consórcio Europeu ECEARTH, a realização de cenários globais cujos resultados serão integrados no próximo relatório do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas. Apresentam-se agora os primeiros resultados gráficos deste projeto (...) correspondentes ao clima dos últimos 150 anos e ao clima previsto até ao final do século, identificando as anomalias em relação à normal de referência 1961-90 e utilizando dois cenários socioeconómicos contrastantes. Foi utilizado como menos gravoso o cenário RCP4.5 correspondente a uma evolução sócio-económica que controla o aumento das emissões com gases de efeito de estufa, atingindo um máximo na concentração em meados do séc. XXI. Em contraste, o cenário mais gravoso RCP8.5 representa um crescimento contínuo nas emissões durante o séc. XXI. A evolução da temperatura na primeira metade do séc. XXI é muito semelhante para os dois cenários, refletindo o longo tempo de residência dos gases de efeito de estufa na atmosfera. A diferença entre os dois cenários amplifica-se na segunda metade do século, havendo um claro contraste entre o litoral e o interior do país. O aquecimento médio no território no final do século XXI, é cerca de 2,5 °C e 4 °C, respetivamente para os cenários apresentados.”

A Figura 3 mostra a evolução da temperatura média anual na zona de Portugal continental segundo estes estudos, donde se salientou uma janela para o período climatológico de referência do presente trabalho, 1971-2000, e uma outra compatível com a ordem de grandeza do tempo de vida útil de um edifício submetido ao SCE 2013, o período 2013-2060 (47 anos).

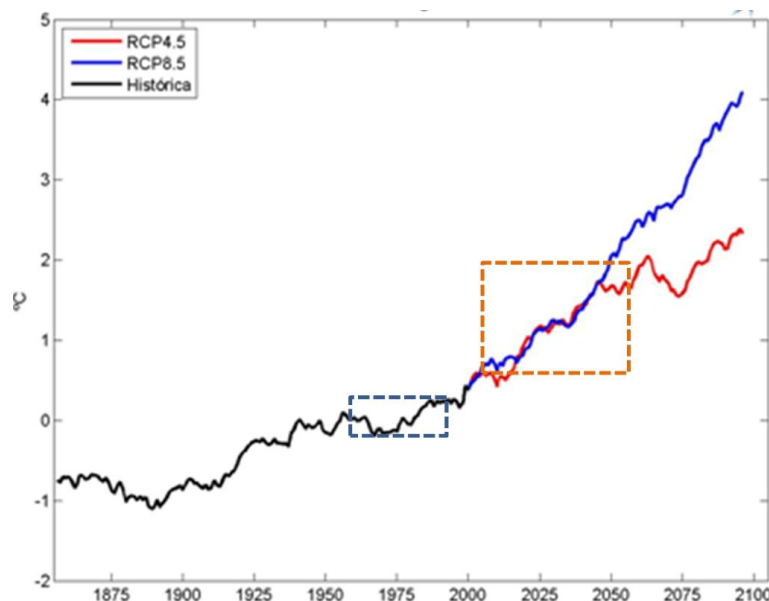


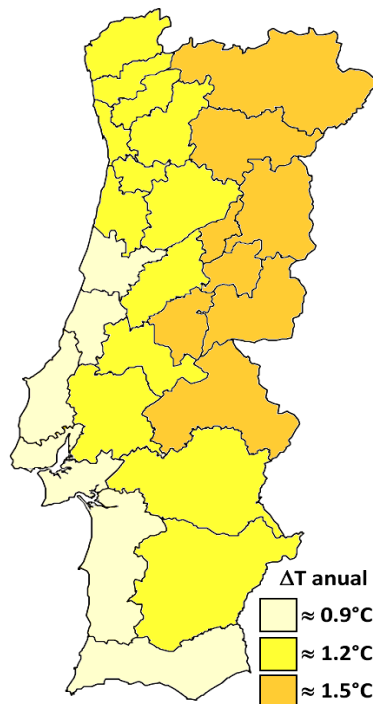
Figura 3 – Temperatura média anual aos 2 m na zona de Portugal continental (reproduzido de IPMA, 2013).

Janela azul - período climatológico de referência: 1971-2000

Janela laranja - período de cálculo para edifícios sob o SCE 2013: 2013-2060

Como se pode apreciar, a diferença média entre os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 é muito pequena na janela temporal do futuro que nos interessa, pelo que apenas se trabalhou com o cenário mais conservador RCP 4.5.

O aquecimento médio entre as duas janelas temporais é da ordem de 1,2 °C mas não é uniforme na zona de Portugal continental (cf. IPMA, 2013), pelo que para os objectivos deste trabalho foram agrupadas as NUTS III em três regiões, no continente – cf. Figura 4 – a partir de dados mais detalhados descarregados do KNMI Climate Explorer (KNMI, 2012).



**Figura 4 – Agrupamento de NUTS III por zonas de evolução diferenciada das temperatura na zona de Portugal continental.**

Definiu-se ainda uma quarta região para as ilhas atlânticas, onde o aquecimento médio é bastante inferior, cerca de 0,4 °C apenas, segundo os dados descarregados do KNMI Climate Explorer.

Finalmente, ainda com os dados do KNMI Climate Explorer, foi avaliada a variação sazonal deste aquecimento (uma vez que o aumento de temperatura é maior no verão do que no inverno nestas regiões de interesse). Estes estudos conduziram a um perfil sazonal tipo, de onde resultaram as correcções por NUTS III e por mês a aplicar às médias mensais de longo prazo da temperatura, que se apresentam na Tabela 4.

**Tabela 4 – Perfis sazonais de anomalias climáticas da temperaturas médias de longo prazo, estimadas para 2013-2060 sob o cenário de emissões RCP4.5, por NUTS III,**

NUTS III	Região	média												
		anual	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
-----		°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
Minho-Lima	2	1.2	0.9	0.8	0.9	1.0	1.2	1.6	1.7	1.7	1.6	1.2	1.0	0.9
Alto Trás-os-Montes	3	1.5	1.1	1.0	1.1	1.3	1.6	2.0	2.1	2.1	2.0	1.6	1.2	1.1
Cávado	2	1.2	0.9	0.8	0.9	1.0	1.2	1.6	1.7	1.7	1.6	1.2	1.0	0.9
Ave	2	1.2	0.9	0.8	0.9	1.0	1.2	1.6	1.7	1.7	1.6	1.2	1.0	0.9
Grande Porto	2	1.2	0.9	0.8	0.9	1.0	1.2	1.6	1.7	1.7	1.6	1.2	1.0	0.9
Tâmega	2	1.2	0.9	0.8	0.9	1.0	1.2	1.6	1.7	1.7	1.6	1.2	1.0	0.9
Douro	3	1.5	1.1	1.0	1.1	1.3	1.6	2.0	2.1	2.1	2.0	1.6	1.2	1.1
Entre Douro e Vouga	2	1.2	0.9	0.8	0.9	1.0	1.2	1.6	1.7	1.7	1.6	1.2	1.0	0.9
Baixo Vouga	1	0.9	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.2	1.3	1.2	1.2	0.9	0.7	0.6
Baixo Mondego	1	0.9	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.2	1.3	1.2	1.2	0.9	0.7	0.6
Beira Interior Norte	3	1.5	1.1	1.0	1.1	1.3	1.6	2.0	2.1	2.1	2.0	1.6	1.2	1.1
Beira Interior Sul	3	1.5	1.1	1.0	1.1	1.3	1.6	2.0	2.1	2.1	2.0	1.6	1.2	1.1
Cova da Beira	3	1.5	1.1	1.0	1.1	1.3	1.6	2.0	2.1	2.1	2.0	1.6	1.2	1.1
Serra da Estrela	3	1.5	1.1	1.0	1.1	1.3	1.6	2.0	2.1	2.1	2.0	1.6	1.2	1.1
Dão-Lafões	2	1.2	0.9	0.8	0.9	1.0	1.2	1.6	1.7	1.7	1.6	1.2	1.0	0.9
Pinhal Interior Norte	2	1.2	0.9	0.8	0.9	1.0	1.2	1.6	1.7	1.7	1.6	1.2	1.0	0.9
Pinhal Interior Sul	2	1.2	0.9	0.8	0.9	1.0	1.2	1.6	1.7	1.7	1.6	1.2	1.0	0.9
Pinhal Litoral	1	0.9	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.2	1.3	1.2	1.2	0.9	0.7	0.6
Oeste	1	0.9	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.2	1.3	1.2	1.2	0.9	0.7	0.6
Médio Tejo	2	1.2	0.9	0.8	0.9	1.0	1.2	1.6	1.7	1.7	1.6	1.2	1.0	0.9
Lezíria do Tejo	2	1.2	0.9	0.8	0.9	1.0	1.2	1.6	1.7	1.7	1.6	1.2	1.0	0.9
Grande Lisboa	1	0.9	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.2	1.3	1.2	1.2	0.9	0.7	0.6
Península de Setúbal	1	0.9	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.2	1.3	1.2	1.2	0.9	0.7	0.6
Alto Alentejo	2	1.2	0.9	0.8	0.9	1.0	1.2	1.6	1.7	1.7	1.6	1.2	1.0	0.9
Alentejo Central	2	1.2	0.9	0.8	0.9	1.0	1.2	1.6	1.7	1.7	1.6	1.2	1.0	0.9
Alentejo Litoral	1	0.9	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.2	1.3	1.2	1.2	0.9	0.7	0.6
Baixo Alentejo	2	1.2	0.9	0.8	0.9	1.0	1.2	1.6	1.7	1.7	1.6	1.2	1.0	0.9
Algarve	1	0.9	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.2	1.3	1.2	1.2	0.9	0.7	0.6
R.A. Açores	4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3
R.A. Madeira	4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3

### 3.6. Estudos de zonamento climático adicionais

Uma vez obtidas as estatísticas de referência, foram prosseguidos testes para definir os critérios de zonamento de verão e inverno, para aplicação de requisitos de qualidade térmica da envolvente de edifícios. Já não se aplicando os critérios do SCE 2006 devido a alterações dos dados climáticos e do limiar de conforto, e não tendo sido recebidas indicações específicas da ADENE ou de Comissões Técnicas a este respeito, foi aplicada a *expertise* e julgamento do LNEG.

## 5. Tendências com a altitude

A estimação dos gradientes tem um destaque especial dado que é tarefa particularmente trabalhosa e assunto sensível em termos de aplicação regulamentar.

Apresentam-se sistematicamente para cada NUTS III continental os gráficos e regressões lineares para os parâmetros relevantes, que se recorda são: graus-dia de aquecimento na base 18°C (simplesmente graus-dia nas legendas); duração da estação de aquecimento (simplesmente duração nas legendas); temperatura média do mês mais frio da estação de aquecimento ( $T_{\min}$  nas legendas); e temperatura média da estação de arrefecimento ( $T_{\text{verão}}$  nas legendas).

O processamento destes resultados levou aos valores finais de gradientes tabelados na secção 6. Em muitos casos verificou-se existir realmente uma correlação linear significativa dos parâmetros com a altitude. Todavia também houve numerosos casos em que a dispersão foi considerada demasiada ou a gama de valores era muito pequena, e nesse caso atribuiu-se um gradiente nulo.

Estudos semelhantes foram realizados para a Ilha da Madeira com os dados do IPMA (Funchal e Aeroporto) aumentados dos dados adicionalmente compilados pelo LNEG (cf. secção 2.4). As estatísticas de duração da estação de aquecimento e graus-dia foram obtidas de séries sintéticas geradas tendo como entrada os dados de temperatura média. Os resultados são sumariados na Figura 33. Os valores de gradiente estudados para a Madeira foram adoptados para todas as restantes ilhas atlânticas.

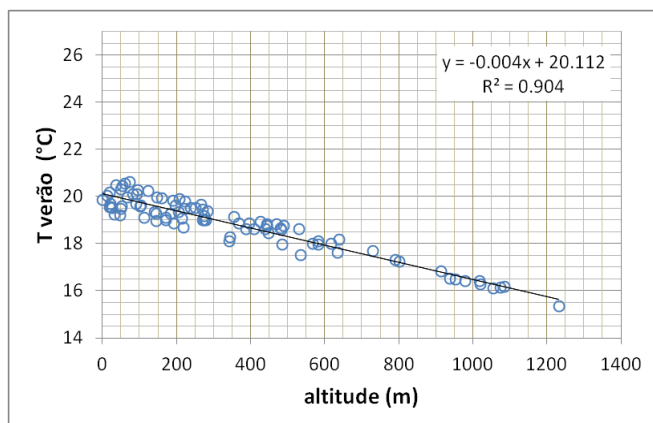
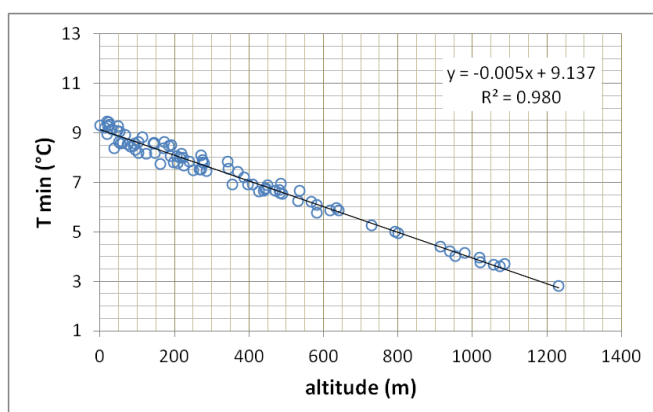
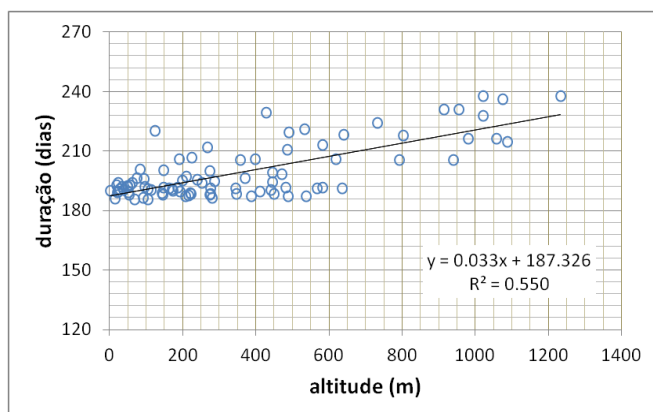
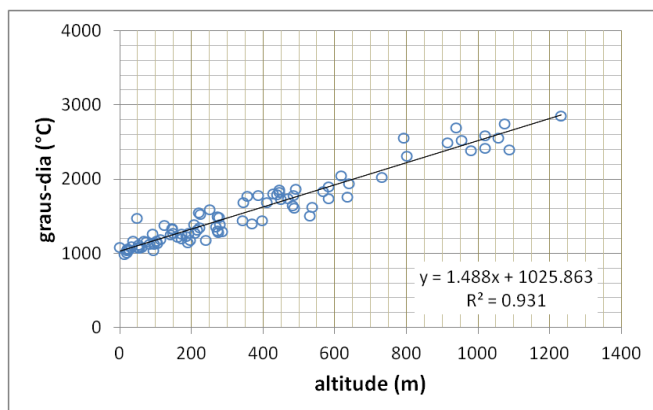


Figura 5 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Minho-Lima.

