

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**MANEJO DE LAGARTAS E PERCEVEJOS DA SOJA  
COM CONTROLE LOCALIZADO**

**TESE DE DOUTORADO**

**Valmir Aita**

**Santa Maria, RS, Brasil.**

**2013**

**MANEJO DE LAGARTAS E PERCEVEJOS DA SOJA COM  
CONTROLE LOCALIZADO**

**Valmir Aita**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola,  
da Universidade Federal de Santa Maria,  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Engenharia Agrícola**

**Orientador: Prof. Dr. Jerson Vanderlei Carús Guedes**

**Santa Maria, RS, Brasil.**

**2013**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Aita, Valmir  
Manejo de lagartas e percevejos da soja com controle localizado / Valmir Aita.-2013.  
100 p.; 30cm

Orientador: Jerson Vanderlei Carús Guedes  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2013

1. Controle localizado de insetos 2. Pragas da soja  
3. Manejo integrado de pragas 4. Agricultura de precisão  
I. Guedes, Jerson Vanderlei Carús II. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
Aprova a Tese de Doutorado

**MANEJO DE LAGARTAS E PERCEVEJOS DA SOJA COM  
CONTROLE LOCALIZADO**

elaborada por  
**Valmir Aita**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Engenharia Agrícola**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Jerson Vanderlei Carús Guedes, Dr. (UFSM)**  
Presidente/Orientador

**Antônio Luis Santi, Dr. (UFSM)**

**Moisés João Zotti, PhD. (UFPeI)**

**Ricardo Antônio Polanczyk, Dr. (UNESP)**

**Telmo Jorge Carneiro Amado, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, 18 de fevereiro de 2013.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pela constante luz em meus caminhos, por todas as alegrias, pela saúde e pela força que me concedeu, para que conseguisse chegar até aqui.

Aos meus pais, Valentim e Cecília pelos ensinamentos de vida, a minha esposa Marlene e o filho Lorenzo, pela colaboração e estímulo em todas as etapas desta aprendizagem.

Ao Professor Jerson Vanderlei Carús Guedes, pela orientação, confiança, amizade, e pelo exemplo de sabedoria e grandeza.

Ao Colégio Politécnico da UFSM, agradeço pela oportunidade de qualificação e pela viabilização da realização do experimento.

Aos colegas servidores técnico-administrativos e professores do Colégio Politécnico da UFSM, agradeço pelo forte apoio que recebi durante a realização do curso.

A equipe que auxiliou na realização do trabalho de campo, pela dedicação e contribuição na realização dos experimentos, pelo companheirismo e pela especial amizade.

Agradeço também, a todos que, anonimamente, contribuíram para a minha realização.

## RESUMO

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

### MANEJO DE LAGARTAS E PERCEVEJOS DA SOJA COM CONTROLE LOCALIZADO

AUTOR: VALMIR AITA  
ORIENTADOR: JERSON VANDERLEI CARÚS GUEDES  
Santa Maria, 18 de fevereiro de 2013

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma cultura de grande expressão no Brasil e no mundo, no entanto a sua produtividade ainda é limitada por diversos fatores, onde destacam-se os danos significativos causados pelas lagartas e percevejos quando não manejadas eficientemente. O controle destes insetos é geralmente feito com aplicações de inseticidas, o que ocasiona o aumento dos custos da lavoura, prejudica o controle biológico pela morte de inimigos naturais, e deixa resíduos tóxicos no produto colhido e no ambiente, por isso, se faz necessário desenvolver técnicas visando a sua utilização mais eficiente, que resulte em menores quantidades aplicadas. Este estudo foi realizado em cinco áreas de cultivo com soja nas safras 2010/11 e 2011/12 objetivando analisar a distribuição espacial e temporal e realizar o controle localizado de lagartas e percevejos em soja, utilizando técnicas de agricultura de precisão para o mapeamento e controle dos insetos. Também foi realizada a análise técnica e econômica deste sistema de manejo. O primeiro capítulo apresenta o estudo do controle localizado de lagartas e o segundo capítulo o estudo do controle localizado de percevejos em soja. A população de lagartas da soja pode ser controlada de forma localizada nos pontos onde a população ultrapassa o nível de controle, proporcionando economia de inseticida. O controle localizado de percevejos em soja permite economia de inseticida e reduz a população, mas não impede a reinfestação da área acima do nível de controle. Em termos econômicos, o controle localizado de lagartas e percevejos é viável, porém são necessários estudos para aperfeiçoar o sistema de amostragem.

**Palavras-chave:** Controle localizado de insetos. Pragas da soja. Manejo integrado de pragas. Agricultura de precisão.

## **ABSTRACT**

Doctoral Thesis  
Graduate Program in Agricultural Engineering  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brazil

### **SITE-SPECIFIC MANAGEMENT OF CATERPILLARS AND STINK BUGS IN SOYBEAN CROP**

AUTHOR: VALMIR AITA  
SUPERVISOR: JERSON VANDERLEI CARUS GUEDES  
Santa Maria, February 18, 2013

Soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] is the most important crop grown in Brazil and worldwide. Nevertheless, the yield is still limited by several issues in which the damages by caterpillars and stink bugs are main ones if not controlled efficiently. The pest control is usually achieved by insecticide application, which results in an increased production cost, disturb biological control, and causes contamination in harvest and environment, so it is necessary to develop news techniques aiming to reduce the amount of sprayed insecticides. The preset study was carried out in five soybean grown areas during 2010/11 and 2011/12. This experiment aimed to analyze the spatial and temporal distribution in order to perform site-specific control of caterpillars and stink bugs by using agriculture-precision tools for mapping and control of insects. In addition, the technical and economic effects of this approach were surveyed. The first chapter shows the site-specific control for caterpillars while the chapter two for stink bugs. The population of soybean caterpillars can be suppressed by site-specific approach where the population exceeds the economic threshold and therefore saving insecticide. The site-specific control for stink bugs in soybean allows save insecticide and decreases the bugs population, but causes outbreaks far beyond the economic threshold. Economically speaking, the site-specific control of caterpillars and stink bugs is possible, but requires further studies to optimize the sampling procedure.

