

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA VARIABILIDADE/MUDANÇAS CLIMÁTICAS  
SOBRE *Euschistus heros*, *Telenomus podisi* E FERRUGEM ASIÁTICA NA SOJA,  
NA REGIÃO SUL DO BRASIL

Vanessa Vitória Chevarria  
Engenheira Agrônoma/UFPEL

Dissertação apresentada com um dos requisitos  
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia  
Ênfase em Entomologia

Porto Alegre (RS), Brasil  
Março de 2011

VANESSA VITÓRIA CHEVARRIA  
Engenheira Agrônoma - UFPel

## DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

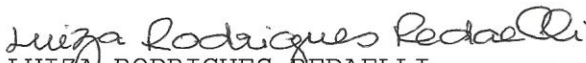
### MESTRE EM FITOTECNIA

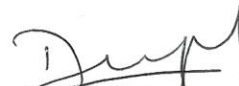
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

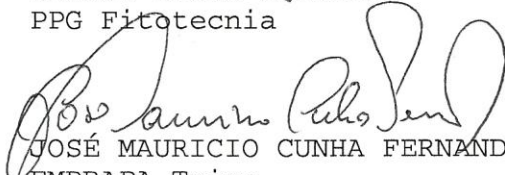
Aprovado em: 02.03.2011  
Pela Banca Examinadora

  
SIMONE MUNDSTOCK JAHNKE  
Orientadora - PPG Fitotecnia


  
EMERSON MEDEIROS DEL PONTE  
Co-orientador - PPG Fitotecnia


  
LUIZA RODRIGUES REDAELLI  
PPG Fitotecnia

  
DENISE CYBIS FONTANA  
PPG Fitotecnia

  
JOSÉ MAURICIO CUNHA FERNANDES  
EMBRAPA Trigo  
Passo Fundo/RS

Homologado em: 16.05.2011  
Por

  
PAULO VITOR DUTRA DE SOUZA  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia

  
PEDRO ALBERTO SELBACH  
Diretor da Faculdade de  
Agronomia

*Aos meus pais Carlos e Márcia,  
Ao meu irmão Rafael,  
pessoas essenciais na minha vida.*

***Dedico***

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida e pelas grandes oportunidades a mim proporcionadas.

Aos meus pais, Carlos e Márcia Chevarria, pelo amor, amizade e apoio incondicional na concretização dos meus sonhos e objetivos sem, em momento algum, medir esforços para que isto fosse possível.

Ao meu irmão, Rafael Chevarria, pela amizade, o apoio e carinho a mim dispensados.

Ao meu namorado, Alex Signor, pelo carinho, estímulo e incentivo.

À minha orientadora Dra. Simone Mundstock Jahnke e ao meu coorientador Dr. Emerson Medeiros Del Ponte pelos ensinamentos, companheirismo, motivação, ajuda, paciência e incentivo e pelas oportunidades de aprendizado e crescimento profissional a mim concedidas.

Às pesquisadoras da Embrapa Meio Ambiente, Dra. Aline Maia e Emília Hamada pela atenção, dedicação, empenho e profissionalismo na realização do trabalho.

Aos meus amigos Talita Würdig, Ana Rosa Pereira, Fernanda Kuhn, Said Hasan, Franciele Serpa, Rita Machado, Caroline Reyes, Ricardo Bisotto, Fernanda Bertolo, Thiago Veloso, Patrícia Gregório, Rosana Moraes, Manuela Sulzback, Pedro Veit, Patrícia Menegaz, Milena Zanela, que foram importantes e motivadores, que sempre me apoiaram e torceram por mim, direcionando pensamentos positivos.

Aos professores do Departamento de Fitossanidade, Josué Sant'Ana, Luiza Redaelli e Ana Paula Ott pelos ensinamentos transmitidos e amizade.

À equipe do Laboratório de Geotecnologias e Métodos Quantitativos da Embrapa Meio Ambiente e ao MSc. João Eduardo Pedrini, da Universidade de Passo Fundo pelo total auxílio na realização do trabalho.

À secretária do PPG, Marisa Bello pela amizade, paciência e competência.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a concretização deste trabalho.

# **AValiação DO IMPACTO DA VARIABILIDADE/MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE *Euschistus heros*, *Telenomus podisi* E FERRUGEM ASIÁTICA NA SOJA, NA REGIÃO SUL DO BRASIL<sup>1</sup>**

Autor: Vanessa Vitória Chevarria

Orientador: Simone Mundstock Jahnke

Coorientador: Emerson Medeiros Del Ponte

## **RESUMO**

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, entretanto, fatores bióticos e abióticos representam ameaças à cultura causando sérios danos, com significativo impacto econômico. Dentre os problemas fitossanitários destacam-se o percevejo-marrom *Euschistus heros* e a ferrugem asiática. Para o controle biológico do percevejo, o parasitóide *Telenomus podisi* tem sido referido como um dos agentes potenciais em programas de MIP. A temperatura média diária e a precipitação são fatores abióticos que afetam tanto à cultura da soja, quanto aos organismos a ela associados. Assim, o trabalho teve como objetivos: 1) determinar faixas de favorabilidade para o desenvolvimento de *E. heros* e *T. podisi*; 2) simular o número de gerações dos insetos e a severidade da ferrugem asiática em soja, em municípios do Rio Grande do Sul, em cenários históricos de clima, considerando o ciclo da cultivar, a data da semeadura e o momento de detecção da praga e da doença e 3) avaliar os impactos potenciais das mudanças climáticas sobre estes organismos por meio do mapeamento de risco em cenários de clima futuros projetados pelos modelos globais do IPCC (média de 15 modelos). O trabalho considerou duas abordagens de simulação do efeito do clima sobre o desenvolvimento destes organismos. Na primeira, simulou-se os efeitos da variabilidade climática anual com dados de séries históricas de clima sobre o desenvolvimento dos organismos, por meio da integração de modelos bioclimáticos e, de simulação da cultura, considerando-se a época de semeadura, o momento de detecção e o ciclo da cultivar. Na segunda abordagem os modelos bioclimáticos foram integrados a sistemas de informações geográficas com dados de clima futuro, gerando mapas de favorabilidade para ocorrência dos insetos e da severidade da doença. *E. heros* apresentou melhor desenvolvimento na temperatura de 26° a 28°C; maior número de gerações na data de semeadura mais precoce, na cultivar de ciclo médio e no momento de detecção em R1, variando de duas a três gerações. A temperatura muito favorável ao desenvolvimento de *T. podisi* foi de 20° a 28°C; o número de gerações variou de três a seis, sendo mais encontrado no plantio mais precoce. Para a ferrugem asiática, não houve tendência de variação significativa dos níveis de severidade em função dos parâmetros avaliados. Os cenários de clima projetados para o futuro indicam um aumento na área favorável ao estabelecimento de *E. heros* e *T. podisi* e na severidade da ferrugem asiática em relação ao clima atual, diretamente relacionados às potenciais mudanças nas condições médias de temperatura e precipitação conforme apontadas pelos cenários do IPCC.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (92p.) Março, 2011.

# **RISK ASSESSMENT OF VARIABILITY/CLIMATE CHANGE ON THE *Euschistus heros*, *Telenomus podisi* AND ASIAN SOYBEAN RUST OF SOYBEAN, IN THE SOUTHERN REGION OF BRAZIL<sup>1</sup>**

Author: Vanessa Vitória Chevarria  
Adviser: Simone Mundstock Jahnke  
Co-adviser: Emerson Medeiros Del Ponte

## **ABSTRACT**

Brazil is the second largest soybean producer, however, biotic and abiotic factors affect the crop, causing serious damage, with significant economic impact. Among these problems, *Euschistus heros* and asian soybean rust. For biological control of the insects, the parasitoid *Telenomus podisi* has been described as one of the potential agents in MIP programs. The daily average temperature and precipitation are both environmental factors that affect the soybean crop, and its associated organisms. Thus, the study aimed to: 1) determine ranges of favorability for the development of *E. heros* and *T. podisi*; 2) simulate the number of generations of insects and severity of asian soybean rust on soybeans in municipalities of Rio Grande do Sul, historical weather scenarios, given the cycle of the cultivar, sowing date and time of pest and disease detection and 3) assess the potential impacts of climate change on these organisms by mapping risk in future climate scenarios projected by the IPCC global models (average of 15 models). The study considered two approaches for simulating the effect of climate on the development of these organisms. It was simulated the variability of climate effects with data from annual time series of climate on the development of organisms through the integration of bioclimatic models and simulation of culture, considering the time of sowing, time of detection and the cultivation cycle. In the second approach bioclimatic models were integrated into geographic information systems with future climate data, generating maps of favorability for the occurrence of insects and disease severity. *E. heros* showed better development at 26° to 28°C, high number of generations in the early sowing date, at medium maturity cultivar and time of detection in R1, ranging from two to three generations. The temperature most favorable to the development of *T. podisi* was 20° to 28° C, the number of generations ranged from three to six, the most found in the earlier planting. For asian soybean rust, no significant trend of variation in levels of severity depending on the parameters. The climate scenarios projected for the future indicate an increase in the area favored the establishment of *E. heros* and *T. podisi* and severity of asian soybean rust in relation to the current climate, directly related to potential changes in average conditions of temperature and precipitation as noted by the IPCC scenarios.

---

<sup>1</sup> Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (92p.) March, 2011.

## SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1 A cultura da soja.....	4
2.2 Problemas fitossanitários da soja .....	6
2.2.1 <i>Euschistus heros</i> .....	7
2.2.2 Ferrugem asiática .....	9
2.3 Manejo integrado de pragas e doenças da soja .....	11
2.3.1 <i>Telenomus podisi</i> .....	12
2.4 O papel da temperatura e umidade na ocorrência e distribuição espacial de insetos e patógenos de plantas .....	13
2.5 Cenários climáticos do <i>Intergovernmental Panel of Climate Change</i> .....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	20
3.1 Determinação de faixas de temperatura para o desenvolvimento de <i>Euschistus heros</i> e <i>Telenomus podisi</i> .....	21
3.2 Abordagem 1 – Simulação histórica e local .....	21
3.2.1 Modelo de crescimento e desenvolvimento da soja.....	21
3.2.2 Dados climáticos .....	22
3.2.3 Modelos de desenvolvimento dos insetos .....	22
3.2.4 Modelo de severidade da ferrugem asiática .....	23
3.2.5 Cenários de simulação na série histórica .....	24
3.3 Abordagem 2 – Mapeamento da distribuição de pragas e parasitóide e severidade da doença em cenários de mudanças climáticas .....	25
3.3.1 Dados climáticos utilizados .....	26
3.3.2. Modelos bioclimáticos.....	26
3.3.3 Mapeamento das áreas de favorabilidade.....	26

	Página
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
4.1 Faixas de requerimentos climáticos para os insetos .....	28
4.2 Simulação do número de gerações dos insetos e da severidade da ferrugem asiática .....	31
4.2.1 Simulações para <i>Euschistus heros</i> .....	31
4.2.1.1 Efeito do ciclo da cultivar .....	31
4.2.1.2 Efeito do momento da detecção .....	34
4.2.1.3 Efeito da data da sementeira .....	37
4.2.2 Simulações para <i>Telenomus podisi</i> .....	40
4.2.2.1 Efeito da data da sementeira .....	40
4.2.3 Simulações para Ferrugem asiática .....	42
4.3 Avaliação dos impactos das mudanças climáticas em insetos e doenças da soja .....	49
4.3.1 <i>Euschistus heros</i> .....	49
4.3.2 <i>Telenomus podisi</i> .....	57
4.3.3 Ferrugem asiática .....	64
4.3.4 Projeções de favorabilidade climática por município .....	69
4.3.4.1 <i>Euschistus heros</i> .....	69
4.3.4.2 <i>Telenomus podisi</i> .....	70
4.3.4.3 Ferrugem asiática .....	71
5 CONCLUSÕES GERAIS .....	72
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	73
7 APÊNDICES .....	80



## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Estádios vegetativos e reprodutivos da soja.....	05
2. Modelos climáticos globais do Quarto Relatório do <i>Intergovernmental Panel of Climate Change</i> .....	18
3. Equações utilizadas para o cálculo de graus-dia acumulados.....	23
4. Faixas de favorabilidade para o ciclo biológico de <i>Euschistus heros</i> em soja.....	28
5. Faixas de favorabilidade para o ciclo biológico de <i>Telenomus podisi</i> .....	30
6. Estimativa de severidade (%) da ferrugem asiática da soja em função da época de semeadura, cultivar e momento de detecção para o município de Passo Fundo, RS.....	43
7. Estimativa de severidade (%) da ferrugem asiática da soja em função da época de semeadura, cultivar e momento de detecção para o município de Santa Rosa, RS.....	44
8. Percentual de área geográfica para faixas de favorabilidade à <i>Euschistus heros</i> na Região Sul do Brasil para o período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários A2 e B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.....	56
9. Percentual de área geográfica para faixas de favorabilidade à <i>Telenomus podisi</i> na Região Sul do Brasil para o período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários A2 e B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.....	63
10. Percentual de área geográfica para ocorrência da ferrugem asiática da soja avaliada em função da severidade da doença (0 a 100) na Região Sul do Brasil para o cenário atual (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários A2 e B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.....	68

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Fluxograma da simulação de eventos fenológicos da soja usando o modelo Cropgro-Soybean para o município de Passo Fundo na data de semeadura em 05/11, na cultivar Bragg, safra 2008/2009. O número de gerações dos insetos foi estimado a partir de uma data de um estágio fenológico até a maturação fisiológica. Já para a ferrugem asiática, a severidade final da doença é estimada com base na precipitação pluvial nos 30 dias posteriores a data simulada do estágio fenológico.....	25
2. Número de gerações de <i>Euschistus heros</i> em soja em três cultivares (Bragg, de ciclo médio, Dom Mario, semi-precoce e Coodetec 202, precoce) no estágio R1, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.....	32
3. Número de gerações de <i>Euschistus heros</i> em soja em três cultivares (Bragg, de ciclo médio, Dom Mario, semi-precoce e Coodetec 202, precoce), no estágio R3, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.....	32
4. Número de gerações de <i>Euschistus heros</i> em soja em três cultivares (Bragg, de ciclo médio, Dom Mario, semi-precoce e Coodetec 202, precoce), no estágio R1, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.....	33
5. Número de gerações de <i>Euschistus heros</i> em soja em três cultivares (Bragg, de ciclo médio, Dom Mario, semi-precoce e Coodetec 202, precoce), no estágio R3, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.....	33
6. Número de gerações de <i>Euschistus heros</i> em soja na cultivar Bragg (ciclo médio) em dois momentos de detecção, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.....	34

7.	Número de gerações de <i>Euschistus heros</i> em soja na cultivar Dom Mario (ciclo semi-precoce) em dois momentos de detecção, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.....	35
8.	Número de gerações de <i>Euschistus heros</i> em soja na cultivar Coodetec 202 (ciclo precoce) em dois momentos de detecção, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.....	35
9.	Número de gerações de <i>Euschistus heros</i> em soja na cultivar Bragg (ciclo médio) em dois momentos de detecção, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.....	35
10.	Número de gerações de <i>Euschistus heros</i> em soja na cultivar Dom Mario (ciclo semi-precoce) em dois momentos de detecção, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1957-2009.....	36
11.	Número de gerações de <i>Euschistus heros</i> em soja na cultivar Coodetec 202 (ciclo precoce) em dois momentos de detecção, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.....	36
12.	Número de gerações de <i>Euschistus heros</i> em soja na cultivar Bragg (ciclo médio) em três datas de semeadura nos momentos de detecção (a) R1 e (b) R3, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.....	37
13.	Número de gerações de <i>Euschistus heros</i> em soja na cultivar Dom Mario (ciclo semi-precoce) em três datas de semeadura nos momentos de detecção (a) R1 e (b) R3, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.....	38
14.	Número de gerações de <i>Euschistus heros</i> em soja na cultivar Coodetec 202 (ciclo precoce) em três datas de semeadura nos momentos de detecção (a) R1 e (b) R3, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.....	38
15.	Número de gerações de <i>Euschistus heros</i> em soja na cultivar Bragg (ciclo médio) em três datas de semeadura nos momentos de detecção (a) R1 e (b) R3, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.....	38
16.	Número de gerações de <i>Euschistus heros</i> em soja na cultivar Dom Mario (ciclo semi-precoce) em três datas de semeadura nos momentos de detecção (a) R1 e (b) R3, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.....	39

17. Número de gerações de <i>Euschistus heros</i> em soja na cultivar Coodetec 202 (ciclo precoce) em três datas de semeadura nos momentos de detecção (a) R1 e (b) R3, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.....	39
18. Número de gerações de <i>Telenomus podisi</i> em soja em três datas de semeadura nas cultivares (a) Bragg (ciclo médio), (b) Dom Mario (ciclo semi-precoce) e (c) Coodetec 202 (ciclo precoce), no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.....	41
19. Número de gerações de <i>Telenomus podisi</i> em soja em três datas de semeadura nas cultivares (a) Bragg (ciclo médio), (b) Dom Mario (ciclo semi-precoce) e (c) Coodetec 202 (ciclo precoce), no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.....	41
20. Severidade (%) da ferrugem asiática da soja para três cultivares, na data de semeadura em 05/11 e momento de detecção em R1 para o município de Santa Rosa, RS. Série temporal 1975-2009.....	46
21. Severidade (%) da ferrugem asiática da soja para três cultivares, na data de semeadura em 05/11 e momento de detecção em R3 para o município de Santa Rosa, RS. Série temporal 1975-2009.....	47
22. Severidade (%) da ferrugem asiática da soja para três cultivares, na data de semeadura em 05/11 e momento de detecção em R5 para o município de Santa Rosa, RS. Série temporal 1975-2009.....	47
23. Mapas de favorabilidade à <i>Euschistus heros</i> para a Região Sul do Brasil no período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) no cenário A2 para os meses de Janeiro a Dezembro.....	52
24. Mapas de favorabilidade à <i>Euschistus heros</i> para a Região Sul do Brasil no período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) no cenário B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.....	54
25. Mapas de favorabilidade à <i>Telenomus podisi</i> para a Região Sul do Brasil no período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) no cenário A2 para os meses de Janeiro a Dezembro.....	59
26. Mapas de favorabilidade à <i>Telenomus podisi</i> para a Região Sul do Brasil no período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) no cenário B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.....	61

27. Mapas de favorabilidade de ocorrência da Ferrugem asiática da soja avaliada em função da severidade da doença (0 a 100) na Região Sul do Brasil para o período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários A2 para os meses de Janeiro a Dezembro.....	66
28. Mapas de favorabilidade de ocorrência da Ferrugem asiática da soja avaliada em função da severidade da doença (0 a 100) na Região Sul do Brasil para o período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.....	67

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja *Glycine max* (L.) é base do agronegócio no Brasil e teve um incremento significativo em área plantada e índices de produtividade na última década, sendo o país o segundo maior produtor agrícola mundial e o primeiro entre os países emergentes.

Entretanto fatores abióticos e bióticos representam ameaças à cultura que podem levar à diminuição da produtividade e da qualidade da produção. Dentre os fatores bióticos, destacam-se as pragas e as doenças, as quais podem determinar sérios danos com significativo impacto econômico.

Dentre os problemas fitossanitários em soja, destaca-se o percevejo-marrom *Euschistus heros* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae), principalmente quando ocorre na fase reprodutiva da cultura levando a danos na produtividade, como a retenção foliar quando o ataque é precoce, até a redução do vigor e do poder germinativo das sementes.

No contexto do controle biológico de percevejos, destacam-se as espécies de parasitóides de ovos, tais como *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Platygasteridae) que está fortemente associada à ocorrência de *E. heros*, explicando, assim, a frequência elevada com que tem sido constatado nos levantamentos realizados a campo nas últimas safras.

Dentre as doenças da soja, a ferrugem asiática é causada por *Phakopsora pachyrhizi* Sydow, um fungo biotrófico que possui alto potencial de

dano à cultura. Em ataques severos, pode causar rápido amarelecimento e queda prematura de folhas, prejudicando a formação dos grãos. A ferrugem é atualmente a principal ameaça para a produção de soja nas principais regiões produtoras do Brasil, onde perdas significativas têm sido relatadas. Três fatores são considerados como determinantes dos padrões da doença a cada safra: a presença do inóculo em uma região, o regime de chuvas e o manejo da doença com fungicidas.

Considerando que os fatores climáticos influenciam decisivamente na atividade biológica de insetos-praga, inimigos naturais e patógenos, variações e mudanças climáticas podem alterar os padrões de distribuição de pragas e patógenos bem como a severidade do ataque dos mesmos. Os efeitos dessas mudanças podem ser favoráveis ou desfavoráveis aos organismos gerando migrações, aumento na abundância ou extinções o que pode levar a modificações dos padrões atuais de distribuição. Nesse contexto, as técnicas de modelagem e simulação se destacam como uma importante ferramenta em estudos de análise e previsão de risco de pragas e patógenos, uma vez que se disponha de modelos bioclimáticos e bases de dados de clima tanto históricas como projeções de clima futuro.

Em relação às mudanças climáticas que atualmente estão sendo estudadas, o IPCC (*Intergovernmental Panel of Climate Change*) aponta diferentes cenários a partir de combinações de condições climáticas, sociais e econômicas. Estes cenários tem sido utilizados em programas de previsão em várias esferas, entre elas, a previsão de riscos de pragas nas atividades agrícolas.

O presente trabalho teve como objetivos 1) determinar faixas de favorabilidade para o desenvolvimento de *E. heros* e *T. podisi*; 2) simular o

número de gerações de *E. heros* e *T. podisi* e a severidade da ferrugem asiática na cultura da soja para dois municípios do Rio Grande do Sul e 3) avaliar os impactos potenciais das mudanças climáticas sobre a distribuição geográfica destes organismos por meio do mapeamento de risco em cenários de clima atual e futuro projetados pelos modelos globais do IPCC.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A cultura da soja

A cultura da soja tem como centro de origem a região leste da China, onde sofreu domesticação por volta do século XI a.C.. É atualmente cultivada em vários países do mundo, sendo os principais produtores mundiais os Estados Unidos, o Brasil, a Argentina e a China (Borém, 1999). No Brasil, o primeiro registro da introdução da soja data de 1882, no Estado da Bahia. Outros registros históricos indicam que a soja foi inicialmente plantada na Estação Agronômica de Campinas, em 1891, para ser usada como planta forrageira. A partir da década de 1970, a cultura evoluiu significativamente nos estados produtores, não só no Sul, mas principalmente no Centro-Oeste do Brasil a partir da década de 1990 (Borém, 1999).

As principais áreas produtoras de soja estão nas regiões Centro-Oeste, Sul, Sudeste e Nordeste. Os estados do Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso do Sul e Bahia são os principais produtores, que contribuem para uma produção nacional que gira em torno de 56 milhões de toneladas (IBGE, 2009).

A cultura da soja é base para o agronegócio no Brasil e teve um incremento significativo da safra na última década, levando o país ao *status* de segundo maior produtor agrícola mundial e o primeiro entre os países emergentes (Portal do Agronegócio, 2008). Segundo estimativas da Organização para a

Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), para atingir esta posição, o Brasil teve um crescimento médio anual de sua economia de 4,4%. As exportações do complexo-soja geram uma receita de aproximadamente 10 bilhões de dólares, algo em torno de 10% do total de exportações brasileiras (IBGE, 2009).

Durante o ciclo da cultura, a soja passa por diferentes estádios vegetativos e reprodutivos (Tabela 1). A época de semeadura varia de acordo com a região cultivada e com a cultivar semeada (ciclo precoce, semi-precoce, médio ou tardio, com aproximadamente 120, 130, 140 e 150 dias de ciclo), sendo esta época determinada pelo zoneamento agroclimático que visa minimizar os riscos eventualmente causados por adversidades climáticas (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, 2010).

Nas épocas indicadas para a semeadura na região Sul do Brasil, devem ser usados espaçamentos de 20 a 50 cm entre as fileiras, numa população indicada em torno de 300.000 plantas por hectare ou 30 plantas/m<sup>2</sup> (Reunião de Pesquisa da Soja da Região Sul, 2009).

TABELA 1. Estádios vegetativos e reprodutivos da soja

Período	Estádio	Descrição
Vegetativo	VE	Cotilédones acima da superfície do solo
	VC	Cotilédones completamente abertos
	V1	Folhas unifolioladas completamente desenvolvidas
	V2	Primeira folha trifoliolada completamente desenvolvida
	V3	Segunda folha trifoliolada completamente desenvolvida
	Vn	Ante-enésima folha trifoliolada completamente desenvolvida
Reprodutivo	R1	Início do florescimento
	R2	Florescimento pleno
	R3	Início da formação da vagem
	R4	Vagem completamente desenvolvida
	R5	Início do enchimento do grão
	R6	Grão cheio ou completo
	R7	Início da maturação
	R8	Maturação plena

Fonte: adaptado de Fehr & Caviness (1977)

Sob condições normais de semeadura, a produtividade da soja na safra 2009/2010 na região Sul do Brasil gira em torno de 3 mil kg/ha, com uma produção total de 25 milhões de toneladas (IBGE, 2010).

## 2.2 Problemas fitossanitários da soja

A partir do início do estágio vegetativo (VE), vários insetos como o bicudo-da-soja, *Sternechus subsignatus* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), a lagarta elasma, *Elasmopalpus lignosellus* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), os corós (Coleoptera: Scarabaeidae) e os percevejos-castanhos-da-raiz, *Scaptocoris castanea* Perty e *Atarsocoris brachiariae* Becker (Hemiptera: Cydnidae), podem danificar a cultura (Hoffmann-Campo *et al.*, 2000). Mais adiante, a partir do estágio vegetativo (V1-Vn), a lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae), a lagarta falsa-medideira, *Pseudoplusia includens* Walker (Lepidoptera: Noctuidae), e vários outros desfolhadores atacam as plantas, ocorrendo em maior número durante o período vegetativo e de floração (R1) (Hoffman-Campo *et al.*, 2000). A soja pode, também, ser atacada por outras espécies de insetos, consideradas pragas de ocorrência esporádica, cujos aumentos populacionais são determinados por variabilidade climática, ou outros fatores, como, por exemplo, algumas características dos sistemas de produção específicos de cada região (Hoffmann-Campo *et al.*, 2000).

No início do período reprodutivo (R1) podem surgir ataques de percevejos sugadores de vagens e sementes, especialmente os da família Pentatomidae, sendo os mais abundantes *Nezara viridula* (L.), *Piezodorus guildinii* (West.) e *E. heros* (Heteroptera: Pentatomidae) dentre outras espécies, que causam danos desde os estádios de formação das vagens (R3) até o final do enchimento dos grãos (R6) (Hoffmann-Campo *et al.*, 2000) (Figura 1). As populações destes

pentatomídeos estão presentes em frequência e abundância variável de região para região e de ano para ano, com predominância de uma ou outra espécie, dependendo das condições climáticas e da cultivar semeada (Cividanes & Parra, 1994; Magrini *et al.*, 1996).

O ataque dos pentatomídeos pode significar prejuízos na produtividade, desde a retenção foliar quando o ataque é precoce, até a redução do vigor e do poder germinativo das sementes, afetando, dessa forma, sua qualidade quando o ataque é tardio, segundo trabalho realizado nos Estados Unidos (Simmons & Yeargan, 1990; Mc Pherson *et al.*, 1993).

Os percevejos fitófagos (Hemiptera) são as pragas mais importantes da soja no Brasil. São responsáveis por redução na produtividade e na qualidade da semente em consequência das picadas e da transmissão indireta de moléstias (Galileo & Heinrichs, 1978). Segundo os mesmos autores, os grãos atacados ficam menores, enrugados e tornam-se mais escuros. Assim, o complexo de percevejos constitui um grande risco à cultura.

### **2.2.1 *Euschistus heros***

Do complexo de percevejos sugadores que ocorrem no cultivo da soja, *E. heros* é, atualmente, a espécie mais abundante, predominando do norte do Paraná até o Brasil Central (Panizzi & Niva, 1994).

O ataque severo desses insetos diminui o número de sementes e, em menor escala, o número de vagens por planta e o número de sementes por vagem de soja (Costa, *et al.* 1998). A transmissão de microrganismos como, por exemplo, a inoculação de fungos, pode ocorrer juntamente com os danos diretos causados nas sementes de soja pelos insetos (Panizzi & Slansky, 1985).

Os danos à soja são causados principalmente por ninfas de 3<sup>o</sup> a 5<sup>o</sup> instares e por adultos (Hoffman-Campo *et al.*, 2000). Em trabalhos realizados por Galileo & Heinrichs (1978) e Panizzi *et al.* (1979), foi demonstrado que infestações de percevejos, no período de desenvolvimento vegetativo da cultura, não geraram danos qualitativos ou quantitativos. Por outro lado, Nardi (2004), ao utilizar plantas de soja infestadas por 39 dias (V5 ao R3) com três percevejos *E. heros* por planta, constatou que a altura das plantas e o rendimento foram menores do que o das livres de insetos. Em trabalho realizado por Corrêa-Ferreira (2005) foi constatado que danos de *E. heros*, antes do período de desenvolvimento das vagens não foram significativos com relação à redução na produtividade da cultura, tanto em casa de vegetação como em campo. A autora observou, entretanto, que a intensidade dos danos causados pelos percevejos está diretamente relacionada à população e ao estágio de desenvolvimento da planta, ressaltando a importância destes insetos a partir do final do período vegetativo ao florescimento da soja.

A severidade dos danos causados pelo percevejo-marrom está relacionada ao tamanho da população do mesmo e à época em que ocorre a maior infestação, dentre outros, que são diretamente influenciados por condições meteorológicas, especialmente de temperatura (Corrêa-Ferreira, 1993).

Em trabalho realizado por Cividanes & Parra (1994b) foram determinadas as exigências térmicas do percevejo *E. heros*, concluindo que as temperaturas de 26 a 28°C foram as mais adequadas para postura; os limites térmicos inferiores (Tb) (temperatura abaixo da qual o inseto paralisa o seu desenvolvimento) de desenvolvimento e as constantes térmicas (K) (constante em função da temperatura acumulada a partir do limite térmico inferior) na fase de ovo foram, respectivamente, 13,6°C e 66,1 graus-dia; na fase de ninfa 14,4°C e 261,8 graus-

dia e do ciclo biológico de 14,2°C e 327,8 graus-dia. Segundo os autores, esses resultados evidenciam que a espécie está mais adaptada às regiões onde predominam temperaturas elevadas.