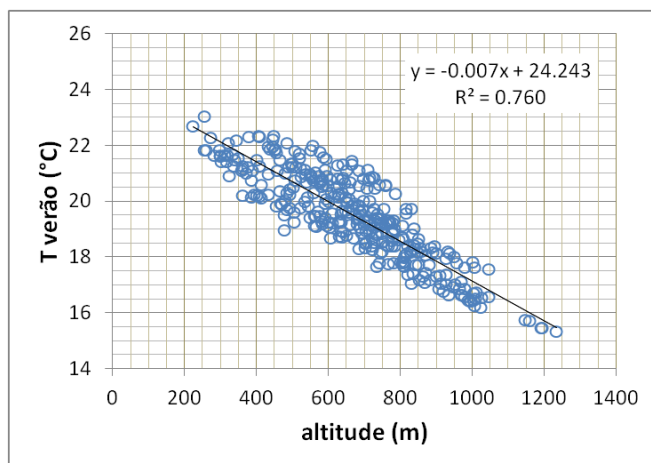
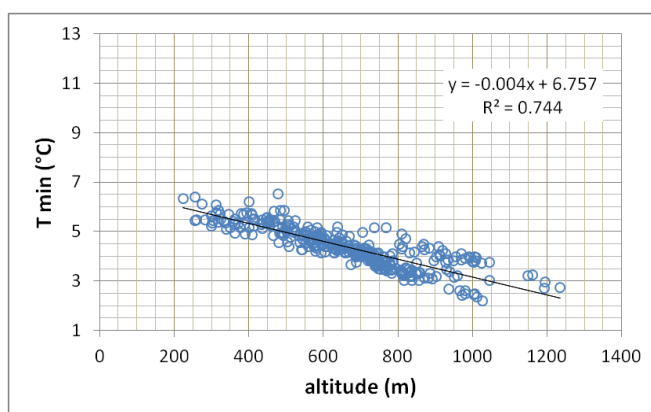
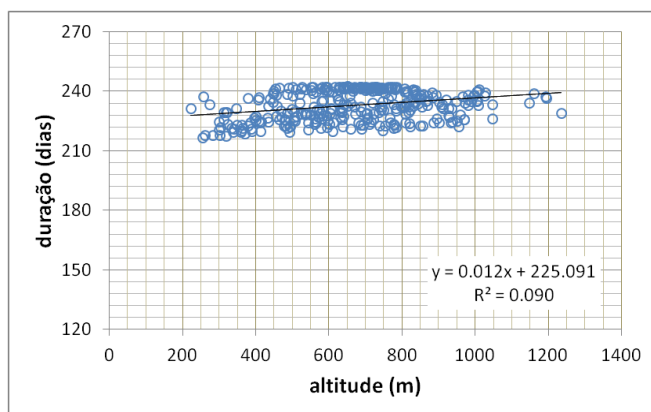
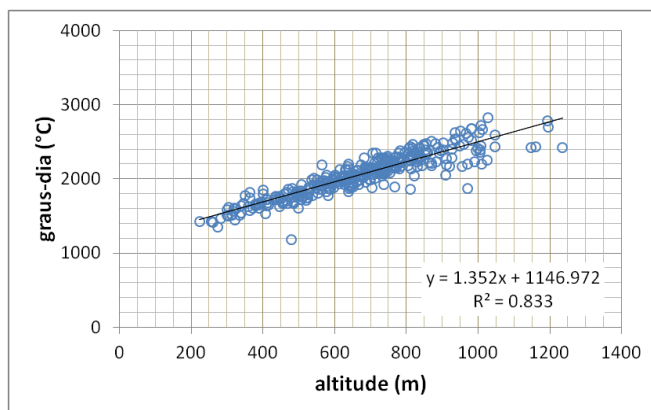


Figura 6 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Alto Trás-os-Montes.

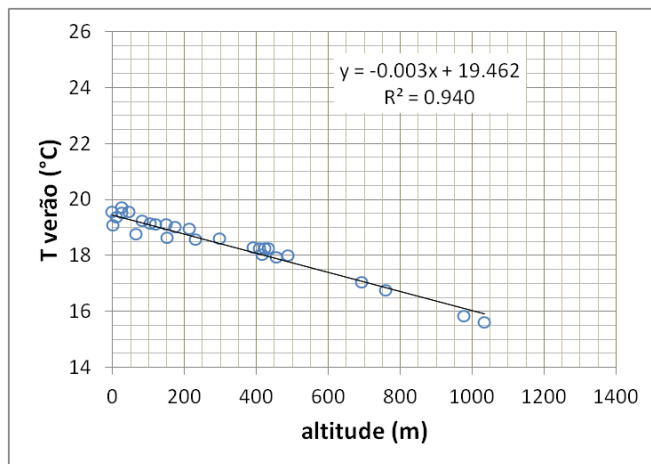
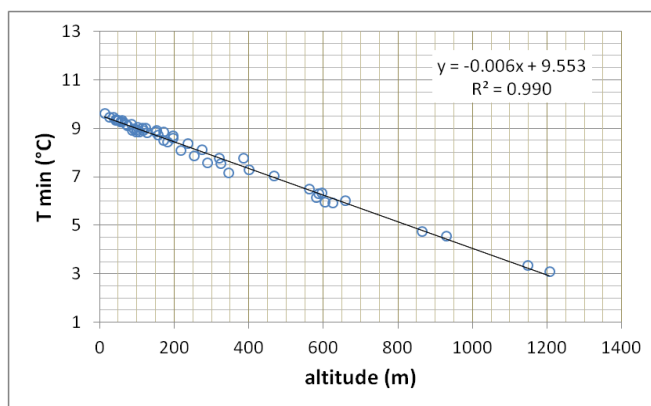
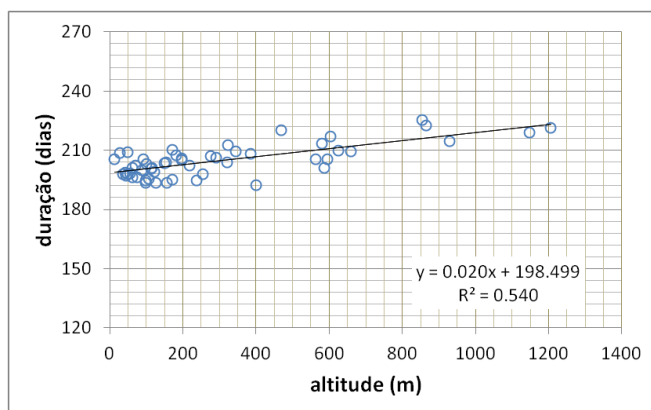
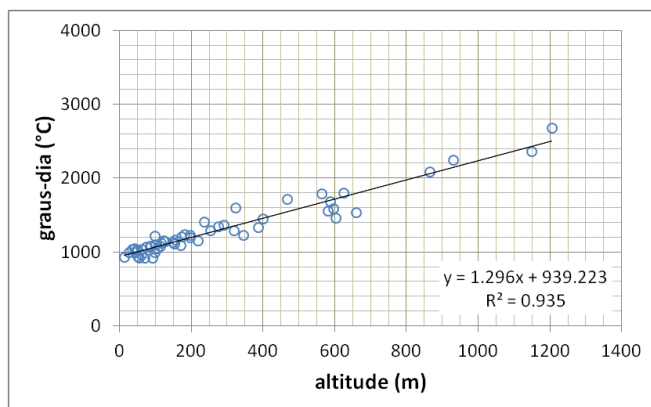
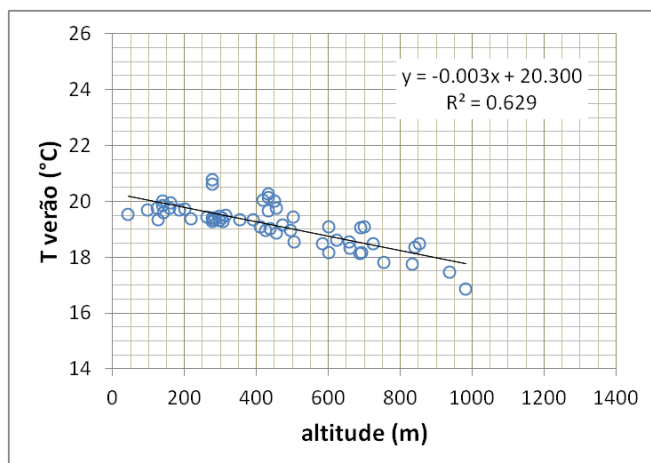
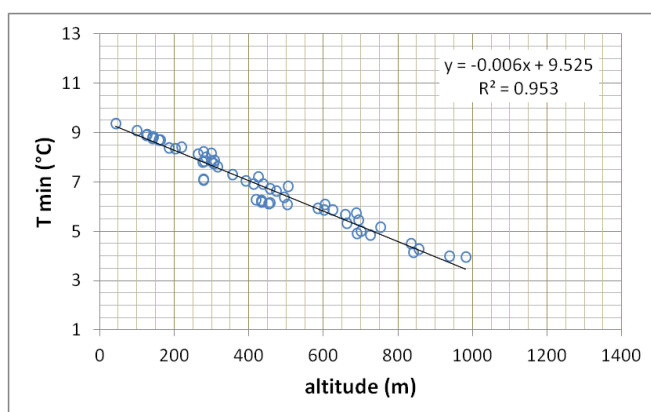
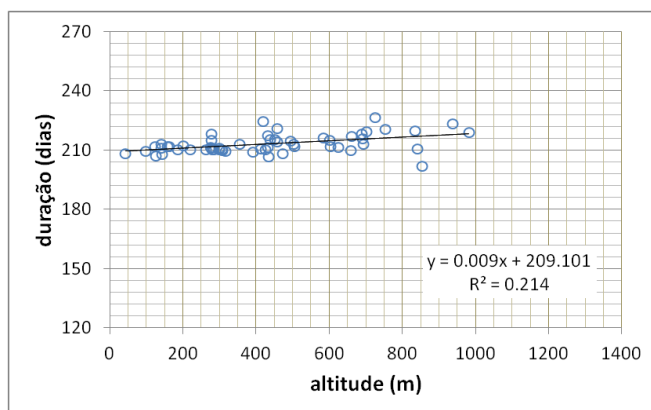
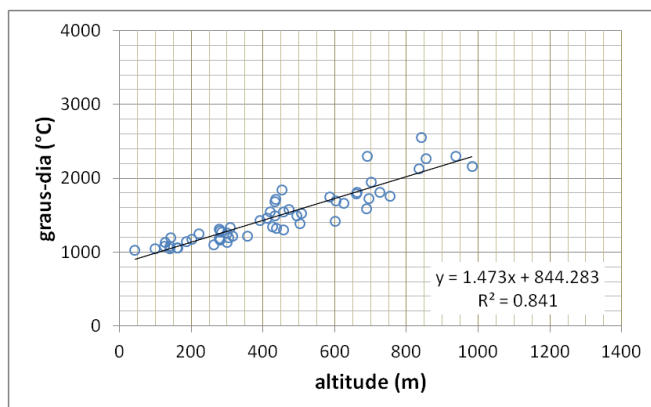


Figura 7 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Cávado.



**Figura 8 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Ave.**

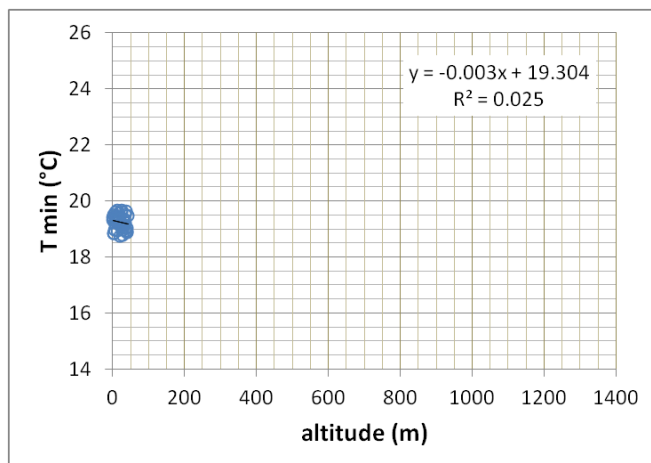
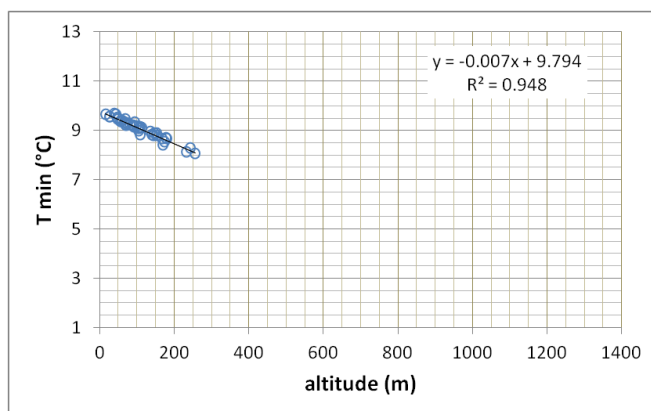
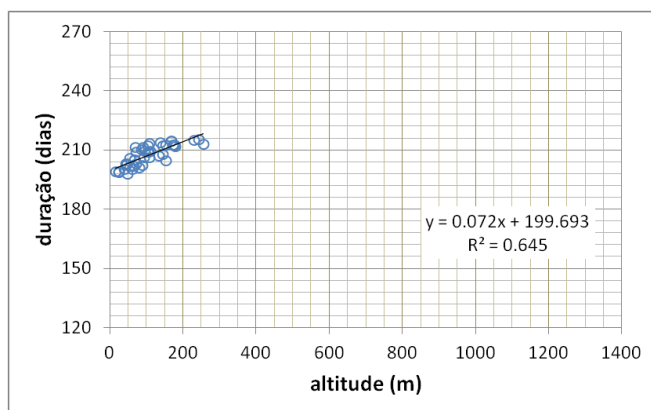
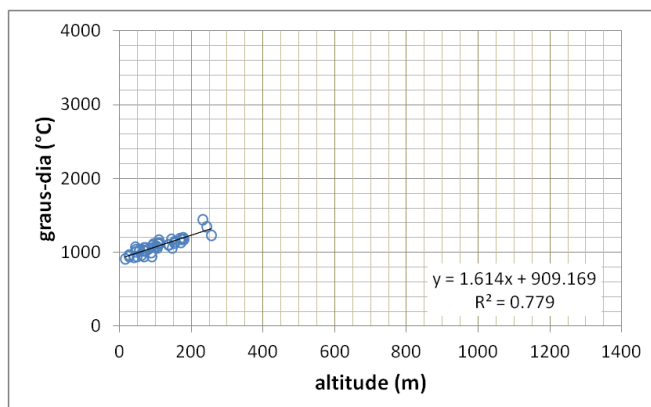


Figura 9 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Grande Porto.

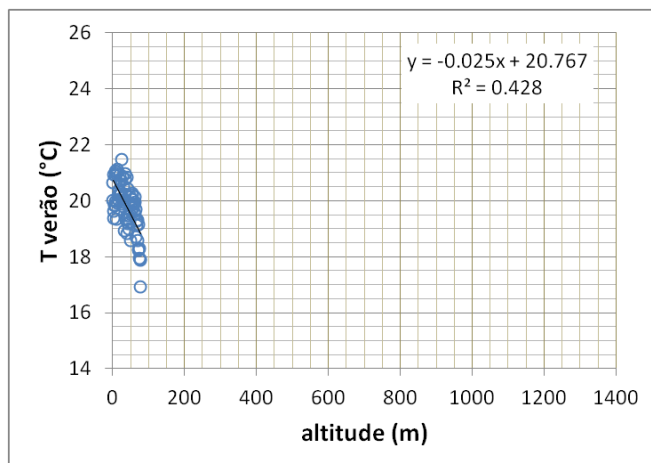
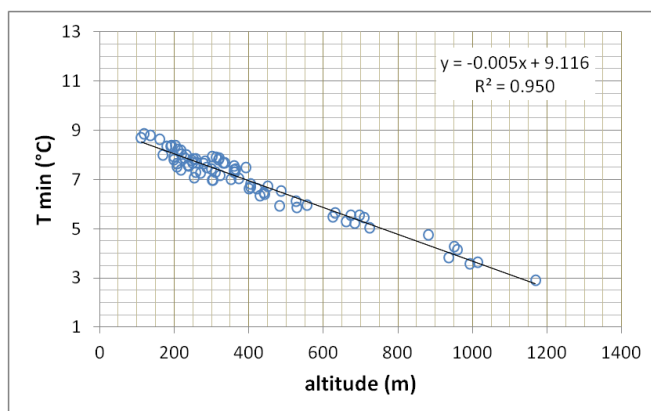
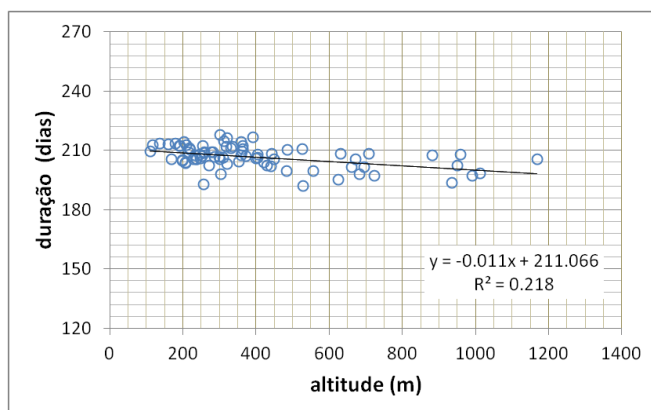
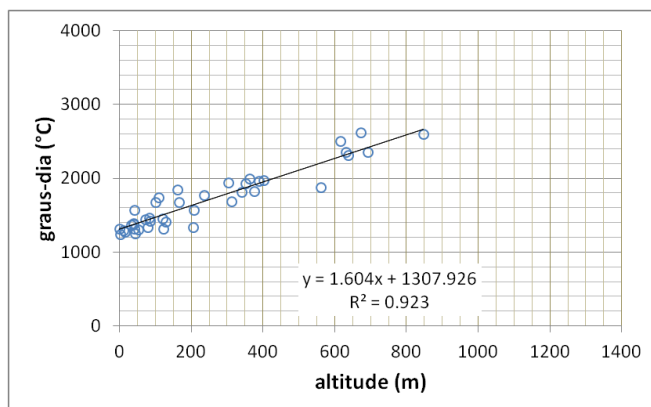


Figura 10 – Estudos de gradientes com a atitude para a NUTS III Tâmega.

