



## **Distribuição potencial de *Nephus reunioni* Fürsch (Coleoptera: Coccinellidae) com base no modelo bioclimático CLIMEX**

**Fernando António Felizes Simões dos Santos**

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Agrónómica – Protecção de Plantas**

Orientador: Professor Doutor José Carlos Franco Santos Silva

Co-orientadora: Professora Doutora Manuela Rodrigues Branco Simões

**Júri:**

Presidente: Doutora Maria Helena Mendes da Costa Ferreira Correia de Oliveira, Professora Associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: Doutor José Paulo Mourão de Melo e Abreu, Professor Associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutora Manuela Rodrigues Branco Simões, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutor José Carlos Franco Santos Silva, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Lisboa, 2009

---

## Agradecimentos

Presto assim os meus profundos agradecimentos, a pessoas que muito contribuíram para a minha formação académica, e à minha chegada até esta etapa:

Em primeiro lugar à minha família, a quem dedico esta tese, não teria conseguido chegar a esta fase sem vocês, por tudo, pelo grande apoio que me deram ao longo destes anos, mas mais importante, pelos princípios e valores com que me educaram, pois esses são para a vida, e não se aprendem, mas no entanto, conjugam-se com os ensinamentos da Universidade.

Ao Professor Doutor José Carlos Franco, um dos grandes “responsáveis” pelo despertar do meu fascínio pelo “*pequeno mundo vivo*”, que caracteriza a Protecção das Plantas, que com a sua admirável capacidade de análise e equilíbrio, contribuiu em muito para a construção desta tese, apoio esse sem o qual, eu não teria, certamente, atingido os objectivos, e conseguido ultrapassar os obstáculos.

À Professora Doutora Manuela Branco, pelo possibilitar das condições para a realização desta tese, bem como pela sua revisão, e pelo seu contributo com úteis e prestáveis sugestões, para a melhoria da mesma.

À Eng.<sup>a</sup> Helena Santos (DEF), pela sua sempre disponibilidade, para a solução de questões de ordem técnica, que decorreram no “hercúleo” processo de instalação do modelo, bem como pela cedência dos tutoriais relativos ao modelo.

Ao Investigador Dr. Darren Kriticos (CSIRO), que por via Web, localizado nos antípodas de Portugal, na Austrália, contribuiu com preciosa bibliografia, a qual foi um grande contributo para a realização desta tese.

À Técnica Paula Clemente (CIISA), cuja ajuda foi preponderante no processo de instalação e no possibilitar do bom funcionamento do modelo, bem como pelo seu peculiar sentido de humor, que aligeirou em muito, os momentos de tensão.

Ao Professor Doutor Arlindo Lima, pelo esclarecimento de algumas dúvidas relativas a doenças, que foram incluídas nesta tese. Agradeço ainda, a sua sempre e total disponibilidade, receptividade e amizade, com que no decorrer do meu curso me recebeu, para as mais diversas questões.

À Mestre Teresa Vasconcelos, pelo esclarecimento de algumas questões sobre plantas incluídas nesta tese, e por quem nutro especial admiração e simpatia, pela dedicação que impõe ao seu

---

trabalho e pelo ser humano que é, sendo a pessoa que conheço a quem mais se adequa o título de “Mestre”, sendo exímia naquilo que faz.

À Professora Doutora Margarida Tomé, por ter autorizado a instalação do modelo na sala de informática no DEF.

Agradeço a todas as pessoas, das diferentes áreas, dos diferentes departamentos do ISA, que contribuíram para a minha formação académica, por todos os conhecimentos partilhados, o meu muito obrigado. Destaco dois Professores, pelo incentivo que me deram ao longo do meu percurso, o meu obrigado aos Professores Doutores Odete Torres e Olívio Patrício.

Por motivos óbvios, sinto especial obrigação de direccionar agradecimentos aos Professores do Departamento de Protecção de Plantas e Fitoecologia, todos com uma quota-parte da “responsabilidade” pelo meu gosto no mundo da Protecção das Plantas, assim, o meu obrigado aos Professores Doutores: José Carlos Costa, Edite Sousa, Ana Monteiro, Helena Oliveira, Joana Duclos e M.J. Cerejeira.

Os meus agradecimentos, em particular, aos Professores Doutores António Mexia e Elisabete Figueiredo, pelo possibilitar da minha ida ao I Congresso de Produção Integrada, mas mais do que isso, pela enorme influência com que me tocaram, a respeito da profissão de Agrónomo.

Aos meus amigos da minha terra natal, na Guarda, pelo seu apoio total e incentivo, em especial, ao Daniel Madeira e Luís Henriques, por me lembrarem de que “*existia vida*” para além da tese.

Por último, mas não menos importante, fui um privilegiado, ao conhecer distintas personalidades, de diferentes cursos e nacionalidades no ISA, que em muito enriqueceram este meu percurso, estou a referir-me aos meus colegas e amigos, com quem tive o prazer de privar, conviver e aprender.

O meu Muito Obrigado a todos Vós.

Até Sempre!!

---

**Título da dissertação:** Distribuição potencial de *Nephus reunioni* Fürsch (Coleoptera: Coccinellidae) com base no modelo bioclimático CLIMEX

## Resumo

Este trabalho teve como objectivo a previsão da distribuição geográfica potencial da espécie *Nephus reunioni* Fürsch, predadora da cochonilha-algodão-dos-citrinos, *Planococcus citri* (Risso), na Europa, usando como ferramenta o modelo bioclimático CLIMEX. Modelou-se, também, a distribuição de *P. citri*, uma vez que a presença, ou não, da presa condiciona a presença do predador. A possível interacção entre *N. reunioni* e outra espécie predadora da cochonilha-algodão, *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant), foi igualmente modelada, segundo vários cenários. Consideraram-se, ainda, diferentes cenários de alterações climáticas.

Conclui-se que Portugal apresenta condições climáticas favoráveis para *N. reunioni*, com excepção da zona Norte do país. De igual modo, outros países do Sul da Europa evidenciaram reunir condições favoráveis a esta espécie. Pelo contrário, segundo a previsão do CLIMEX, Portugal não apresentaria condições climáticas adequadas a *P. citri*. Este resultado pouco realista evidencia a importância da qualidade dos dados subjacentes ao modelo, tanto biológicos, como climáticos, para se obter previsões fidedignas. Em relação à interacção entre *N. reunioni* e *C. montrouzieri*, o CLIMEX indicou um predomínio de *N. reunioni* num cenário de coexistência das duas espécies. Os cenários de alterações climáticas, com aumento de temperatura, indicam uma expansão para norte da área climaticamente adequada para *N. reunioni*.

**Palavras-Chave:** alterações climáticas, biogeografia, luta biológica, coccinelídeos, predadores, pseudococcídeos

---

**Title:** Potential distribution of *Nephus reunioni* Fürsch (Coleoptera: Coccinellidae) based on the bioclimatic model CLIMEX

**Abstract**

This work aimed at studying the potential geographic distribution of *Nephus reunioni* Fürsch, a predator of the citrus mealybug, *Planococcus citri* (Risso), in Europe, based on the bioclimatic model CLIMEX. The geographical distribution of the prey, *P. citri*, was further modeled, since its presence affects the presence of the predator. The possible interaction of *N. reunioni* with another predator of *P. citri*, *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant), was also studied with CLIMEX, under several scenarios. Different climate change scenarios were further considered.

We concluded that Portugal presents favorable climatic conditions for the establishment of *N. reunioni*, with the exception to the northern region. Several southern European countries were also predicted to have favorable climate conditions for this species. The model predicted that Portugal does not present favorable climatic conditions for *P. citri*. This unrealistic result emphasizes the importance of the bioclimatic data subjacent to the model. In relation to the interaction with *C. montrouzieri*, the model predicts the predominance of *N. reunioni* in a scenario of co-existence of the two species. The climatic change scenarios with an increment of temperature indicate an expansion to north of the suitable climatic area for *N. reunioni*.

**Key Words:** climatic change, biogeography, biological control, coccinellids, predators, mealybugs

---

**Title:** Potential distribution of *Nephus reunioni* Fürsch (Coleoptera: Coccinellidae) based on the bioclimatic model CLIMEX

### **Extended Abstract**

The climate is the critical factor that farmers have in mind on his decision making in agriculture. To understand the consequences of climate change on species, populations, communities and ecosystems are of relevant importance to mankind. This work aimed at studying the potential geographic distribution of *Nephus reunioni* Fürsch, a biocontrol agent of the citrus mealybug, based on the bioclimatic model CLIMEX. This ladybird species was described from Reunion Island and is considered to be native of Southern Africa. It was introduced in Portugal and other South European countries, in the 1980s. The potential distribution of its prey, *Planococcus citri* (Risso), and the interaction with another predator of mealybugs, the *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant), was further modeled.

CLIMEX was design by the “*Australian Commonwealth Scientific and Research Organization*” (CSIRO Entomology) since 1985. The model helps to understand the impact of climate change on species distribution and the potential risk of invasive species to an agricultural region. CLIMEX enables to assess the risk of a pest establishing in a new location and the potential success or failure of a biological control agent with no knowledge of the species, except for knowing the current locations they do occur.

CLIMEX has been used worldwide to model, predict and help to control invasive insects. Insect infestation destroys billions of dollars worth of commercial crops annually and monitoring and controlling invasive insects in a warming world is increasingly important.

The CLIMEX software contains two quite different climate-matching tools: i) the CLIMEX model, and ii) the CLIMEX ‘Match Climates’ function. The model is based on the assumption that if we know where a species lives it is possible to infer what climatic conditions it can tolerate. In other words, CLIMEX attempts to mimic the mechanisms that limit species’ geographical distributions and determine their seasonal phenology and to a lesser extent their relative abundance. The ‘Match Climates’ function is a tool for comparing the meteorological data of different places without reference to any particular species.

CLIMEX enables to estimate the potential geographical distribution and seasonal abundance of a species in relation to climate. It does not try to match the patterns of climate and species’ distribution in the same way that a statistical fitting would seek to achieve.

CLIMEX is applied to a species by selecting values for a set of parameters that describe its response to temperature, moisture and light. The term ‘population’ is used as the target entity, representing an average population of an animal or plant species or biotype for example. An Annual Growth Index (GI) describes the potential for growth of a population during the favorable season. Four

---

stress indices (Cold, Hot, Wet and Dry), and in some cases their interactions, describe the extent to which the population is reduced during the unfavorable season. The Growth and Stress Indices are combined into an Ecoclimatic Index (EI), to give an overall measure of favorableness of the location or year for permanent occupation by the target species. Two limiting conditions, the length of the growing season and obligate diapause, act as overall constraints to the EI value where relevant. Results are presented as tables, graphs, or maps.

A species' climatic requirements are inferred from its known geographical distribution (either in its native range or in another region where it has been established for a long time), relative abundance and seasonal phenology. Some laboratory data, such as developmental threshold temperatures, can be used to fit or fine tune CLIMEX parameter values. Initial estimates of parameter values are fine-tuned by comparing the indices with the known presence or absence, seasonal phenology and, preferably, relative abundance of the species in each location. Once the parameter values have been estimated and validated, CLIMEX can be used to make predictions for other, independent locations.

In the present work, the CLIMEX prediction indicates that Portugal presents favorable climatic conditions for *N. reunioni*, with the exception of the Northern region. On the other hand, the model predicts that Portugal does not present favorable climatic conditions for *P. citri*. This contradicting result in respect to the actual distribution of this mealybug species points out the importance of the bioclimatic data quality and/or parameter tuning. In the interaction with *C. montrouzieri*, the model predicts a predominance of *N. reunioni* in the scenario of co-existence of these two ladybeetles. The climatic change scenarios of temperature increase indicate an expansion to the north of the suitable climatic area for *N. reunioni*.

The bioclimatic models are ways to describe environmental phenomena, that can't be directly observed, and are used to represent simplifications of the reality, which originates new informations, that allows to support the solution of some specific problem. The interpretation of the results provided by the bioclimatic models must be carefully interpreted, to define problems, organize concepts, analyze data available and identify gaps on it, generate hypotheses and make scientific comparisons. CLIMEX is a tool to support decision making: the previsions are based only on climate data, and must be paid attention to other factors, like competition, habitats, presence of suitable hosts, or another factors responsables for the geographical limiting of the species.

---

# ÍNDICE

<b>Agradecimentos</b> .....	<b>i</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>iii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>iv</b>
<b>Extended Abstract</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE QUADROS</b> .....	<b>xi</b>
<b>ABREVIATURAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>1. Introdução</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Influência das condições climáticas nas relações planta/insecto</b> .....	<b>6</b>
<b>3. Modelos de análise bioclimática</b> .....	<b>10</b>
3.1. Software CLIMEX .....	11
3.1.1. Modelo CLIMEX .....	12
3.1.2. ‘Comparação climática’ CLIMEX.....	13
3.2. Base conceptual do CLIMEX .....	13
3.2.1. Distribuição e abundância das espécies.....	13
3.2.2. Índices do CLIMEX.....	14
3.2.3. Índices de stress.....	20
3.2.4. Restrições à persistência .....	20
3.2.5. Índice ecoclimático .....	21
3.3. Índices de ‘Comparação Climática’ CLIMEX .....	22
3.4. Vantagens e limitações do CLIMEX.....	23
3.5. Aplicações do CLIMEX.....	24
<b>4. Caracterização sumária da espécie em estudo: <i>Nephus reunioni</i></b> .....	<b>26</b>
<b>5. Material e Métodos</b> .....	<b>30</b>
5.1. ‘Comparação Climática’ entre a Europa e a região de origem de <i>Nephus reunioni</i> ...	30
5.2. Ajustamento dos parâmetros de <i>Nephus reunioni</i> .....	30
5.3. Ajustamento dos parâmetros de <i>Planococcus citri</i> .....	31
5.4. Ajustamento dos parâmetros para a interacção entre <i>Nephus reunioni</i> e <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> .....	32
5.5. Elaboração de mapas.....	32
<b>6. Resultados</b> .....	<b>35</b>
6.1. ‘Comparação Climática’ entre Europa e região de origem de <i>Nephus reunioni</i> .....	35

6.2.	Distribuição potencial de <i>Nephus reunioni</i> .....	36
6.3.	Distribuição potencial de <i>Planococcus citri</i> .....	43
6.4.	Distribuição potencial de <i>Nephus reunioni</i> em interacção com <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> .....	48
<b>7.</b>	<b>Discussão</b> .....	<b>53</b>
<b>8.</b>	<b>Conclusões</b> .....	<b>56</b>
	<b>Referências bibliográficas</b> .....	<b>57</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>65</b>
	Anexo 1. Quadro relativo à comparação climática entre a Europa e África do Sul (Bird Island). CMI – Índice de Composição de Comparação; Tmédia – Temperatura Média; Tmax – Temperatura Máxima; Tmin – Temperatura Mínima; Rtotal – Precipitação Total; HR – Humidade Relativa; SM – Humidade do Solo.....	66
	Anexo 2. Quadro relativo à distribuição potencial de <i>Nephus reunioni</i> (comparação entre locais) na Europa (4º cenário). GI – Índice de Crescimento; EI – Índice Ecoclimático; TI – Índice de Temperatura; MI – Índice de Humidade; CS – Stress pelo Frio; HS – Stress pelo Calor; DS – Stress pela Secura; WS – Stress pela Humidade.....	77
	Anexo 3. Espécies de plantas estudadas, objectivos e regiões onde foram efectuados estudos de aplicação do CLIMEX. ....	88
	Anexo 4. Doenças estudadas, objectivos e regiões onde foram efectuados estudos de aplicação do CLIMEX.....	89

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Interação dos componentes básicos necessários a ter em consideração na dinâmica populacional dos agentes de luta biológica. O clima é a força primária que afecta cada componente directamente como as suas interações (Adaptado de Zalucki & Klinken, 2006). .....	3
<b>Figura 2</b> - O triângulo hospedeiro-patogénio-vector-ambiente incluindo intervenções de gestão de forma a minimizar a vulnerabilidade das plantas, animais e humanos às doenças/pragas/parasitas em condições de alterações climáticas (adaptado de Sutherst, 2004). .....	10
<b>Figura 3</b> - O índice de temperatura (TI) como função dos respectivos parâmetros (DV) (Adaptado de Sutherst, et al., 2007). .....	16
<b>Figura 4</b> - O índice de humidade (MI) como função da humidade do solo disponível (SM) (Adaptado de Sutherst, et al., 2007). .....	17
<b>Figura 5</b> - O índice de radiação (RI) como função da radiação terrestre (RV) (Adaptado de Sutherst, et al., 2007). .....	17
<b>Figura 6</b> - O índice de substrato (SVI) como função da variável substrato (SV) (Adaptado de Sutherst, et al., 2007). .....	18
<b>Figura 7</b> - A função índice de luminosidade calcula o LI semanal através do comprimento dos dias e o valor dos parâmetros LT0 e LT1 (Adaptado de Sutherst, et al., 2007). .....	19
<b>Figura 8</b> - Comparação do stress semanal e acumulado (Adaptado de Sutherst, et al., 2007). .....	20
<b>Figura 9</b> - Larva do quarto instar e adulto de <i>Nephus reunioni</i> (Magro, 1992; Moura, 1994). .....	27
<b>Figura 10</b> - Imagem de satélite da região de origem de <i>Nephus reunioni</i> (Fonte: Google Earth). .....	28
<b>Figura 11</b> - Comparação climática entre a Europa e a Ilha de Madagáscar: os círculos azuis (CMI) indicariam a existência de afinidade climática entre as regiões. .....	35
<b>Figura 12</b> - Comparação climática entre a Europa e a África do Sul: a área dos círculos azuis é proporcional aos valores de CMI. ....	36
<b>Figura 13</b> - Distribuição potencial de <i>Nephus reunioni</i> em termos mundiais (1º cenário). .....	37
<b>Figura 14</b> - Distribuição potencial de <i>Nephus reunioni</i> na Europa (1º cenário). .....	37
<b>Figura 15</b> - Distribuição potencial de <i>Nephus reunioni</i> em termos mundiais (2º cenário). .....	38
<b>Figura 16</b> - Distribuição potencial de <i>Nephus reunioni</i> na Europa (2º cenário). .....	38
<b>Figura 17</b> - Distribuição potencial de <i>Nephus reunioni</i> em termos mundiais (3º cenário). .....	39
<b>Figura 18</b> - Distribuição potencial de <i>Nephus reunioni</i> na Europa (3º cenário). .....	39
<b>Figura 19</b> - Distribuição potencial de <i>Nephus reunioni</i> em termos mundiais (4º cenário). .....	40
<b>Figura 20</b> - Distribuição potencial de <i>Nephus reunioni</i> na Europa (4º cenário). .....	40
<b>Figura 21</b> - Distribuição potencial de <i>Nephus reunioni</i> na Europa para um cenário de alterações climáticas correspondente a um aumento de temperatura de 0,1°C por grau de latitude (3º cenário). .....	41
<b>Figura 22</b> - Distribuição potencial de <i>Nephus reunioni</i> na Europa para um cenário de alterações climáticas correspondente a um aumento de 3º C (3º cenário). .....	42
<b>Figura 23</b> - Distribuição potencial de <i>Nephus reunioni</i> na Europa para um cenário de alterações climáticas correspondente a um aumento de temperatura de 0,1°C por grau de latitude (4º cenário). .....	42
<b>Figura 24</b> - Distribuição potencial de <i>Nephus reunioni</i> na Europa para um cenário de alterações climáticas correspondente a um aumento de temperatura de 3°C (4º cenário). .....	43
<b>Figura 25</b> - Distribuição potencial de <i>Planococcus citri</i> em termos mundiais (1º cenário). .....	44
<b>Figura 26</b> - Distribuição potencial de <i>Planococcus citri</i> na Europa (1º cenário). .....	44
<b>Figura 27</b> - Distribuição potencial de <i>Planococcus citri</i> em termos mundiais (2º cenário). .....	45
<b>Figura 28</b> - Distribuição potencial de <i>Planococcus citri</i> na Europa (2º cenário). .....	45
<b>Figura 29</b> - Distribuições potenciais de <i>Nephus reunioni</i> (3º cenário) e <i>Planococcus citri</i> na Europa. ....	46

---

<b>Figura 30</b> - Distribuições potenciais de <i>Nephus reunioni</i> (4º cenário) e <i>Planococcus citri</i> na Europa.....	46
<b>Figura 31</b> - Distribuição potencial de <i>Planococcus citri</i> na Europa em condições de alterações climáticas correspondentes a um aumento de temperatura de 0,1ºC por grau de latitude (2º cenário).....	47
<b>Figura 32</b> - Distribuição potencial de <i>Planococcus citri</i> na Europa em condições de alterações climáticas correspondentes a um aumento de temperatura de 3 ºC (2º cenário). ....	47
<b>Figura 33</b> - Distribuições potenciais da interação entre as espécies <i>Nephus reunioni</i> e <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> na Europa (1º cenário). ....	48
<b>Figura 34</b> - Distribuições potenciais da interação entre as espécies <i>Nephus reunioni</i> e <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> na Europa (1º cenário) com impacto de alterações climáticas 0,1ºC por grau de latitude. ....	49
<b>Figura 35</b> - Distribuições potenciais da interação entre as espécies <i>Nephus reunioni</i> e <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> na Europa (1º cenário) com impacto de alterações climáticas +3 graus de temperatura. ....	49
<b>Figura 36</b> - Distribuições potenciais da interação entre as espécies <i>Nephus reunioni</i> e <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> na Europa (2º cenário). ....	50
<b>Figura 37</b> - Distribuições potenciais da interação entre as espécies <i>Nephus reunioni</i> e <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> na Europa (2º cenário) com impacto de alterações climáticas 0,1ºC por grau de latitude. ....	50
<b>Figura 38</b> - Distribuições potenciais da interação entre as espécies <i>Nephus reunioni</i> e <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> na Europa (2º cenário) com impacto de alterações climáticas +3 graus de temperatura. ....	51
<b>Figura 39</b> - Distribuições potenciais da interação entre as espécies <i>Nephus reunioni</i> e <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> na Europa (3º cenário). ....	51
<b>Figura 40</b> - Distribuições potenciais da interação entre as espécies <i>Nephus reunioni</i> e <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> na Europa (3º cenário) com impacto de alterações climáticas 0,1ºC por grau de latitude. ....	52
<b>Figura 41</b> - Distribuições potenciais da interação entre as espécies <i>Nephus reunioni</i> e <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> na Europa (3º cenário) com impacto de alterações climáticas +3 graus de temperatura. ....	52

---

## ÍNDICE DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Consequências previstas das alterações climáticas para as interações plantas/herbívoros nas florestas tropicais (adaptado de Coley, 1998).....	6
<b>Quadro 1a</b> – Vantagens do CLIMEX.....	22
<b>Quadro 2b</b> – Limitações do CLIMEX.....	22
<b>Quadro 3</b> – Espécies estudadas, objectivos e regiões onde foram efectuados estudos de aplicação do CLIMEX.....	25
<b>Quadro 4</b> - Distribuição geográfica de <i>Nephus reunioni</i> , com referência às regiões onde a espécie é nativa ou foi introduzida e o respectivo resultado da sua introdução. N – nativo; E – estabelecido; NE – não estabelecido.....	29
<b>Quadro 5</b> - Valores utilizados nos parâmetros do CLIMEX, com base em quatro cenários, para a modelação da distribuição potencial de <i>Nephus reunioni</i> . DV0 – limiar mínimo de temperatura; DV1 – valor óptimo mais baixo de temperatura; DV2 – valor óptimo mais alto de temperatura; DV3 – limiar máximo de temperatura; SM0 – limiar mínimo de humidade; SM1 – valor óptimo mais baixo de humidade; SM2 – valor óptimo mais alto de humidade; SM3 – limiar máximo de humidade; TTCS - limiar de temperatura do stress pelo frio; THCS - taxa de acumulação do stress pelo frio; TTHS - limiar de temperatura do stress pelo calor; THHS - taxa de acumulação do stress pelo calor; SMDS - limiar do stress pela secura; HDS - taxa de acumulação do stress pela secura; SMWS - limiar do stress pela humidade; HWS - taxa de acumulação do stress pela humidade; PDD - Graus-dias por geração/ constante térmica.....	31
<b>Quadro 6</b> - Valores utilizados nos parâmetros do CLIMEX, com base em dois cenários, para a modelação da distribuição potencial de <i>Planococcus citri</i> . DV0 – limiar mínimo de temperatura; DV1 – valor óptimo mais baixo de temperatura; DV2 – valor óptimo mais alto de temperatura; DV3 – limiar máximo de temperatura; SM0 – limiar mínimo de humidade; SM1 – valor óptimo mais baixo de humidade; SM2 – valor óptimo mais alto de humidade; SM3 – limiar máximo de humidade; TTCS - limiar de temperatura do stress pelo frio; THCS - taxa de acumulação do stress pelo frio; TTHS - limiar de temperatura do stress pelo calor; THHS - taxa de acumulação do stress pelo calor; SMDS - limiar do stress pela secura; HDS - taxa de acumulação do stress pela secura; SMWS - limiar do stress pela humidade; HWS - taxa de acumulação do stress pela humidade; PDD - Graus-dias por geração/ constante térmico.....	32
<b>Quadro 7a</b> - Valores utilizados para os parâmetros do CLIMEX, com base em três cenários, para a modelação da distribuição potencial, com influência de interacção, entre as espécies <i>Nephus reunioni</i> . DV0 – limiar mínimo de temperatura; DV1 – valor óptimo mais baixo de temperatura; DV2 – valor óptimo mais alto de temperatura; DV3 – limiar máximo de temperatura; SM0 – limiar mínimo de humidade; SM1 – valor óptimo mais baixo de humidade; SM2 – valor óptimo mais alto de humidade; SM3 – limiar máximo de humidade; TTCS - limiar de temperatura do stress pelo frio; THCS - taxa de acumulação do stress pelo frio; TTHS - limiar de temperatura do stress pelo calor; THHS - taxa de acumulação do stress pelo calor; SMDS - limiar do stress pela secura; HDS - taxa de acumulação do stress pela secura; SMWS - limiar do stress pela humidade; HWS - taxa de acumulação do stress pela humidade; PDD - Graus-dias por geração/ constante térmica; $SIP0_{(1,2)}$ – Parâmetro das espécies (1 e 2, respectivamente) em interacção.....	34
<b>Quadro 7b</b> - Valores utilizados para os parâmetros do CLIMEX, com base em três cenários, para a modelação da distribuição potencial, com influência de interacção, entre as espécies <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> .....	34

---

## ABREVIATURAS

BI	Índice Biótico
CMI	Índice de Comparação Climática
CS	Stress pelo Frio
DI	Índice de diapausa
DV0	Limiar mínimo de temperatura
DV1	Valor óptimo mais baixo de temperatura
DV2	Valor óptimo mais alto de temperatura
DV3	Limiar máximo de temperatura
DS	Stress pela seca
EI	Índice Ecoclimático
GI <sub>A</sub>	Índice de crescimento anual
GI <sub>w</sub>	Índice de crescimento semanal
HDS	Taxa de acumulação do stress pela seca
HS	Stress pelo calor
HWS	Taxa de acumulação do stress pela humidade
I <sub>hum</sub>	Índice de similaridade de humidade relativa
I <sub>tmax</sub>	Índice de similaridade de temperatura máxima
I <sub>tmin</sub>	Índice de similaridade de temperatura mínima
I <sub>rain</sub>	Índice de similaridade da precipitação total
I <sub>rpat</sub>	Índice de similaridade do padrão de precipitação
I <sub>sm</sub>	Índice de similaridade de humidade do solo
LI	Índice de luminosidade
LT0	Duração do dia (em horas) acima da qual o crescimento da população é máximo
LT1	Duração do dia abaixo da qual o crescimento da população é nulo
MI	Índice de humidade

---

PDD	Graus-dias por geração/ constante térmica/ duração da época de crescimento
RI	Índice de radiação
RV0	Limiar mínimo de radiação
RV1	Valor óptimo mais baixo de radiação
RV2	Valor óptimo mais alto de radiação
RV3	Limiar máximo de radiação
SI	Índices de stress
SIP0 <sub>(1,2)</sub>	Parâmetro das espécies (1 e 2, respectivamente) em interacção
SMDS	Limiar do stress pela secura
SM0	Limiar mínimo de humidade
SM1	Valor óptimo mais baixo de humidade
SM2	Valor óptimo mais alto de humidade
SM3	Limiar máximo de humidade
SMWS	Limiar do stress pela humidade
SVI	Índice de substrato
SV0	Limiar mínimo da variável substrato
SV1	Valor óptimo mais baixo da variável substrato
SV2	Valor óptimo mais alto da variável substrato
SV3	Limiar máximo da variável substrato
SX	Índice de interacção entre os diferentes tipos de stress
TGI <sub>w</sub>	Índice semanal de crescimento termo-hidrológico
THCS	Taxa de acumulação do stress pelo frio
THHS	Taxa de acumulação do stress pelo calor
TI <sub>A</sub>	Índice de temperatura anual
TI <sub>w</sub>	Índice de temperatura semanal
TTCS	Limiar de temperatura do stress pelo frio
TTHS	Limiar de temperatura do stress pelo calor
WS	Stress pela humidade

## 1. Introdução

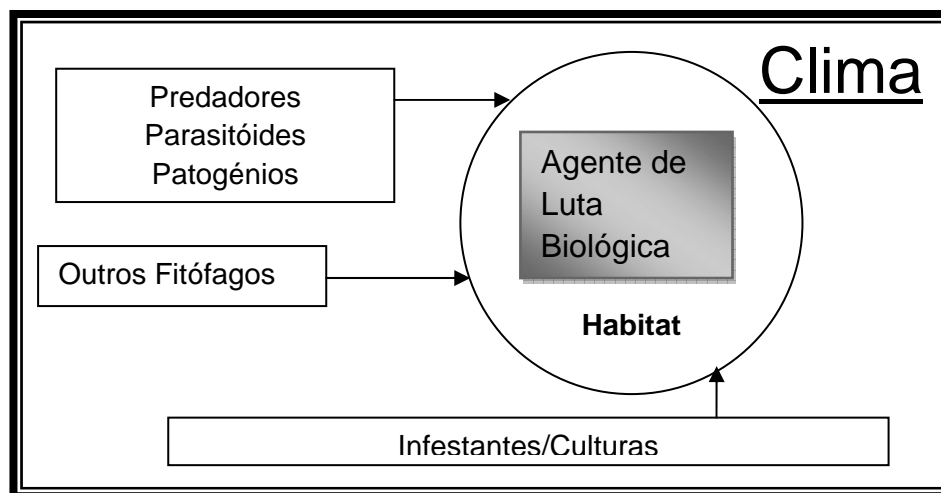
O Homem, desde os primórdios da agricultura, utilizou sempre os primeiros sinais da Primavera (e.g., as primeiras folhas, as primeiras inflorescências) como marcas do fim do Inverno; no Outono, outros sinais eram utilizados, como a mudança da cor das folhas, comprovando a grande afinidade entre o clima e a agricultura (Parmesan, 2006). O clima é o factor crítico que os agricultores têm sempre em conta nas suas tomadas de decisão (Sutherst, et al., 1996). As pragas, doenças e infestantes, os parasitas do gado e os vectores de doenças têm em comum: elevadas taxas de reprodução, tempos de geração curtos e mecanismos eficientes de dispersão, o que lhes permite responder rapidamente a alterações no clima, em termos de distribuição e abundância (Sutherst, et al., 1996).

Durante os últimos 100 anos, a temperatura média global subiu aproximadamente 0,6°C (o maior aumento nos últimos 1000 anos), tendo sido a década de 1990 a mais quente de sempre e 1998 o ano mais quente, desde que começaram a efectuar-se registos de temperatura (Bale, et al., 2002). O 4º Relatório do “*Intergovernmental Panel on Climate Change*” (IPCC) prevê que as temperaturas globais subam entre 1 a 5°C durante o século XXI, afectando directamente o biota (IPCC, 2007). As Nações Unidas definiram as Alterações Climáticas como “alterações no clima atribuídas directamente ou indirectamente à actividade humana, que altera a composição atmosférica e que, conjuntamente com a variabilidade natural climática, se observam sobre os ciclos temporais, alterações essas que poderão ter efeitos nos ecossistemas, sistemas sócio-económicos e bem-estar humano e animal” (Miraglia, et al., 2009). A consequência de tais alterações nos ecossistemas naturais representa um grande desafio para a humanidade, sendo importante perceber como os efeitos das alterações climáticas afectarão as espécies, populações, comunidades e ecossistemas (Bale, et al., 2002; Day Jr., et al., 2009). Referem-se alguns exemplos que testemunham estas alterações: a borboleta *Danaus chrysippus* estabeleceu a sua primeira população no Sul de Espanha, em 1980, e nos anos 1990s estava estabelecida, com grandes metapopulações (Haeger, 1999); nos últimos 32 anos, a processionária dos pinheiros, *Thaumetopoea pityocampa*, expandiu 87 km para norte, em França, e 110-230 m do seu limite em altitude, em Itália (Battisti, et al., 2005); nos EUA, o escaravelho dos pinheiros, *Dendroctonus ponderosae*, respondeu às alterações climáticas, alterando o seu ciclo de vida, levando actualmente um ano a produzir uma geração, em vez dos usuais dois anos, permitindo assim acentuado aumento na abundância das suas populações, que, por sua vez, conduziram ao aumento da incidência do fungo *Cronartium ribicola* (Logan, et al., 2003).

As alterações climáticas não afectam apenas os níveis de rendimentos potenciais, mas também alteram os efeitos das pragas e doenças e a composição da flora infestante que acompanha as culturas (Goudriaan & Zadoks, 1995). Alterações nos padrões dos ventos poderão auxiliar a migração de pragas para novas áreas, a rotura da relação entre a fenologia das pragas e os seus hospedeiros vegetais, ou entre as pragas e os seus inimigos naturais, podendo ter implicações significativas nos ecossistemas naturais, bem como em programas de luta biológica (Fig. 1) (Sutherst, et al., 1996). As

---

invasões bióticas têm acompanhado as alterações atmosféricas e oceânicas suportadas pelo Homem. Nas viagens de Cristovão Colombo, existe a indicação de transporte deliberado de espécies agrícolas e animais, sendo as invasões bióticas consideradas como eventos predominantemente pós-Colombo (Crosby, 1972). Portugal, nos fins do século XIX, alcançou a posição de pioneiro na luta biológica clássica na Europa, com a introdução do predador coccinelídeo *Rodolia cardinalis* para combater a cochonilha *Icerya purchasi* (Amaro, 2003). A proeminência da introdução deliberada de espécies que mais tarde se tornam invasoras enfatiza que nem todas as pragas chegam sem aviso e inconspicuamente, muitas são produto de desastrosos equívocos de premeditação humana. De facto, Snyder & Evans (2006) alertam para os perigos ecológicos derivados dos efeitos de difusão, em luta biológica ou introduções não intencionais, de espécies invasoras de artrópodes predadores, podendo estes ter efeitos adversos nas espécies nativas, através de competição, predação, transmissão de doenças. Uma pequena fracção dos imigrantes naturaliza-se. Algumas espécies naturalizadas tornam-se invasoras, podendo ser favorecidas pelos distúrbios provocados pelo Homem nas comunidades nativas, nomeadamente por operações de cultivo e exploração agrícola, que aumentam a probabilidade de populações não indígenas se estabelecerem. A agricultura inclui actividades que protegem populações imigrantes, de perigos ambientais como a seca, a inundação, a geada, parasitas e competidores (Mack, et al., 2000). Day & McAndrew (2002) referem a existência de dois paradigmas sobre a pesquisa de potenciais agentes de luta biológica contra infestantes: o 1<sup>o</sup> paradigma defende que a pesquisa de agentes de luta biológica deve ser feita em plantas diferentes das espécies alvo, uma vez que a planta e o insecto não co-evoluíram, sendo, por isso, de esperar que a planta não tenha desenvolvido estratégias de defesa contra o insecto; o 2<sup>o</sup> paradigma defende que, para ser bem sucedida, a introdu o de agentes de luta biológica deve ser feita com base em espécies colhidas nas mesmas plantas, na sua região de origem, por estarem melhor adaptadas ao hospedeiro. van Klinken, et al. (2002) utilizam a seguinte metáfora: "o "Santo Graal" da luta biológica (e da ecologia)   a capacidade de previsão da din mica esperada da popula o do agente biológico introduzido (ou de qualquer organismo)".



**Figura 1** - Interação dos componentes básicos necessários a ter em consideração na dinâmica populacional dos agentes de luta biológica. O clima é a força primária que afecta cada componente directamente como as suas interações (Adaptado de Zalucki & Klinken, 2006).

A passagem de imigrante a invasor envolve muitas vezes uma fase de retardação, seguida de uma fase de rápido aumento exponencial, que continua até que a espécie alcance os limites da sua nova distribuição geográfica e a taxa de crescimento da sua população estabilize (Mack, et al., 2000). Este cenário simplificado tem muitas variantes, o caso da invasão das abelhas africanas na América passou, apenas, por uma breve fase de retardação, ou até mesmo nenhuma (Mack, et al., 2000). Por outro lado, muitas espécies imigrantes não se tornam abundantes e bem difundidas em vastas áreas durante décadas, tempo esse em que permanecem imperceptíveis. O exemplo mais espectacular é o do fungo *Entomophaga maimaiga*, introduzido nos Estados Unidos para luta contra *Lymantria dispar*. Depois de ter desaparecido efectivamente durante 79 anos, reapareceu em 1989 causando substancial mortalidade neste lepidóptero, no noroeste dos EUA (Hajek, et al., 1995).

Uma questão-chave das invasões biológicas é a interdependência com a ecologia e economia. Enquanto as consequências económicas das alterações dos ecossistemas produzidas pelas espécies invasoras são bem publicitadas, as invasões por si mesmo são consequências ecológicas dos processos económicos (Holmes, et al., 2009). As invasões bióticas provocam duas categorias principais de impactos económicos: potenciais prejuízos na produção agrícola e custos de combate (Mack, et al., 2000). Definições do termo biosegurança, implicam a protecção contra espécies nocivas invasoras, que são uma das mais importantes ameaças mundiais à biodiversidade nativa e rentabilidade económica em vários sectores, incluindo a agricultura (Ceddia, et al., 2008). As invasões têm elevados custos económicos, ocorrendo numa escala global, sendo de prever que continuem a aumentar com as alterações climáticas, conjuntamente com a globalização dos mercados e o aumento no comércio mundial, viagens e turismo. As políticas de biosegurança têm como objectivo proteger a produção, ecossistemas e saúde humana da ameaça de espécies de pragas e doenças exóticas (Ceddia, et al., 2008). Mack, et al. (2000) referem que a renovação das leis de quarentena e adopção do princípio do “culpado até prova em contrário” deverão ser os primeiros passos a efectuar para a prevenção.

Pimentel (2008) refere que 99% de todas as culturas e espécies pecuárias são introduzidas e que cerca de 60% dos artrópodes que atacam as espécies introduzidas são nativos. Refere, ainda, que mais de 40% de toda a produção mundial de alimentos é perdida para os inimigos das culturas em pré e pós-colheita, isto apesar da aplicação de mais de 3 biliões de quilogramas de pesticidas nas culturas, entre outros meios de luta. Apesar de ter havido aumento considerável do uso de pesticidas e variedades resistentes, os prejuízos na agricultura não diminuíram significativamente durante os últimos 40 anos (Strand, 2000; Oerke, 2006). Nem plantando cultivares mais produtivas ou aumentando a área de cultivo se pode satisfazer as necessidades alimentares, se o rendimento e as perdas em pré e pós-colheita, provocadas pelos inimigos das culturas, permanecerem nos níveis actuais (Strand, 2000). Tem-se verificado, também, a expansão das culturas para regiões menos adequadas, onde as plantas estão menos adaptadas e as variedades melhoradas substituem as variedades locais, com elevada incidência de pragas (Oerke, 2006). As técnicas tradicionais de protecção das culturas dependem das condições sazonais, escolha da cultura, variedade e localização, são influenciadas pelo clima e afectam o complexo de pragas. Muitas técnicas ancestrais de protecção das plantas permanecem efectivas actualmente, com a vantagem de poderem ser aplicadas rapidamente em resposta às alterações climáticas, conjuntamente com outras técnicas modernas: rotação de culturas, alteração da data de plantação, interplantação, variedades resistentes e enrelvamento (Strand, 2000).