O entendimento da dinâmica populacional dos insetos é base para o manejo integrado de pragas, e os fatores abióticos são de grande importância nesse contexto especialmente a temperatura, pois os insetos se desenvolvem e acumulam energia a partir de um limite térmico inferior, sendo assim possível a previsão da ocorrência (Cividanes & Parra, 1994). Determinando-se as exigências térmicas de insetos pode-se prever o seu tempo de desenvolvimento, bem como o número de gerações que podem ocorrer, subsidiando dessa forma estratégias de manejo (Rabb *et al.*, 1984).

### **2.2.2 Ferrugem asiática**

A ferrugem asiática da soja foi constatada pela primeira vez no Continente Americano no Paraguai, em março e no Estado do Paraná, Brasil, em maio de 2001. Na safra 2001/02 apresentou grande expansão atingindo os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás. Epidemias da doença facilmente atingiram níveis severos em várias regiões produtoras de soja no Brasil causando danos significativos na produção e sérias perdas econômicas (Yorinori *et al.*, 2005).

A doença é causada por *Phakopsora pachyrhizi*, um fungo biotrófico que possui alto potencial de dano à cultura, pois pode causar rápido amarelecimento e queda prematura de folhas, prejudicando a plena formação dos grãos (Soares *et al.*, 2004). A perda estimada na produção é de 5 a 95% dependendo da região, do estágio da cultura em que a epidemia foi detectada e das condições meteorológicas (Hartman *et al.*, 1991).

O principal tipo de inóculo da ferrugem são os uredosporos, esporos assexuais que são pequenos e leves, sendo facilmente removidos das urédias presentes nas folhas infectadas quando se encontram com a superfície seca (Reis *et al.*, 2006). Segundo os autores, uma vez removidos, são transportados a longas distâncias pelo vento, podendo ser depositados em lavouras próximas ou distantes da fonte de inóculo.

Os esporos depositados na superfície da folha, na presença de água líquida e de temperatura favorável iniciam o processo de germinação (Reis *et al.*, 2006). A progressão da doença é inibida sob condições de baixos volumes e frequência pluviométrica, associada a temperaturas ou superiores a 30°C ou inferiores a 15°C (Balardin, 2006). Sob condições ambientais ótimas, aos cinco dias após a inoculação, surgem pequenos pontos cloróticos no local de infecção. Após sete a 9 dias da inoculação, ocorre o aparecimento das primeiras urédias, de 9 a 10 dias inicia-se a liberação dos urediniosporos de dentro das urédias, sendo que este evento poderá perdurar durante um período de três semanas. Novas urédias poderão surgir dentro das lesões até sete semanas após o surgimento dos primeiros sintomas (Ugalde, 2005).

A disponibilidade de água livre sobre a superfície foliar é essencial para que a infecção ocorra, necessitando de um período mínimo de aproximadamente 6 horas por dia para a germinação do uredosporo, formação de apressório e penetração no tecido foliar (Alves *et al.*, 2006). A amplitude térmica noturna/diurna entre 18 e 26°C acompanhada de precipitações frequentes são fundamentais para a dispersão do patógeno, bem como para o desenvolvimento de uma epidemia severa (Del Ponte *et al.*, 2006). Correntes aéreas associadas à dispersão de *P. pachyrhizi* a longas distâncias, bem como sua sobrevivência em plantas voluntárias ou cultivos irrigados na entressafra com controle inadequado,

podem contribuir para progressivamente elevar os níveis de inóculo, favorecendo a ocorrência precoce da doença (Alves, *et al.*, 2006).

A ferrugem pode ocorrer em qualquer estágio da cultura, porém, relatos no Brasil, em condições naturais de epidemia, tem mostrado que a doença é mais comumente detectada no estágio reprodutivo, principalmente a partir do enchimento de grãos (R5). No entanto, o momento de detecção é variável em função da quantidade local de inóculo e das condições pluviométricas no início da safra (Del Ponte *et al.*, 2010). No sul do Brasil, o comportamento da ferrugem tem sido variável em função da variabilidade climática, tanto em relação ao momento de detecção e os níveis finais de severidade (Del Ponte *et al.*, 2010). Entretanto, a doença raramente é encontrada no estágio vegetativo em lavouras comerciais, sendo mais comum em estádios reprodutivos (Del Ponte *et al.*, 2006)

### **2.3 Manejo integrado de pragas e doenças da soja**

O controle de pragas em soja, sob a ótica do Manejo Integrado de Pragas da Soja (MIP-Soja) foi implantado no Brasil na década de 1970, e tem sido aperfeiçoado constantemente (Hoffmann-Campo *et al.*, 2000). Segundo os autores, no MIP-Soja, as tomadas de decisão relacionadas ao controle de pragas levam em conta um conjunto de informações sobre os insetos e sua densidade populacional, na ocorrência de inimigos naturais e na capacidade da cultura de tolerar os danos. Assim, o monitoramento da lavoura, a identificação correta das pragas e dos inimigos naturais, o conhecimento do estágio de desenvolvimento da planta e dos níveis de ação, são importantes componentes do MIP-Soja.

Como parte do MIP-Soja, vários métodos, como o biológico e o químico, podem ser utilizados para o controle das principais pragas. Além disso, a rotação



de culturas e a manipulação da época de semeadura têm sido recomendadas principalmente para insetos de ciclo univoltinos (Hoffmann-Campo *et al.*, 2000).

Em um programa de manejo integrado das pragas da soja, os percevejos podem ser controlados pela liberação de inimigos naturais. Dentre estes, os parasitóides de ovos, *Trissolcus basal* (Wollaston) (Hymenoptera: Scelionidae) e *T. podisi* são referidos como os mais eficientes (Corrêa-Ferreira, 2002).

### **2.3.1 *Telenomus podisi***

O parasitóide de ovos *T. podisi* tem sido encontrado em diversos agroecossistemas, parasitando inúmeros Pentatomidae (Barcelos *et al.*, 1994; Corrêa-Ferreira & Moscardi, 1995; Torres *et al.*, 1996), mostrando, de certo modo, sua adaptação a diferentes hospedeiros e condições de clima.

Entre os muitos fatores que afetam os inimigos naturais, a adaptação térmica é uma das mais fáceis de ser medida e é essencial para o sucesso e estabelecimento desses agentes (Frazer & McGregor, 1992). Através do conhecimento da constante térmica (K) e da temperatura base (T<sub>b</sub>), pode-se manipular a temperatura da criação massal de inimigos naturais, com previsão para suas liberações no momento correto (Torres *et al.*, 1996).

O conhecimento da taxa reprodutiva dos inimigos naturais, por outro lado, é fundamental para a avaliação do seu potencial como agentes de controle biológico. Em trabalho realizado por Pacheco & Corrêa-Ferreira (1998) foi estudado o potencial reprodutivo e a longevidade do parasitóide de ovos *T. podisi*, cujos resultados sugeriram que *E. heros* e *P. guildinii* são os hospedeiros mais adequados ao desenvolvimento deste parasitóide.

Torres *et al.* (1996) determinaram para *T. podisi* a T<sub>b</sub> de 11,1°C para fêmeas e 10,4°C para machos. A constante térmica, em graus dias, para a

espécie, foi de 205,3 e 177,6 graus-dia para fêmeas e machos, respectivamente, segundo os mesmos autores.

A frequência elevada com que *T. podisi* tem sido constatado nos levantamentos realizados a campo, nas últimas safras, está associada com as altas densidades populacionais de seu hospedeiro *E. heros* (Panizzi *et al.*, 1999). Daí a importância de avaliar os parâmetros biológicos que influenciam a presença do parasitóide no campo, bem como o uso destas informações no embasamento para previsões de sucesso de liberações destes.

No período de entressafra, o comportamento da população de percevejos varia de acordo com a região, podendo ser encontrados adultos em plantas hospedeiras alternativas, em diapausa ou em atividade (Corrêa-Ferreira & Panizzi 1982). Esse comportamento também pode influenciar diretamente a população de inimigos naturais dos percevejos, especialmente dos parasitóides (Medeiros *et al.*, 1997).

Segundo Jones & Sullivan (1981) o estudo da ecologia e do comportamento de pentatomídeos durante a entressafra é importante, especialmente quando se deseja implementar um programa de controle biológico, associado ao MIP.

#### **2.4 O papel da temperatura e umidade na ocorrência e distribuição espacial de insetos e patógenos de plantas**

Dentre os fatores que afetam as dinâmicas populacionais de pragas no sentido amplo, e de seus inimigos naturais, estão os abióticos (Wigglesworth, 1972) com destaque para os climáticos. Em relação aos insetos, a temperatura é o fator abiótico que mais influencia no seu desenvolvimento, e, à medida que essa aumenta, a partir de sua temperatura basal, o desenvolvimento também tende a

ser mais rápido, até atingir seu ótimo e após tende ao declínio (Wigglesworth, 1972), o que irá afetar a dinâmica destas populações.

Ávila *et al.* (2002) estudaram as exigências térmicas de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) em função da temperatura em condições de campo para prever a ocorrência deste inseto no campo. Os autores observaram que as temperaturas do ar e do solo afetam a presença desta praga no campo. Em trabalho realizado por Cividanes & Souza (2003) foram determinadas as exigências térmicas e tabelas de vida de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) e verificaram que as temperaturas entre 23 e 25°C foram as que proporcionaram as melhores condições para o crescimento populacional do pulgão.

Com relação a doenças, estas podem ser afetadas tanto pela temperatura como por variáveis relacionadas ao molhamento das folhas como a umidade relativa do ar, orvalho e chuva (Agrios, 2004).

Considerando que os fatores climáticos influenciam de maneira decisiva na atividade biológica de pragas e patógenos, variações e mudanças climáticas globais podem alterar os padrões de distribuição e severidade do ataque destes organismos seja entre safras ou décadas (Ghini *et al.*, 2007).

Nas últimas décadas, mudanças climáticas globais têm despertado as atenções de diversos segmentos da sociedade. O aumento da concentração de gases de efeito estufa resultante da intensificação das atividades antrópicas, por exemplo, tem causado significativas alterações no clima (Ghini *et al.*, 2007).

Os efeitos dessas mudanças podem ser favoráveis ou desfavoráveis aos organismos, gerando migrações, aumento na abundância ou extinções, o que pode levar a modificações dos padrões atuais de distribuição, devendo o seu comportamento futuro ser avaliado em função dos cenários previstos

(Chakraborty, 2005). Neste contexto, o conhecimento de potenciais alterações nos padrões espaciais e temporais de pragas, inimigos naturais e doenças em soja, em função do potencial de mudança climática, é importante para definir estratégias atuais e futuras de manejo de risco (Coakley *et al.*, 1999).

Em relação às doenças, vários estudos de avaliação do impacto de mudança climática estão sendo realizados e os resultados aplicados em vários países. Em 2006, por exemplo, foram desenvolvidos modelos de risco para *Acremonium maydis* (murcha-do-milho) e *Uromyces transversalis* (Thum) Wint. (ferrugem do gladiolo), na América do Norte (Magarey *et al.*, 2006) devido ao risco representado por estes patógenos nestas regiões. No Brasil, foram produzidos mapas de distribuição para *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (sigatoka-negra da bananeira) a partir dos cenários futuros disponibilizados pelo IPCC (*Intergovernmental Panel of Climate Change*) e os resultados comparados com o cenário de clima atual com o objetivo de avaliar os possíveis impactos das mudanças climáticas sobre a doença (Ghini *et al.*, 2007).

Quando se trata de pragas, entretanto, poucos são os trabalhos realizados, podendo-se citar os estudos desenvolvidos no âmbito do projeto Climapest liderados pela Embrapa Meio Ambiente, com a principal praga da cultura do café, o bicho-mineiro-do-cafeeiro (*Leucoptera coffeella*) (Guérin-Méneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae), em que foram comparadas as condições climáticas atuais e futuras e foi observado um aumento no número provável de ciclos deste inseto no futuro (Hamada *et al.*, 2006).

Trabalhos deste tipo podem auxiliar na determinação do zoneamento das culturas em regiões específicas do país e na elaboração de estratégias para minimizar prejuízos futuros, levando em consideração as mudanças climáticas futuras.

## **2.5 Cenários climáticos do *Intergovernmental Panel of Climate Change***

O IPCC é um órgão que trata das mudanças climáticas no mundo, cujo objetivo principal é desenvolver relatórios baseados em modelos desenvolvidos por diferentes países, que simulam a variação climática em cenários de até 100 anos futuros (IPCC, 2000).

Em 1990 e 1992 o IPCC desenvolveu vários cenários de emissões em longo prazo. Estes cenários têm sido amplamente utilizados para análise de eventuais alterações climáticas, seus impactos e as opções de mitigação. Cada um deles representa uma mudança (ou tendência), demográfica, social, econômica, tecnológica e ambiental, alguns podem valorizar positivamente e outros negativamente as alterações. O informe especial do IPCC (2000) caracteriza estes cenários como:

- a. Cenário A1: descreve um mundo futuro de crescimento econômico muito rápido da população e a rápida introdução de novas tecnologias e mais eficientes;
- b. Cenário A2: descreve um mundo muito heterogêneo, suas características mais distintivas são a auto-suficiência e preservação das identidades locais, os padrões de fertilidade em todas as regiões convergem muito lentamente, assim, obtém uma população mundial em constante crescimento e a mudança tecnológica é mais fragmentada e mais lenta do que em outros contextos;
- c. Cenário B1: descreve um mundo convergente com a mesma população global, que atinge um máximo em meados do século e declina em seguida, com mudanças rápidas na estruturas econômicas em direção a uma economia de serviços e informações, juntamente com um uso menos intensivo dos materiais e da

introdução de tecnologias limpas para a utilização eficiente dos recursos;

- d. Cenário B2: descreve um mundo dominado por soluções locais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental, a população global aumenta continuamente, a uma taxa inferior à do A2, níveis intermediários de desenvolvimento econômico, mudanças tecnológicas menos rápidas e mais diversas do que nos contextos B1 e A1.

A partir do *Climatic Research Unit*, unidade que trabalha com pesquisas climáticas, foi desenvolvido um modelo numérico que simula o cenário presente considerando as variações ambientais dos anos de 1961 a 1990, sendo este modelo denominado 20C3M.

Os modelos climáticos globais do Quarto Relatório do IPCC (IPCC-AR4, 2007) foram fundamentados em 15 modelos desenvolvidos em vários países (Tabela 2).

Estes modelos podem simular climas futuros em nível global e regional como resposta a mudanças na concentração de gases de efeito estufa e de aerossóis. Um aumento na concentração de gases de efeito estufa tende a aquecer o planeta, ao passo que os aerossóis têm um efeito de resfriamento. O clima regional e global pode mudar com o desmatamento e outras atividades associadas ao uso da terra, como a agricultura e a construção de grandes cidades (Marengo & Valverde, 2007).

O Quarto Relatório do IPCC alerta para um aumento médio global das temperaturas entre 1,8°C e 4,0°C até 2100. Esse aumento pode ser ainda maior (6,4°C) se a população e a economia continuarem crescendo rapidamente e se for mantido o consumo intenso dos combustíveis fósseis.

TABELA 2. Modelos climáticos globais do Quarto Relatório do *Intergovernmental Panel of Climate Change*

<b>Instituição</b>	<b>Modelo</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
Bjerknes Centre for Climate Research, Norway	BCCR-BCM2.0	2,81252°	2,7904°
Canadian Centre for Climate Modelling & Analysis, Canada	CGCM3.1.T47	3,75°	3,711°
Météo-Franda, France	CNRM-CM3	2,81252°	2,7904°
Meteorological Institute of the University of Bonn, Germany/Korea	ECHO-G	3,75°	3,711°
CSIRO Atmospheric Research, Australia	CSIRO-Mk3.0	1,875°	1,865°
US Dept. of Commerce/NOAAA/ Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, USA	GFDL-CM2.0	2,5°	2,0°
Institute of Numerical Mathematics, Russia	INM-CM3.0	5,0°	4,0°
Max Planck Institute for Meteorology, Germany	ECHAM5	1,875°	1,8652°
Meteorological Research Institute, Japan	MRI-CGCM2.3.2	2,81252°	2,7904°
Goddard Institute for Space Shuttles, USA	GISS-ER	5,0°	4,0°
National Center for Atmospheric Research, USA	CCSM3	1,40625°	1,4007°
National Center for Atmospheric Research, USA	PCM	2,81252°	2,7904°
Center of Climate System Research, Japan	MIROC3.2medres	2,81252°	2,7904°
Hadley Centre for Climate Prediction and Research/Met Office, UK	UKMO-HadCM3	3,75°	2,5°
Hadley Centre for Climate Prediction and Research/Met Office, UK	UKMO-HadGEM1	1,875°	1,25°

Fonte: IPCC, 2007

Em trabalho realizado por Ghini *et al.* (2007) foram utilizados os cenários disponibilizados pelo IPCC para projeções de 100 anos futuros com a finalidade de estudar os impactos das mudanças climáticas sobre a sigatoka-negra da

bananeira no Brasil por meio da elaboração de mapas, o estudo concluiu que haverá redução da área favorável a esta doença no país.

Em outro trabalho realizado por Ghini *et al.* (2008), que avaliou os impactos das mudanças climáticas sobre a distribuição espacial de nematoides e do bicho-mineiro na cultura do café utilizando a mesma metodologia do trabalho citado anteriormente, mostrou que por meio dos modelos de previsão do número de gerações anuais destes organismos que poderá haver aumento da infestação tanto do nematóide como da praga em cenários futuros de mudança climática.



### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi dividido em duas partes, conforme a abordagem de estudo utilizada para simular o efeito do clima sobre o desenvolvimento de uma doença, um inseto-praga e um parasitóide da cultura da soja em cenários de clima passado e projetados para décadas do futuro.

Na primeira abordagem, de simulação histórica para um local, foram simulados os efeitos da variabilidade climática inter-anual a partir de dados de séries históricas de clima sobre o desenvolvimento dos organismos. Para tal, modelos bioclimáticos que simulam eventos ou componentes relacionados ao ciclo de vida dos organismos foram acoplados em um modelo de simulação da cultura da soja para a predição da data de estádios fenológicos críticos para a ocorrência dos insetos e da doença. Com a simulação da fenologia da cultura da soja e o acoplamento dos modelos bioclimáticos dos insetos e da doença, considerando variações na época de semeadura, momento de detecção e ciclo da cultivar em dois municípios do Rio Grande do Sul em um cenário histórico de clima destas regiões, foram gerados inúmeros cenários de simulação.

Na segunda abordagem, do futuro, os modelos bioclimáticos foram integrados em um sistema de informação geográfica com dados de clima atual e do futuro para a geração de mapas de distribuição de pragas e severidade da doença em estudo.

### **3.1 Determinação de faixas de temperatura para o desenvolvimento de *Euschistus heros* e *Telenomus podisi***

Foi realizada uma revisão de literatura para busca de informações relacionadas aos efeitos das condições abióticas na biologia de *E. heros* (Cividanes & Parra, 1994b; Costa *et al.*, 1998) e de *T. podisi* (Torres *et al.*, 1997; Pacheco & Corrêa-Ferreira, 2000) com o objetivo de determinar as faixas de requerimento de temperatura para estes organismos.

As variáveis foram analisadas de acordo com diferentes temperaturas testadas em condições de laboratório segundo as bibliografias citadas para cada organismo, sendo que em cada temperatura foram determinadas: a duração dos estágios de ovo, ninfa e adulto; a viabilidade dos ovos; a viabilidade das ninfas; a longevidade dos adultos e o ciclo biológico total; considerando em cada fase de desenvolvimento a temperatura base, graus-dia, tempo de desenvolvimento e número de gerações. Para o parasitóide analisou-se também o percentual de parasitismo e emergência.

A partir destes parâmetros, foram definidas quatro faixas de favorabilidade (desfavorável, pouco favorável, favorável e muito favorável) para a ocorrência e desenvolvimento dos insetos, em função das temperaturas médias do ambiente.

### **3.2 Abordagem 1 – Simulação histórica e local**

#### **3.2.1 Modelo de crescimento e desenvolvimento da soja**

A suíte de simulação *Decision Support System for Agrotechnology Transfer* (DSSAT- em inglês) foi utilizada para simular a fenologia da cultura da soja. O programa consiste em um sistema computacional composto por diversos modelos

de simulação para várias culturas. Por meio do acesso a base de dados e modelos de culturas, este sistema fornece informações com relação ao desempenho de cultivares, situações e práticas de manejo.

Utilizando o modelo CROPGRO-Soybean, foi simulada a fenologia da cultura da soja, para os diferentes cenários gerados. A partir da data simulada de ocorrência de determinados estádios fenológicos foram acopladas as equações que simulam eventos do ciclo biológico dos insetos e a severidade da doença, a partir dos dados meteorológicos no período subsequente à data de detecção da doença ou início do ataque do percevejo. Para o parasitóide, considerou-se apenas os dados meteorológicos a partir da data de plantio.

### **3.2.2 Dados climáticos**

Os dados climáticos foram obtidos das estações meteorológicas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), dos municípios de Passo Fundo, RS (latitude -28,263 e longitude -52,407) e Santa Rosa, RS (latitude -27,871 e longitude -54,481). Os dados utilizados foram radiação solar, temperaturas máxima e mínima (°C) e precipitação (mm).

As séries históricas diárias utilizadas nas simulações foram: de 52 anos para Passo Fundo (safras de 1957/1958 a 2008/2009) e de 34 anos para Santa Rosa (safras de 1975/1976 a 2008/2009).

### **3.2.3 Modelos de desenvolvimento dos insetos**

A partir dos parâmetros biológicos estabelecidos para cada organismo (ver item 3.1) foram estabelecidas entradas para equações.

Para o cálculo do acúmulo térmico de *E. heros* e *T. podisi* em cada data de semeadura e para cada ciclo da cultura foram utilizadas as equações propostas

por Cividanes (2000) (Tabela 3). A temperatura base e a constante térmica consideradas do percevejo foram, respectivamente, 14,2°C e 327,8 graus-dia, e para o parasitóide, 11,1°C e 205,3 graus-dia.

TABELA 3. Equações utilizadas para o cálculo de graus-dia acumulados

Condição	Equação
Quando o limite térmico inferior for menor que a temperatura mínima registrada no dia	$GD = (T_{min} - T_b) + ((T_{max} - T_{min})/2)$
Quando o limite térmico inferior for maior ou igual à temperatura mínima e menor do que a máxima	$GD = (T_{max} - T_b)^2 / (2*(T_{max} - T_{min}))$
Quando o limite térmico superior for maior que a temperatura máxima	Não há graus-dia acima do limite térmico inferior
Número de gerações	$NC = GD \text{ acumulados} / K$

Sendo: GD - graus-dia; T<sub>min</sub> - temperatura mínima; T<sub>max</sub> - temperatura máxima; T<sub>b</sub> - temperatura base; NC - número de gerações; K - constante térmica.

Fonte: Cividanes, 2000

### 3.2.4 Modelo de severidade da ferrugem asiática

Para estimar a severidade máxima (%) da ferrugem asiática a partir de uma determinada data de detecção da doença em um estágio reprodutivo foi utilizado o modelo de regressão linear desenvolvido por Del Ponte *et al.* (2006):

$$S(\%) = -2,1433 + (0,1811 * prec30) + (1,2865 * diasprec30)$$

onde S(%) é a severidade final, *prec30* é a precipitação acumulada em 30 dias após a data da detecção e *diasprec30* o número de dias de ocorrência de chuva no mesmo período.

### 3.2.5 Cenários de simulação na série histórica

Um número de aproximadamente 9000 cenários foram criados com base na combinação de diferentes situações que levaram em conta o número de locais, número de anos na série histórica, data de plantio, ciclo da cultivar e momento do ataque da praga, desenvolvimento do parasitóide ou detecção da doença.

As cultivares utilizadas na simulação e constantes no pacote DSSAT mantido pela Embrapa Trigo foram a Bragg, representando uma cultivar de ciclo médio, a Dom Mario de ciclo semi-precoce e a Coodetec 202 de ciclo precoce. Seus coeficientes genéticos encontram-se dentro do banco de dados do DSSAT.

Para a data de semeadura, as simulações consideraram três datas sendo uma precoce (5 de outubro), recomendada (5 de novembro) e tardia (5 de dezembro), conforme o zoneamento agrícola de risco climático em cada região. Foram considerados nas simulações diferentes momentos de detecção para cada organismo no mesmo ciclo de cultivo, com o objetivo de verificar a influência dos mesmos no número de gerações dos insetos e na severidade da doença. O modelo CROPGRO-*Soybean* simulou o número de dias da semeadura até cada momento de detecção e também até a maturação fisiológica da soja para cada ano da série histórica. Para a ferrugem asiática, foram simuladas a data de início do R1, R3 e R5 e para *E. heros*, dos estádios R1 e R3 a partir da data da semeadura para cada ciclo da cultivar. Para *T. podisi* foi assumido que este inseto estava presente na lavoura a partir da data da semeadura até a maturação fisiológica da soja (Figura 1).

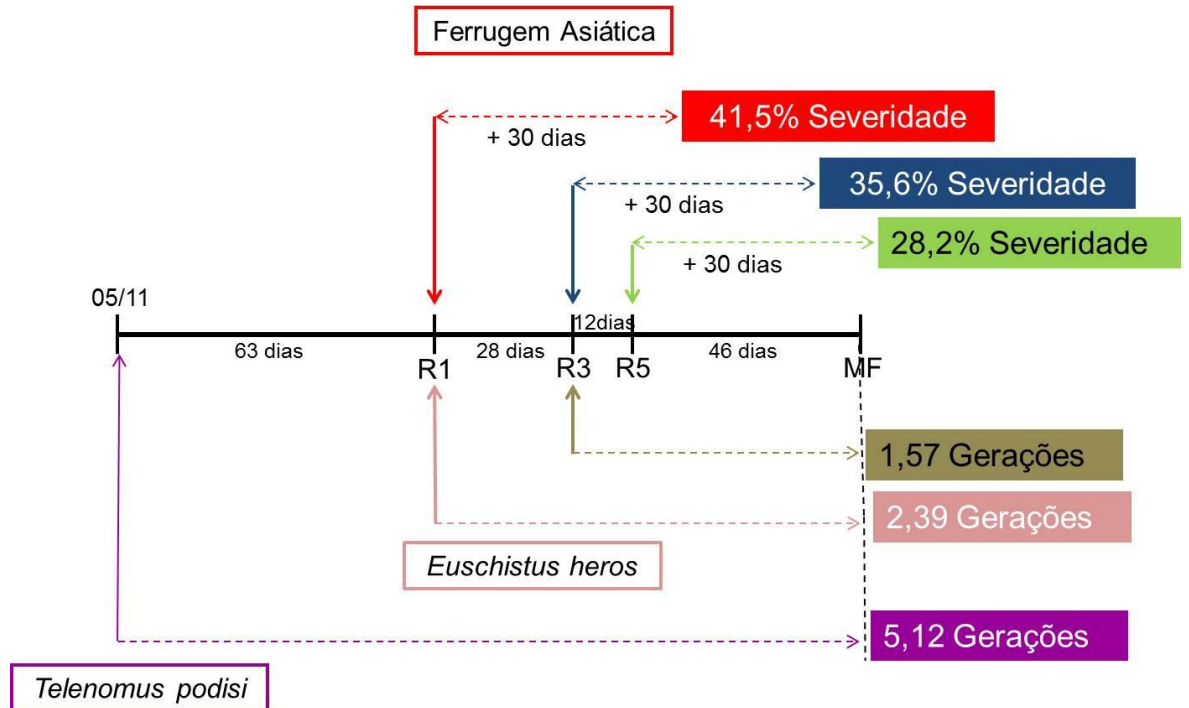


FIGURA 1. Fluxograma da simulação de eventos fenológicos da soja usando o modelo Cropgro-Soybean para o município de Passo Fundo na data de semeadura em 05/11, na cultivar Bragg, safra 2008/2009. O número de gerações dos insetos foi estimado a partir de uma data de um estágio fenológico até a maturação fisiológica. Já para a ferrugem asiática, a severidade final da doença é estimada com base na precipitação pluvial nos 30 dias posteriores a data simulada do estágio fenológico.

### 3.3 Abordagem 2 – Mapeamento da distribuição de pragas e parasitóide e severidade da doença em cenários de mudanças climáticas

Mapas de distribuição geográfica de insetos e de severidade de uma doença da soja para os estados da região Sul foram gerados utilizando-se como base os modelos climáticos globais (GCM) do IPCC. Os mapas foram produzidos junto à equipe do Laboratório de Geotecnologias e Métodos Quantitativos da Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariúna, SP.

### **3.3.1 Dados climáticos utilizados**

Médias mensais de temperatura e precipitação dos climas presente e futuros para o Brasil foram obtidas do IPCC (2007). Para isto, foi utilizada a média aritmética de quinze modelos de projeções futuras disponibilizados pelo IPCC, em seu Quarto Relatório, utilizando as ferramentas de análise espacial do Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Para a caracterização do clima atual (presente) foram consideradas informações de observações (registros) referentes ao período de 1961 a 1990, obtidos do CRU (*Climate Research Unit*).

### **3.3.2. Modelos bioclimáticos**

Para *E. heros* e *T. podisi*, foram adotadas a temperatura média mensal projetada pelos modelos do IPCC e as faixas de favorabilidade determinadas para ambos organismos na cultura da soja (ver item 3.1), elaboradas considerando os parâmetros biológicos de cada inseto. Para estas faixas, foram utilizadas operações lógicas no SIG na forma de equações condicionais mês a mês.

Para a ferrugem asiática foi considerada a precipitação média mensal, a data de detecção da doença no primeiro dia de cada mês e o percentual da severidade variando de 0 a 100%, distribuídas em cinco faixas (cada faixa com intervalo de 20%) com base no modelo proposto por Del Ponte *et al.* (2006) e obtidos os mapas mensais de severidade da ferrugem.

### **3.3.3 Mapeamento das áreas de favorabilidade**

Um SIG, Idrisi 32, foi utilizado para a elaboração dos mapas. Devido às diferentes resoluções espaciais de longitude e latitude dos modelos

disponibilizados pelo IPCC, os dados foram interpolados para haver uma resolução espacial final de 0,5° x 0,5° de latitude e longitude.