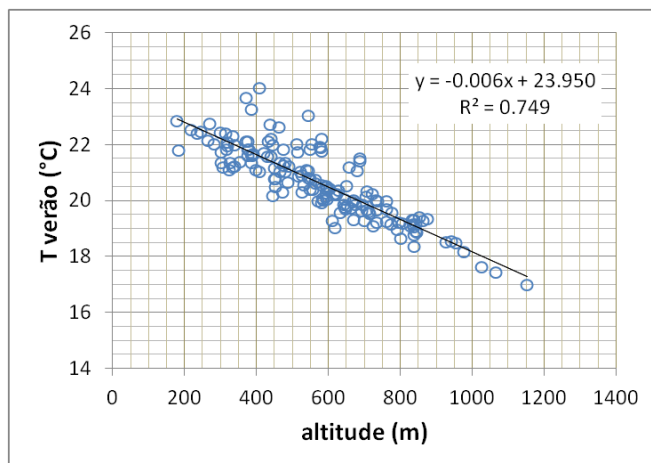
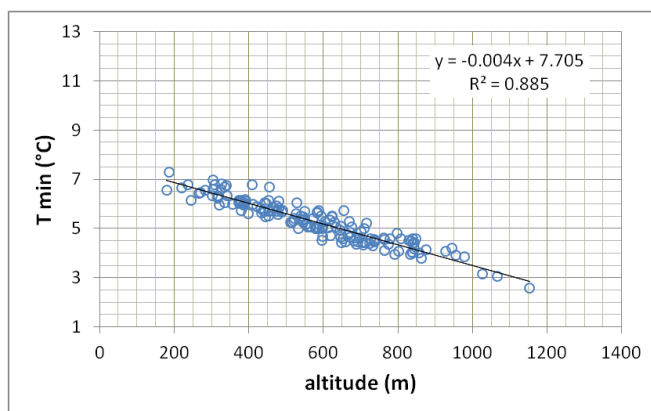
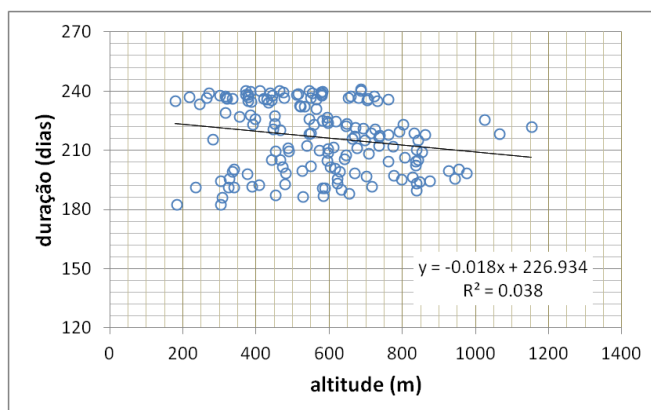
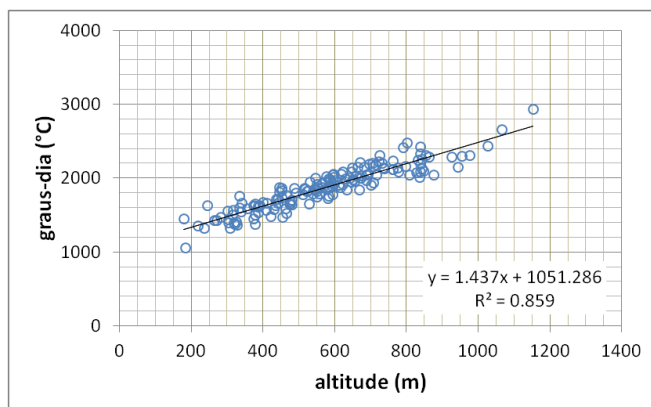


Figura 11 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Douro.

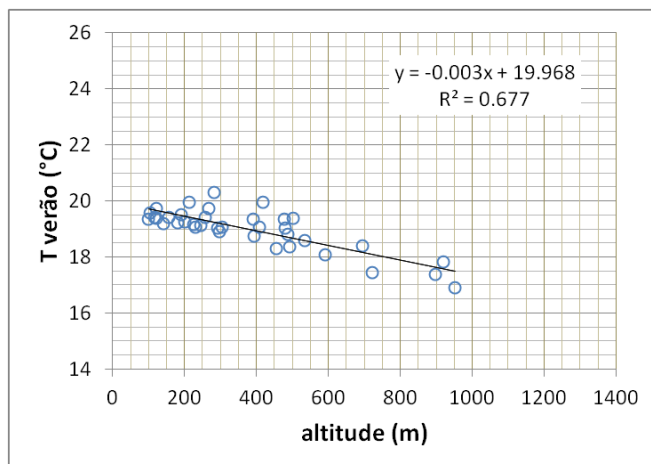
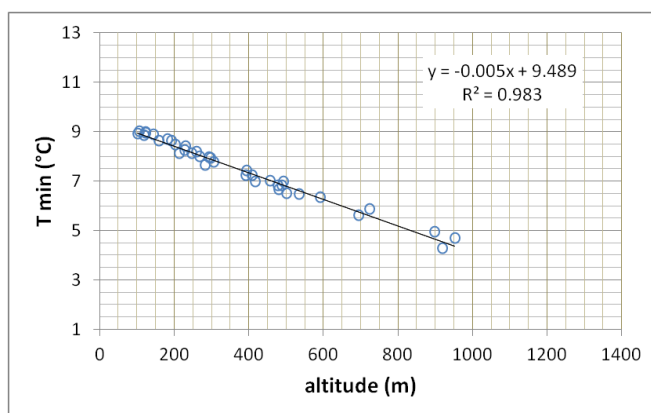
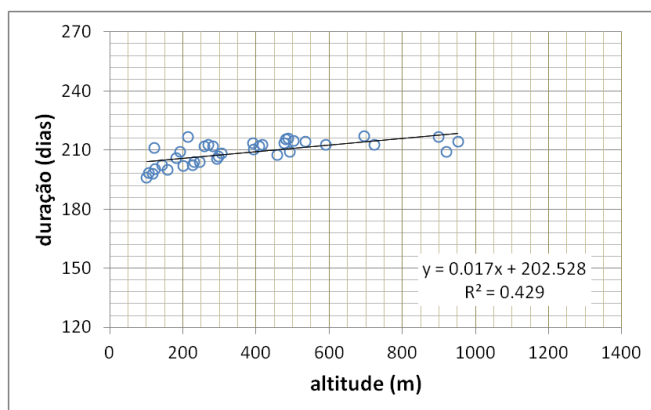
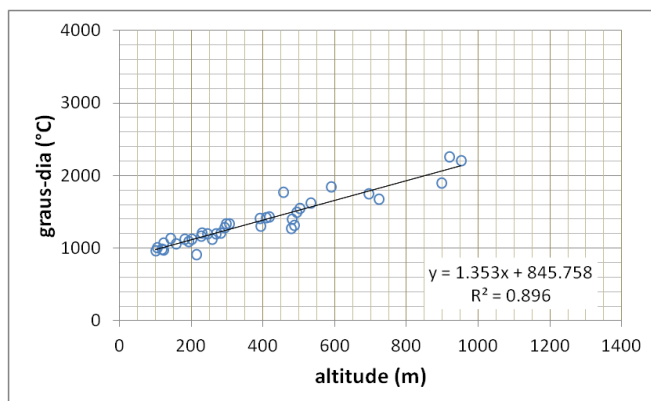
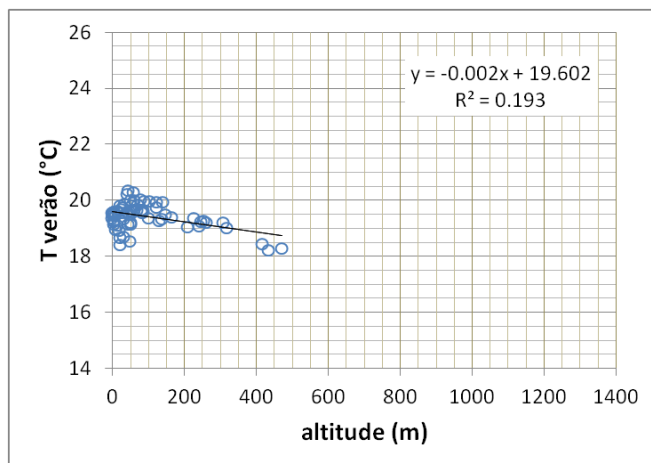
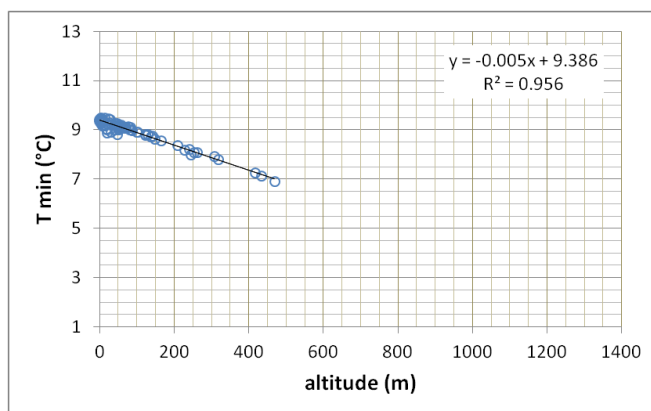
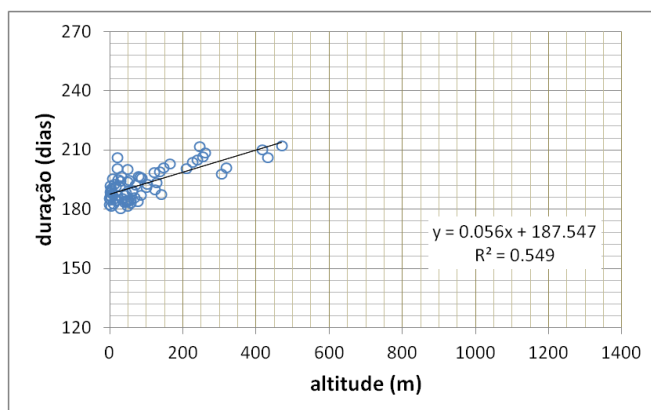
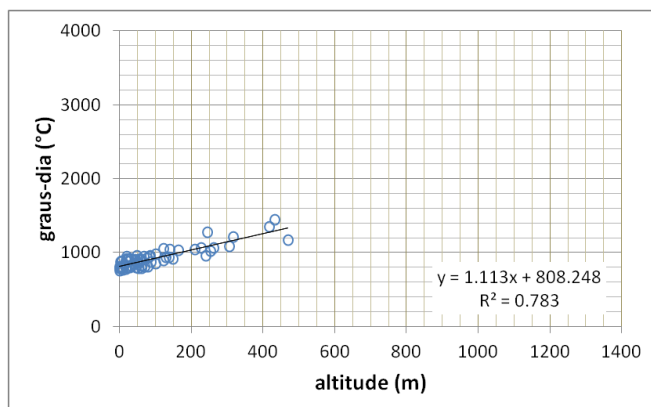


Figura 12 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Entre Douro e Vouga.



**Figura 13 – Estudos de gradientes com a atitude para a NUTS III Baixo Vouga.**

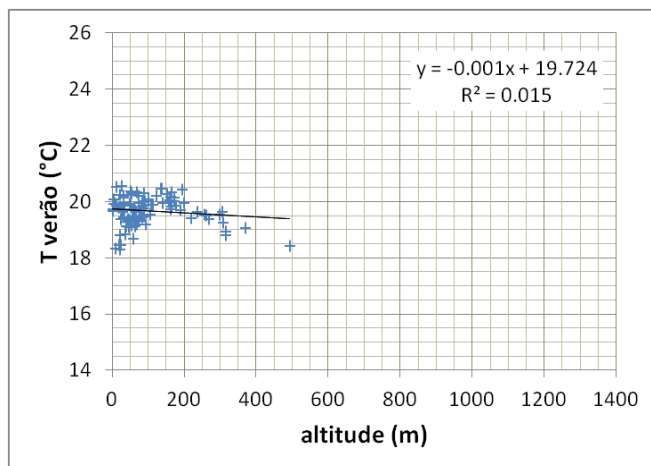
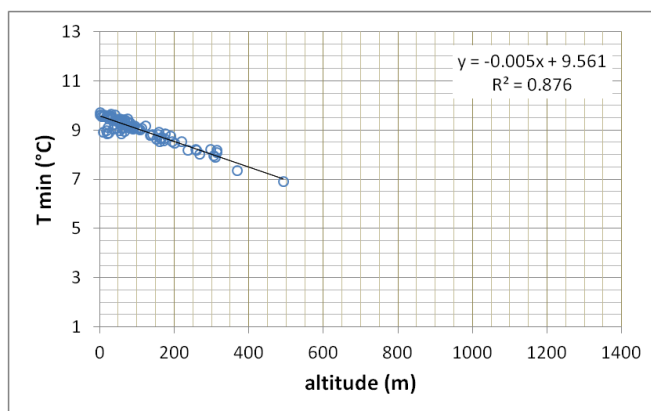
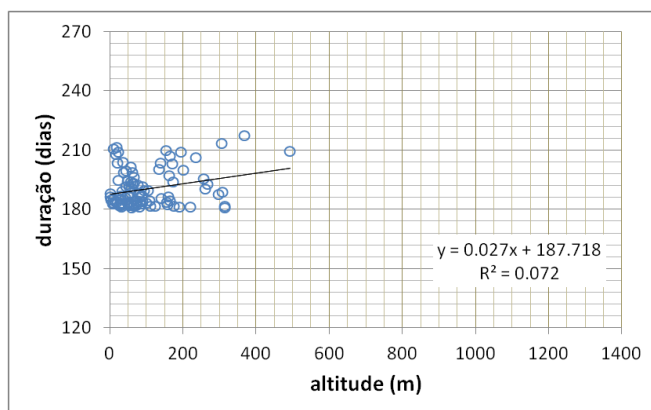
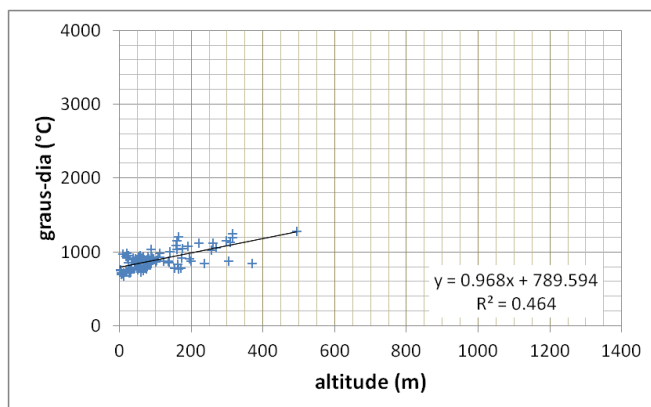


Figura 14 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Baixo Mondego.

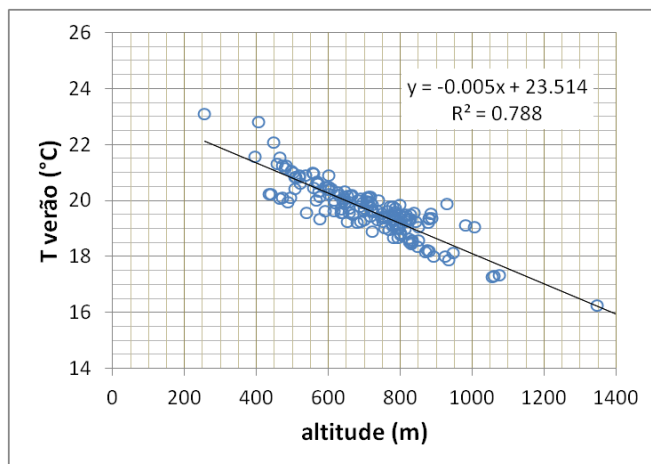
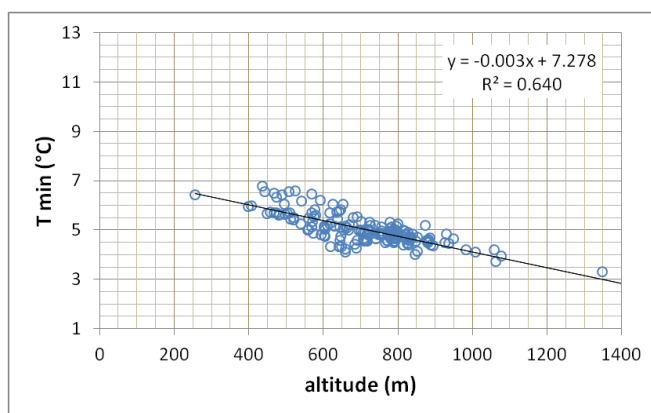
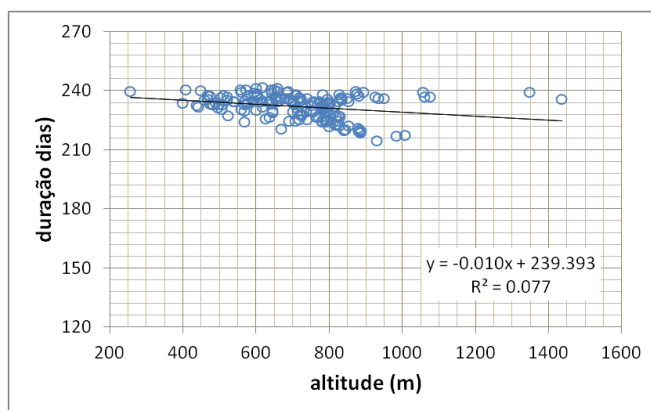
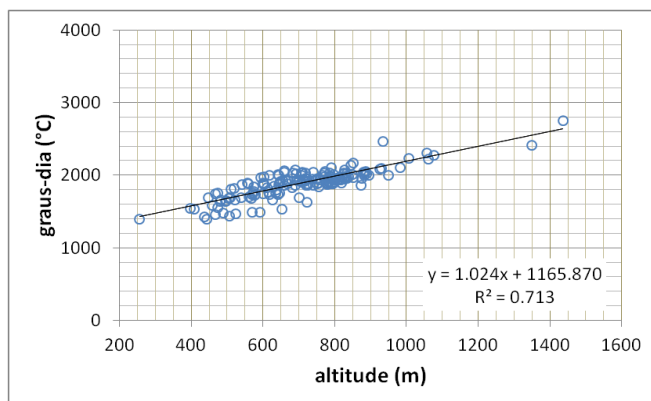


Figura 15 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Beira Interior Norte.