É opinião generalizada que as interacções entre as culturas, pragas, doenças e infestantes são complexas e pouco percebidas no contexto das alterações climáticas (Goudriaan & Zadoks, 1995; Patterson, et al., 1999; Frescata, 2001; Olesen, 2002; Stacey, 2003; Madeira, 2003; Gregory, et al., 2009). Muitos estudos continuam direccionados para a resposta das culturas em relação às pragas em variáveis isoladas, como a concentração de CO<sub>2</sub> elevada ou a temperatura. No entanto, tem sido salientada a importância da combinação das variáveis para cenários mais realistas de alterações climáticas (Hoover & Newman, 2004; Guerenstein & Hildebrand, 2008; Chakraborty, et al., 2008; Gregory, et al., 2009). Por exemplo a influência do ozono, poluente secundário altamente fitotóxico, que altera as respostas das plantas em relação ao stress biótico, através de efeitos provocados na fotossíntese, área foliar e duração da área foliar, provoca intensificação do ataque do oídio (*Erysiphe graminis*), de septoríose (*Septoria nodorum*) e de helmintosporíose (*Bipolaris sorokiniana*), em folhas de trigo (von Tiedemann, et al., 1991).

Chakraborty, et al. (2008) consideram que, dados os grandes impactos que as condições climáticas têm nas plantas, é importante perceber a influência destes factores (temperatura, CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, UV-B) com as doenças e pragas, existindo duas maneiras de conseguir entender esta interacção:

1. Trabalho experimental que lida com um ou vários elementos do clima ou constituintes da atmosfera em condições controladas (ex.: FACE – “Free-Air CO<sub>2</sub> Enrichment”);
2. Modelos bioclimáticos computadorizados de previsão, que através de parâmetros matemáticos fazem estimativas sobre a distribuição, severidade, prevalência e controlo de determinado inimigo das culturas (ex.: CLIMEX).

O tema desta tese tem como base a aplicação do modelo bioclimático CLIMEX ao estudo da distribuição geográfica em Portugal e na Bacia do Mediterrâneo do predador de cochonilhas-algodão, *Nephus reunioni* (Coleoptera, Coccinellidae), espécie que foi introduzida em Portugal e em outros países do Sul da Europa, nos anos 1980, em programas de luta biológica clássica. O modelo CLIMEX foi desenvolvido em 1985 pela “*Australian Commonwealth Scientific and Research Organization*” (CSIRO Entomology), tendo sido originalmente concebido para efectuar previsões de possíveis locais onde espécies exóticas de plantas e animais poderiam sobreviver, se fossem introduzidos no continente australiano.

## 2. Influência das condições climáticas nas relações planta/insecto

Existe alguma evidência de que, por causa das alterações climáticas, o risco de prejuízos nas culturas irá aumentar, devido à expansão da distribuição geográfica dos insectos (Quadro 1). Os sistemas agrícolas criaram habitats modificados e instáveis que favorecem os insectos migratórios que possuem altas taxas de reprodução e mortalidade (Patterson, et al., 1999). As condições são mais favoráveis para a proliferação de insectos, uma vez que conseguem completar maior número de gerações, reduzindo a duração do ciclo de desenvolvimento e aumentar, assim, a sua taxa de crescimento populacional. Por outro lado, poderão hibernar em áreas onde actualmente estão limitados pelas baixas temperaturas, diminuir a sua taxa de mortalidade e alterar o sincronismo com as culturas (Olesen & Bindi, 2002; Noyes, et al., 2009). Porter et al. (1991) enumeram os seguintes efeitos da temperatura nos insectos: limitação da distribuição geográfica; hibernação; dispersão e migração; taxa de crescimento da população; número de gerações por ano; duração da época de crescimento; sincronização cultura-praga; interacções interespecíficas; e disponibilidade de plantas hospedeiras e refúgios. As interacções tróficas, num contexto de alterações climáticas, têm sido pouco estudadas e os estudos existentes não são comparáveis, uma vez que não utilizaram as mesmas metodologias (Hoover & Newman, 2004). Espécies com ampla distribuição geográfica tendem a ser menos afectadas, por apresentarem maior plasticidade fenotípica e genotípica (Bale, et al., 2002).

**Quadro 1** - Consequências previstas das alterações climáticas para as interacções planta/herbívoro nas florestas tropicais (adaptado de Coley, 1998).

---

### Possíveis consequências das alterações climáticas nas relações planta/herbívoros

---

Aumento da herbivoria e da frequência de pululações de populações de herbívoros  
 Favorecimento das espécies de plantas mais bem defendidas quimicamente  
 Favorecimento das plantas fixadoras de N<sub>2</sub>  
 Maior severidade dos impactos da herbivoria  
 Maior susceptibilidade dos organismos com hábitos alimentares especializados  
 Alteração da abundância relativa das espécies  
 Declínio da biodiversidade

---

Os insectos herbívoros possuem diferentes estratégias para explorar as plantas, as quais podem ser diferenciadamente afectadas pelas alterações climáticas. O clima pode ter menos influência em insectos que se alimentam em plantas de crescimento determinado, do que em plantas com crescimento indeterminado<sup>1</sup> (Bale, et al., 2002). O aquecimento global afectará as espécies univoltinas e multivoltinas de diferentes maneiras e graus. No caso das espécies multivoltinas (e.g.,

---

<sup>1</sup> Plantas de crescimento determinado: a época de floração ocorre durante um período de poucos dias a seguir ao fim do crescimento vegetativo, típico em cereais e girassol; Plantas de crescimento indeterminado: a época de floração sobrepõe-se com o crescimento vegetativo e pode-se prolongar durante semanas ou meses, típico em culturas como o algodão e leguminosas para grão, como a soja (Loomis & Connor, 2003).

afídeos), altas temperaturas deverão permitir desenvolvimento mais rápido, permitindo que haja maior número de gerações anuais (Bale, et al., 2002). Espécies com ciclos anuais, em geral, desenvolvem-se mais rapidamente do que as com ciclo de vida longo. Assim, o aquecimento global poderá, reduzir o tempo que passam no estado larvar ou ninfal (os estados mais expostos à predação), permitindo a sua expansão a maiores latitudes e altitudes (Bale, et al., 2002).

Para muitas espécies, o impacto primário das alterações climáticas pode ser mediado através dos efeitos no sincronismo com o alimento e outros recursos, nomeadamente insectos herbívoros e as suas plantas hospedeiras, parasitóides e os seus insectos hospedeiros e insectos polinizadores e as plantas com flor (Parmesan, 2006). Van Nouhuys & Lei (2004) verificaram que o sincronismo hospedeiro-parasitóide é influenciado, de forma significativa, por temperaturas mais altas na Primavera, ou seja, Primaveras mais quentes favorecem o parasitóide *Cotesia melitaearum*, ao promoverem maior sincronismo com o hospedeiro, o lepidóptero *Melitaea cinxia*. Por outro lado, a maioria dos lepidópteros possuem como característica a protandria (os machos emergem mais cedo do que as fêmeas), pelo que as alterações climáticas podem afectar a proporção entre sexos, como resultado da interacção com os respectivos parasitóides (Parmesan, 2006).

Condições de CO<sub>2</sub> e temperatura elevados podem afectar a produção de compostos secundários das plantas, com impactos nas interacções cultura-praga, afectando a forma como as plantas distribuem o carbono entre os seus órgãos (Olesen & Bindi, 2002; Madeira, 2003). Alterações qualitativas nos tecidos (níveis mais altos de hidratos de carbono, fenóis sóluveis e compostos estruturais, e diminuição da concentração de nutrientes) poderão também ocorrer, com consequências nas relações planta/herbívoro, planta/microrganismo e no solo (decomposição e ciclo de nutrientes) (Madeira, 2003). A resistência indirecta (recrutamento de antagonistas das pragas) também pode ser afectada pelas alterações climáticas (Stacey, 2003). Por exemplo, elevados níveis de CO<sub>2</sub> alteram a produção dos compostos voláteis de defesa na couve, *Brassica oleracea*, responsáveis pela atracção do parasitóide *Cotesia plutellae* da traça *Plutella xylostella* (Vuorinen, et al., 2004).

Em atmosferas experimentais enriquecidas em CO<sub>2</sub>, a qualidade nutricional das folhas diminui substancialmente, devido à diluição do azoto em 10-30%, provocando aumento da razão carbono/azoto e levando à diminuição das defesas baseadas em azoto (alcalóides) e ao aumento das defesas baseadas em carbono (taninos) (Coley, 1998). O baixo teor em azoto nas folhas, devido ao efeito do aumento do CO<sub>2</sub> atmosférico, provoca aumento de cerca de 40% do consumo pelos herbívoros. Este aumento percentual permite que o insecto possa compensar a baixa qualidade nutricional das plantas e beneficia, de uma forma geral, as pragas generalistas, que mais facilmente mudam de dieta, em comparação com as pragas especialistas, que, em condições de declínio nutricional das folhas dos seus hospedeiros específicos, têm maior dificuldade na adaptação a outros hospedeiros (Goudriaan & Zadoks, 1995; Coley, 1998; Stacey, 2003). Coviella, et al. (2000) mostraram que alterações na razão C:N causadas por CO<sub>2</sub> elevado reduziram a eficácia da toxina *Bt* expressa em folhas de algodão transgénico e o facto dos insectos consumirem mais folhagem em plantas com baixo teor em azoto, não é compensado por causa da redução na produção da toxina. O uso das plantas transgénicas resistentes a pragas tem aumentado de importância. O aumento do CO<sub>2</sub>

atmosférico pode afectar a eficácia desta tática de protecção. No entanto, Coviella & Trumble (2000) referem que condições elevadas de CO<sub>2</sub> aumentam a eficácia das aplicações foliares de *Bacillus thuringiensis*, uma vez que a maior ingestão de folhas pelas larvas aumenta a ingestão da toxina *Bt*. Possivelmente, o mesmo se aplicará a entomopatogénios e insecticidas. Contudo, também apresenta desvantagens, como a possibilidade de ocorrerem resistências.

De forma semelhante, existe também o risco de ocorrer stress nutricional no gado, dado que temperaturas mais altas diluirão o conteúdo em azoto das plantas e, desta forma, reduzirão o teor proteico das pastagens (Campbell, et al, 1996), provocando redução na resistência do gado aos parasitas (Sutherst, 1987). O aumento do nível de energia atmosférico é provável que altere os padrões dos ventos, afectando a dispersão de insectos voadores, como os mosquitos (*Culicoides* spp.) que ameaçam seriamente a produção animal (Sutherst, 2001).

Um aumento de tempo gasto a alimentarem-se, devido ao previsível aumento da taxa de consumo das folhas pelos insectos, em resultado das alterações climáticas, pode conduzir a que os insectos herbívoros fiquem mais vulneráveis aos seus predadores e parasitóides. Muitas espécies herbívoras que se alimentam em folhas de alta qualidade podem completar o seu desenvolvimento tão rapidamente que conseguem assim escapar à acção dos seus inimigos naturais (Lindroth, et al., 1993; Roth & Lindroth, 1994; Coley, 1998). Assim, a forma como as alterações climáticas afectam a regulação das populações pelos predadores ou parasitóides não está ainda muito clara, existindo evidência de que baixa qualidade nutricional das folhas cria insectos herbívoros que constituem hospedeiros que afectam negativamente a sobrevivência e fecundidade dos seus parasitóides (Coley, 1998; Stacey, 2003). A susceptibilidade dos herbívoros pode ser compensada pela reduzida fecundidade dos parasitóides, resultando em pequenas alterações no tamanho das populações, tanto dos inimigos naturais, como dos herbívoros. A resistência dos insectos à infecção por vírus também é determinada pela qualidade das plantas hospedeiras, que por sua vez pode ser influenciada pelas alterações climáticas (Keating & Yendol, 1988; Keating, et al., 1990).

Outros estudos referem que, em níveis de reduzido teor em azoto, devido a alterações climáticas, os afídeos, que utilizam o azoto e excretam a maioria dos açúcares da seiva floémica (Rossing & van de Wiel, 1990; Dik, et al., 1991), poderão aumentar a sua excreção, conduzindo a maior quantidade de melada e fumagina e, conseqüentemente, maior intensidade de estragos nas plantas (Goudriaan & Zadoks, 1995). Simultaneamente, as plantas hospedeiras poderão tornar-se menos atractivas para os insectos (Tripp, et al., 1992). O resultado líquido da compensação destes dois possíveis efeitos é desconhecido (Goudriaan & Zadoks, 1995).

O CO<sub>2</sub> tem papel importante como sinal sensorial, com múltiplas finalidades, no comportamento dos insectos, nas interacções insecto-planta e no comportamento de oviposição dos insectos herbívoros, nas interacções insecto-vertebrado e no comportamento dos insectos sociais (abelhas e formigas) (Guerenstein & Hildebrand, 2008). Por exemplo, o piralídeo *Cactoblastis cactorum* efectua a postura dos ovos na planta CAM, *Opuntia stricta*, sendo possuidor de um órgão especializado de detecção do CO<sub>2</sub>, através do qual diferencia as plantas, de acordo com as suas taxas fotossintéticas. As plantas CAM assimilam o CO<sub>2</sub> durante a noite, são portanto “sink” de CO<sub>2</sub>. Plantas que tenham maior actividade fotossintética durante o dia, recebem maiores posturas à noite do piralídeo (Myers,

---

et al., 1981). Com comportamento contrário, o esfingídeo *Manduca sexta* procura hospedeiros “source”, e não “sink”, de CO<sub>2</sub> durante a noite (Guerenstein, et al., 2004), usando os altos níveis de CO<sub>2</sub> gerados pelas plantas como sinais do seu estado fisiológico (Abrell, et al., 2005). Também deve-se ter em conta o impacto do CO<sub>2</sub> elevado nos insectos, através dos seus efeitos nos inimigos naturais (Guerenstein & Hildebrand, 2008). Os entomopatogénios são particularmente sensíveis a alterações na temperatura e humidade. Um aumento da temperatura pode diminuir o tempo necessário para os seus hospedeiros sucumbirem à infecção, beneficiando os agricultores que utilizam biopesticidas (Stacey, 2003). Temperaturas mais elevadas resultam num aumento do metabolismo pelo insecto e mudas mais frequentes (James, et al., 1998), podendo contribuir para a redução do sucesso da infecção pelos entomopatogénios (Stacey, 2003). O aumento da taxa de consumo de folhas pelos insectos, em resultado do aumento da temperatura e de alterações na qualidade foliar causadas pelo enriquecimento em CO<sub>2</sub>, levará a maior consumo de patogénios como *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) ou baculovírus (Stacey, 2003). O aumento em CO<sub>2</sub> também leva a um aumento dos níveis de taninos nas folhas (Peñuelas & Estiarte, 1998; Goverde, et al. 1999), conferindo maior resistência aos insectos relativamente aos entomopatogénios (Keating & Yendol, 1988; Bouchier, 1991).

### 3. Modelos de análise bioclimática

A ecologia e epidemiologia das doenças transmitidas por vectores pode ser descrita pelo “triângulo da doença” de hospedeiro-patogénio-ambiente, originalmente desenvolvido pelos patologistas vegetais. O conceito do triângulo foi alargado por Sutherst (2004) (Fig. 2), de forma a enfatizar o papel da gestão na adaptação aos riscos associados a espécies invasoras e parasitas animais. Numa avaliação do risco, a primeira característica do habitat normalmente considerada é o clima. Por razões pragmáticas, os dados meteorológicos são mais rapidamente disponíveis do que outros tipos de dados, mas tem que se ter em conta outras características. No contexto da detecção dos riscos, a questão que se põe é saber onde a espécie é capaz de persistir. Por isso, é útil a utilização de ferramentas analíticas de previsão da resposta das espécies às novas condições ambientais (Sutherst, 2004).



**Figura 2** - O triângulo hospedeiro-patogénio-vector-ambiente incluindo intervenções de gestão de forma a minimizar a vulnerabilidade das plantas, animais e humanos às doenças/pragas/parasitas em condições de alterações climáticas (adaptado de Sutherst, 2004).

A questão seguinte relaciona-se com a sensibilidade e imunidade da população local de hospedeiros em relação à doença e, por outro lado, a necessidade de estimativas da abundância do vector ou da doença no habitat. A localização geográfica é um factor-chave determinante da sensibilidade da espécie às alterações ambientais (Sutherst, 2004). O mapeamento das espécies é um dos métodos-chave para avaliação da vulnerabilidade dos sistemas ecológicos (Sutherst, et al., 2007). Em escalas regionais, informação sobre alterações potenciais na distribuição geográfica e abundância relativa das espécies é de grande importância. Modelos simplificados de mapeamento das espécies podem fornecer informação útil de interpretação sobre alterações nas escalas regionais (Sutherst, et al., 2007). Alterações na adequabilidade do ambiente vão influenciar o desenvolvimento,

sobrevivência e taxa de reprodução dos vectores e patogénios e afectar a transmissão da doença e a exposição resultante da população à doença. Os modelos de computador ajudam a identificar lugares onde as alterações nos valores das variáveis climáticas se situam dentro da amplitude de sensibilidade de um vector ou patogénio, o que se designa por “envelope climático” (climatic envelope) (Sutherst, 2004). As alterações climáticas, o comércio e o transporte em particular têm potencial para afectar a distribuição geográfica dos vectores. Os modelos estatísticos (regressão logística e funções discriminantes) falham nesta análise, de natureza predictiva, porque confiam unicamente em padrões de ajustamento com dados meteorológicos e, por isso, não estão habilitados para superar novas condições climáticas ou efectuar extrapolação para outras localizações com diferentes padrões de temperatura e precipitação, mesmo que consigam descrever com exactidão a distribuição actual das espécies (Sutherst, 2004). Ulrichs & Hopper (2008), defendendo os modelos estatísticos, referem que o modelo CLIMEX, ao confiar em dados baseados nas tolerâncias fisiológicas de cada espécie de insecto para predição da sua distribuição, tem duas limitações: 1) dados pormenorizados sobre as tolerâncias fisiológicas não estão disponíveis para a maioria das espécies; e 2) se os dados estão disponíveis, são normalmente obtidos em laboratório, não reflectindo o ambiente complexo da Natureza. Contudo, Sutherst (2004) refere que a maior vantagem dos modelos dinâmicos (que têm em conta o tempo), sobre os modelos estatísticos é a sua capacidade para detectar novidades ou propriedades emergentes nos sistemas, como os limiares ou a não linearidade nos processos biológicos. O modelo CLIMEX incorpora um modelo hidrológico para descrever a disponibilidade de humidade e tem em conta as alterações na temperatura, precipitação e evaporação, na avaliação dos riscos derivados das alterações climáticas. Automaticamente, tem em conta qualquer interacção temperatura-humidade, de acordo com os dados meteorológicos disponibilizados.

### 3.1. Software CLIMEX

Neste capítulo, faz-se uma descrição do software CLIMEX e da sua base conceptual. Não se procurou fazer uma descrição intensiva do funcionamento e da teoria subjacente ao CLIMEX, mas apenas referir os conceitos teóricos e bases consideradas como fundamentais para o entendimento do seu funcionamento. Para o efeito, utilizou-se como fonte de informação o Guia de Utilizador do CLIMEX (Sutherst et al., 2007).

O software CLIMEX incorpora duas ferramentas diferentes de avaliação climática, designadas modelo CLIMEX e função ‘Comparação Climática’ CLIMEX. Esta última é uma ferramenta de comparação de dados meteorológicos de diferentes locais, sem referência a uma espécie particular. O modelo é baseado na assunção de que se pode inferir as condições climáticas que determinada espécie tolera, com base no conhecimento da sua distribuição geográfica. Por outras palavras, o CLIMEX tenta mimetizar os mecanismos que limitam a distribuição geográfica de uma espécie e determinar a sua fenologia e abundância relativa. Permite estimar a distribuição geográfica potencial e a abundância de determinada espécie, em função do clima.

O CLIMEX é aplicado a uma espécie utilizando valores gerados de temperatura, humidade e luz, que são os elementos meteorológicos que determinam a sua resposta. O termo 'população' é usado para a entidade alvo, representando uma população média de uma espécie de animal, vegetal ou biótipo, por exemplo. O *Índice de Crescimento Anual* ( $GI_A$ ) descreve o potencial para o crescimento de uma população, durante a época favorável. Quatro Índices de Stress (Frio, Calor, Humidade e Secura) e, em alguns casos, as suas interações, descrevem a amplitude desfavorável, sobre a qual, a população é reduzida. Os índices de crescimento e stress são combinados num *Índice Ecoclimático* (EI), que dá uma medida global da adequação do local ou do ano para ocupação permanente da espécie. Duas condições limitantes, a duração da época de crescimento e a diapausa obrigatória, actuam no geral, restringindo a valor de EI. Os resultados são apresentados em quadros, gráficos ou mapas (outputs), representando os valores de EI calculados para cada estação meteorológica.

Os requisitos climáticos de determinada espécie são inferidos a partir do conhecimento existente sobre a sua distribuição geográfica, abundância relativa e fenologia sazonal. Alguns dados laboratoriais podem ser usados para ajustar e refinar os valores dos parâmetros do CLIMEX, como o limiar da temperatura de desenvolvimento. Estimativas iniciais dos valores dos parâmetros são ajustadas, comparando os índices com a presença conhecida, ou ausência, fenologia e, se possível, a abundância relativa da espécie, em cada local.

### 3.1.1. Modelo CLIMEX

O modelo CLIMEX descreve a resposta de determinada espécie ou outra unidade taxinómica, em relação com o clima. Opera em dois modos: *Comparação de Locais* e *Comparação de Anos*. No primeiro, é comparada a resposta da espécie a uma média de dados climáticos em diferentes locais, enquanto que o segundo analisa e compara a resposta da espécie a condições climáticas de diferentes anos no mesmo local.

#### Comparação de locais

Permite prever a potencial distribuição geográfica de determinada espécie em função do clima. Esta função usa uma base de dados meteorológica contendo médias climáticas, para diversas regiões, a nível mundial. Um processo iterativo de comparação das distribuições conhecidas e previstas para a mesma região é usado para derivar os valores dos parâmetros. Uma vez definidos e validados, os parâmetros podem ser usados para efectuar a previsão da distribuição potencial da espécie em diferentes regiões.

#### Comparação de anos

Utiliza uma base de dados, composta por valores mensais de anos consecutivos para a mesma localização, permitindo estudar o efeito das variações climáticas no crescimento potencial da população e na sobrevivência das espécies em anos consecutivos.

### 3.1.2. 'Comparação climática' CLIMEX

A comparação climática permite pesquisar locais que tenham clima semelhante ao de determinado local seleccionado. Trata-se de uma função menos “inteligente” que o Modelo CLIMEX. Permite simplesmente comparar dados meteorológicos de diferentes lugares, sem o conhecimento da biologia de determinada espécie. Permite a resposta a questões como: se os extremos de temperatura (máximo e mínimo) são similares; se os níveis e padrões sazonais de precipitação são semelhantes entre locais seleccionados. A comparação de condições climáticas, em diferentes locais tem, no entanto, implicações para as espécies. Se dada espécie ocorre num determinado local X e se se pretende introduzir essa espécie no local Y, como agente de luta biológica, esta função permite analisar se o clima do local de destino (Y) é similar ao clima do local de origem (X).

## 3.2. Base conceptual do CLIMEX

O CLIMEX é um modelo dinâmico simplificado, que permite estimar os processos relacionados com o clima, que determinam a abundância relativa, variação sazonal e distribuição geográfica das espécies.

### 3.2.1. Distribuição e abundância das espécies

Há muito que se sabe que o limite de distribuição da maioria dos animais poiquilotérmicos, é determinada pelo clima (Andrewartha & Birch, 1954; Krebs, 1978). Para além do clima, componentes físicos e bióticos do habitat (e.g., tipo de solo, disponibilidade de hospedeiros, competidores ou predadores) estão igualmente envolvidos. No entanto, o clima é o único factor para o qual existem dados globais, geralmente, disponíveis, de modo a fornecer estimativas iniciais sobre o alcance potencial das espécies sob a influência de outros componentes do habitat, o designado 'nicho realizado'. Todos estes factores devem ser considerados quando se fazem previsões com base no CLIMEX. Estudos pormenorizados são necessários para definir o papel dos factores não climáticos.

O CLIMEX funciona com a assunção de que a distribuição das espécies é determinada pelo clima, no contexto de fundo de resistência biótica, isto é, usa os limites ecológicos (nicho realizado), em vez dos limites fisiológicos (nicho fundamental), na inferência da resposta dos limites das espécies pelo clima.<sup>2</sup> Constitui, pois, uma ferramenta pragmática, que necessita de ser manejada de acordo com o guia fornecido, sem qualquer pretensão de obter grande precisão geográfica. O CLIMEX, também, assume que todas as populações de animais e plantas possuem uma estação favorável ao crescimento populacional e uma desfavorável, que pode impedir a permanência de determinada espécie num dado local.

---

<sup>2</sup> Nicho realizado: amplitude das condições e recursos sob os quais uma determinada espécie persiste na presença de competidores e predadores; Nicho fundamental: quando determinada espécie é introduzida num ambiente exótico, no qual, livre de muitos dos seus competidores e predadores, pode tirar maior partido das condições climáticas (Kriticos, et al., 2005).

O CLIMEX contém uma base de dados meteorológica, com cerca de 3000 locais seleccionados, a nível mundial, bem como grelhas climáticas interpoladas fornecidas pela Cimatic Research Unit (CRU), instituição componente da Universidade East Anglia. As bases de dados estão disponíveis desde 1982, incluindo dados sobre a temperatura da superfície terrestre, com médias para os Hemisférios Norte e Sul e para o Globo. Foram desenvolvidas com base em dados adquiridos em estações meteorológicas de todo o mundo, a maior parte das quais são geridas pela National Meteorological Services (NMSs), que disponibiliza os dados através da rede CLIMAT, da World Meteorological Organization's (WMO). O modelo faz "interagir" as preferências climáticas das espécies com as bases de dados. O principal objectivo do modelo é fornecer um número singular (EI), que indica o nível de adequação do clima de determinado local para a espécie em estudo. O CLIMEX apresenta os resultados em mapas, na forma de círculos sombreados, cuja dimensão é proporcional ao valor do índice.

### 3.2.2. Índices do CLIMEX

O CLIMEX usa vários índices e duas restrições para estimar o crescimento potencial e sobrevivência de determinada população num dado local. São considerados dois grupos de índices: os índices relacionados com o crescimento e os índices de stress. Todos são calculados semanalmente, sendo os valores mensais usados para obter um índice derivado (crescimento) ou combinados num valor anual do índice. O CLIMEX combina os índices de crescimento e de stress num índice ecoclimático, através da atribuição de um valor entre 1 e 100, que descreve a adequabilidade climática de um local para determinada espécie.

A filosofia do CLIMEX é a de que o crescimento da população ocorre dentro do limite dos parâmetros climáticos definidos pelos índices de crescimento. As condições de stress, descritas através dos respectivos índices, levam a um crescimento negativo da população, assumindo-se que a sua acumulação se verifica fora do intervalo de valores apropriados para o crescimento. O EI assume o valor zero se não se verificar qualquer uma das seguintes restrições: mínimo de acumulação de temperaturas durante a época de crescimento (PDD); e condições que permitem que as espécies com diapausa/dormência obrigatória ou vernalização (DI) a possam completar.

#### Índice de crescimento

O CLIMEX usa um *índice semanal de crescimento termo-hidrológico* ( $TGI_w$ ), numa escala de 0 a 1, para descrição das condições que favorecem o crescimento da população. O organismo-alvo pode ser qualquer entidade biológica (e.g., espécie, variedade, biótipo):

$$TGI_w = TI_w + MI_w + RI_w + SI_w + LI_w + DI_w$$

Onde  $TI_W$ ,  $MI_W$ ,  $RI_W$ ,  $SI_W$ ,  $LI_W$  e  $DI_W$  são, respectivamente, *índices semanais de temperatura, humidade, radiação, substrato, luz e diapausa*. Todos ou alguns destes índices podem ser incluídos, dependendo dos requisitos da análise.  $MI_W$ ,  $TI_W$ ,  $RI_W$  e  $DI_W$  modelam a resposta do organismo em relação à humidade, temperatura, radiação e luz, enquanto que  $DI_W$  tem em conta os efeitos dos períodos de dormência nas plantas, ou a diapausa nos insectos.  $SI_W$  modela a resposta em relação a um substrato específico (como o tipo de solo). Um *índice de crescimento semanal* ( $GI_W$ ) mais completo inclui, também, como componente o *índice biótico* ( $BI_W$ ), que reflecte os efeitos no crescimento das populações de espécies em interacção:

$$GI_W = TGI_W + BI_W$$

$BI_W$  reflecte a presença de uma segunda espécie, que tanto pode diminuir ou aumentar o ritmo potencial de crescimento da espécie em estudo.  $BI_W$  é igual a 1, quando se considera, apenas, uma espécie. A média de valores de  $GI_W$  fornece o *índice de crescimento anual* ( $GI_A$ ), com valores entre 0 e 100.

$$GI_A = 100 \cdot \sum_{i=1}^{52} .GI_{W_i} / 52$$

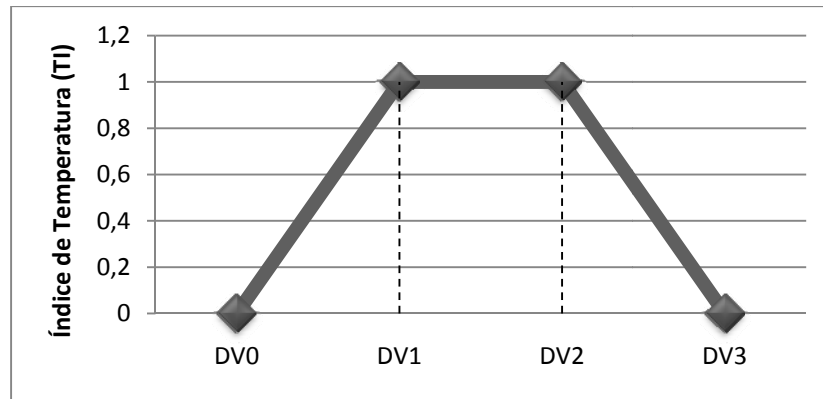
$GI_W$  descreve a adequabilidade climática semanal para o crescimento de, por exemplo, uma planta ou uma população de insectos (desenvolvimento, reprodução e sobrevivência).  $GI_A$  descreve o crescimento potencial total e fornece indicação da dimensão populacional ou abundância relativa de uma espécie, através da sua distribuição geográfica determinada unicamente com base no clima.

### Índice de temperatura

O *índice de temperatura semanal* ( $TI_W$ ) descreve a resposta das espécies ao ciclo diário da temperatura. Varia entre 0 e 1, sendo o crescimento da população maximizado quando  $TI_W = 1$ , e nulo quando  $TI_W = 0$ .

Os quatro parâmetros (Fig. 3) utilizados no cálculo de  $TI_W$  definem o raio de acção da adequabilidade da temperatura para o crescimento e desenvolvimento de determinada população:

- DV0 – limiar mínimo de temperatura (temperatura base)
- DV1 – valor óptimo mais baixo de temperatura
- DV2 – valor óptimo mais alto de temperatura
- DV3 – limiar máximo de temperatura



**Figura 3** - O índice de temperatura (TI) como função dos respectivos parâmetros (DV) (Adaptado de Sutherst, et al., 2007).

DV0 – DV3 corresponde à amplitude de temperaturas sob a qual determinada espécie consegue viver. O *índice de temperatura anual* ( $TI_A$ ) inclui duas componentes: a primeira descreve o efeito da temperatura sobre a taxa de crescimento da população de uma espécie, quando a temperatura é igual ou inferior ao óptimo; a segunda descreve a redução da taxa de crescimento da população a altas temperaturas.

$$TI_A = 100 \cdot \sum_{i=1}^{52} .TI_{W_i} / 52$$

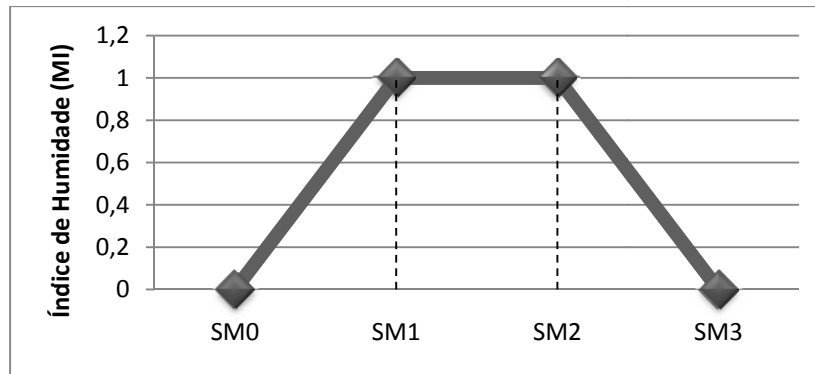
### Índice de humidade

O *índice de humidade* (MI) é baseado na assunção de que a humidade do solo é o factor dominante que determina a humidade da vegetação e, portanto, as condições microclimáticas. MI descreve a resposta da espécie aos valores de humidade do solo.

Os quatro parâmetros usados para calcular os níveis de humidade do solo que determinam o crescimento e desenvolvimento de uma determinada população são:

- SM0 – limiar mínimo de humidade
- SM1 – valor óptimo mais baixo de humidade
- SM2 – valor óptimo mais alto de humidade
- SM3 – limiar máximo de humidade

Estes parâmetros têm a mesma forma que os parâmetros de temperatura (Fig. 4), excepto no facto de que, neste caso, é assumido que a humidade é constante ao longo de 24 horas. SM = 0 indica que não existe humidade no solo; SM = 0,5 indica que a humidade do solo é 50% da capacidade de campo; SM = 1 indica que a humidade do solo é de 100% da capacidade de campo; SM > 1 indica que a capacidade de campo do solo foi ultrapassada, o que corresponde a uma situação em que ocorrerá escoamento superficial.



**Figura 4** - O índice de humidade (MI) como função da humidade do solo disponível (SM) (Adaptado de Sutherst, et al., 2007).

MI varia entre 0 e 1. Quando MI=1, o crescimento da população é maximizado. Tal ocorre quando a humidade do solo está entre SM1 e SM2. Quando MI=0, o crescimento da população é nulo, o que corresponde à situação em que a humidade do solo está abaixo de SM0 ou acima de SM3 (Fig.4).

### Índice de radiação

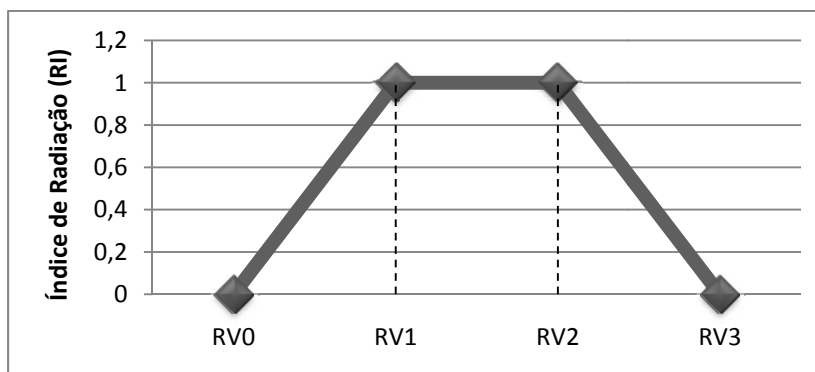
O *índice de radiação* (RI) é útil para definir o índice de crescimento para as plantas, uma vez que a quantidade de radiação disponível é um factor importante que determina o seu crescimento potencial. Em situações de céu limpo, a quantidade de radiação global que alcança qualquer ponto da superfície do globo é calculada a partir de parâmetros orbitais.

RI descreve a resposta das espécies aos valores da radiação solar.

Os quatro parâmetros usados no cálculo da radiação que determina o crescimento da população são:

- RV0 – limiar mínimo de radiação
- RV1 – valor óptimo mais baixo de radiação
- RV2 – valor óptimo mais alto de radiação
- RV3 – limiar máximo de radiação

Estes parâmetros têm a mesma forma que os parâmetros de humidade (Fig. 5).



**Figura 5** - O índice de radiação (RI) como função da radiação terrestre (RV) (Adaptado de Sutherst, et al., 2007).

RI varia entre 0 e 1. Quando  $RI=1$ , o crescimento da população é maximizado, situação que ocorre quando os valores da radiação estão entre  $RV1$  e  $RV2$ . Quando  $RI=0$ , o crescimento da população é nulo, o que corresponde a valores de radiação abaixo de  $RV0$  ou acima de  $RV3$  (Fig. 5).

### Índice de substrato

O *índice de substrato* (SVI) assume que existe uma variável não climática (o substrato) que afecta o crescimento da população. Como exemplos de substratos, referem-se o tipo de solo, a salinidade, a topografia, a disponibilidade de hospedeiros ou adequabilidade do hospedeiro para os parasitóides. SVI descreve a resposta da espécie à variável substrato.

Os quatro parâmetros usados no cálculo de SVI que determinam o crescimento da população são:

- $SV0$  – limiar mínimo da variável substrato
- $SV1$  – valor óptimo mais baixo da variável substrato
- $SV2$  – valor óptimo mais alto da variável substrato
- $SV3$  – limiar máximo da variável substrato

Estes parâmetros têm a mesma forma que os parâmetros da humidade (Fig. 6).  $SVI=0$  indica que o substrato é completamente limitativo do crescimento populacional nessa semana, enquanto  $SVI=1$  indica que o substrato é completamente não limitativo.

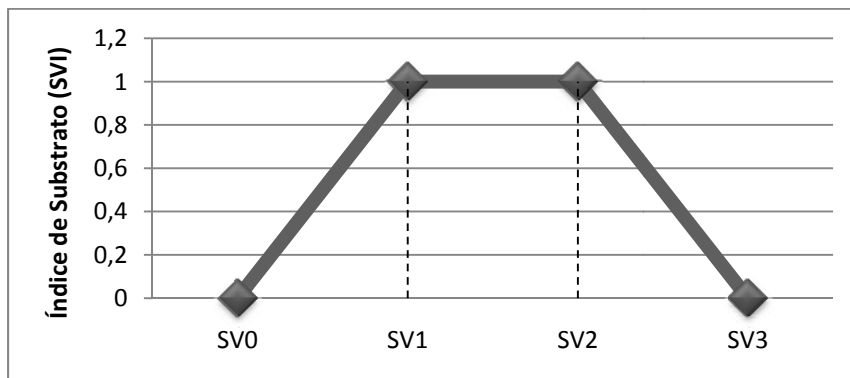


Figura 6 - O índice de substrato (SVI) como função da variável substrato (SV) (Adaptado de Sutherst, et al., 2007).

SVI varia entre 0 e 1. O crescimento da população é maximizado quando  $SVI=1$ , o que ocorre quando a variável substrato está entre  $SV1$  e  $SV2$ . O crescimento da população é nulo quando o valor da variável substrato está abaixo de  $SV0$  ou acima de  $SV3$ , ou quando  $SVI=0$ .

### Índice de diapausa

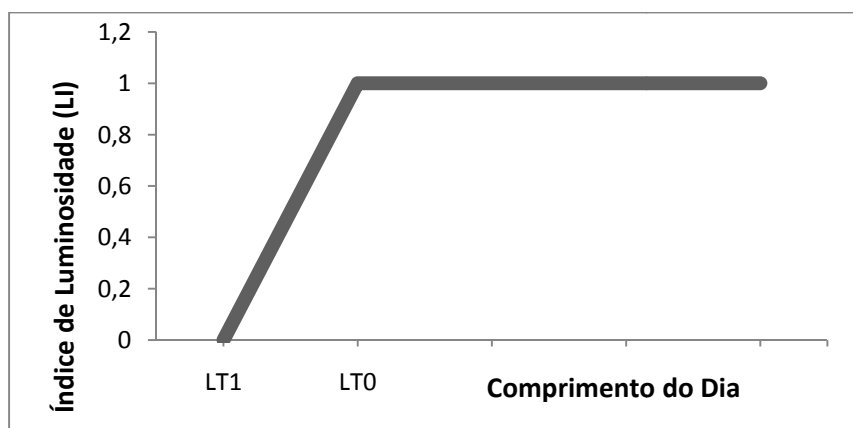
Durante o período de desenvolvimento da diapausa o valor de  $GI_W=0$  e se as condições obrigatórias para a diapausa não se verificarem,  $GI_A=0$ . Deste modo,  $EI=0$  e a espécie é excluída do

local correspondente. O *índice de diapausa semanal* ( $DI_W$ ) assume os valores de zero e um, quando a espécie em estudo, se encontra ou não em diapausa, respectivamente.

### Índice de luminosidade

O *índice de luminosidade semanal* (LI) permite a descrição do crescimento e desenvolvimento das plantas, tendo em conta a variação sazonal do comprimento/duração dos dias, a qual afecta a fotossíntese. O LI semanal tem um valor entre 0 e 1. O valor 0 indica condições limitantes máximas com horas inadequadas de luz solar; o valor 1 indica que não há limitação do crescimento pela luz.

LI é obtido com base em dois parâmetros:  $LT_0$  é a duração do dia (em horas) acima da qual o crescimento é máximo;  $LT_1$  é a duração do dia abaixo da qual o crescimento é nulo (Fig. 7). LI é usado no cálculo de  $G_{IW}$ . O valor padrão de LI é 1.



**Figura 7** - A função índice de luminosidade calcula o LI semanal através do comprimento dos dias e o valor dos parâmetros  $LT_0$  e  $LT_1$  (Adaptado de Sutherst, et al., 2007).