**Keywords:** Site-specific insect control. Soybean pest-insect. Integrated pest management. Precision agriculture.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Imagem da área experimental com talhões identificados. Santa Maria, RS. Fonte: Google Earth. .... 29
- Figura 2 - Composição percentual de espécies de lagartas em lavouras de soja nas safras 2010/11 e 2011/12. Santa Maria, RS. .... 34
- Figura 3 - Distribuição temporal de espécies de lagartas em lavouras de soja na safra 2010/2011, com controle localizado (Áreas 1, 2 e 3) ou em área total (Áreas 4 e 5). Santa Maria, RS. A seta indica o momento do controle. .... 36
- Figura 4 - Distribuição temporal de espécies de lagartas em lavouras de soja na safra 2011/2012, sem controle (Área 1) ou com controle localizado (Áreas 2, 3, 4 e 5). Santa Maria, RS. A seta indica o momento do controle. .... 37
- Figura 5 - Percentual de desfolha observado durante as amostragens em cinco lavouras de soja na safra 2010/11. Santa Maria, RS. .... 39
- Figura 6 - Percentual de desfolha observado durante as amostragens em cinco lavouras de soja na safra 2011/12. Santa Maria, RS. .... 39
- Figura 7 - Percentual médio de desfolha em lavouras de soja nas safras 2010/11 e 2011/12, submetidas ao controle de lagartas em área total ou controle localizado. Santa Maria, RS. .... 40
- Figura 8 - Mapas de ocorrência de lagartas (a), desfolha (b) e de aplicação de inseticida (c) para o controle de lagartas na área 1 em 24/01/2011 no estádio R3. Santa Maria/RS. .... 42
- Figura 9 - Ocorrência e localização de lagartas na cultura da soja na área nº 1, em 11 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2010/2011. .... 43
- Figura 10 - Mapa de ocorrência de lagartas (a), desfolha (b), e de aplicação de inseticida (c) para o controle localizado de lagartas na área 2 em 24/01/2011 no estádio R4. Santa Maria/RS. .... 45
- Figura 11 - Ocorrência e localização de lagartas na cultura da soja na área nº 2, em 11 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2010/2011. .... 46
- Figura 12 - Ocorrência e localização de lagartas na cultura da soja na área nº 3, em 14 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2010/2011. .... 48
- Figura 13 - Ocorrência e localização de lagartas na cultura da soja na área nº 4, em 11 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2010/2011. .... 50
- Figura 14 - Ocorrência e localização de lagartas na cultura da soja na área nº 5, em 13 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2010/2011. .... 51
- Figura 15 - Ocorrência e localização de lagartas na cultura da soja na área nº 1, em 14 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2011/2012. .... 53
- Figura 16 - Ocorrência e localização de lagartas na cultura da soja na área nº 2, em 10 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2011/2012. .... 54



Figura 17 - Ocorrência e localização de lagartas na cultura da soja na área nº 3, em 11 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2011/2012....	55
Figura 18 - Ocorrência e localização de lagartas na cultura da soja na área nº 4, em 10 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2011/2012....	56
Figura 19 - Ocorrência e localização de lagartas na cultura da soja na área nº 5, em 12 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2011/2012....	57
Figura 20 - Imagem da área experimental com talhões identificados. Santa Maria, RS. Fonte: Google Earth. ....	68
Figura 21 - Composição percentual de percevejos em lavouras de soja nas safras 2010/11 e 2011/12. Santa Maria, RS.....	72
Figura 22 - Distribuição temporal de espécies de percevejos em lavouras de soja na safra 2010/2011, com controle em área total (Áreas 1 e 4) ou localizado (Áreas 2, 3, e 5). Santa Maria, RS. A seta indica o momento do controle.....	74
Figura 23 - Distribuição temporal de espécies de percevejos em lavouras de soja na safra 2011/2012 com controle localizado. Santa Maria, RS. A seta indica o momento do controle. ....	75
Figura 24 - Ocorrência e localização de percevejos na cultura da soja na área nº 2, em 11 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2010/2011....	77
Figura 25 - Ocorrência e localização de percevejos na cultura da soja na área nº 3, em 13 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2010/2011....	78
Figura 26 - Ocorrência e localização de percevejos na cultura da soja na área nº 5, em 13 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2010/2011....	79
Figura 27 - Ocorrência e localização de percevejos na cultura da soja na área nº 1, em 11 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2010/2011....	81
Figura 28 - Ocorrência e localização de percevejos na cultura da soja na área nº 4, em 11 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2010/2011....	82
Figura 29 - Ocorrência e localização de percevejos na cultura da soja na área nº 1, em 13 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2011/2012....	84
Figura 30 - Ocorrência e localização de percevejos na cultura da soja na área nº 2, em 10 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2011/2012....	85
Figura 31 - Ocorrência e localização de percevejos na cultura da soja na área nº 3, em 11 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2011/2012....	86
Figura 32 - Ocorrência e localização de percevejos na cultura da soja na área nº 4, em 10 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2011/2012....	87
Figura 33 - Ocorrência e localização de percevejos na cultura da soja na área nº 5, em 12 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2011/2012....	88

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Características das áreas experimentais e da cultura, utilizadas para o manejo localizado de lagartas em soja nas safras 2010/11 e 2011/12. Santa Maria, RS. 2013. ....	30
Tabela 2 - Comparação dos custos observados no controle localizado em relação ao controle convencional de lagartas em cinco áreas de cultivo de soja. Safras 2010/2011 e 2011/2012. ....	59
Tabela 3 - Características das áreas experimentais e da cultura, utilizadas para o manejo de percevejos em soja nas safras 2010/11 e 2011/12. ....	68
Tabela 4 - Comparação dos custos observados no controle convencional em relação ao controle localizado de percevejos em cinco áreas de cultivo e duas safras de soja. ....	90