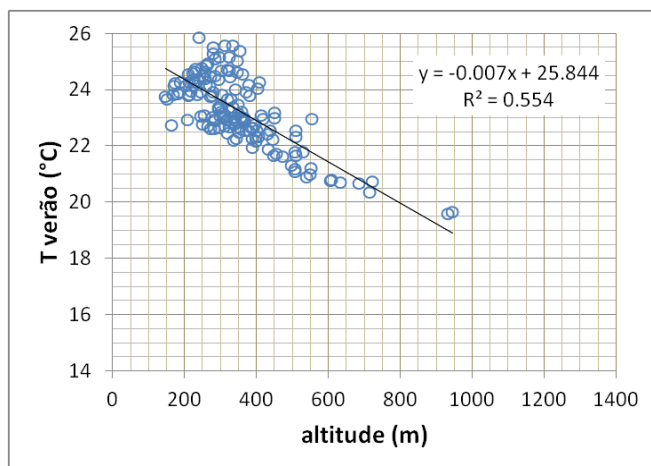
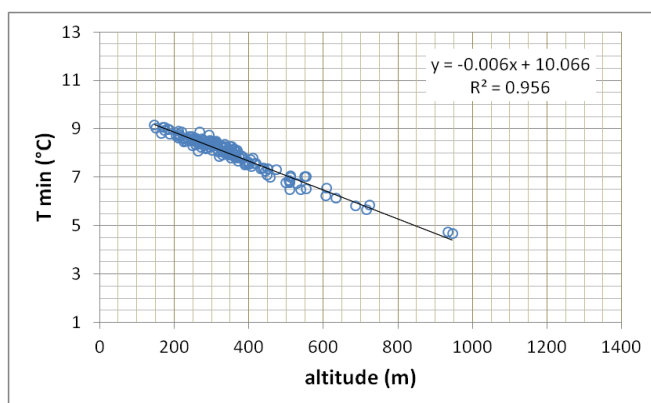
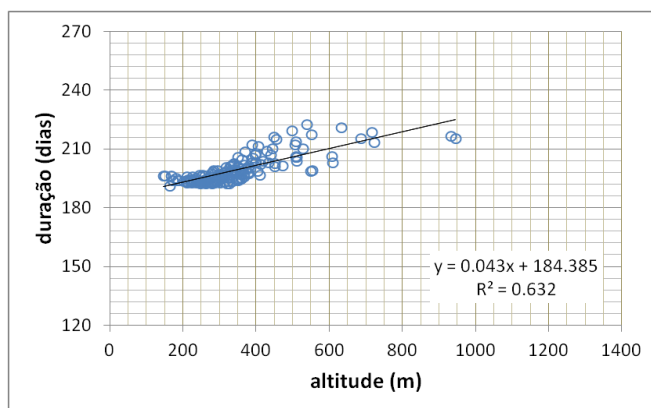
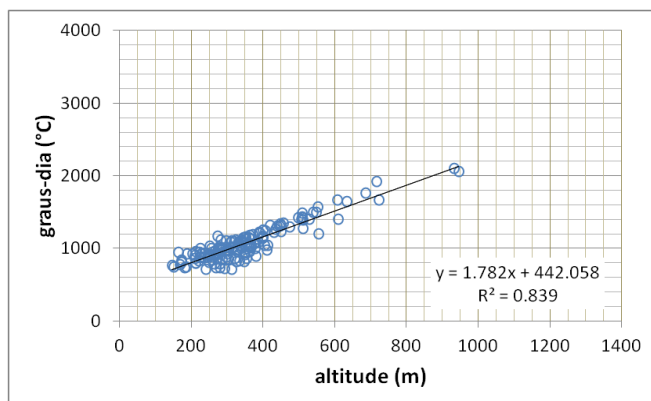


Figura 16 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Beira Interior Sul.

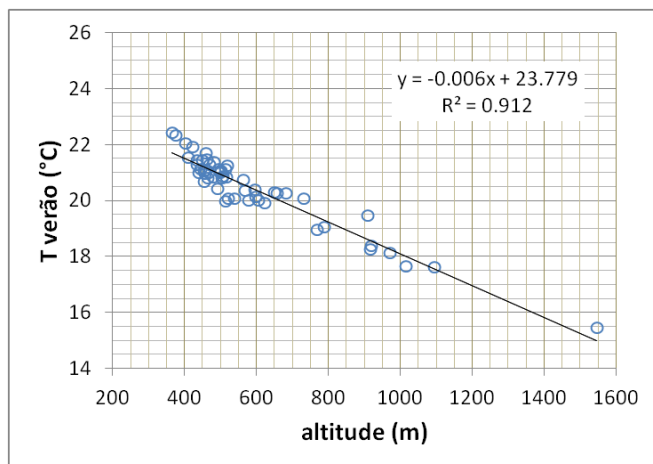
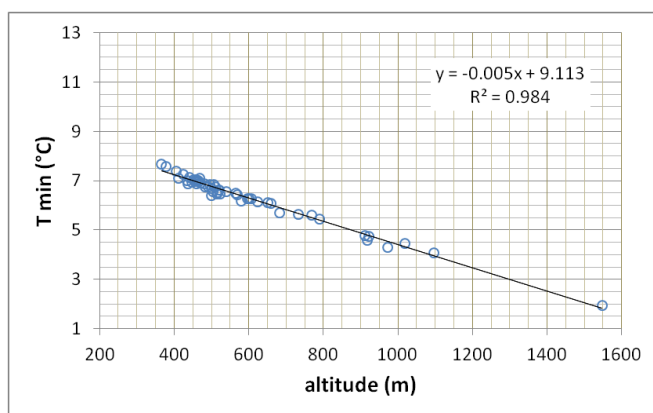
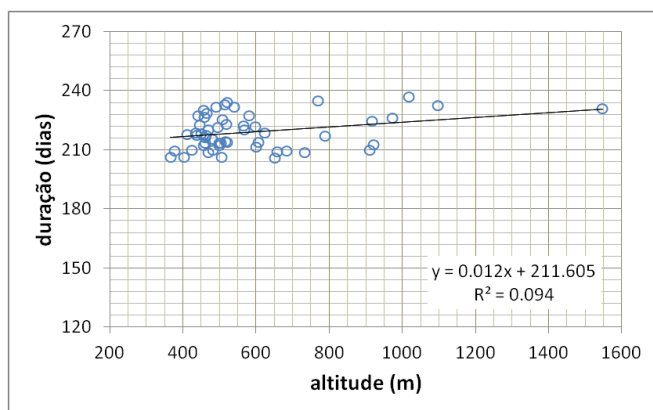
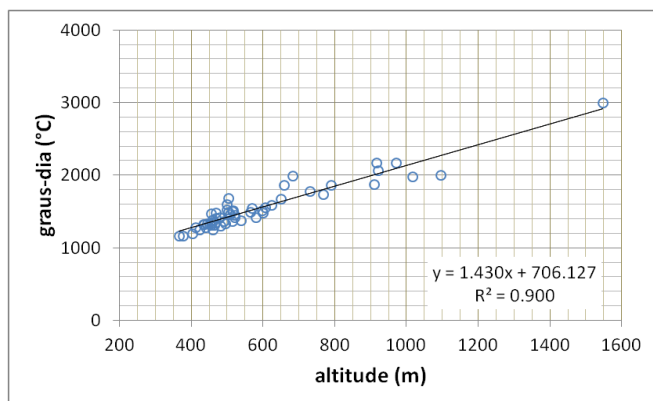


Figura 17 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Cova da Beira.

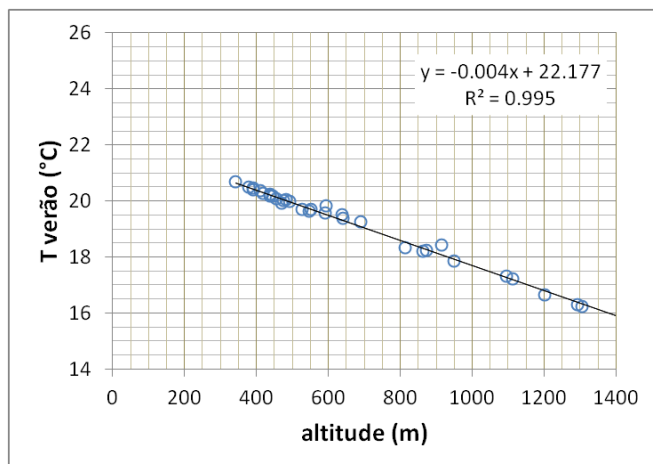
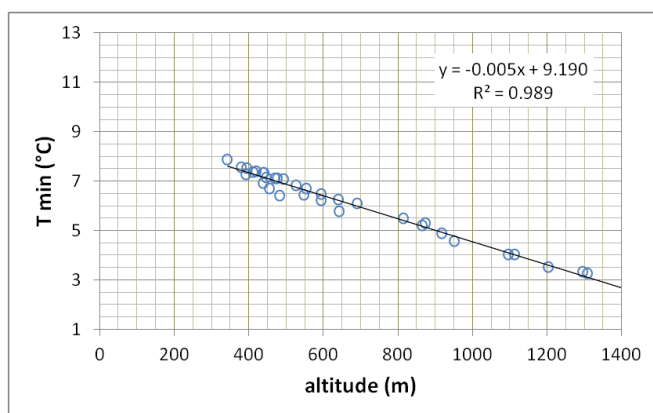
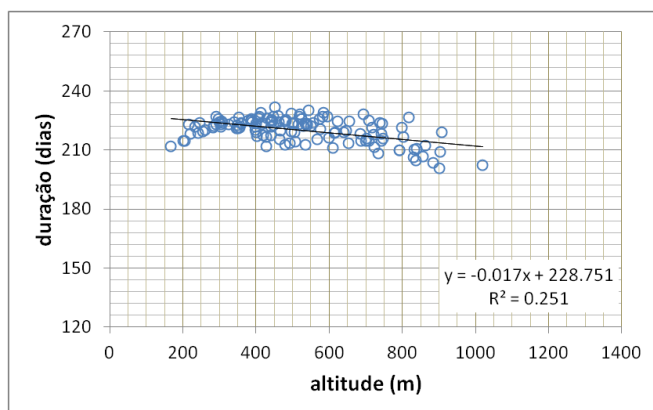
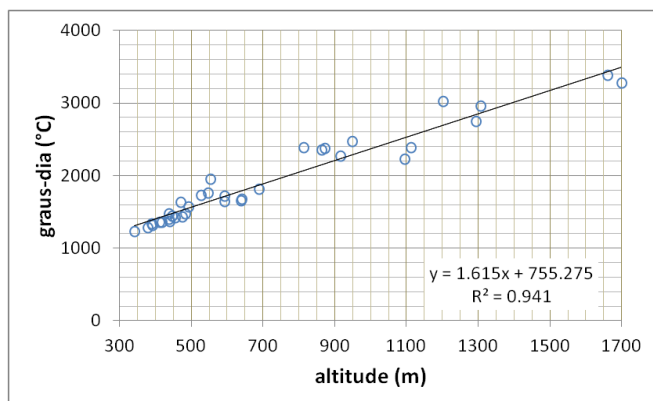


Figura 18 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Serra da Estrela.

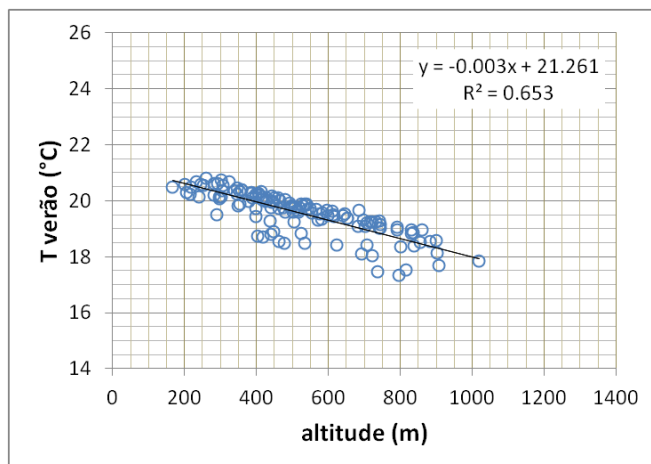
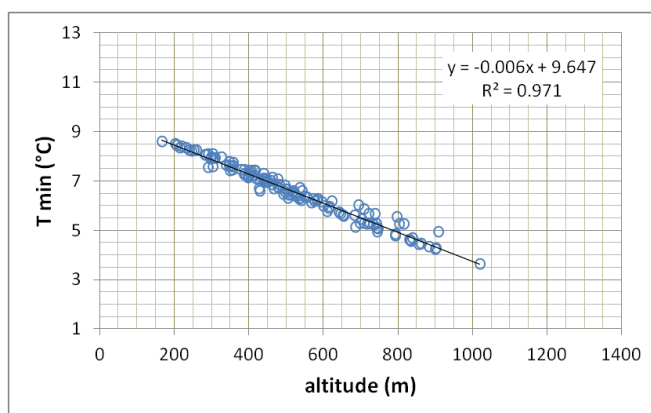
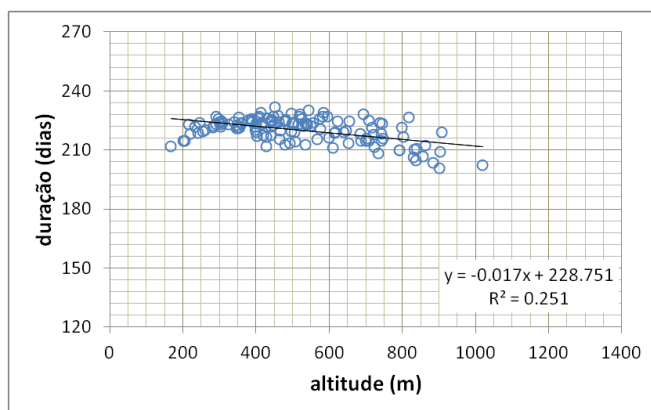
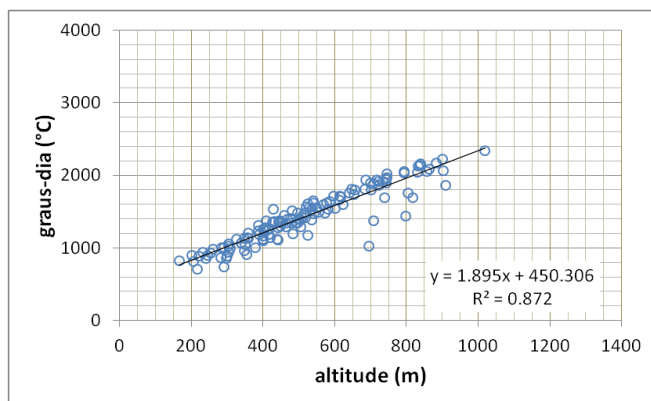


Figura 19 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Dão-Lafões.