### Índice biótico

Efeitos de competição interspecífica podem ser modelados através do *índice biótico* (BI), que é calculado semanalmente para cada espécie, de acordo com as seguintes equações:

- $BI_W(1) = 1 + SIP_{01} * TGI_W(2)$
- $BI_W(2) = 1 + SIP_{02} * TGI_W(1)$

Em que  $BI_W(1)$  e  $BI_W(2)$  correspondem aos índices bióticos de cada uma das espécies.  $SIP_{01}$  é um parâmetro correspondente à intensidade da interacção da espécie 2 sobre a espécie 1; de forma semelhante,  $SIP_{02}$  tem a mesma definição em relação à espécie 2. Quando o parâmetro  $SIP_{01}=0$ , significa que a espécie 2 não tem nenhum efeito sobre a espécie 1; quando é menor do que 0, a espécie 2 reduz a taxa de crescimento semanal da espécie 1; quando é maior do que 0, a espécie 2 incrementa a taxa de crescimento semanal da espécie 1.

### 3.2.3. Índices de stress

Os índices de stress são estabelecidos para limitar a capacidade de determinada espécie sobreviver em condições sazonais adversas e, portanto, determinar a sua distribuição geográfica. Quatro destes índices representam os extremos da temperatura e humidade.

A filosofia usada no ajustamento dos índices de stress é a de que o crescimento da população ocorre entre os parâmetros de temperatura DV0 e DV3 e entre os parâmetros de humidade SM0 e SM3. Assume-se que as condições de stress, que conduzem a crescimento negativo da população, se acumulam fora deste intervalo de valores. CLIMEX considera que só existe um período de cada tipo de stress em cada ano, ocorrendo, no entanto, excepções em termos práticos (e.g., as plantas anuais são frequentemente não limitadas por um período desfavorável ao crescimento quando estão na fase de semente).

Os índices de stress estão relacionados com factores que limitam a distribuição geográfica: *stress pelo frio* (CS); *stress pelo calor* (HS); *stress pela secura* (DS); *stress pela humidade* (WS); e respectivas interações (Frio/Humidade, Frio/Secura, Calor/Humidade, Calor/Secura). Um valor limiar e uma taxa de acumulação definem todos os tipos de stress. Em todos os casos, a acumulação de stress durante o ano é exponencial: cada stress semanal é multiplicado pelo número de semanas, a partir do momento em que o primeiro stress excedeu zero (Fig. 8). Os parâmetros da taxa determinam o quão rapidamente a espécie acumula stress, quando as condições climáticas excedem o limiar de stress. Quando o índice de acumulação de stress semanal equivale a 1, a espécie é incapaz de persistir no local em causa.

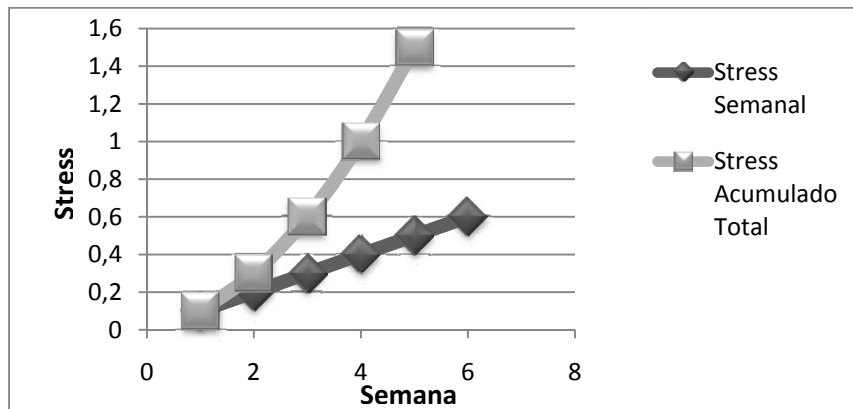


Figura 8 - Comparação do stress semanal e acumulado (Adaptado de Sutherst, et al., 2007).

### 3.2.4. Restrições à persistência

#### Duração da época de crescimento

A severidade de uma estação desfavorável não é a única forma do clima limitar a distribuição das espécies. Estas precisam de diferentes níveis de acumulação de temperatura durante a estação de

crescimento, para completar o desenvolvimento e/ou reprodução. Em elevadas latitudes e altitudes, a duração da época de crescimento (PDD), frequentemente, limita a distribuição das espécies univoltinas, impedindo que completem o ciclo de vida. As espécies perenes podem também falhar o estabelecimento das suas populações, se a acumulação de temperatura não for suficiente para se reproduzirem. PDD é estabelecido pelo número acumulado de °C.dia acima da temperatura base para o desenvolvimento (DV0). PDD pode ser estimado com base em estudos de campo ou de laboratório.

### **Diapausa obrigatória**

O CLIMEX permite modelar os efeitos das restrições sobre as necessidades da diapausa obrigatória, ao estabelecer uma série de requisitos correspondentes às condições de indução e quebra da diapausa. A diapausa pode ser induzida por condições específicas de temperatura e fotoperíodo, e terminada em função de condições específicas de temperatura. Se o número necessário para o desenvolvimento da diapausa não for alcançado, a espécie fica excluída desse local.  $GI_W=0$  durante o período de desenvolvimento da diapausa.  $GI_A=0$  se as condições para a diapausa não forem satisfeitas. Em consequência, o índice ecoclimático assume o valor zero e as espécies são excluídas do local.

### **3.2.5. Índice ecoclimático**

O *índice ecoclimático* (EI) integra o  $GI_A$ , que descreve o potencial de crescimento de uma população, com níveis de stress anuais, que limitam a sobrevivência durante a época desfavorável. O EI fornece, assim, uma medida geral do potencial dum dado local para suportar uma população permanente. O índice foi projectado para fornecer informação simples e concisa, numa forma rapidamente interpretável por não cientistas, como os decisores políticos.

EI varia entre 0 e 100. Um valor próximo de 0 indica que o local não é muito favorável para a sobrevivência a longo prazo da espécie. O valor 100 só é alcançado em condições constantes e ideais.

$$EI = GI_A + SI + SX$$

Onde  $GI_A$ , SI e SX correspondem aos índices de crescimento anual, stress anual e de interacção entre os diferentes tipos de stress, respectivamente.

### 3.3. Índices de ‘Comparação Climática’ CLIMEX

A aplicação ‘Comparação Climática’ do CLIMEX compara os dados meteorológicos para a localização seleccionada ‘Away’ com o clima da localização ‘Home’. O nível de similaridade é dado pelo *índice de comparação* (CMI), que é o produto de seis componentes:  $I_{t_{max}}$  (similaridade da temperatura máxima);  $I_{t_{min}}$  (similaridade da temperatura mínima);  $I_{rain}$  (similaridade da precipitação total);  $I_{rpat}$  (similaridade do padrão de precipitação);  $I_{hum}$  (similaridade da humidade relativa) e  $I_{sm}$  (similaridade da humidade do solo). Cada um destes índices varia entre 0 e 1, com o valor de 1 indicando uma correspondência exacta com a localização ‘Home’.

A comparação de climas pode ser feita usando a base de dados de um país, continente ou mundial. Os resultados dos índices de comparação climática são apresentados em mapas, tabelas ou gráficos. Os mapas mostram o grau de similaridade através de círculos cujo tamanho é proporcional à diferença entre os valores dos índices de comparação e os limiares seleccionados (nível de comparação). Apenas os locais com índice superior ao nível de comparação são apresentados nos mapas e tabelas resultantes.

### 3.4. Vantagens e limitações do CLIMEX

As vantagens e limitações do CLIMEX encontram-se sumarizadas nos Quadros 2a e 2b, respectivamente.

**Quadro 2a – Vantagens do CLIMEX.**

<b>Vantagens</b>	<b>Referências</b>
De fácil aplicação	Coetzee, et al., 2007
Importante para a escolha de áreas climaticamente adequadas para a introdução de agentes de luta biológica, bem como avaliação do seu risco ecológico	Palmer, et al., 2007; Poutsma, et al., 2008; Rafter, et al., 2008
Evita problemas a respeito de discrepâncias entre medições derivadas de métodos laboratoriais e médias climáticas, e os dados geográficos são obtidos mais facilmente	Yonow, et al., 2004
Em programas de melhoramento genético se uma característica particular está associada a determinada condição climática, pode contribuir para a redução do número de linhas de um banco de genes que têm de ser testadas	Bennett, et al., 1998
Permite reconhecer precocemente os riscos potenciais de invasões biológicas, de modo a que se possa responder de forma económica e efectiva	Kriticos, et al., 2005

**Quadro 2b – Limitações do CLIMEX.**

<b>Desvantagens</b>	<b>Referências</b>
Dificuldades interpretativas dos parâmetros do software (e.g., a humidade do solo não é a mesma coisa que humidade relativa)	Allen, et al., 1993; Venette & Cohen, 2006; Pivonia & Yang, 2004
O clima não é o único factor que influencia o estabelecimento, ou não, de determinada espécie	Samways, et al., 1999
Não está equipado para permitir a entrada de dados sobre a temperatura do solo	Olfert, et al., 2004
Não permite avaliar os diferentes eventos meteorológicos temporais que podem decorrer ao longo do ano.	Olfert, et al., 2004
A existência de pouca informação sobre a distribuição da espécie no seu habitat nativo, limita a eficácia do modelo	Bennett, et al., 1998; Palmer & Senaratne, 2007; Heard, et al., 2009
Não consegue prever onde as espécies podem ser encontradas e não considera a possibilidade da evolução adaptativa das mesmas	Mika, et al., 2008
Limitações relativamente às doenças, devido à ocorrência de diferentes estados morfológicos e funcionais no seu ciclo biológico	Desprez-Loustau, et al., 2007
Ao fazer-se uma comparação climática, esta só contém parte do nicho fundamental onde a espécie se desenvolve, sendo assim uma modelação incompleta	Robertson, et al., 2008

### **3.5. Aplicações do CLIMEX**

O CLIMEX tem sido utilizado com diferentes objectivos e a diferentes grupos de organismos (Quadro 3, Anexos 3 e 4). No que diz respeito a insectos e ácaros, incluindo pragas e auxiliares, são de referir oito objectivos principais: 1) Alterações climáticas; 2) Biogeografia; 3) Biosegurança; 4) Comparação de modelos; 5) Estimativas económicas; 6) Introdução de linhas transgénicas; 7) Luta biológica; e 8) Risco de pragas de quarentena. Os estudos realizados têm envolvido regiões em todos os continentes e grande diversidade de espécies de insectos, incluindo coleópteros (24), dípteros (6), hemípteros (5), himenópteros (7), lepidópteros (6) e tisanópteros (1), e alguns ácaros (4) (Quadro 4).

**Quadro 3** – Espécies estudadas, objectivos e regiões onde foram efectuados estudos de aplicação do CLIMEX.

Ordem	Espécie	Objectivos							Continente						Nº Países	Referências	
		1	2	3	4	5	6	7	8	A	B	C	D	E			F
Acari	<i>Metaseiulus occidentalis</i>						X			X						1	McDermott & Hoy, 1997
	<i>Penthaleus major</i>		X											X		1	Robinson & Hoffmann, 2001
	<i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i>		X	X							X					-	Sutherst & Bourne, 2009
	<i>Tetranychus evansi</i>		X												X	-	Migeon, et al., 2009
Coleoptera	<i>Aerenicopsis championi</i>						X							X		1	Palmer, et al., 2000
	<i>Agonosoma trilineatum</i>						X							X		1	Heard, et al., 2009
	<i>Anoplophora glabripennis</i>							X					X			1	MacLeod, et al., 2002
	<i>Ceutorhynchus obstrictus</i>	X								X						1	Olfert & Weiss, 2006
	<i>Charidotis pygmaea</i>						X							X		1	Day & McAndrew, 2002
	<i>Chilocorus angolensis</i>		X				X		X	X						3	Samways, et al., 1999
	<i>Chilocorus bipustulatus</i>		X				X		X	X	X	X	X			12	Samways, et al., 1999
	<i>Chilocorus cacti</i>		X				X		X	X	X					14	Samways, et al., 1999
	<i>Chilocorus circumdatus</i>		X				X		X	X	X	X	X			8	Samways, et al., 1999
	<i>Chilocorus distigma</i>		X				X		X	X	X			X		5	Samways, et al., 1999
	<i>Chilocorus hauseri</i>		X				X			X				X		3	Samways, et al., 1999
	<i>Chilocorus infernalis</i>		X				X		X	X	X	X				7	Samways, et al., 1999
	<i>Chilocorus kuwanae</i>		X				X		X	X	X	X				8	Samways, et al., 1999
	<i>Chilocorus nigrinus</i>		X				X		X	X	X			X		27	Samways, et al., 1999
	<i>Chilocorus politus</i>		X				X		X					X		2	Samways, et al., 1999
	<i>Chilocorus renipustulatus</i>		X				X		X							1	Samways, et al., 1999
	<i>Chilocorus rubidus</i>		X				X		X	X						3	Samways, et al., 1999
	<i>Chilocorus schioedtei</i>		X				X		X	X	X			X		6	Samways, et al., 1999
	<i>Chilocorus stigma</i>		X				X			X			X	X		6	Samways, et al., 1999
	<i>Chilocorus wahlbergi</i>		X				X			X				X		2	Samways, et al., 1999
	<i>Harmonia axyridis</i>		X												X	-	Poutsma, et al., 2008
	<i>Homichloda barkeri</i>						X							X		1	Lockett & Palmer, 2003
	<i>Meligethes viridescens</i>		X								X					1	Olfert & Weiss, 2006
<i>Oulema melanopus</i>		X	X							X					1	Olfert, et al., 2004	

1 – Alterações climáticas; 2 – Biogeografia; 3 – Biosegurança; 4 – Comparação de modelos; 5 – Estimativas económicas; 6 – Libertação de linhas transgénicas; 7 – Luta biológica; 8 – Risco de pragas de quarentena; A - Ásia; B – América; C - África; D - Europa; E – Oceânia; F - Mundial

**Quadro 3 (cont.)** – Espécies estudadas, objectivos e regiões onde foram efectuados estudos de aplicação do CLIMEX.

Ordem	Espécie	Objectivos								Continente						Nº Países	Referências
		1	2	3	4	5	6	7	8	A	B	C	D	E	F		
Diptera	<i>Bactrocera dorsalis</i>	X	X												X	-	Stephens, et al., 2007
	<i>Bactrocera tryoni</i>		X											X		1	Dominiak, et al., 2006
	<i>Contarinia nasturtii</i>	X									X					2	Mika, et al., 2008
	<i>Culex gelidus</i>		X											X		2	Williams, et al., 2005
	<i>Drosophila serrata</i>		X											X		1	Jenkins & Hoffmann, 2001
	<i>Ophiomyia camarae</i>		X					X						X		2	Day, et al., 2009
Hemiptera	<i>Eccritotarsus catarinensis</i>		X				X			X	X					2	Coetzee, et al., 2007; 2009
	<i>Essigella californica</i>		X										X			1	Wharton & Kriticos, 2004
	<i>Homalodisca coagulata</i>		X							X				X		-	Hoddle, 2004
	<i>Maconellicoccus hirsutus</i>					X				X						1	Ranjan, 2006
	<i>Podisus maculiventris</i>		X											X		-	Legaspi & Legaspi Jr., 2007
Hymenoptera	<i>Binodoxys communis</i>		X				X			X						1	Wyckhuys, et al., 2009
	<i>Eretmocerus emiratus</i>						X						X			1	Goolsby, et al., 2005
	<i>Eretmocerus hayati</i>						X						X			1	Goolsby, et al., 2005
	<i>Eretmocerus melanoscutus</i>						X						X			1	Goolsby, et al., 2005
	<i>Eretmocerus mundus</i>						X						X			1	Goolsby, et al., 2005
	<i>Eretmocerus sp. (Etiópia)</i>						X						X			1	Goolsby, et al., 2005
	<i>Sirex noctilio</i>		X												X	-	Carnegie, et al., 2006
Lepidoptera	<i>Chiasmia assimilis</i>						X						X			1	Palmer, et al., 2007
	<i>Chiasmia inconspicua</i>						X						X			1	Palmer, et al., 2007
	<i>Cometaster pyrula</i>						X						X			1	Palmer & Senaratne, 2007
	<i>Euclasta whalleyi</i>						X						X			1	Mo, et al., 2000
	<i>Lymantria dispar</i>		X							X						1	Allen, et al., 1993
	<i>Uraba lugens</i>		X				X						X	X		-	Kriticos, et al., 2007
Thysanoptera	<i>Caliothrips fasciatus</i>							X					X			1	Hoddle, et al., 2006
ND	ND			X									X			1	Peacock & Worner, 2006

1 – Alterações climáticas; 2 – Biogeografia; 3 – Biosegurança; 4 – Comparação de modelos; 5 – Estimativas económicas; 6 – Libertação de linhas transgénicas; 7 – Luta biológica; 8 – Risco de pragas de quarentena; A - Ásia; B – América; C - África; D - Europa; E – Oceânia; F - Mundial

#### 4. Caracterização sumária da espécie em estudo: *Nephus reunioni*

*Nephus reunioni* (Fig. 9), espécie descrita por Fürsch, em 1974, a partir de exemplares da ilha de Reunião, é considerada originária da região Sul-Africana, estendendo a sua presença até à África Central (Fig. 10) (Magro, 1992; Magro, et al., 1992; Fürsch, 2007). Foi posteriormente (a partir do final dos anos 1970) introduzida em vários países da Região Mediterrânica, na Geórgia, Azerbaijão e Ásia Central, em programas de luta biológica clássica contra a cochonilha-algodão-dos-citrinos, *Planococcus citri* (Risso), da qual é considerada um predador bastante específico (Quadro 4) (Magro, et al., 1992). Não se conhece o seu comportamento em relação a outras espécies de pseudococcídeos. Em Portugal, a sua presença foi assinalada, pela primeira vez, em 1990, em dois pomares de citrinos, na região de Setúbal, apontando no sentido duma introdução em 1988/89, na região (Raimundo, 1992; Magro, et al., 1992). Contudo, segundo Carey (1992), o processo de estabelecimento de uma espécie, numa dada região, tem uma duração significativamente superior àquela que é geralmente admitida. Pelo que, a introdução de *N. reunioni* poderá ser anterior a 1988/89 (Raimundo, 1992; Magro, et al., 1992).



**Figura 9** - Larva do quarto instar e adulto de *Nephus reunioni* (Magro, 1992; Moura, 1994).

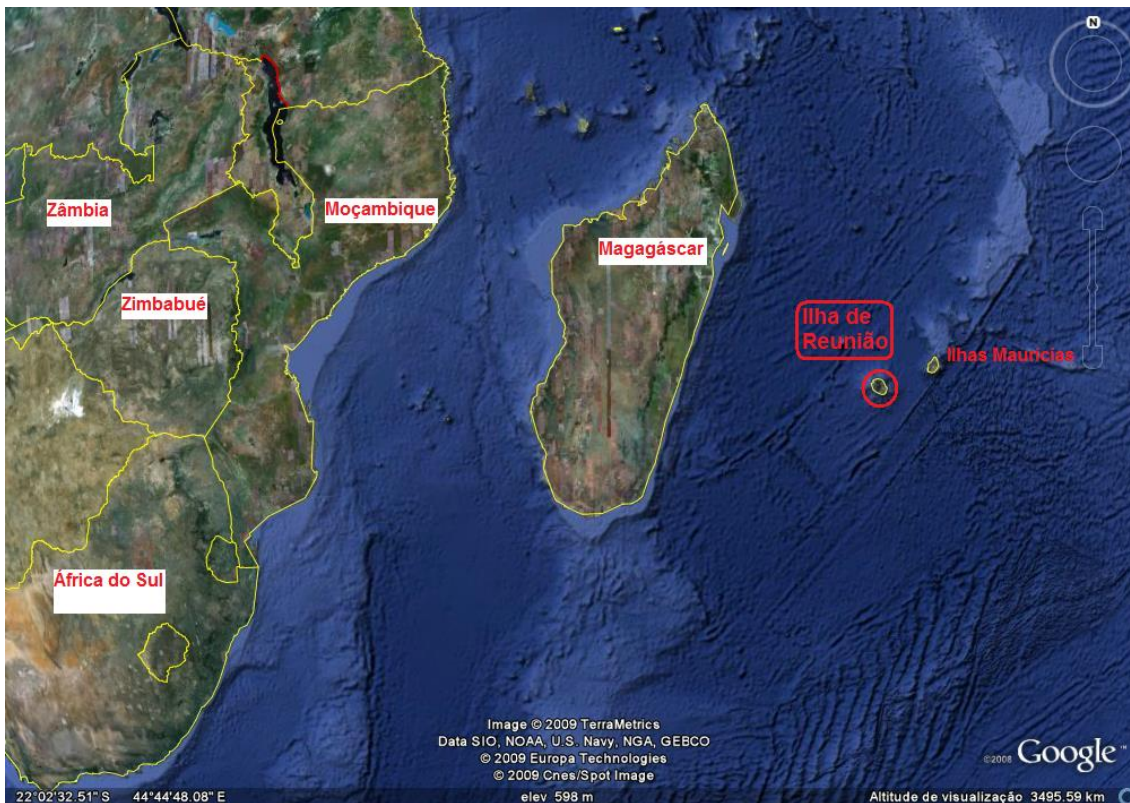


Figura 10 - Imagem de satélite da região de origem de *Nephus reunioni* (Fonte: Google Earth).

Segundo Magro et al. (1992), no início dos anos 1980, teriam sido importadas pelo Departamento de Entomologia da Estação Agronómica Nacional, a partir de Antibes, algumas colónias de *N. reunioni*, com o objectivo de proceder a estudos de biologia. Em 1984, não tendo sido possível prosseguir com a criação desta espécie, os exemplares existentes foram libertados num pequeno pomar de citrinos, existente na Qta. do Marquês, em Oeiras. Não se tendo tratado de uma introdução programada, será de admitir a hipótese de uma entrada acidental, através de material de propagação vegetativa ou de frutos e/ou da população detectada em Setúbal ter resultado da reprodução e dispersão dos exemplares libertados em Oeiras (Magro, e tal., 1992). Segundo A. Panis, foram efectuadas largadas de *N. reunioni*, juntamente com o parasitóide *Leptomastix dactilopii*, no dia 14/11/1980, em pomares de citrinos em Tavira, no Algarve (Moura, 1994). Contudo, este coccinelídeo nunca foi, posteriormente, encontrado nesta região.

Os estudos de prospecção efectuados em Portugal permitiram constatar que a presença de *Nephus reunioni* se restringia a uma região de cerca de 80 km de diâmetro em redor de Lisboa (Franco, et al., 1994; Magro, et al., 1999). Contudo, observações mais recentes sugerem que a espécie se encontra em expansão, para sul (JC Franco, com. pess.).

**Quadro 4** - Distribuição geográfica de *Nephus reunioni*, com referência às regiões onde a espécie é nativa ou foi introduzida e o respectivo resultado da sua introdução: N – nativo; E – estabelecido; NE – não estabelecido.

País	Estado	Referência
África do Sul	N	Magro, 1992; Magro, et al., 1992; Fürsch, 2007
Espanha	E	Duverger, 1990
França	E	Duverger, 1990
Geórgia	E	Ershova & Orlinsky, 1982
Israel	E	Bar-Zakay, et al., 1988
Itália	NE	Longo & Russo, 1986; Longo & Benfatto, 1987
Marrocos	E	Jourdheuil, 1986
Ilhas Maurícias	N	Fürsch, 2007
Portugal	E	Raimundo, 1992; Magro, et al., 1992
Reunião	N	Magro, 1992; Magro, et al., 1992; Fürsch, 2007
Rússia	NE	Jourdheuil, 1986; Izhevsky & Orlinsky, 1988

*Nephus reunioni* é uma espécie multivoltina, sendo o número de gerações anuais variável, consoante as condições ambientais (Moura, 1994). O estudo da evolução das populações de cochonilhas algodão e *N. reunioni* revela padrões típicos de uma relação predador-presa (Magro, 1997). *Nephus reunioni* apresenta um tipo de dinâmica populacional que corresponde, aparentemente, a uma resposta característica de um predador selectivo, uma vez que a um pico de abundância de cochonilhas algodão se segue, posteriormente, um pico de abundância do coccinélídeo (Franco, et al., 1992; Moura, 1994).

Izhevsky & Orlinsky (1988) estudaram, em laboratório, o efeito da temperatura e da humidade relativa do ar no desenvolvimento e sobrevivência de *N. reunioni*, tendo concluído que este coccinélídeo é pouco sensível à humidade relativa do ar e consegue desenvolver-se num largo espectro de temperaturas (entre 11,9 e 40,7°C). Estes autores defendem, por isso que, devido à grande plasticidade ecológica deste predador, o seu estabelecimento é possível sob grande variedade de condições climáticas. Será de admitir que, face a esta característica, ele possa vir a ser utilizado em outras áreas nas quais ainda não foi introduzido (Moura, 1994).

Recentemente, o descriptor de *N. reunioni*, num artigo de revisão das espécies africanas do género *Nephus* (Fürsch, 2007), refere que esta espécie tem distribuição, aparentemente, restringida à Ilha de Reunião e Ilhas Maurícias e que as referências à sua presença na África do Sul e outros países mediterrânicos, como Portugal e Israel, se devem a identificações incorrectas, nomeadamente feitas pelo próprio autor, correspondendo possivelmente a *N. derroni* Fürsch, espécie descrita de S. Tomé e comum na África do Sul.

## 5. Material e Métodos

### 5.1. ‘Comparação Climática’ entre a Europa e a região de origem de *Nephus reunioni*

Efectuou-se uma análise de comparação climática (“*Match Climates*”) entre a Europa e a região de origem de *Nephus reunioni*. Uma vez que o software não incorpora nenhuma estação meteorológica da ilha de Reunião, nem das ilhas Maurícias, optou-se por efectuar duas comparações climáticas. A primeira foi entre a Europa e a ilha de Madagáscar. Apesar de não haver informação sobre a presença do coccinelídeo nesta ilha, foi efectuada por razões de proximidade geográfica (Fig. 10). A estação meteorológica escolhida foi Ihosy. A segunda comparação climática foi entre a Europa e a África do Sul, de onde *Nephus reunioni* também é considerada nativa. A estação meteorológica escolhida foi Bird Island. Com base no recomendado em CSIRO (2008), escolheu-se como critério valores de CMI (índice de comparação) superiores a 70%.

### 5.2. Ajustamento dos parâmetros de *Nephus reunioni*

Com base em Izhevsky & Orlinsky (1988), efectuou-se uma comparação de localizações (“*Compare Locations*”). Uma vez que o ajustamento dos parâmetros é dos procedimentos mais críticos no CLIMEX, optou-se por considerar vários cenários correspondentes a vários critérios de parametrização. No primeiro cenário, utilizou-se os dados obtidos por Izhevsky & Orlinsky (1988), referentes aos efeitos de temperatura e humidade, não se tendo considerado o efeito do stress (Quadro 5).

No segundo cenário incluíram-se os índices de stress. Os valores dos índices de stress foram seleccionados fora dos intervalos correspondentes aos índices de temperatura e humidade, respeitando as relações matemáticas do modelo. Para as diferentes taxas, e de acordo com CSIRO (2008), ao efectuar o processo iterativo, executando e re-executando, optou-se por inserir todas as taxas com o mesmo valor absoluto (0,0001 ou -0,0001) (Quadro 5).

No terceiro cenário, alteraram-se os valores dos índices de stress, de forma a que não estivessem fora dos limites dos índices de temperatura e humidade, uma vez que as condições de stress podem ocorrer antes de se chegar aos pontos DV0 e DV3. Apesar deste cenário não respeitar as relações matemáticas do modelo, vários autores têm adoptado o mesmo critério nos seus trabalhos (e.g., Wharton & Kriticos, 2004; Kriticos et al., 2007). Usou-se como base as equações descritas por Izhevsky & Orlinsky (1988) sobre a sobrevivência de *N. reunioni* em função da temperatura (eq.1) e humidade relativa (eq.2),

$$\text{eq.1} \quad b = -0,97 + 0,131t - 0,0026t^2$$

$$\text{eq.2} \quad b = -0,01 + 0,022P - 0,0002P^2$$

em que b é a taxa de sobrevivência, t a temperatura e P a humidade relativa (Quadro 5).

Para parametrizar os índices de stress, utilizou-se como critério os valores de temperatura e humidade relativa nos quais a taxa de sobrevivência correspondia a um decréscimo de 40% e 75%,

respectivamente, em relação à taxa máxima de sobrevivência registada por Izhevsky & Orlinsky (1988).

No quarto cenário, considerou-se uma maior amplitude de valores para o intervalo (DV1-DV2), uma vez que estes dois parâmetros descrevem um intervalo de valores óptimos de temperatura e não um único valor, como no conceito de temperatura óptima, i.e., temperatura para a qual a taxa de desenvolvimento é máxima. Assim, definiu-se uma amplitude de 10°C, entre DV1 e DV2, de acordo com o critério adoptado por diferentes autores (Mo, et al., 2000; Olfert, et al., 2004; Carnegie, et al., 2006; Poustma, et al., 2008; Pattison & Mack, 2008; Day, et al., 2009; Migeon, et al., 2009). Alargou-se também o intervalo óptimo para a humidade, devido ao facto de *N. reunioni* apresentar grande plasticidade em relação a este factor (Izhevsky & Orlinsky, 1988; Magro, 1992; Moura, 1994), e manteve-se os valores de stress utilizados no terceiro cenário (Quadro 5).

**Quadro 5** - Valores utilizados nos parâmetros do CLIMEX, com base em quatro cenários, para a modelação da distribuição potencial de *Nephus reunioni*. **DV0** – limiar mínimo de temperatura; **DV1** – valor óptimo mais baixo de temperatura; **DV2** – valor óptimo mais alto de temperatura; **DV3** – limiar máximo de temperatura; **SM0** – limiar mínimo de humidade; **SM1** – valor óptimo mais baixo de humidade; **SM2** – valor óptimo mais alto de humidade; **SM3** – limiar máximo de humidade; **TTCS** - limiar de temperatura do stress pelo frio; **THCS** - taxa de acumulação do stress pelo frio; **TTHS** - limiar de temperatura do stress pelo calor; **THHS** - taxa de acumulação do stress pelo calor; **SMDS** - limiar do stress pela secura; **HDS** - taxa de acumulação do stress pela secura; **SMWS** - limiar do stress pela humidade; **HWS** - taxa de acumulação do stress pela humidade; **PDD** – somatório de °C.dia por geração/ constante térmica.

Parâmetro	1º Cenário	2º Cenário	3º Cenário	4º Cenário
<b>Temperatura</b>				
DV0	11,9 °C	11,9 °C	11,9 °C	11,9 °C
DV1	24 °C	24 °C	24 °C	20 °C
DV2	25 °C	25 °C	25 °C	30 °C
DV3	40,7 °C	40,7 °C	40,7 °C	40,7 °C
<b>Humidade</b>				
SM0	0,1	0,1	0,1	0,1
SM1	0,5	0,5	0,5	0,45
SM2	0,6	0,6	0,6	0,65
SM3	0,95	0,95	0,95	0,95
<b>Stress pelo frio</b>				
TTCS	-	11,8 °C	14,8 °C	14,8 °C
THCS	-	-0,0001	-0,0001	-0,0001
<b>Stress pelo calor</b>				
TTHS	-	40,8 °C	35,6 °C	35,6 °C
THHS	-	0,0001	0,0001	0,0001
<b>Stress pela secura</b>				
SMDS	-	0,09	0,28	0,28
HDS	-	-0,0001	-0,0001	-0,0001
<b>Stress pela humidade</b>				
SMWS	-	0,96	0,82	0,82
HWS	-	0,0001	0,0001	0,0001
<b>PDD</b>	469,5 °C.dia	469,5 °C.dia	469,5 °C.dia	469,5 °C.dia

Considerou-se, ainda, dois cenários de simulação de alterações climáticas, tendo por base a parametrização utilizada nos cenários 3 e 4, e considerando as seguintes hipóteses de alteração da

temperatura e precipitação: 0,1°C, nas temperaturas máximas e mínimas, por grau de latitude, a partir do equador, com decréscimo de 20% na precipitação de inverno e acréscimo de 20% na precipitação de verão (cenário 5); acréscimo de 3°C nas temperaturas mínima e máxima, em todos os locais e épocas, com decréscimo de 20% na precipitação de inverno e acréscimo de 20% na precipitação de verão (cenário 6).

### 5.3. Ajustamento dos parâmetros de *Planococcus citri*

Como a presença de *N. reunioni* está condicionada pela presença da sua presa preferencial, a cochonilha-algodão-dos-citrinos, *Planococcus citri*, decidiu-se modelar, também, a distribuição potencial desta espécie. Para o efeito, consideram-se dois cenários. No primeiro, não se inclui os índices de stress. A parametrização dos índices de temperatura e humidade foi feita com base em Franco (1997) e Franco et al., (2000). Em relação a DV0 seleccionou-se 12,9°C, valor estimado por Tingle (1985) e intermédio entre os valores obtidos por Sayed et al. (1962) e Islam (1993): 12,3-13,3°C. A constante térmica (PDD) correspondente estimada por Tingle (1985) foi 416,7°C.dia. Para DV3 considerou-se o valor 35°C, temperatura à qual a mortalidade se aproxima de 100%, segundo Nelson-Rees (1960) (Quadro 6).

**Quadro 6** - Valores utilizados nos parâmetros do CLIMEX, com base em dois cenários, para a modelação da distribuição potencial de *Planococcus citri*. **DV0** – limiar mínimo de temperatura; **DV1** – valor óptimo mais baixo de temperatura; **DV2** – valor óptimo mais alto de temperatura; **DV3** – limiar máximo de temperatura; **SM0** – limiar mínimo de humidade; **SM1** – valor óptimo mais baixo de humidade; **SM2** – valor óptimo mais alto de humidade; **SM3** – limiar máximo de humidade; **TTCS** - limiar de temperatura do stress pelo frio; **THCS** - taxa de acumulação do stress pelo frio; **TTHS** - limiar de temperatura do stress pelo calor; **THHS** - taxa de acumulação do stress pelo calor; **SMDS** - limiar do stress pela secura; **HDS** - taxa de acumulação do stress pela secura; **SMWS** - limiar do stress pela humidade; **HWS** - taxa de acumulação do stress pela humidade; **PDD** – somatório de °C.dia por geração/ constante térmica.

Índice	Parâmetro	1º Cenário	2º Cenário
<b>Temperatura</b>	DV0	12,9 °C	12,9 °C
	DV1	27 °C	27 °C
	DV2	30 °C	30 °C
	DV3	35 °C	35 °C
<b>Humidade</b>	SM0	0,3	0,3
	SM1	0,6	0,6
	SM2	0,7	0,7
	SM3	0,9	0,9
<b>Stress pelo frio</b>	TTCS	-	12 °C
	THCS	-	-0,0001
<b>Stress pelo calor</b>	TTHS	-	36 °C
	THHS	-	0,0001
<b>Stress pela secura</b>	SMDS	-	0,29
	HDS	-	-0,0001
<b>Stress pela humidade</b>	SMWS	-	0,91
	HWS	-	0,0001
-	PDD	416,7 °C.dia	416,7 °C.dia

No segundo cenário, incluiu-se os índices de stress. Consideram-se os dois critérios de parametrização dos índices de stress aplicados em *N. reunioni*. Tal como em *N. reunioni*, utilizou-se o mesmo valor numérico para as taxas de stress (0,0001 ou -0,0001), depois de ser efectuado o processo de ajustamento dos parâmetros (quadro 6).

Simulou-se, também, o efeito das alterações climáticas, para os mesmos cenários estudados em *N. reunioni*.

#### **5.4. Ajustamento dos parâmetros para a interacção entre *Nephus reunioni* e *Cryptolaemus montrouzieri***

Estudou-se, também, os efeitos da interacção entre *N. reunioni* e *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae), espécie predadora de cochonilhas algodão. A hipótese de competição entre estas duas espécies poder condicionar a sua distribuição foi sugerida por Magro (1992, 1997) e Franco et al. (1994). *Cryptolaemus montrouzieri* tem maior fecundidade que *N. reunioni*, dá origem a descendência com maior capacidade de exploração do meio e é mais voraz, necessitando de maior quantidade de alimento para atingir o estado adulto (Magro, 1997). Na Grécia, Michelakis & Hamid (1995) constataram que *C. montrouzieri* reduziu melhor as populações de *P. citri* do que *N. reunioni*. Assim, para *N. reunioni* considerou-se a parametrização utilizada no quarto cenário. Em relação a *C. montrouzieri*, a parametrização foi feita com base em Magro (1992, 1997). No processo de ajustamento dos parâmetros, considerou-se o valor -0,00001 para a taxa de stress pelo frio, de forma a permitir que os resultados do modelo incluíssem a possibilidade de estabelecimento de *C. montrouzieri* na Rússia e Geórgia, países onde a presença deste coccinélido está assinalada (Magro, 1992, 1997). No caso dos índices de stress pelo calor, seca e humidade, utilizaram-se os valores 0,0001, -0,0001 e 0,0001, respectivamente (CSIRO, 2008). Consideram-se, assim, três cenários possíveis para a interacção entre as duas espécies: 1) nenhuma das duas espécies interfere na outra; 2) *C. montrouzieri* interfere negativamente e *N. reunioni* não tem nenhum efeito sobre *C. montrouzieri*; 3) ambas as espécies interferem negativamente, mas o efeito de *C. montrouzieri* sobre o *N. reunioni* é maior do que o inverso (Quadros 7a e 7b).

Também neste caso, se estudou o efeito de alterações climáticas, considerando os mesmos cenários referidos anteriormente.

#### **5.5. Elaboração de mapas**

Depois de efectuados os ajustamentos dos parâmetros para as espécies, exportou-se os mapas resultantes para ArcGIS (ESRI), de forma a permitir melhorar a sua leitura interpretativa. Não foi possível trabalhar todos os mapas no ArcGIS, uma vez que nalguns casos o formato de gravação dos resultados produzidos pelo CLIMEX o não permitiu.

**Quadro 7a** - Valores utilizados para os parâmetros do CLIMEX, com base em três cenários, para a modelação da distribuição potencial, com influência de interacção, entre as espécies *Nephus reunioni*. **DV0** – limiar mínimo de temperatura; **DV1** – valor óptimo mais baixo de temperatura; **DV2** – valor óptimo mais alto de temperatura; **DV3** – limiar máximo de temperatura; **SM0** – limiar mínimo de humidade; **SM1** – valor óptimo mais baixo de humidade; **SM2** – valor óptimo mais alto de humidade; **SM3** – limiar máximo de humidade; **TTCS** - limiar de temperatura do stress pelo frio; **THCS** - taxa de acumulação do stress pelo frio; **TTHS** - limiar de temperatura do stress pelo calor; **THHS** - taxa de acumulação do stress pelo calor; **SMDS** - limiar do stress pela secura; **HDS** - taxa de acumulação do stress pela secura; **SMWS** - limiar do stress pela humidade; **HWS** - taxa de acumulação do stress pela humidade; **PDD** – somatório de °C.dia por geração/ constante térmica; **SIP0<sub>(1,2)</sub>** – Parâmetro das espécies (1 e 2, respectivamente) em interacção.