## **LISTA DE ANEXOS**

ANEXO A – Dados mensais das condições do tempo durante o período experimental nos anos de 2011 e 2012.....	100
------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	16
2.1 Manejo Integrado de Pragas .....	16
2.2 Agricultura de precisão (AP).....	17
2.3 Sistema de posicionamento global .....	18
2.4 Mapeamento e distribuição dos insetos.....	19
2.5 Controle localizado de insetos.....	20
2.6 Relações econômicas da utilização de técnicas de agricultura de precisão no controle de insetos .....	22
3 CAPITULO I - CONTROLE LOCALIZADO DE LAGARTAS NA CULTURA DA SOJA .....	24
3.1 Introdução .....	26
3.2 Revisão de literatura.....	27
3.2.1 Lagartas desfolhadoras da soja.....	27
3.2.2 Nível de controle e o controle localizado de lagartas em soja .....	27
3.2.3 Economicidade da utilização do controle localizado de lagartas em soja .....	28
3.3 Material e métodos .....	29
3.3.1 Local e período de realização do experimento .....	29
3.3.2 Cultivo e manejo das plantas.....	30
3.3.3 Amostragem das lagartas .....	31
3.3.4 Geração de mapas temáticos .....	32
3.3.5 Controle das lagartas .....	32
3.3.6 Análise do custo do controle de lagartas em soja.....	33
3.4 Resultados e discussão .....	34
3.4.1 Composição de espécies e distribuição temporal da população de lagartas.....	34
3.4.2 Comportamento das populações de lagartas submetidas ao controle localizado .....	38
3.4.3 Níveis de desfolha .....	38
3.4.4 Efeito do controle localizado sobre a população de lagartas na safra 2010/2011 .....	40
3.4.5 Efeito do controle em área total sobre a população de lagartas na safra 2010/2011 .....	49
3.4.6 Efeito do controle localizado sobre a população de lagartas na safra 2011/2012 .....	52
3.4.7 Análise do custo/benefício da utilização do controle localizado de lagartas em soja. ....	58
3.5 Conclusões .....	60

4	CAPITULO II - CONTROLE LOCALIZADO DE PERCEVEJOS NA CULTURA DA SOJA.....	61
4.1.	Introdução .....	63
4.2.	Revisão de literatura.....	64
4.2.1	Ocorrência de percevejos em soja .....	64
4.2.2	Nível de controle e o controle localizado de percevejos .....	65
4.2.3	Economicidade da utilização do controle localizado de insetos. ....	66
4.3	Material e métodos .....	67
4.3.1	Local e período de realização do experimento .....	67
4.3.2	Cultivo e manejo das plantas.....	69
4.3.3	Amostragem dos percevejos.....	69
4.3.4	Geração de mapas.....	70
4.3.5	Controle dos percevejos .....	70
4.3.6	Análise do custo do controle de percevejos na cultura da soja .....	71
4.4	Resultados e discussão .....	72
4.4.1	Composição de espécies e distribuição temporal da população de percevejos .....	72
4.4.2	Efeito do controle localizado sobre a população de percevejos na safra 2010/2011.....	76
4.4.3	Efeito do controle em área total sobre a população de percevejos na safra 2010/2011 .....	80
4.4.4	Efeito do controle localizado sobre a população de percevejos na safra 2011/2012.....	83
4.4.5	Relações econômicas da utilização de técnicas de agricultura de precisão no controle de percevejos em soja. ....	89
4.5	Conclusões .....	91
5	DISCUSSÃO.....	92
6	CONCLUSÃO GERAL .....	94
	REFERÊNCIAS .....	95

# 1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma cultura de grande importância econômica em nível mundial, devido às amplas formas de utilização que inclui a alimentação humana e animal e o uso como biocombustível. O Brasil produziu em 2011, 74.829.383t de soja, consolidando-se como o segundo produtor mundial. O Rio Grande do Sul participou com 15,5% da produção nacional, correspondente a 11.621.300t, com rendimento médio de 2.845kg.ha<sup>-1</sup>, abaixo da média nacional de 3.111kg.ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2012). A lucratividade da lavoura está diretamente relacionada à produtividade e aos custos de produção, e os estudos dos fatores que afetam a produtividade ou permitem a diminuição dos custos são pertinentes.

Os insetos constituem um dos fatores que, potencialmente, podem afetar a produtividade e tem exigido quantidades significativas de agrotóxicos para o seu controle, o que provoca aumento nos custos e riscos ao meio ambiente.

Os percevejos e as lagartas desfolhadoras são as pragas-chave da cultura da soja, por isso, qualquer programa de manejo deve ser previamente estruturado para controlá-los prioritariamente (VIVAN e DEGRANDE, 2011).

Os insetos-praga, geralmente, ocorrem apresentando uma distribuição espacial desuniforme, devido as suas características biológicas e comportamentais, das condições do solo/topografia e das variações nas plantas, em toda a lavoura. O manejo dos insetos-praga é feito pela ocorrência média na área, o que torna impreciso este processo, por não observar a variação espacial, subestimando ou superestimando o controle nos diferentes pontos da lavoura.

A agricultura utiliza ecossistemas relativamente grandes, e tem chamado a atenção pelo tamanho e intensidade das modificações provocadas no ambiente. O custo não pode ser avaliado apenas do ponto de vista econômico, pois nesse caso, a tecnologia mais adequada deve ser sustentável e permitir a obtenção de lucro significativo mediante o menor impacto no ambiente.

A redução do uso de agrotóxicos contribui para a menor contaminação ambiental, diminui a possibilidade de resistência dos insetos aos inseticidas e pode proporcionar uma maior margem de lucro ao produtor, pela diminuição do custo de produção.

O setor agrícola vem buscando soluções eficientes nas últimas décadas. O exemplo mais concreto disso é o manejo integrado de pragas (MIP), que comprovadamente, tem atendido aos objetivos propostos e proporcionado ganhos ao produtor (KOGAN *et al.*, 1977;

TEMPLE, 2007; RIFFEL, 2010). Com a utilização do MIP, os produtores buscam aumentar seus lucros através da redução de custos e minimização das perdas causadas pelas pragas. O MIP visa solucionar um problema específico e chegar a soluções mais duradouras, ao invés de saídas à curto prazo, reduzindo as perdas causadas por pragas de modo efetivo, economicamente viável e ecologicamente compatível com o meio ambiente (VIVAN e DEGRANDE, 2011).

As populações, geralmente, não se desenvolvem uniformemente nas áreas, sendo possível mapeá-las e fazer o controle somente nos locais onde a população atinge o nível de controle. Este procedimento segue os conceitos de agricultura de precisão pela identificação da variabilidade espacial e temporal de um fator de produção, possibilitando a adoção de práticas de manejo que levem em consideração esta variabilidade.