Os cenários futuros utilizados foram A2 e B1, centrados nas décadas de 2020 (período entre 2011 e 2040), 2050 (período entre 2041 e 2070) e 2080 (período entre 2071 e 2100).

Os mapas de favorabilidade foram gerados para os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná apresentando as áreas favoráveis ou não às pragas e ao parasitóide conforme o modelo de cada organismo e as faixas de severidade para a ferrugem asiática.

Após a elaboração dos mapas para a região sul do Brasil, foi utilizado o banco de dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) para localizar nos mapas (latitude e longitude), quatro municípios: Pelotas (-31,772; -52,343), Santa Rosa (-27,871; -54,481) e Passo Fundo (-28,263; -52,407), do Rio Grande do Sul, e Londrina (-23,32; -51,163), do Paraná. Estes municípios foram escolhidos devido à diferença de temperatura e precipitação ocorrentes em cada região e também por serem regiões produtoras de soja. Os municípios foram marcados nos mapas para que nos mesmos fosse determinada a favorabilidade de estabelecimento dos insetos e a severidade da ferrugem asiática a partir de simulações específicas para estes locais no clima futuro.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Faixas de requerimentos climáticos para os insetos

A partir das variáveis analisadas, foram elaboradas faixas de favorabilidade para *E. heros* e *T. podisi* dispostas em quatro categorias conforme a temperatura: desfavorável, pouco favorável, favorável e muito favorável (Tabelas 4 e 5).

Para *E. heros*, determinou-se que temperaturas inferiores a 14°C e superiores a 30°C são desfavoráveis ao seu desenvolvimento, sendo a temperatura ótima entre 26 e 28°C (Tabela 4). Para completar o ciclo biológico (ovo-adulto) o percevejo-marrom necessita de 327,8 graus-dia.

TABELA 4. Faixas de favorabilidade para o ciclo biológico *Euschistus heros* em soja

Temperatura (°C)	Desenvolvimento ovo-adulto
< 14	Desfavorável
≥ 14 < 20	Pouco favorável
≥ 20 < 26	Favorável
≥ 26 < 28	Muito favorável
≥ 28 < 30	Favorável
≥ 30	Pouco favorável a desfavorável

A determinação destas faixas pode dar indicativos de incidência em maior ou menor escala de *E. heros*, de acordo com a região onde a soja é cultivada. O fenômeno do aumento da incidência desta espécie em certas áreas brasileiras parece estar relacionado com uma melhor adaptação às regiões de temperaturas

elevadas, sendo encontrada em maior número do norte do Paraná até as regiões centrais do Brasil (Panizzi & Slansky 1985, Fernandes *et al.* 1990, Cividanes & Parra, 1994a), embora outros fatores, como adaptação às cultivares, possam também influenciar a presença da praga. Da mesma forma, associado à temperatura, está o número de gerações que podem ocorrer em uma safra, aumentando o tamanho populacional da praga no ciclo da cultura. Conforme Corrêa-Ferreira & Panizzi (1999), o número de gerações pode variar de três a seis, dependendo da região.

A presença de temperaturas favoráveis ao desenvolvimento da espécie, mesmo fora do período do plantio, pode garantir a sobrevivência de um número maior de insetos em hospedeiros alternativos, o que leva ao aumento da população inicial no próximo ciclo da cultura. Entretanto, os registros de ocorrência natural em hospedeiros alternativos são relativamente escassos, destacando-se os trabalhos realizados no norte do Paraná por Panizzi (1997) e Panizzi & Oliveira (1998) que apontaram a ocorrência do percevejo em *Cajanus cajan* (L.) Millsp e Godoy *et al.* (2010) em plantas espontâneas como capim carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) e trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.). Medeiros & Megier (2009) em trabalho realizado no Rio Grande do Sul encontraram adultos de *E. heros* alimentando-se de sementes maduras de caruru, *Amaranthus retroflexus* L. (Amaranthaceae) e de frutos maduros de três espécies de Solanaceae, *Solanum megalochiton* Mart., *S. mauritianum* Scopoli e *Vassobia breviflora* (Sendtn.) Hunz. A ocorrência de diapausa nesta espécie não está completamente esclarecida, mas poderia, também interferir na ocorrência dos mesmos em períodos de entressafra (Panizzi & Mourão, 2000) botar nas referências

Para *T. podisi*, determinou-se que temperaturas inferiores a 11°C e superiores a 32°C são desfavoráveis ao seu desenvolvimento, sendo a temperatura ótima entre 20 e 28°C (Tabela 5). Para completar o ciclo biológico (ovo-adulto) o parasitóide necessita de 205,6 graus-dia.

TABELA 5. Faixas de favorabilidade para o ciclo biológico *Telenomus podisi*

Temperatura (°C)	Desenvolvimento ovo-adulto
≤ 11	Desfavorável
> 11 < 20	Pouco favorável
≥ 20 < 28	Muito favorável
> 28 < 32	Favorável
≥ 32	Desfavorável

*Telenomus podisi* é uma espécie cosmopolita que ocorre tanto em regiões tropicais quanto temperadas (Powell & Shepard, 1982), estando, portanto, adaptado a uma ampla faixa de temperatura, podendo manter-se em atividade durante a maior parte do ano e possibilitando que ocorram gerações contínuas ao longo desse período, principalmente no norte do Paraná (Corrêa-Ferreira, 1993; Corrêa-Ferreira & Moscardi, 1995). Embora a amplitude de temperatura média suportada pelo parasitóide seja maior que a de *E. heros*, em regiões em que os pentatomídeos hospedeiros de *T. podisi* entram em hibernação durante a entressafra, como nas regiões temperadas, o parasitóide precisa desenvolver estratégias de supressão ou redução de suas atividades. Adaptações fisiológicas que possibilitam sua sobrevivência em condições climáticas desfavoráveis são citadas (Kiritani *et al.*, 1966), entretanto, pouco se conhece sobre suas atividades durante o inverno.

Foerster & Nakama (2002) em trabalho realizado em laboratório, inferiram que *T. podisi* e *T. basalis* sobrevivem durante a entressafra da soja em estado de

hibernação no estágio adulto, após manterem estes organismos estocados a 15°C por um período de 140 dias. Doetzer & Foerster (2007) observaram que mesmo após o período de hibernação as fêmeas mantinham a capacidade reprodutiva, entretanto os parasitóides necessitavam de alimentação durante este período.

Em campo, entretanto, a permanência destes de uma safra a outra ainda não está esclarecida embora exista relato de parasitismo por *T. podisi* em *E. heros* no período da entressafra (Corrêa-Ferreira & Moscardi, 1995). Koppel *et al.* (2009) registraram alto índice de parasitismo de 75 a 90% de *T. podisi* sobre *Euschistus servus* (Say, 1832) em hospedeiros alternativos como abóbora, batata e trigo.

A indicação de que o organismo tem dificuldade para persistir de um ciclo da cultura para outro, atravessando períodos de menor média de temperatura, indica a necessidade de liberações do parasitóide a cada safra anual, especialmente em regiões com invernos mais frios.

## **4.2 Simulação do número de gerações dos insetos e da severidade da ferrugem asiática**

### **4.2.1 Simulações para *Euschistus heros***

#### **4.2.1.1 Efeito do ciclo da cultivar**

Nas simulações, para a cultivar de ciclo médio (Bragg), houve, aparentemente um maior número de gerações de *E. heros* do que para as de ciclo precoce (Coodetec 202) e semi-precoce (Dom Mario), na primeira data de semeadura, para o momento de detecção em R1 (Figura 2 a). Quando o inseto foi detectado em R3, o número de gerações na cultivar de ciclo médio e semi-

precoce foram semelhantes, sendo que a semi-precoce foi superior. Isto pode ter ocorrido pelo estágio de desenvolvimento em que as plantas de soja se encontravam no campo, quando simulou-se a detecção do inseto nos estádios fenológicos R1 e R3, tanto no município de Passo Fundo (Figuras 2 e 3), como em Santa Rosa (Figuras 4 e 5).

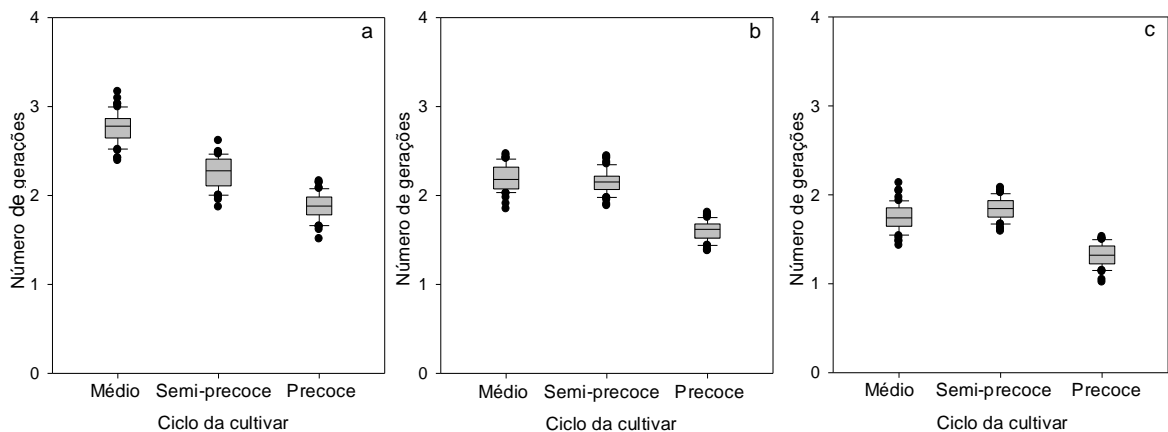


FIGURA 2. Número de gerações de *Euschistus heros* em soja em três cultivares (Bragg, de ciclo médio, Dom Mario, semi-precoce e Coodetec 202, precoce) no **estádio R1**, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.

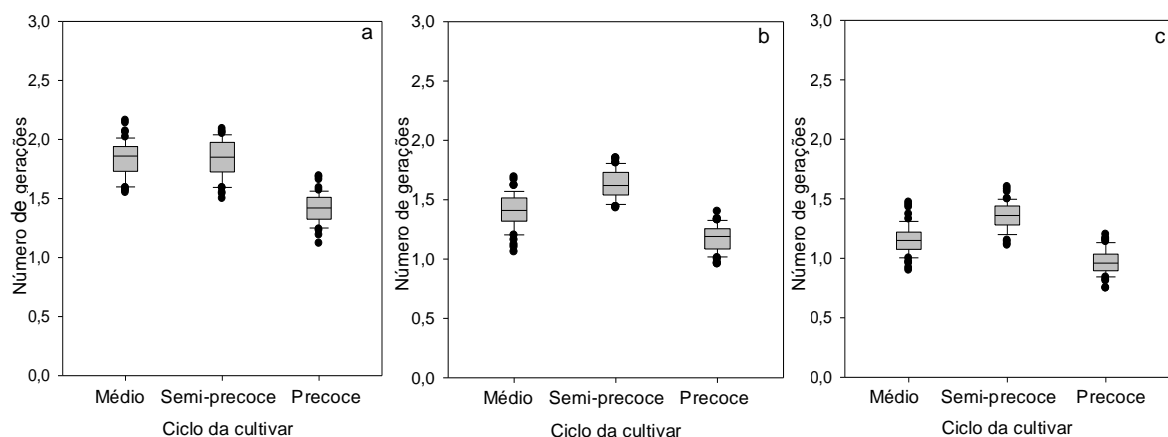


FIGURA 3. Número de gerações de *Euschistus heros* em soja em três cultivares (Bragg, de ciclo médio, Dom Mario, semi-precoce e Coodetec 202, precoce), no **estádio R3**, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.

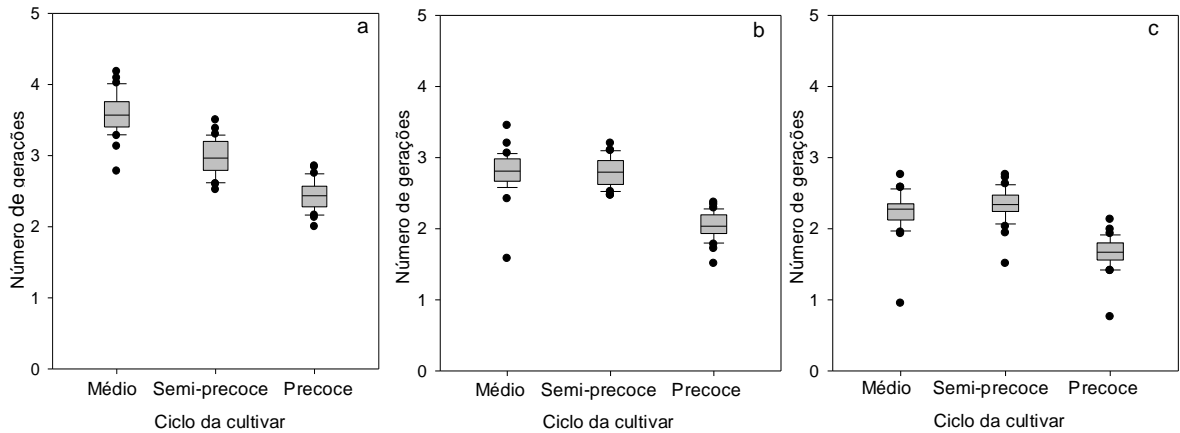


FIGURA 4. Número de gerações de *Euschistus heros* em soja em três cultivares (Bragg, de ciclo médio, Dom Mario, semi-precoce e Coodetec 202, precoce), no **estádio R1**, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.

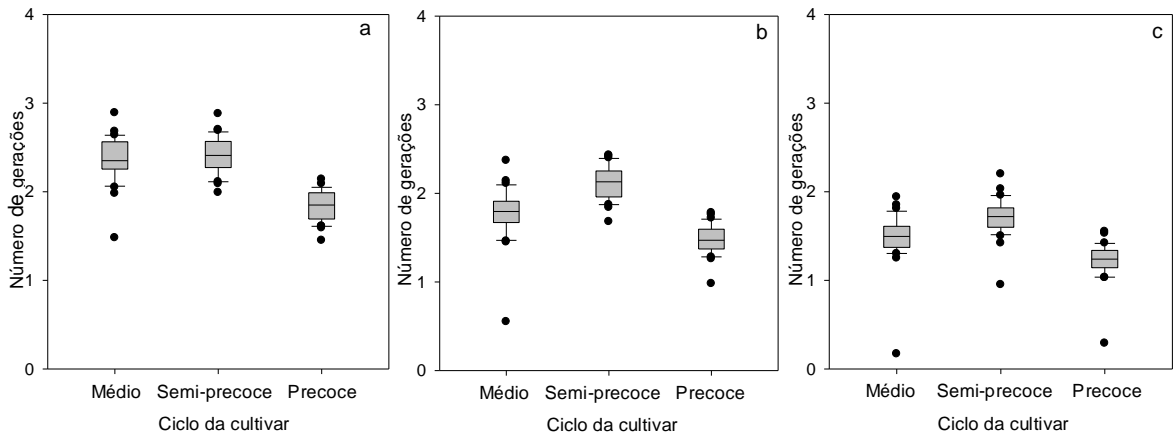


FIGURA 5. Número de gerações de *Euschistus heros* em soja em três cultivares (Bragg, de ciclo médio, Dom Mario, semi-precoce e Coodetec 202, precoce), no **estádio R3**, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.

A permanência por mais tempo no campo para as cultivares de ciclo médio é o que possibilita um maior número de gerações na simulação, embora se observe que, de acordo com as datas de semeadura, este padrão pode variar. Cabe ressaltar que estas simulações foram realizadas para uma longa série temporal e variações na temperatura média entre os anos poderiam acentuar estas diferenças. Em anos que sucedem grandes infestações do percevejo, a cultivar de ciclo precoce seria a mais indicada, no sentido de minimizar o potencial reprodutivo das populações de *E. heros*.

#### 4.2.1.2 Efeito do momento da detecção

Foram comparados dois momentos de início do ataque de *E. heros* em soja: R1 e R3. Observou-se que nos três ciclos de cultivares, quanto mais cedo a praga for detectada na lavoura, logicamente é maior o número de gerações simulado até a maturação fisiológica, tanto no município de Passo Fundo como em Santa Rosa (Figuras 6 a 11).

A diferença maior foi encontrada para o município de Passo Fundo, para a cultivar de ciclo médio, na data de semeadura em 05/10 (Figura 6), onde a presença do percevejo já no estágio R1, definiria três gerações no campo, e, conseqüentemente, um potencial de dano muito maior.

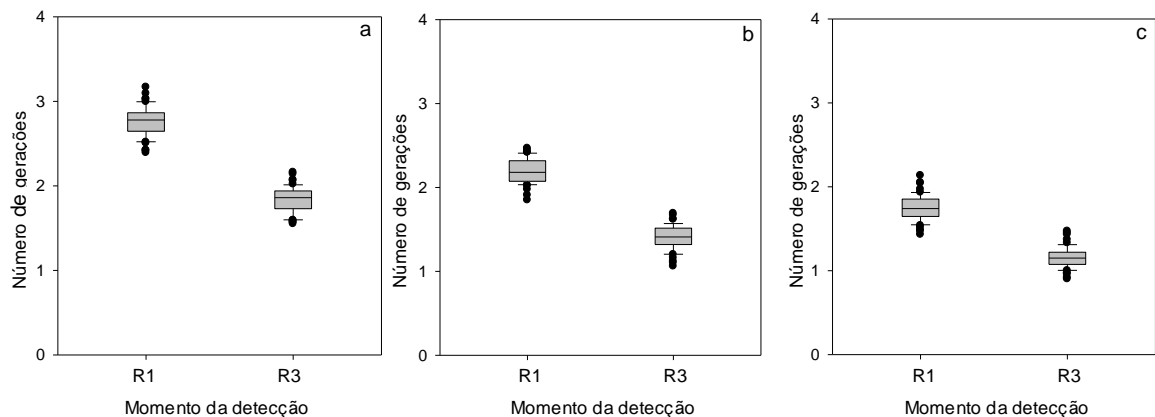


FIGURA 6. Número de gerações de *Euschistus heros* em soja na cultivar Bragg (ciclo médio) em dois momentos de detecção, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.

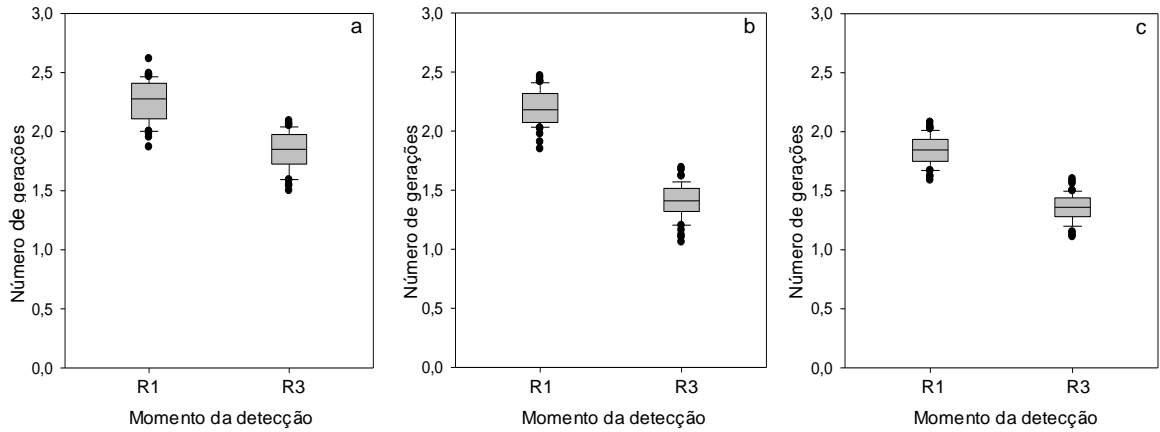


FIGURA 7. Número de gerações de *Euschistus heros* em soja na cultivar Dom Mario (ciclo semi-precoce) em dois momentos de detecção, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.

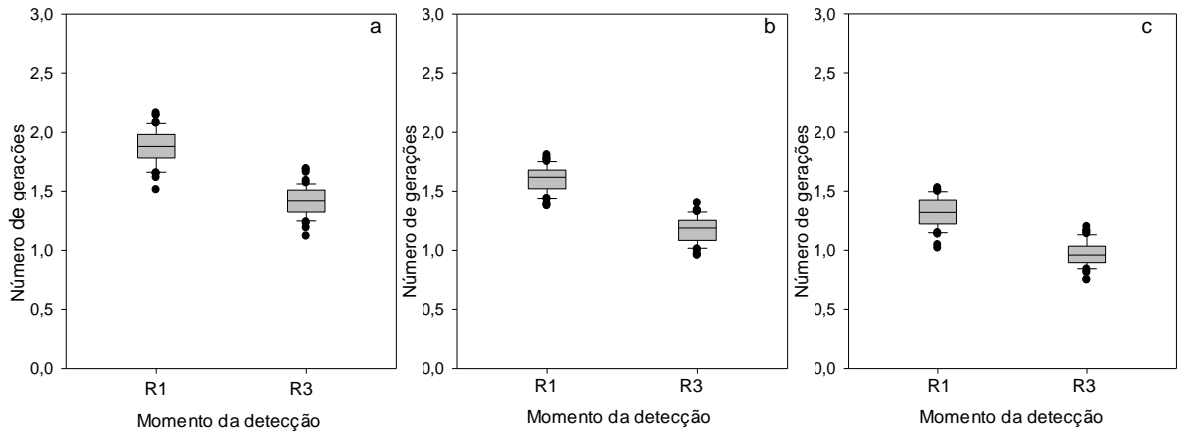


FIGURA 8. Número de gerações de *Euschistus heros* em soja na cultivar Coodetec 202 (ciclo precoce) em dois momentos de detecção, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.

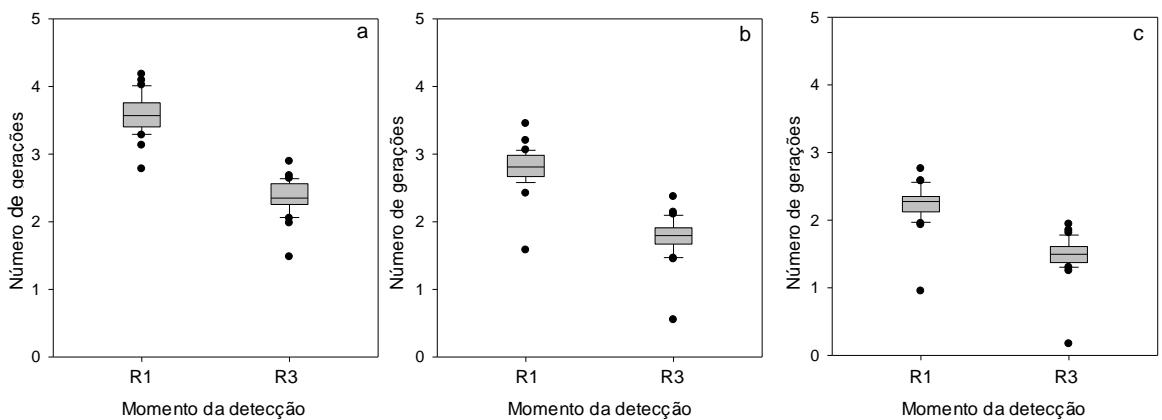


FIGURA 9. Número de gerações de *Euschistus heros* em soja na cultivar Bragg (ciclo médio) em dois momentos de detecção, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.



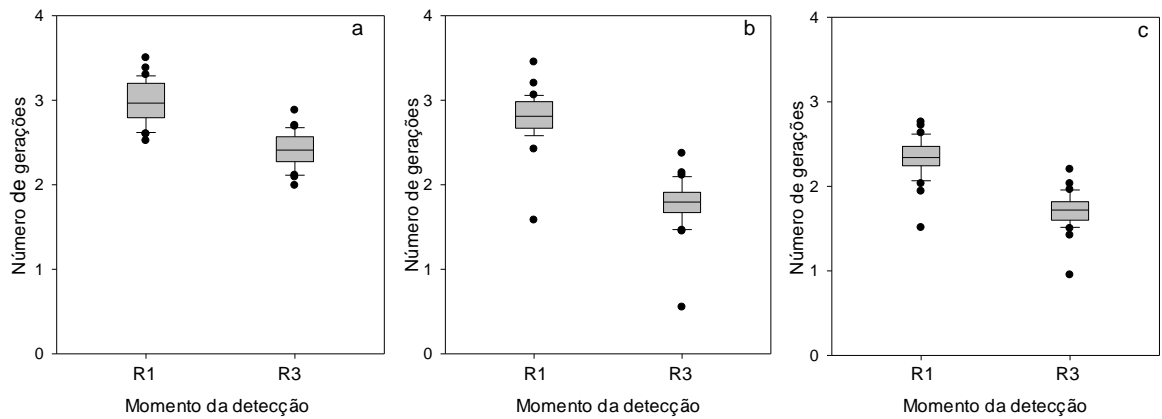


FIGURA 10. Número de gerações de *Euschistus heros* em soja na cultivar Dom Mario (ciclo semi-precoce) em dois momentos de detecção, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1957-2009.

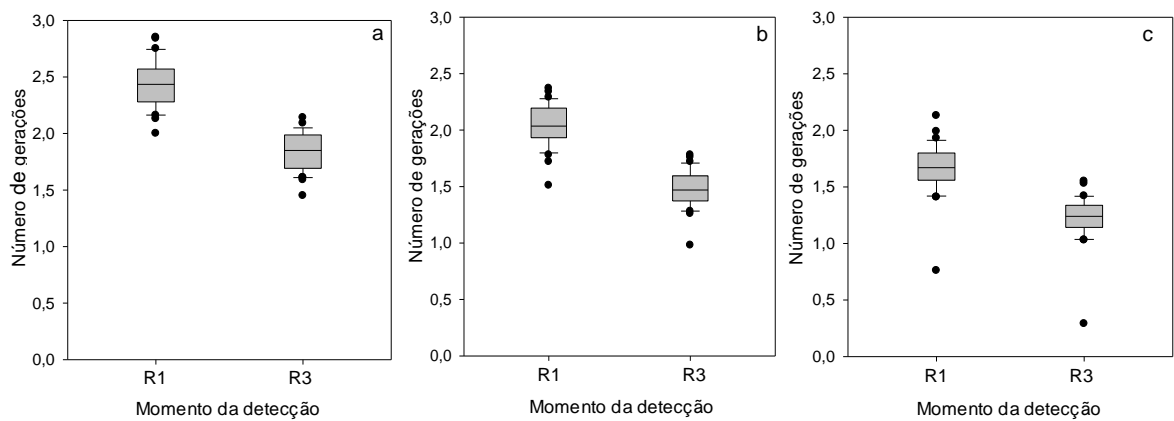


FIGURA 11. Número de gerações de *Euschistus heros* em soja na cultivar Coodetec 202 (ciclo precoce) em dois momentos de detecção, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.

Os resultados reforçam a importância do monitoramento da cultura a partir do final do período vegetativo, como indica o MIP-soja (Reunião de Pesquisa da Soja da Região Sul, 2009), considerando que pragas têm suas populações controladas naturalmente por inimigos naturais e aplicações desnecessárias de inseticidas sintéticos podem agravar problemas ambientais e da produção. Outro aspecto a ser considerado é que a presença da praga já no estágio R1, pode causar maiores danos às plantas (Hoffmann-Campo *et al.*, 2000) além de resultar em uma população maior da praga até o final da safra.

Como este padrão se repete para todas as cultivares (de ciclo precoce, semi-precoce e médio), independente da época de semeadura, a detecção em tempo hábil associada a medidas de controle adequadas, tendem a diminuir os prejuízos causados por esta espécie.

#### 4.2.1.3 Efeito da data da semeadura

Ao compararem-se as três datas de semeadura simuladas para os três ciclos de cultivares, nos dois municípios estudados, houve uma tendência do número de gerações de *E. heros* ser superior na primeira data (05/10), seguido da data intermediária (05/11) e em menor número na data mais tardia (05/12) nos dois municípios estudados (Figuras 12 a 17). Esta variação se dá em função de diferenças nas temperaturas médias entre os meses de semeadura. Em programas de MIP, as constantes térmicas calculadas dos insetos são associadas às temperaturas médias ambientais nas fases dos ciclos das culturas para determinar o potencial de injúria destes organismos sobre as plantas (Pedigo, 1996). Estes parâmetros é que serão usados para as tomadas de decisão a respeito do uso, ou não, de medidas de controle.

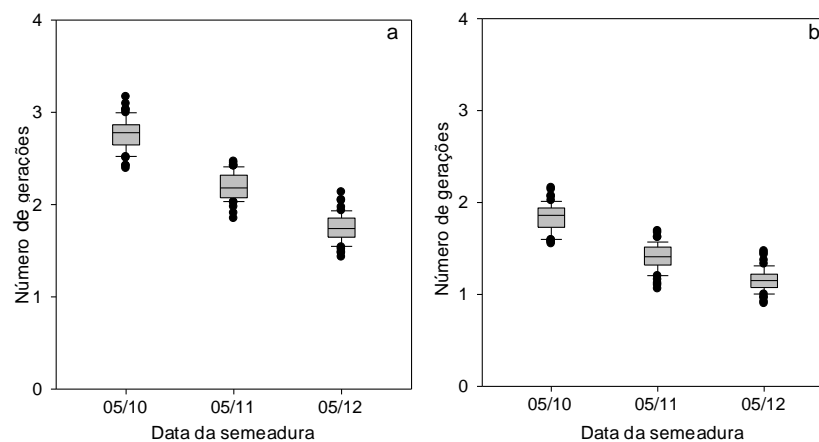


FIGURA 12. Número de gerações de *Euschistus heros* em soja na cultivar Bragg (ciclo médio) em três datas de semeadura nos momentos de detecção (a) R1 e (b) R3, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.