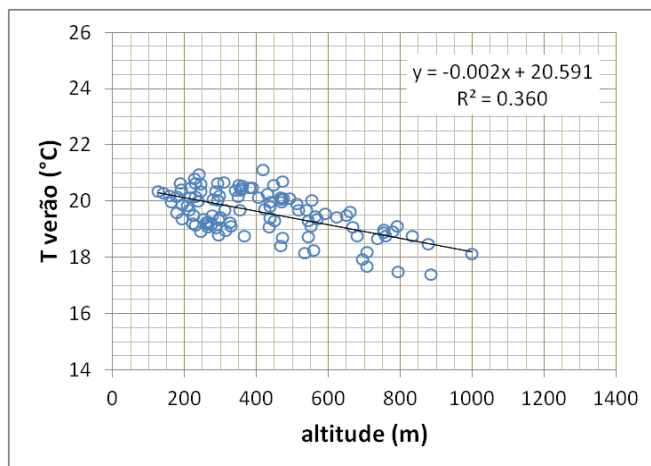
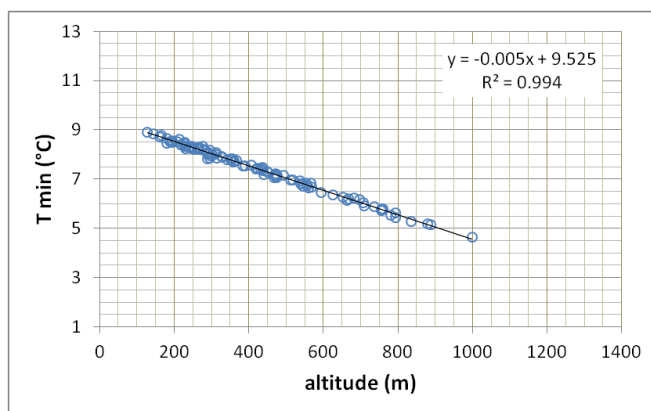
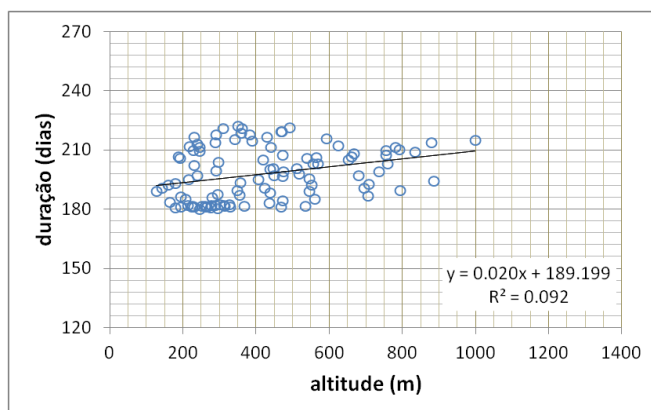
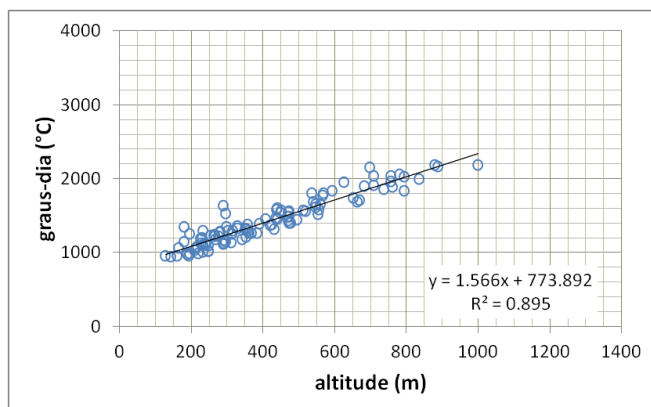


Figura 20 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Pinhal Interiro Norte.

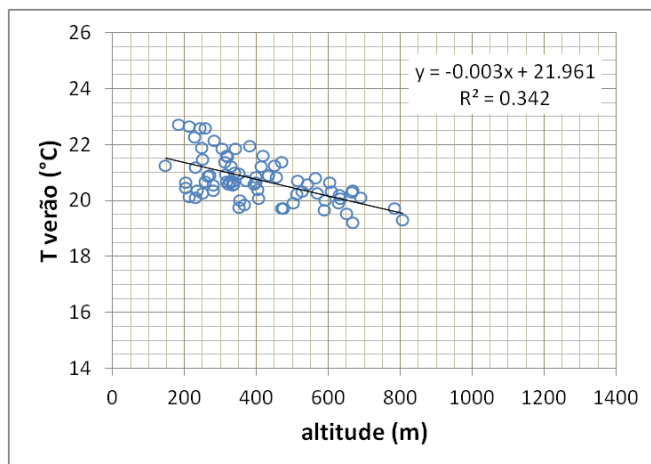
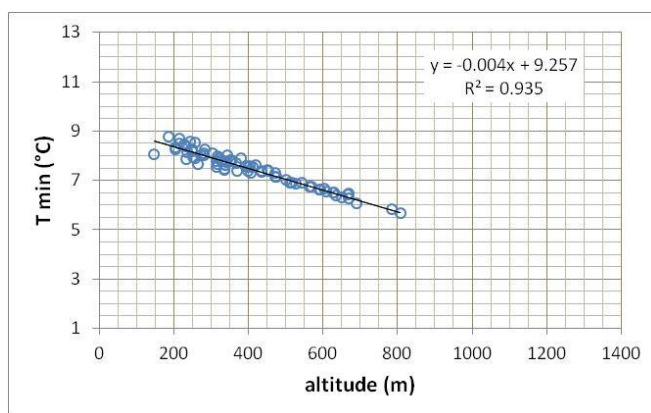
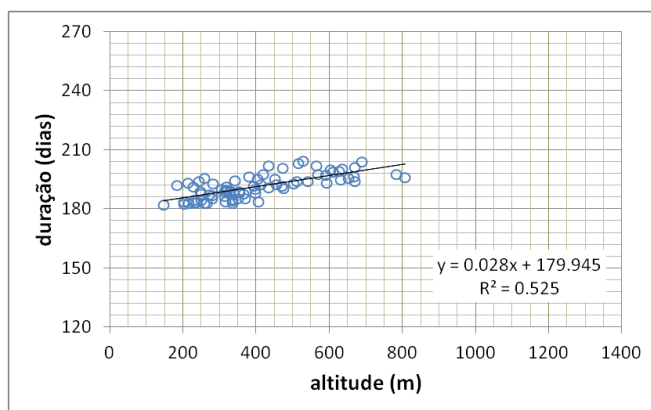
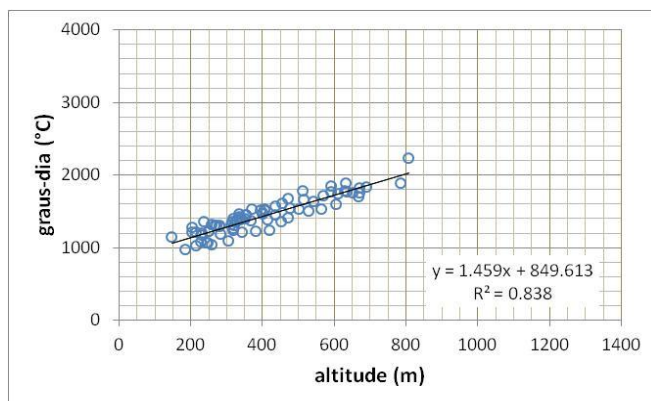


Figura 21 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Pinhal Interior Sul.

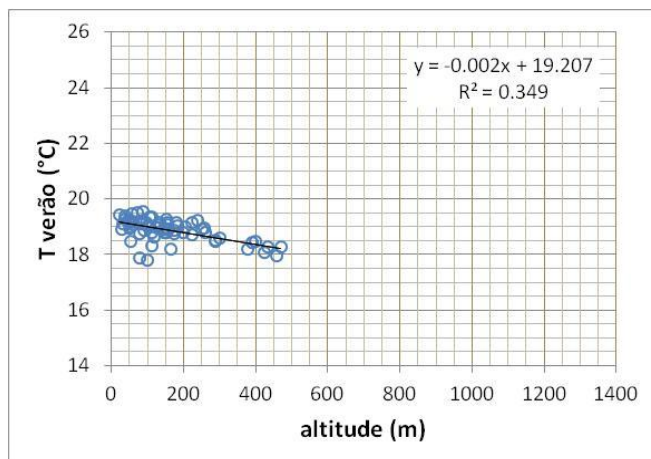
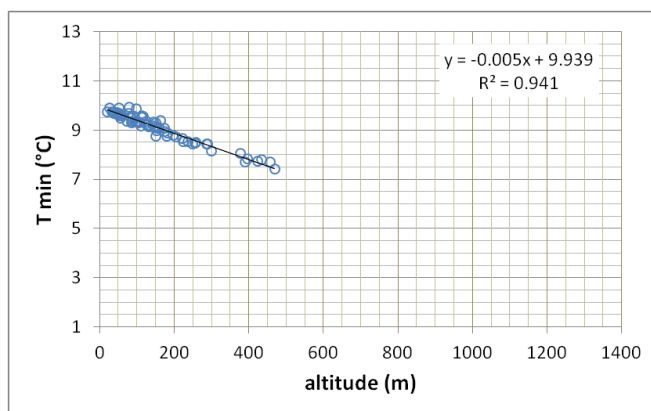
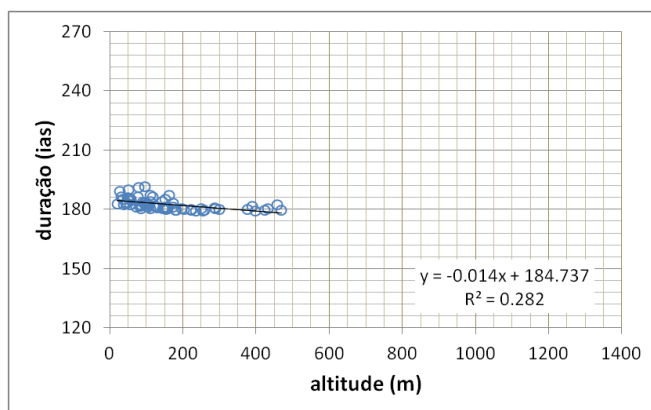
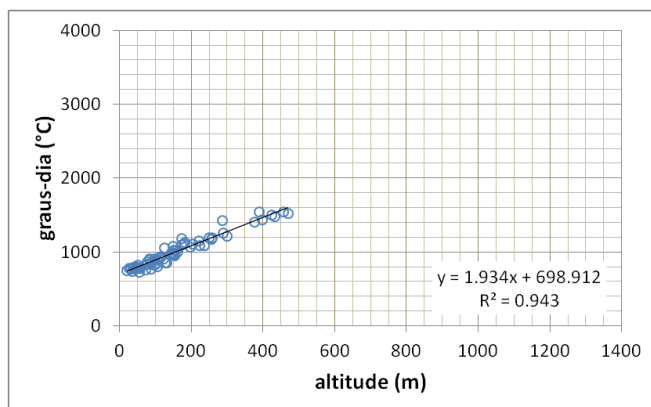
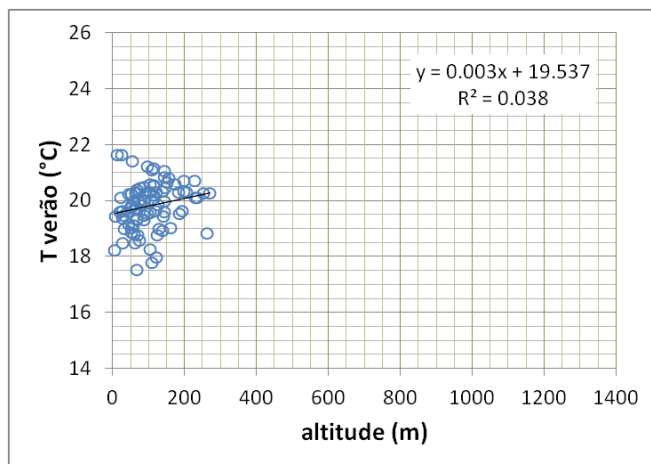
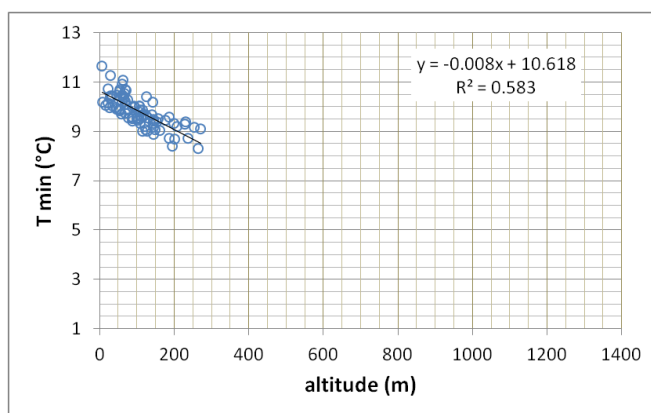
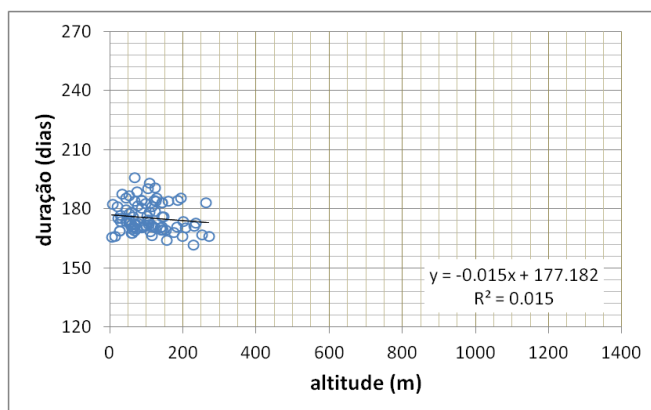
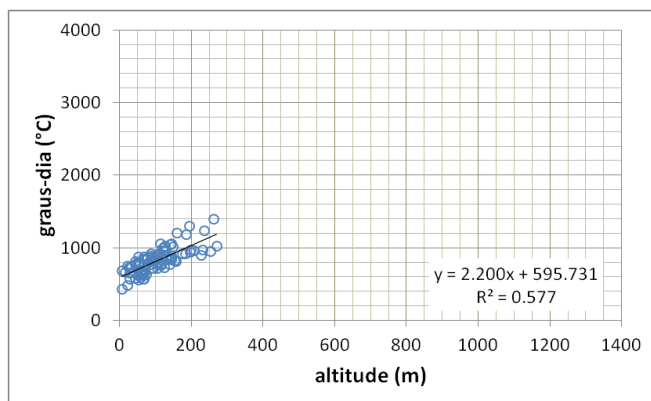
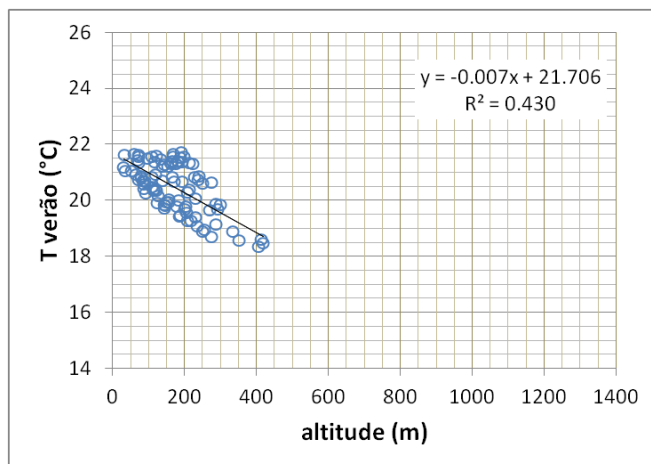
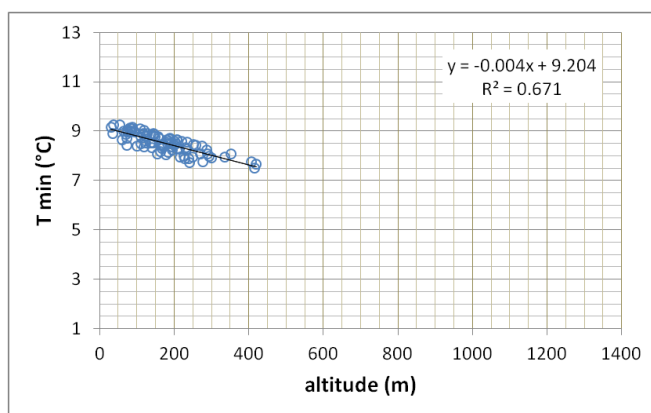
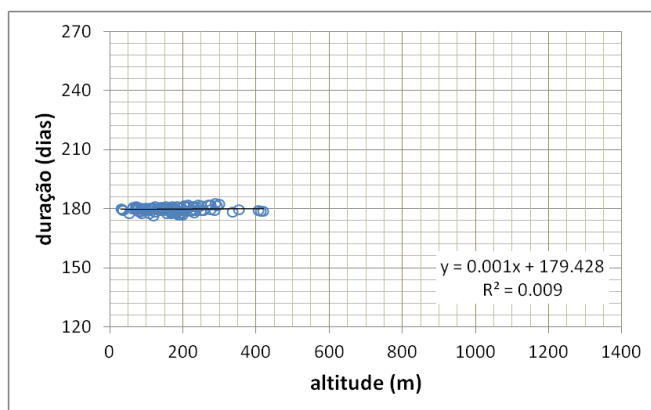
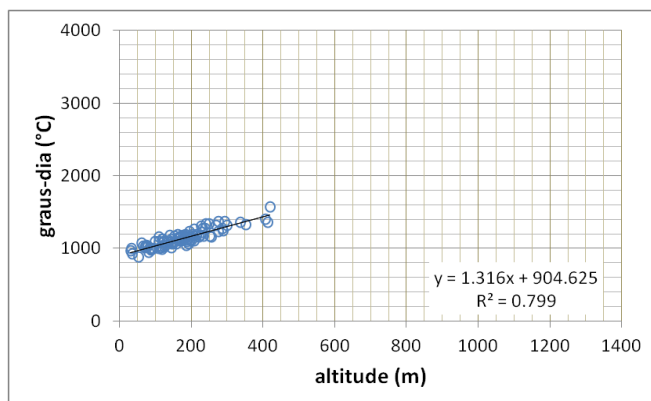


Figura 22 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Pinhal Litoral.