Índice	Parâmetro	1º Cenário	2º Cenário	3º Cenário
<b>Temperatura</b>	DV0	11,9 °C	11,9 °C	11,9 °C
	DV1	20 °C	20 °C	20 °C
	DV2	30 °C	30 °C	30 °C
	DV3	40,7 °C	40,7 °C	40,7 °C
<b>Humidade</b>	SM0	0,1	0,1	0,1
	SM1	0,45	0,45	0,45
	SM2	0,65	0,65	0,65
	SM3	0,95	0,95	0,95
<b>Stress pelo frio</b>	TTCS	14,8 °C	14,8 °C	14,8 °C
	THCS	-0,0001	-0,0001	-0,0001
<b>Stress pelo calor</b>	TTHS	35,6 °C	35,6 °C	35,6 °C
	THHS	0,0001	0,0001	0,0001
<b>Stress pela secura</b>	SMDS	0,28	0,28	0,28
	HDS	-0,0001	-0,0001	-0,0001
<b>Stress pela humidade</b>	SMWS	0,82	0,82	0,82
	HWS	0,0001	0,0001	0,0001
<b>Biótico</b>	SIP0 <sub>1</sub>	0	-3	-3
-	PDD	469,5 °C.dia	469,5 °C.dia	469,5 °C.dia

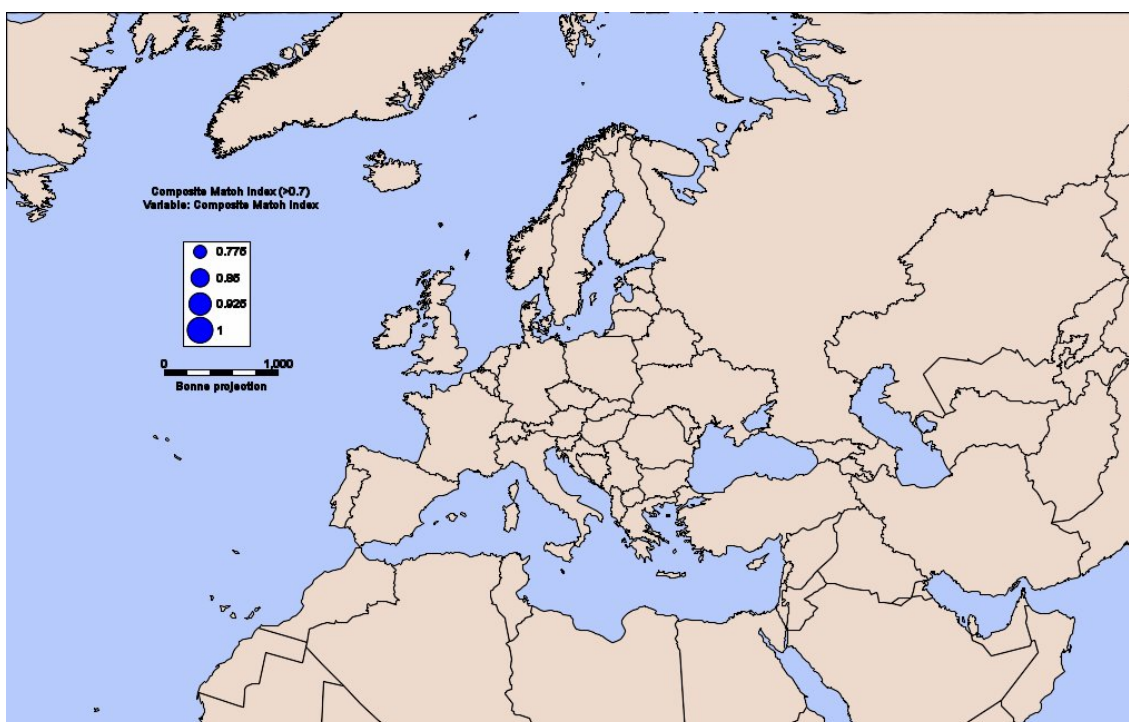
**Quadro 7b** - Valores utilizados para os parâmetros do CLIMEX, com base em três cenários, para a modelação da distribuição potencial, com influência de interacção, entre as espécies *Cryptolaemus montrouzieri*.

Índice	Parâmetro	1º Cenário	2º Cenário	3º Cenário
<b>Temperatura</b>	DV0	10 °C	10 °C	10 °C
	DV1	20 °C	20 °C	20 °C
	DV2	30 °C	30 °C	30 °C
	DV3	40 °C	40 °C	40 °C
<b>Humidade</b>	SM0	0,4	0,4	0,4
	SM1	0,7	0,7	0,7
	SM2	0,8	0,8	0,8
	SM3	0,9	0,9	0,9
<b>Stress pelo frio</b>	TTCS	15 °C	15 °C	15 °C
	THCS	-0,00001	-0,00001	-0,00001
<b>Stress pelo calor</b>	TTHS	35 °C	35 °C	35 °C
	THHS	0,0001	0,0001	0,0001
<b>Stress pela secura</b>	SMDS	0,45	0,45	0,45
	HDS	-0,0001	-0,0001	-0,0001
<b>Stress pela humida</b>	SMWS	0,85	0,85	0,85
	HWS	0,0001	0,0001	0,0001
<b>Biótico</b>	SIP0 <sub>2</sub>	0	0	-1
-	PDD	486,6 °C.dia	486,6 °C.dia	486,6 °C.dia

## 6. Resultados

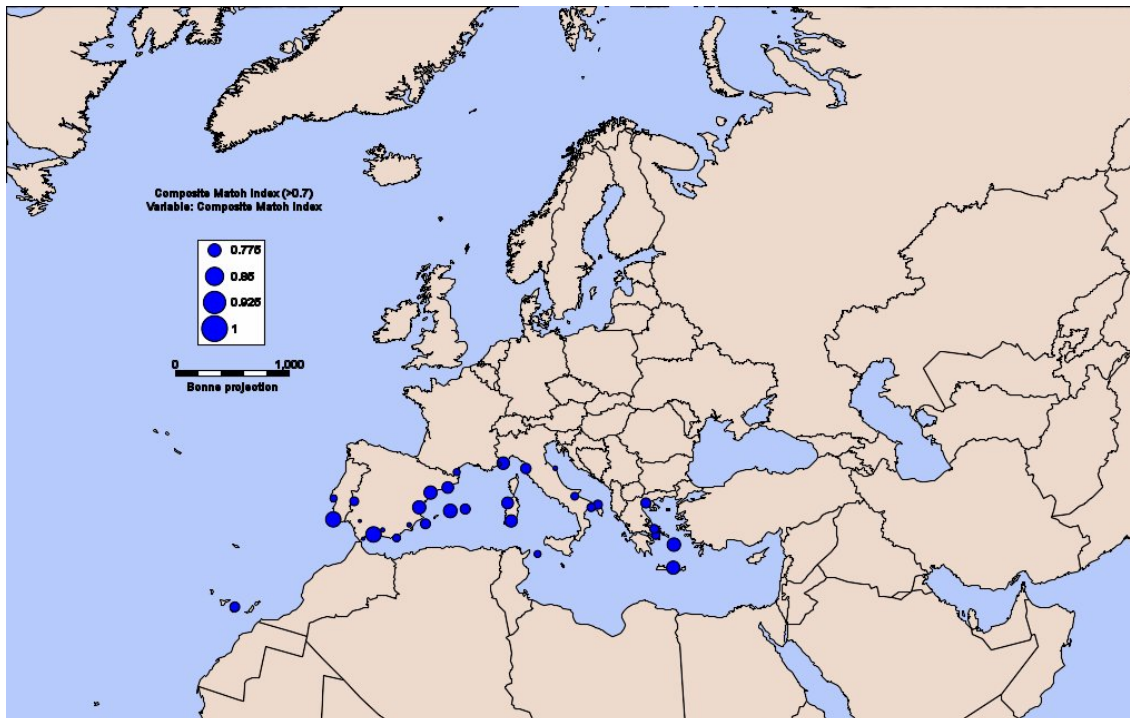
### 6.1. ‘Comparação Climática’ entre Europa e região de origem de *Nephus reunioni*

A Europa não apresenta afinidades climáticas com a ilha de Madagáscar, segundo o processo de comparação climática usado pelo CLIMEX (Fig. 11).



**Figura 11** - Comparação climática entre a Europa e a Ilha de Madagáscar: os círculos azuis (CMI) indicariam a existência de afinidade climática entre as regiões.

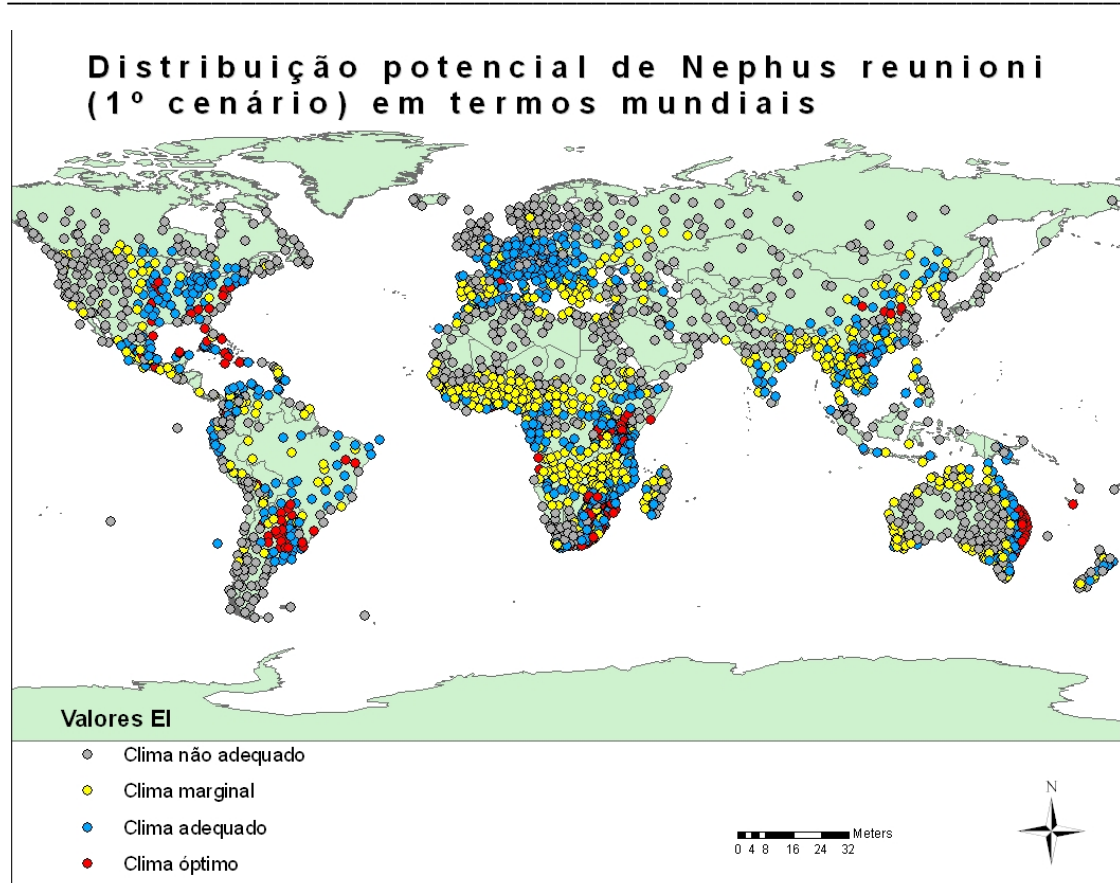
Já no que respeita à comparação efectuada em relação à África do Sul, o CLIMEX mostrou existir afinidades climáticas com o Sul da Europa (Fig. 12). Os países que apresentaram registos de CMI iguais ou superiores a 70% foram a Bulgária, Croácia, França, Grécia, Itália, Mónaco, Portugal e Espanha. Em Portugal, Lagos foi o local com maior CMI (80%), seguido por Évora e Lisboa, ambas com CMI=70% (Anexo 1).



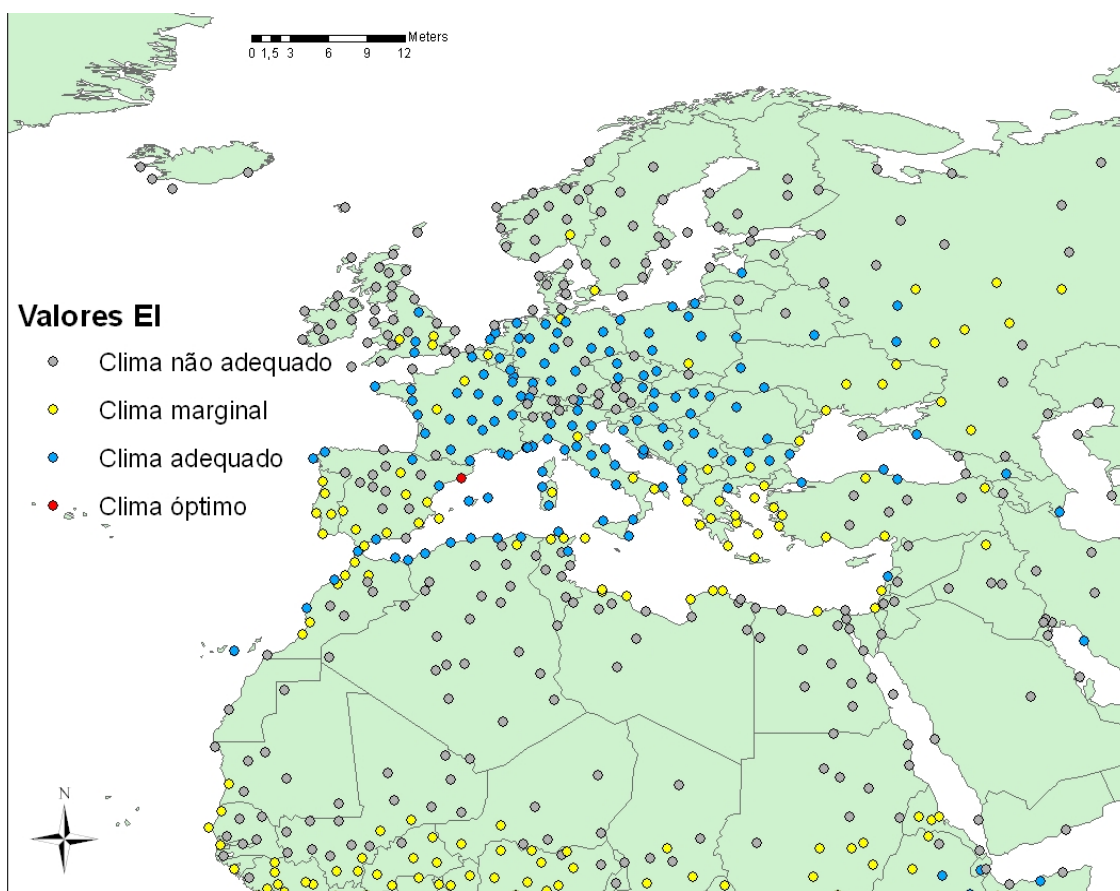
**Figura 12** - Comparação climática entre a Europa e a África do Sul: a área dos círculos azuis é proporcional aos valores de CMI.

## 6.2. Distribuição potencial de *Nephus reunioni*

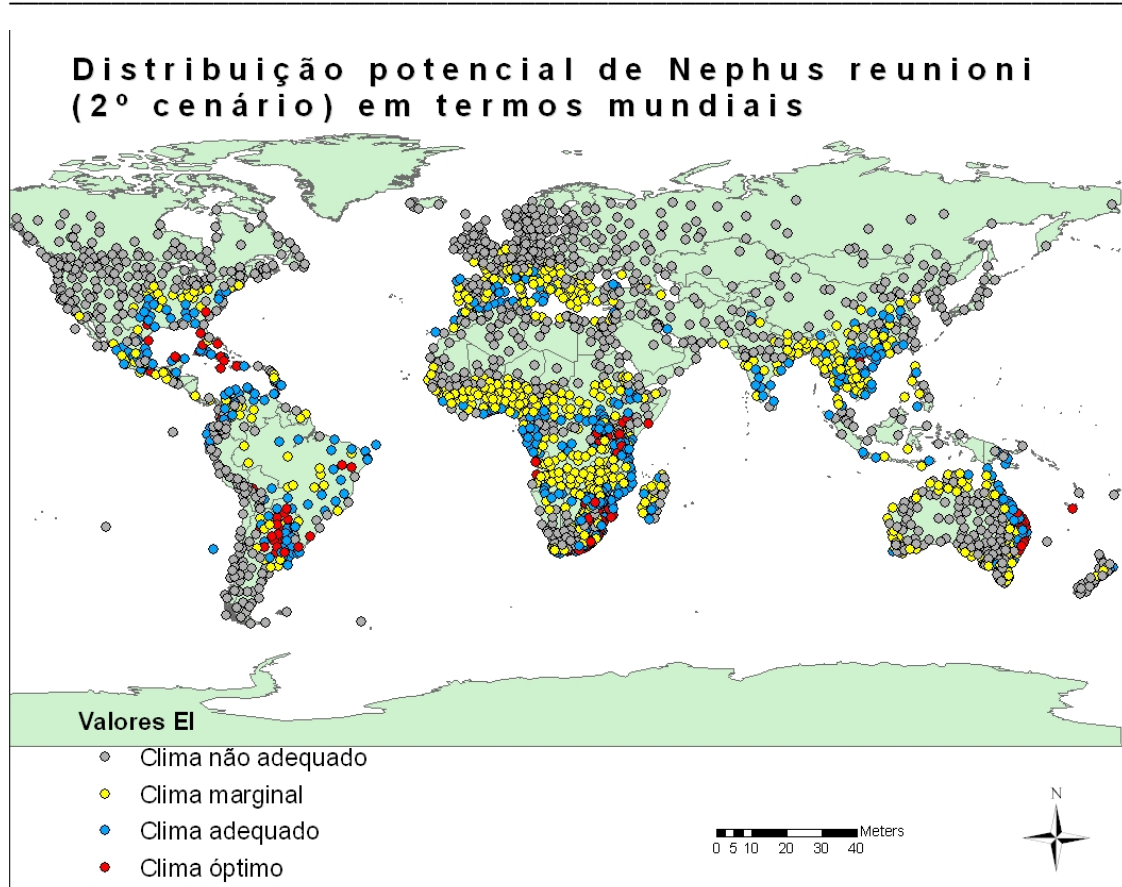
No processo de ajustamento dos parâmetros de *Nephus reunioni*, nos quatro cenários considerados, constatou-se que a distribuição potencial foi diminuindo à medida que se aplicavam valores de stress mais restritivos (Figs. 13 a 20). A distribuição obtida no quarto cenário revelou-se ser a mais consistente, na medida em que revelou valores de EI mais elevados em Madagáscar e África do Sul, as regiões de origem da espécie, tal como seria de esperar. Por outro lado, verificou-se que Portugal apresentava, em geral, clima marginal para a espécie ( $5 < EI < 10$ ), com exceção da Região Norte (Bragança e Porto), que registou valores não adequados ( $EI < 5$ ). O modelo indicou que as zonas de Lagos, Coimbra e Évora possuem condições climáticas marginais para *N. reunioni*. Lisboa aparenta ser uma zona climaticamente adequada ( $10 < EI < 20$ ), tendo apresentado o maior valor de EI registado no país. Na Europa, os países que registaram valores de EI correspondentes a clima adequado foram a Albânia, Croácia, Itália, Grécia, França, Mónaco e Espanha. Em Espanha, Barcelona e Las Palmas surgem como zonas de clima óptimo ( $EI > 20$ ), para *N. reunioni* (Anexo 2, Fig. 20).



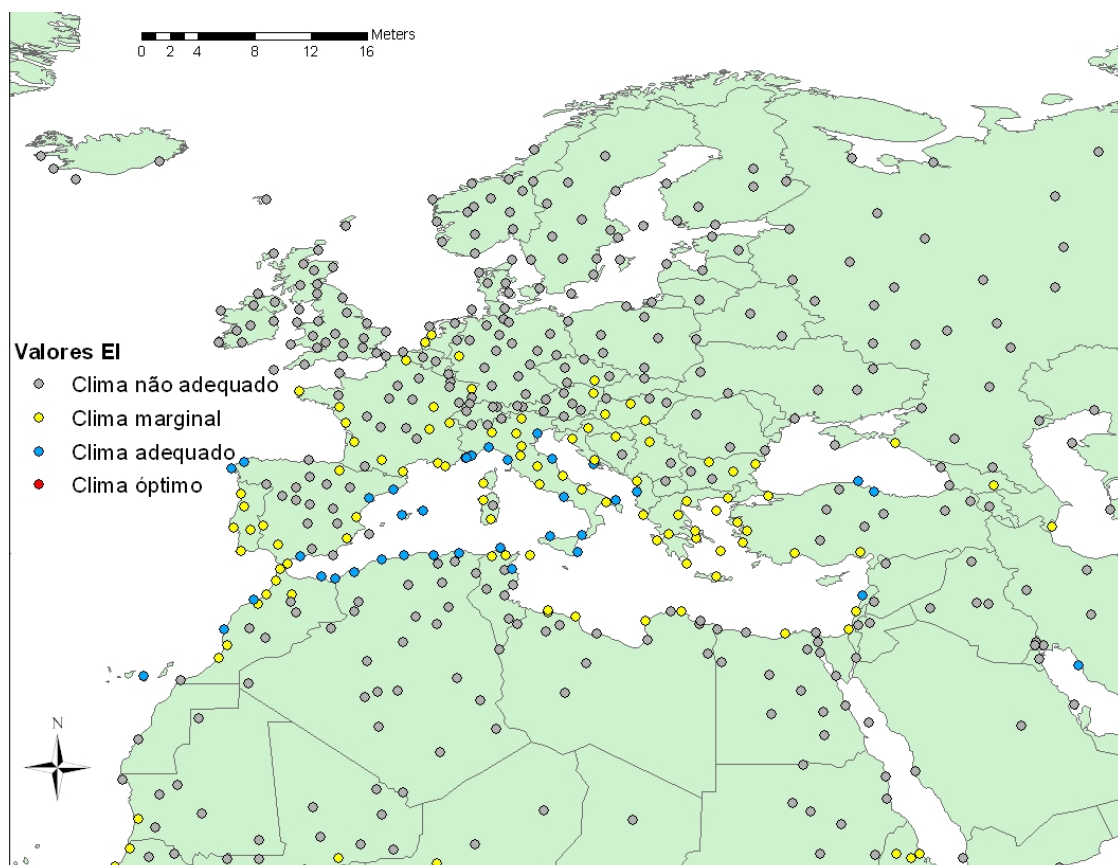
**Figura 13** - Distribuição potencial de *Nephus reunioni* em termos mundiais (1º cenário).



**Figura 14** - Distribuição potencial de *Nephus reunioni* na Europa (1º cenário).



**Figura 15** - Distribuição potencial de *Nephus reunioni* em termos mundiais (2º cenário).



**Figura 16** - Distribuição potencial de *Nephus reunioni* na Europa (2º cenário).

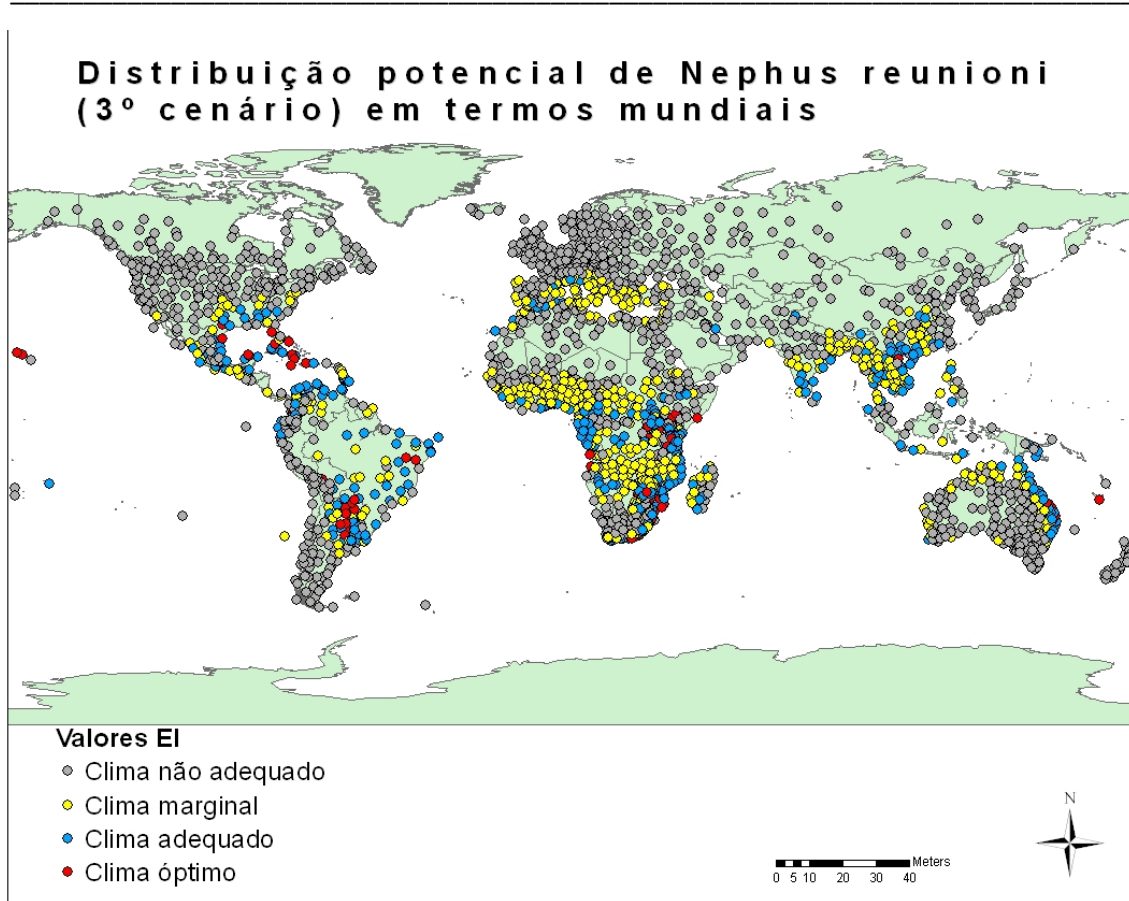


Figura 17 - Distribuição potencial de *Nephus reunioni* em termos mundiais (3º cenário).

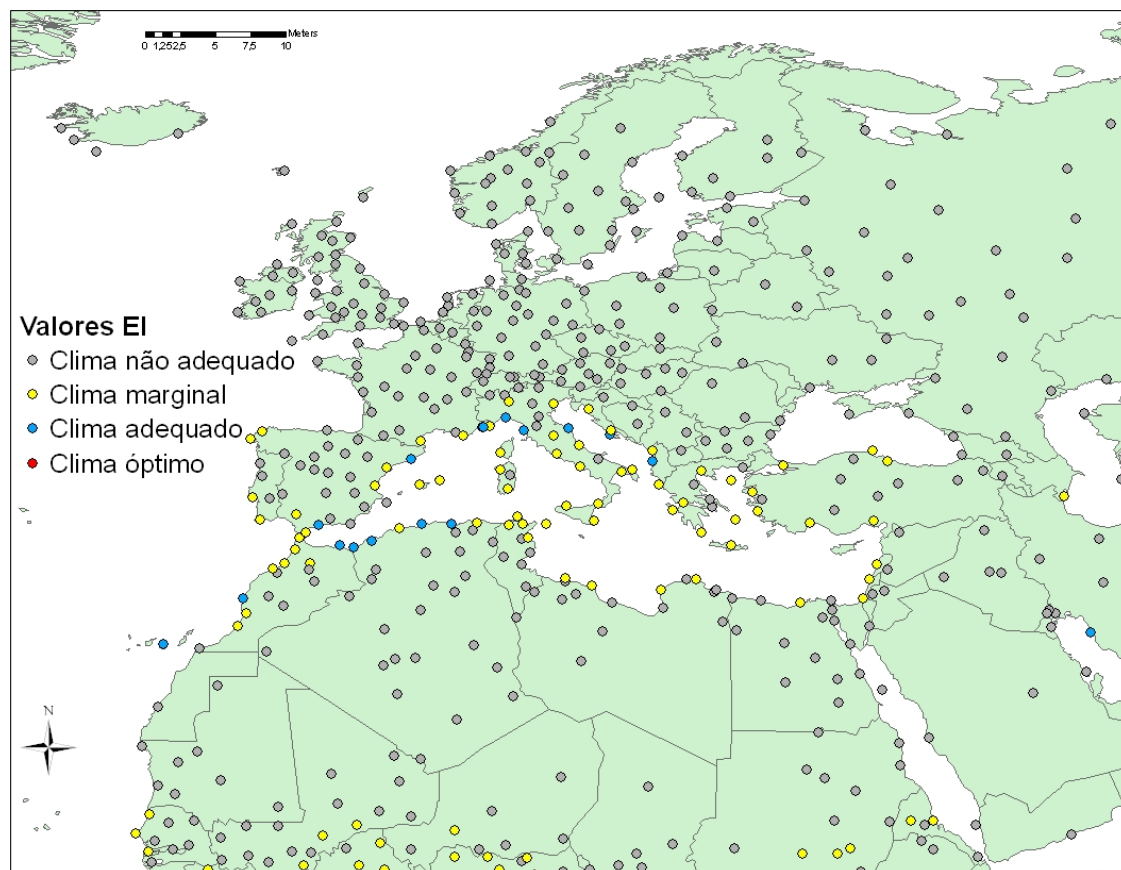
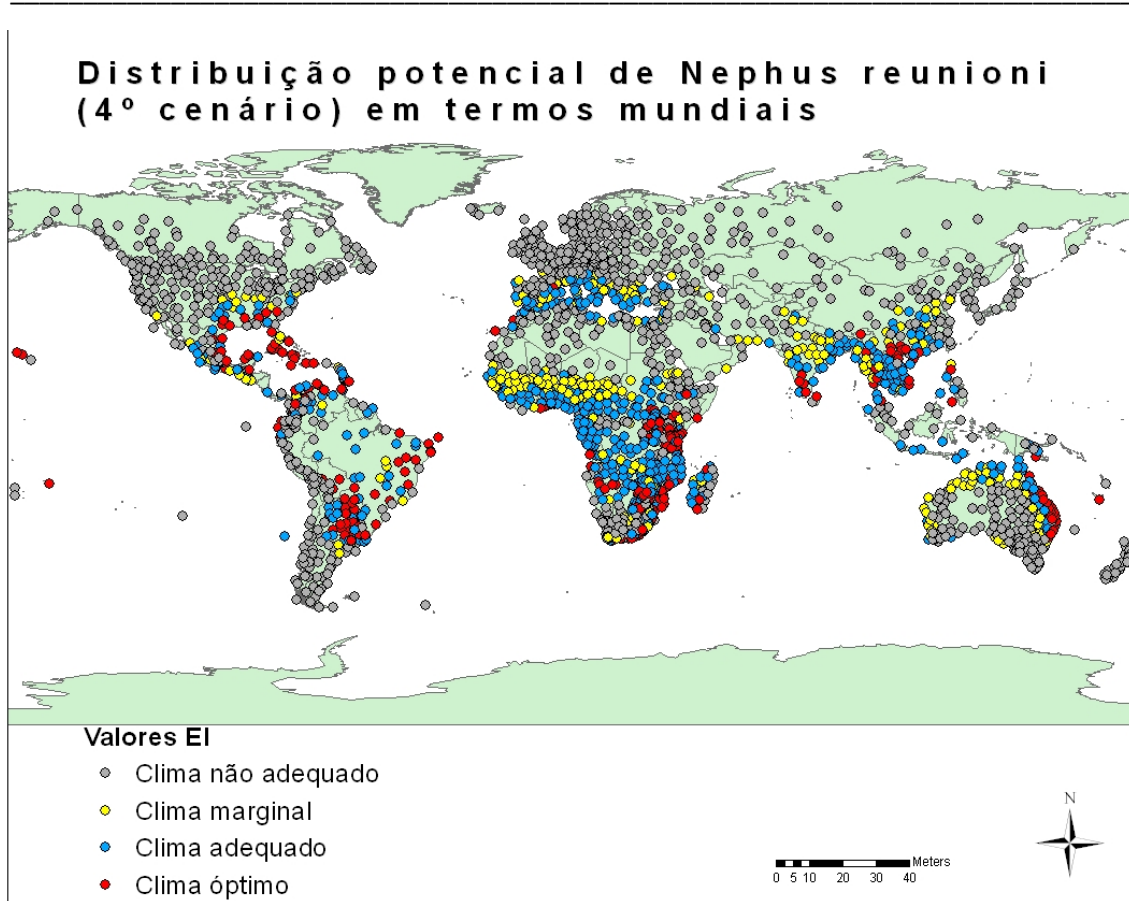
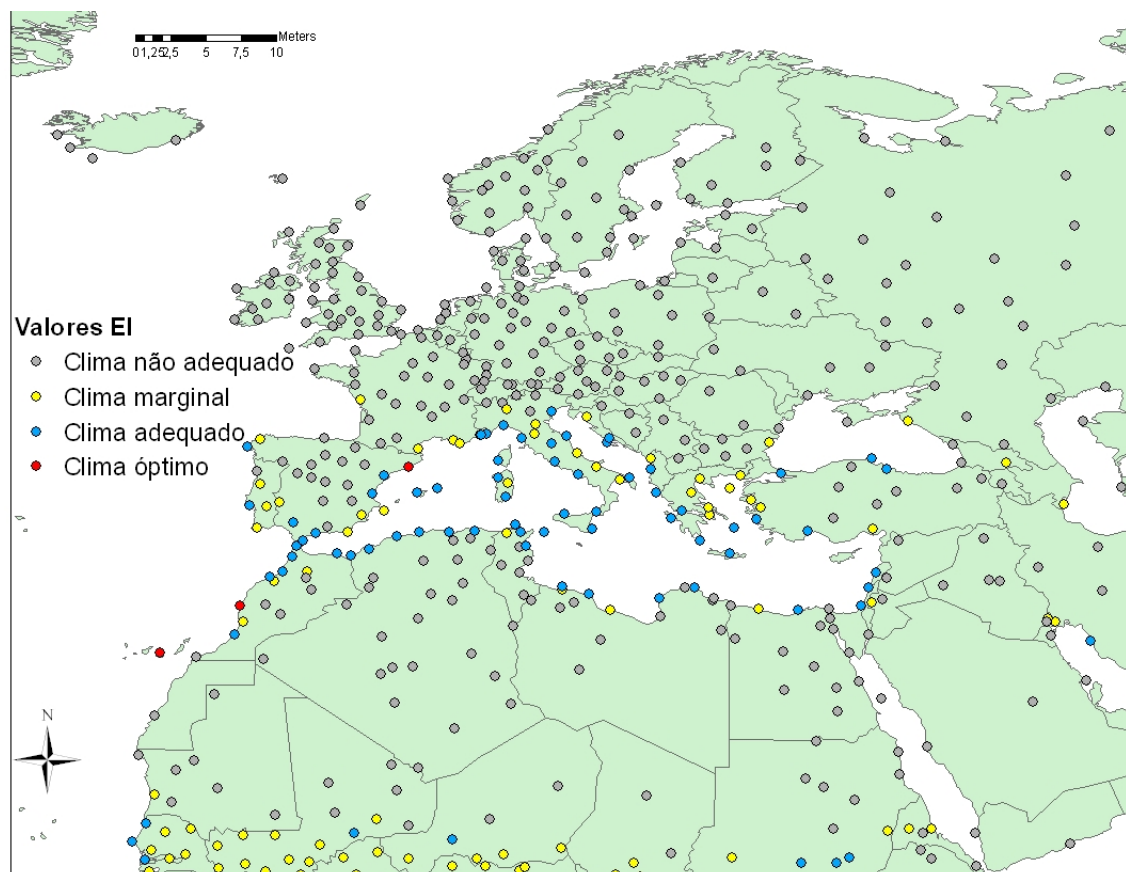


Figura 18 - Distribuição potencial de *Nephus reunioni* na Europa (3º cenário).

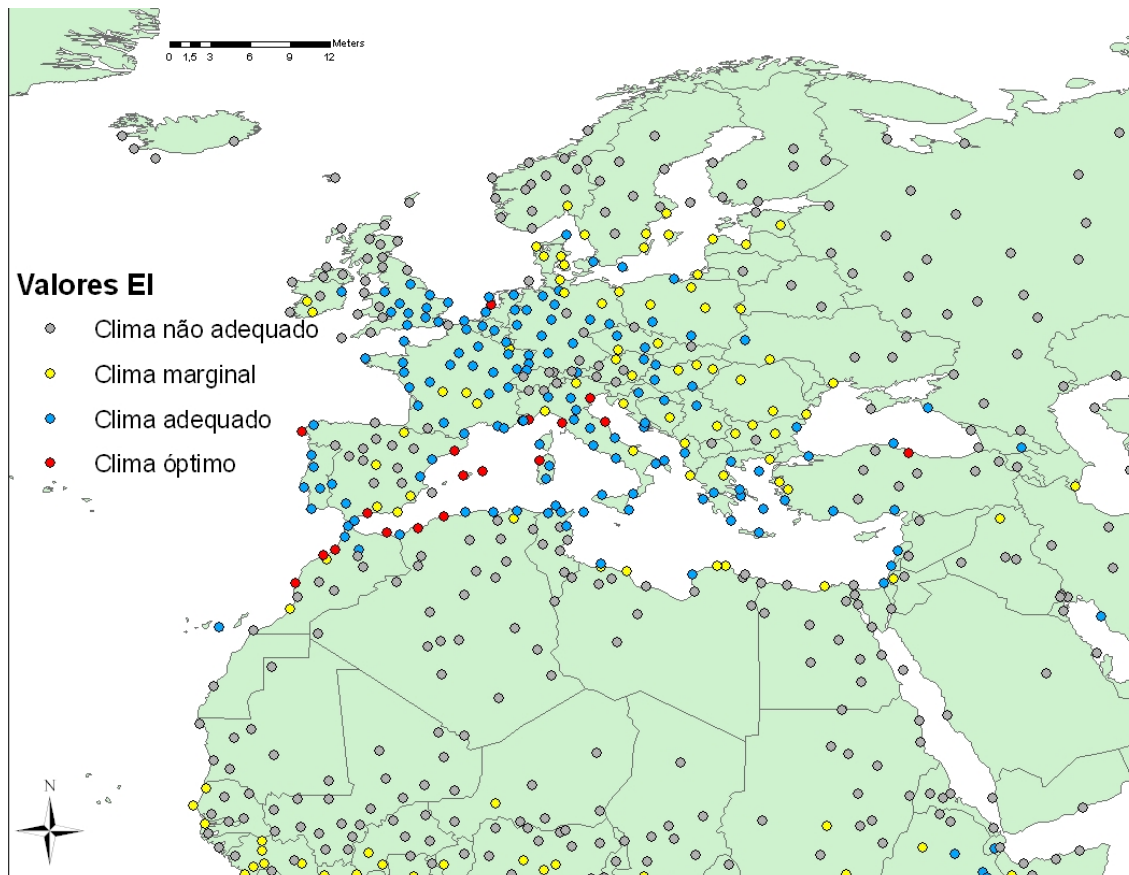


**Figura 19** - Distribuição potencial de *Nephus reunioni* em termos mundiais (4º cenário).

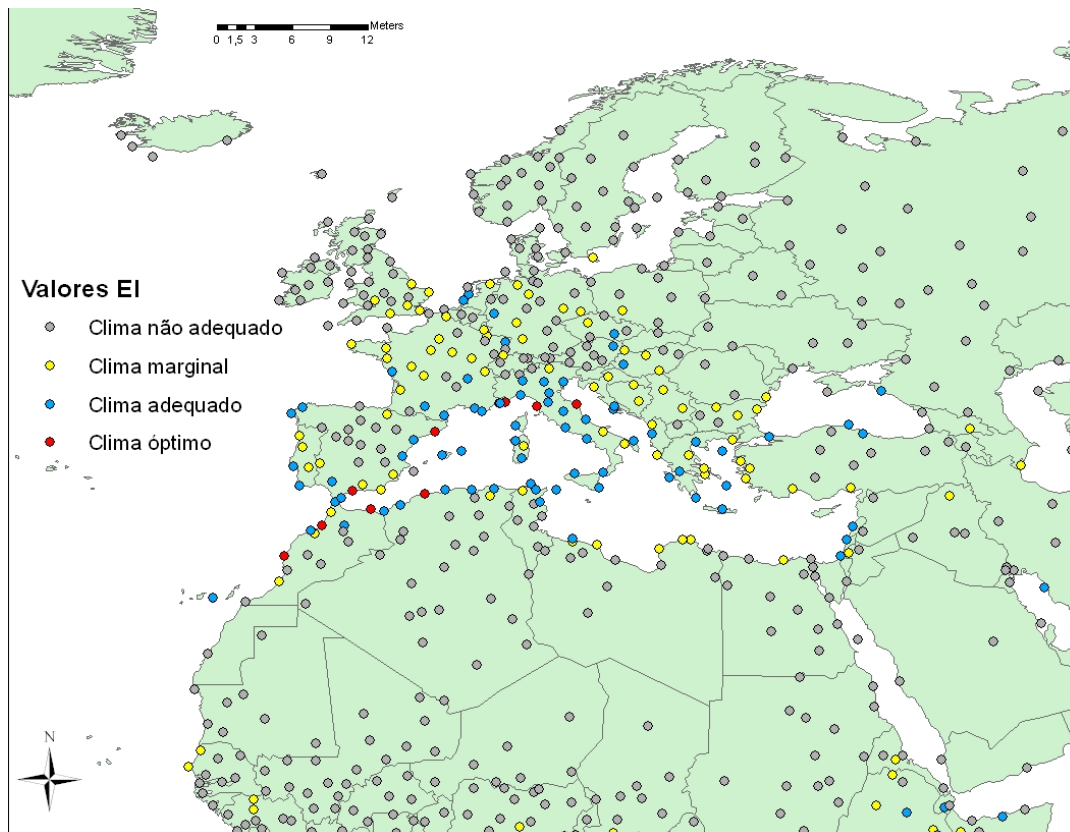


**Figura 20** - Distribuição potencial de *Nephus reunioni* na Europa (4º cenário).

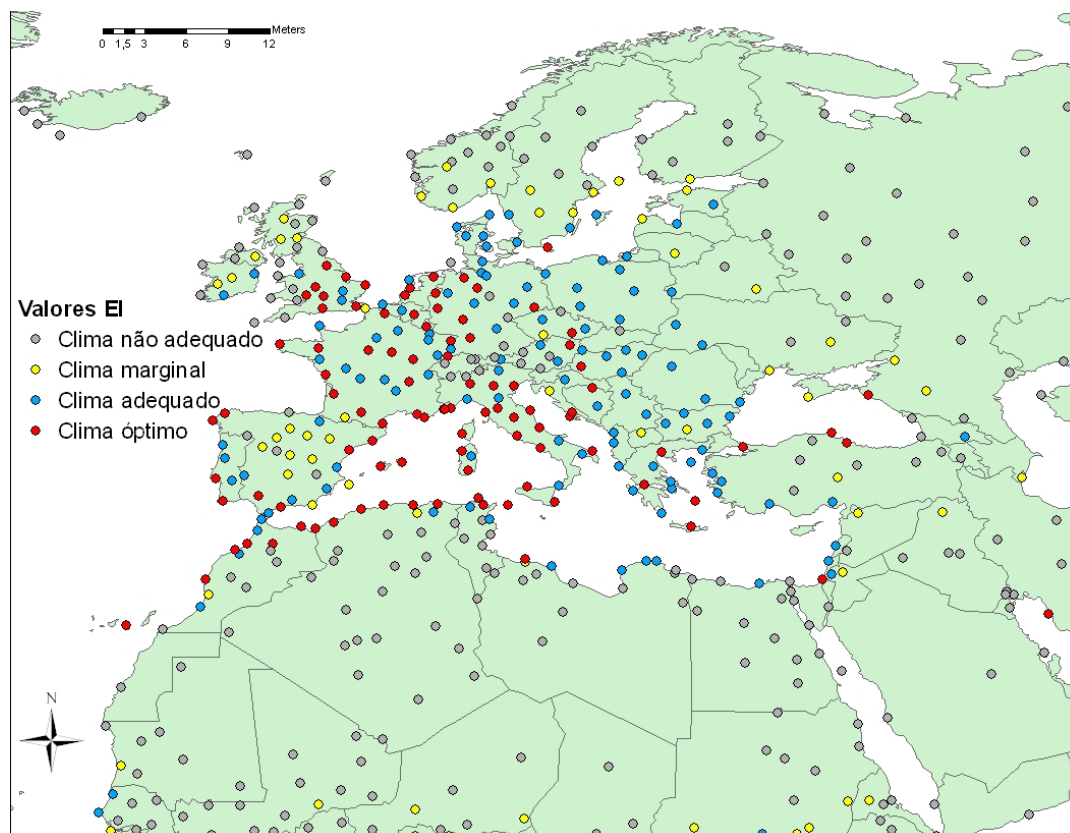
Relativamente aos dois cenários de alterações climáticas, o CLIMEX prevê a expansão para norte da área de distribuição potencial de *N. reunioni* na Europa, nomeadamente até ao Sul da Noruega e Dinamarca (Figs. 21 a 24).