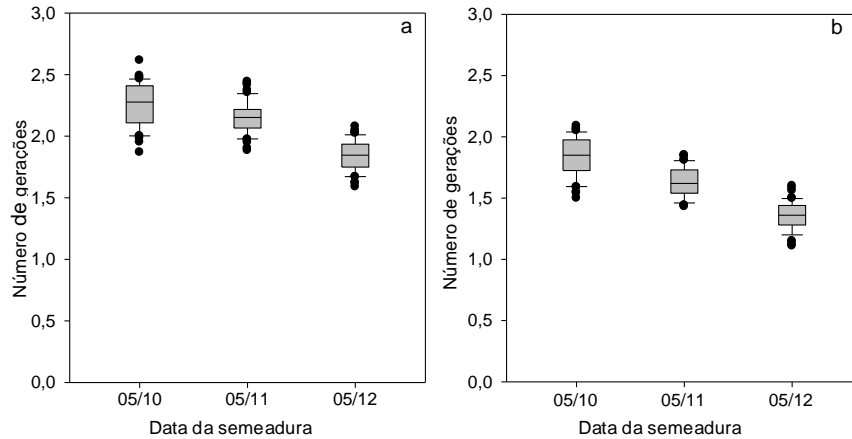


FIGURA 13. Número de gerações de *Euschistus heros* em soja na cultivar Dom Mario (ciclo semi-precoce) em três datas de semeadura nos momentos de detecção (a) R1 e (b) R3, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.

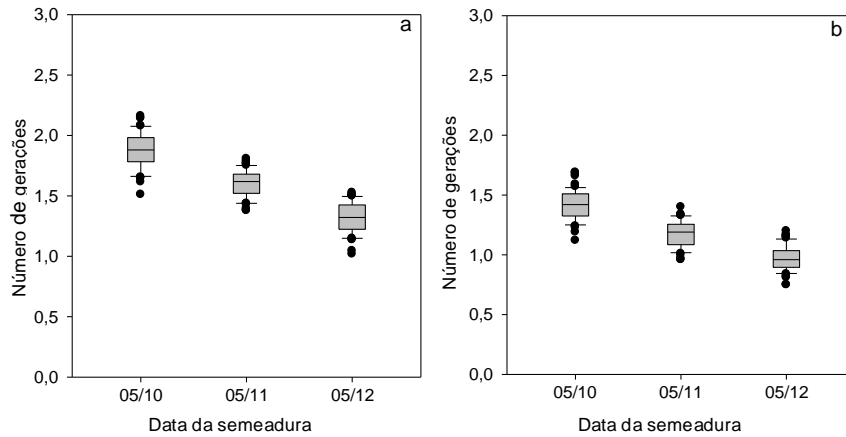


FIGURA 14. Número de gerações de *Euschistus heros* em soja na cultivar Coodetec 202 (ciclo precoce) em três datas de semeadura nos momentos de detecção (a) R1 e (b) R3, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.

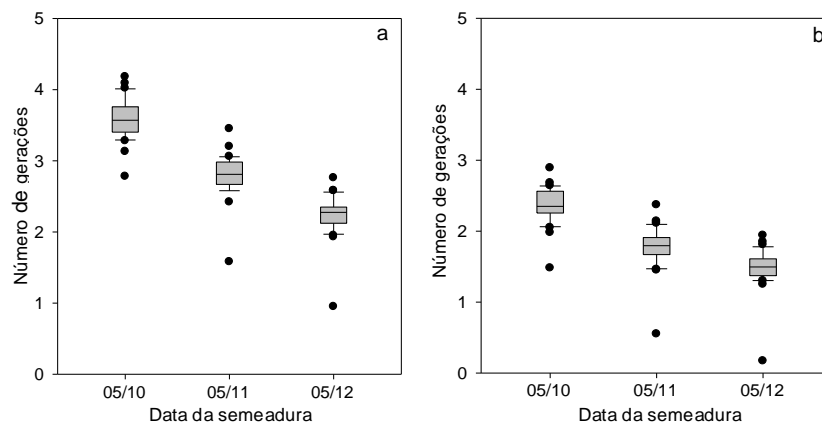


FIGURA 15. Número de gerações de *Euschistus heros* em soja na cultivar Bragg (ciclo médio) em três datas de semeadura nos momentos de detecção (a) R1 e (b) R3, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.

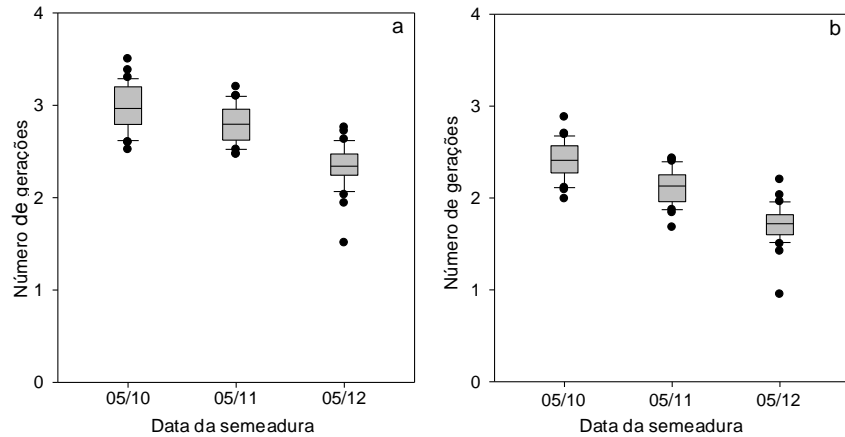


FIGURA 16. Número de gerações de *Euschistus heros* em soja na cultivar Dom Mario (ciclo semi-precoce) em três datas de semeadura nos momentos de detecção (a) R1 e (b) R3, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.

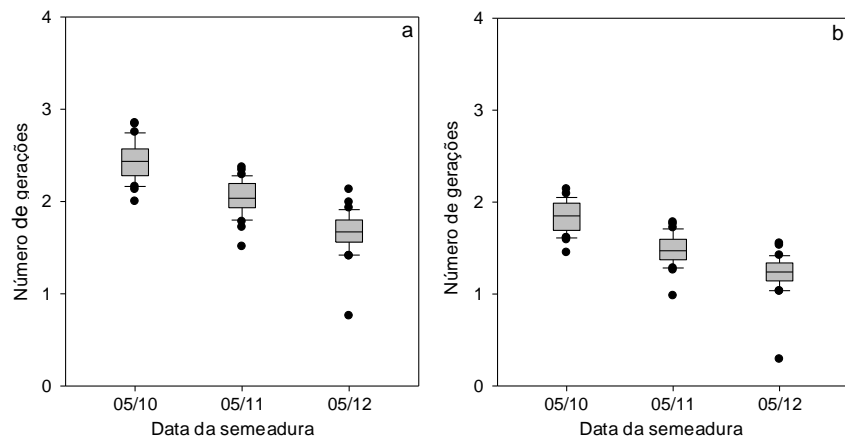


FIGURA 17. Número de gerações de *Euschistus heros* em soja na cultivar Coodetec 202 (ciclo precoce) em três datas de semeadura nos momentos de detecção (a) R1 e (b) R3, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.

No RS, a semeadura é feita normalmente na época intermediária (novembro) assim, pode-se inferir que no estado devam ocorrer de duas a três gerações da praga para a cultivar de ciclo médio, para a de ciclo semi-precoce em torno de duas e para a de ciclo precoce, de uma a duas gerações. Este aspecto deve ser levado em consideração, dentre outros, na escolha da cultivar e da época de semeadura.

## **4.2.2 Simulações para *Telenomus podisi***

### **4.2.2.1 Efeito da data da semeadura**

A presença do parasitóide *T. podisi* está principalmente relacionada à ocorrência do inseto-praga no campo e à faixa de temperatura média, por este motivo as simulações consideraram apenas os diferentes cenários de data de semeadura da soja.

Se *T. podisi* fosse introduzido no campo em cada data da semeadura da soja, um maior número de gerações do parasitóide se estabeleceria no plantio mais precoce, em (05/10) e em menor número nos plantios mais tardios, nos dois municípios simulados. Isso se explica porque, sendo a data da semeadura mais tardia, o ciclo da soja é acelerado, fazendo com que potencialmente um número menor de gerações possa se estabelecer (Figuras 18 e 19).

Para a eficiência de parasitismo deste inseto isto é adequado, pois, em geral, as maiores taxas de parasitismo em ovos (80%) ocorrem nos meses de outubro a dezembro e no decorrer da safra, estas taxas variam de 30 a 70% (Corrêa-Ferreira & Panizzi, 1999). O alto índice de parasitismo desde a implantação da cultura evidencia o quanto sua preservação é importante para o sucesso do manejo integrado, pois favorecendo o controle biológico por meio da introdução de inimigos naturais, minimiza-se o uso de inseticidas para o controle de *E. heros*.

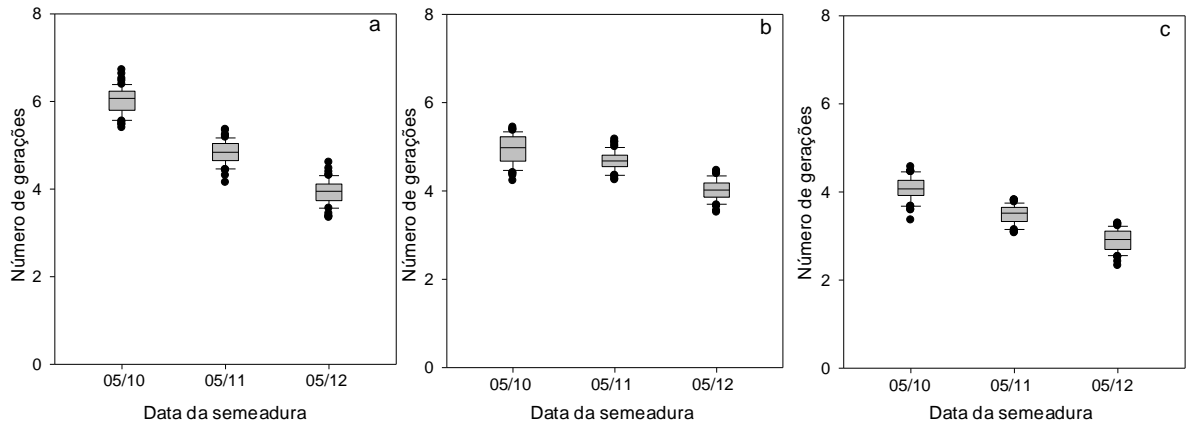


FIGURA 18. Número de gerações de *Telenomus podisi* em soja em três datas de semeadura nas cultivares (a) Bragg (ciclo médio), (b) Dom Mario (ciclo semi-precoce) e (c) Coodetec 202 (ciclo precoce), no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.

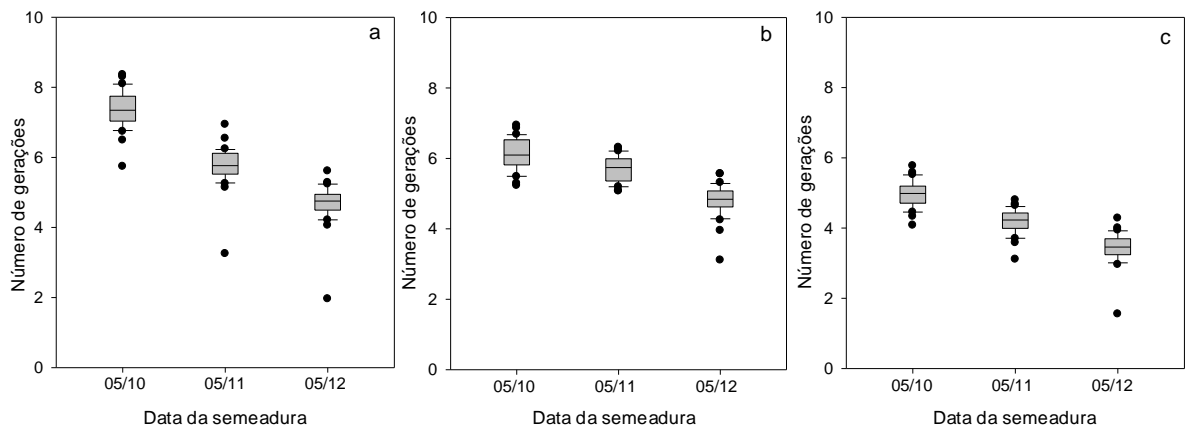


FIGURA 19. Número de gerações de *Telenomus podisi* em soja em três datas de semeadura nas cultivares (a) Bragg (ciclo médio), (b) Dom Mario (ciclo semi-precoce) e (c) Coodetec 202 (ciclo precoce), no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.

Entretanto, é importante ressaltar que o número de gerações do parasitóide está mais relacionado ao número de gerações do hospedeiro. O fato de *E. heros* apresentar em torno de três gerações, enquanto o *T. podisi* apresenta em torno de seis, dá um indicativo da eficiência deste no controle do percevejo, uma vez que segundo Lenteren (2009) a sincronização sazonal com o hospedeiro, o grande potencial reprodutivo e a boa resposta a densidade são critérios importantes na definição de inimigos naturais em programas de controle biológico.

As condições climáticas, os hospedeiros, a predação e a qualidade na produção dos indivíduos podem influenciar, isolada ou simultaneamente, na eficiência de inimigos naturais liberados (Cruz, 2002), no presente trabalho, os dois primeiros aspectos foram considerados. O clima provavelmente é o fator de maior impacto, em função da complexidade das variáveis meteorológicas que podem afetar o desenvolvimento, emergência, sobrevivência, atividade e fecundidade do inimigo natural liberado (Smith, 1994).

A temperatura média é um dos principais fatores ligados ao número de gerações de *T. podisi* no campo. A liberação de um inimigo natural a uma temperatura acima ou abaixo da faixa térmica considerada ótima para o desenvolvimento, pode afetar drasticamente sua sobrevivência em campo, já a precipitação pluviométrica afeta este organismo no momento de sua liberação (Pinto & Parra, 2002). Temperaturas muito altas podem afetar a sobrevivência, assim como temperaturas baixas costumam diminuir sua eficiência de controle (Pinto & Parra, 2002).

#### **4.2.3 Simulações para Ferrugem asiática**

De maneira geral os efeitos do ciclo da cultivar, do momento de detecção e da época de semeadura da soja na severidade da doença foram pouco aparentes (ver Apêndice 1). Para o município de Passo Fundo, as medianas variaram entre 34 e 45% (Tabela 6), em Santa Rosa, ficaram entre 31 e 45% (Tabela 7).

A severidade final da ferrugem parece estar mais relacionada com o mês de detecção da doença, que corresponde aos momentos de detecção em R1, R3 e R5 do que com a data da semeadura e o ciclo da cultivar.

TABELA 6. Estimativa de severidade (%) da ferrugem asiática da soja em função da época de semeadura, cultivar e momento de detecção para o município de Passo Fundo, RS.

<b>Semeadura em 05/10</b>						
<b>Ciclo médio (Bragg)</b>						
<b>Detecção</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>1º Quartil</b>	<b>Mediana</b>	<b>3º Quartil</b>	<b>Máximo</b>
R1	42,08	15,92	32,56	38,61	50,29	89,41
R3	41,67	9,27	26,67	39,37	55,61	100,00
R5	45,04	10,30	34,04	42,20	56,48	74,53
<b>Ciclo semi-precoce (Dom Mario)</b>						
<b>Detecção</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>1º Quartil</b>	<b>Mediana</b>	<b>3º Quartil</b>	<b>Máximo</b>
R1	41,37	8,69	27,29	38,05	53,64	91,01
R3	41,96	15,28	32,20	39,90	50,29	95,37
R5	41,95	7,97	29,33	40,37	54,02	91,73
<b>Ciclo precoce (Coodetec 202)</b>						
<b>Detecção</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>1º Quartil</b>	<b>Mediana</b>	<b>3º Quartil</b>	<b>Máximo</b>
R1	40,49	11,28	30,12	39,15	48,95	83,60
R3	42,48	3,69	30,70	39,36	54,27	90,88
R5	41,92	9,27	29,20	41,64	52,80	100,00
<b>Semeadura em 05/11</b>						
<b>Ciclo médio (Bragg)</b>						
<b>Detecção</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>1º Quartil</b>	<b>Mediana</b>	<b>3º Quartil</b>	<b>Máximo</b>
R1	41,70	9,27	29,10	39,14	54,06	90,38
R3	45,12	9,00	31,11	44,66	57,22	88,44
R5	40,80	12,64	26,73	38,16	53,09	91,61
<b>Ciclo semi-precoce (Dom Mario)</b>						
<b>Detecção</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>1º Quartil</b>	<b>Mediana</b>	<b>3º Quartil</b>	<b>Máximo</b>
R1	40,19	17,44	26,26	39,41	48,33	79,87
R3	42,37	9,20	29,50	39,77	55,44	90,38
R5	45,02	13,67	33,69	42,24	56,87	82,11
<b>Ciclo precoce (Coodetec 202)</b>						
<b>Detecção</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>1º Quartil</b>	<b>Mediana</b>	<b>3º Quartil</b>	<b>Máximo</b>
R1	42,27	9,27	30,59	40,31	53,65	94,43
R3	45,16	11,64	34,57	42,92	58,82	73,22
R5	44,58	9,00	31,22	44,12	57,47	87,21
<b>Semeadura em 05/12</b>						
<b>Ciclo médio (Bragg)</b>						
<b>Detecção</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>1º Quartil</b>	<b>Mediana</b>	<b>3º Quartil</b>	<b>Máximo</b>
R1	45,83	12,33	33,35	45,41	56,67	87,35
R3	37,67	5,79	23,92	36,40	48,52	75,00
R5	35,82	9,99	24,55	34,54	46,64	74,83
<b>Ciclo semi-precoce (Dom Mario)</b>						
<b>Detecção</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>1º Quartil</b>	<b>Mediana</b>	<b>3º Quartil</b>	<b>Máximo</b>
R1	42,83	9,27	30,75	38,95	57,02	94,43
R3	45,62	12,33	34,55	43,45	57,78	84,00
R5	42,00	12,55	27,75	39,70	53,16	99,38
<b>Ciclo precoce (Coodetec 202)</b>						
<b>Detecção</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>1º Quartil</b>	<b>Mediana</b>	<b>3º Quartil</b>	<b>Máximo</b>
R1	45,51	10,30	31,86	44,92	57,06	87,21
R3	41,41	12,55	26,63	39,17	52,10	100,00
R5	37,69	5,79	23,92	36,40	49,91	76,98



TABELA 7. Estimativa de severidade (%) da ferrugem asiática da soja em função da época de semeadura, cultivar e momento de detecção para o município de Santa Rosa, RS.

<b>Semeadura em 05/10</b>						
<b>Ciclo médio (Bragg)</b>						
<b>Detecção</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>1º Quartil</b>	<b>Mediana</b>	<b>3º Quartil</b>	<b>Máximo</b>
R1	35,30	5,61	20,45	32,71	48,38	84,85
R3	36,26	2,69	21,69	34,52	50,00	97,76
R5	38,59	5,48	23,73	35,37	52,74	89,21
<b>Ciclo semi-precoce (Dom Mario)</b>						
<b>Detecção</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>1º Quartil</b>	<b>Mediana</b>	<b>3º Quartil</b>	<b>Máximo</b>
R1	38,42	9,94	23,78	34,16	50,94	100,00
R3	40,30	2,04	21,69	38,56	55,48	89,41
R5	41,36	2,69	27,80	37,71	53,57	95,75
<b>Ciclo precoce (Coodetec 202)</b>						
<b>Detecção</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>1º Quartil</b>	<b>Mediana</b>	<b>3º Quartil</b>	<b>Máximo</b>
R1	40,49	11,28	30,12	39,15	48,95	83,60
R3	42,48	3,69	30,70	39,36	54,27	90,88
R5	41,92	9,27	29,20	41,64	52,80	100,00
<b>Semeadura em 05/11</b>						
<b>Ciclo médio (Bragg)</b>						
<b>Detecção</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>1º Quartil</b>	<b>Mediana</b>	<b>3º Quartil</b>	<b>Máximo</b>
R1	35,55	2,69	20,20	34,28	49,20	78,19
R3	40,07	3,76	24,23	36,33	55,32	80,68
R5	37,71	12,62	25,50	32,11	46,67	97,98
<b>Ciclo semi-precoce (Dom Mario)</b>						
<b>Detecção</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>1º Quartil</b>	<b>Mediana</b>	<b>3º Quartil</b>	<b>Máximo</b>
R1	41,33	2,69	27,61	44,19	53,68	82,01
R3	41,48	15,28	27,37	41,38	51,97	79,71
R5	41,12	7,60	26,61	39,59	54,66	84,23
<b>Ciclo precoce (Coodetec 202)</b>						
<b>Detecção</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>1º Quartil</b>	<b>Mediana</b>	<b>3º Quartil</b>	<b>Máximo</b>
R1	42,27	9,27	30,59	40,31	53,65	94,43
R3	45,16	11,64	34,57	42,92	58,82	73,22
R5	44,58	9,00	31,22	44,12	57,47	87,21
<b>Semeadura em 05/12</b>						
<b>Ciclo médio (Bragg)</b>						
<b>Detecção</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>1º Quartil</b>	<b>Mediana</b>	<b>3º Quartil</b>	<b>Máximo</b>
R1	43,11	2,69	28,79	41,38	60,58	83,64
R3	36,07	6,71	22,06	31,42	48,92	80,70
R5	32,77	0,00	23,36	29,03	41,53	73,51
<b>Ciclo semi-precoce (Dom Mario)</b>						
<b>Detecção</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>1º Quartil</b>	<b>Mediana</b>	<b>3º Quartil</b>	<b>Máximo</b>
R1	43,45	7,60	28,94	36,29	59,99	84,23
R3	37,31	12,62	25,93	34,72	46,24	79,71
R5	34,26	6,71	22,06	30,79	42,68	81,07
<b>Ciclo precoce (Coodetec 202)</b>						
<b>Detecção</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>1º Quartil</b>	<b>Mediana</b>	<b>3º Quartil</b>	<b>Máximo</b>
R1	45,51	10,30	31,86	44,92	57,06	87,21
R3	41,41	12,55	26,63	39,17	52,10	100,00
R5	37,69	5,79	23,92	36,40	49,91	76,98

Analisando a série temporal para o município de Santa Rosa (Figuras 20, 21 e 22), observa-se que não há uma tendência para maior ou menor severidade da doença quando se compara as cultivares. Nota-se que há picos em alguns

anos, como por exemplo, em meados de 2000, ano em que a ferrugem asiática foi detectada pela primeira vez no Brasil.

Se a doença tivesse sido detectada no Estado na década de 90, um grande impacto poderia ter ocorrido, inclusive mais alto do que a partir de 2001 (Figuras 20 a 22), devido a condições climáticas mais favoráveis no período crítico para a cultura (Del Ponte *et al.*, 2010).

Em alguns anos, como em 2000 no município de Santa Rosa, para a data de plantio em 05/11, observou-se que ocorreu uma severidade de 80% na cultivar de ciclo semi-precoce (Dom Mario) e em torno de 60% nas cultivares de ciclo médio (Bragg) e precoce (Coodetec 202) quando a doença foi detectada em R1 (Figura 20), sendo que se a ferrugem fosse detectada em R3 (Figura 21) ou R5 (Figura 22), a severidade reduziria para 40% em todas cultivares simuladas, indicando que no início do estágio reprodutivo da cultura (R1) coincidiu com um período mais chuvoso favorecendo o estabelecimento da doença.

Isto demonstra que a severidade da ferrugem está mais relacionada com as condições climáticas em seus estádios mais críticos do que com a data de semeadura e o ciclo da cultivar. Em outras palavras, não se pode dizer que há menor risco da doença em semeaduras precoces ou quando se utiliza cultivar de ciclo curto já que em um determinado ano as condições de chuva podem coincidir com os períodos críticos para o estabelecimento da doença, mesmo que seja em plantios antecipados. No entanto, nesse trabalho foi assumido que o inóculo estava igualmente presente em todas as safras, o que não corresponde a realidade, uma vez que condições meteorológicas no início da safra podem determinar uma menor quantidade de inóculo disponível. Com base nesse pressuposto, normalmente se considera que em plantios antecipados se tem menor risco da doença devido à uma condição de escape direcionada mais ao

inóculo do que propriamente de condições meteorológicas que favorecem o desenvolvimento da doença.

Para detecções em R1, por exemplo, as datas simuladas pelo modelo DSSAT variaram entre 15 de dezembro e 30 de janeiro para as três datas de semeadura, o que coincide com um período mais chuvoso no local, favorecendo assim a doença.

Outro fator importante a ser considerado na avaliação de risco de ferrugem é o fenômeno El Niño, que provoca maiores volumes de chuva em fases em que a cultura está mais suscetível à doença.

Del Ponte *et al.* (2010) ao estudar o potencial de se conhecer antecipadamente o risco da ferrugem com a utilização de informações referentes ao El Niño avaliando 26 municípios do RS com uma data hipotética de detecção da doença a partir do mês de fevereiro, observaram que o risco da ferrugem asiática aumenta em até 20% comparado a anos neutros e La Niña. Na década de 1990 foram observados vários anos El Niño, o que coincide com os resultados da simulação que mostram vários anos com severidade acima de 60% na série histórica para aquela década (Figura 20).

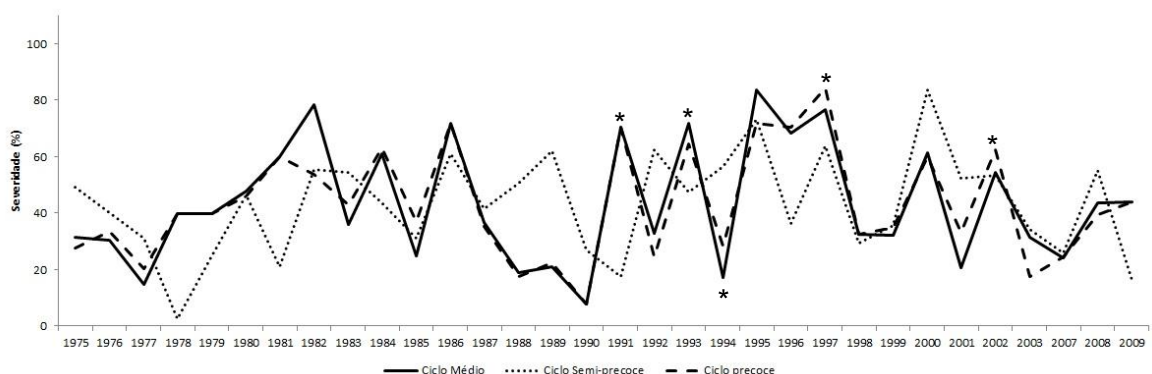


FIGURA 20. Severidade (%) da ferrugem asiática da soja para três cultivares, na data de semeadura em 05/11 e momento de detecção em R1 para o município de Santa Rosa, RS. Série temporal 1975-2009. Os anos indicados (\*) correspondem a anos de ocorrência de El Niño.

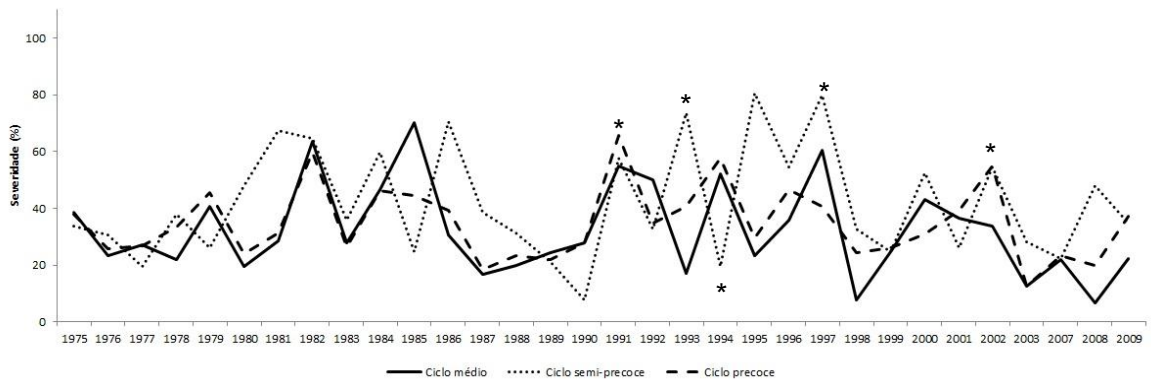


FIGURA 21. Severidade (%) da ferrugem asiática da soja para três cultivares, na data de semeadura em 05/11 e momento de detecção em **R3** para o município de Santa Rosa, RS. Série temporal 1975-2009. Os anos indicados (\*) correspondem a anos de ocorrência de El Niño.

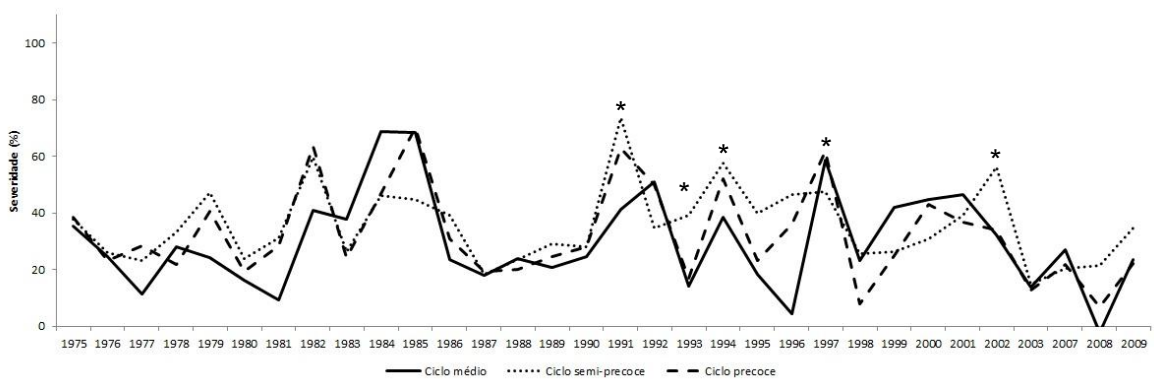


FIGURA 22. Severidade (%) da ferrugem asiática da soja para três cultivares, na data de semeadura em 05/11 e momento de detecção em **R5** para o município de Santa Rosa, RS. Série temporal 1975-2009. Os anos indicados (\*) correspondem a anos de ocorrência de El Niño.

A evidência empírica indica que a maioria das regiões brasileiras são favoráveis ao estabelecimento da ferrugem asiática e epidemias severas com danos significativos em produtividade foram relatadas na ausência de um controle eficaz da doença (Yorinori *et al.*, 2005).