**Figura 23 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Oeste.**



**Figura 24 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Médio Tejo.**

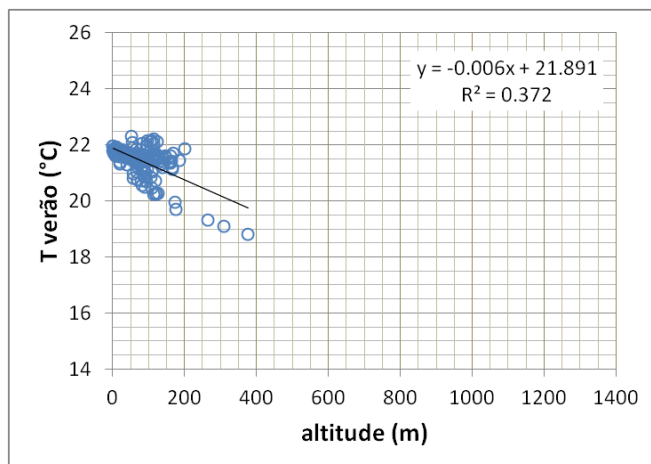
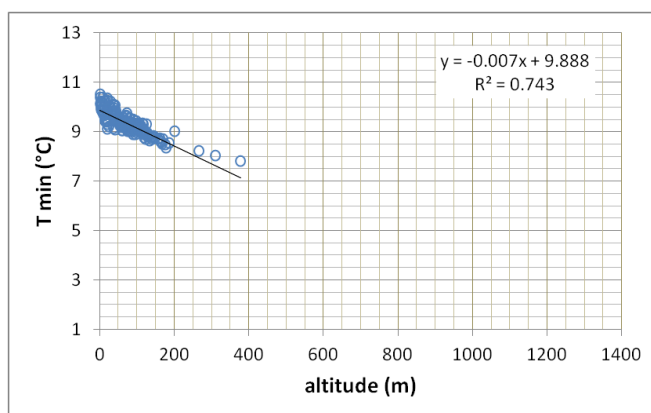
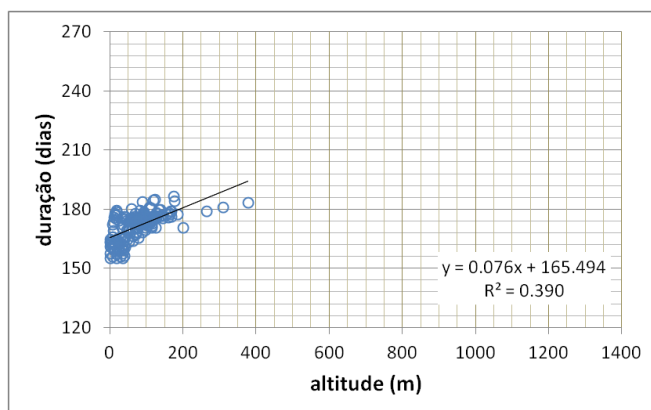
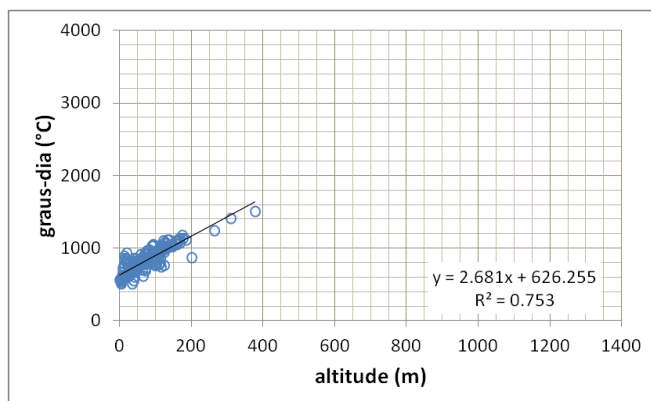


Figura 25 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Lezíria do Tejo.

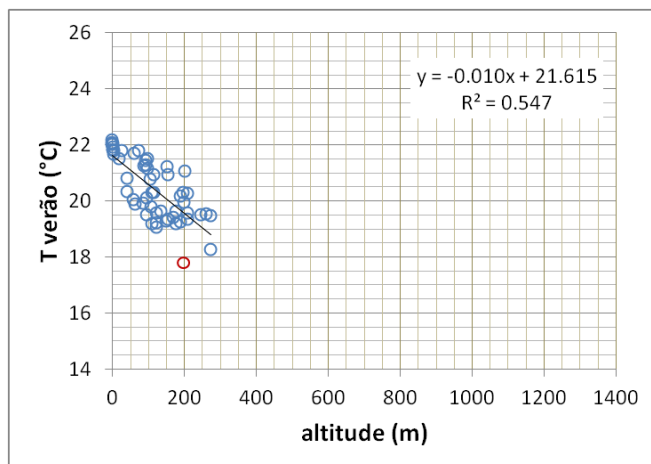
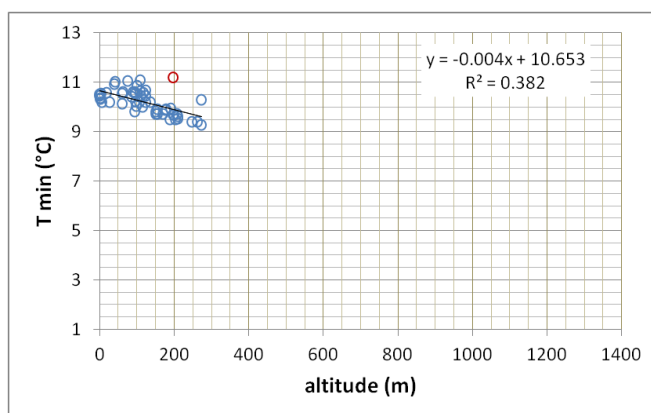
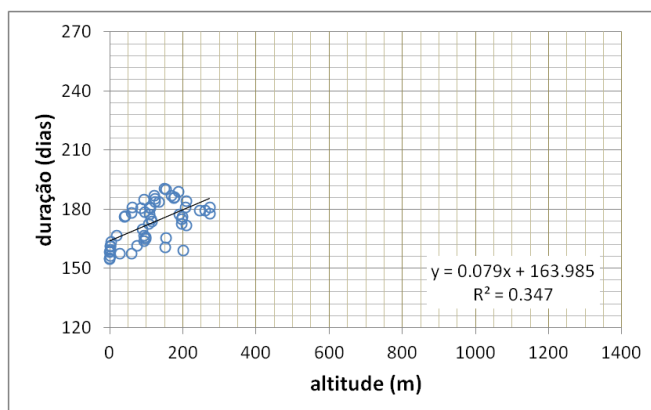
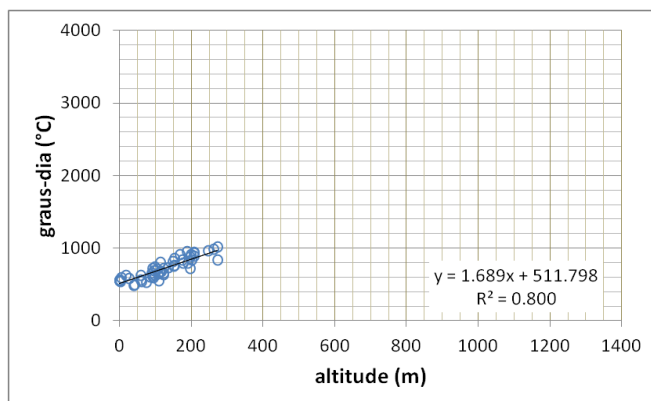


Figura 26 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Grande Lisboa.

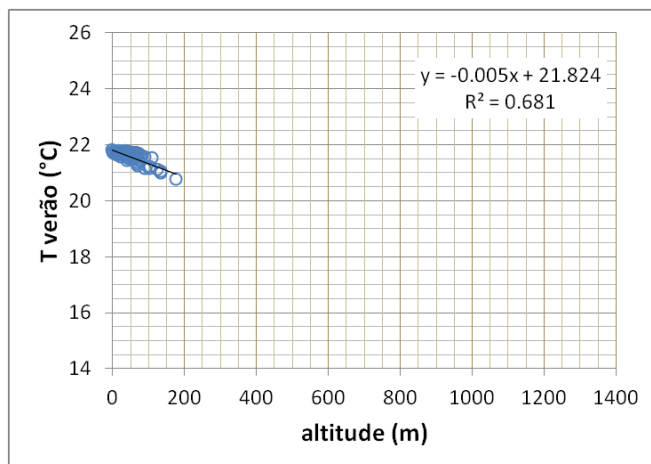
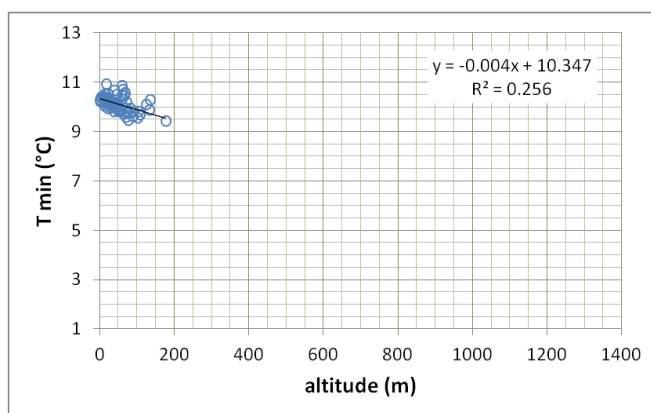
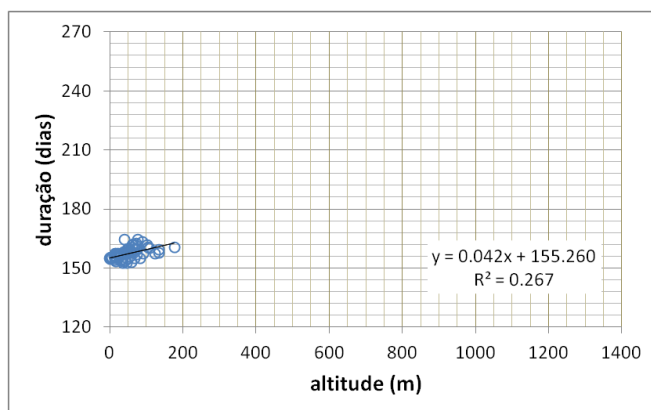
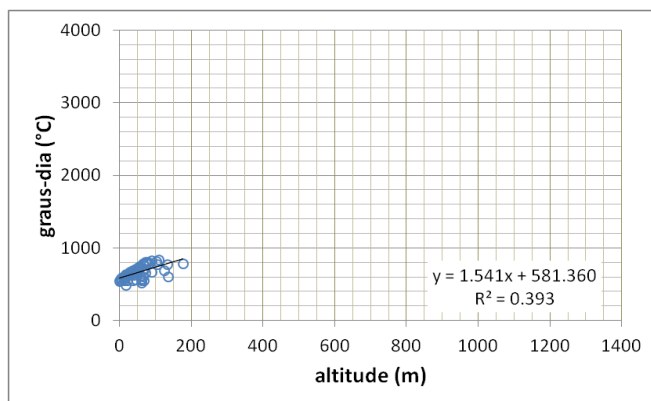
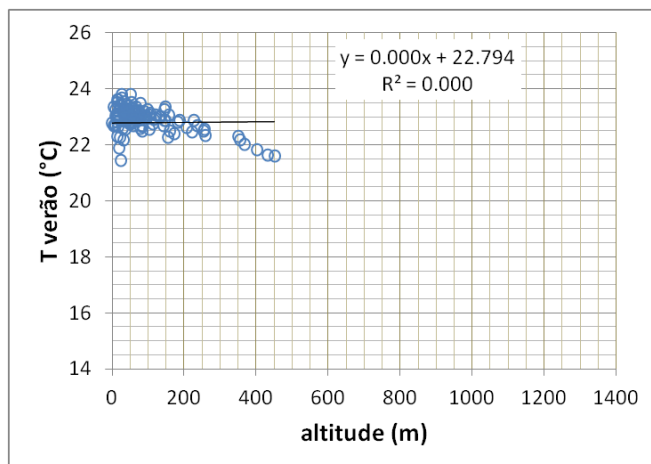
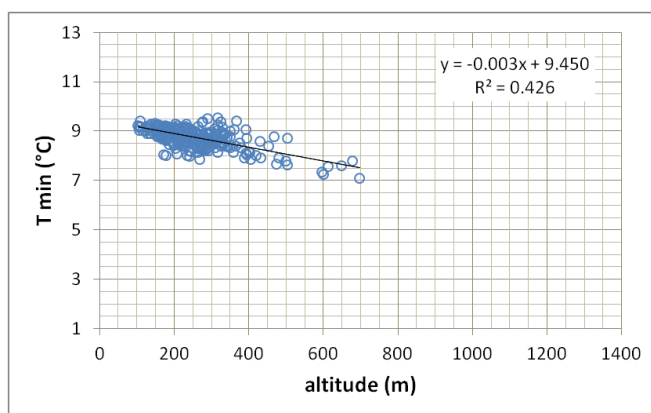
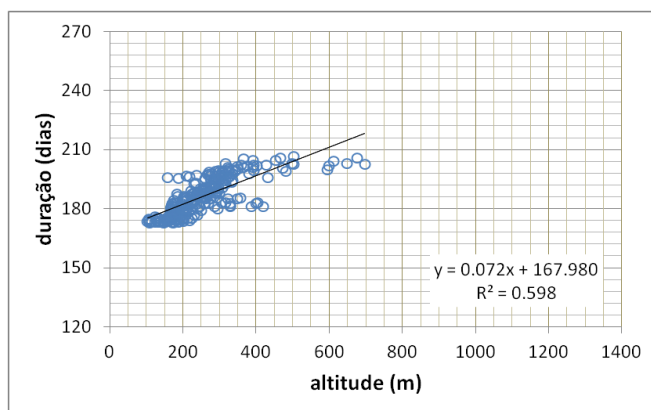
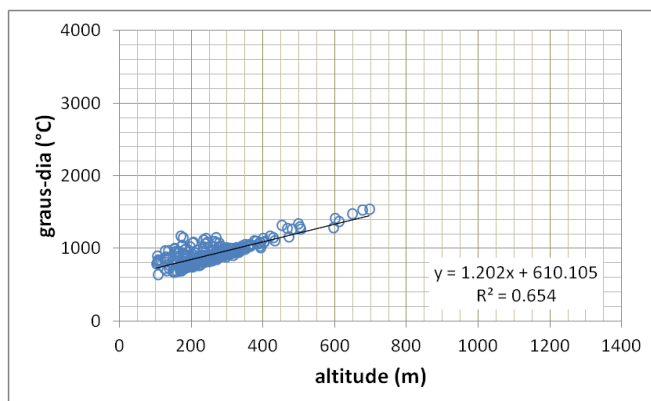


Figura 27 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Península de Setúbal.