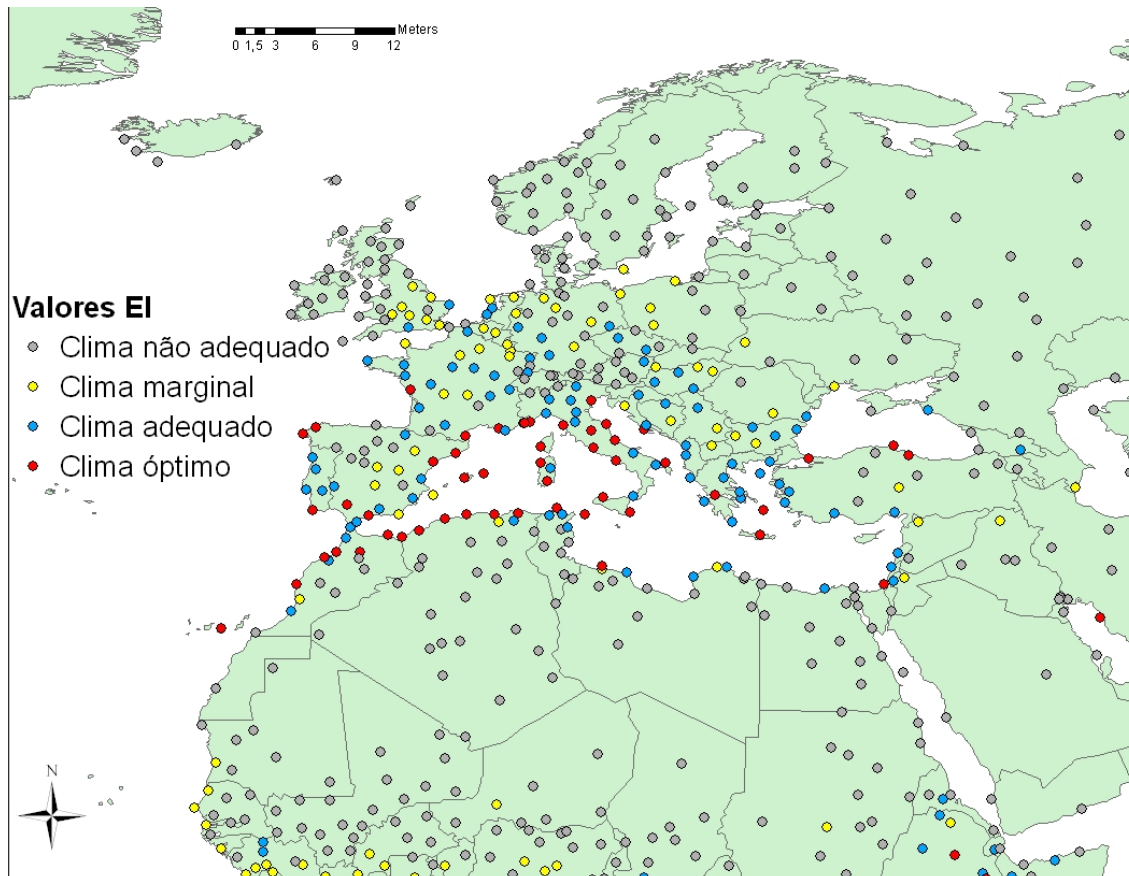
**Figura 21** - Distribuição potencial de *Nephus reunioni* na Europa para um cenário de alterações climáticas correspondente a um aumento de temperatura de 0,1°C por grau de latitude (3º cenário).



**Figura 22** - Distribuição potencial de *Nephus reunioni* na Europa para um cenário de alterações climáticas correspondente a um aumento de 3° C (3º cenário).



**Figura 23** - Distribuição potencial de *Nephus reunioni* na Europa para um cenário de alterações climáticas correspondente a um aumento de temperatura de 0,1°C por grau de latitude (4º cenário).

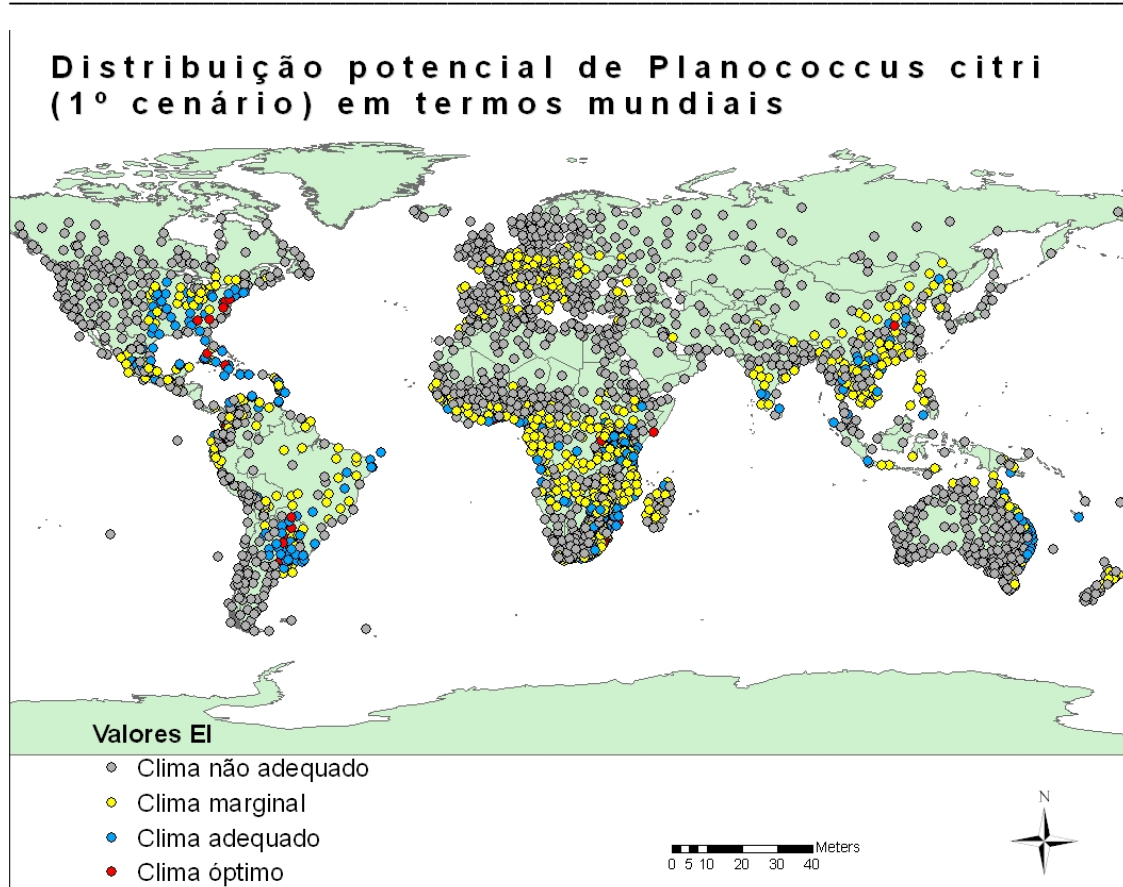


**Figura 24** - Distribuição potencial de *Nephus reunioni* na Europa para um cenário de alterações climáticas correspondente a um aumento de temperatura de 3°C (4º cenário).

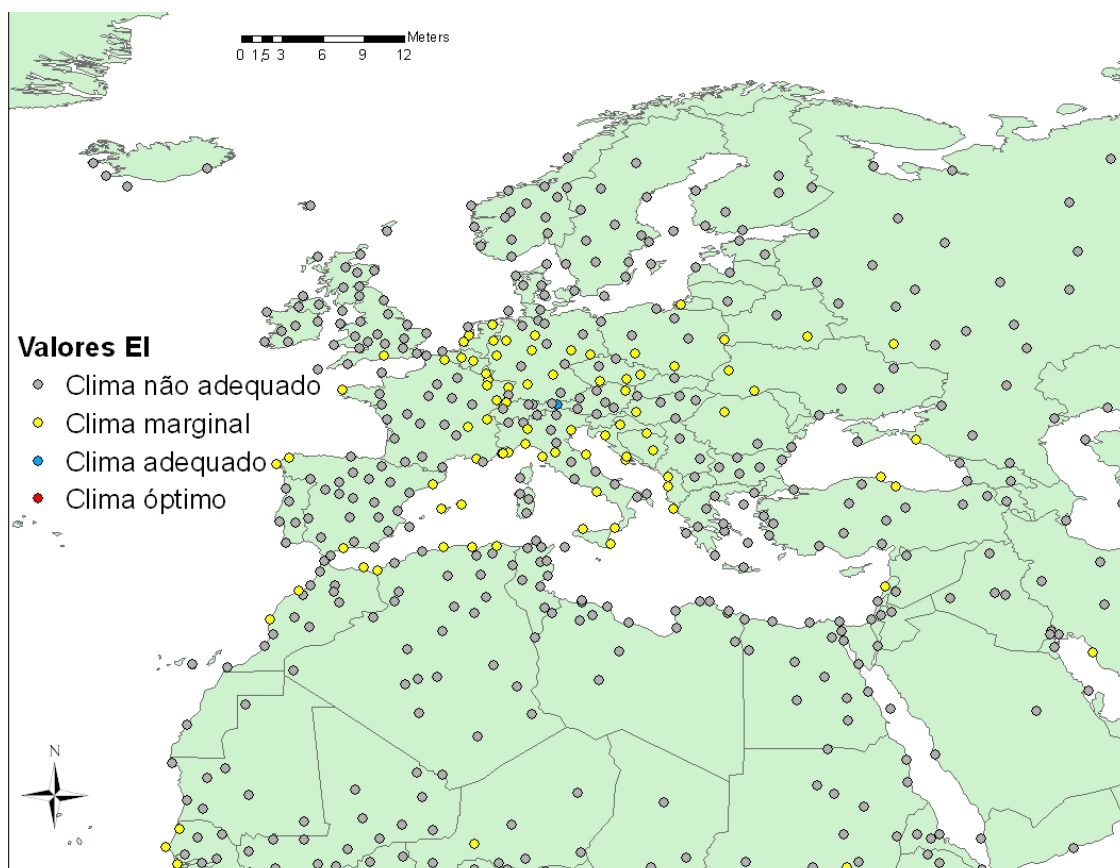
De acordo com estes cenários, Croácia, França, Itália, Mônaco, Grécia, Espanha e Portugal passariam a apresentar condições climáticas ótimas para a espécie.

### 6.3. Distribuição potencial de *Planococcus citri*

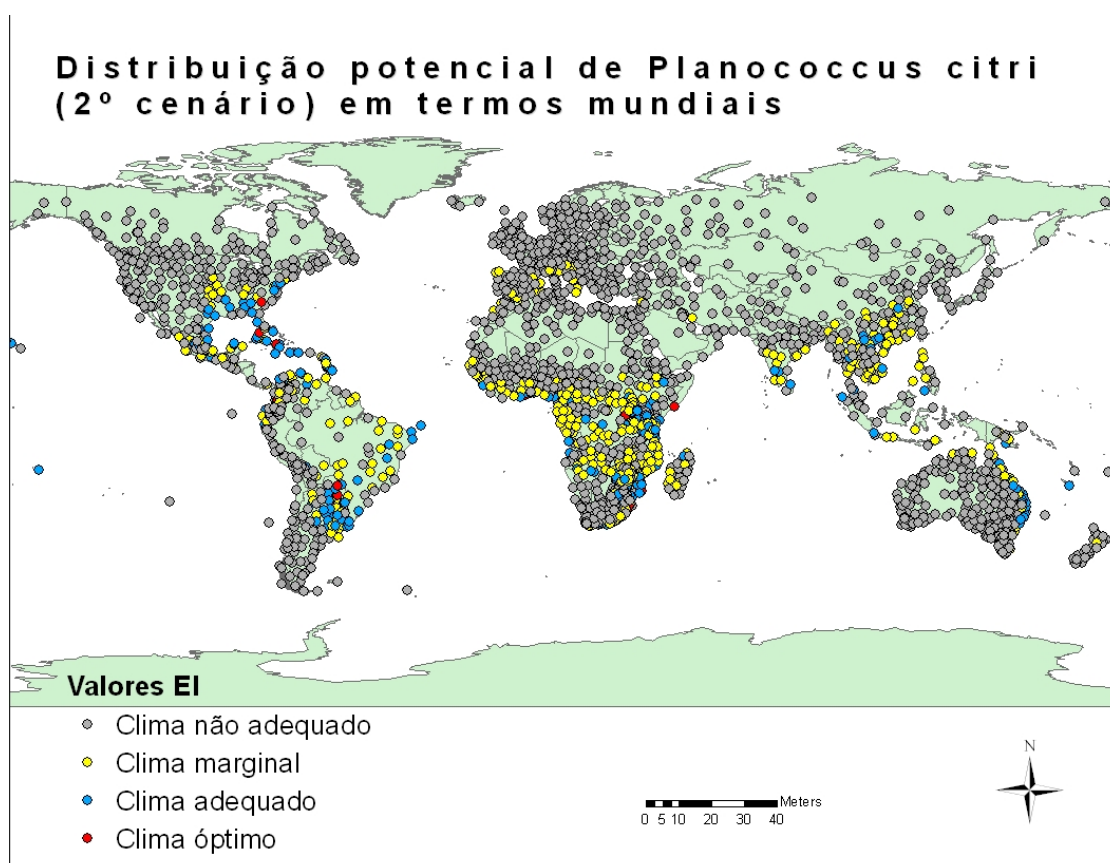
A distribuição potencial de *P. citri*, no cenário correspondente a condições sem stress, é maior do que no cenário com stress, sendo mais restritiva do que a de *N. reunioni* (ver figuras 25 a 30). O CLIMEX indicou a não adequabilidade climática ( $EI < 5$ ) de Portugal relativamente a esta cochonilha, nos dois cenários estudados. Nos cenários das alterações climáticas, os valores de EI sobem, em especial em Lagos, para valores marginais ( $5 < EI < 10$ ), no cenário +3 °C, e para valores adequados ( $10 < EI < 20$ ), no cenário de +0,1°C por grau de latitude. Verifica-se, também, grande probabilidade de expansão a zonas mais a norte da Europa (Figs. 31 a 32).



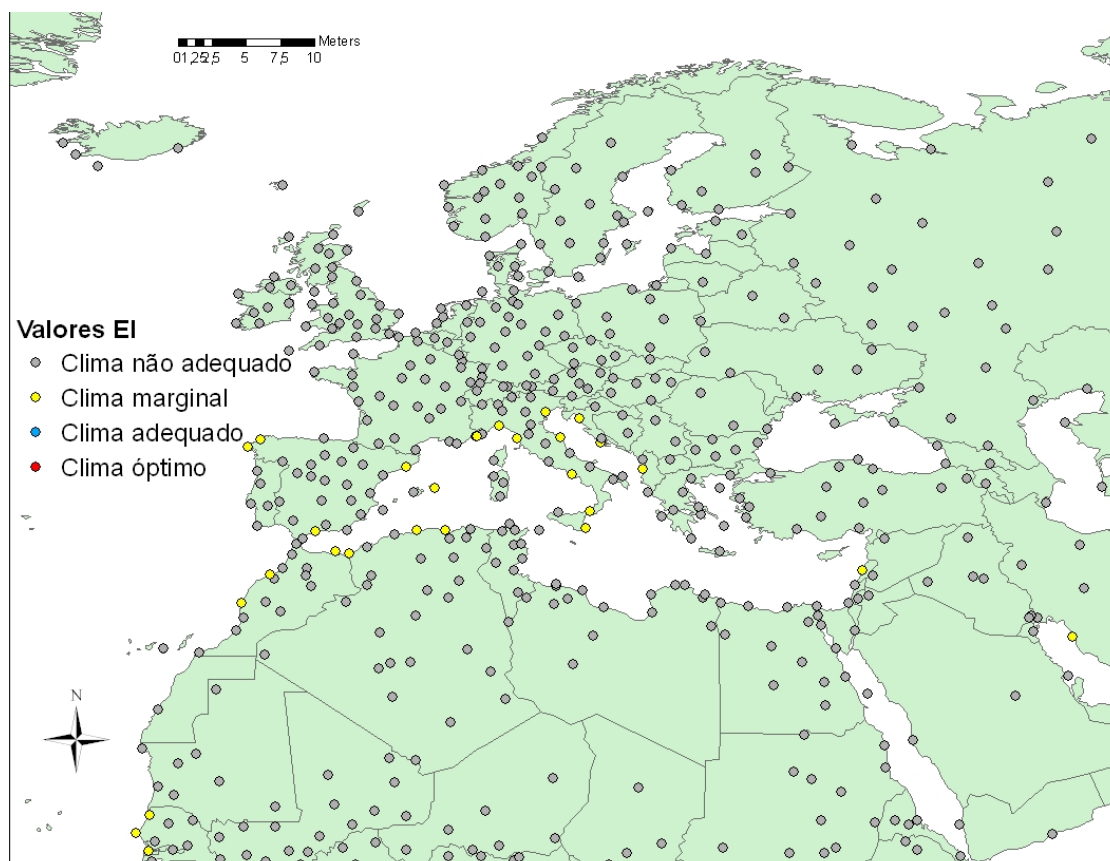
**Figura 25** - Distribuição potencial de *Planococcus citri* em termos mundiais (1º cenário).



**Figura 26** - Distribuição potencial de *Planococcus citri* na Europa (1º cenário).



**Figura 27** - Distribuição potencial de *Planococcus citri* em termos mundiais (2º cenário).



**Figura 28** - Distribuição potencial de *Planococcus citri* na Europa (2º cenário).

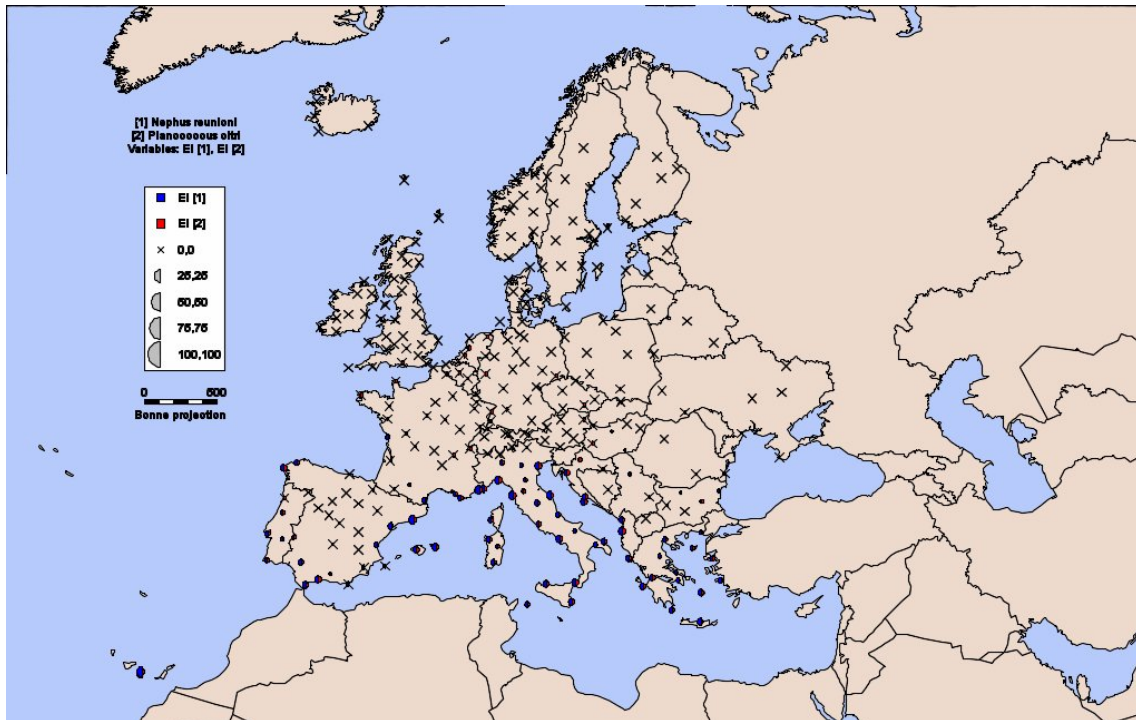


Figura 29 - Distribuições potenciais de *Nephus reunioni* (3º cenário) e *Planococcus citri* na Europa.

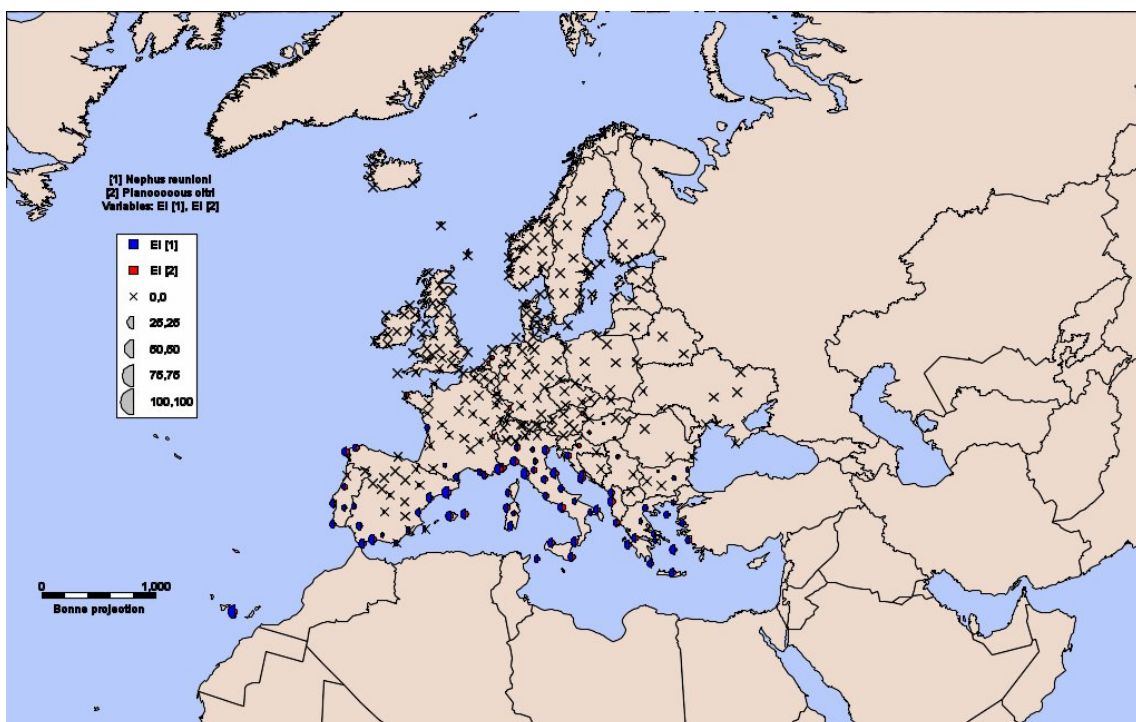
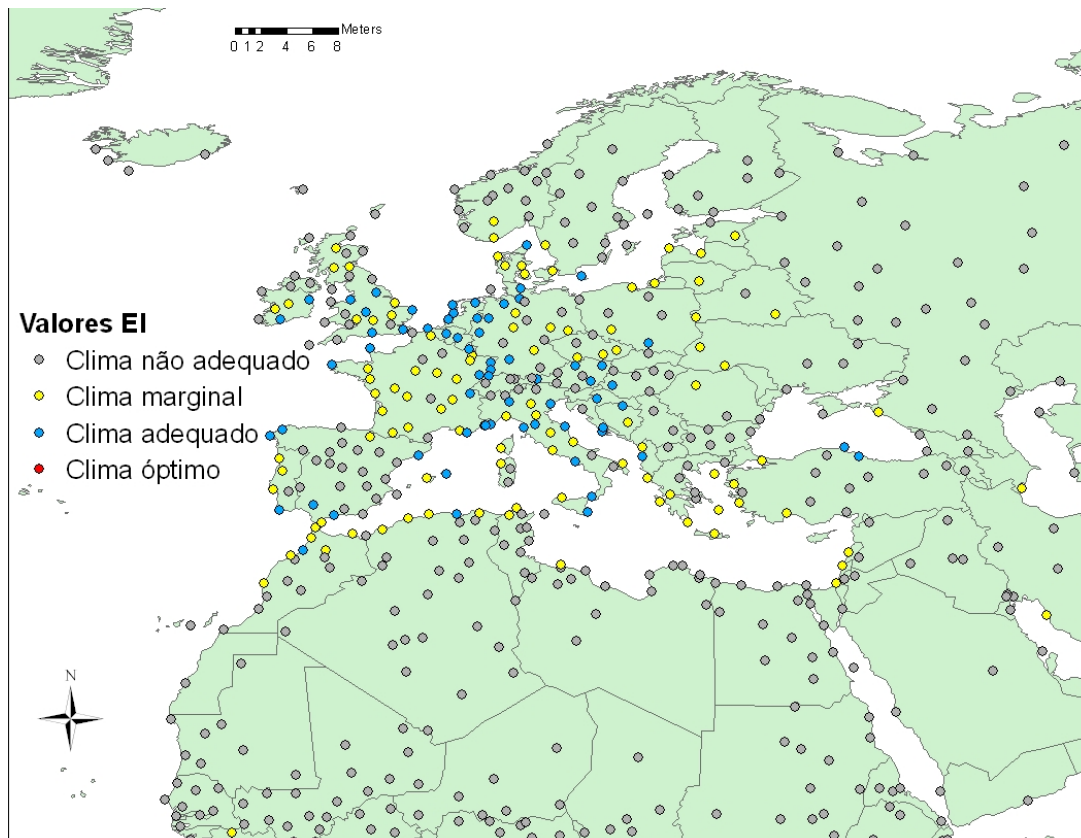
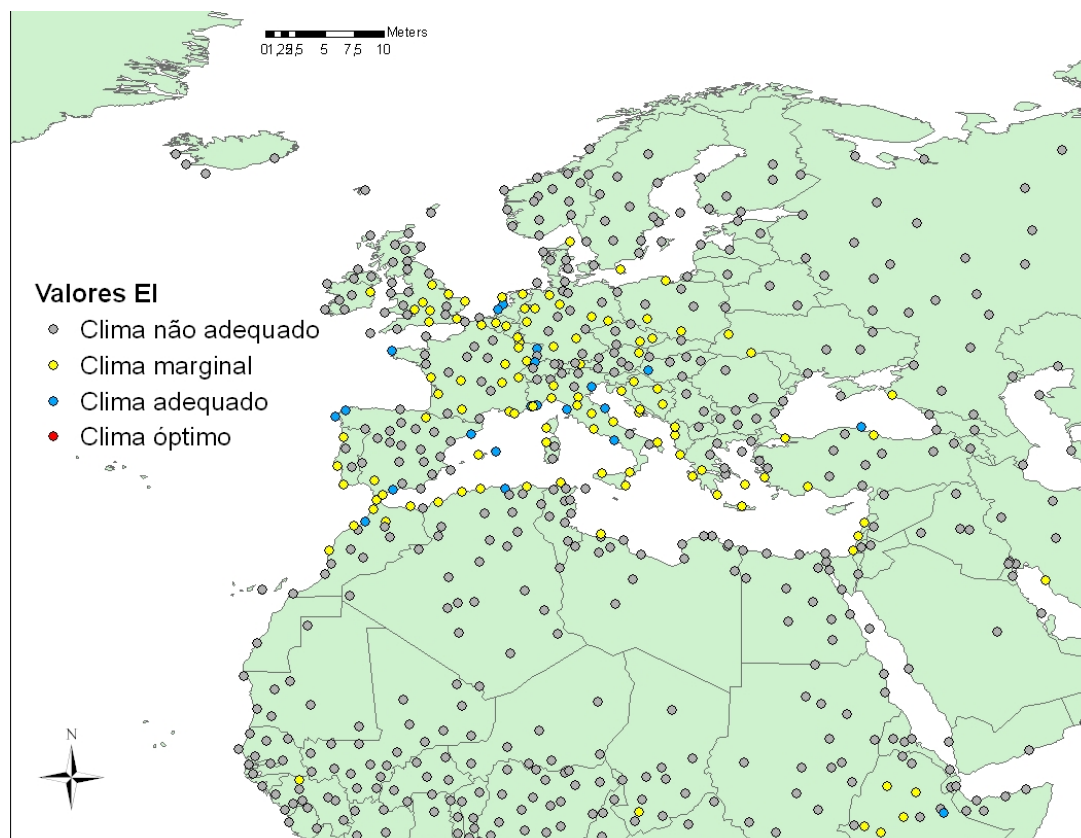


Figura 30 - Distribuições potenciais de *Nephus reunioni* (4º cenário) e *Planococcus citri* na Europa.



**Figura 31** - Distribuição potencial de *Planococcus citri* na Europa em condições de alterações climáticas correspondentes a um aumento de temperatura de 0,1°C por grau de latitude (2º cenário).



**Figura 32** - Distribuição potencial de *Planococcus citri* na Europa em condições de alterações climáticas correspondentes a um aumento de temperatura de 3 °C (2º cenário).

#### 6.4. Distribuição potencial de *Nephus reunioni* em interacção com *Cryptolaemus montrouzieri*

Em relação à interacção entre *N. reunioni* e *C. montrouzieri*, constatou-se, nos três cenários estudados que *N. reunioni* apresentava valores de EI marginais ( $5 < EI < 10$ ) e que *C. montrouzieri* apresenta valores não adequados ( $EI < 5$ ) em Portugal (Figs. 33, 36 e 39). Tal, explica-se, possivelmente, pela grande plasticidade ecológica de *N. reunioni* e/ou também pela utilização de parâmetros menos apropriados para *C. montrouzieri*, a par do que aconteceu para *P. citri*. Nos três cenários de alterações climáticas, a espécie *N. reunioni* é, aparentemente, favorecida em detrimento de *C. montrouzieri*, os valores de EI de *N. reunioni* sobem para níveis adequados ( $10 < EI < 20$ ) e os de *C. montrouzieri* mantêm-se inalterados (Figs. 34 a 35; 37 a 38; e 40 a 41). Contudo, nas regiões do Norte da Europa observa-se prevalência de *C. montrouzieri*, em detrimento de *N. reunioni*, o que pode resultar de *C. montrouzieri* ser fisiologicamente mais resistente ao stress pelo frio, comparado com *N. reunioni*.

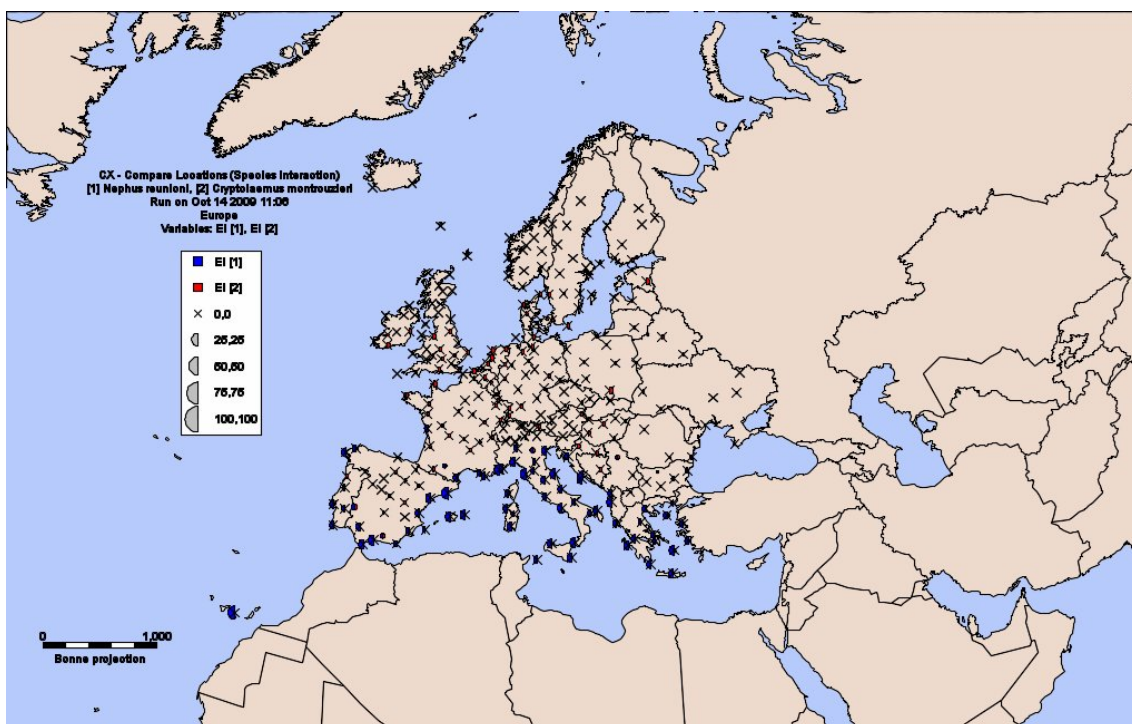


Figura 33 - Distribuições potenciais da interacção entre as espécies *Nephus reunioni* e *Cryptolaemus montrouzieri* na Europa (1º cenário).

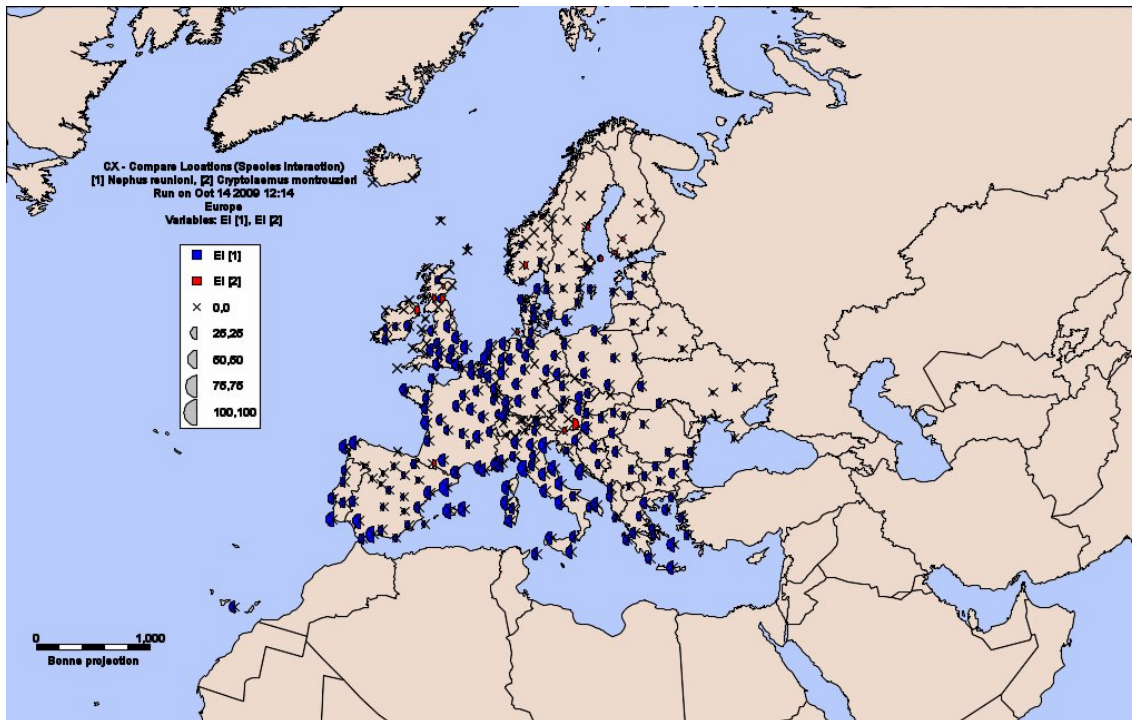


Figura 34 - Distribuições potenciais da interação entre as espécies *Nephus reunioni* e *Cryptolaemus montrouzieri* na Europa (1º cenário) com impacto de alterações climáticas 0,1°C por grau de latitude.

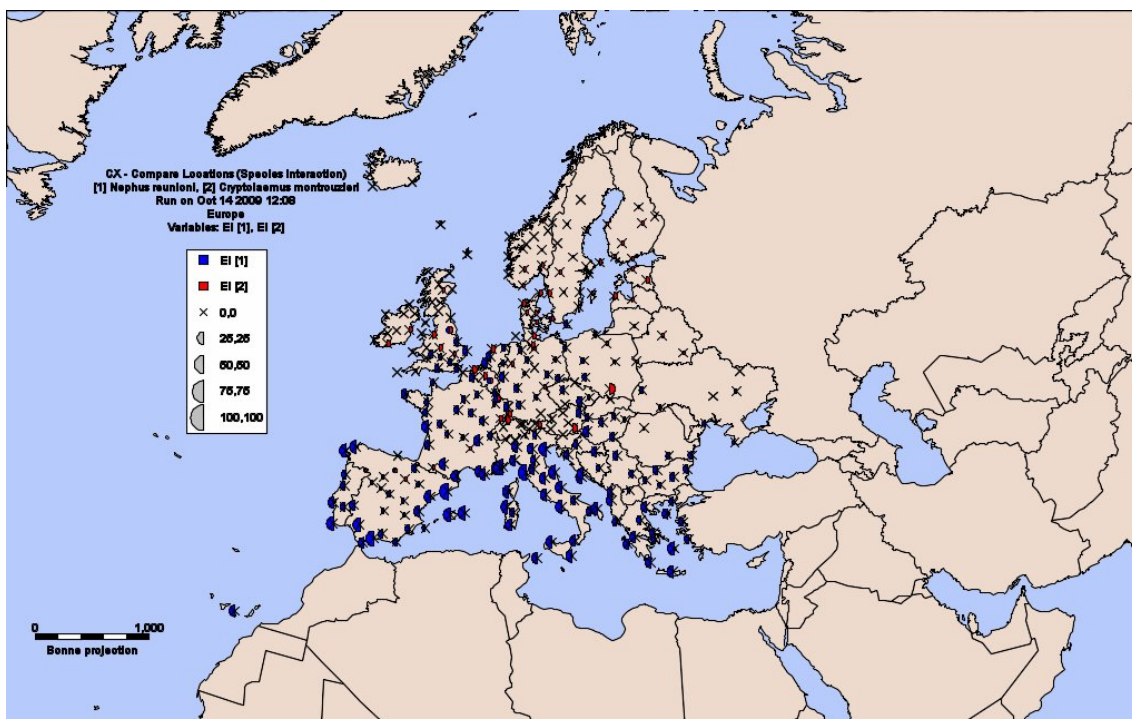


Figura 35 - Distribuições potenciais da interação entre as espécies *Nephus reunioni* e *Cryptolaemus montrouzieri* na Europa (1º cenário) com impacto de alterações climáticas +3 graus de temperatura.