Epidemias e perdas em produtividade são variáveis de ano para ano entre as regiões de produção da soja no Brasil, especialmente nas regiões sul (Godoy *et al.*, 2009).

Um componente crítico para avaliar e gerenciar riscos da ferrugem asiática é através de uma melhor compreensão da epidemiologia da doença. Tais estudos

permitem a identificação e quantificação dos principais fatores que impulsionam epidemias da doença e perdas de produção subsequente, proporcionando assim uma base racional para melhorar a gestão da doença (Del Ponte *et al.*, 2006).

Atualmente, o único controle eficaz da ferrugem asiática é através do uso de fungicidas em aplicações únicas ou sequenciais, dependendo do risco da doença, mas o seu uso no longo prazo de um maior número de aplicações pode ser limitado devido ao aumento dos custos de produção bem como a perda de sensibilidade da população do fungo à determinados princípios ativos (Godoy, 2005).

Na região sul do Brasil, as estiagens generalizadas nas últimas safras não impediram a dispersão da doença para várias regiões (Embrapa, 2006). A severidade da doença, no entanto, tem sido variável e no geral não é tão agressiva, porém existem relatos de casos de desfolha significativa, em função das condições climáticas sazonais e épocas de entrada da doença na lavoura (Del Ponte, 2006). Por exemplo, em 1992, a simulação da severidade da ferrugem atingiu valores acima de 70%, o que, na ausência de controle, poderia levar a danos significativos.

Dados de pesquisa da Embrapa Trigo mostraram evidências de danos normalmente não significativos na região de Passo Fundo, principalmente em anos mais secos e quando a doença é detectada mais tardiamente (Godoy, 2005). Os dados do presente trabalho mostram que, para os dois locais estudados, os níveis médios de severidade da doença são menores quando comparados a outras regiões do Brasil com maior regime de chuva. Há uma grande variação, no entanto, de um ano para outro, sem uma evidência forte, considerando as premissas consideradas nesse estudo, de que práticas de

manejo como plantio antecipado, uso de cultivares precoces ou entrada tardia da doença diminuem os riscos da doença.

### **4.3 Avaliação dos impactos das mudanças climáticas em insetos e doenças da soja**

A partir das faixas de favorabilidade determinadas para os insetos (ver item 4.1) e das faixas de severidade para a doença, foram elaborados mapas mensais de favorabilidade climática no cenário de clima atual nos cenários futuros projetados pelo IPCC.

#### **4.3.1 *Euschistus heros***

Os mapas de favorabilidade climática para *E. heros* indicam que, de um modo geral, haverá aumento da área favorável ao seu desenvolvimento no sul do Brasil em relação ao clima atual, tanto para o cenário A2 (Figura 23) quanto para o B1 (Figura 24). Este aumento está projetado tanto para o período de maior favorabilidade à ocorrência do inseto na cultura da soja (meses de novembro a março), assim como para o período menos favorável (meses de abril a outubro). A principal alteração do clima responsável por esse resultado é o aumento da temperatura média para níveis favoráveis à ocorrência do percevejo-marrom-da-soja, ou seja, valores acima de 20°C nestas simulações, sem considerar outros fatores. O aumento na ocorrência do inseto é mais acentuado para o cenário A2 que para o B1 (Tabela 8), visto que o primeiro prevê maiores aumentos de temperatura que o cenário B1, resultando em condições mais favoráveis à *E. heros*. Além disso, o aumento da área favorável ao inseto é gradativo nas três décadas estudadas para os dois cenários, isto é, a cada década, a área favorável sofre aumentos. No período de novembro a março, em média, a área favorável à

*E. heros* corresponde a 97% da região sul do Brasil e, para os meses de abril a outubro, 22% (Tabela 8). Em 2020, para o cenário A2, a área média será de 97% e 12%; para 2050 será de 99% e 27% e para 2080 será de 100% e 43%, respectivamente.

Este aumento nas áreas favoráveis deve implicar na necessidade de intensificação de medidas de controle, especialmente no período de dezembro a março (Figuras 23 e 24). Os limites utilizados para caracterizar as condições favoráveis à ocorrência do percevejo-marrom-da-soja mostraram-se adequados, pois os mapas elaborados para as condições atuais estão de acordo com os relatos na literatura. Segundo Cividanes & Parra (1994b) e Costa *et al.* (1998), em temperaturas abaixo de 14°C há paralisação no desenvolvimento do inseto e em temperaturas superiores a 30°C, este desenvolvimento tende a ser mais lento. Os mesmos autores relatam que temperaturas em torno de 26 a 28°C são a faixa ótima de desenvolvimento deste inseto, com aproximadamente 28 dias de ciclo biológico, podendo alcançar de 3 a 4 gerações na safra.

As mudanças climáticas certamente afetarão o desenvolvimento da planta, o que já foi documentado em inúmeros trabalhos tais como Hoogenboom *et al.* (2004), que através de modelagem matemática previram uma redução do tempo de maturação com o aumento médio da temperatura associado à uma diminuição no peso de grãos por hectare. Zheng *et al.* (2009) registraram um decréscimo de 14 a 28% na produtividade da soja em relação ao aumento das temperaturas médias de 1987 a 2004. Nas condições atuais, a soja é cultivada em praticamente toda a região sul do país, mas nos cenários futuros, áreas de inaptidão poderão causar alteração da área cultivada comercialmente, mudando o zoneamento para produção. Tal situação, porém, pode ser minimizada com o melhoramento de cultivares tolerantes às novas condições, como o trabalho de Piper & Boote

(1999) que determinaram a variação genética na concentração de óleo e proteína em sementes de soja em diferentes regiões dos Estados Unidos, avaliando cultivares que apresentam maior concentração destes em temperaturas médias mais elevadas, estando esta variação relacionada ao fotoperíodo, estresse hídrico e temperatura durante o estágio de formação da semente.

Da mesma forma, o inseto pode sofrer pressão de seleção em favor de linhagens mais adaptadas. Sabe-se que fatores ambientais como a temperatura, radiação solar, fertilidade do solo, deficiência hídrica entre outros, podem favorecer a resistência ou suscetibilidade da planta ao inseto (Futuyama, 1992), por outro lado, estes podem desenvolver mecanismos comportamentais, tais como escolher o local para oviposição ou aumentar a polifagia (Pizzamiglio-Gutierrez, 2009), minimizando os efeitos das defesas das plantas.



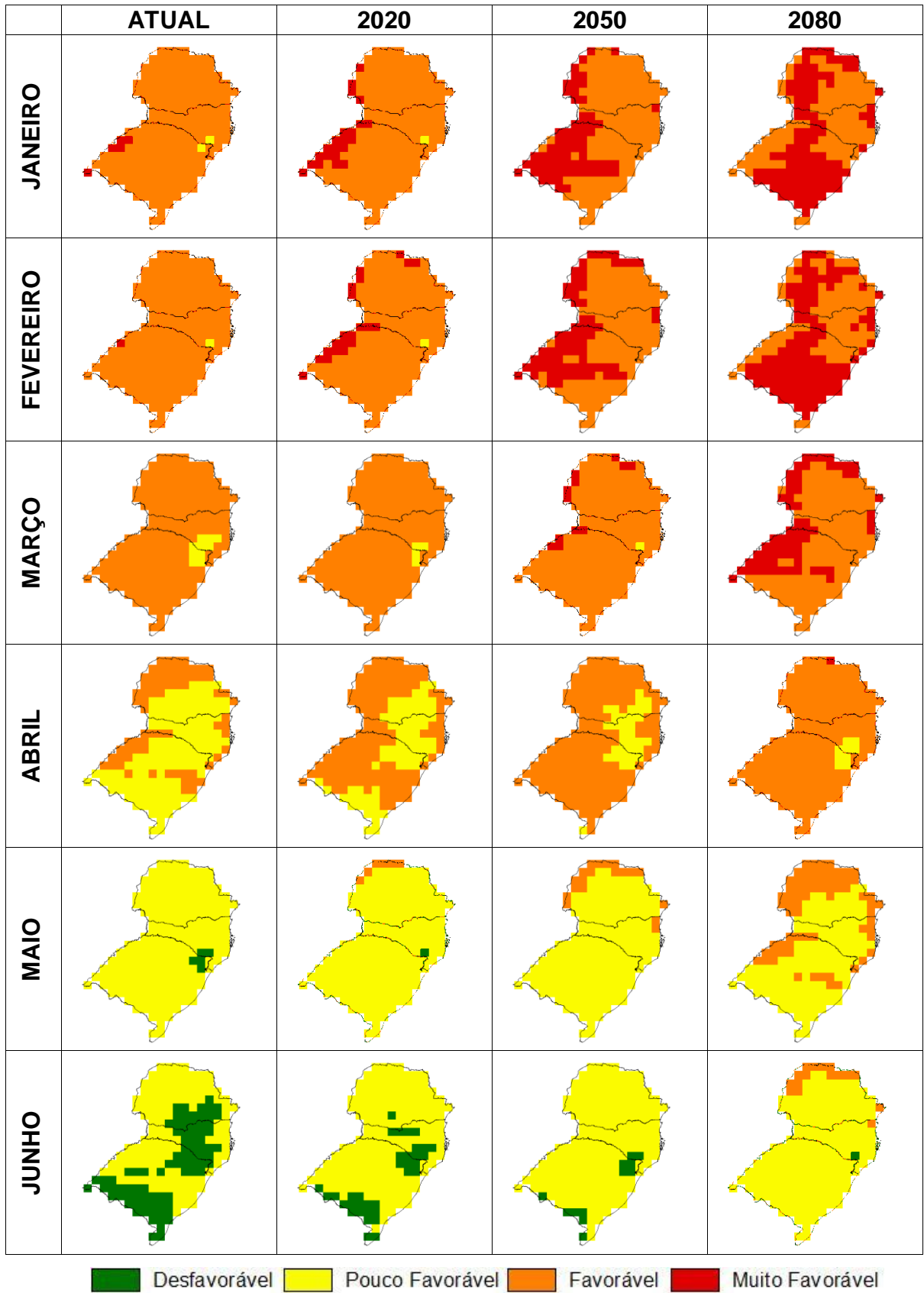
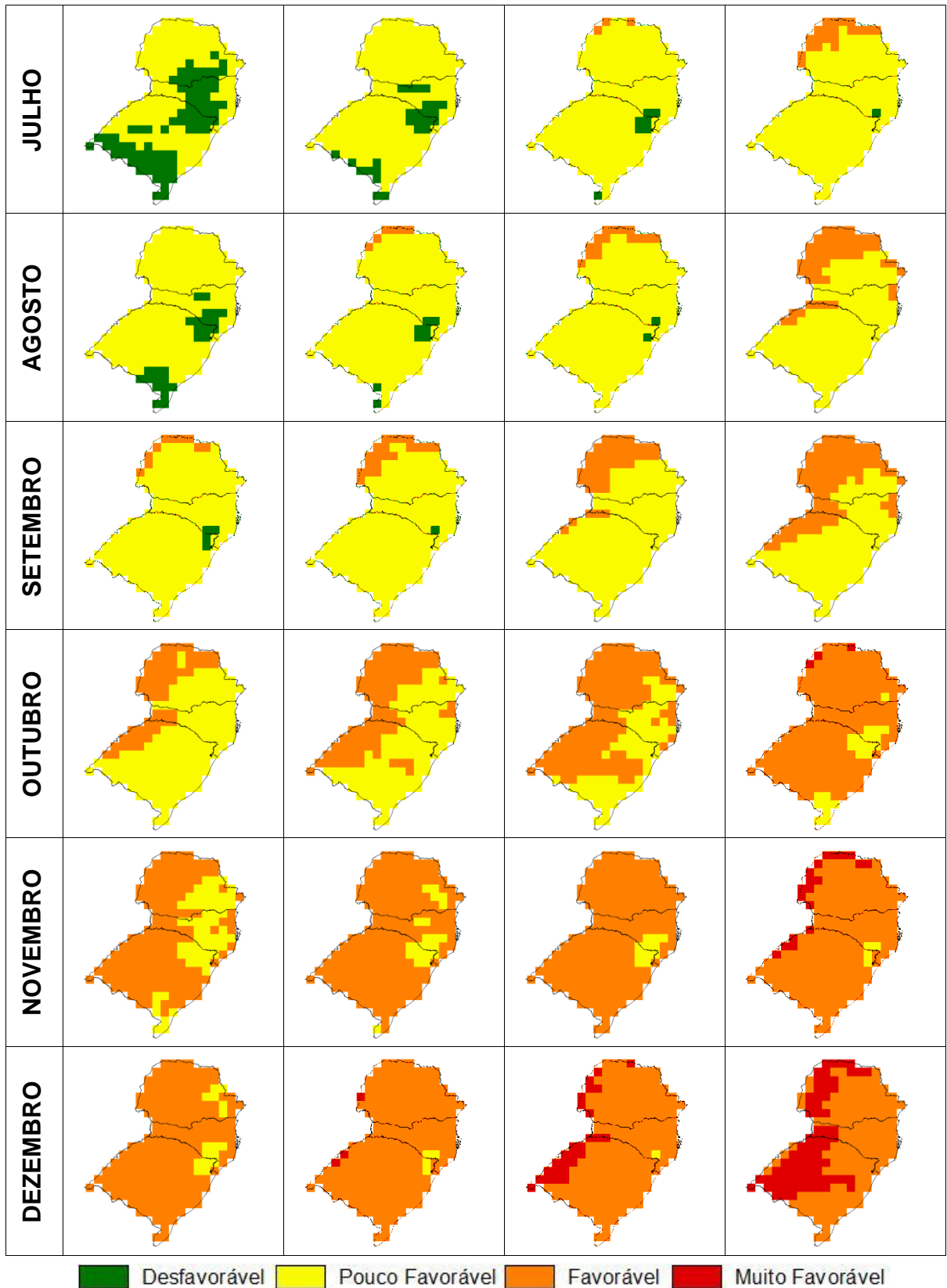


FIGURA 23. Mapas de favorabilidade à *Euschistus heros* para a Região Sul do Brasil no período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) no cenário A2 para os meses de Janeiro a Dezembro.

continuação FIGURA 23.

Mapas de favorabilidade à *Euschistus heros* para a Região Sul do Brasil no período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) no cenário A2 para os meses de Janeiro a Dezembro.



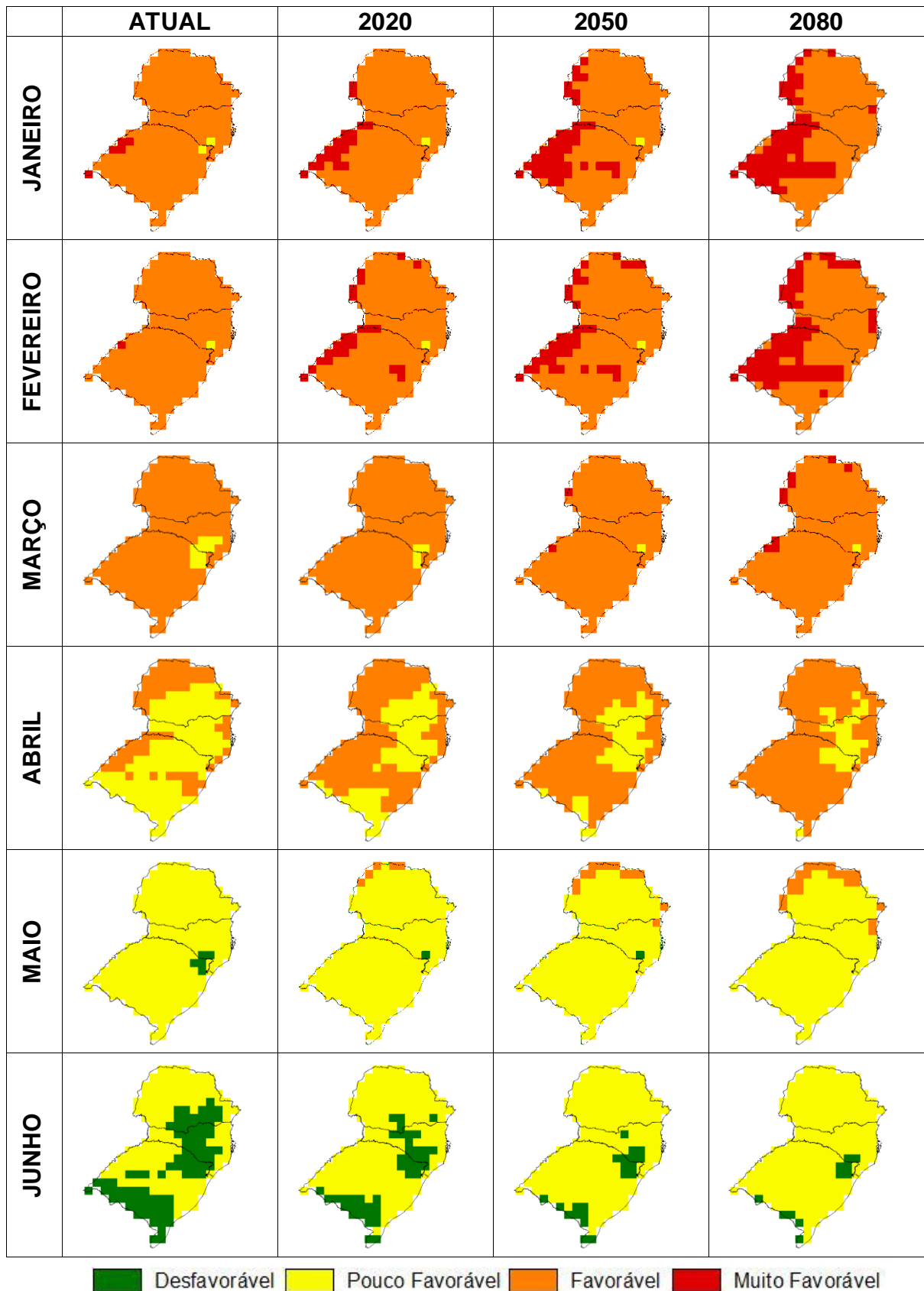
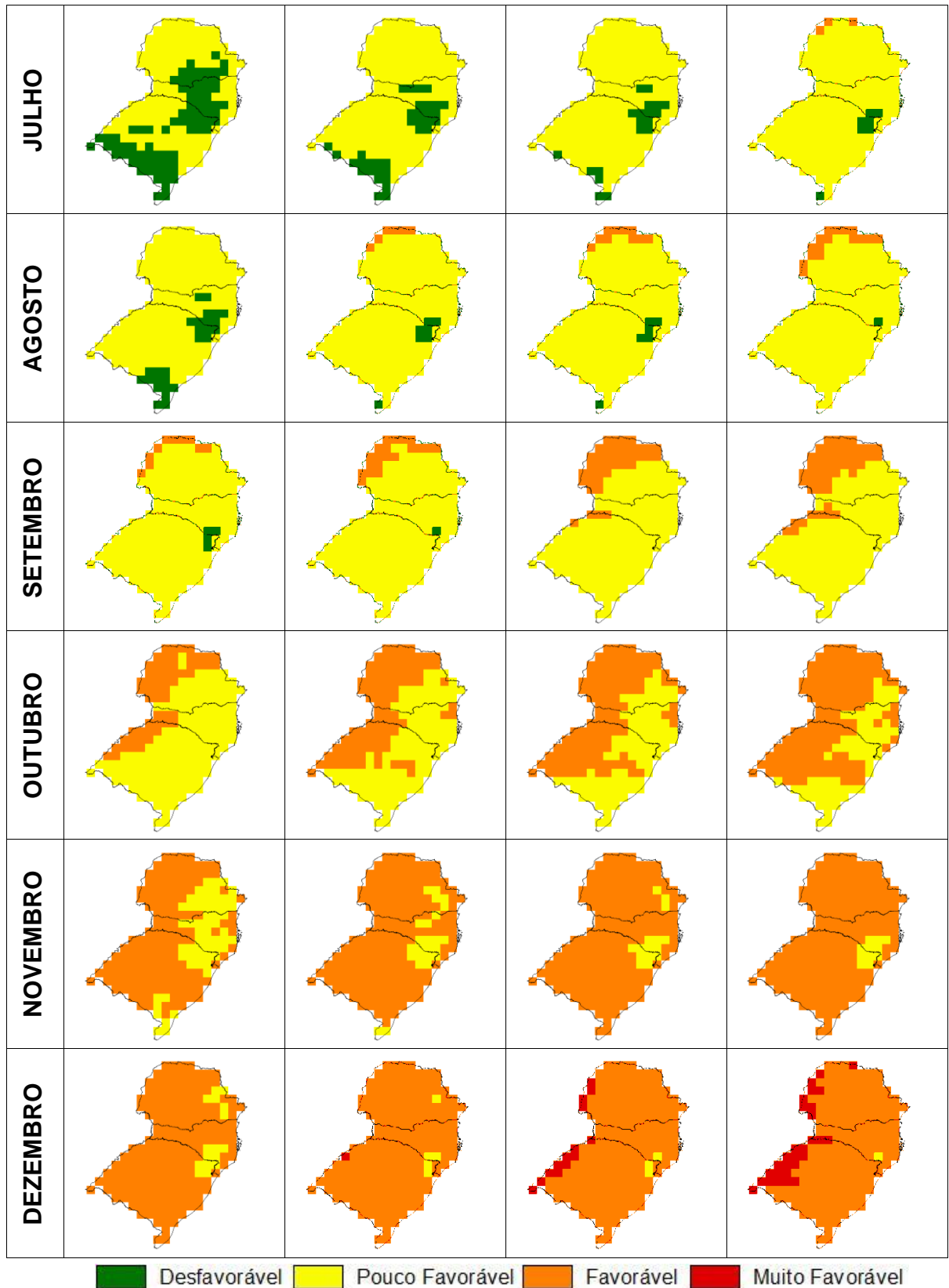


FIGURA 24. Mapas de favorabilidade à *Euschistus heros* para a Região Sul do Brasil no período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) no cenário B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.

continuação FIGURA 24. Mapas de favorabilidade à *Euschistus heros* para a Região Sul do Brasil no período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) no cenário B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.





continuação TABELA 8. Percentual de área geográfica para faixas de favorabilidade à *Euschistus heros* na Região Sul do Brasil para o período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários A2 e B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.

FAIXAS	1961-1990	CENÁRIOS					
		2020		2050		2080	
		A2	B1	A2	B1	A2	B1
<b>OUT</b>							
Desfavorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pouco Favorável	72,25	55,82	54,42	33,83	43,65	10,13	31,49
Favorável	27,75	44,18	45,58	66,17	56,35	88,41	68,51
Muito Favorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,46	0,00
<b>NOV</b>							
Desfavorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pouco Favorável	27,73	9,86	11,24	5,13	7,04	1,86	5,13
Favorável	72,27	90,14	88,76	94,87	92,96	89,01	94,87
Muito Favorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,13	0,00
<b>DEZ</b>							
Desfavorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pouco Favorável	7,55	1,86	2,34	0,47	1,40	0,00	0,47
Favorável	92,45	96,72	97,19	86,82	92,02	64,76	85,88
Muito Favorável	0,00	1,41	0,47	12,71	6,58	35,24	13,65

#### 4.3.2 *Telenomus podisi*

Os mapas de favorabilidade climática para *T. podisi* indicam que não haverá mudança na área muito favorável ao desenvolvimento deste parasitóide na região sul do Brasil em relação ao clima atual, tanto para o cenário A2 (Figura 25) quanto para o B1 (Figura 26). Isto se deve ao fato de que *T. podisi* apresenta uma grande amplitude térmica ao seu estabelecimento e desenvolvimento. Temperaturas entre 20°C e 32°C são favoráveis a este inseto.

Por se tratar de um parasitóide de ovos de percevejos, o período compreendido entre novembro e março é adequado para adotar-se medidas de controle biológico. Torres *et al.* (1997) avaliaram o parasitismo e emergência de *T. podisi* em diferentes temperaturas e concluíram que na temperatura de 25°C o percentual de parasitismo deste inseto em ovos de *E. heros* é de 95% e o

percentual de emergência de 88%, podendo o inseto alcançar em torno de 23 gerações por ano.

Entretanto, o fato de que as condições ambientais não são favoráveis ao desenvolvimento do parasitóide nas épocas da entressafra, pode indicar que haverá a necessidade de reintrodução em cada ciclo da soja. Assim, esta espécie seria indicada em programas de liberação do tipo inoculativo sazonal ou inundativo (Lenteren, 2009).

Tanto no cenário A2 como no B1, os resultados prevêem um aumento da área favorável ao desenvolvimento de *T.podisi* nos meses de abril e outubro (Tabela 9). Em 2020, a área média será de 45% e 65%; para 2050 será de 61% e 80% e para 2080 será de 79% e 96%, respectivamente. Isto se torna importante na definição de estratégias de liberação do parasitóide de modo a se obter maior eficiência de controle dos percevejos da soja.

Os mapas para as condições atuais foram comparados a relatos de literatura e mostraram-se adequados na caracterização das condições favoráveis à ocorrência do parasitóide de percevejos em soja. Segundo Cividanes & Figueiredo (1996), temperaturas abaixo de 11°C há paralisação no desenvolvimento do inseto e em temperaturas superiores a 32°C, este desenvolvimento tende a ser mais lento. Os mesmos autores relatam que temperaturas em torno de 20 a 28°C estão na faixa ótima de desenvolvimento deste inseto, com aproximadamente 11 dias de ciclo biológico e viabilidade de 92%, podendo alcançar de 2 a 3 gerações na safra.

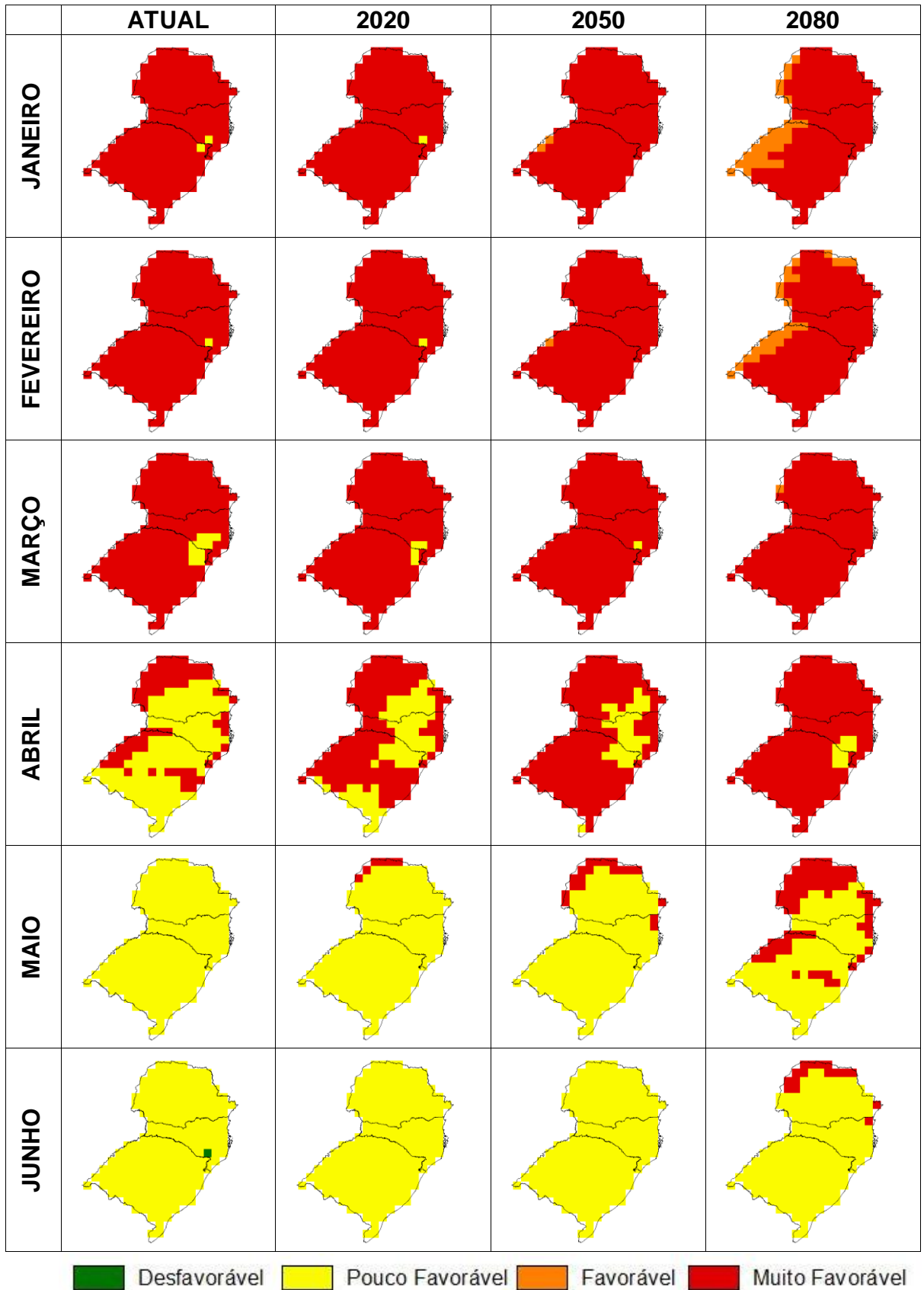
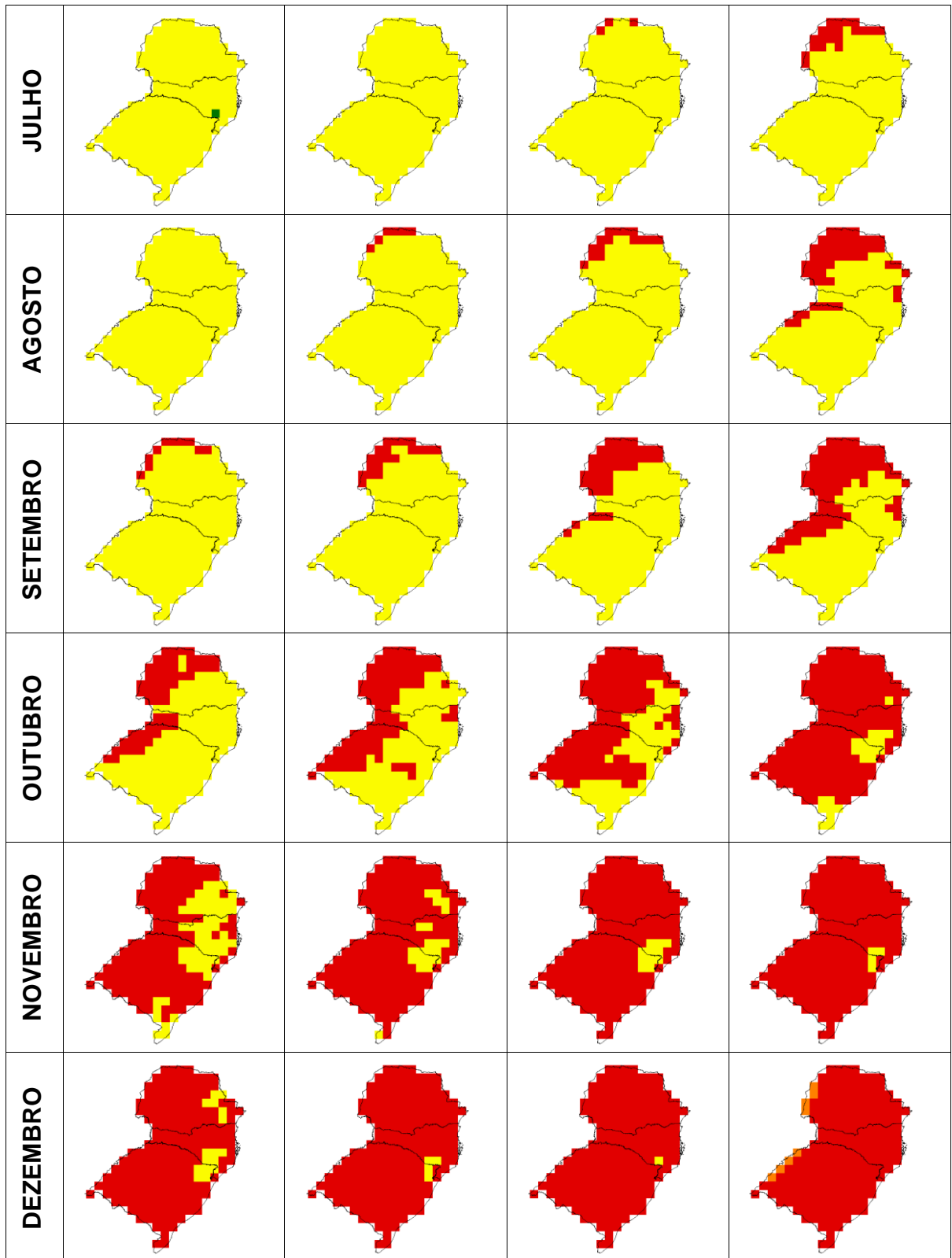


FIGURA 25. Mapas de favorabilidade à *Telenomus podisi* para a Região Sul do Brasil no período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) no cenário A2 para os meses de Janeiro a Dezembro.



continuação FIGURA 25. Mapas de favorabilidade à *Telenomus podisi* para a Região Sul do Brasil no período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) no cenário A2 para os meses de Janeiro a Dezembro.