Muitas vezes, a aplicação dos inseticidas é realizada de forma inadequada, seja através de aplicações preventivas, junto com o dessecante ou com o herbicida pós-emergente ou mesmo com as aplicações de fungicidas. Essas práticas, atualmente, são comuns nas lavouras de soja, visando o aproveitamento de operações, aliado às aplicações frequentes de produtos de amplo espectro de ação, sobretudo na fase inicial do desenvolvimento da soja e o não uso das amostragens de pragas, como o método do pano, tem levado a um grande desequilíbrio nas lavouras de soja, acarretando sérios problemas como a eliminação do complexo de inimigos naturais (CORRÊA-FERREIRA et al., 2010).

A população de insetos é dinâmica, com rápida variação espacial e temporal, dificultando o manejo localizado. Por outro lado, a tecnificação da agricultura com o desenvolvimento de máquinas e equipamentos com tecnologias de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas que constituem a agricultura de precisão, podem ser utilizadas para detectar as variações no campo e realizar o controle localizado dos insetos praga.

A inclusão do manejo em local específico nas culturas agrícolas já é amplamente adotado no que se refere a fertilidade e adubação do solo, com resultados consistentes de melhoria na lucratividade das lavouras, através do atendimento das necessidades particularizadas de cada ponto da lavoura. A indústria de máquinas agrícolas tem atendido à necessidade de equipamentos para a agricultura de precisão, viabilizando a realização das operações em nível de campo.

O controle localizado de insetos pode ser incorporado ao MIP, ajudando a diminuir o gasto com agrotóxicos, causar menor contaminação ambiental com a preservação de inimigos naturais, e menor possibilidade de resistência dos insetos pela manutenção de áreas de

refúgios, além de diminuir o tempo gasto com a pulverização, possibilitando o melhor aproveitamento das condições climáticas favoráveis.

O objetivo deste trabalho foi investigar os efeitos e a viabilidade técnica do controle localizado de lagartas e percevejos da soja, através da determinação da densidade populacional e sua distribuição espacial e temporal, do controle localizado e verificação do seu efeito na população de lagartas e percevejos. Também se objetivou realizar a análise econômica do sistema de manejo.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Manejo Integrado de Pragas

O conceito de manejo integrado de pragas (MIP) visa manter as pragas abaixo dos níveis de dano econômico, sem erradicá-las, utilizando as técnicas e métodos disponíveis, de forma harmônica e criteriosa, inclusive o controle químico. A tecnologia de aplicação de inseticidas deve estar a serviço e em consonância com o manejo integrado de pragas (KOGAN *et al.*, 1977; GUEDES e MAZIERO, 2011).

Além de identificar as pragas, é importante observar o momento exato em que sua população deve ser controlada. Um inseto só pode ser considerado praga quando atingir o nível de dano econômico ou ultrapassar o nível de controle. A manutenção da praga em níveis abaixo do nível de controle, sem o uso de agrotóxicos é vantajosa ecologicamente, por permitir a sobrevivência de inimigos naturais que encontrarão nela o seu alimento, e, economicamente, porque restringe os gastos com medidas de controle, aumentando os lucros e evitando a poluição (NAKANO, 2011; VIVAN e DEGRANDE, 2011).

A integração de técnicas da agricultura de precisão, como o mapeamento georreferenciado da distribuição espacial dos insetos ao MIP na cultura da soja demonstra ser promissora, por permitir identificar com maior precisão as zonas de ocorrência de insetos-pragas podendo, desta forma, realizar a intervenção em momento apropriado e em sítio específico (RIFFEL, 2010), melhorando os programas de MIP por implementar estratégias de manejo somente onde as populações dos insetos estão acima do nível de dano econômico (KRELL *et al.*, 2003; VIVAN e DEGRANDE, 2011).

Apesar do uso de sensores remotos para monitorar as variações espacial e temporal das populações de pragas, as ferramentas para o manejo integrado de pragas ainda são limitadas (TEMPLE, 2007). O desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao aperfeiçoamento dos sistemas de amostragem, a busca de informações sobre as espécies-praga, a sua bioecologia, a distribuição espacial e a geração de mapas, devem ser implementados em futuros programas de manejo integrado destas pragas (RIFFEL, 2010).

O objetivo de manter a lavoura “livre” de todos os insetos elimina também os insetos benéficos e deixa a cultura exposta a maiores infestações de pragas, pois não encontram inimigos colonizando a cultura. Recomenda-se reduzir a população de pragas, sem sua

eliminação total, na lavoura tratada quimicamente. Deixar, sempre que possível, uma quantidade remanescente de insetos no campo, visto que é necessário para a sobrevivência dos inimigos naturais, como as aves insetívoras, assegurando o controle natural das pragas, a longo prazo (SALUSO et al., 2005).

## **2.2 Agricultura de precisão (AP)**

A questão central da AP é identificar a variabilidade das áreas agrícolas e fazer com que sejam criadas alternativas de manejo, que levem em consideração tal diversidade. A AP vem aos poucos evoluindo para uma situação promissora demonstrando bons resultados. A aplicação de determinada prática no local e momento em que apresente maior potencial de resposta, com menor impacto ambiental e com resultados econômicos e sociais satisfatórios, deve nortear as ações nessa área. Na AP não existe um modelo único de ação, pois o padrão da variabilidade presente nas áreas de produção não se repete mesmo em pequenas áreas, representando um problema de manejo novo e desafiador (PIRES et al., 2004).

A utilização da AP se justifica quando há variabilidade espacial significativa dentro da parcela que afete a produção, se as causas da variabilidade são identificáveis e mensuráveis, e se a informação gerada permite modificações no manejo do cultivo de forma diferenciada (ESCOLÁ, 2010). Nesse contexto, os fundamentos da AP podem trazer benefícios nos mais diversos campos de atuação (PIRES et al., 2004).

O crescimento da AP foi significativo, nos últimos anos principalmente no que se refere às práticas de manejo da fertilidade do solo. A redução no consumo de fertilizantes químicos tem sido o alvo principal dos impactos no uso de técnicas de AP (COSTA e GUILHOTO, 2011).

Apesar de que as técnicas de sensoriamento remoto têm sido utilizadas para monitorar as mudanças espaciais e temporais em populações de pragas, a aplicação de ferramentas específicas de manejo localizado no manejo integrado de pragas ainda é limitado. A AP está intimamente ligada ao conceito de manejo sustentável da lavoura e tende a aumentar a eficiência das práticas agrícolas, aliado ao fato de ter potencial de minimizar os impactos negativos da agricultura, no meio ambiente (TEMPLE, 2007). A aplicação localizada de agrotóxicos pode contribuir para diminuir o impacto no ambiente pela redução de mais de 60% nas quantidades aplicadas (PIRES et al., 2004).