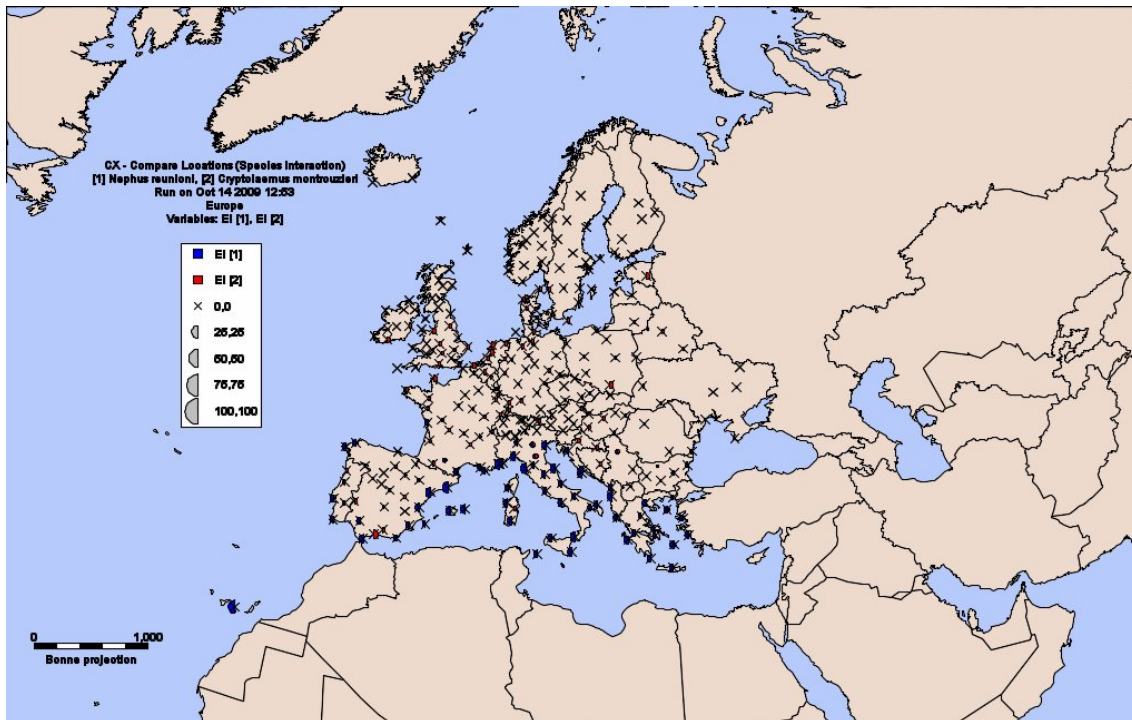


Figura 36 - Distribuições potenciais da interacção entre as espécies *Nephus reunioni* e *Cryptolaemus montrouzieri* na Europa (2º cenário).

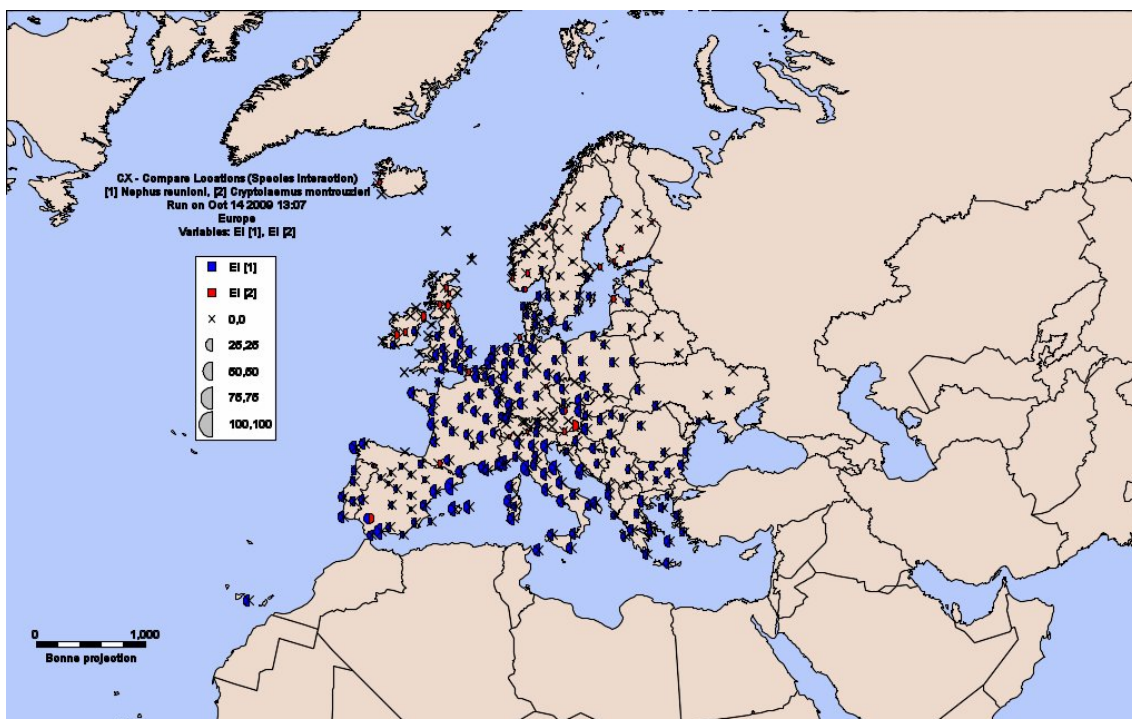


Figura 37 - Distribuições potenciais da interacção entre as espécies *Nephus reunioni* e *Cryptolaemus montrouzieri* na Europa (2º cenário) com impacto de alterações climáticas 0,1°C por grau de latitude.

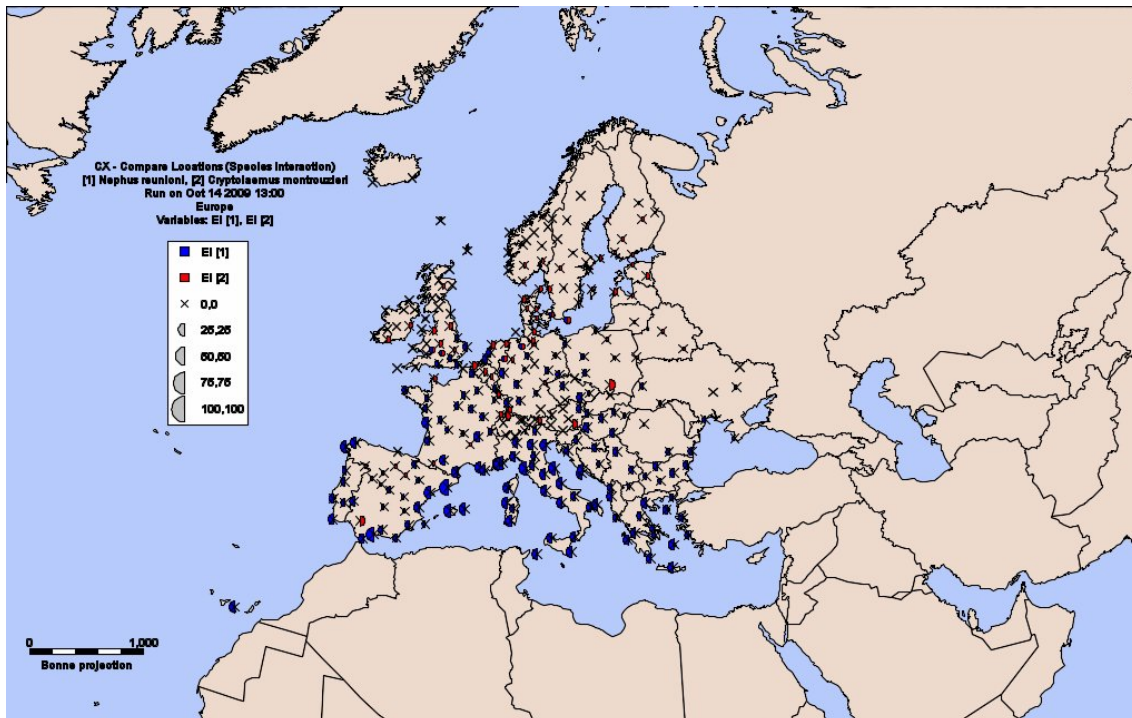


Figura 38 - Distribuições potenciais da interação entre as espécies *Nephus reunioni* e *Cryptolaemus montrouzieri* na Europa (2º cenário) com impacto de alterações climáticas +3 graus de temperatura.

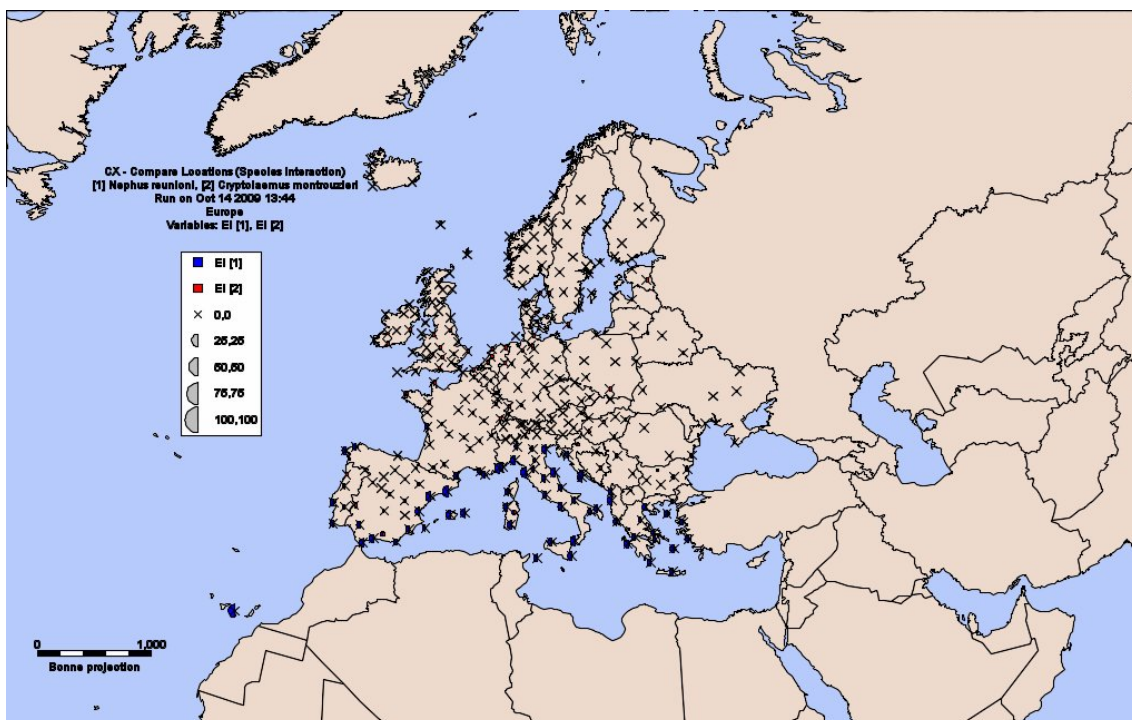


Figura 39 - Distribuições potenciais da interação entre as espécies *Nephus reunioni* e *Cryptolaemus montrouzieri* na Europa (3º cenário).

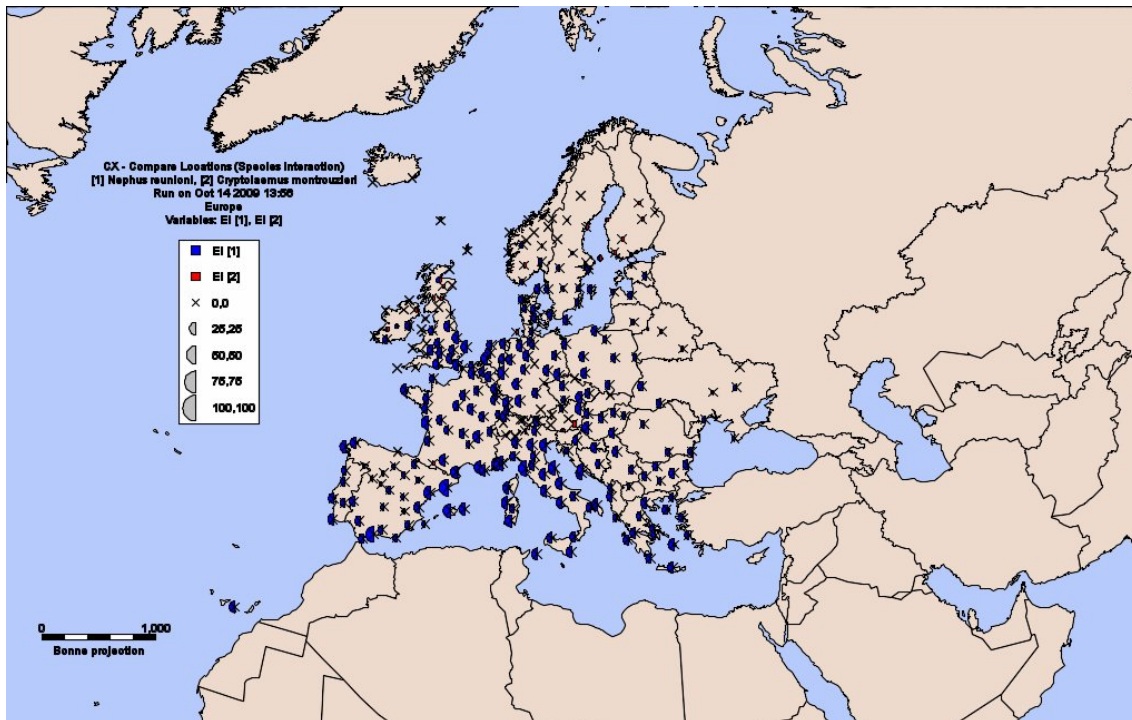


Figura 40 - Distribuições potenciais da interação entre as espécies *Nephus reunioni* e *Cryptolaemus montrouzieri* na Europa (3º cenário) com impacto de alterações climáticas 0,1°C por grau de latitude.

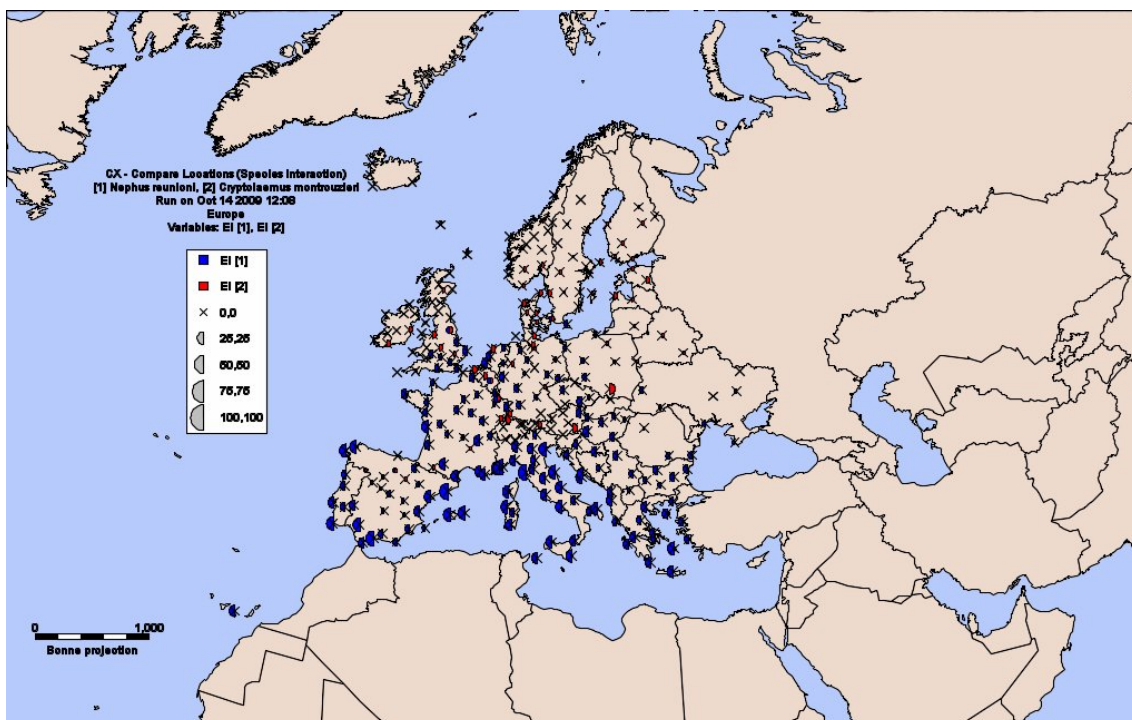


Figura 41 - Distribuições potenciais da interação entre as espécies *Nephus reunioni* e *Cryptolaemus montrouzieri* na Europa (3º cenário) com impacto de alterações climáticas +3 graus de temperatura.

## 7. Discussão

A análise de comparação climática usando o CLIMEX indicou que a Europa, não apresenta semelhanças climáticas com a ilha de Madagáscar. Já no que se refere à comparação com a África do Sul, verificou-se que o Sul de Portugal, a costa mediterrânica de Espanha e de parte de Itália e Grécia, bem como as Ilhas Baleares e a Sardenha possuem clima com características semelhantes àquela região africana. É de realçar o facto de, segundo esta análise, o clima do Sul de Itália, incluindo a Sicília, não apresentar correspondência com o da África do Sul. Este resultado aproxima-se da distribuição conhecida de *N. reunioni* no Sul da Europa, uma vez que esta espécie está referenciada como se tendo estabelecido em Portugal, Espanha, França e Geórgia, com excepção do Sul de Itália (ver 4.). Por outro lado, o resultado da comparação climática entre as duas regiões é compatível com o referido por Fürsch (2007), relativamente à possibilidade das referências a *N. reunioni* na Região Mediterrânea corresponderem a *N. derroni*, espécie nativa da África do Sul, estando a presença de *N. reunioni* restringida às Ilhas de Reunião e Maurícias. Ou seja, de acordo com o previsto pelo CLIMEX, seria mais provável que uma espécie nativa da África do Sul (*N. derroni*) se estabelecesse na Região Mediterrânea do que um espécie originária da Ilha de Reunião (*N. reunioni*). Contudo, dada a sua natureza taxinómica, o esclarecimento desta questão está para além do âmbito do presente trabalho. Daí a opção de se ter mantido a referência a *N. reunioni*, ao longo do trabalho.

Em relação aos vários cenários de parametrização utilizados para *N. reunioni*, os valores dos parâmetros do 4º cenário revelaram-se os mais consistentes, uma vez que esta parametrização permite valores de EI mais elevados na região nativa do coccinelídeo, o que é desejável para possibilitar que a previsão do modelo, seja o mais realista possível. Sobre a sua distribuição potencial, as zonas de Lagos, Coimbra e Évora apresentam condições climáticas marginais ( $5 < EI < 10$ ) para *N. reunioni*. Lisboa aparenta ser uma zona adequada climaticamente ( $EI > 10$ ), acontecendo o contrário em relação à zona Norte (Porto e Bragança), com valores de EI nulos. No Sul da Europa, numa forma geral, registaram-se valores de EI adequados climaticamente para a maior parte da região mediterrânea.

Relativamente a *P. citri*, de acordo com os dados utilizados o CLIMEX prevê a não adequabilidade climática de Portugal à espécie, relativamente aos dois cenários utilizados, o que obviamente não corresponde à realidade, uma vez que esta cochonilha está referenciada em grande parte do País, com presença frequente na região Sul, em particular no Algarve, mas distribuindo-se também para Norte, pelo menos, até à região de Coimbra (Franco, et al., 2000). Este resultado deve-se possivelmente a uma parametrização inadequada do modelo relativamente a *P. citri*, hipótese que não foi possível estudar, neste trabalho, por limitação de tempo. O facto de existirem vários estudos sobre o efeito da temperatura no desenvolvimento e sobrevivência de *P. citri*, com resultados diferentes, contribuiu para dificultar a selecção dos valores a utilizar na parametrização.

Em relação à interacção entre *N. reunioni* e *C. montrouzieri*, o CLIMEX, nos três cenários estudados, prevê maior presença *N. reunioni*, em Portugal. A par do que aconteceu para *P. citri*, a possível utilização de parâmetros menos apropriados pode ter contribuído de alguma forma para este facto, mas é preciso ter em atenção que estes cenários correspondem à hipótese de *N. reunioni* coexistir com *C. montrouzieri* nas várias regiões do país, o que, de facto, não acontece, uma vez que ao contrário desta última espécie, a primeira tem a sua distribuição limitada a uma região de cerca de 80 km de diâmetro em redor de Lisboa, em expansão para Sul (ver 4.; Magro, 1992, 1997; Magro, et al., 1999). Por outro lado, observações efectuadas em Sétubal (Franco, et al., 1992; Magro, et al., 1992) parecem corroborar as previsões do CLIMEX relativamente à interacção destes dois coccinélidos, já que se verificou que as populações de *C. montrouzieri* diminuíram após a introdução de *N. reunioni*. Em trabalhos futuros, é importante efectuar um melhor ajustamento dos parâmetros para *P. citri*, e rever os parâmetros de *C. montrouzieri* no CLIMEX, efectuando vários cenários com base em diferentes critérios, fazendo alterar também os valores das taxas de stress, para valores que se demonstrem mais congruentes dos que os utilizados nesta tese e verificar assim qual ou quais os cenários que melhor se adaptam à realidade, possibilitando que a previsão do modelo seja o mais realista possível.

Assim, neste trabalho, as previsões do CLIMEX obtidas através da comparação climática, foram as que se mostraram mais consistentes com a distribuição conhecida de *Nephus reunioni*, na Europa. Sobre a distribuição das espécies, o processo de parametrização revelou ser um passo crítico, que implica uma selecção cuidadosa e criteriosa dos valores a utilizar, de forma a que os resultados obtidos se aproximem o mais possível da realidade. Segundo Sutherst, et al. (2007), o ajustamento dos parâmetros e a comparação das condições climáticas pode levar a alterações na direcção da investigação ou eliminar hipóteses de suporte, com respeito à distribuição da espécie em estudo.

O mapeamento das espécies com o CLIMEX apresenta algumas limitações, devido à restrição da resolução espacial, nas bases de dados, na dificuldade de incorporar outras variáveis abióticas e bióticas e de considerar os efeitos das alterações anuais e sazonais na distribuição geográfica das espécies. No presente trabalho, procurou-se minimizar estas limitações, nomeadamente na resolução espacial, utilizando software SIG. Segundo MacLeod, et al. (2002) e Ponti, et al. (2008), os modelos demográficos baseados em dados fisiológicos devem ser integrados em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), fornecendo assim um conhecimento dinâmico, através de mapeamento do complexo sistema agrícola face às alterações climáticas, nomeadamente em relação à gestão de pragas, com especial relevo na região mediterrânica, identificando assim os pontos críticos ambientais, espécies invasoras, luta biológica e de desertificação. Nesse sentido, no caso de *N. reunioni*, seria interessante, em trabalhos futuros, integrar em SIG as previsões do CLIMEX, com a distribuição potencial de *P. citri* e distribuição de áreas de culturas (e.g., citrinos), no país e/ou Europa, onde estas espécies ocorrem.

Samways et al. (1999) são muito críticos sobre a utilização de modelos bioclimáticos, com especial referência ao CLIMEX, referindo que a fenologia, o tipo e disponibilidade de hospedeiros, presença de inimigos naturais e locais de hibernação representam um papel mais importante que o clima, na determinação do estabelecimento das espécies em novos locais, e os respectivos níveis de

abundância. No entanto, Sutherst (2004) criticou a análise efectuada por Samways et al. (1999), afirmando que o modelo CLIMEX não pretende prever o resultado de um evento particular, mas apenas analisar o papel do clima, como factor determinante do estabelecimento potencial.

Relativamente aos cenários de alterações climáticas na distribuição potencial de *N. reunioni*, os valores dos índices ecoclimáticos sobem acentuadamente, na Europa, atingindo valores óptimos em Portugal. Nestes cenários, verifica-se a ocorrência de valores de EI adequados ( $10 < EI < 20$ ) para a região escandinava e valores óptimos ( $EI > 20$ ) no Reino Unido. No caso da interacção entre espécies, prevê-se que o aumento de temperatura favoreça *N. reunioni*, em detrimento de *C. montrouzieri*, nas regiões onde as duas espécies coexistam, em todos os três cenários estudados. Constata-se, no entanto, nas regiões do norte da Europa, uma prevalência de *C. montrouzieri* em detrimento de *N. reunioni*, o que se pode dever ao facto de *C. montrouzieri* ser fisiologicamente mais resistente ao stress pelo frio.

Num estudo recente, Lawson et al. (2010) com o objectivo de perceber os difentes tipos de dados qualitativos e quantitativos nas previsões bioclimáticas no CLIMEX, verificaram que as previsões através da combinação da informação biológica com a informação da distribuição geográfica foram as que apresentaram maior precisão. Os resultados obtidos no presente trabalho apontam no mesmo sentido. É pois necessário encontrar um equilíbrio entre os dados biológicos e os dados geográficos ao trabalhar com o CLIMEX. Tal equilíbrio dependerá da espécie em estudo e respectiva biologia. Por exemplo, nos cenários da parametrização de *N. reunioni*, o cenário mais consistente (4º cenário) resultou do equilíbrio dos dados biológicos com os da sua distribuição na região nativa. Em relação à parametrização de *P. citri*, que foi unicamente baseada em dados biológicos, as previsões revelaram-se irrealistas. Por sua vez, em relação a *C. montrouzieri*, cuja parametrização também foi baseada apenas em dados biológicos, as previsões foram, aparentemente, consistentes.

Dada a importância do conhecimento sobre o possível impacto das alterações climáticas nos ecossistemas, em particular na área da protecção das plantas (invasões bióticas, luta biológica, etc.), onde se considera existir as maiores incógnitas sobre o seu real e potencial impacto (Goudriaan & Zadoks, 1995; Patterson, et al., 1999; Frescata, 2001; Olesen, 2002; Stacey, 2003; Madeira, 2003; Gregory, et al., 2009), ferramentas como o CLIMEX assumem grande interesse. Contudo, Parmesan (2006) refere que é preciso ter em conta que a distribuição das espécies é um processo dinâmico. Historicamente, tem-se considerado o nicho ecológico de cada espécie como algo estático e as mudanças da sua distribuição geográfica ao longo do tempo como respostas passivas às maiores alterações ambientais. No entanto, os processos evolutivos podem influenciar substancialmente os padrões e as taxas das respostas às alterações climáticas. As espécies existentes aparentam mudar a sua distribuição geográfica, em resposta às alterações climáticas, evoluindo em novas formas (Parmesan, 2006).

Segundo Legaspi & Legaspi Jr. (2007), deve-se utilizar e analisar, com cuidado, os resultados que os modelos bioclimáticos fornecem, para definição de problemas, organização de conceitos, percepção dos dados adquiridos e identificação de falhas nesses dados, gerar hipóteses e fazer comparações científicas. Deve sempre ter-se em conta que o CLIMEX é uma ferramenta de suporte para auxílio da tomada de decisão, cujas previsões são baseadas, apenas, em dados climáticos.

## 8. Conclusões

Dado as ameaças que as alterações climáticas e espécies invasoras provocam sobre a biodiversidade, agricultura e saúde humana, têm sido desenvolvidos inúmeras ferramentas para estimação das alterações na distribuição geográfica das espécies. Estatísticas multi-variadas com variáveis ambientais, dados de estações meteorológicas e imagens de satélite têm sido amplamente usados para efectuar projecções de distribuições geográficas potenciais de espécies sob condições climáticas actuais e futuras. Apesar de, por vezes, estes modelos apresentarem projecções muito diferentes, são muito usados para decisões políticas e de gestão.

Novas tecnologias, como os SIG, e tecnologias emergentes, como a nanotecnologia, terão um papel na prevenção e gestão dos sistemas agrícolas e florestais, sobre a possível emergência de novas pragas e doenças. Dada a grande diversidade de culturas e a riqueza faunística associada, a globalização, através essencialmente do comércio mundial e turismo, tem colocado o conceito de biosegurança (protecção contra pragas e doenças) como uma questão-chave em áreas como a protecção das plantas, saúde humana, veterinária e segurança alimentar.

Os modelos são, assim, formas de descrever algo que não pode ser directamente observável, como os fenómenos ambientais, constituindo representações simplificadas da realidade. Os modelos são uma abstracção, com base em procedimentos analíticos, claramente definidos para derivar nova informação. A modelação espacial é o processo de análise de características num dado conjunto de mapas, para cada localização, por forma a resolver um problema. A qualidade e confiança da previsão vai ser determinada, também, pela qualidade dos dados de suporte. As previsões vão ser mais fiáveis se elas forem baseadas em mapas de distribuição precisos, dados de actividade sazonal e abundância, dados de suporte experimental, entre outros.

O presente trabalho teve como objectivo aplicar o modelo bioclimático CLIMEX ao estudo da distribuição geográfica em Portugal e na Bacia do Mediterrâneo do coccinelídeo *N. reunioni*. Os resultados obtidos permitiram concluir que:

- Seria mais provável que uma espécie nativa da África do Sul (*N. derroni*) se estabelecesse na Região Mediterrânea do que um espécie originária da Ilha de Reunião (*N. reunioni*);
- As previsões obtidas através da comparação climática, foram as que se mostraram mais consistentes com a distribuição conhecida de *N. reunioni* na Europa;
- Sobre a interacção entre *N. reunioni* e *C. montrouzieri*, o modelo, nos três cenários estudados, prevê maior presença *N. reunioni*, em Portugal;
- Nenhum dos cenários estudados se revelou consistente com a distribuição geográfica de *P. citri*;
- No processo de calibração dos parâmetros do modelo é essencial encontrar um equilíbrio entre a informação biológica e a informação sobre a distribuição geográfica da espécie em estudo.

## Referências bibliográficas

- Abrell, L., Guerenstein, P. G., Mechaber, W. L., Strange, G., Christensen, T. A., Nakanishi, K. & Hildebrand, J. G. (2005). Effect of elevated atmospheric CO<sub>2</sub> on oviposition behavior in *Manduca sexta* moths. *Global Change Biology* 11, 272-282.
- Addison, S., Farrell, T., Roberts, G. & Rogers, D. (2007). Roadside surveys support predictions of negligible naturalisation potential for cotton (*Gossypium hirsutum*) in north-east Australia. *Weed Research* 47, 192-201.
- Allen, J., Foltz, J., Dixon, W., Liebhold, A., Colbert, J., Regniere, J., Gray, D., Wilder, J. & Christie, I. (1993). Will gypsy moth become a pest in Florida? *Florida Entomologist* 76, 102-113.
- Amaro, P. (2003). *A Protecção Integrada*. Cadaval: ISA/Press.
- Andrewartha, H. G. & Birch, L. E. (1954). *The distribution and abundance of animals*. Chicago: University of Chicago Press.
- Bale, J. S., Masters, G. J., Hodkinson, I. D., Awmack, C., Bezemer, T. M., Brown, V. K., Butterfield, J., Coulson, J. C., Farrar, J., Good, J. G., Harrington, R., Hartley, S. E., Jones, T. H., Lindroth, R. L., Press, M. C., Syrmioudis, I., Watt, A. D. & Whittaker, J. B. (2002). Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology* 8, 1-16.
- Bar-Zakay, I., Peleg, B. A. & Chen, C. (1988). The spherical mealybug infesting citrus in Israel. In: R. Goren, & K. Mendel (eds.) *Proc. sixth Internacional Citrus Congress* (pp. 1083-1087). Tel Aviv, Israel.
- Battisti, A., Stastny, M., Netherer, S., Robinet, C., Schopf, A., Roques, A. & Larsson, S. (2005). Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures. *Ecological Applications* 15, 2084-2096.
- Bennett, S. J., Saidi, N. & Enneking, D. (1998). Modelling climatic similarities in Mediterranean areas: a potential tool for plant genetic resources and breeding programmes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 70, 129-143.
- Bourchier, R. S. (1991). Growth and development of *Compsilura concinnata* (Meigan) (Diptera: Tachinidae) parasitising gypsy moth larvae feeding on tannin diets. *Canadian Entomologist* 123, 1047-1055.
- Campbell, B. F., McKeon, G. M., Gifford, R. M., Clark, H., Stafford-Smith, M., Newton, P. C. & Lutze, J. L. (1996). Impacts of atmospheric composition and climate change on temperate and tropical pastoral agriculture. In: W. J. Bouma, G. I. Pearman & M. R. Manning (eds.) *Greenhouse: Coping with climate change* (pp. 171-189). Melbourne: CSIRO.
- Carey, J. R. (1992). Demography of insect invasions. *XIX International Congress of Entomology*. Beijing.
- Carnegie, A. J., Matsuki, M., Haugen, D. A., Hurley, B. P., Ahumada, R., Klasmer, P., Sun, J. & Ledo, E. T. (2006). Predicting the potential distribution of *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae), a significant exotic pest of *Pinus* plantations. *Annals of Forest Science* 63, 119-128.
- Ceddia, M. G., Heikkilä, J. & Peltola, J. (2008). Biosecurity in agriculture: an economic analysis of coexistence of professional and hobby production. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 52, 453-470.
- Chakraborty, S., Luck, J., Hollaway, G., Freeman, A., Norton, R., Garrett, K., Percy, K., Hopkins, A., Davis, C. & Karnosky, D. F. (2008). Impacts of global change on diseases of agricultural crops and forest trees. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 3, 1-15.

- Coetzee, J. A., Byrne, M. J. & Hill, M. P. (2007). Predicting the distribution of *Eccritotarsus catarinensis*, a natural enemy released on water hyacinth in South Africa. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 125, 237-247.
- Coetzee, J. A., Byrne, M. J., Hill, M. P. & Center, T. D. (2009). Should the mirid, *Eccritotarsus catarinensis* (Heteroptera: Miridae), be considered for release against water hyacinth in the United States of America? *Biocontrol Science and Technology* 19, 103-111.
- Coley, P. D. (1998). Possible effects of climate change on plant/herbivore interactions in moist tropical forests. *Climatic Change* 39, 455-472.
- Coviella, C. E. & Trumble, J. T. (2000). Effect of elevated atmospheric carbon dioxide on the use of foliar application of *Bacillus thuringiensis*. *BioControl* 45, 325-336.
- Coviella, C. E., Morgan, D. J. & Trumble, J. T. (2000). Interactions of elevated CO<sub>2</sub> and nitrogen fertilization: effects on production of *Bacillus thuringiensis* toxins in transgenic plants. *Environmental Entomology* 29, 781-787.
- Crosby, A. W. (1972). *The Columbian exchange; biological and cultural consequences of 1492*. Connecticut, USA: Greenwood.
- CSIRO (2008). *CLIMEX v3 - Tutorials*. Australia: CSIRO.
- Day Jr., J. W., Hall, C. A., Yanez-Arancibia, A., Pimentel, D., Martí, C. I. & Mitsch, W. J. (2009). Ecology in times of scarcity. *BioScience* 59, 321-331.
- Day, M. D. & McAndrew, T. D. (2002). Status of *Charidotis pygmaea* (Coleoptera: Chrysomelidae) as a biological control agent of *Lantana montevidensis* (Verbenaceae) in Australia. *Biological Control* 23, 27-34.
- Day, M. D., Riding, N. & Chamberlain, A. (2009). Biology and host range of *Ophiomyia camarae* Spencer (Diptera: Agromyzidae), a potential biocontrol agent for *Lantana* spp. (Verbenaceae) in Australia. *Biocontrol Science and Technology* 19, 627-637.
- Desprez-Loustau, M.-L., Robin, C., Reynaud, G., Déqué, M., Badeau, V., Piou, D., Husson, C. & Marçais, B. (2007). Simulating the effects of a climate-change scenario on the geographical range and activity of forest-pathogenic fungi. *Canadian Journal of Plant Pathology* 29, 101-120.
- Dik, A. J., Fokkema, N. J. & van Pelt, J. A. (1991). Consumption of aphid honeydew, a wheat yield reducing factor, by phyllosphere yeasts under field conditions. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 97, 209-232.
- Dominiak, B., Mavi, H. & Nicol, H. (2006). Effect of town microclimate on the Queensland fruit fly *Bactrocera tryoni*. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 46, 1239-1249.
- Dunlop, E. A., Wilson, J. C. & Mackey, A. P. (2006). The potential geographic distribution of the invasive weed *Senna obtusifolia* in Australia. *Weed Research* 46, 404-413.
- Duverger, C. (1990). *Catalogue des coléoptères coccinellidae de France continentale et de corse. Essai de mise a jour critique*. Obtido em 22 de Setembro de 2009, de FAUNA EUROPAEA: [http://www.faunaeur.org/full\\_results.php?id=230305](http://www.faunaeur.org/full_results.php?id=230305)
- Ershova, N. I. & Orlinksky, A. D. (1982). A predator of the vine mealybug. *Zashch. Rast.* 9:41.
- Franco, J. C. (1997). *Contribuição para a protecção integrada em citrinos - Caso das cochonilhas-algodão (Hemiptera, Pseudococcidae)*. Lisboa: ISA-UTL.
- Franco, J. C., Magro, A. & Carvalho, C. J. (1994). Situação da luta biológica contra as cochonilhas algodão (Homoptera; Pseudococcidae) em pomares de citrinos. *II Encontro Nacional de Protecção Integrada* (pp. 405-412). Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Franco, J. C., Magro, A. & Raimundo, A. (1992). Estudo comparativo da dinâmica de populações de coccinélidos em pomares de citrinos no sul de Portugal. *Boletim Sanidade Vegetal Plagas* 18, 69-80.
- Franco, J. C., Silva, E. B. & Carvalho, J. P. (2000). *Cochonilhas-algodão (Hemiptera, Pseudococcidae) associadas aos citrinos em Portugal*. Lisboa: ISA Press.
- Frescata, C. (2001). *Limitação de pragas em agricultura biológica: Um modelo necessário*. Lisboa: ISA-UTL.

- Fürsch, H. (2007). Catalogue of the African species of *Nephus* MULSANT, 1846 with description of two new species (Coleoptera: Coccinellidae). *Entomologische Zeitschrift* 117, 1-7.
- Goolsby, J. A. (2004). Potential distribution of the invasive Old World climbing fern, *Lygodium microphyllum* in North and South America. *Natural Areas Journal* 24, 351-353.
- Goolsby, J. A., DeBarro, P. J., Kirk, A. A., Sutherst, R. W., Canas, L., Ciomperlik, M. A., Ellsworth, P. C., Gould, J. R., Hartley, D. M., Hoelmer, K. A., Naranjo, S. E., Rose, M., Roltsch, W. J., Ruiz, R. A., Pickett, C. H. & Vacek, D. C. (2005). Post-release evaluation of biological control of *Bemisia tabaci* biotype "B" in the USA and the development of predictive tools to guide introductions for other countries. *Biological Control* 32, 70-77.
- Goudriaan, J. & Zadoks, J. C. (1995). Global climate change: modelling the potential responses of agro-ecosystems with special reference to crop protection. *Environmental Pollution* 87, 215-224.
- Goverde, M., Bazin, A., Shykoff, J. A. & Erhardt, A. (1999). Influence of leaf chemistry of *Lotus corniculatus* (Fabaceae) on larval development of *Polyommatus icarus* (Lepidoptera: Lycaenidae): effects of elevated CO<sub>2</sub> and plant genotype. *Functional Ecology* 13, 801-810.
- Gregory, P. J., Johnson, S. N., Newton, A. C. & Ingram, J. S. (2009). Integrating pests and pathogens into the climate change/food security debate. *Journal of Experimental Botany* 60, 2827-2838.
- Guerenstein, P. G., & Hildebrand, J. G. (2008). Roles and effects of environmental carbon dioxide in insect life. *Annual Review of Entomology* 53, 161-178.
- Guerenstein, P. G., Yepez, E. A., van Haren, J., Williams, D. G. & Hildebrand, J. G. (2004). Floral CO<sub>2</sub> emission may indicate food abundance to nectar-feeding moths. *Naturwissenschaften* 91, 329-333.
- Haeger, J. F. (1999). *Danaus chrysippus* (Linnaeus 1758) en la Península Ibérica: migraciones o dinámica de metapoblaciones? *Shilap* 27, 423-430.
- Hajek, A. E., Humber, R. A. & Elkinton, J. S. (1995). Mysterious origins of *Entomophaga maimaiga* in North America. *American Entomologist* 41, 31-42.
- Heard, T. A., Chan, R. R., Senaratne, K. A., Palmer, W. A., Lockett, C. & Lukitsch, B. (2009). *Agonosoma trilineatum* (Heteroptera: Scutelleridae) a biological control agent of the weed bellyache bush, *Jatropha gossypifolia* (Euphorbiaceae). *Biological Control* 48, 196-203.
- Hoddle, M. S. (2004). The potential adventive geographic range of glassy-winged sharpshooter, *Homalodisca coagulata* and the grape pathogen *Xylella fastidiosa*: implications for California and other grape growing regions of the world. *Crop Protection* 23, 691-699.
- Hoddle, M. S., Stosic, C. D., & Mound, L. A. (2006). Populations of North American bean thrips, *Caliothrips fasciatus* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae: Panchaetothripinae) not detected in Australia. *Australian Journal of Entomology* 45, 122-129.
- Hoover, J. K. & Newman, J. A. (2004). Tritrophic interactions in the context of climate change: a model of grasses, cereal aphids and their parasitoids. *Global Change Biology* 10, 1197-1208.
- Hunter, J. T. (2005). Phytogeography, range size and richness of Australian endemic *Sauropus* (Euphorbiaceae). *Journal of Biogeography* 32, 63-73.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge (United Kingdom): Cambridge University Press.
- Islam, K. S. (1993). *The influence of host and other environmental factors on the biology of the mealybug parasitoid Anagyrus pseudococci (Girault)*. London: Univ. Lond.
- Izhevsky, S. S. & Orlinsky, A. D. (1988). Life history of the imported *Scymnus (Nephus) reunioni* (Col.: Coccinellidae) predator of mealybugs. *Entomophaga* 33, 101-114.
- James, R. R., Croft, B. A., Shaffer, B. T. & Lighthart, B. (1998). Impact of temperature and humidity on host-pathogen interactions between *Beauveria bassiana* and a coccinellid. *Environmental Entomology* 27, 1506-1513.