Desfavorável
 Pouco Favorável
 Favorável
 Muito Favorável

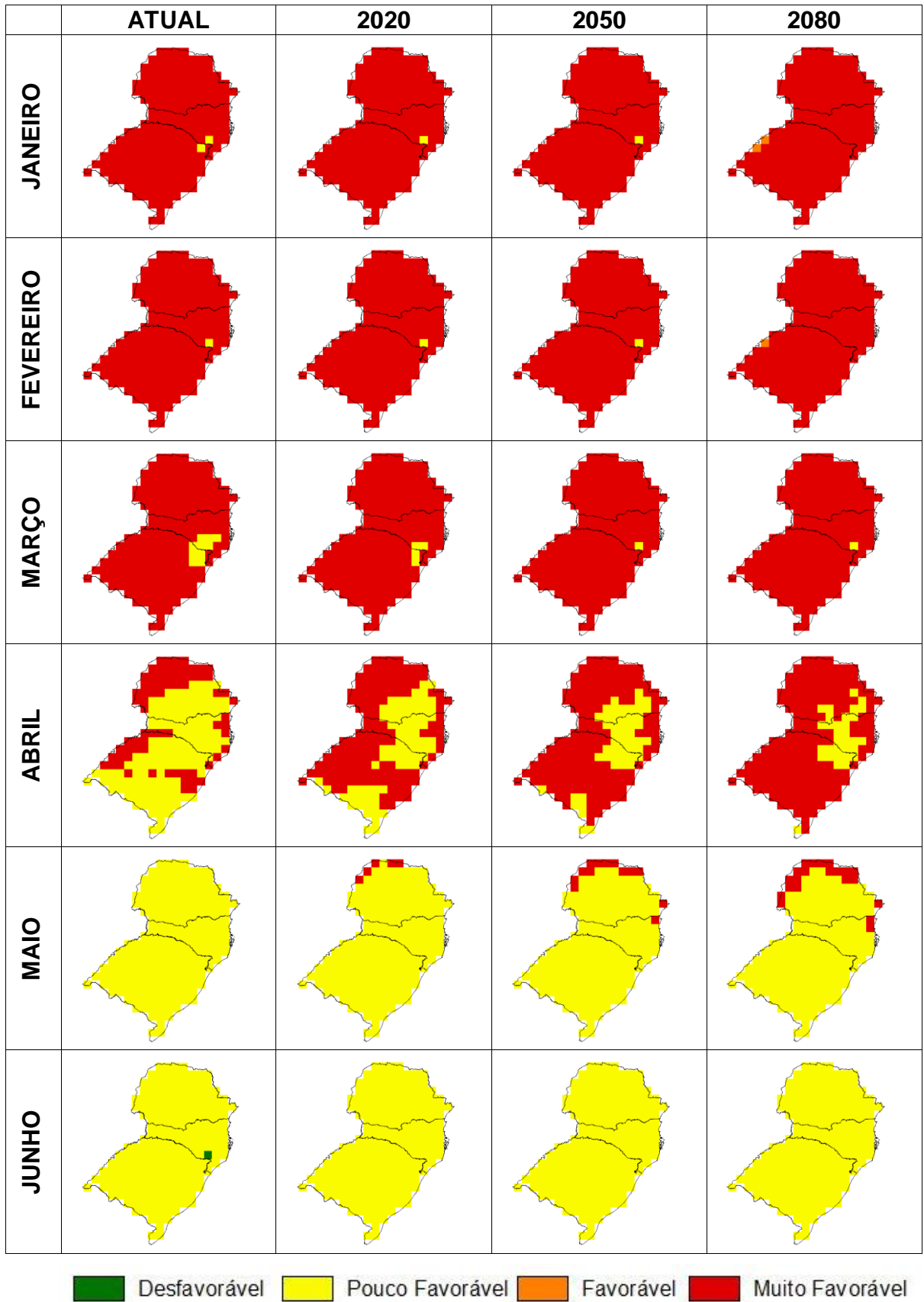
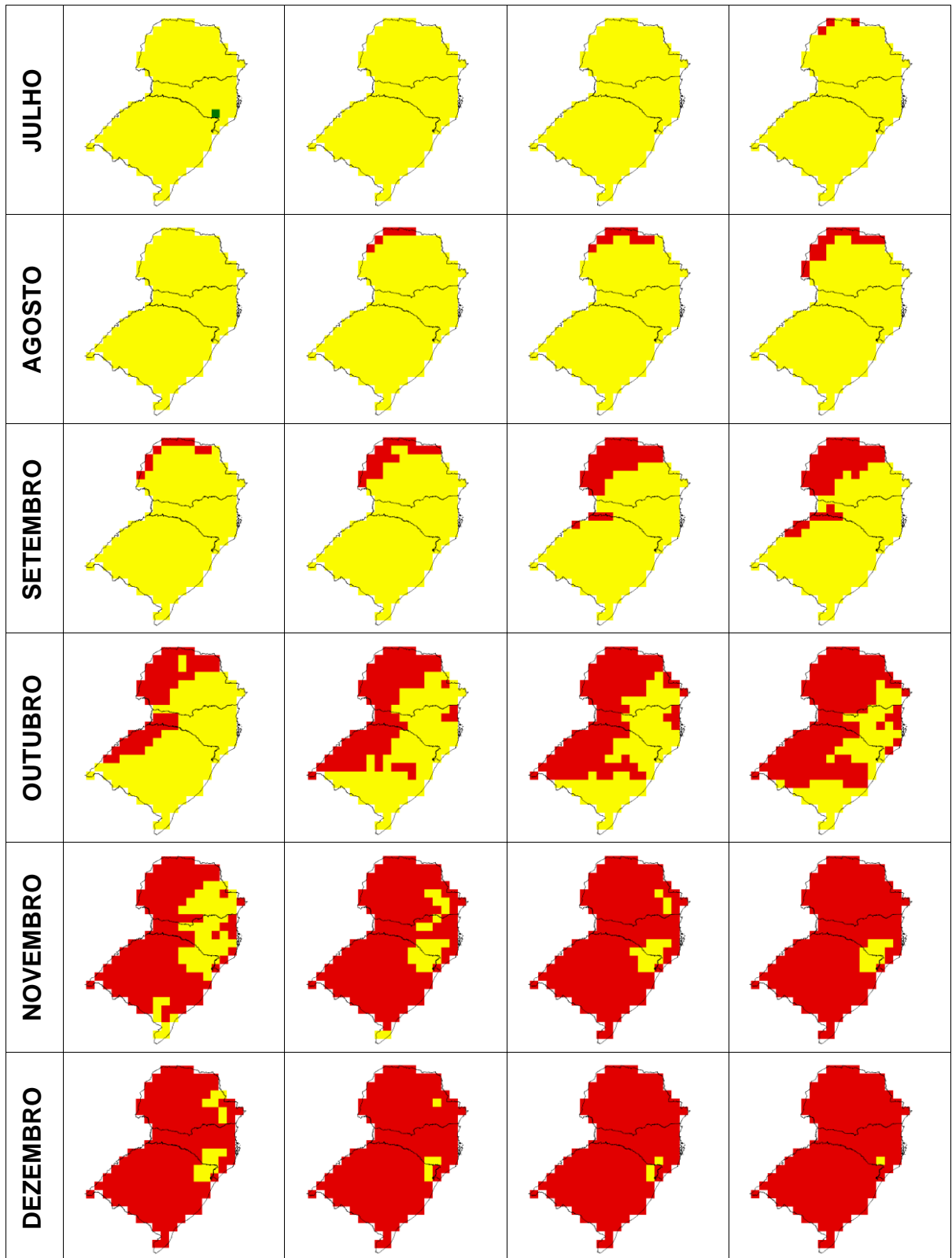


FIGURA 26. Mapas de favorabilidade à *Telenomus podisi* para a Região Sul do Brasil no período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) no cenário B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.

continuação FIGURA 26. Mapas de favorabilidade à *Telenomus podisi* para a Região Sul do Brasil no período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2025 e 2080) no cenário B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.



Desfavorável
  Pouco Favorável
  Favorável
  Muito Favorável

TABELA 9. Percentual de área geográfica para faixas de favorabilidade à *Telenomus podisi* na Região Sul do Brasil para o período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários A2 e B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.

FAIXAS	1961-1990	CENÁRIOS					
		2020		2050		2080	
		A2	B1	A2	B1	A2	B1
<b>JAN</b>							
Desfavorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pouco Favorável	0,93	0,47	0,47	0,00	0,47	0,00	0,00
Favorável	0,00	0,00	0,00	0,93	0,00	14,52	0,93
Muito Favorável	99,07	99,53	99,53	99,07	99,53	85,48	99,07
<b>FEV</b>							
Desfavorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pouco Favorável	0,47	0,47	0,47	0,00	0,47	0,00	0,00
Favorável	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	12,79	0,47
Muito Favorável	99,53	99,53	99,53	99,53	99,53	87,21	99,53
<b>MAR</b>							
Desfavorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pouco Favorável	4,67	1,86	1,86	0,47	0,47	0,00	0,47
Favorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00
Muito Favorável	95,33	98,14	98,14	99,53	99,53	99,52	99,53
<b>ABR</b>							
Desfavorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pouco Favorável	65,78	34,09	35,48	16,01	23,89	4,20	15,05
Favorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Muito Favorável	34,22	65,91	64,52	83,99	76,11	95,80	84,95
<b>MAIO</b>							
Desfavorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pouco Favorável	100,00	97,07	97,56	90,79	93,69	66,10	89,82
Favorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Muito Favorável	0,00	2,93	2,44	9,21	6,31	33,90	10,18
<b>JUN</b>							
Desfavorável	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pouco Favorável	99,53	100,00	100,00	100,00	100,00	92,23	100,00
Favorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Muito Favorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,77	0,00
<b>JUL</b>							
Desfavorável	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pouco Favorável	99,53	100,00	100,00	98,54	100,00	90,28	98,54
Favorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Muito Favorável	0,00	0,00	0,00	1,46	0,00	9,72	1,46
<b>AGO</b>							
Desfavorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pouco Favorável	100,00	97,07	97,07	92,70	95,12	75,45	92,22
Favorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Muito Favorável	0,00	2,93	2,93	7,30	4,88	24,55	7,78
<b>SET</b>							
Desfavorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pouco Favorável	95,13	90,29	90,29	79,25	80,68	60,28	75,92
Favorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Muito Favorável	4,87	9,71	9,71	20,75	19,32	39,72	24,08

continuação TABELA 9. Percentual de área geográfica para faixas de favorabilidade à *Telenomus podisi* na Região Sul do Brasil para o período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários A2 e B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.

FAIXAS	1961-1990	CENÁRIOS					
		2020		2050		2080	
		A2	B1	A2	B1	A2	B1
<b>OUT</b>							
Desfavorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pouco Favorável	72,25	55,82	54,42	33,83	43,65	10,13	31,49
Favorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Muito Favorável	27,75	44,18	45,58	66,17	56,35	89,87	68,51
<b>NOV</b>							
Desfavorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pouco Favorável	27,73	9,86	11,24	5,13	7,04	1,86	5,13
Favorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Muito Favorável	72,27	90,14	88,76	94,87	92,96	98,14	94,87
<b>DEZ</b>							
Desfavorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pouco Favorável	7,55	1,86	2,34	0,47	1,40	0,00	0,47
Favorável	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,79	0,00
Muito Favorável	92,45	98,14	97,66	99,53	98,60	96,21	99,53

As condições ambientais favoráveis ao estabelecimento do parasitóide assim como a crescente demanda por uma produção com menores impactos ao ambiente e maior sustentabilidade indicam que o uso de *T. podisi* no controle biológico na cultura da soja possa vir a ser utilizado.

#### 4.3.3 Ferrugem asiática

Os mapas de favorabilidade climática para a ferrugem asiática mostram que, de um modo geral, haverá aumento da área na faixa de 40 a 60% de severidade da doença no sul do Brasil em relação ao clima atual, tanto para o cenário A2 (Figura 27) quanto para o B1 (Figura 28) nos meses de novembro a março, ou seja, no período crítico para a ocorrência da doença em uma safra. Já nos meses de abril a outubro, período da entressafra, o percentual de severidade

tende a ser menor. O aumento na severidade da doença é similar tanto no cenário A2 como no B1 (Tabela 10)

O cenário A2 prevê maiores aumentos na precipitação do que o cenário B1, resultando em condições mais favoráveis à ocorrência da ferrugem na cultura da soja, no entanto, se compararmos as médias de alteração entre as três tri-décadas futuras, o aumento das áreas geográficas em determinadas faixas de severidade é semelhante em ambos cenários. No período de novembro a março (1961-1990), em média, a severidade percentual da doença corresponderá a 31% na faixa 20-40 e 67% na faixa 40-60 e, para os meses de abril a outubro, 47% e 51%, respectivamente.

Em 2020, 2050 e 2080, o aumento da severidade é semelhante tanto no cenário A2 como no B1, ficando em torno de 20% na faixa 20-40 e aproximadamente 80% na faixa 40-60. Pode-se observar que conforme este percentual aumenta na faixa 40-60, ocorre uma diminuição na faixa 20-40, evidenciando o fato de que devido às projeções de aumento na precipitação média no futuro implicará numa maior severidade da ferrugem asiática na região sul do Brasil, aumentando assim o risco da doença nos cenários futuros.

Comparando o período de referência (1961-1990) com as simulações realizadas na primeira abordagem para os municípios de Passo Fundo e Santa Rosa, que se obteve como resultado uma média de aproximadamente 40% de severidade nas duas regiões, confirma os dados do mapeamento nesta abordagem, apesar de que nos mapas consideraram-se apenas as médias mensais de precipitação e a doença. Entretanto para as projeções futuras, não haverá muita mudança nos dois cenários (A2 e B1).

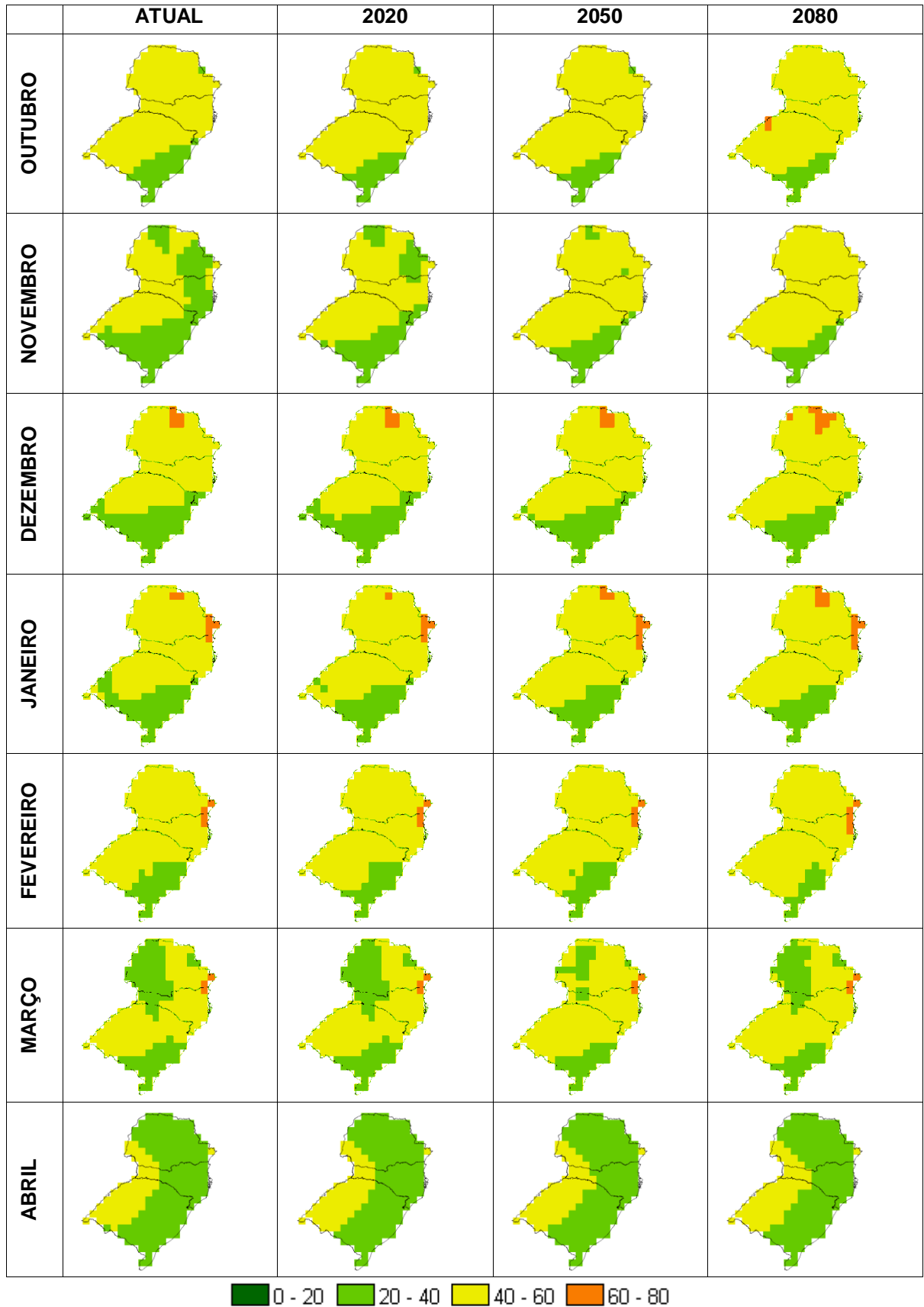


FIGURA 27. Mapas de favorabilidade de ocorrência da Ferrugem asiática da soja avaliada em função da severidade da doença (0 a 100) na Região Sul do Brasil para o período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários A2 para os meses de Janeiro a Dezembro.

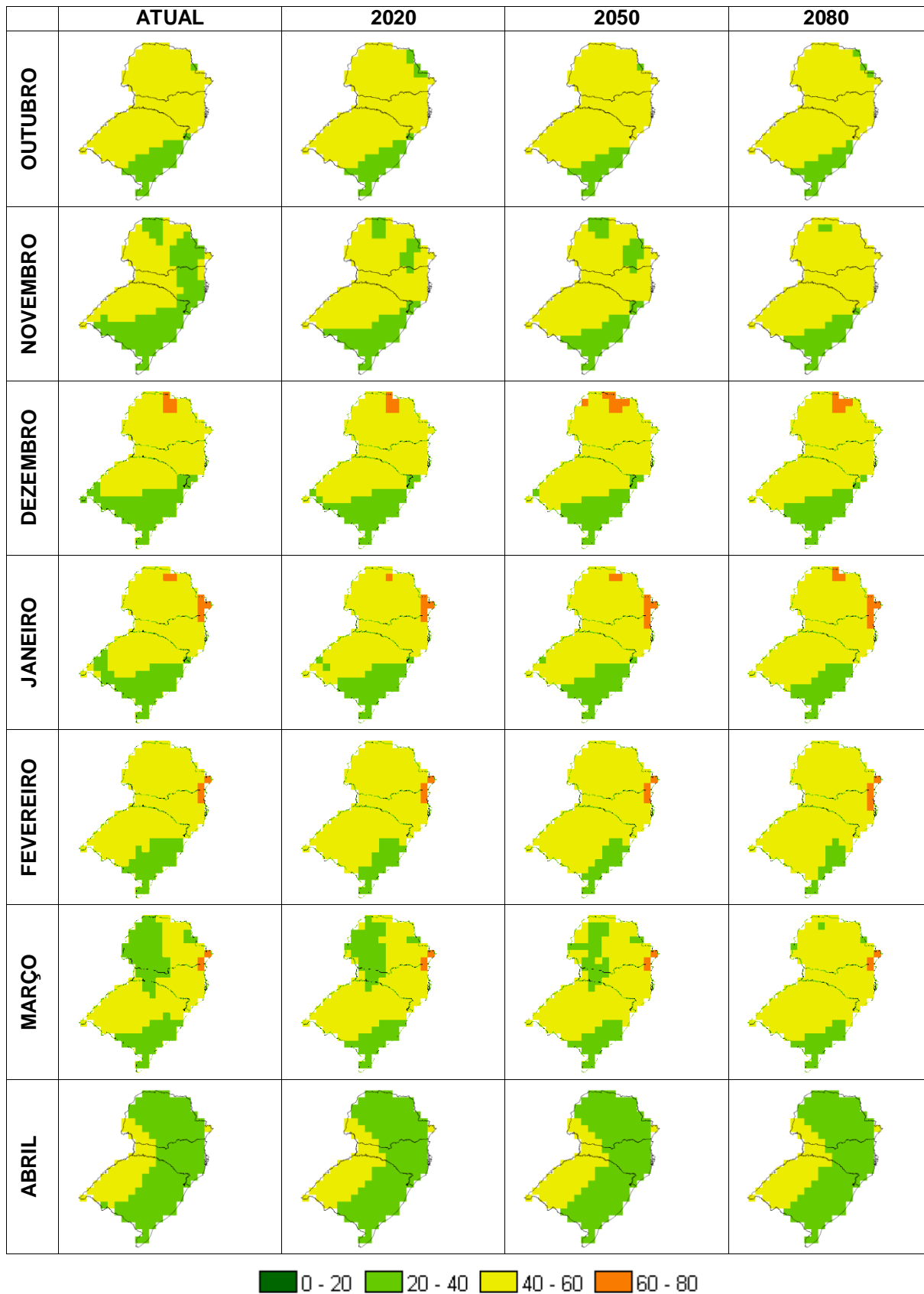


FIGURA 28. Mapas de favorabilidade de ocorrência da Ferrugem asiática da soja avaliada em função da severidade da doença (0 a 100) na Região Sul do Brasil para o período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.





#### **4.3.4 Projeções de favorabilidade climática por município**

Quando se delimitou as áreas georeferenciadas obtidas do IBGE, foi determinada a faixa de favorabilidade para os insetos e a severidade da doença em quatro municípios: Passo Fundo, Santa Rosa e Pelotas no Rio Grande do Sul e Londrina no Paraná.

##### **4.3.4.1 *Euschistus heros***

Todos os municípios mostraram-se favoráveis à ocorrência de *E. heros* nas projeções futuras nos meses de novembro a março, período este em que a soja é mais vulnerável aos danos por ele causados (ver Apêndice 2).

Em Passo Fundo, nos meses de abril a outubro, que no período de referência (1961-1990) é pouco favorável à ocorrência de *E. heros*, a partir de 2050 à 2080 será favorável nos dois cenários.

Em Pelotas, a mudança de faixa ocorrerá nos meses de junho e julho, que eram considerados desfavoráveis ao estabelecimento do percevejo, a partir de 2020, a região será pouco favorável. De qualquer forma, neste período a população tenderia a diminuir, permanecendo alguns indivíduos somente através de estratégias de sobrevivência, como a diapausa. Segundo Panizzi & Silva (2009) *E. heros* entra em diapausa reprodutiva apresentando órgãos reprodutivos com desenvolvimento intermediário, espinhos pronotais menos desenvolvidos e diminuição na atividade alimentar. Os autores entretanto atribuem a diapausa à diminuição do fotoperíodo (12 horas ou menos) e não à temperatura, que influencia na saída do sítio de hibernação. Nas regiões estudadas, os períodos com menores temperaturas correspondem aos com menor fotoperíodo, fatores que associados podem afetar ainda mais a sobrevivência destes percevejos. Nas

épocas de diapausa, no norte do Paraná os percevejos podem ser encontrados sob a palhada de diversas plantas, no solo (Panizzi & Vivan, 1997).

No município de Santa Rosa, observou-se que nas projeções futuras, áreas que eram favoráveis ao desenvolvimento do inseto nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, tornam-se muito favoráveis.

Já em Londrina, a mudança observada será a partir de 2020 no mês de fevereiro, o qual será muito favorável à *E. heros*. Isto se deve ao fato de que as temperaturas médias neste município são mais altas do que nos outros, promovendo um melhor estabelecimento do percevejo-marrom-da-soja.

Como *E. heros* pode estar presente em hospedeiros alternativos, entre eles plantas espontâneas (Panizzi, 1997; Panizzi & Oliveira, 1998; Medeiros & Megier, 2009; Godoy *et al.*, 2010), se a faixa de favorabilidade nos meses de inverno tornar-se mais favorável ao seu estabelecimento em uma região, pode ocorrer uma maior população do percevejo na safra seguinte uma vez que a população colonizante seria maior, uma vez que algumas plantas hospedeiras são perenes.

#### **4.3.4.2 *Telenomus podisi***

No cenário atual, os municípios de Pelotas e Passo Fundo apresentaram-se muito favoráveis ao desenvolvimento e estabelecimento de *T. podisi* entre os meses de novembro e março. Em Santa Rosa e Londrina, pelo fato das temperaturas médias serem mais altas, a favorabilidade é encontrada nos meses de outubro a abril (ver Apêndice 2).

Em Passo Fundo, nos meses de abril, a partir de 2020 cenário B1 e outubro, a partir de 2050, a favorabilidade para *T. podisi* muda da faixa pouco favorável para muito favorável.

Em Pelotas, a mesma mudança ocorrerá nos meses de abril, a partir de 2020 no cenário A2 e outubro, em 2080.

Para Londrina, as projeções futuras tornam-se muito favoráveis nos meses de maio, a partir de 2050, junho e julho em 2080, cenário A2 e agosto e setembro, em 2020.

Para Santa Rosa, torna-se muito favorável no mês de setembro em 2080 nos dois cenários.

Assim, o estabelecimento do parasitóide no controle biológico de *E. heros* através de liberações que, atualmente, já é favorável, tenderá a tornar-se ainda mais promissor nos cenários futuros, desde que a sincronia entre o parasitóide e a fase de ovo do percevejo seja considerada no momento das liberações.

No cenário atual a temperatura fica na faixa pouco favorável durante aproximadamente sete meses e nas projeções futuras, este período tende a diminuir. Como há registros de que *T. podisi* pode sobreviver em temperaturas mais baixas, por até 140 dias (Foerster & Nakama, 2002), haverá maior possibilidade dos parasitóides suportarem fases menos favoráveis e estarem presentes já no início da implantação da cultura. Associado ao fato do percevejo também estar presente, sendo os períodos pouco favoráveis a este reduzidos a três ou quatro meses nos cenários futuros, possivelmente diminuiria a necessidade de métodos inundativos do parasitóide nestas regiões.

#### **4.3.4.3 Ferrugem asiática**

No cenário atual não teve diferenças entre os municípios. O percentual de severidade entre o período de referência e as projeções futuras nos cenários A2 e B1 não apresentaram diferenças significantes em nenhum dos municípios avaliados (ver apêndice 2).

## 5 CONCLUSÕES

- Determinou-se que a temperatura muito favorável ao desenvolvimento de *E. heros* é de 26° a 28°C;
- determinou-se que a temperatura muito favorável ao desenvolvimento de *T. podisi* é de 20° a 28°C;
- *Euschistus heros* apresentou maior número de gerações na data de semeadura mais precoce, na cultivar de ciclo médio e no momento de detecção em R1, variando de duas a três gerações;
- *Telenomus podisi* apresentou número de gerações de três a seis, sendo o maior número de gerações no plantio mais precoce;
- para a ferrugem asiática, não houve tendência de variação significativa dos níveis de severidade em função dos cenários avaliados na série histórica;
- os cenários de clima projetados para o futuro indicam um aumento na área favorável ao estabelecimento de *E. heros* e *T. podisi* e na severidade da ferrugem asiática em relação ao clima atual, diretamente relacionados às potenciais mudanças nas condições médias de temperatura e precipitação conforme apontadas pelos cenários do IPCC.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, G.N. **Plant pathology**. 5 ed. London: Elsevier, 2004. 922p.