**Figura 28 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Alto Alentejo.**

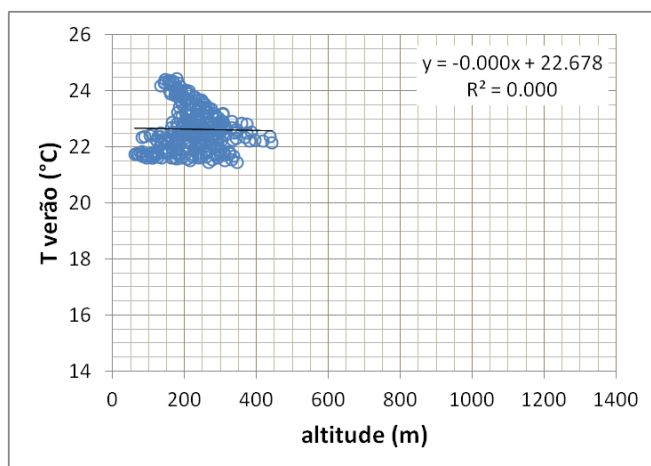
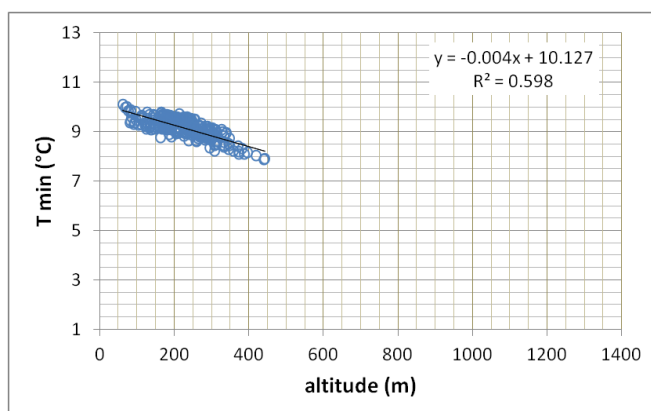
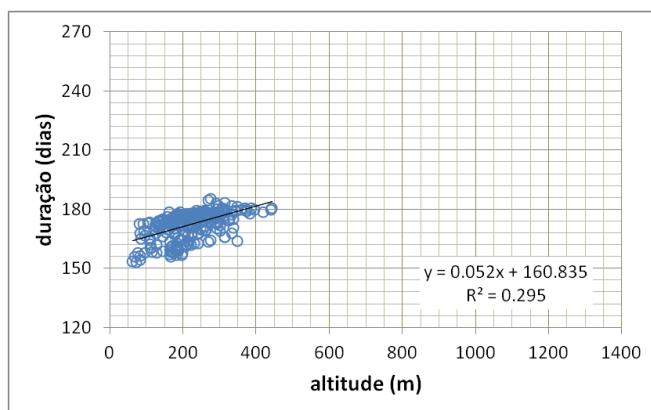
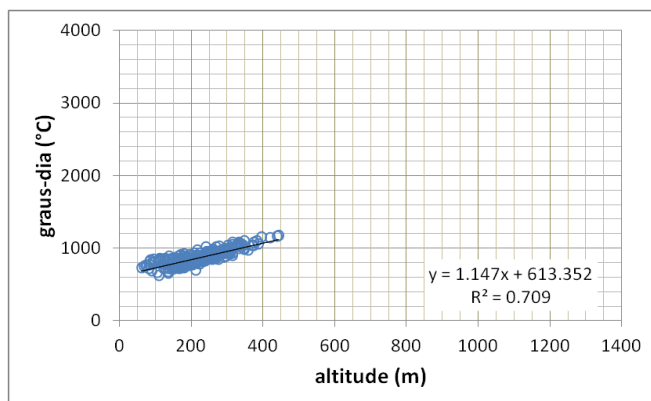


Figura 29 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Alentejo Central.

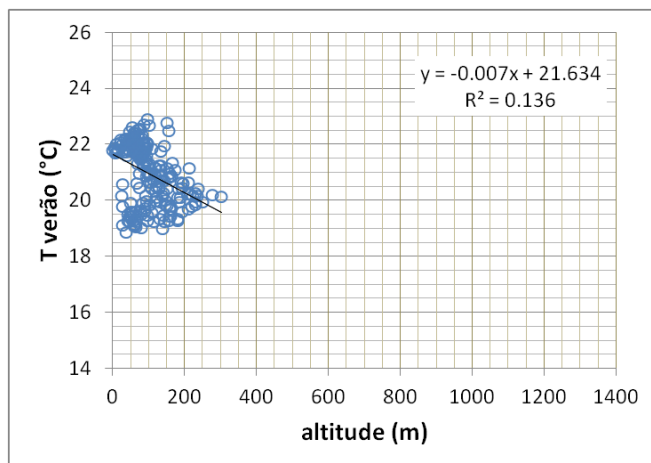
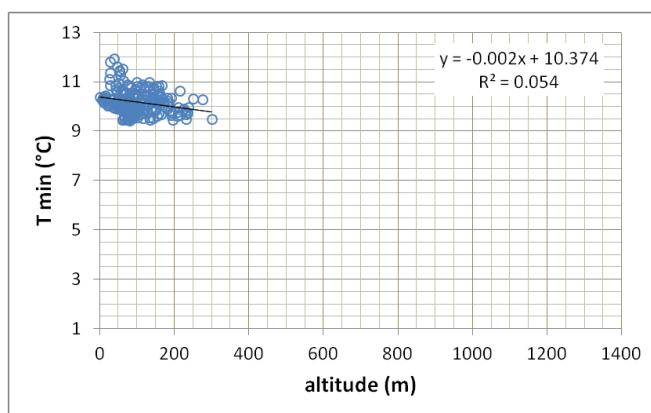
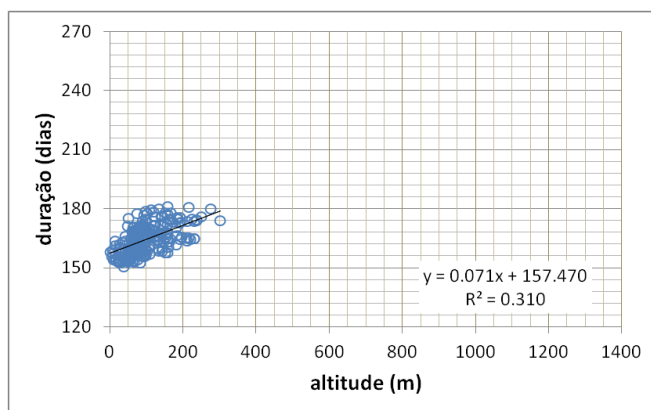
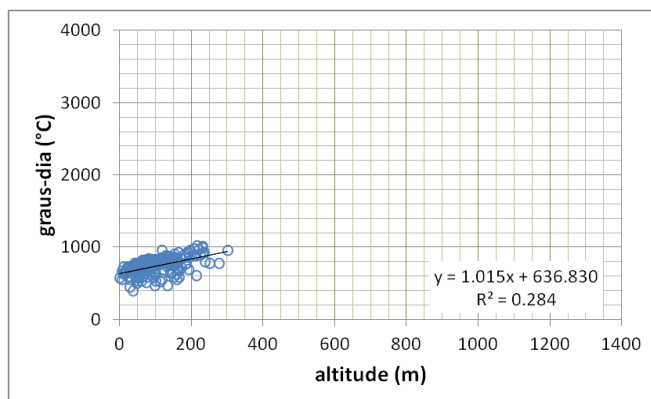


Figura 30 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Alentejo Litoral.

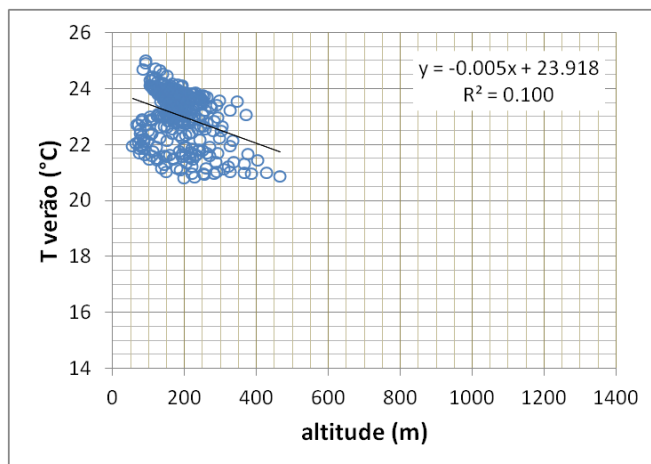
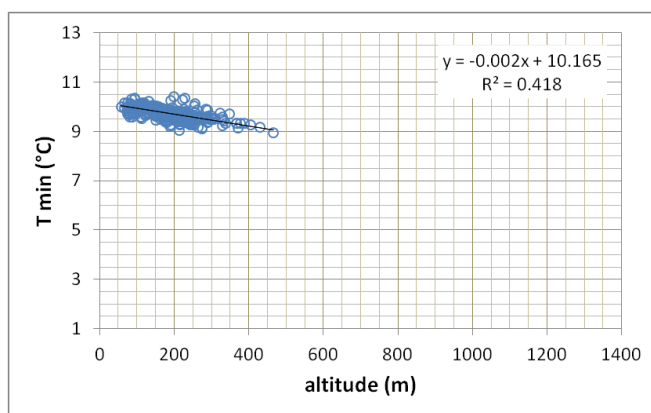
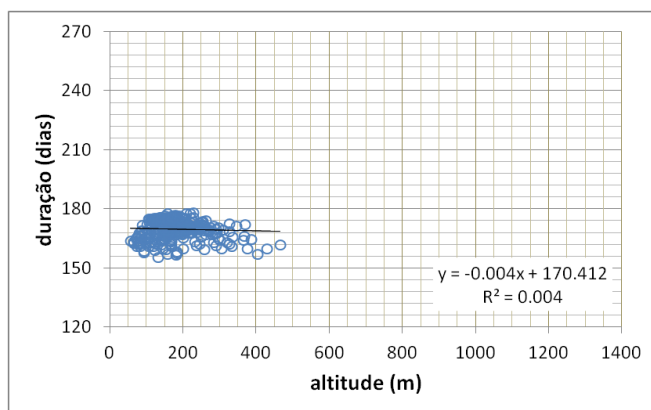
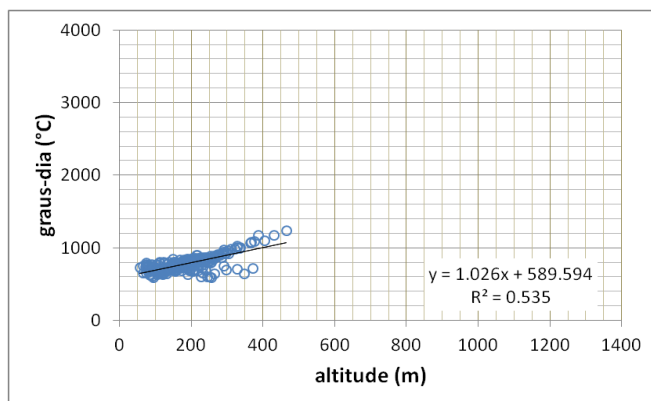


Figura 31 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Baixo Alentejo.

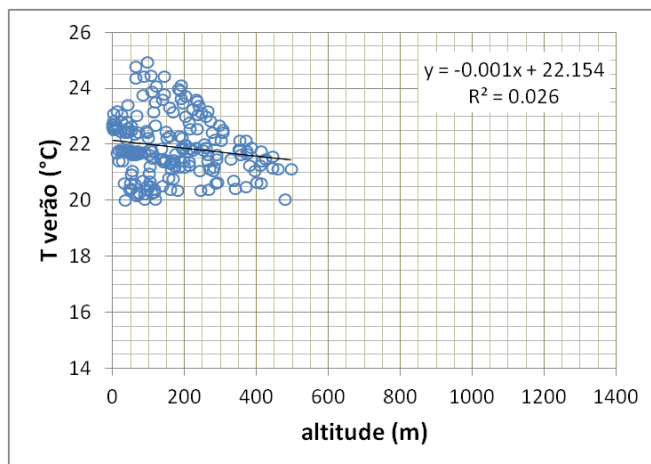
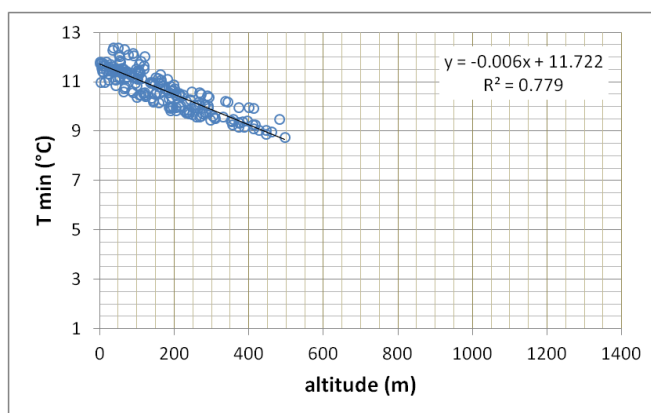
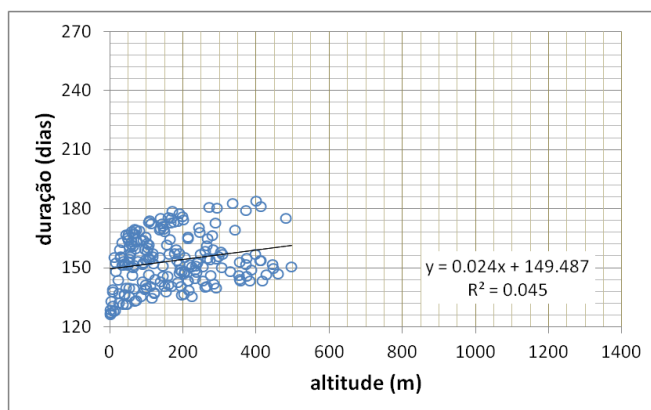
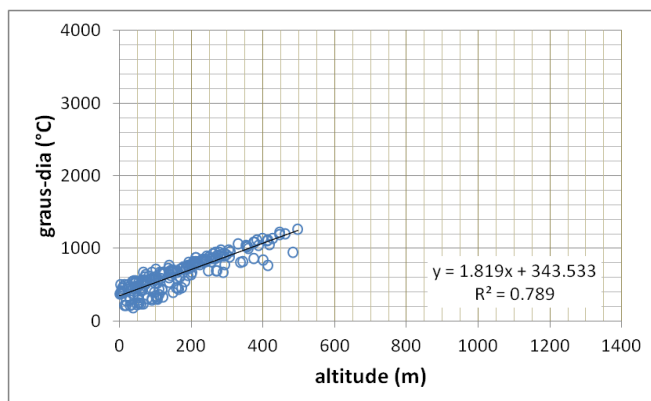


Figura 32 – Estudos de gradientes com a altitude para a NUTS III Algarve.

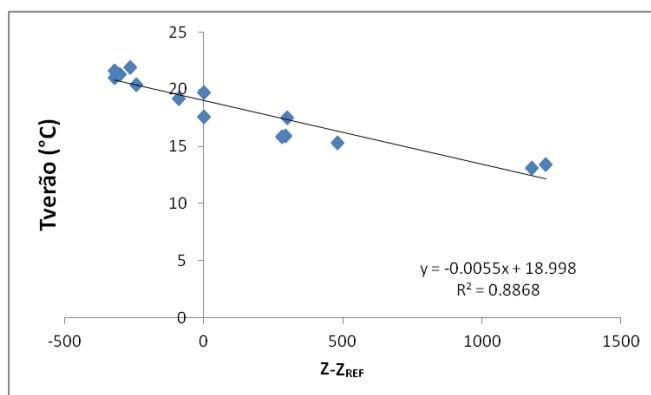
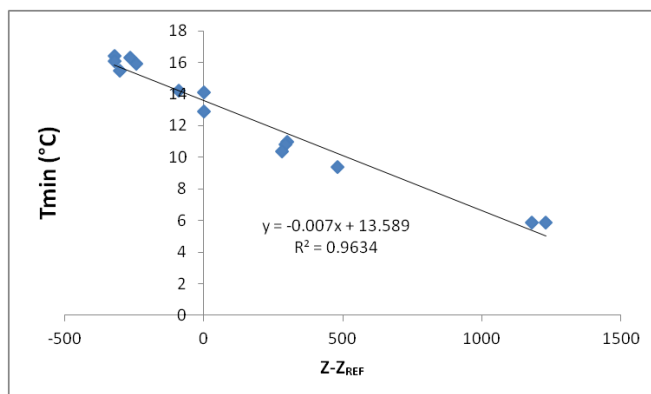
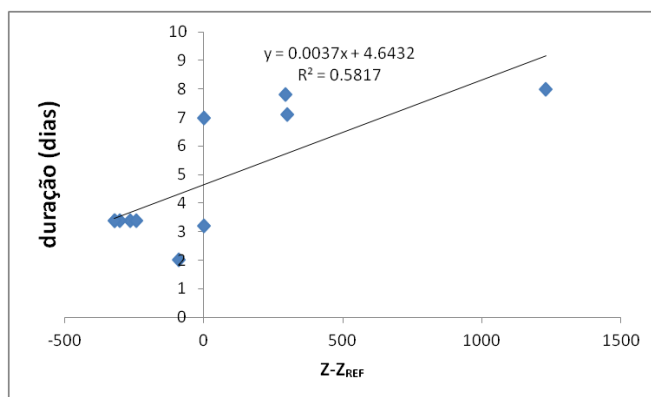
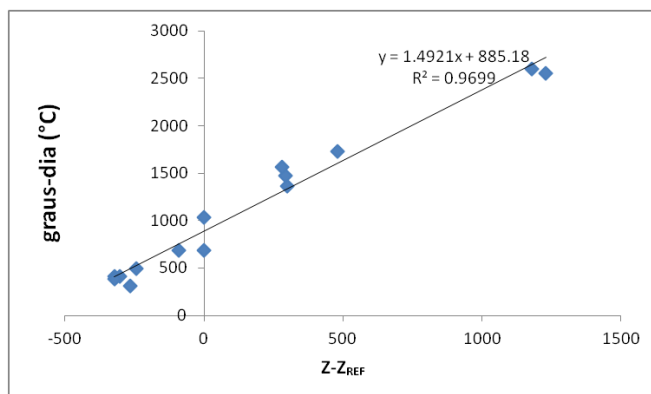


Figura 33 – Estudos de gradientes com a atitude para a NUTS III Madeira.