- Jenkins, N. L. & Hoffmann, A. A. (2001). Distribution of *Drosophila serrata* Malloch (Diptera:Drosophilidae) in Australia with particular reference to the southern border. *Australian Journal of Entomology* 40, 41-48.
- Jourdheuil, P. (1986). La lutte biologique à l'aide d'arthropods entomophages. Bilan des activités des services français de recherche et de développement. *Cahiers Liaison OPIE* 20(2), 3-48.
- Keating, S. T. & Yendol, W. G. (1988). Influence of selected host plants on gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) larval mortality caused by baculoviruses. *Environmental Entomology* 16, 459-462.
- Keating, S. T., Hunter, M. D. & Schultz, J. C. (1990). Leaf phenolic inhibition of gypsy moth nuclear polyhedrosis virus. *Journal of Chemical Ecology* 16, 1445-1457.
- Krebs, C. J. (1978). *Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance*. New York: Harper and Row.
- Kriticos, D. J., Potter, K. J., Alexander, N. S., Gibb, A. R. & Suckling, D. M. (2007). Using a pheromone lure survey to establish the native and potential distribution of an invasive Lepidopteran, *Uraba lugens*. *Journal of Applied Ecology* 44, 853-863.
- Kriticos, D. J., Sutherst, R. W., Brown, J. R., Adkins, S. W. & Maywald, G. F. (2003a). Climate change and biotic invasions: a case history of a tropical woody vine. *Biological Invasions* 5, 145-165.
- Kriticos, D., Sutherst, R., Brown, J., Adkins, S. & Maywald, G. (2003b). Climate change and the potential distribution of an invasive alien plant: *Acacia nilotica* ssp. *indica* in Australia. *Journal of Applied Ecology* 40, 111-124.
- Kriticos, D., Yonow, T. & McFadyen, R. (2005). The potential distribution of *Chromolaena odorata* (Siam weed) in relation to climate. *Weed Research* 45, 246-254.
- Lawson, B., Day, M., Bowen, M., van Klinken, R. & Zalucki, M. (2010). The effect of data sources and quality on the predictive capacity of CLIMEX models: An assessment of *Teleonemia scrupulosa* and *Octotoma scabripennis* for the biocontrol of *Lantana camara* in Australia. *Biological Control* 52, 68-76.
- Legaspi, J. C. & Legaspi Jr., B. C. (2007). Bioclimatic model of the spined bug (Heteroptera: Pentatomidae) using CLIMEX: Testing model predictions at two spatial scales. *Journal of Entomological Science* 42, 533-547.
- Lindroth, R. L., Kinney, K. K. & Platz, C. L. (1993). Responses of deciduous trees to elevated atmospheric CO<sub>2</sub>: productivity, phytochemistry and insect performance. *Ecology* 74, 763-777.
- Lockett, C. J., & Palmer, W. A. (2003). Rearing and release of *Homichloda barkeri* (Jacoby) (Coleoptera: Chrysomelidae: Alticinae) for the biological control of prickly acacia, *Acacia nilotica* ssp. *indica* (Mimosaceae) in Australia. *Australian Journal of Entomology* 42, 287-293.
- Logan, J. A., Regniere, J. & Powell, J. A. (2003). Assessing the impacts of global warming on forest pest dynamics. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1, 130-137.
- Longo, S., & Benfatto, D. (1987). Coleotteri entomofagi presenti sugli agrumi in Italia. *Informatore Fitopatol.* 37(7-8), 21-30.
- Longo, S., & Russo, A. (1985). Distribution and density of scale insects (Homoptera, Coccoidea) on citrus-groves in Eastern Sicily and Calabria. In: R. Cavalloro & E. Di Martin (eds.), *Integrated pest control in citrus groves - Proc. of the E.C. - Experts' meeting, Acireale* (pp. 41-49).
- Loomis, R. S. & Connor, D. J. (2003). *Crop Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mack, R. N., Simberloff, D., Lonsdale, W. M., Evans, H., Clout, M. & Bazzaz, F. A. (2000). Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. *Ecological Applications* 10, 689-710.
- MacLeod, A., Evans, H. F. & Baker, R. H. (2002). An analysis of pest risk from an Asian longhorn beetle (*Anoplophora glabripennis*) to hardwood trees in the European community. *Crop Protection* 21, 635-645.

- Madeira, A. C. (2003). *Algumas notas de apoio à disciplina de agrometeorologia*. Lisboa: AEISA - ISA/UTL.
- Magro, A. (1997). *Os coccinelídeos dos citrinos: estudo comparativo do seu interesse em luta biológica*. Évora: Universidade de Évora.
- Magro, A. (1992). *Os coccinelídeos na luta biológica contra os pseudococcídeos associados a citrinos*. Lisboa: ISA-UTL.
- Magro, A., Araújo, J. & Hemptinne, J. L. (1999). Coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae) in citrus groves in Portugal: listing and analysis of geographical distribution. *Boletim Sanidade Vegetal Plagas* 25, 335-345.
- Magro, A., Franco, J.C. & Raimundo, A. (1992). Dados preliminares sobre a distribuição de duas espécies do género *Nephus* (Col.:Coccin.), novas para Portugal, referenciadas em ecossistemas citrícolas. V Congresso Ibérico de Entomologia (pp. 281-289). Lisboa: Sociedade Portuguesa de Entomologia.
- McDermott, G. J. & Hoy, M. A. (1997). Persistence and containment of *Metaseiulus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae) in Florida: Risk assessment for possible releases of transgenic strains. *Florida Entomologist* 80, 42-53.
- McFadyen, R. & Skarratt, B. (1996). Potential distribution of *Chromolaena odorata* (siam weed) in Australia, Africa and Oceania. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 59, 89-96.
- Michelakis, S., & Hamid, H. A. (1995). Integrated control methods of the citrus mealybug, *Planococcus citri* (Risso) in Crete, Greece. *Israel Journal of Entomology* 29, 277-284.
- Migeon, A., Ferragut, F., Escudero-Colomar, L. A., Fiaboe, K., Knapp, M., Moraes, G. J., Ueckermann, E. & Navajas, M. (2009). Modelling the potential distribution of the invasive tomato red spider mite, *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology* 48, 199-212.
- Mika, A. M., Weiss, R. M., Olfert, O., Hallett, R. H. & Newman, J. A. (2008). Will climate change be beneficial or detrimental to the invasive swede midge in North America? Contrasting predictions using climate projections from different general circulation models. *Global Change Biology* 14, 1721-1733.
- Miraglia, M., Marvin, H. J., Kleter, G. A., Battilani, P., Brera, C., Coni, E., Cubadda, F., Croci, L., De Santis, B., Dekkers, S., Filippi, L., Hutjes, R., Noordam, M. Y., Pisante, M., Piva, G., Prandini, A., Toti, L., van den Born, G. J. & Vespermann, A. (2009). Climate change and food safety: An emerging issue with special focus on Europe. *Food and Chemical Toxicology* 47, 1009-1021.
- Mo, J., Treviño, M., & Palmer, W. (2000). Establishment and distribution of the rubber vine moth, *Euclasta whalleyi* Popescu-Gorj and Constantinescu (Lepidoptera:Pyralidae), following its release in Australia. *Australian Journal of Entomology* 39, 344-350.
- Moura, M. F. (1994). *Prospecção da espécie Nephus reunioni Fürsch em pomares de citrinos nas regiões de Setúbal, Palmela, Sintra e Mafra*. Lisboa: ISA-UTL.
- Myers, J. H., Monroe, J., & Murray, N. (1981). Egg clumping, host plant selection and population regulation in *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera). *Oecologia* 51, 7-13.
- Nelson-Rees, W. A. (1960). A study of sex predetermination in the mealy bug *Planococcus citri* (Risso). *J. Exp. Zool.* 144, 111-137.
- Noyes, P. D., McElwee, M. K., Miller, H. D., Clark, B. W., Tiem, L. A., Walcott, K. C., Erwin, K. N. & Levin, E. D. (2009). The toxicology of climate change: Environmental contaminants in a warming world. *Environment International* 35, 971-986.
- Oerke, E.-C. (2006). Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science* 144, 31-43.
- Olesen, J. E. & Bindi, M. (2002). Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy* 16, 239-262.
- Olfert, O. & Weiss, R. M. (2006). Impact of climate change on potential distributions and relative abundances of *Oulema melanopus*, *Meligethes viridescens* and *Ceutorhynchus obstrictus* in Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113, 295-301.

- Olfert, O., Weiss, R. M., Woods, S., Philip, H. & Dosdall, L. (2004). Potential distribution and relative abundance of an invasive cereal crop pest, *Oulema melanopus* (Coleoptera: Chrysomelidae), in Canada. *The Canadian Entomologist* 136, 277-287.
- Palmer, W. A. & Senaratne, K. A. (2007). The host range and biology of *Cometaster pyrula*; a biocontrol agent for *Acacia nilotica* subsp. *indica* in Australia. *BioControl* 52, 129-143.
- Palmer, W. A., Lockett, C. J., Senaratne, K. A. & McLennan, A. (2007). The introduction and release of *Chiasmia inconspicua* and *C. assimilis* (Lepidoptera: Geometridae) for the biological control of *Acacia nilotica* in Australia. *Biological Control* 41, 368-378.
- Palmer, W. A., Willson, B. W. & Pullen, K. R. (2000). Introduction, rearing, and host range of *Aerenicopsis championi* Bates (Coleoptera: Cerambycidae) for the biological control of *Lantana camara* L. in Australia. *Biological Control* 17, 227-233.
- Parmesan, C. (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 37, 637-669.
- Patterson, D. T., Westbrook, J. K., Joyce, R. J., Lingren, P. D. & Rogasik, J. (1999). Weeds, insects and diseases. *Climatic Change* 43, 711-727.
- Pattison, R. R. & Mack, R. N. (2008). Potential distribution of the invasive tree *Triadica sebifera* (Euphorbiaceae) in the United States: evaluating CLIMEX predictions with field trials. *Global Change Biology* 14, 813-826.
- Paul, I., van Jaarsveld, A. S., Korsten, L. & Hattingh, V. (2005). The potential global geographical distribution of Citrus Black Spot caused by *Guignardia citricarpa* (Kiely): likelihood of disease establishment in the European Union. *Crop Protection* 24, 297-308.
- Peacock, L. & Worner, S. (2006). Using analogous climates and global insect distribution data to identify potential sources of new invasive insect pests in New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology* 33, 141-145.
- Peñuelas, J. & Estiarte, M. (1998). Can elevated CO<sub>2</sub> affect secondary metabolism and ecosystem function? *Trends in Ecology and Evolution* 13, 20-24.
- Pimentel, D. (2008). Preface special issue: Conservation biological control. *Biological Control* 45, 171.
- Pivonia, S. & Yang, X. (2004). Assessment of the potential year-round establishment of soybean rust throughout the world. *Plant Disease* 88, 523-529.
- Ponti, L., Cossu, Q. A., & Gutierrez, A. P. (2008). Modelli demografici con base fisiologica integrati in sistemi d'informazione geografica per la gestione dei fitofagi su base ecologica in a agroecosistemi mediterranei perenni soggetti a cambiamenti climatici. *Giornate Fitopatologiche* 1, 345-352.
- Porter, J. H., Parry, M. L. & Carter, T. R. (1991). The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. *Agricultural Forest Meteorology* 57, 221-240.
- Potter, K. J., Kriticos, D. J., Watt, M. S. & Leriche, A. (2009). The current and future potential distribution of *Cytisus scoparius*: a weed of pastoral systems, natural ecosystems and plantation forestry. *Weed Research* 49, 271-282.
- Poutsma, J., Loomans, A. J., Aukema, B. & Heijerman, T. (2008). Predicting the potential geographical distribution of the harlequin ladybird, *Harmonia axyridis*, using the CLIMEX model. *BioControl* 53, 103-125.
- Rafter, M. A., Wilson, A. J., Wilmot Senaratne, K. A. & Dhileepan, K. (2008). Climatic-requirements models of cat's claw creeper *Macfadyena unguis-cati* (Bignoniaceae) to prioritise areas for exploration and release of biological control agents. *Biological Control* 44, 169-179.
- Raimundo, A. (1992). Novas espécies de Scymnini para a fauna de coccinélidos de Portugal. *V Congresso Ibérico de Entomologia* (pp. 373-384). Lisboa: Sociedade Portuguesa de Entomologia.
- Ranjan, R. (2006). Economic impacts of pink hibiscus mealybug in Florida and the United States. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 20, 353-362.
- Reiter, P. (2001). Climate change and mosquito-borne disease. *Environmental Health Perspectives* 109, 141-161.

- Robertson, M. P., Kriticos, D. J. & Zachariades, C. (2008). Climate matching techniques to narrow the search for biological control agents. *Biological Control* 46, 442-452.
- Robinson, M. T. & Hoffmann, A. A. (2001). The pest status and distribution of three cryptic blue oat mite species (*Penthaleus* spp.) and redlegged earth mite (*Halotydeus destructor*) in southeastern Australia. *Experimental and Applied Acarology* 25, 699-716.
- Rogers, D. J., Reid, R. E., Rogers, J. J. & Addison, S. J. (2007). Prediction of the naturalisation potential and weediness risk of transgenic cotton in Australia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119, 177-189.
- Rossing, W. A. & van de Wiel, L. A. (1990). Simulation of damage in winter wheat caused by the grain aphid *Sitobion avenae*. Quantification of the effects of honeydew on gas exchange of leaves and aphid populations of different size on crop growth. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 96, 343-364.
- Roth, S. K. & Lindroth, R. L. (1994). Effects of CO<sub>2</sub> mediated changes in paper birch and white pine chemistry on gypsy moth performance. *Oecologia* 98, 133-138.
- Samways, M. J., Osborn, R., Hastings, H. & Hattingh, V. (1999). Global climate change and accuracy of prediction of species' geographical ranges: establishment success of introduced ladybirds (Coccinellidae, *Chilocorus* spp.) worldwide. *Journal of Biogeography* 26, 795-812.
- Sayed, M. T., Soliman, A.A. & Salama, H. S. (1962). On the development stages of *Planococcus vitis* Nied. and *Planococcus citri* Risso. *Bull. Soc. Entomol. Egypte* 46, 449-457.
- Senaratne, K., Palmer, W.A. & Sutherst, R.W. (2006). Use of CLIMEX modelling to identify prospective areas for exploration to find new biological control agents for prickly acacia. *Australian Journal of Entomology* 45, 298-302.
- Snyder, W.E. & Evans, E.W. (2006). Ecological effects of invasive arthropod generalist predators. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 37, 95-122.
- Stacey, D. A. (2003). Climate and biological control in organic crops. *International Journal of Pest Management* 49, 205-214.
- Stephens, A. E., Kriticos, D. J. & Leriche, A. (2007). The current and future potential geographical distribution of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). *Bulletin of Entomological Research* 97, 369-378.
- Strand, J. F. (2000). Some agrometeorological aspects of pest and disease management for the 21st century. *Agricultural and Forest Meteorology* 103, 73-82.
- Sutherst, R. W. (1987). Ectoparasites and herbivore nutrition. In: J. B. Hacker, & J. H. Ternouth, *The nutrition of herbivores* (pp. 191-209). Marrickville: Academic Press.
- Sutherst, R. W. (2004). Global change and human vulnerability to vector-borne diseases. *Clinical Microbiology Reviews* 17, 136-173.
- Sutherst, R. W. (2004). Prediction of species geographical ranges. A critical comment on M. J. Samways, R. Osburn, H. Hastings and V. Hattingh (1999). *Journal of Biogeography* 30, 805-816.
- Sutherst, R. W. (2001). The vulnerability of animal and human health to parasites under global change. *International Journal for Parasitology* 31, 933-948.
- Sutherst, R. W. & Bourne, A. S. (2009). Modelling non-equilibrium distributions of invasive species: a tale of two modelling paradigms. *Biological Invasions* 11, 1231-1237.
- Sutherst, R. W., Maywald, G. F. & Bourne, A. S. (2007). Including species interactions in risk assessments for global change. *Global Change Biology* 13, 1843-1859.
- Sutherst, R. W., Maywald, G. F. & Kriticos, D. (2007). *CLIMEX Version 3 - User's Guide*. Melbourne: Hearne Scientific Software Pty Ltd.
- Sutherst, R. W., Yonow, T., Chakraborty, S., O'Donnell, C. & White, N. (1996). A generic approach to defining impacts of climate change on pests, weeds and diseases in Australasia. In: W. J. Bouma, G. I. Pearman, & M. R. Manning (eds.), *Greenhouse: coping with climate change* (pp. 281-307). Australia: CSIRO Publishing.
- Tingle, C. C. (1985). *Biological control of the glasshouse mealybug using parasitic Hymenoptera*. London: Univ. Lond.

- Tripp, K. E., Kroen, W. K., Peet, M. M. & Willits, D. H. (1992). Fewer whiteflies found on CO<sub>2</sub> enriched greenhouse tomatoes with high C:N ratios. *HortScience* 27, 1079-1080.
- Ulrichs, C. & Hopper, K. R. (2008). Predicting insect distributions from climate and habitat data. *BioControl* 53, 881-894.
- van Klinken, R. D., Fichera, G., Parr, R., McCormick, E., Cobon, R., Roques, A. & Larsson, S. Fleck, L., March, N. & McMahon, J. (2002). Challenges facing the successful management of widely distributed weeds: biological control of mesquite (*Prosopis* species). In: H. Spafford-Jacobs, J. Dodd, & J. H. Moore (eds.), *Thirteenth Australian Weeds Conference: Papers and Proceedings* (pp. 370-374). Perth, Australia: Plant Protection Society of Western Australia.
- Van Nouhuys, S. & Lei, G. (2004). Parasitoid-host metapopulation dynamics: the causes and consequences of phenological asynchrony. *Journal of Animal Ecology* 73, 526-535.
- Venette, R. C. & Cohen, S. D. (2006). Potential climatic suitability for establishment of *Phytophthora ramorum* within the contiguous United States. *Forest Ecology and Management* 231, 18-26.
- von Tiedemann, A., Weigel, H. & Jäger, H. J. (1991). Effects of open-top chamber fumigations with ozone on 3 fungal leaf diseases of wheat and the mycoflora of the phyllosphere. *Environmental Pollution* 72, 205-224.
- Vuorinen, T., Nerg, A. M., Ibrahim, M. A., Reddy, G. V. & Holopainen, J. K. (2004). Emission of *Plutella xylostella*-induced compounds from cabbages grown at elevated CO<sub>2</sub> and orientation behavior of the natural enemies. *Plant Physiology* 135, 1984-1992.
- Watt, M. S., Kriticos, D. J. & Manning, L. K. (2009). The current and future potential distribution of *Melaleuca quinquenervia*. *Weed Research* 49, 381-390.
- Watt, M. S., Kriticos, D. J., Alcaraz, S., Brown, A. V. & Leriche, A. (2009). The hosts and potential geographic range of *Dothistroma* needle blight. *Forest Ecology and Management* 257, 1505-1519.
- Wharton, T. N. & Kriticos, D. J. (2004). The fundamental and realized niche of the Monterey Pine aphid, *Essigella californica* (Essig) (Hemiptera: Aphididae): implications for managing softwood plantations in Australia. *Diversity and Distributions* 10, 253-262.
- Williams, C. R., Ritchie, S. A. & Whelan, P. I. (2005). Potential distribution of the Asian disease vector *Culex gelidus* Theobald (Diptera: Culicidae) in Australia and New Zealand: a prediction based on climate suitability. *Australian Journal of Entomology* 44, 425-430.
- Wood, A. R., Crous, P. W. & Lennox, C. L. (2004). Predicting the distribution of *Endophyllum osteospermi* (Uredinales, Pucciniaceae) in Australia based on its climatic requirements and distribution in South Africa. *Australasian Plant Pathology* 33, 549-558.
- Wyckhuys, K. A., Koch, R. L., Kula, R. R. & Heimpel, G. E. (2009). Potential exposure of a classical biological control agent of the soybean aphid, *Aphis glycines*, on non-target aphids in North America. *Biological Invasions* 11, 857-871.
- Yonow, T., Kriticos, D. J. & Medd, R. W. (2004). The potential geographic range of *Pyrenophora semeniperda*. *Phytopathology* 94, 805-812.
- Zalucki, M. P. & van Klinken, R. D. (2006). Predicting population dynamics of weed biological control agents: science or gazing into crystal balls? *Australian Journal of Entomology* 45, 331-344.

# ANEXOS

**Anexo 1.** Quadro relativo à comparação climática entre a Europa e África do Sul (Bird Island). **CMI** – Índice de Composição de Comparação; **Tmédia** – Temperatura Média; **Tmax** – Temperatura Máxima; **Tmin** – Temperatura Mínima; **Rtotal** – Precipitação Total; **HR** – Humidade Relativa; **SM** – Humidade do Solo

<b>Continente</b>	<b>País</b>	<b>Localização</b>	<b>CMI</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Tmédia</b>	<b>Tmax</b>	<b>Tmin</b>	<b>Rtotal</b>	<b>HR</b>	<b>SM</b>
Europe	Albania	Durres	0.6	41.300	19.500	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.6
Europe	Albania	Shkoder	0.5	42.000	19.500	0.4	0.4	0.5	0.4	0.2	0.5
Europe	Austria	Eisenerz	0.4	47.500	14.900	0.2	0.3	0.1	0.4	0.3	0.4
Europe	Austria	Feldkirch	0.4	47.300	9.600	0.2	0.3	0.2	0.5	0.2	0.4
Europe	Austria	Graz	0.5	47.100	15.500	0.3	0.3	0.2	0.6	0.2	0.6
Europe	Austria	Innsbruck	0.5	47.300	11.400	0.2	0.3	0.2	0.6	0.1	0.7
Europe	Austria	Klagenfurt	0.5	46.600	14.300	0.2	0.3	0.2	0.5	0.2	0.5
Europe	Austria	Linz	0.5	48.300	14.300	0.2	0.3	0.2	0.6	0.2	0.5
Europe	Austria	Salzburg	0.4	47.800	13.000	0.2	0.3	0.2	0.4	0.2	0.4
Europe	Austria	Sonnblick	0.2	47.000	12.900	0.0	0.0	0.0	0.4	0.5	0.4
Europe	Austria	Wien	0.6	48.300	16.400	0.3	0.3	0.2	0.8	0.2	0.8
Europe	Belarus	Brest	0.5	52.100	23.700	0.2	0.2	0.2	0.8	0.3	0.9
Europe	Belarus	Minsk	0.5	53.900	27.500	0.1	0.1	0.1	0.8	0.3	0.8
Europe	Belarus	Vasilevichi	0.5	52.300	29.800	0.2	0.2	0.1	0.8	0.2	0.9
Europe	Belgium	Brussels	0.5	50.800	4.300	0.3	0.3	0.2	0.6	0.4	0.6
Europe	Belgium	Huy	0.6	50.500	5.200	0.3	0.4	0.2	0.7	0.5	0.7
Europe	Belgium	Oostende	0.5	51.200	2.900	0.3	0.3	0.3	0.7	0.5	0.6
Europe	Bosnia-Herzegovina	Sarajevo	0.5	43.900	18.400	0.3	0.4	0.2	0.6	0.1	0.7
Europe	Bulgaria	Pleven	0.6	43.400	24.600	0.3	0.3	0.2	0.8	0.1	0.9
Europe	Bulgaria	Plovdiv	0.6	42.200	24.800	0.4	0.3	0.3	0.9	0.1	0.8
Europe	Bulgaria	Sliven	0.6	42.700	26.300	0.4	0.4	0.3	0.8	0.1	0.9
Europe	Bulgaria	Sofiya	0.6	42.700	23.300	0.3	0.3	0.2	0.8	0.1	0.9
Europe	Bulgaria	Varna	0.7	43.200	27.900	0.4	0.4	0.3	1.0	0.3	0.9

Europe	Croatia	Hvar	0.7	43.200	16.400	0.6	0.5	0.6	0.6	0.2	0.7
Europe	Croatia	Senj	0.5	45.000	14.900	0.5	0.4	0.5	0.4	0.3	0.5
Europe	Croatia	Slavonski Brod	0.6	45.200	18.000	0.3	0.4	0.2	0.7	0.4	0.8
Europe	Croatia	Split	0.6	43.500	16.500	0.5	0.5	0.5	0.6	0.1	0.7
Europe	Croatia	Zagreb	0.5	45.800	16.000	0.3	0.4	0.3	0.6	0.2	0.6
Europe	Czech Republic	Brno	0.6	49.200	16.500	0.3	0.3	0.2	0.9	0.2	0.9
Europe	Czech Republic	Ceske Budejovice	0.5	49.000	14.500	0.2	0.3	0.2	0.8	0.2	0.8
Europe	Czech Republic	Praha	0.6	50.100	14.400	0.2	0.3	0.2	1.0	0.1	0.8
Europe	Czech Republic	Prerov	0.5	49.500	17.500	0.2	0.3	0.2	0.8	0.2	0.9
Europe	Czech Republic	Snezka	0.3	50.700	15.700	0.1	0.1	0.1	0.5	0.5	0.4
Europe	Denmark	Aarhus	0.5	56.100	10.200	0.2	0.2	0.2	0.7	0.4	0.7
Europe	Denmark	Kobenhavn	0.5	55.700	12.600	0.2	0.2	0.2	0.8	0.4	0.7
Europe	Denmark	Odense	0.5	55.400	10.400	0.2	0.2	0.2	0.8	0.4	0.7
Europe	Denmark	Sandvig (Bornholm)	0.6	55.300	14.800	0.2	0.2	0.2	0.9	0.6	0.7
Europe	Denmark	Skagen	0.5	57.700	10.600	0.2	0.2	0.2	0.8	0.6	0.6
Europe	Denmark	Studsgard	0.5	56.100	8.900	0.2	0.2	0.2	0.6	0.3	0.6
Europe	Denmark	Thorshavn (Faroe)	0.4	62.000	-6.800	0.2	0.1	0.2	0.4	0.6	0.4
Europe	Denmark	Vestervig	0.5	56.800	8.300	0.2	0.2	0.2	0.7	0.5	0.6
Europe	Estonia	Tallinn	0.5	59.400	24.800	0.1	0.1	0.1	0.9	0.5	0.7
Europe	Estonia	Tartu	0.5	58.400	26.700	0.1	0.1	0.2	0.9	0.3	0.7
Europe	Finland	Helsinki	0.4	60.200	25.000	0.1	0.1	0.1	0.7	0.4	0.6
Europe	Finland	Kajaani	0.4	64.200	27.700	0.1	0.1	0.1	0.8	0.3	0.7
Europe	Finland	Kuopio	0.4	62.900	27.700	0.1	0.1	0.1	0.8	0.3	0.6
Europe	Finland	Mariehamn	0.5	60.100	19.900	0.1	0.1	0.1	0.8	0.4	0.7
Europe	Finland	Pielisjarvi	0.4	63.300	30.100	0.1	0.1	0.1	0.8	0.1	0.7
Europe	Finland	Tampere	0.4	61.500	23.800	0.1	0.1	0.1	0.8	0.3	0.7
Europe	Finland	Turku	0.4	60.500	22.300	0.1	0.1	0.1	0.8	0.3	0.7
Europe	Finland	Vaasa	0.5	63.100	21.600	0.1	0.1	0.1	0.9	0.4	0.8

Europe	France	Ajaccio (Corsica)	0.7	41.900	8.600	0.6	0.6	0.5	0.7	0.2	0.7
Europe	France	Auxerre	0.6	47.800	3.600	0.3	0.4	0.2	0.7	0.2	0.8
Europe	France	Bagneres do Bigo	0.5	43.100	0.200	0.3	0.5	0.2	0.4	0.1	0.5
Europe	France	Belfort	0.5	47.600	6.900	0.3	0.3	0.2	0.6	0.3	0.6
Europe	France	Bordeaux	0.6	44.800	-0.600	0.4	0.5	0.3	0.6	0.2	0.7
Europe	France	Brest	0.6	48.400	-4.500	0.4	0.4	0.3	0.6	0.7	0.6
Europe	France	Calais	0.5	50.900	1.700	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6	0.5
Europe	France	Cherbourg	0.5	49.700	-1.600	0.3	0.3	0.4	0.5	0.7	0.5
Europe	France	Clermont Ferrand	0.6	45.800	3.100	0.3	0.4	0.2	0.8	0.1	0.9
Europe	France	Dijon	0.6	47.300	5.100	0.3	0.4	0.2	0.7	0.2	0.8
Europe	France	La Rochelle	0.7	46.200	-1.200	0.4	0.5	0.4	0.8	0.4	0.8
Europe	France	Laquenexy	0.5	49.100	6.300	0.3	0.3	0.2	0.6	0.3	0.7
Europe	France	Le Puy	0.6	45.000	3.900	0.3	0.4	0.2	0.8	0.2	0.9
Europe	France	Lille	0.6	50.600	3.100	0.3	0.4	0.3	0.7	0.3	0.7
Europe	France	Limoges	0.6	45.900	1.300	0.3	0.4	0.2	0.6	0.2	0.7
Europe	France	Lyon	0.6	45.700	4.800	0.3	0.4	0.3	0.7	0.2	0.8
Europe	France	Marseille	0.7	43.300	5.400	0.5	0.5	0.4	0.8	0.1	0.8
Europe	France	Nancy	0.6	48.700	6.200	0.3	0.3	0.2	0.7	0.3	0.7
Europe	France	Nantes	0.6	47.300	-1.600	0.4	0.4	0.3	0.6	0.3	0.7
Europe	France	Nice	0.7	43.700	7.300	0.6	0.6	0.5	0.6	0.2	0.7
Europe	France	Orleans	0.6	47.900	1.900	0.3	0.4	0.2	0.8	0.2	0.8
Europe	France	Paris	0.6	48.800	2.500	0.3	0.4	0.2	0.9	0.2	0.9
Europe	France	Perpignan	0.7	42.700	2.900	0.5	0.6	0.4	0.8	0.1	0.8
Europe	France	Poitiers	0.6	46.600	0.300	0.3	0.4	0.3	0.8	0.3	0.8
Europe	France	Reims	0.6	49.300	4.000	0.3	0.4	0.2	0.8	0.2	0.8
Europe	France	Rennes	0.6	48.100	-1.700	0.3	0.4	0.3	0.7	0.4	0.7
Europe	France	Strasbourg	0.6	48.600	7.800	0.3	0.4	0.2	0.7	0.2	0.7
Europe	France	Toulon	0.7	43.100	5.900	0.5	0.6	0.5	0.7	0.2	0.7

Europe	France	Toulouse	0.7	43.500	1.400	0.4	0.5	0.3	0.7	0.2	0.8
Europe	Germany	Berlin	0.6	52.500	13.300	0.2	0.3	0.2	0.8	0.2	0.9
Europe	Germany	Bremen	0.5	53.100	8.800	0.2	0.3	0.2	0.8	0.4	0.7
Europe	Germany	Brocken	0.3	51.800	10.600	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.4
Europe	Germany	Dresden	0.6	51.000	13.800	0.3	0.3	0.2	0.7	0.2	0.9
Europe	Germany	Frankfurt	0.6	50.100	8.700	0.3	0.3	0.2	0.8	0.2	0.8
Europe	Germany	Freiburg	0.5	48.000	7.800	0.3	0.3	0.2	0.6	0.3	0.5
Europe	Germany	Hamburg	0.5	53.500	10.000	0.2	0.2	0.2	0.7	0.3	0.6
Europe	Germany	Hannover	0.6	52.400	9.700	0.2	0.3	0.2	0.8	0.4	0.8
Europe	Germany	Helgoland	0.5	54.200	7.800	0.2	0.2	0.3	0.7	0.6	0.5
Europe	Germany	Hof	0.5	50.300	11.900	0.2	0.2	0.1	0.7	0.3	0.7
Europe	Germany	Kassel	0.6	51.300	9.500	0.2	0.3	0.2	0.8	0.3	0.8
Europe	Germany	Kiel	0.5	54.300	10.100	0.2	0.2	0.2	0.7	0.5	0.6
Europe	Germany	Koln	0.6	50.900	6.900	0.3	0.3	0.3	0.7	0.3	0.7
Europe	Germany	Leipzig	0.6	51.300	12.400	0.2	0.3	0.2	0.8	0.3	0.9
Europe	Germany	Luneburg	0.5	53.300	10.400	0.2	0.3	0.2	0.8	0.3	0.8
Europe	Germany	Munchen	0.5	48.200	11.600	0.2	0.2	0.2	0.6	0.2	0.5
Europe	Germany	Munster	0.5	52.000	7.600	0.2	0.3	0.2	0.7	0.2	0.7
Europe	Germany	Nurnberg	0.5	49.500	11.100	0.2	0.3	0.2	0.8	0.2	0.9
Europe	Germany	Stuttgart	0.6	48.800	9.200	0.3	0.3	0.2	0.7	0.3	0.8
Europe	Germany	Zugspitze	0.2	47.400	11.000	0.0	0.0	0.0	0.4	0.5	0.4
Europe	Greece	Alexandroupolis	0.7	40.800	25.900	0.5	0.5	0.4	0.8	0.2	0.7
Europe	Greece	Athinai	0.7	38.000	23.700	0.5	0.5	0.6	0.9	0.1	0.7
Europe	Greece	Iraklion (Crete)	0.8	35.300	25.100	0.7	0.6	0.7	1.0	0.2	0.7
Europe	Greece	Kastron (Limnos)	0.7	39.900	25.100	0.5	0.5	0.6	0.8	0.2	0.7
Europe	Greece	Kerkira (Corfu)	0.6	39.600	19.900	0.6	0.5	0.6	0.4	0.3	0.6
Europe	Greece	Khalkis	0.7	38.500	23.600	0.5	0.5	0.5	1.0	0.1	0.7
Europe	Greece	Kithira	0.7	36.200	23.000	0.6	0.6	0.6	0.8	0.2	0.6

Europe	Greece	Larissa	0.7	39.600	22.400	0.4	0.4	0.4	0.9	0.1	0.8
Europe	Greece	Mitilini (Lesbos)	0.6	39.100	26.600	0.5	0.5	0.5	0.7	0.2	0.6
Europe	Greece	Naxos	0.8	37.100	25.400	0.7	0.7	0.7	0.9	0.3	0.7
Europe	Greece	Patrai	0.7	38.300	21.700	0.6	0.5	0.6	0.7	0.1	0.7
Europe	Greece	Thessaloniki	0.7	40.600	23.000	0.5	0.4	0.5	1.0	0.2	0.8
Europe	Greece	Vathi (Samos)	0.6	37.700	27.000	0.6	0.5	0.6	0.6	0.1	0.6
Europe	Greece	Zakinthos (Zante)	0.6	37.800	20.900	0.6	0.6	0.6	0.5	0.2	0.6
Europe	Hungary	Budapest	0.6	47.500	19.000	0.3	0.3	0.3	0.8	0.1	0.8
Europe	Hungary	Debrecen	0.6	47.600	21.600	0.3	0.3	0.2	0.8	0.2	0.9
Europe	Hungary	Eger	0.6	47.900	20.400	0.3	0.3	0.2	0.8	0.2	0.9
Europe	Hungary	Keszthely	0.6	46.800	17.200	0.3	0.3	0.2	0.7	0.3	0.8
Europe	Hungary	Mosonmagyaróvár	0.6	47.900	17.300	0.3	0.3	0.2	0.8	0.2	0.9
Europe	Hungary	Szeged	0.6	46.300	20.100	0.3	0.3	0.3	0.9	0.2	0.9
Europe	Iceland	Reykjavik	0.4	64.200	-21.900	0.1	0.1	0.1	0.6	0.6	0.5
Europe	Iceland	Stykkishólmur	0.4	65.100	-22.800	0.1	0.1	0.1	0.8	0.6	0.6
Europe	Iceland	Teigarhorn	0.4	64.700	-14.400	0.1	0.1	0.1	0.4	0.8	0.4
Europe	Iceland	Vestmannaeyjar	0.4	63.400	-20.300	0.1	0.1	0.2	0.4	0.8	0.4
Europe	Italy	Ancona	0.7	43.600	13.500	0.5	0.5	0.5	0.8	0.4	0.8
Europe	Italy	Bologna	0.6	44.500	11.300	0.4	0.4	0.4	0.8	0.2	0.7
Europe	Italy	Bolzano	0.6	46.500	11.300	0.4	0.4	0.2	0.8	0.1	0.8
Europe	Italy	Brindisi	0.7	40.700	18.000	0.6	0.6	0.6	0.8	0.4	0.7
Europe	Italy	Cagliari (Sardinia)	0.8	39.300	9.100	0.6	0.6	0.6	0.9	0.3	0.8
Europe	Italy	Firenze	0.6	43.800	11.200	0.5	0.4	0.4	0.6	0.2	0.7
Europe	Italy	Foggia	0.7	41.400	15.600	0.5	0.4	0.4	1.0	0.1	0.8
Europe	Italy	Genova	0.6	44.400	9.000	0.5	0.5	0.6	0.4	0.2	0.6
Europe	Italy	Livorno	0.8	43.500	10.300	0.6	0.6	0.6	0.8	0.4	0.7
Europe	Italy	Lugano	0.4	46.000	8.900	0.4	0.4	0.3	0.3	0.1	0.4
Europe	Italy	Messina (Sicily)	0.6	38.200	15.600	0.6	0.6	0.7	0.5	0.2	0.6

Europe	Italy	Milano	0.6	45.500	9.200	0.4	0.4	0.3	0.6	0.3	0.7
Europe	Italy	Napoli	0.6	40.900	14.300	0.6	0.5	0.6	0.6	0.2	0.7
Europe	Italy	Nuoro (Sardinia)	0.7	40.300	9.300	0.5	0.4	0.4	0.9	0.2	0.7
Europe	Italy	Palermo (Sicily)	0.7	38.100	13.300	0.6	0.5	0.6	0.7	0.2	0.7
Europe	Italy	Pantelleria	0.7	36.800	11.900	0.6	0.6	0.7	0.7	0.5	0.8
Europe	Italy	Perugia	0.6	43.100	12.400	0.4	0.4	0.4	0.7	0.2	0.7
Europe	Italy	Pescara	0.7	42.400	14.200	0.5	0.5	0.4	0.8	0.3	0.7
Europe	Italy	Roma	0.7	41.800	12.600	0.5	0.5	0.5	0.8	0.1	0.7
Europe	Italy	San Remo	0.8	43.800	7.800	0.6	0.6	0.6	0.9	0.6	0.7
Europe	Italy	Sassari (Sardinia)	0.8	40.700	8.600	0.6	0.5	0.6	0.9	0.2	0.7
Europe	Italy	Siracusa (Sicily)	0.7	37.000	15.300	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
Europe	Italy	Taranto	0.7	40.500	17.300	0.5	0.5	0.6	0.8	0.1	0.7
Europe	Italy	Venezia	0.6	45.400	12.400	0.4	0.4	0.4	0.7	0.4	0.7
Europe	Italy	Verona	0.6	45.400	10.900	0.4	0.4	0.3	0.7	0.2	0.8
Europe	Latvia	Riga	0.5	57.000	24.100	0.2	0.2	0.2	0.9	0.3	0.8
Europe	Latvia	Ventspils	0.5	57.400	21.600	0.1	0.1	0.2	0.8	0.6	0.6
Europe	Lithuania	Kaunas	0.5	54.900	23.900	0.2	0.2	0.1	0.8	0.3	0.7
Europe	Luxembourg	Luxembourg	0.5	49.600	6.100	0.3	0.3	0.2	0.7	0.3	0.7
Europe	Macedonia	Skopje	0.6	42.000	21.500	0.4	0.3	0.2	0.9	0.1	0.8
Europe	Monaco	Monaco	0.7	43.700	7.400	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6
Europe	Netherlands	Amsterdam	0.6	52.400	4.900	0.3	0.3	0.3	0.8	0.4	0.6
Europe	Netherlands	Den Helder	0.5	53.000	4.800	0.3	0.2	0.3	0.7	0.6	0.6
Europe	Netherlands	Groningen	0.5	53.200	6.600	0.2	0.3	0.2	0.7	0.3	0.6
Europe	Netherlands	Rotterdam	0.6	51.900	4.500	0.3	0.3	0.3	0.7	0.3	0.6
Europe	Netherlands	Winterswijk	0.5	52.000	6.700	0.3	0.3	0.2	0.7	0.3	0.7
Europe	Norway	Bergen	0.4	60.400	5.300	0.2	0.3	0.1	0.3	0.5	0.4
Europe	Norway	Bronnoysund	0.4	65.500	12.200	0.1	0.1	0.2	0.5	0.6	0.4
Europe	Norway	Dalen	0.4	59.500	8.000	0.1	0.1	0.1	0.6	0.3	0.5