ALVES, S. A. M.; FURTADO, G. Q.; BERGAMIN, A. Influência das condições climáticas sobre a ferrugem da soja. In: ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado: ferrugem da soja e doenças quarentenárias dos citros**. Viçosa: Suprema, 2006. p.37-59.

ÁVILA, C. J.; MILANEZ, J. M.; PARRA, J. R. P. Previsão de ocorrência de *Diabrotica speciosa* utilizando-se o modelo de graus-dia de laboratório. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.4, p.427-432, 2002.

BALARDIN, R. S. **Bases para manejo da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*)**. 2006 Workshops Disponível em: <[http://www.acsoja.org.ar/mercosoja2006/Contenidos/Workshops/roya\\_01.pdf](http://www.acsoja.org.ar/mercosoja2006/Contenidos/Workshops/roya_01.pdf)>. Acesso em: 31 ago. 2009.

BARCELOS, J. A. V. *et al.* Performance em duas dietas e descrição dos adultos de *Brontocoris tabidus* (Signoret) (Heteroptera: Pentatomidae). **Anais da Sociedade Entomológica**, v.23, n.3, p.519-524, 1994.

BORÉM, A. Escape Gênico. Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento – Encarte Especial, **Revista de Agricultura**, Viçosa, p.101-107, 1999.

CHAKRABORTY, S. Potential impact of climate change on plant–pathogen interactions. **Australasian Plant Pathology**, Geelong, v.34, p.443-448, 2005.

CIVIDANES, F. J. **Uso de graus-dia em entomologia, com particular referência ao controle de percevejos pragas da soja**. Jaboticabal: Funep, 2000. 31p.

CIVIDANES, F. J.; SOUZA, V. P. Exigências Térmicas e Tabelas de Vida de Fertilidade de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) em Laboratório. **Neotropical Entomology**, Jaboticabal, v.32, n.3, p.413-419, 2003.

CIVIDANES, F. J.; FIGUEIREDO, J. G. Desenvolvimento e emergência de *Trissolcus brochymenae* (Ashmead) e *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae) em diferentes temperaturas. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v.25, p.207-211, 1996.

CIVIDANES, F. J.; PARRA, J. R. P. Zoneamento ecológico de *Nezara viridula* (L.), *Piezodorus guildinii* (West.) e *Euschistus heros* (Fabr.) (Heteroptera: Pentatomidae) em quatro estados produtores de soja no Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.23, p.219-226, 1994a.

CIVIDANES, F. J.; PARRA, J. R. P. Biology in different temperatures and thermal requirements of stink bugs pests of soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.12, p.1841-1846, 1994b.

COAKLEY, S. M., SCHERM, H.; CHAKRABORTY, S. Climate change and plant disease management. **Annual Review of Phytopathology**, v.37, p.399-426, 1999.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; PANIZZI, A. R. Percevejos-praga da soja no norte do Paraná: abundância em relação à fenologia da planta e hospedeiros intermediários. **Anais do Seminário Nacional de Pesquisa em Soja**, Brasília, v.2, p.140-151, 1982.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; PANIZZI, A. R. **Percevejos da soja e seu manejo**. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1999. 45p. (Circular Técnica 24).

CORRÊA-FERREIRA, B. S. **Utilização do parasitóide de ovos *Trissolcus basal* (Wollaston) no controle de percevejos**. Londrina, Embrapa/CNPSo, 1993, 40p. (Circular Técnica 11).

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. Seasonal occurrence and host spectrum of egg parasitoids associated with soybean stink bugs. **Biological Control**, v.5, p.196-202, 1995.

CORRÊA-FERREIRA, B. S. *Trissolcus basal* para o controle de percevejos da soja. In: PARRA, J.R.P. *et al.* (Eds.) **Controle Biológico no Brasil: Parasitóides e Predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p.449-471.

CORRÊA-FERREIRA, B. S. Suscetibilidade da soja a percevejos na fase anterior ao desenvolvimento das vagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.11, p.1067-1072, 2005.

COSTA, M. L. M.; BORGES, M.; VILELA, E. F. Biologia Reprodutiva de *Euschistus heros* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.27, p.559-568, 1998.

CRUZ, I. Controle Biológico em Manejo Integrado de Pragas. In: PARRA, J. P. *et al.* **Controle Biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002, 609p. p.543-579.

DEL PONTE, *et al.* Early-season warning of soybean rust regional epidemics using El Niño Southern/Oscillation information. **International Journal of Biometeorology**, (In Press), 2010.

- DEL PONTE, E. M.; GODOY, C. V.; LI, X. & YANG, X. B. Predicting severity of Asian soybean rust with empirical rainfall models. **Phytopathology**, v.96, p.797-803, 2006.
- DEL PONTE, E. M. Retrospectiva e tendências em modelagem matemática e previsão de ferrugem asiática. **Revista Plantio Direto**, n.96, p.21-30, 2006.
- DOETZER, A. K.; FOERSTER, L. A. Desenvolvimento, Longevidade e Reprodução de *Trissolcus basalís* (Wollaston) e *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae) em Condições Naturais durante a Entressafra da Soja no Sul do Paraná. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.36, n.2, p.233-242, 2007.
- EMBRAPA. **Sistema de Alerta**. Brasil: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2006. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/alerta>>. Acesso em: 10.fev.2011.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: State University of Science and Technology, 1977. 11p. (Special report 80).
- FERNANDES, O. A.; CORRÊA, A. C. B.; BORTOLI, S. A. **Manejo integrado de pragas e nematóides**. Jaboticabal, FUNEP, 1990, 253p.
- FOERSTER, L. A.; NAKAMA, P. A. Efeito da Estocagem em Baixa Temperatura na Capacidade Reprodutiva Longevidade de *Trissolcus basalís* (Wollaston) e *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae). **Neotropical Entomology**, Curitiba, v.31, n.1, p.115-120, 2002.
- FRAZER, B. D.; GREGOR Mc, R. R. Temperature-dependent survival and hatching rate of eggs of seven species of Coccinelidae. **Canadian Entomologist**, v.124, p.305-312, 1992.
- FUTUYAMA, D. J. **Biologia Evolutiva**. 2 ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética/CNPQ, 1992. 646p.
- GALILEO, M. H. M.; HEINRICHS, E. A. Efeito dos danos causados por *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) (Hemiptera, Pentatomidae), em diferentes níveis e épocas de infestação, no rendimento de grãos de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.7, p.20-25, 1978.
- GHINI, R. *et al.* Risk analysis of climate change on coffee nematodes and leaf miner in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.2, p.187-194, 2008.
- GHINI, R. *et al.* Análise de Risco das Mudanças Climáticas Globais sobre a Sigatoka-negra da Bananeira no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v.32, n.3, p.197-204, 2007.
- GODOY, K. B. *et al.* Parasitismo e sítios de diapausa de adultos do percevejo marrom, *Euschistus heros* na região da Grande Dourados, MS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.5, p.1199-1202, 2010.



GODOY, C. V. *et al.* Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, PR. **Tropical Plant Pathology**, n.34, p.56-61, 2009.

GODOY, C. V. **Resultados da rede de ensaios para controle químico de doenças na cultura da soja. Safra 2003/2004.** Londrina, Embrapa Soja, 2005.

HAMADA, E.; GHINI, R.; GONÇALVES, R. R. V. Efeito da mudança climática sobre problemas fitossanitários de plantas: metodologia de elaboração de mapas. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.3, n.2, p.073-085, 2006.

HARTMAN, G. L.; BOARD, J. E.; TCHANZ, A. T. Soybean rust development and the quantitative relationship between rust severity and soybean yield. **Plant Disease**, v.75, 1991, p.596-600.

HOFFMAN-CAMPO, C. B. *et al.* **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado** Embrapa Soja. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 70p. (Circular Técnica 30).

HOOGENBOOM, G.; WHITE, J. W.; MESSINA, C. D. From genome to crop: integration through simulation modeling. **Field Crops Research**, Georgia: v.90, p.145-163, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola.** Rio de Janeiro: v.21, n.6, p.1-80, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Industrial Produção Física – Agroindústria.** Brasil: IBGE, 2009. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_impressao.php?id\\_noticia=1314](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impressao.php?id_noticia=1314)> Acesso em: 04 ago. 2009.

INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE. **Climate change 2007: the physical science basis: summary for policymakers.** Geneva: IPCC, 2007. 18p. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2009.

INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE. **Informe especial del IPCC - Escenarios de emisiones.** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2000.

JONES, W. A. Jr.; SULLIVAN, M. J. Overwintering habitats, spring emergence patterns and winter mortality of some South Carolina Hemiptera. **Environmental Entomology**, v.10, p.409-414, 1981.

KOPPEL, A. L. Survey of Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae) Egg Parasitoids in Wheat, Soybean, and Vegetable Crops in Southeast Virginia. **Environmental Entomology**, v.38, n.2, p.375-379, 2009.

KIRITANI, K.; HOKYO, N.; & KIMURA, K. 1966. Factors affecting the winter mortality in Southern green stink bug, *Nezara viridula* L. **Annual Review Entomology Society**, França, n.2, p.199-207, 1966.

LETEREN, J. C. Critérios de Seleção de Inimigos Naturais. In: BUENO, V. X. P. **Controle Biológico de Pragas: Produção Massal e Controle de Qualidade**. 2 ed. Lavras: Ed. UFLA, 2009, 430p.

MAGRINI, E. A. *et al.* Ocorrência de percevejos no município de Pirassununga-SP, associada com a fenologia da soja. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.71, p.187-193, 1996.

MAGAREY, R. *et al.* Weather-based Pest Risk Mapping Project. Annual Report 2006 USDA-CPHST-PERAL/NCSU, 2006.

MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência**, Campinas, n.8, maio, 2007.

Mc PHERSON, R. M.; DOUCE, G. K.; HUDSON, R. D. Annual variation in stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) seasonal abundance and its impact on yield and quality. **Journal of Entomology Science**, Georgia, v.28, n.1, p.61-72, 1993.

MEDEIROS, M. A. *et al.* Parasitismo e Predação em Ovos de *Euschistus heros* (Fab.) (Heteroptera: Pentatomidae) no Distrito Federal, Brasil: **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.26, n.2, p.397-401, 1997.

MEDEIROS, L.; MEGIER, G. A. Ocorrência e Desempenho de *Euschistus heros* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae) em Plantas Hospedeiras Alternativas no Rio Grande do Sul. **Neotropical Entomology**, v.38, n.4, p.459-463, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Disponível em: <<http://www.mapa.gov.br>>. Acesso em: 15 jan. 2011.

NARDI, L. C. **Danos do percevejo-marrom *Euschistus heros* (Fabr.) às plantas de soja, em duas épocas de infestação**. 52p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2004.

PACHECO, D. J. P. & CORRÊA-FERREIRA, B. S. Parasitismo de *Telenomus podisi* (Ashmead) (Hymenoptera: Scelionidae) em Populações de Percevejos Pragas da Soja. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, n.29, v.2, p.295-302, 2000.

PACHECO, D. J. P. & CORRÊA-FERREIRA, B. S. Potencial Reprodutivo e Longevidade do Parasitóide *Telenomus podisi* Ashmead, em Ovos de Diferentes Espécies de Percevejos. **Anais da Sociedade Entomológica**, Londrina, v.27, n.4, p.585-591, 1998.

PANIZZI, A. R. & MOURÃO, A. P. M. Diapausa e Diferentes Formas Sazonais em *Euschistus heros* (Fabr.) (Hemiptera: Pentatomidae) no Norte do Paraná. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, n.29, v.2, p.205-218, 2000.

- PANIZZI, A. R. & SILVA, F. A. C. Insetos sugadores de sementes (Heteroptera). In: PANIZZI, A.R. & PARRA, J.R.P. **Bioecologia e nutrição de insetos**: base para o manejo integrado de pragas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.465-522, 2009.
- PANIZZI, A. R. & VIVAN, L. M. Seasonal abundance of the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* in overwintering sites and the breaking of dormancy. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v.82, p.213-217, 1997.
- PANIZZI, A. R. *et al.* Bioecologia e danos de percevejos-pragas da soja. In: **Resultados de Pesquisa da Embrapa Soja 1998**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 247p. (Embrapa Soja. Documentos, 125).
- PANIZZI, A. R. *et al.* Efeito dos danos de *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) no rendimento e qualidade da soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1., 1979, Londrina. **Anais**. Londrina: Embrapa-CNPSO, v.2, p.59-78, 1979.
- PANIZZI, A. R. Wild hosts of pentatomids: ecological significance and role in their pest status on crops. **Annual Review of Entomology**, v.42, p.99-122, 1997.
- PANIZZI, A. R.; NIVA, C. C. Overwintering strategy of the brown stink bug in northern Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.509-511, 1994.
- PANIZZI, A. R.; OLIVEIRA, E. D. M. Performance and seasonal abundance of the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* nymphs and adults on a novel food plant (pigeonpea) and soybean. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.88, p.169-175, 1998.
- PANIZZI, A. R.; SLANSKY, F. Jr. Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. **The Florida Entomologist**, v.68, p.184-213, 1985.
- PEDIGO, L. P. **Entomology & Pest Management**. New Jersey: Prentice Hall Inc. 1996. 679p.
- PINTO, A. de S.; PARRA, J. R. P. Liberação de Inimigos Naturais. In: PARRA, J. P. *et al.* **Controle Biológico no Brasil**: parasitóides e predadores. São Paulo: Manole, 2002, 609p. p.543-579.
- PIPER, E. L. & BOOTE, K. J. Temperature and Cultivar Effects on Soybean Seed Oil and Protein Concentration. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Flórida: v.76, n.10, 1999.
- PIZZAMIGLIO-GUTIERREZ, M. A. Interações inseto-planta. In: PANIZZI, A.R. & PARRA, J.R.P. **Bioecologia e nutrição de insetos**: base para o manejo integrado de pragas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.211-249, 2009.
- PORTAL DO AGRONEGÓCIO. **FAO: Brasil será o maior produtor de soja em dez anos**, 2008. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=7050>> Acesso em: 10 ago. 2009.

POWELL, J. E. & SHEPARD, M. Biology of Australian and United States strains of *Trissolcus basal*, a parasitoid of the green vegetable bug, *Nezara viridula*. **Australian Journal of Ecology**, v.7, p.181-186, 1982.

RABB, R. L.; DEFOLIARI, G. R. & KENNEDY, G. G. An ecological approach to managing insect populations. p. 697-728. *In*: HUFFAKER, C. B. & RABB, R. L. (eds.). **Ecological Entomology**, New York: John Wiley, 1984. 916p.

REIS, E. M.; BRESOLIN, A. C. R.; CARMONA, M. **Doenças da soja I: Ferrugem asiática**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006. 48p.

REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA DA REGIÃO SUL, 37<sup>a</sup>. **Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2009/2010**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. 144p.

SIMMONS, A. M.; YEARGAN, K. V. Effect of combined injuries from defoliation and Green stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) and influence of field cages on soybean yield and seed quality. **Journal of Economic Entomology**, v.83, n.2, p.599-609, 1990.

SMITH, S. M. Biological control with *Trichogramma*: advances, successes and potential of their use. **Annual Review of Entomology**, v.41, p.375-406, 1994.

SOARES, R. M. *et al.* Fungicidas no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e produtividade da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, jul.-ago., 2004.

TORRES, J. B.; PRATISSOLI, D. & ZANUNCIO, J. C. Exigências Térmicas e Potencial de Desenvolvimento dos Parasitóides *Telenomus podisi* (Ashmead) e *Trissolcus brochymenae* (Ashmead) em ovos do Percevejo Predador *Podisus nigrispinus* (Dallas). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, n.26, v.3, p.445-453, 1997.

TORRES, J. B. *et al.* Parasitismo de ovos de *Podisus nigrispinus* (Dallas) em áreas de liberação. **Anais da Sociedade Entomológica. Brasil**, Londrina, v.25, p.465-473, 1996.

UGALDE, M. G. **Controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja**. 79p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

WIGGLESWORTH, V. B. **The principles of insect physiology**. 7. ed. London: Chapman and Hall, 1972. 827p.

YORINORI, J.T. *et al.* Epidemics of Soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. **Plant Disease**, v.89, p.675-677, 2005.

ZHENG, H. F.; CHEN, L. D.; HAN, X. Z. The effects of global warming on soybean yields in a long-term fertilization experiment in Northeast China. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.147, 569-580, 2009.

## 7 APÊNDICES

APÊNDICE 1. Simulações da severidade (%) para a ferrugem asiática da soja nos municípios de Passo Fundo (série temporal 1957-2009) e Santa Rosa (série temporal 1975-2009)

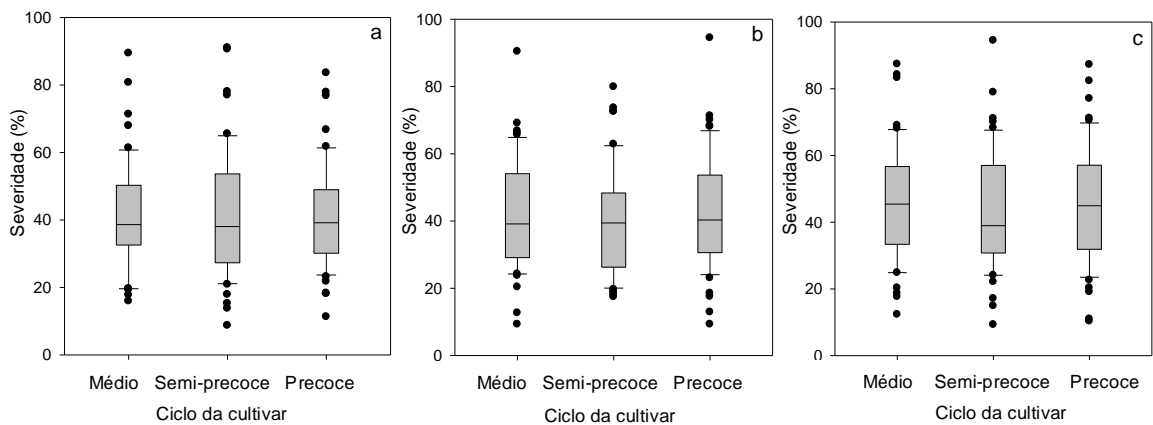


FIGURA 1. Severidade (%) da ferrugem asiática em soja entre três cultivares (Bragg, de ciclo médio, Dom Mario, semi-precoce e Coodetec 202, precoce), no estágio R1, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.

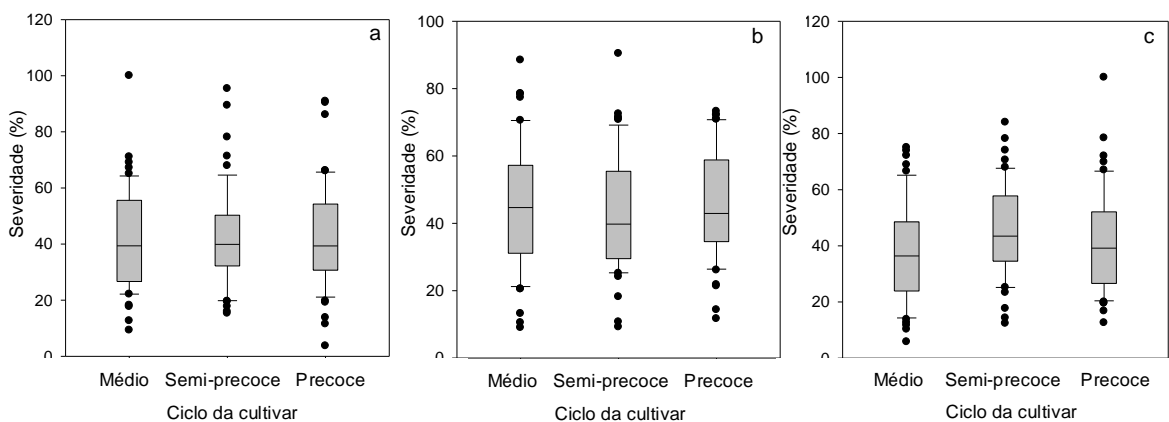


FIGURA 2. Severidade (%) da ferrugem asiática em soja entre três cultivares (Bragg, de ciclo médio, Dom Mario, semi-precoce e Coodetec 202, precoce), no estágio R3, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.

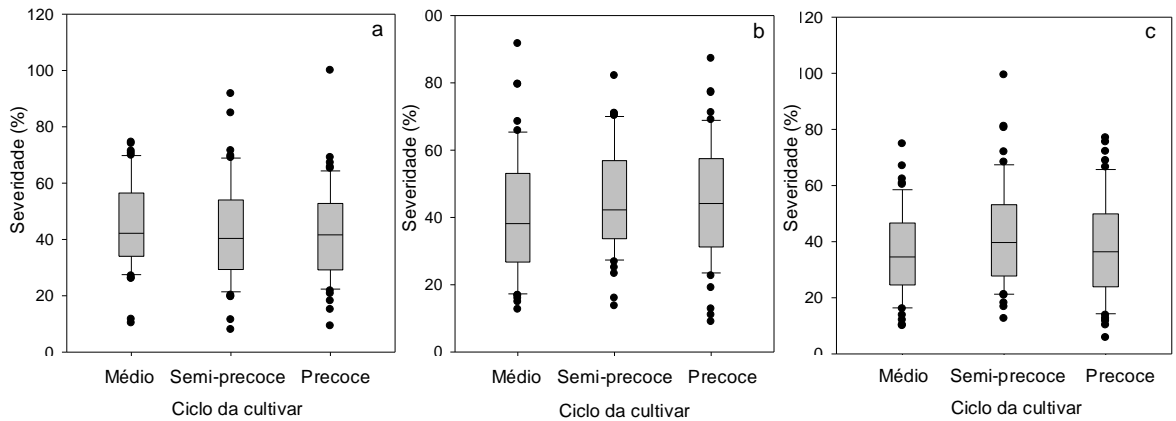


FIGURA 3. Severidade (%) da ferrugem asiática em soja entre três cultivares (Bragg, de ciclo médio, Dom Mario, semi-precoce e Coodetec 202, precoce), no estágio R5, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.

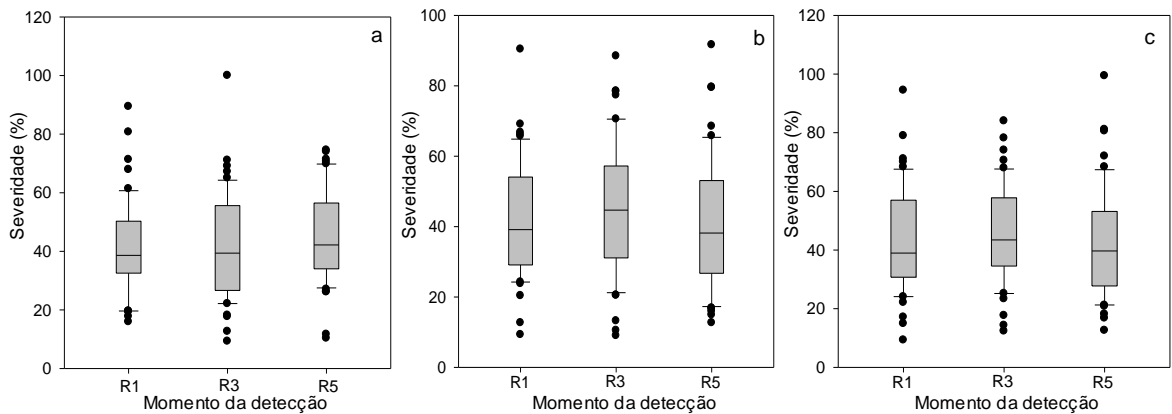


FIGURA 4. Severidade (%) da ferrugem asiática em soja em momentos de detecção da doença, na cultivar Bragg (ciclo médio), para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.

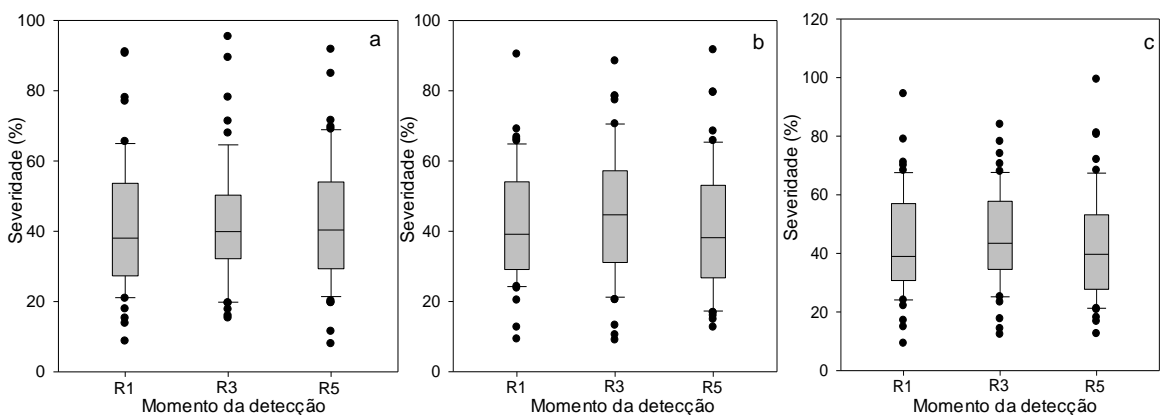


FIGURA 5. Severidade (%) da ferrugem asiática em soja em momentos de detecção da doença, na cultivar Dom Mario (ciclo semi-precoce), para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.

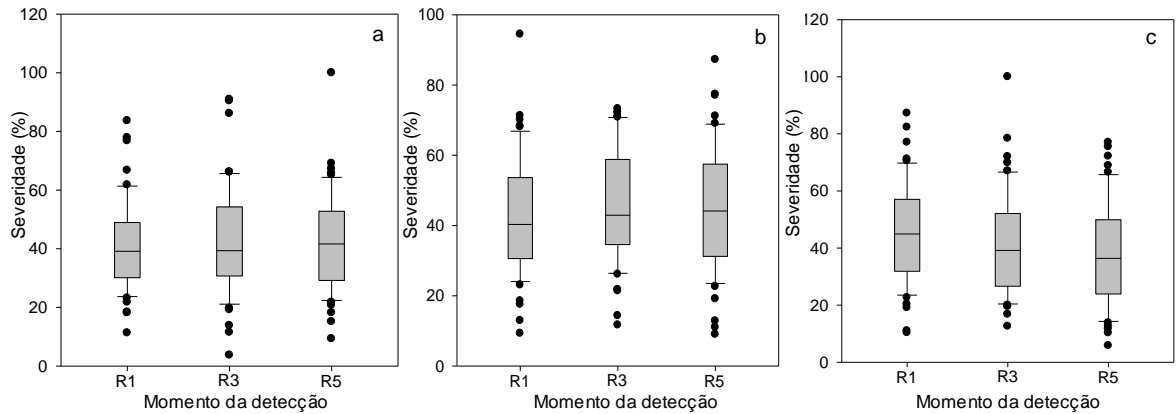


FIGURA 6. Severidade (%) da ferrugem asiática em soja em momentos de detecção da doença, na cultivar Coodetec 202 (ciclo precoce), para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.

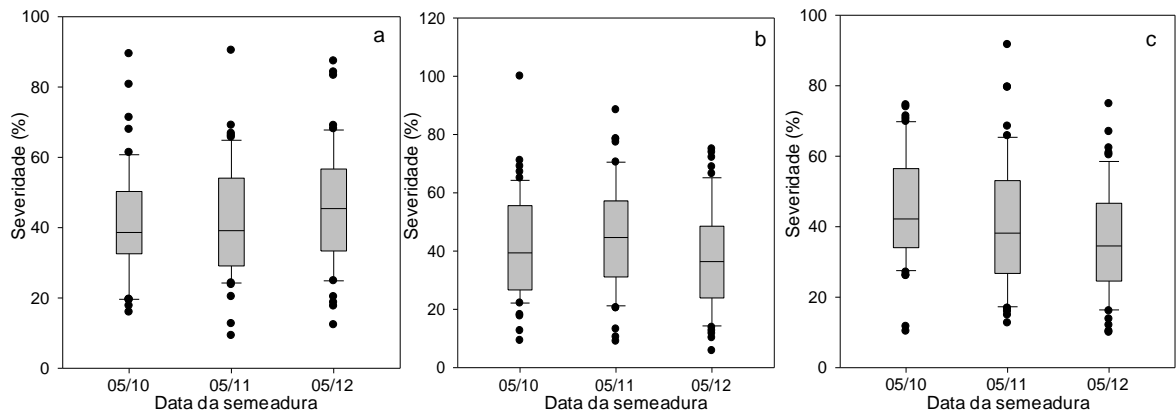


FIGURA 7. Severidade (%) da ferrugem asiática em soja na cultivar Bragg (ciclo médio), em três datas de semeadura em (a) R1, (b) R3 e (c) R5, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.

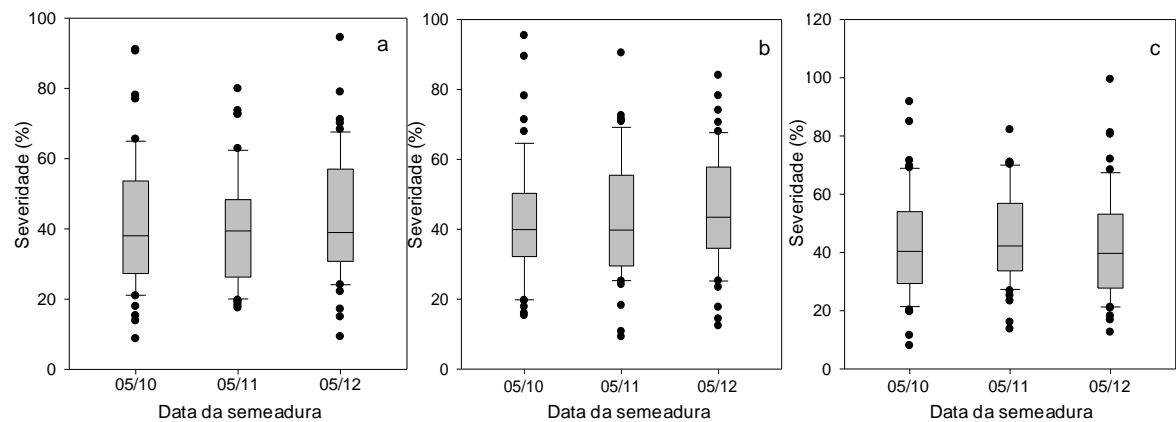


FIGURA 8. Severidade (%) da ferrugem asiática em soja na cultivar Dom Mario (ciclo semi-precoce), em três datas de semeadura em (a) R1, (b) R3 e (c) R5, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.