As perspectivas para a AP no Brasil são positivas, à medida que se realizem estudos que integrem as várias áreas de conhecimento envolvidas. O ganho de precisão na predição de

resultados da aplicação de insumos deve ser aumentado, conforme forem se tornando melhor entendidos e mapeados os fatores que contribuem para a variabilidade (PIRES et al., 2004). É na etapa da aplicação localizada que a AP completa o seu ciclo, pois é quando o agricultor pode desfrutar da otimização do uso dos insumos (BAIO e ANTUNIASSI, 2011).

O controle localizado de pragas ainda encontra limitações quanto ao seu uso, principalmente por falta de pesquisa (NAKANO, 2011), além de que os experimentos normalmente realizados são conduzidos em áreas pequenas e/ou sob condições controladas, muitas vezes não representando adequadamente a variabilidade existente em condições de lavoura (PIRES et al., 2004).

### **2.3 Sistema de posicionamento global**

O Sistema de Posicionamento Global (GPS) foi a tecnologia que permitiu o desenvolvimento inicial da AP e, atualmente, é o mais utilizado. Também existem outros como o GLONASS de origem russo e o futuro sistema de posicionamento europeu, o GALILEO (ESCOLÁ, 2010). O GPS é um sistema de posicionamento baseado em satélites, criado e operado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Inicialmente foi utilizado somente para fins militares, mas vem sendo utilizado também para fins civis, como nas máquinas agrícolas (LECHNER e BAUMANN, 2000).

O GPS é composto por três segmentos, quer seja, o espacial, o controle e o usuário. O segmento espacial é constituído de uma constelação de 24 satélites distribuídos no espaço. O controle é formado por estações de rastreamento distribuídas pelo mundo, cuja função é determinar a órbita exata de cada um dos satélites e atualizar seus sinais de navegação. O segmento usuário é formado pelo receptor GPS que converte os sinais vindos dos satélites em informação de posicionamento, velocidade e estimativa de tempo. O sistema baseia-se no princípio da triangulação das informações dos satélites para determinação da localização do ponto na superfície terrestre (LECHNER e BAUMANN, 2000).

## 2.4 Mapeamento e distribuição dos insetos

É importante conhecer a localização das pragas, com maior precisão possível, visando adotar estratégias de controle que diminuam a aplicação de agrotóxicos e liberar parasitóides ou predadores de modo mais racional, com economia e eficiência (BLACKSHAW e VERNON, 2006; NAKANO, 2011). O conhecimento da origem dos problemas fitossanitários e o comportamento deles ao longo da safra, resulta não só na aplicação de técnicas “curativas” no momento certo, mas um melhor planejamento para a próxima safra, aplicando-se técnicas que visem prevenir o problema (ROGGIA, 2009).

Os insetos apresentam características biológicas, ecológicas e comportamentais que devem ser consideradas no seu manejo (GUEDES e MAZIERO, 2011), uma delas é a distribuição agregada que se caracteriza por formar no campo, “focos” ou “reboleiras”, onde os mesmos se acumulam (PARK et al., 2007; NAKANO, 2011). As lagartas de *Spodoptera eridania*, apresentam um padrão de arranjo espacial do tipo agregado no início do desenvolvimento, agregação moderada para lagartas de tamanho médio e uma tendência a aleatoriedade para lagartas grandes (SOUZA et al., 2011b).

O conhecimento da dinâmica espaço-temporal dos insetos pode proporcionar uma tomada de decisão melhor embasada, pela maior quantidade de informações obtidas e, como consequência, realizar o controle somente nas áreas com infestação (DAL-PRÁ et al., 2011).

Existe um número reduzido de pesquisas envolvendo o gerenciamento localizado de inseticidas e fungicidas devido a dificuldades no mapeamento de pragas e doenças, em função da sua elevada dinâmica espacial e populacional, o que leva os dados a serem atualizados com mais frequência, onerando o sistema (ESQUERDO, 2002; CID, 2007; NAKANO, 2011).

Como as pragas apresentam variação espacial, faz sentido considerar o manejo de forma variável, mas isso não vai ocorrer até que se consiga fazer os mapas de controle das pragas (FLEISCHER et al., 1999). O uso de técnicas de sensoriamento remoto para monitorar mudanças espaciais e temporais em populações de pragas é uma alternativa (TEMPLE, 2007).

Zonas de manejo de insetos são geralmente criadas com base na densidade da praga e requerem avaliação periódica e ajuste ao longo do tempo, porque não são estáticas e irão mudar conforme a populações de insetos, opções de manejo, e interferência do agricultor (PARK et al., 2007). A definição das zonas de manejo e o desenvolvimento de um mapa de sítio específico, para a aplicação de insumos a taxa variável, são necessários para o desenvolvimento de uma prescrição (TEMPLE, 2007).

Outra possibilidade de fazer os mapas para o manejo localizado de insetos é através da utilização de dados da população da praga do ano anterior ou da primeira infestação na lavoura para utilizá-lo na segunda infestação, podendo ainda os locais infestados estarem ligados à plantas de menor porte, ocorrência de nematoides ou menor infestação de ervas daninhas (PARK et al., 2012). Dados históricos de rendimento da cultura também podem ser usados como base para o desenvolvimento de prescrições para aplicações de inseticidas (TEMPLE, 2007).

## **2.5 Controle localizado de insetos**

O manejo em local específico é a forma de fazer a intervenção no local certo, no momento adequado. Esta ideia é tão antiga quanto a agricultura, mas durante a mecanização da agricultura no século XX, houve grande pressão para tratar grandes lavouras com práticas agronômicas uniformes (BONGIOVANNI e LOWENBERG-DEBOER, 2004).

Recentemente, as tecnologias de mapeamento georreferenciado permitem analisar a distribuição espacial dos insetos, fazendo com que a natureza irregular das populações possam ser consideradas para a aplicação do manejo de pragas. O manejo localizado utiliza informações espaciais sobre a distribuição das pragas para aplicar o controle apenas onde a densidade da praga é economicamente alta dentro de uma lavoura (PIRES et al., 2004; PARK et al., 2007).