Europe	Norway	Dombas	0.4	62.100	9.100	0.1	0.1	0.1	1.0	0.2	0.9
Europe	Norway	Fanaraken	0.2	61.500	7.900	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.4
Europe	Norway	Krakenes	0.4	62.000	5.000	0.2	0.2	0.2	0.4	0.7	0.4
Europe	Norway	Kristiansand	0.4	58.200	8.000	0.2	0.2	0.2	0.4	0.5	0.5
Europe	Norway	Kristiansund	0.4	63.100	7.800	0.2	0.1	0.2	0.5	0.6	0.5
Europe	Norway	Laerdal	0.5	61.100	7.500	0.2	0.2	0.2	1.0	0.3	0.8
Europe	Norway	Lillehammer	0.4	61.100	10.500	0.1	0.1	0.1	0.8	0.3	0.7
Europe	Norway	Oslo	0.5	59.900	10.700	0.2	0.2	0.1	0.7	0.2	0.7
Europe	Norway	Roros	0.4	62.600	11.400	0.1	0.1	0.0	1.0	0.4	0.9
Europe	Norway	Stavanger	0.4	59.000	5.700	0.2	0.2	0.2	0.5	0.6	0.5
Europe	Norway	Trondheim	0.4	63.400	10.400	0.1	0.1	0.1	0.6	0.4	0.6
Europe	Poland	Gdansk	0.5	54.400	18.700	0.2	0.2	0.2	0.9	0.4	0.9
Europe	Poland	Krakow	0.5	50.100	20.000	0.2	0.3	0.2	0.7	0.3	0.7
Europe	Poland	Ostroda	0.5	53.700	20.000	0.2	0.2	0.2	0.9	0.3	0.9
Europe	Poland	Poznan	0.6	52.400	16.900	0.2	0.3	0.2	0.9	0.3	0.9
Europe	Poland	Szczecin	0.6	53.400	14.600	0.2	0.2	0.2	0.9	0.2	0.8
Europe	Poland	Warszawa	0.5	52.200	21.000	0.2	0.2	0.2	0.9	0.3	0.9
Europe	Poland	Wroclaw	0.6	51.100	17.100	0.2	0.3	0.2	0.8	0.3	0.9
Europe	Poland	Zakopane	0.4	49.300	20.000	0.1	0.2	0.1	0.5	0.3	0.4
Europe	Portugal	Braganca	0.4	41.800	-6.800	0.3	0.4	0.2	0.4	0.3	0.6
Europe	Portugal	Coimbra	0.6	40.200	-8.400	0.6	0.6	0.5	0.5	0.1	0.6
Europe	Portugal	Evora	0.7	38.600	-7.900	0.6	0.5	0.5	0.8	0.1	0.7
Europe	Portugal	Lagos	0.8	37.100	-8.600	0.7	0.7	0.7	1.0	0.2	0.7
Europe	Portugal	Lisbon	0.7	38.700	-9.100	0.7	0.6	0.6	0.7	0.2	0.7
Europe	Portugal	Porto	0.6	41.100	-8.600	0.5	0.6	0.4	0.5	0.3	0.6
Europe	Republic of Ireland	Birr	0.5	53.100	-7.900	0.3	0.3	0.2	0.6	0.5	0.5
Europe	Republic of Ireland	Blacksod Point	0.5	54.100	-10.000	0.3	0.3	0.3	0.4	0.7	0.4
Europe	Republic of Ireland	Cork	0.5	51.900	-8.500	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5

Europe	Republic of Ireland	Dublin	0.5	53.400	-6.300	0.3	0.3	0.2	0.7	0.4	0.6
Europe	Republic of Ireland	Malin Head	0.5	55.300	-7.400	0.3	0.2	0.3	0.5	0.4	0.5
Europe	Republic of Ireland	Shannon Airport	0.5	52.700	-8.900	0.3	0.3	0.3	0.6	0.5	0.5
Europe	Republic of Ireland	Valentia	0.5	51.900	-10.200	0.3	0.3	0.3	0.4	0.7	0.4
Europe	Romania	Buchresti	0.6	44.400	26.100	0.3	0.3	0.2	0.8	0.1	0.9
Europe	Romania	Cluj	0.5	46.800	23.700	0.2	0.3	0.2	0.8	0.2	0.9
Europe	Romania	Constanta	0.6	44.200	28.600	0.3	0.3	0.3	0.9	0.6	0.8
Europe	Spain	Albacete	0.6	39.000	-1.800	0.4	0.4	0.3	0.8	0.1	0.7
Europe	Spain	Alicante	0.7	38.300	0.500	0.6	0.6	0.5	0.8	0.1	0.6
Europe	Spain	Almeria	0.7	36.800	-2.100	0.7	0.6	0.7	0.7	0.3	0.6
Europe	Spain	Avila	0.6	40.700	-4.700	0.3	0.4	0.2	0.9	0.1	0.7
Europe	Spain	Badajoz	0.7	38.900	-7.000	0.5	0.5	0.5	1.0	0.1	0.8
Europe	Spain	Barcelona	0.8	41.400	2.200	0.6	0.6	0.6	0.8	0.2	0.9
Europe	Spain	Burgos	0.6	42.300	-3.700	0.3	0.4	0.2	0.9	0.2	0.8
Europe	Spain	Ciudad Real	0.7	39.000	-3.900	0.4	0.4	0.3	0.9	0.2	0.7
Europe	Spain	Cuenca	0.6	40.100	-2.100	0.4	0.4	0.2	0.9	0.1	0.9
Europe	Spain	Finisterre	0.7	42.900	-9.300	0.5	0.6	0.5	0.6	0.7	0.6
Europe	Spain	Gibraltar	0.7	36.200	-5.300	0.7	0.7	0.8	0.7	0.3	0.6
Europe	Spain	Granada	0.7	37.200	-3.600	0.5	0.5	0.4	0.9	0.2	0.8
Europe	Spain	La Coruna	0.6	43.400	-8.400	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6
Europe	Spain	Las Palmas (Canary)	0.7	28.200	-15.500	0.7	0.7	0.8	0.7	0.6	0.7
Europe	Spain	Madrid	0.7	40.400	-3.700	0.4	0.4	0.3	0.9	0.1	0.8
Europe	Spain	Mahon (Minorca)	0.7	39.900	4.300	0.6	0.6	0.6	0.8	0.3	0.7
Europe	Spain	Malaga	0.8	36.700	-4.400	0.7	0.7	0.7	1.0	0.3	0.8
Europe	Spain	Murcia	0.7	38.000	-1.100	0.6	0.5	0.5	0.7	0.8	0.7
Europe	Spain	Palma (Mallorca)	0.8	39.600	2.800	0.6	0.6	0.6	1.0	0.3	0.8
Europe	Spain	Pamplona	0.6	42.800	-1.600	0.4	0.4	0.3	0.6	0.3	0.6
Europe	Spain	Salamanca	0.7	41.000	-5.700	0.4	0.4	0.2	0.9	0.1	0.8

Europe	Spain	Santander	0.6	43.500	-3.800	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5
Europe	Spain	Sevilla	0.7	37.500	-6.000	0.6	0.4	0.6	0.8	0.2	0.7
Europe	Spain	Soria	0.6	41.800	-2.500	0.3	0.4	0.2	0.9	0.2	0.8
Europe	Spain	Tortosa	0.8	40.800	0.500	0.6	0.6	0.5	0.9	0.2	0.8
Europe	Spain	Valencia	0.8	39.500	-0.400	0.6	0.6	0.5	0.9	0.1	0.7
Europe	Spain	Valladolid	0.7	41.610	-4.700	0.4	0.4	0.2	0.9	0.1	0.7
Europe	Spain	Zaragoza	0.7	41.600	-0.900	0.5	0.5	0.4	0.8	0.1	0.7
Europe	Sweden	Falun	0.5	60.600	15.600	0.1	0.2	0.1	0.9	0.2	0.9
Europe	Sweden	Goteborg	0.5	57.700	12.000	0.2	0.2	0.2	0.7	0.3	0.6
Europe	Sweden	Harnosand	0.4	62.600	18.000	0.1	0.1	0.1	0.7	0.4	0.6
Europe	Sweden	Jonkoping	0.5	57.800	14.200	0.2	0.2	0.1	0.9	0.3	0.8
Europe	Sweden	Kalmar	0.5	56.700	16.400	0.2	0.2	0.2	1.0	0.5	0.9
Europe	Sweden	Karlstad	0.5	59.400	13.500	0.2	0.2	0.1	0.8	0.3	0.7
Europe	Sweden	Ostersund	0.4	63.200	14.600	0.1	0.1	0.1	0.9	0.3	0.8
Europe	Sweden	Sarna	0.4	61.700	13.100	0.1	0.1	0.1	0.8	0.2	0.7
Europe	Sweden	Stensele	0.4	65.100	17.200	0.1	0.1	0.1	1.0	0.3	0.9
Europe	Sweden	Stockholm	0.5	59.300	18.100	0.2	0.2	0.1	0.8	0.3	0.7
Europe	Sweden	Storlien	0.3	63.300	12.100	0.1	0.1	0.1	0.5	0.4	0.5
Europe	Sweden	Uppsala	0.5	59.800	17.600	0.1	0.2	0.1	0.9	0.2	0.8
Europe	Sweden	Vastervik	0.5	57.800	16.600	0.2	0.2	0.2	0.9	0.3	0.8
Europe	Sweden	Visby (Gotland)	0.5	57.700	18.300	0.2	0.2	0.2	0.9	0.5	0.7
Europe	Switzerland	Basel	0.5	47.500	7.600	0.3	0.4	0.2	0.6	0.3	0.6
Europe	Switzerland	Bern	0.5	47.000	7.400	0.2	0.3	0.2	0.5	0.3	0.5
Europe	Switzerland	Geneve	0.5	46.200	6.200	0.3	0.3	0.2	0.6	0.2	0.6
Europe	Switzerland	Santis	0.2	47.300	9.300	0.0	0.0	0.1	0.2	0.7	0.3
Europe	Switzerland	St Moritz	0.4	46.500	9.900	0.1	0.2	0.1	0.6	0.1	0.5
Europe	Switzerland	Zermatt	0.5	46.000	7.800	0.1	0.2	0.1	0.8	0.0	0.8
Europe	Ukraine	Chernovtsy	0.5	48.300	25.900	0.2	0.3	0.2	0.8	0.3	0.9

Europe	Ukraine	Dnepropetrovsk	0.6	48.500	35.100	0.2	0.2	0.2	0.9	0.1	0.9
Europe	Ukraine	Khar'kov	0.5	50.000	36.200	0.2	0.2	0.1	0.9	0.2	0.9
Europe	Ukraine	Kirovograd	0.5	48.500	32.300	0.2	0.2	0.2	0.9	0.1	0.8
Europe	Ukraine	L'vov	0.5	49.800	24.000	0.2	0.2	0.2	0.8	0.3	0.9
Europe	Ukraine	Odessa	0.6	46.500	30.700	0.3	0.2	0.3	0.9	0.2	0.8
Europe	Ukraine	Sevastopol	0.6	44.600	33.500	0.3	0.3	0.3	0.8	0.3	0.7
Europe	United Kingdom	Aberdeen	0.5	57.200	-2.100	0.2	0.2	0.2	0.6	0.6	0.5
Europe	United Kingdom	Aldergrove	0.5	54.700	-6.200	0.2	0.3	0.2	0.6	0.5	0.5
Europe	United Kingdom	Birmingham	0.5	52.500	-1.900	0.3	0.3	0.2	0.7	0.4	0.6
Europe	United Kingdom	Braemar	0.4	57.000	-3.400	0.2	0.2	0.1	0.6	0.2	0.5
Europe	United Kingdom	Cambridge	0.6	52.200	0.100	0.3	0.3	0.2	0.9	0.5	0.8
Europe	United Kingdom	Cardiff	0.5	51.500	-3.200	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5
Europe	United Kingdom	Castle Archdale	0.5	54.500	-7.700	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6	0.5
Europe	United Kingdom	Douglas	0.5	54.200	-4.500	0.3	0.2	0.3	0.5	0.6	0.4
Europe	United Kingdom	Edinburgh	0.5	56.000	-3.200	0.2	0.2	0.2	0.7	0.6	0.5
Europe	United Kingdom	Eskdalemuir	0.4	55.300	-3.200	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.4
Europe	United Kingdom	Great Yarmouth	0.6	52.600	1.700	0.3	0.3	0.3	0.8	0.6	0.7
Europe	United Kingdom	Greenwich	0.6	51.500	0.000	0.3	0.3	0.3	0.8	0.3	0.8
Europe	United Kingdom	Holyhead	0.5	53.300	-4.600	0.3	0.3	0.3	0.6	0.7	0.5
Europe	United Kingdom	Inverness	0.5	57.400	-4.200	0.2	0.2	0.2	0.7	0.6	0.5
Europe	United Kingdom	Lerwick (Shetland)	0.4	60.100	-1.200	0.2	0.2	0.2	0.5	0.6	0.5
Europe	United Kingdom	Liverpool	0.5	53.400	-3.100	0.3	0.3	0.3	0.7	0.5	0.6
Europe	United Kingdom	Lympne	0.6	51.100	1.000	0.3	0.3	0.3	0.7	0.5	0.7
Europe	United Kingdom	Oxford	0.6	51.800	-1.300	0.3	0.3	0.2	0.8	0.6	0.7
Europe	United Kingdom	Plymouth	0.5	50.300	-4.100	0.3	0.3	0.3	0.5	0.7	0.5
Europe	United Kingdom	Renfrew	0.5	55.900	-4.400	0.2	0.3	0.2	0.5	0.4	0.5
Europe	United Kingdom	Rhayader	0.4	52.300	-3.500	0.2	0.3	0.2	0.4	0.5	0.4
Europe	United Kingdom	Ross-on-Wye	0.6	51.900	-2.600	0.3	0.3	0.2	0.7	0.4	0.7

Europe	United Kingdom	Scilly Isles	0.6	49.900	-6.300	0.3	0.3	0.4	0.6	0.6	0.5
Europe	United Kingdom	Skegness	0.6	53.200	0.300	0.3	0.3	0.2	0.9	0.5	0.7
Europe	United Kingdom	Southampton	0.6	50.900	-1.400	0.3	0.4	0.3	0.6	0.5	0.6
Europe	United Kingdom	St Ann's Head	0.5	51.700	-5.100	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5
Europe	United Kingdom	Stornoway	0.4	58.200	-6.300	0.2	0.2	0.2	0.4	0.6	0.4
Europe	United Kingdom	Tynemouth	0.5	55.000	-1.400	0.2	0.2	0.3	0.7	0.7	0.5
Europe	United Kingdom	Wick	0.5	58.400	-3.100	0.2	0.2	0.2	0.7	0.5	0.5
Europe	United Kingdom	York	0.6	54.000	-1.100	0.3	0.3	0.2	0.8	0.6	0.7
Europe	Yugoslavia	Beograd	0.6	44.800	20.400	0.4	0.4	0.3	0.8	0.1	0.9
Europe	Yugoslavia	Nis	0.6	43.300	21.900	0.4	0.4	0.2	0.9	0.1	0.9

**Anexo 2.** Quadro relativo à distribuição potencial de *Nephus reunioni* (comparação entre locais) na Europa (4º cenário). **GI** – Índice de Crescimento; **EI** – Índice Ecoclimático; **TI** – Índice de Temperatura; **MI** – Índice de Humidade; **CS** – Stress pelo Frio; **HS** – Stress pelo Calor; **DS** – Stress pela Secura; **WS** – Stress pela Humidade

Continente	País	Localização	GI	EI	TI	MI	CS	HS	DS
Europe	Albania	Durres	21	15	52	21	23	0	0
Europe	Albania	Shkoder	16	9	47	16	44	0	0
Europe	Austria	Eisenerz	0	0	19	0	653	0	0
Europe	Austria	Feldkirch	0	0	23	0	559	0	0
Europe	Austria	Graz	1	0	28	7	520	0	0
Europe	Austria	Innsbruck	25	0	28	53	595	0	0
Europe	Austria	Klagenfurt	0	0	27	0	600	0	0
Europe	Austria	Linz	0	0	25	0	519	0	0
Europe	Austria	Salzburg	0	0	23	0	563	0	0
Europe	Austria	Sonnblick	0	0	0	0	999	0	0
Europe	Austria	Wien	25	0	27	59	119	0	0
Europe	Belarus	Brest	19	0	20	97	607	0	0
Europe	Belarus	Minsk	14	0	14	62	729	0	0
Europe	Belarus	Vasilevichi	19	0	19	82	695	0	0
Europe	Belgium	Brussels	14	0	21	28	500	0	0
Europe	Belgium	Huy	19	0	23	40	504	0	0
Europe	Belgium	Oostende	8	0	17	16	449	0	0
Europe	Bosnia-Herzegovina	Sarajevo	21	0	34	36	519	0	0
Europe	Bulgaria	Pleven	24	1	42	77	95	0	0
Europe	Bulgaria	Plovdiv	12	1	44	60	95	0	0
Europe	Bulgaria	Sliven	19	4	42	64	78	0	0
Europe	Bulgaria	Sofiya	21	0	35	83	516	0	0
Europe	Bulgaria	Varna	19	5	41	69	74	0	0
Europe	Croatia	Hvar	21	15	51	23	27	0	0
Europe	Croatia	Senj	15	8	46	15	43	0	0

Europe	Croatia	Slavonski Brod	23	0	38	34	106	0	0
Europe	Croatia	Split	18	11	49	20	39	0	0
Europe	Croatia	Zagreb	21	2	36	27	88	0	0
Europe	Czech Republic	Brno	26	0	27	82	105	0	0
Europe	Czech Republic	Ceske Budejovice	21	0	22	97	615	0	0
Europe	Czech Republic	Praha	18	0	25	83	492	0	0
Europe	Czech Republic	Prerov	24	0	25	91	573	0	0
Europe	Czech Republic	Snezka	0	0	0	0	942	0	0
Europe	Denmark	Aarhus	14	0	15	34	543	0	0
Europe	Denmark	Kobenhavn	15	0	17	46	535	0	0
Europe	Denmark	Odense	14	0	15	43	563	0	0
Europe	Denmark	Sandvig (Bornholm)	15	0	16	36	474	0	0
Europe	Denmark	Skagen	11	0	13	30	506	0	0
Europe	Denmark	Studsgard	11	0	14	27	605	0	0
Europe	Denmark	Thorshavn (Faroe)	0	0	0	0	599	0	0
Europe	Denmark	Vestervig	8	0	11	21	524	0	0
Europe	Estonia	Tallinn	10	0	11	45	697	0	0
Europe	Estonia	Tartu	14	0	15	41	155	0	0
Europe	Finland	Helsinki	11	0	12	26	672	0	0
Europe	Finland	Kajaani	9	0	10	37	890	0	0
Europe	Finland	Kuopio	9	0	10	26	864	0	0
Europe	Finland	Mariehamn	9	0	11	33	657	0	0
Europe	Finland	Pielisjarvi	8	0	10	36	963	0	0
Europe	Finland	Tampere	11	0	13	36	766	0	0
Europe	Finland	Turku	10	0	11	38	747	0	0
Europe	Finland	Vaasa	8	0	9	50	741	0	0
Europe	France	Ajaccio (Corsica)	18	10	54	24	42	0	0
Europe	France	Auxerre	21	0	31	44	460	0	0

Europe	France	Bagneres do Bigo	4	0	27	6	455	0	0
Europe	France	Belfort	16	0	24	27	525	0	0
Europe	France	Bordeaux	20	0	38	30	376	0	0
Europe	France	Brest	16	0	23	27	332	0	0
Europe	France	Calais	1	0	16	2	445	0	0
Europe	France	Cherbourg	7	0	19	13	322	0	0
Europe	France	Clermont Ferrand	22	0	30	89	514	0	0
Europe	France	Dijon	22	0	31	42	477	0	0
Europe	France	La Rochelle	23	7	35	43	71	0	0
Europe	France	Laquenexy	20	0	28	34	487	0	0
Europe	France	Le Puy	18	0	25	89	572	0	0
Europe	France	Lille	21	0	26	38	446	0	0
Europe	France	Limoges	19	0	31	32	475	0	0
Europe	France	Lyon	27	0	35	45	435	0	0
Europe	France	Marseille	18	7	45	53	64	0	0
Europe	France	Nancy	19	0	23	43	529	0	0
Europe	France	Nantes	18	0	30	32	427	0	0
Europe	France	Nice	19	12	50	22	37	0	0
Europe	France	Orleans	17	0	27	39	453	0	0
Europe	France	Paris	16	0	27	57	469	0	0
Europe	France	Perpignan	16	8	47	51	52	0	0
Europe	France	Poitiers	16	0	30	35	433	0	0
Europe	France	Reims	18	0	27	43	508	0	0
Europe	France	Rennes	16	0	26	36	447	0	0
Europe	France	Strasbourg	27	0	30	44	470	0	0
Europe	France	Toulon	16	9	48	19	40	0	0
Europe	France	Toulouse	18	3	40	36	83	0	0
Europe	Germany	Berlin	17	0	21	60	544	0	0

Europe	Germany	Bremen	16	0	18	44	506	0	0
Europe	Germany	Brocken	0	0	0	0	817	0	0
Europe	Germany	Dresden	24	0	24	69	505	0	0
Europe	Germany	Frankfurt	20	0	25	53	487	0	0
Europe	Germany	Freiburg	7	0	26	12	480	0	0
Europe	Germany	Hamburg	8	0	16	17	497	0	0
Europe	Germany	Hannover	19	0	20	58	520	0	0
Europe	Germany	Helgoland	0	0	12	0	433	0	0
Europe	Germany	Hof	12	0	15	48	712	0	0
Europe	Germany	Kassel	19	0	20	60	543	0	0
Europe	Germany	Kiel	6	0	14	13	524	0	0
Europe	Germany	Koln	23	0	25	49	426	0	0
Europe	Germany	Leipzig	22	0	23	69	525	0	0
Europe	Germany	Luneburg	16	0	19	53	576	0	0
Europe	Germany	Munchen	0	0	18	0	595	0	0
Europe	Germany	Munster	18	0	20	43	536	0	0
Europe	Germany	Nurnberg	21	0	22	69	553	0	0
Europe	Germany	Stuttgart	24	0	25	67	495	0	0
Europe	Germany	Zugspitze	0	0	0	0	999	0	0
Europe	Greece	Alexandroupolis	11	5	46	21	51	0	0
Europe	Greece	Athinai	9	7	55	32	24	0	1
Europe	Greece	Iraklion (Crete)	15	13	69	22	14	0	1
Europe	Greece	Kastron (Limnos)	12	8	52	22	31	0	0
Europe	Greece	Kerkira (Corfu)	14	10	58	14	25	0	0
Europe	Greece	Khalkis	10	7	55	28	31	0	1
Europe	Greece	Kithira	13	10	59	18	17	0	0
Europe	Greece	Larissa	13	6	48	33	53	0	0
Europe	Greece	Mitilini (Lesbos)	12	8	57	15	28	0	0

Europe	Greece	Naxos	15	14	66	26	10	0	1
Europe	Greece	Patrai	15	12	59	18	22	0	0
Europe	Greece	Thessaloniki	16	9	50	62	41	0	0
Europe	Greece	Vathi (Samos)	13	10	59	15	18	0	0
Europe	Greece	Zakinthos (Zante)	13	11	62	14	15	0	0
Europe	Hungary	Budapest	19	1	38	44	93	0	0
Europe	Hungary	Debrecen	20	0	34	72	536	0	0
Europe	Hungary	Eger	21	0	34	74	548	0	0
Europe	Hungary	Keszthely	28	1	35	47	98	0	0
Europe	Hungary	Mosonmagyaróvár	21	0	32	56	488	0	0
Europe	Hungary	Szeged	21	1	39	67	95	0	0
Europe	Iceland	Reykjavik	1	0	1	14	658	0	0
Europe	Iceland	Stykkisholmur	0	0	0	23	774	0	0
Europe	Iceland	Teigarhorn	0	0	1	0	713	0	0
Europe	Iceland	Vestmannaeyjar	0	0	0	0	623	0	0
Europe	Italy	Ancona	26	17	47	40	34	0	0
Europe	Italy	Bologna	16	6	46	23	64	0	0
Europe	Italy	Bolzano	28	0	43	78	513	0	0
Europe	Italy	Brindisi	18	13	55	27	29	0	0
Europe	Italy	Cagliari (Sardinia)	18	12	57	57	33	0	0
Europe	Italy	Firenze	19	7	47	22	62	0	0
Europe	Italy	Foggia	13	6	48	52	53	0	1
Europe	Italy	Genova	20	14	52	20	27	0	0
Europe	Italy	Livorno	25	19	51	29	25	0	0
Europe	Italy	Lugano	0	0	39	0	93	0	0
Europe	Italy	Messina (Sicily)	16	14	63	17	14	0	0
Europe	Italy	Milano	24	8	43	28	68	0	0
Europe	Italy	Napoli	21	14	54	24	34	0	0

Europe	Italy	Nuoro (Sardinia)	11	5	44	31	58	0	0
Europe	Italy	Palermo (Sicily)	16	14	64	18	17	0	0
Europe	Italy	Pantelleria	13	10	54	53	18	0	1
Europe	Italy	Perugia	20	10	42	30	52	0	0
Europe	Italy	Pescara	19	9	46	31	51	0	0
Europe	Italy	Roma	18	10	52	29	47	0	0
Europe	Italy	San Remo	18	13	50	23	28	0	0
Europe	Italy	Sassari (Sardinia)	17	12	52	30	29	0	0
Europe	Italy	Siracusa (Sicily)	18	13	60	20	24	0	0
Europe	Italy	Taranto	11	8	52	51	29	0	1
Europe	Italy	Venezia	26	13	45	31	50	0	0
Europe	Italy	Verona	25	4	44	43	82	0	0
Europe	Latvia	Riga	17	0	17	53	603	0	0
Europe	Latvia	Ventspils	3	0	8	10	618	0	0
Europe	Lithuania	Kaunas	15	0	16	52	687	0	0
Europe	Luxembourg	Luxembourg	19	0	23	39	499	0	0
Europe	Macedonia	Skopje	9	0	42	52	108	0	0
Europe	Monaco	Monaco	22	17	50	22	19	0	0
Europe	Netherlands	Amsterdam	18	3	21	33	86	0	0
Europe	Netherlands	Den Helder	9	0	15	18	404	0	0
Europe	Netherlands	Groningen	16	0	19	34	482	0	0
Europe	Netherlands	Rotterdam	19	0	21	34	402	0	0
Europe	Netherlands	Winterswijk	19	0	21	42	516	0	0
Europe	Norway	Bergen	0	0	17	0	641	0	0
Europe	Norway	Bronnoysund	0	0	4	0	629	0	0
Europe	Norway	Dalen	5	0	9	14	721	0	0
Europe	Norway	Dombas	3	0	4	84	949	0	0
Europe	Norway	Fanaraken	0	0	0	0	999	0	0

Europe	Norway	Krakenes	0	0	4	0	478	0	0
Europe	Norway	Kristiansand	4	0	14	7	619	0	0
Europe	Norway	Kristiansund	0	0	3	0	555	0	0
Europe	Norway	Laerdal	5	0	8	55	618	0	0
Europe	Norway	Lillehammer	11	0	11	47	828	0	0
Europe	Norway	Oslo	15	0	17	40	663	0	0
Europe	Norway	Roros	2	0	2	97	999	0	0
Europe	Norway	Stavanger	0	0	10	0	494	0	0
Europe	Norway	Trondheim	6	0	6	26	716	0	0
Europe	Poland	Gdansk	16	0	16	74	549	0	0
Europe	Poland	Krakow	15	0	25	39	559	0	0
Europe	Poland	Ostroda	17	0	18	78	615	0	0
Europe	Poland	Poznan	20	0	25	91	552	0	0
Europe	Poland	Szczecin	16	0	21	59	543	0	0
Europe	Poland	Warszawa	21	0	23	86	585	0	0
Europe	Poland	Wroclaw	23	0	23	89	533	0	0
Europe	Poland	Zakopane	0	0	10	0	801	0	0
Europe	Portugal	Braganca	6	0	30	15	518	0	0
Europe	Portugal	Coimbra	14	7	54	19	51	0	0
Europe	Portugal	Evora	10	6	49	23	45	0	0
Europe	Portugal	Lagos	12	9	61	24	24	0	1
Europe	Portugal	Lisbon	13	10	52	19	25	0	0
Europe	Portugal	Porto	14	0	42	19	269	0	0
Europe	Republic of Ireland	Birr	1	0	14	2	487	0	0
Europe	Republic of Ireland	Blacksod Point	0	0	9	0	378	0	0
Europe	Republic of Ireland	Cork	6	0	15	13	447	0	0
Europe	Republic of Ireland	Dublin	10	0	12	31	510	0	0
Europe	Republic of Ireland	Malin Head	0	0	6	0	407	0	0

Europe	Republic of Ireland	Shannon Airport	1	0	15	3	444	0	0
Europe	Republic of Ireland	Valentia	0	0	12	0	337	0	0
Europe	Romania	Buchresti	19	0	41	71	106	0	0
Europe	Romania	Cluj	25	0	30	89	573	0	0
Europe	Romania	Constanta	13	3	36	70	79	0	0
Europe	Spain	Albacete	4	0	41	34	88	0	1
Europe	Spain	Alicante	9	6	62	25	34	0	1
Europe	Spain	Almeria	7	6	65	24	15	0	1
Europe	Spain	Avila	4	0	28	58	507	0	0
Europe	Spain	Badajoz	11	6	49	47	45	0	1
Europe	Spain	Barcelona	30	22	54	64	27	0	0
Europe	Spain	Burgos	7	0	26	43	502	0	0
Europe	Spain	Ciudad Real	7	2	42	51	77	0	1
Europe	Spain	Cuenca	10	0	36	65	500	0	0
Europe	Spain	Finisterre	21	13	38	28	38	0	0
Europe	Spain	Gibraltar	14	13	69	16	9	0	0
Europe	Spain	Granada	10	4	45	56	62	0	0
Europe	Spain	La Coruna	20	9	33	28	54	0	0
Europe	Spain	Las Palmas (Canary)	28	28	92	34	0	0	1
Europe	Spain	Madrid	7	2	42	59	73	0	0
Europe	Spain	Mahon (Minorca)	19	15	55	22	21	0	0
Europe	Spain	Malaga	20	16	66	39	16	0	1
Europe	Spain	Murcia	12	7	59	32	38	0	1
Europe	Spain	Palma (Mallorca)	22	15	57	51	34	0	0
Europe	Spain	Pamplona	17	0	35	25	401	0	0
Europe	Spain	Salamanca	6	0	38	57	491	0	0
Europe	Spain	Santander	0	0	37	0	41	0	0
Europe	Spain	Sevilla	14	10	54	19	29	0	0

Europe	Spain	Soria	9	0	30	47	519	0	0
Europe	Spain	Tortosa	24	15	57	62	36	0	0
Europe	Spain	Valencia	15	10	56	48	32	0	1
Europe	Spain	Valladolid	5	0	38	55	463	0	0
Europe	Spain	Zaragoza	5	2	46	28	62	0	1
Europe	Sweden	Falun	10	0	11	80	743	0	0
Europe	Sweden	Goteborg	12	0	14	28	550	0	0
Europe	Sweden	Harnosand	7	0	8	30	793	0	0
Europe	Sweden	Jonkoping	11	0	12	72	666	0	0
Europe	Sweden	Kalmar	10	0	13	77	583	0	0
Europe	Sweden	Karlstad	12	0	15	41	664	0	0
Europe	Sweden	Ostersund	6	0	6	77	832	0	0
Europe	Sweden	Sarna	7	0	7	52	999	0	0
Europe	Sweden	Stensele	4	0	5	84	999	0	0
Europe	Sweden	Stockholm	11	0	12	47	644	0	0
Europe	Sweden	Storlien	0	0	2	0	958	0	0
Europe	Sweden	Uppsala	10	0	12	64	740	0	0
Europe	Sweden	Vastervik	11	0	14	51	618	0	0
Europe	Sweden	Visby (Gotland)	9	0	10	47	577	0	0
Europe	Switzerland	Basel	19	0	30	30	503	0	0
Europe	Switzerland	Bern	0	0	22	0	541	0	0
Europe	Switzerland	Geneve	20	0	29	27	463	0	0
Europe	Switzerland	Santis	0	0	0	0	999	0	0
Europe	Switzerland	St Moritz	0	0	8	0	999	0	0
Europe	Switzerland	Zermatt	8	0	8	68	755	0	0
Europe	Ukraine	Chernovtsy	29	0	29	100	598	0	0
Europe	Ukraine	Dnepropetrovsk	15	0	32	64	121	0	0
Europe	Ukraine	Khar'kov	13	0	29	74	690	0	0

Europe	Ukraine	Kirovograd	9	0	28	66	639	0	0
Europe	Ukraine	L'vov	24	0	26	98	142	0	0
Europe	Ukraine	Odessa	10	1	34	63	89	0	0
Europe	Ukraine	Sevastopol	4	1	36	55	73	0	0
Europe	United Kingdom	Aberdeen	0	0	7	0	485	0	0
Europe	United Kingdom	Aldergrove	0	0	10	1	485	0	0
Europe	United Kingdom	Birmingham	11	0	15	30	457	0	0
Europe	United Kingdom	Braemar	4	0	6	19	673	0	0
Europe	United Kingdom	Cambridge	15	0	19	48	502	0	0
Europe	United Kingdom	Cardiff	0	0	16	0	440	0	0
Europe	United Kingdom	Castle Archdale	0	0	10	0	453	0	0
Europe	United Kingdom	Douglas	0	0	9	0	423	0	0
Europe	United Kingdom	Edinburgh	0	0	9	0	491	0	0
Europe	United Kingdom	Eskdalemuir	0	0	6	0	634	0	0
Europe	United Kingdom	Great Yarmouth	14	0	15	38	404	0	0
Europe	United Kingdom	Greenwich	13	0	21	43	452	0	0
Europe	United Kingdom	Holyhead	0	0	12	0	361	0	0
Europe	United Kingdom	Inverness	0	0	7	1	528	0	0
Europe	United Kingdom	Lerwick (Shetland)	0	0	2	0	539	0	0
Europe	United Kingdom	Liverpool	4	0	12	9	422	0	0
Europe	United Kingdom	Lympne	14	0	16	35	448	0	0
Europe	United Kingdom	Oxford	16	0	19	40	474	0	0
Europe	United Kingdom	Plymouth	0	0	15	0	361	0	0
Europe	United Kingdom	Renfrew	0	0	10	1	516	0	0
Europe	United Kingdom	Rhayader	0	0	10	0	550	0	0
Europe	United Kingdom	Ross-on-Wye	14	0	17	39	455	0	0
Europe	United Kingdom	Scilly Isles	0	0	15	0	286	0	0
Europe	United Kingdom	Skegness	13	0	14	50	460	0	0

Europe	United Kingdom	Southampton	17	0	20	35	439	0	0
Europe	United Kingdom	St Ann's Head	0	0	11	0	338	0	0
Europe	United Kingdom	Stornoway	0	0	5	0	479	0	0
Europe	United Kingdom	Tynemouth	0	0	9	0	426	0	0
Europe	United Kingdom	Wick	0	0	3	0	514	0	0
Europe	United Kingdom	York	15	0	16	42	477	0	0
Europe	Yugoslavia	Beograd	23	3	42	64	86	0	0
Europe	Yugoslavia	Nis	17	0	42	67	107	0	0

**Anexo 3.** Espécies de plantas estudadas, objectivos e regiões onde foram efectuados estudos de aplicação do CLIMEX.

Ordem	Espécies	Objectivos						Continente						Nº Países	Ref. Biblio.	
		1	2	3	4	5	6	A	B	C	D	E	F			
Asterales	<i>Chromolaena odorata</i>	X	X							X			X	X	-	Kriticos, et al., 2005; Robertson, et al., 2008; McFayden & Skarrat, 1996
Euphorbiales	<i>Sauropus spp.</i>		X										X		1	Hunter, 2005
	<i>Triadica sebifera</i>	X	X						X						1	Pattison & Mack, 2008
Fabales	<i>Acacia nilotica ssp. Indica</i>	X		X									X		1	Senaratne, et al., 2006; Kriticos, et al., 2003b
	<i>Cytisus scoparius ssp. scoparius</i>	X												X	1	Potter, et al., 2009
	<i>Senna obtusifolia</i>		X										X	X	-	Dunlop, et al., 2006
Gentianales	<i>Cryptostegia grandiflora</i>	X											X	X	-	Kriticos, et al., 2003a
Malvales	<i>Gossypium hirsutum</i>					X	X						X		1	Addison, et al., 2007; Rogers, et al., 2007
Myrtales	<i>Melaleuca quinquenervia</i>	X	X											X	-	Watt, et al., 2009
Polypodiales	<i>Lygodium microphyllum</i>	X							X						1	Goolsby, 2004
Scrophulariales	<i>Macfadyena unguis-cati</i>	X								X			X		2	Rafter, et al., 2008
ND	ND				X			X		X			X		3	Bennett, et al., 1998

1 – Alterações climáticas; 2 – Biogeografia; 3 – Luta biológica; 4 – Melhoramento genético; 5 – Risco de naturalização de linha transgénica; 6 – Risco de invasão por linhas transgénicas; A - Ásia; B – América; C - África; D - Europa; E – Oceânia; F - Mundial

**Anexo 4.** Doenças estudadas, objectivos e regiões onde foram efectuados estudos de aplicação do CLIMEX.

Ordem	Espécies	Objectivos			Continente				Nº Países	Ref. Biblio.
		1	2	3	A	B	C	D		
Botryosphaeriales	<i>Guignardia citricarpa</i>		X				X	X	-	Paul, et al., 2005
	<i>Sphaeropsis sapinea</i>	X					X		1	Desprez-Loustau, et al., 2007
Capnodiales	<i>Dothistroma spp</i>		X					X	-	Watt M. S., et al., 2009
	<i>Mycosphaerella pini</i>	X					X		1	Desprez-Loustau, et al., 2007
Diaporthales	<i>Cryphonectria parasitica</i>	X					X		1	Desprez-Loustau, et al., 2007
Peronosporales	<i>Phytophthora cinnamomi</i>	X					X		1	Desprez-Loustau, et al., 2007
	<i>Phytophthora ramorum</i>		X			X			1	Venette & Cohen, 2006
Pleosporales	<i>Pyrenophora semeniperda</i>		X					X	-	Yonow, et al., 2004
Pucciniales	<i>Endophyllum osteospermi</i>			X	X				1	Wood, et al., 2004
	<i>Melampsora alli-populina</i>	X					X		1	Desprez-Loustau, et al., 2007
	<i>Melampsora larici-populina</i>	X					X		1	Desprez-Loustau, et al., 2007
	<i>Melampsora medusae</i>	X			X		X		1	Desprez-Loustau, et al., 2007
	<i>Melampsora pinitorqua</i>	X					X		1	Desprez-Loustau, et al., 2007
Xanthomonadales	<i>Phakopsora pachyrhizi</i>	X						X	-	Pivonia & Yang, 2004
	<i>Xylella fastidiosa</i>		X			X		X	-	Hoddle, 2004
Xylariales	<i>Biscogniauxia mediterranea</i>	X					X		1	Desprez-Loustau, et al., 2007

1 – Alterações climáticas; 2 – Biogeografia; 3 – Luta biológica; A - Oceânia; B – América; C - Europa; D - Mundial