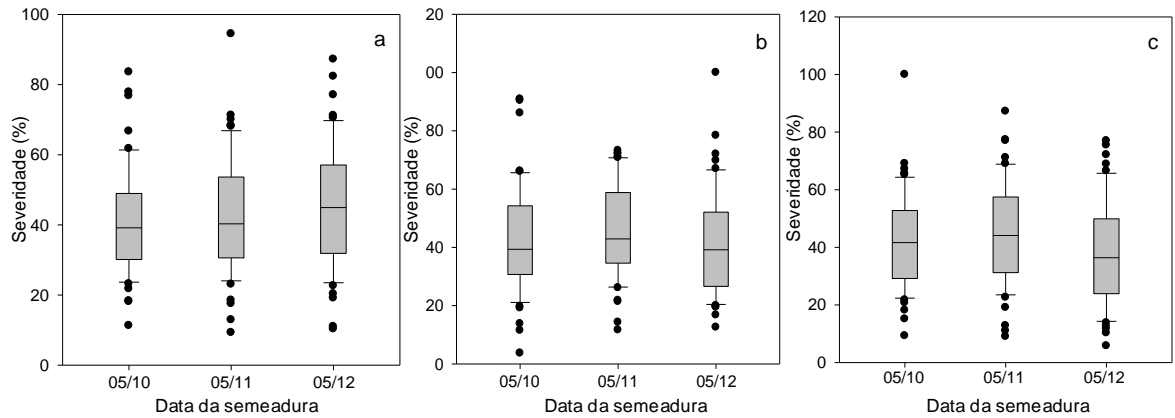


FIGURA 9. Severidade (%) da ferrugem asiática em soja na cultivar Coodetec 202 (ciclo precoce), em três datas de semeadura em (a) R1, (b) R3 e (c) R5, no município de Passo Fundo, RS. Série Temporal 1957-2009.

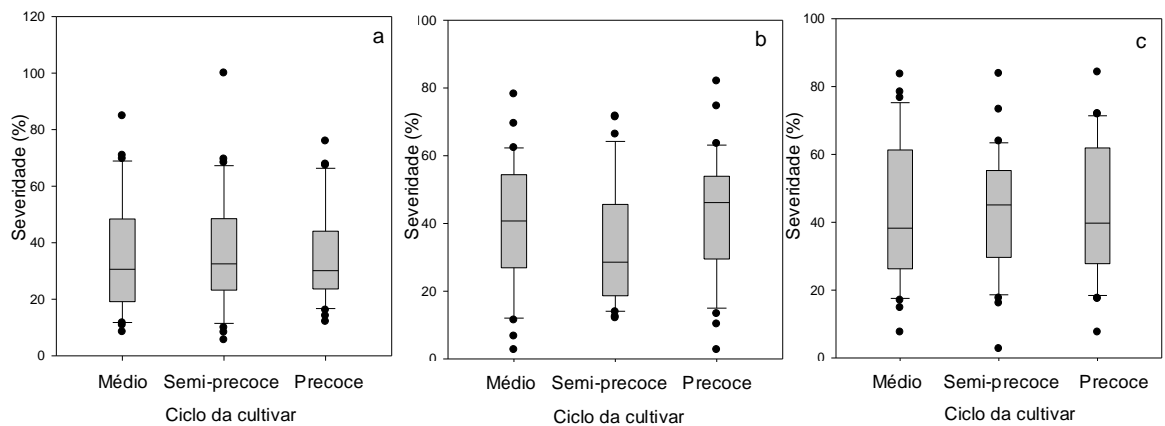


FIGURA 10. Severidade (%) da ferrugem asiática em soja entre três cultivares (Bragg, de ciclo médio, Dom Mario, semi-precoce e Coodetec 202, precoce), no estágio R1, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.

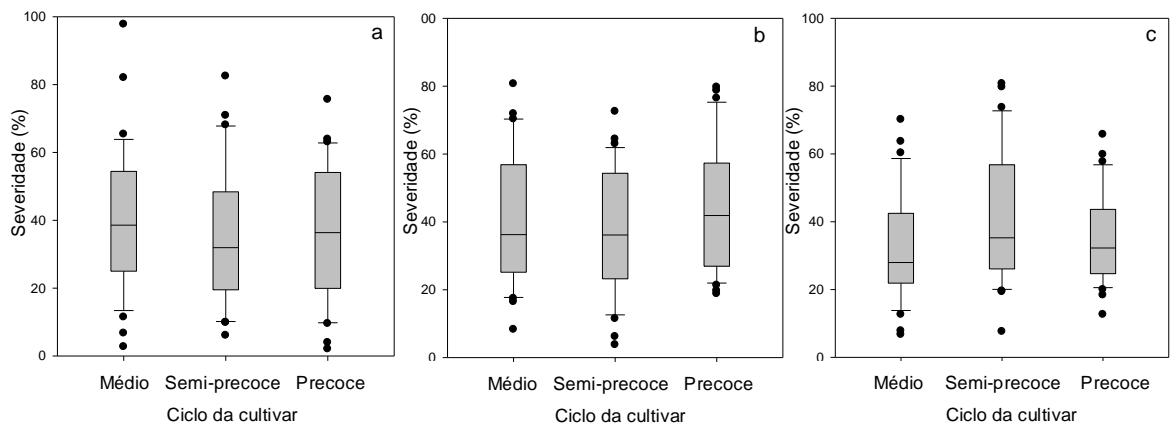


FIGURA 11. Severidade (%) da ferrugem asiática em soja entre três cultivares (Bragg, de ciclo médio, Dom Mario, semi-precoce e Coodetec 202, precoce), no estágio R3, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.



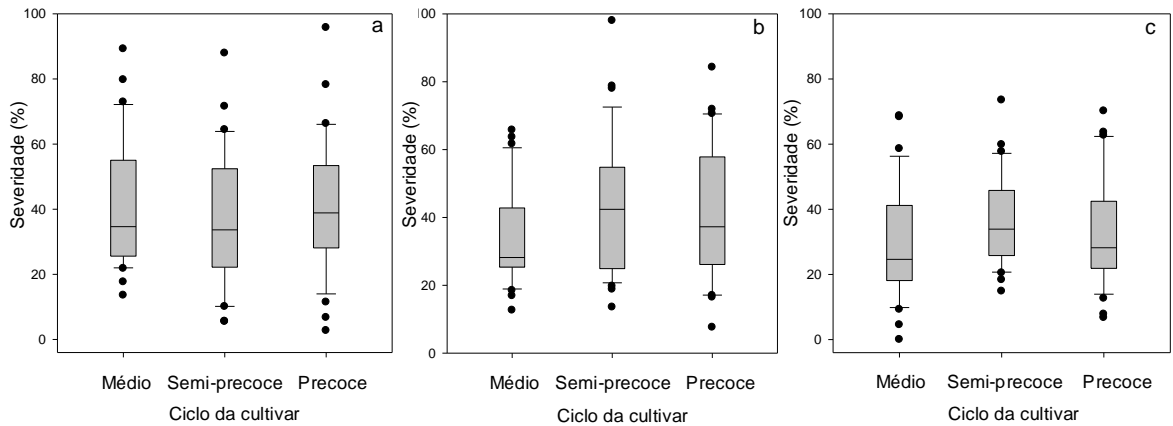


FIGURA 12. Severidade (%) da ferrugem asiática em soja entre três cultivares (Bragg, de ciclo médio, Dom Mario, semi-precoce e Coodetec 202, precoce), no estágio R5, para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.

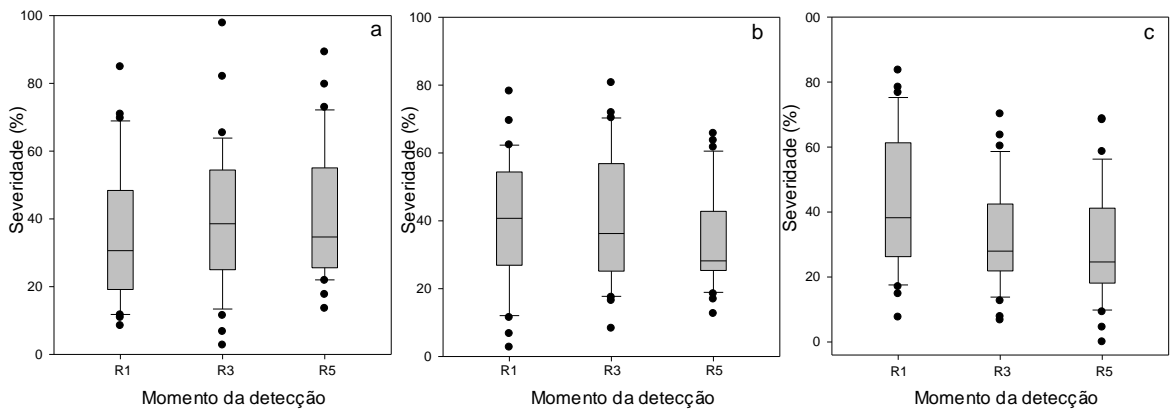


FIGURA 13. Severidade (%) da ferrugem asiática em soja em momentos de detecção da doença, na cultivar Bragg (ciclo médio), para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.

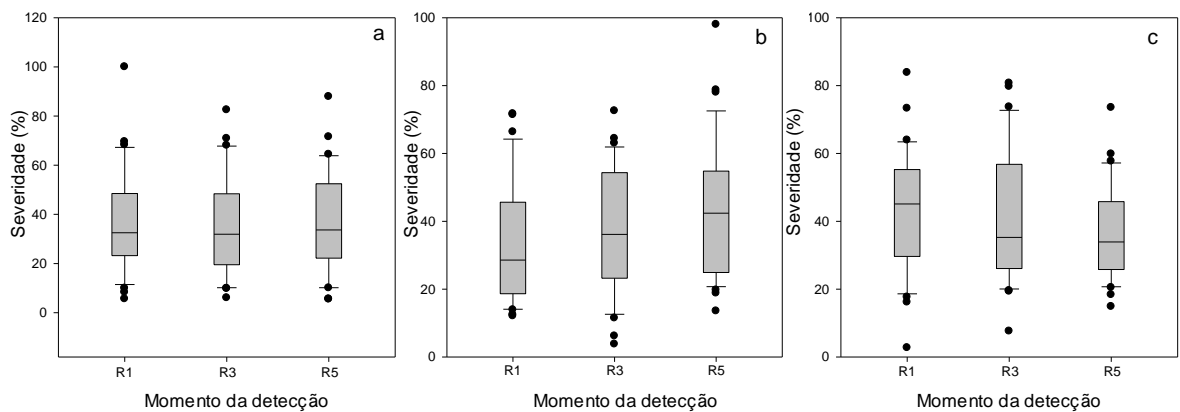


FIGURA 14. Severidade (%) da ferrugem asiática em soja em momentos de detecção da doença, na cultivar Dom Mario (ciclo semi-precoce), para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.

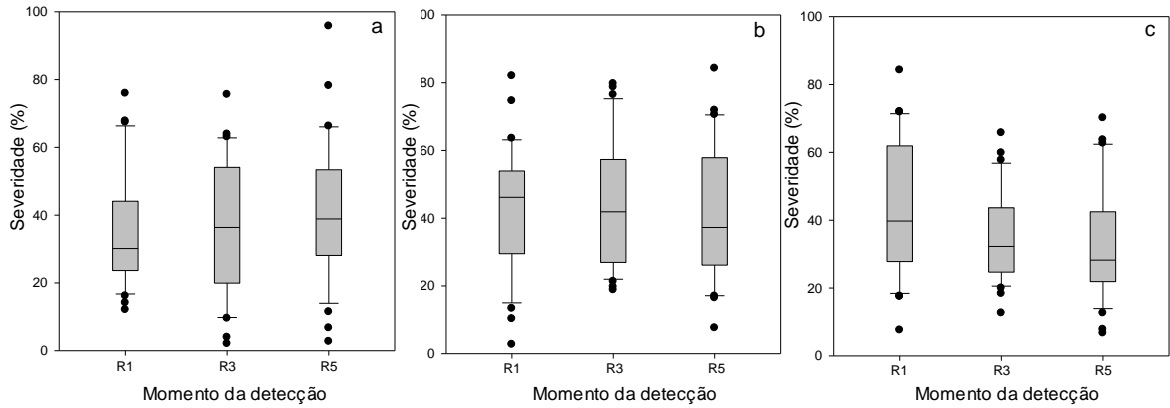


FIGURA 15. Severidade (%) da ferrugem asiática em soja em momentos de detecção da doença, na cultivar Coodetec 202 (ciclo precoce), para a data de semeadura em (a) 05/10, (b) 05/11 e (c) 05/12, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.

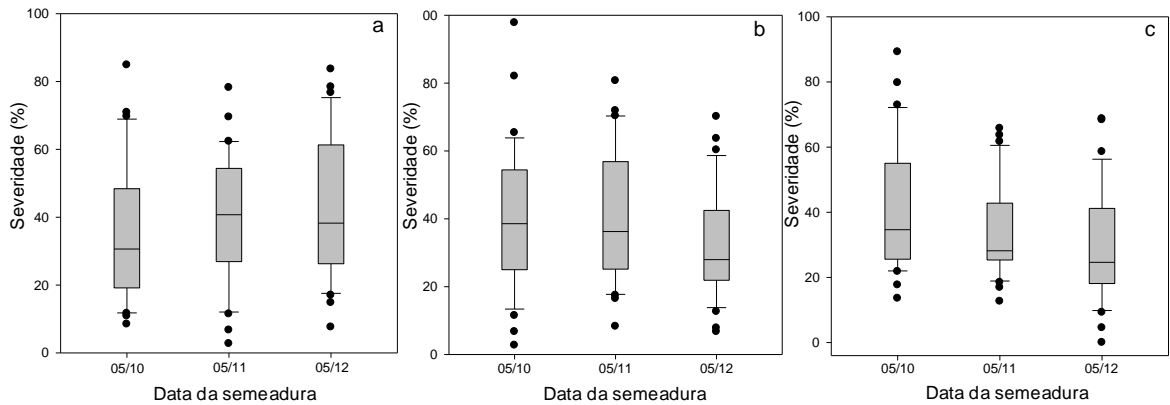


FIGURA 16. Severidade (%) da ferrugem asiática em soja na cultivar Bragg (ciclo médio), em três datas de semeadura em (a) R1, (b) R3 e (c) R5, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.

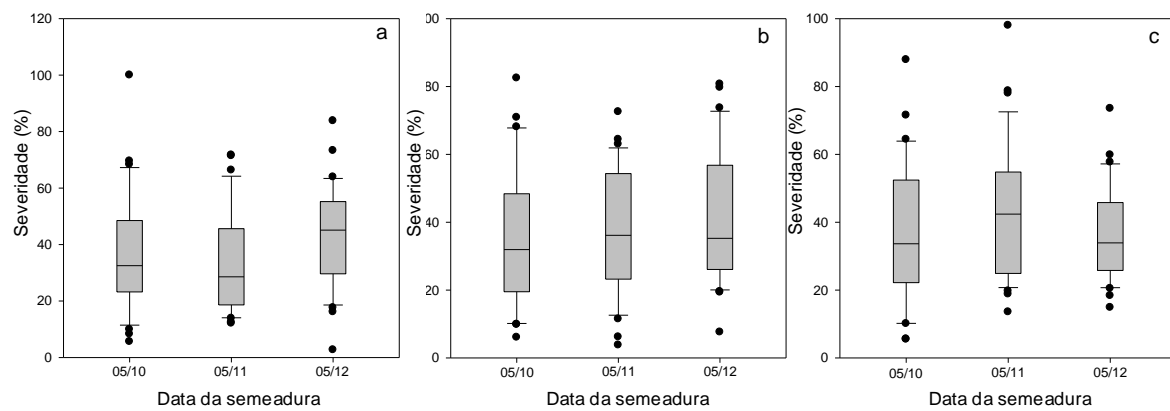


FIGURA 17. Severidade (%) da ferrugem asiática em soja na cultivar Dom Mario (ciclo semi-precoce), em três datas de semeadura em (a) R1, (b) R3 e (c) R5, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.

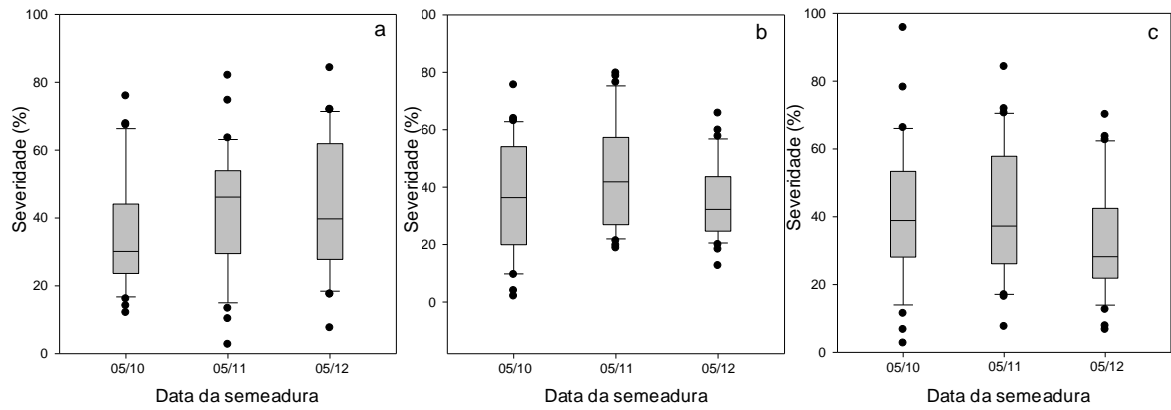


FIGURA 18. Severidade (%) da ferrugem asiática em soja na cultivar Coodetec 202 (ciclo precoce), em três datas de semeadura em (a) R1, (b) R3 e (c) R5, no município de Santa Rosa, RS. Série Temporal 1975-2009.

APÊNDICE 2. Determinação das faixas de favorabilidade para *Euschistus heros* e *Telenomus podisi* e a severidade da ferrugem asiática da soja em quatro municípios: Passo Fundo, Santa Rosa e Pelotas no Rio Grande do Sul e Londrina no Paraná para os cenários atual e futuro de mudanças climáticas.

TABELA 1. Faixas de favorabilidade à *Euschistus heros* no município de Passo Fundo, RS para o período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários A2 e B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.

MÊS	CENÁRIOS						
	1961-1990	2020		2050		2080	
		A2	B1	A2	B1	A2	B1
Janeiro	F	F	F	F	F	MF	F
Fevereiro	F	F	F	F	F	MF	F
Março	F	F	F	F	F	F	F
Abril	PF	PF	PF	F	F	F	F
Maio	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Junho	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Julho	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Agosto	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Setembro	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Outubro	PF	PF	PF	F	PF	F	F
Novembro	F	F	F	F	F	F	F
Dezembro	F	F	F	F	F	F	F

Legenda: D - Desfavorável; PF - Pouco Favorável; F - Favorável; MF - Muito Favorável.

TABELA 2. Faixas de favorabilidade à *Euschistus heros* no município de Pelotas, RS para o período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários A2 e B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.

MÊS	CENÁRIOS						
	1961-1990	2020		2050		2080	
		A2	B1	A2	B1	A2	B1
Janeiro	F	F	F	F	F	MF	F
Fevereiro	F	F	F	F	F	MF	F
Março	F	F	F	F	F	F	F
Abril	PF	F	F	F	F	F	F
Maio	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Junho	D	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Julho	D	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Agosto	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Setembro	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Outubro	PF	PF	PF	PF	PF	F	PF
Novembro	F	F	F	F	F	F	F
Dezembro	F	F	F	F	F	F	F

Legenda: D - Desfavorável; PF - Pouco Favorável; F - Favorável; MF - Muito Favorável.

TABELA 3. Faixas de favorabilidade à *Euschistus heros* no município de Santa Rosa, RS para o período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários A2 e B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.

MÊS	CENÁRIOS						
	1961-1990	2020		2050		2080	
		A2	B1	A2	B1	A2	B1
Janeiro	F	MF	MF	MF	MF	F	MF
Fevereiro	F	MF	MF	MF	MF	F	MF
Março	F	F	F	F	F	MF	F
Abril	F	F	F	F	F	F	F
Maio	PF	PF	PF	PF	PF	F	PF
Junho	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Julho	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Agosto	PF	PF	PF	PF	PF	F	PF
Setembro	PF	PF	PF	PF	PF	F	F
Outubro	F	F	F	F	F	F	F
Novembro	F	F	F	F	F	F	F
Dezembro	F	F	F	MF	F	MF	MF

Legenda: D - Desfavorável; PF - Pouco Favorável; F - Favorável; MF - Muito Favorável.

TABELA 4. Faixas de favorabilidade à *Euschistus heros* no município de Londrina, PR para o período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários A2 e B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.

MÊS	CENÁRIOS						
	1961-1990	2020		2050		2080	
		A2	B1	A2	B1	A2	B1
Janeiro	F	F	F	F	F	MF	F
Fevereiro	F	F	F	MF	F	MF	MF
Março	F	F	F	F	F	MF	F
Abril	F	F	F	F	F	F	F
Maio	PF	PF	PF	F	PF	F	F
Junho	PF	PF	PF	PF	PF	F	PF
Julho	PF	PF	PF	PF	PF	F	PF
Agosto	PF	PF	PF	F	F	F	F
Setembro	PF	F	F	F	F	F	F
Outubro	F	F	F	F	F	F	F
Novembro	F	F	F	F	F	F	F
Dezembro	F	F	F	F	F	MF	F

Legenda: D - Desfavorável; PF - Pouco Favorável; F - Favorável; MF - Muito Favorável.

TABELA 5. Faixas de favorabilidade à *Telenomus podisi* no município de Passo Fundo, RS para o período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários A2 e B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.

MÊS	CENÁRIOS						
	1961-1990	2020		2050		2080	
		A2	B1	A2	B1	A2	B1
Janeiro	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
Fevereiro	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
Março	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
Abril	PF	PF	MF	MF	MF	MF	MF
Maio	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Junho	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Julho	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Agosto	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Setembro	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Outubro	PF	PF	PF	MF	PF	MF	MF
Novembro	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
Dezembro	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF

Legenda: D - Desfavorável; PF - Pouco Favorável; F - Favorável; MF - Muito Favorável.

TABELA 6. Faixas de favorabilidade à *Telenomus podisi* no município de Pelotas, RS para o período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários A2 e B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.

MÊS	CENÁRIOS						
	1961-1990	2020		2050		2080	
		A2	B1	A2	B1	A2	B1
Janeiro	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
Fevereiro	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
Março	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
Abril	PF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
Maio	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Junho	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Julho	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Agosto	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Setembro	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Outubro	PF	PF	PF	PF	PF	MF	PF
Novembro	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
Dezembro	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF

Legenda: D - Desfavorável; PF - Pouco Favorável; F - Favorável; MF - Muito Favorável.

TABELA 7. Faixas de favorabilidade à *Telenomus podisi* no município de Santa Rosa, RS para o período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários A2 e B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.

MÊS	CENÁRIOS						
	1961-1990	2020		2050		2080	
		A2	B1	A2	B1	A2	B1
Janeiro	MF	MF	MF	MF	MF	F	MF
Fevereiro	MF	MF	MF	MF	MF	F	MF
Março	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
Abril	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
Maio	PF	PF	PF	PF	PF	MF	PF
Junho	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Julho	PF	PF	PF	PF	PF	PF	PF
Agosto	PF	PF	PF	PF	PF	MF	PF
Setembro	PF	PF	PF	PF	PF	MF	MF
Outubro	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
Novembro	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
Dezembro	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF

Legenda: D - Desfavorável; PF - Pouco Favorável; F - Favorável; MF - Muito Favorável.

TABELA 8. Faixas de favorabilidade à *Telenomus podisi* no município de Londrina, PR para o período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários A2 e B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.

MÊS	CENÁRIOS						
	1961-1990	2020		2050		2080	
		A2	B1	A2	B1	A2	B1
Janeiro	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
Fevereiro	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
Março	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
Abril	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
Maio	PF	PF	PF	MF	PF	MF	MF
Junho	PF	PF	PF	PF	PF	MF	PF
Julho	PF	PF	PF	PF	PF	MF	PF
Agosto	PF	PF	MF	MF	MF	MF	MF
Setembro	PF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
Outubro	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
Novembro	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
Dezembro	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF

Legenda: D - Desfavorável; PF - Pouco Favorável; F - Favorável; MF - Muito Favorável.

TABELA 9. Variação percentual de ocorrência da Ferrugem asiática da soja no município de Passo Fundo, RS para o período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários A2 e B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.

MÊS	1961-1990	CENÁRIOS					
		2020		2050		2080	
		A2	B1	A2	B1	A2	B1
Janeiro	43,86	0,39	0,34	2,3	1,67	3,04	2,91
Fevereiro	45,55	0,51	0,76	-0,15	1,75	2,51	2,52
Março	39,26	0,32	1,26	1,91	1,65	1,88	2,67
Abril	38,02	0,11	0,3	0,41	0,53	1,46	0,66
Maio	41,12	0,84	0,44	1,14	1,54	2,77	2,13
Junho	40,73	0,59	0,2	1,3	0,78	1,53	0,78
Julho	46,55	-0,08	-0,1	-0,26	-0,05	-0,33	0,12
Agosto	50,06	-0,16	0,29	-1,07	-0,02	-0,65	0,01
Setembro	59,90	-0,65	0,5	0,19	-0,29	0,38	-0,2
Outubro	50,92	1,74	0,3	2,21	1,49	4,18	1,31
Novembro	44,27	2,28	2,73	4,2	2,73	7,02	4,52
Dezembro	49,19	0,82	1,78	1,86	2,52	3,73	3,01

TABELA 10. Variação percentual de ocorrência da Ferrugem asiática da soja no município de Pelotas, RS para o período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários A2 e B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.

MÊS	1961-1990	CENÁRIOS					
		2020		2050		2080	
		A2	B1	A2	B1	A2	B1
Janeiro	32,58	0,61	1,51	2,09	2,49	2,18	2,93
Fevereiro	37,23	0,81	1,51	0,67	1,83	2,07	2,68
Março	33,55	0,78	1,63	1,53	2,17	1,73	2,72
Abril	25,71	1,47	0,18	0,77	1,25	2,03	1,49
Maio	30,62	1,88	0,51	1,55	1,54	3,29	2,65
Junho	38,93	1,49	0,05	1,31	0,86	2,39	1,21
Julho	42,04	0,53	0,52	-0,01	0,63	0,53	0,93
Agosto	40,19	0,35	0,56	-0,23	-0,1	0,74	0,29
Setembro	38,93	0,42	1,4	1,32	0,69	1,01	1,33
Outubro	33,55	1,04	1,8	1,79	2,11	2,06	1,98
Novembro	32,45	1,38	1,52	2,59	2,85	3,92	3,43
Dezembro	26,63	1,32	2,56	1,69	2,91	2,64	3,44



TABELA 11. Variação percentual de ocorrência da Ferrugem asiática da soja no município de Santa Rosa, RS para o período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários A2 e B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.

MÊS	1961-1990	CENÁRIOS					
		2020		2050		2080	
		A2	B1	A2	B1	A2	B1
Janeiro	50,06	0,48	0,34	1,69	1,44	2,04	2,2
Fevereiro	46,35	0,88	1,16	0,28	2,19	1,67	3,02
Março	45,66	0,27	1,48	1,19	1,67	1,15	2,59
Abril	49,42	0,35	0,34	0,39	0,57	1,21	0,65
Maio	49,19	0,56	0,11	0,7	0,92	1,56	1,43
Junho	46,87	0,75	-0,33	0,66	0,17	0,62	0,36
Julho	42,04	-0,03	-0,27	-0,75	-0,39	-1,14	-0,25
Agosto	45,66	-0,31	0,16	-1,3	0,01	-1,12	-0,17
Setembro	49,42	-0,94	0,33	-0,36	-0,22	-0,64	-0,26
Outubro	55,98	1,1	0,85	1,97	1,45	3,21	1,29
Novembro	47,72	2,5	3,11	4,29	3,28	6,9	4,65
Dezembro	47,44	1,15	2,03	2,05	3,11	4,1	3,51

TABELA 12. Variação percentual de ocorrência da Ferrugem asiática da soja no município de Londrina, PR para o período de referência (1961-1990) e projeções futuras (2020, 2050 e 2080) nos cenários A2 e B1 para os meses de Janeiro a Dezembro.

MÊS	1961-1990	CENÁRIOS					
		2020		2050		2080	
		A2	B1	A2	B1	A2	B1
Janeiro	60,82	-0,36	-0,4	1,06	0,65	2,67	1,42
Fevereiro	51,09	0,85	0,23	1,05	1,61	1,66	3,15
Março	41,12	0,33	1,2	2,16	2,02	0,94	3,11
Abril	32,45	-0,43	0,28	-0,17	0,52	-0,25	0,41
Maio	31,60	0,05	0,1	-0,17	0,54	0,34	1,03
Junho	26,69	-0,3	-0,03	0,32	-0,05	-0,32	0,33
Julho	18,37	-0,7	-0,2	-0,74	-0,22	-1,17	-0,2
Agosto	16,24	-0,67	-0,44	-1,01	-0,06	-0,36	-0,75
Setembro	28,63	-0,31	-0,35	-0,65	-0,93	-0,71	-0,87
Outubro	45,66	0,17	-0,69	0,69	0,27	2,39	-0,12
Novembro	43,39	0,3	1,52	2,5	0,76	3,93	2,81
Dezembro	63,94	0,51	-0,09	0,72	2,21	2,6	1,35