Há dois conceitos básicos para a aplicação localizada de insumos: por mapeamento do atributo de interesse e pelo conceito da aplicação em tempo real com uso de sensores. A aplicação localizada de agrotóxicos baseada no conceito de mapeamento pode ser realizada por sistemas mais simples, que possuem válvulas solenoides, gerenciadas por controladores eletrônicos de pulverização, efetuando a aplicação por um sistema “liga/desliga” (BAIO e ANTUNIASSI, 2011).

Com frequência são cometidos erros na aplicação de inseticidas, que determinam falhas no controle químico ou seu uso sem critério, baseado em aplicações sistemáticas e pouco eficientes (GUEDES e MAZIERO, 2011). O sistema agrícola exige, cada vez mais, a utilização de táticas e tecnologias precisas no gerenciamento dos recursos, como as estratégias de manejo em local específico, permitindo o tratamento de áreas de forma diferenciada e localizada, gerando a economia de insumos, redução dos custos operacionais e diminuição de impactos negativos ao homem e ao ambiente (KRELL et al., 2003; AGÜERO, 2010). O ideal

é que medidas de controle de pragas devem ser aplicadas apenas quando e onde necessário dentro de uma lavoura (PARK et al., 2007).

O programa de manejo de pragas tradicional é realizado com o mínimo de amostras feitas no campo, calculando-se a média da população da praga para a lavoura. Por outro lado, no programa de manejo de pragas em local específico, muitas amostras georreferenciadas são feitas no campo e o mapa da densidade estimada das pragas é criado, e as decisões de manejo são aplicadas somente nas áreas que estão acima do nível de dano econômico (KRELL et al., 2003), pois para o controle das pragas, em qualquer cultura, é preciso que haja uma razão de ordem econômica (NAKANO, 2011).

Para a implementação do manejo localizado de insetos praga é necessário a medição da sua variabilidade espacial dentro de uma lavoura, o mapeamento da distribuição dos insetos praga para gerar o mapa ou zona de manejo e o controle das pragas baseado nos mapas (PARK et al., 2007), mas a aplicação de estratégias de manejo integrado de pragas em sítio específico ainda é limitado (TEMPLE, 2007).

A maioria das prescrições para uma aplicação de inseticidas espacialmente variável têm utilizado dados de sensoriamento remoto com os índices de vegetação relacionadas com plantas saudáveis e são indiretamente relacionados com o número de insetos-praga (TEMPLE, 2007).

O manejo de precisão no controle de pragas altera a distribuição espacial do inseticida resultando em áreas não pulverizadas dentro da lavoura. Estes locais não pulverizados muitas vezes mudam de uma aplicação para a próxima, resultando em refúgios temporalmente dinâmicos para os inimigos naturais (FLEISCHER et al., 1999), e preservam os indivíduos susceptíveis da população, que pela migração das áreas não-tratadas para as tratadas pode contribuir na diluição da resistência (CARVALHO e BARCELLOS, 2012).

É necessário uma taxa mínima de inseticida para o controle efetivo dos insetos, pois a redução da dose pode resultar num controle insatisfatório, enquanto que as doses excessivas são gastos desnecessários. Para a aplicação de inseticidas a taxa variável, segue-se o conceito de duas zonas de manejo, uma com a aplicação na dose recomendada e outra sem aplicação (TEMPLE, 2007).

O tempo gasto entre a avaliação das pragas no campo e a aplicação é decisivo para a eficiência do controle, por isso, o sistema de amostragem, a geração dos mapas e a aplicação, devem ser ágeis. A utilização de sistemas de rádio para a transmissão de mapas de aplicação para o controle de insetos em lavoura de algodão diminuiu o tempo gasto entre a avaliação e a

aplicação, permitindo uma melhoria de 40% na eficiência da precisão (MCKINION et al., 2009).

## **2.6 Relações econômicas da utilização de técnicas de agricultura de precisão no controle de insetos**

Para o desenvolvimento de estratégias de manejo que visem a redução no uso de agrotóxicos, é importante conhecer a dinâmica espaço-temporal dos invertebrados em ecossistemas agrícolas (BLACKSHAW e VERNON, 2006), uma vez que as técnicas de AP associadas ao manejo integrado de pragas mostram-se promissoras na redução do custo de produção, bem como na sustentabilidade do agroecossistema da cultura da soja (RIFFEL, 2010).

Com a aplicação localizada de produtos fitossanitários pode-se conseguir reduções de mais de 60% nas quantidades aplicadas. Em relação aos aspectos ambientais, a racionalização e a redução do uso de fertilizantes e agrotóxicos devem ser consideradas como os principais benefícios da adoção da AP (PIRES et al., 2004), como no caso da aplicação localizada de inseticidas baseada em mapas temáticos, que evita a aplicação sem critérios efetuados na agricultura convencional (RIFFEL, 2010).

A aplicação localizada através de sensores é mais facilmente utilizada quando se tem alvos bem distintos, como no caso de pulverizações em videiras, eliminando-se a perda de produto que ocorre pela pulverização entre uma planta e outra, proporcionando uma economia de 58% no volume aplicado (LLORENS et al., 2010).

Testes de aplicação em duas áreas comerciais de algodão em Mississippi, USA, ao longo de três anos demonstraram que a aplicação localizada de agrotóxicos gerou uma economia potencial de 60% da quantidade de produtos utilizados nos programas de controle convencional (MCKINION et al., 2009).

Utilizando técnicas de AP para reduzir o gasto de inseticidas em algodão, Temple (2007) constatou que a sobrevivência dos insetos-praga nas áreas não tratadas ficaram abaixo do nível de dano econômico.

Existe uma indiscutível economia de inseticidas quando se adota o controle localizado, no entanto, esta técnica exige uma amostragem mais detalhada, o que gera um custo maior do que a amostragem convencional. O manejo de insetos em local específico, ainda não é economicamente viável em função do custo de amostragem, no entanto, com o avanço da

pesquisa será possível usufruir dos benefícios potenciais desta tecnologia (KRELL et al., 2003; PARK et al., 2012).