## 6. Produtos climáticos finais

### 6.1. Anos Meteorológicos de Referência

Os AMR produzidos foram entregues à ADENE como complemento deste Relatório. São também disponibilizados através do software do LNEG “SolTerm 6”, de acesso gratuito a público e profissionais, entre outras plataformas a decidir pela ADENE e LNEG.

### 6.2. Estatísticas de referência

As estatísticas de referência (incluindo coeficientes de variação com a altitude) são dadas nas Tabelas 5 e 6, respectivamente para a estação de aquecimento e para a estação de arrefecimento. Também estarão disponíveis no software “SolTerm 6” e nos Decretos-Lei que configurarem o SCE 2013.

**Tabela 5 – Estatísticas de referência para a estação de aquecimento.**

NUTS III	z	Lat.	Long.	M		GD (18)		$\theta_{ext, i}$		$G_{SUL}$
	m	°N	°W	meses	meses/km	°C	°C/m	°C	°C/km	kWh/m <sup>2</sup> (por mês)
	REF	REF	REF	REF	a	REF	a	REF	a	REF
Minho-Lima	268	41.89	8.51	7.2	1	1629	1.5	8.2	-5	130
Alto Trás-os-Montes	680	41.62	7.07	7.3	0	2015	1.4	5.5	-4	125
Cávado	171	41.62	8.45	6.8	1	1491	1.3	9.0	-6	125
Ave	426	41.49	8.15	7.2	0	1653	1.5	7.8	-6	125
Grande Porto	94	41.26	8.57	6.2	2	1250	1.6	9.9	-7	130
Tâmega	320	41.17	8.15	6.7	0	1570	1.6	7.8	-5	135
Douro	579	41.15	7.44	6.9	0	1764	1.4	6.3	-4	135
Entre Douro e Vouga	298	40.90	8.39	6.9	1	1544	1.4	8.4	-5	135
Baixo Vouga	50	40.63	8.57	6.3	2	1337	1.1	9.5	-5	140
Baixo Mondego	67	40.27	8.56	6.3	0	1304	1.0	9.7	-5	140
Beira Interior Norte	717	40.63	7.15	7.5	0	1924	1.0	6.3	-3	135
Beira Interior Sul	328	39.91	7.28	5.4	1	1274	1.8	9.1	-6	140
Cova da Beira	507	40.18	7.51	7.1	0	1687	1.4	7.5	-5	140
Serra da Estrela	553	40.45	7.62	7.5	0	1851	1.6	7.0	-5	135
Dão-Lafões	497	40.72	7.92	7.3	0	1702	1.9	7.5	-6	135
Pinhal Interior Norte	361	40.09	8.15	6.8	0	1555	1.6	8.3	-5	140
Pinhal Interior Sul	361	39.78	7.98	6.7	1	1511	1.5	8.4	-4	145
Pinhal Litoral	126	39.82	8.79	6.6	0	1323	1.9	9.6	-5	140
Oeste	99	39.28	9.13	5.6	0	1165	2.2	10.3	-8	145
Médio Tejo	168	39.55	8.39	5.9	0	1330	1.3	9.5	-4	145
Lezíria do Tejo	73	39.14	8.62	5.2	3	1135	2.7	10.2	-7	145
Grande Lisboa	109	38.87	9.25	5.3	3	1071	1.7	10.8	-4	150
Península de Setúbal	47	38.63	8.90	4.7	0	1045	1.5	10.7	-4	145
Alto Alentejo	246	39.15	7.63	5.3	2	1221	1.2	9.6	-3	145
Alentejo Central	221	38.61	7.81	5.3	2	1150	1.1	10.0	-4	150
Alentejo Litoral	88	38.02	8.55	5.3	2	1089	1.1	10.8	-2	150
Baixo Alentejo	178	37.89	7.87	5.0	0	1068	1.0	10.7	-2	155
Algarve	145	37.25	8.04	4.8	0	987	1.8	11.3	-6	155
R.A. Açores	10	37.74	25.67	2.9	3	604	1.5	14.4	-7	110
R.A. Madeira	380	32.65	16.90	3.2	3	618	1.5	14.8	-7	105

**Tabela 6 – Estatísticas de referência para a estação de arrefecimento.**

NUTS III	$\theta_{ext, v}$		$I_{sol REF}$								
	°C	°C/km	kWh/m <sup>2</sup> (acumulado Junho a Setembro)								
	REF	a	0°	90° N	90° NE	90° E	90° SE	90° S	90° SW	90° W	90° NW
Minho-Lima	20.5	-4	785	220	345	475	485	425	485	475	345
Alto Trás-os-Montes	21.5	-7	790	220	345	480	485	425	485	480	345
Cávado	20.7	-3	795	220	345	485	490	425	490	485	345
Ave	20.8	-3	795	220	350	485	490	425	490	485	350
Grande Porto	20.9	0	800	220	350	485	490	425	490	485	350
Tâmega	21.4	-3	800	220	350	485	490	425	490	485	350
Douro	22.7	-6	805	220	350	490	490	420	490	490	350
Entre Douro e Vouga	20.6	-3	805	220	350	490	490	425	490	490	350
Baixo Vouga	20.6	-2	810	220	355	490	490	420	490	490	355
Baixo Mondego	20.9	0	825	225	360	495	495	420	495	495	360
Beira Interior Norte	21.7	-5	820	220	355	495	500	425	500	495	355
Beira Interior Sul	25.3	-7	830	220	360	500	495	420	495	500	360
Cova da Beira	22.5	-6	825	225	360	495	495	425	495	495	360
Serra da Estrela	21.0	-4	820	225	355	495	495	420	495	495	355
Dão-Lafões	21.2	-3	815	220	355	495	490	415	490	495	355
Pinhal Interior Norte	21.2	-2	825	220	357	500	495	420	495	500	357
Pinhal Interior Sul	22.4	-3	830	225	360	500	500	420	500	500	360
Pinhal Litoral	20.1	-2	830	225	360	500	495	415	495	500	360
Oeste	21.0	0	830	225	360	500	495	415	495	500	360
Médio Tejo	22.1	-7	835	220	360	500	495	415	495	500	360
Lezíria do Tejo	23.1	-6	835	225	365	500	495	410	495	500	365
Grande Lisboa	21.7	-10	840	225	365	500	495	410	495	500	365
Península de Setúbal	22.8	-5	845	225	365	505	495	410	495	505	365
Alto Alentejo	24.5	0	845	225	365	505	500	415	500	505	365
Alentejo Central	24.3	0	850	225	370	510	500	415	500	510	370
Alentejo Litoral	22.2	0	850	225	365	510	495	405	495	510	365
Baixo Alentejo	24.7	0	855	225	370	510	495	405	495	510	370
Algarve	23.1	0	865	225	375	515	500	405	500	515	375
R.A. Açores	21.3	-6	640	195	285	375	375	235	375	375	285
R.A. Madeira	20.2	-6	580	195	260	325	320	280	320	325	260

Note-se que os valores foram arredondados tendo em conta a precisão das estatísticas, dos dados de base, e das metodologias empregues. Isto é mais evidente nos coeficientes de gradiente em altitude e em particular nas estatísticas da radiação, que estão arredondadas para o dígito 0 ou 5.

### 6.3. Zonamento para requisitos de qualidade da envolvente

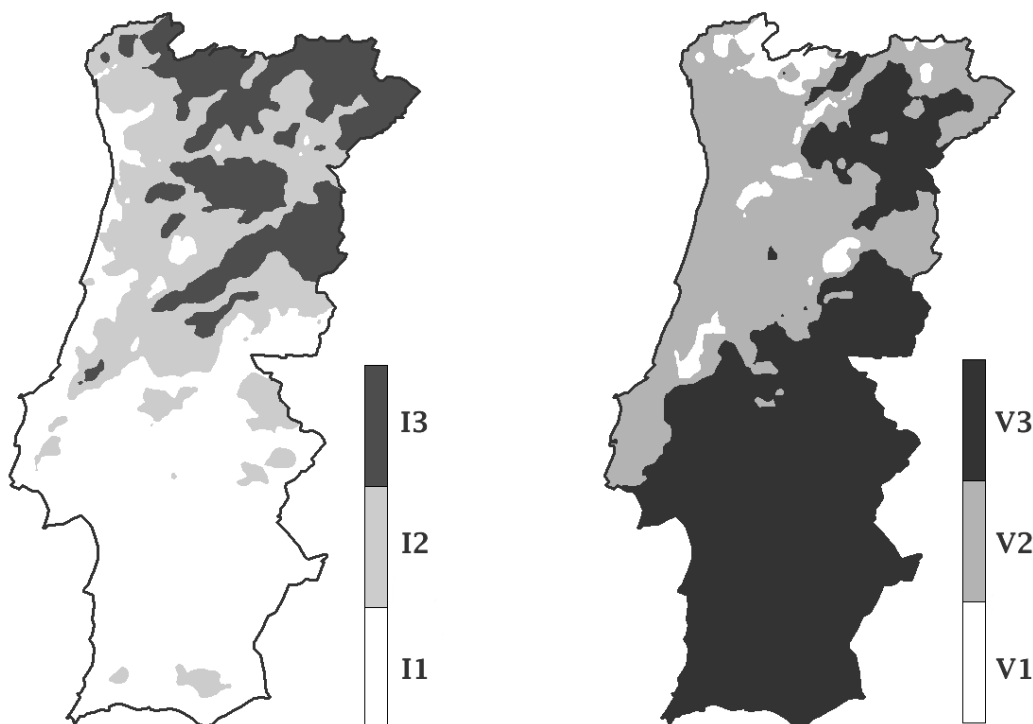
Finalmente, as zonas climáticas de inverno são definidas a partir de GD(18), conforme a Tabela 7; e as de verão, a partir da temperatura média  $\theta_{ext, v}$ , cf. Tabela 8. O resultado destes critérios, apresentado na forma de mapas (Portugal continental) está representado na Figura 34.

**Tabela 7 – Critérios para a determinação da zona climática de inverno**

critério	$GD \leq 1300$	$1300 < GD \leq 1800$	$GD > 1800$
zona	I1	I2	I3

**Tabela 8 – Critérios para a determinação da zona climática de verão**

critério	$\theta_{ext, v} \leq 20^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C} < \theta_{ext, v} \leq 22^{\circ}\text{C}$	$\theta_{ext, v} > 22^{\circ}\text{C}$
zona	V1	V2	V3



**Figura 34 – Zonas de inverno (esquerda) e verão (direita).**

#### 6.4. Utilização dos produtos no contexto do SCE

Ao esquema de preparação de dados da Figura 2 (secção 3), corresponde uma utilização dos dados providenciados tal como se esquematiza na Figura 35. Identifica-se primeiro a NUTS III relevante. Depois as estatísticas locais são obtidas das estatísticas de referência através de uma correcção linear (Eq. 1) apenas dependente da altitude.

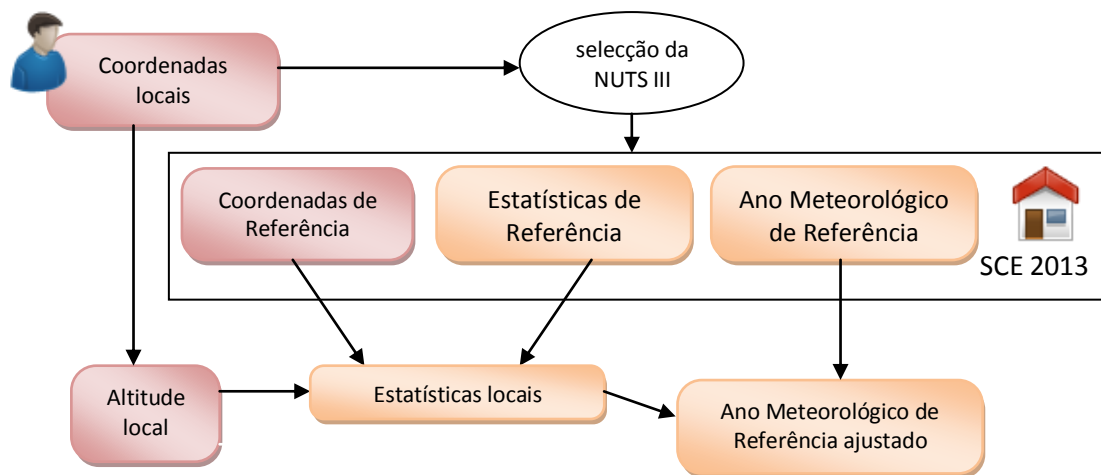


Figura 35 – Esquema da metodologia de utilização de dados do SCE.

Se é necessário utilizar o AMR, há que ajustá-lo também, mas apenas se considera ser necessário em termos de temperatura, uma vez que o impacto na humidade relativa é pequeno, e que não foram incluídos neste estudo as variações dos valores de radiação solar e vento com a altitude. Operacionalmente, em folha de cálculo ou com um programa informático, variam-se os valores horários em incrementos de 0,1°C até que as estatísticas de valores médios mensais de temperatura e de graus-dia de aquecimento coincidam com as estatísticas locais a menos de um erro muito pequeno (por exemplo <0,2°C e <1°C, respectivamente).

## 7. Referências

- Aguiar, R. (1996) Geração de Séries Meteorológicas Sintéticas para Portugal. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Aguiar, R. (1998) Dados Meteorológicos para Energias Renováveis e URE em Portugal (Projecto P-CLIMA). Relatório final do Projecto ALTENER XVII/4.1030/Z/98-92), INETI - DER, Lisboa.
- Aguiar (2004a). Procedimentos de Construção de Anos Meteorológicos Representativos para o RSECE - versão 2004. DER, Lisboa, Junho 2004. Nota Técnica INETI. 27 pp.
- Aguiar (2004b). Selecção de Valores Médios Mensais da Temperatura do Ar e Irradiação Solar na Estação de Arrefecimento para o RCCTE versão 2004. DER, Lisboa, Janeiro 2004. Nota Técnica INETI. 27 pp.
- CMIP5 (2012). Coupled Model Intercomparison Project Phase 5. World Climate Research Programme. <http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/index.html>
- ENAAC 2010 (2010). Resolução de Conselho de Ministros nº24/2010 de 1 de Abril.
- INMG (1991). O Clima de Portugal, 1951-1980. Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica. Lisboa. ISSN 0870-4767.
- IPMA (2012). Carta ao LNEG e ADENE: Dados fornecidos à ADENE – esclarecimento sobre os dados climáticos para edifícios, de 25 de setembro de 2012, 3 pp.
- IPMA (2013). Serviços de Clima - Cenários Climáticos para Portugal Continental no Século XXI. <http://www.ipma.pt/pt/oclima/servicos.clima/index.jsp?page=cenarios21.clima.xml>
- KNMI (2012). KNMI Climate Explorer. <http://climexp.knmi.nl>
- Meinshausen, M., S. J. Smith, K. V. Calvin, J. S. Daniel, M. L. T. Kainuma, J.-F. Lamarque, K. Matsumoto, S. A. Montzka, S. C. B. Raper, K. Riahi, A. M. Thomson, G. J. M. Velders and D. van Vuuren (2011). "The RCP Greenhouse Gas Concentrations and their Extension from 1765 to 2300." *Climatic Change* (Special Issue), DOI: 10.1007/s10584-011-0156-z.
- RSECE 2006. Decreto-Lei 79/2006 - Aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios. Diário da República, de 4 de Abril de 2006, Série I-A, p. 2416.
- RCCTE 2006 (2006). Decreto-Lei 80/2006 - Aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Diário da República, de 4 de Abril de 2006, Série I-A, p. 2468.
- SCE 2006 (2006). Decreto-Lei 78/2006 - Aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios e transpõe parcialmente para a ordem jurídica nacional a Directiva no. 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Diário da República, de 4 de Abril de 2006, Série I-A, p. 2411.