Comparando o controle localizado com o manejo uniforme para *Cerotoma trifurcata* (Forster) em soja, (KRELL et al., 2003) observaram que, na maioria dos casos, a lucratividade foi maior onde o manejo era uniforme, em virtude do custo da amostragem. A redução no número de amostras ou o desenvolvimento de técnicas amostrais mais eficientes, podem reduzir os custos. Métodos mais eficientes podem ser obtidos pela correlação da presença da praga com um atributo do campo identificado de uma fotografia aérea ou imagem de satélite. Outras tecnologias que percebam os insetos remotamente ou atributos de campo associados com a presença de insetos podem diminuir o número de amostras e, conseqüentemente, o custo da amostragem.



### 3 CAPITULO I

## CONTROLE LOCALIZADO DE LAGARTAS NA CULTURA DA SOJA

### RESUMO

O cultivo de soja no Brasil tem crescido em função da sua importância econômica. As lagartas desfolhadoras da soja são consideradas como pragas principais e necessitam ser controladas para evitar danos às plantas. Para isso, são utilizados inseticidas que aumentam o custo de produção, matam inimigos naturais e deixam resíduos tóxicos na soja colhida e no ambiente. Para minimizar os efeitos nocivos dos agrotóxicos, é necessário desenvolver técnicas eficientes que minimizem o seu uso, como a aplicação localizada somente nos focos de infestação. Este trabalho objetivou estudar os efeitos e a viabilidade técnica e econômica da utilização do controle localizado de lagartas da soja, através da determinação da distribuição espacial e temporal, da aplicação localizada de inseticida somente no foco da infestação, da verificação do efeito da aplicação localizada na população de lagartas e da análise econômica desta prática de manejo. Utilizou-se cinco áreas de cultivo de soja em Santa Maria/RS, totalizando 80,79ha, nas safras agrícolas 2010/2011 e 2011/2012. As amostragens foram realizadas semanalmente numa malha amostral de 50m x 50m, utilizando-se o pano de coleta largo (1m x 1,5m) para a amostragem do número de lagartas de *Anticarsia gemmatalis*, *Pseudoplusia includens* e *Spodoptera eridania*. Utilizou-se técnicas de geostatística para o mapeamento da distribuição das lagartas através do programa CR Campeiro 7.0®. Quando uma parte significativa da área atingia o nível estabelecido de 20 lagartas.m<sup>-2</sup>, foram confeccionados os mapas de aplicação, demarcou-se os limites do mapa no terreno, e realizou-se a aplicação localizada de inseticida somente nas áreas que ultrapassaram o nível de controle de lagartas e/ou desfolha maior que 15%. A utilização desta técnica proporcionou uma economia média de 62,43% de inseticida, o que contribuiu para a menor contaminação ambiental e preservação de inimigos naturais nos locais onde existe um equilíbrio biológico. O controle de lagartas pode ser realizado de forma localizada, nos locais onde a população ultrapassa o nível de controle, permitindo a manutenção dos percentuais de desfolha dentro dos níveis recomendados, proporcionando economia em relação ao sistema convencional, mesmo levando em consideração a maior quantidade de mão-de-obra necessária para realizar as amostragens.

Palavras-chave: Agricultura de precisão. Distribuição espacial. Lagartas.

### 3 CHAPTER I

## SITE-SPECIFIC CONTROL OF CATERPILLARS IN SOYBEAN CROP

### ABSTRACT

The soybean crop in Brazil has dramatically increased due to its economic importance. The caterpillars that defoliate soybeans are considered the major pest and therefore should be controlled to prevent losses. For this, insecticides are sprayed but this strategy increases the production costs, damage natural enemies and produces contamination in the environment. Therefore, it is necessary to develop effective techniques in order to minimize the harmful effects of pesticides, such as applying only into localized infestation. This study was designed to investigate the technical and economic feasibility, by using the site-specific control of soybean caterpillars. For this strategy, the temporal and spatial distribution, site-specific control, and the effects of site-specific control on target population as well as the economic viability were taken into account. To achieve this strategy the insecticide was sprayed only into the infestation areas. It was used five soybean crops with 80.79 ha in total, during 2010/2011 and 2011/2012. The sampling procedure was conducted weekly in a square sample plot (50m x 50m) by using the beating cloth method (1m x 1,5m). The number of caterpillars from *Anticarsia gemmatalis*, *Pseudoplusia includens* and *Spodoptera eridania* were recorded. We used geostatistical techniques for mapping the insect's distribution through the program Campeiro 7.0 CR ®. Whenever a significant portion of area reached to the previous defined threshold of 20 caterpillars/m<sup>2</sup>, the maps were drawn and its boundaries were delimited in the plot, finally the site-specific control was preformed only in areas that exceeded the threshold and / or with defoliation greater than 15%. This technique provided to save approximately 62.43% of insecticide, which contributes to reduce environmental pollution and preservation of natural enemies in places where there is a biological equilibrium. The management of caterpillars can be performed using the site-specific strategy when the population exceeds the control threshold with several advantages comparing the conventional approach. This maintains the defoliation within recommended levels. The site-specific control provides economic advantages over the conventional system, even taking into account the greater labor required to perform the sampling.

Keywords: Precision Agriculture. Spatial distribution. Caterpillars.

### 3.1 Introdução

A cultura da soja é uma das *commodities* mais importantes do agronegócio brasileiro. A grande importância comercial se deve a sua utilização para a alimentação humana e animal, além da recente utilização energética como biocombustível.

A busca pelo aumento da produtividade da soja causada pela globalização econômica e pela competitividade de produtos no mercado leva o produtor ao aumento do uso de insumos agrícolas, principalmente agrotóxicos para controlar pragas e doenças que reduzem a produtividade, pondo em risco o meio ambiente.

Dentre os insetos que causam prejuízos à cultura da soja estão as lagartas que consomem a área foliar diminuindo o rendimento de grãos. Para o seu controle são utilizadas quantidades significativas de inseticidas que custam caro, matam inimigos naturais e poluem o meio ambiente.

O manejo integrado de pragas tem sido eficiente na diminuição da utilização de inseticidas, buscando constantemente a melhoria no sistema de manejo da cultura. O controle localizado é uma técnica inovadora que está sendo testada para o manejo de insetos em algumas culturas, a partir da utilização de técnicas de agricultura de precisão para o mapeamento dos insetos e aplicação do inseticida.

Atualmente, o levantamento da população de lagartas é realizado pela média da área, o que é impreciso, pois as lagartas apresentam distribuição agregada, formando “manchas” ou “reboleiras” com maior infestação, enquanto que em outras áreas da lavoura as lagartas não conseguem condições ideais para o seu desenvolvimento e a população permanece em níveis que não são considerados como praga.

Na cultura da soja já foram realizados trabalhos para verificar a distribuição espacial das lagartas mostrando o seu comportamento agregado, o que em tese, permite o controle localizado, mas ainda não existem estudos comprovando a sua eficácia.

Este trabalho teve como objetivo estudar os efeitos e a viabilidade técnica e econômica da utilização do controle localizado de lagartas-da-soja, através da determinação da distribuição espacial e temporal das lagartas, da aplicação de inseticida somente nos focos de ocorrência e verificação do seu efeito na população de lagartas, e da análise econômica desta prática de manejo.

## 3.2 Revisão de literatura

### 3.2.1 Lagartas desfolhadoras da soja

No Brasil, a cultura da soja é atacada principalmente por três espécies de lagartas desfolhadoras, a lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis* Hueb., 1818), as lagartas falsas medeiras (*Pseudoplusia includens* Walker, 1857; *Rachiplusia nu* Guenée, 1852; *Trichoplusia ni* Hübner, 1803), e as spodopteras (*Spodoptera eridiana* Cramer, 1782; *Spodoptera cosmioides* Walker, 1858) (MORAES *et al.*, 1991; CORRÊA-FERREIRA *et al.*, 2010; GUEDES *et al.*, 2010). A lagarta-da-soja tem sido a de maior ocorrência, como observado em levantamento realizado no Rio Grande do Sul (RS), onde representou mais de 50% da população de lagartas (MORAES *et al.*, 1991; GUEDES *et al.*, 2010).

No Brasil, além de *P. includens*, outras espécies de Plusiinae, como *R. nu*, podem ocorrer associadas à *A. gemmatalis* (HOFFMANN-CAMPO *et al.*, 2000). Da mesma forma, em levantamento realizado no RS, foi constatado a ocorrência de duas espécies de Plusiinae: *R. nu* e *P. includens*, sendo a primeira predominante. Por outro lado, em levantamento mais recente, observou-se o predomínio de *P. includens* sobre *R. nu*, além da ocorrência da lagarta-preta (*S. eridania*), representando 20% cada espécie (MORAES *et al.*, 1991).

### 3.2.2 Nível de controle e o controle localizado de lagartas em soja

O manejo considerando a variação populacional dentro do campo requer um conhecimento mais detalhado, que só pode ser obtido por uma amostragem intensiva. As malhas de amostragem de 50m x 50m; 70,71m x 70,71m; 100m x 100m; e 173,21m x 173,21m são apropriadas para caracterizar de forma precisa a distribuição espacial de lagartas-da-soja, sendo que quanto menor a malha amostral maiores são os detalhes da ocorrência do inseto-praga (RIFFEL, 2010).

O controle das lagartas desfolhadoras da soja é recomendado quando a população atingir 20 lagartas grandes (> que 1,5cm) por metro de fileira, ou quando for atingido 30% de desfolha na fase vegetativa e 15% de desfolha na fase reprodutiva (REUNIÃO, 2010).

As lagartas desfolhadoras *A. gemmatalis* e *P. includens* distribuem-se de forma agregada na área, com moderada dependência espacial. O monitoramento georreferenciado de

lagartas na cultura da soja constitui uma alternativa potencial para futuros protocolos de controle de pragas, visando o manejo em sítios específicos e consequente redução nos impactos ambientais, gerados pela atividade agrícola (RIFFEL *et al.*, 2012).

### **3.2.3 Economicidade da utilização do controle localizado de lagartas em soja.**

Normalmente, os surtos de lagartas necessitam ser controlados para evitar prejuízos na produção da soja. O controle é realizado em área total, quando a população, na média da lavoura, atinge o nível de controle (KOGAN *et al.*, 1977; CORRÊA-FERREIRA *et al.*, 2010; REUNIÃO, 2010; VIVAN e DEGRANDE, 2011).

O controle localizado de lagartas em soja visa diminuir a área a ser pulverizada e, consequentemente, a quantidade de inseticida utilizada, como já foi constatado em outras culturas, nas quais proporcionou economia de até 60% nas quantidades aplicadas (KRELL *et al.*, 2003; PIRES *et al.*, 2004; TEMPLE, 2007; MCKINION *et al.*, 2009; LLORENS *et al.*, 2010).

No entanto, a adoção do controle localizado necessita de uma amostragem mais intensiva da área para conhecer a dinâmica espaço-temporal dos insetos (BLACKSHAW e VERNON, 2006), aumentando os custos de mão-de-obra, o que pode inviabilizar economicamente a técnica (KRELL *et al.*, 2003; PARK *et al.*, 2012), mas existem perspectivas de que no futuro seja possível reduzir o custo do controle como um todo, bem como proporcionar sustentabilidade ao agroecossistema da cultura da soja (RIFFEL, 2010).

A redução no número de amostras ou o desenvolvimento de técnicas amostrais mais eficientes, podem reduzir os custos. Métodos mais eficientes podem ser obtidos pela correlação da presença da praga com um atributo do campo identificado de uma fotografia aérea ou imagem de satélite. Outras tecnologias que identifiquem os insetos remotamente ou atributos de campo associados com a presença de insetos podem diminuir o número de amostras e, consequentemente, o custo da amostragem. Os benefícios potenciais desta tecnologia vão muito além da diminuição do custo, permitindo que a pesquisa nesta área continue a avançar (KRELL *et al.*, 2003; PARK *et al.*, 2012).

### 3.3 Material e métodos

#### 3.3.1 Local e período de realização do experimento

Este experimento foi conduzido em cinco áreas de cultivo de soja, totalizando 80,79ha, nas safras agrícolas 2010/2011 e 2011/2012. A área pertence ao Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, localizada na “área nova” do campus da UFSM (Figura 1; Tabela 1).



**Figura 1** - Imagem da área experimental com talhões identificados. Santa Maria, RS. Fonte: Google Earth.

**Tabela 1** - Características das áreas experimentais e da cultura, utilizadas para o manejo localizado de lagartas em soja nas safras 2010/11 e 2011/12. Santa Maria, RS. 2013.

Área	1	2	3	4	5
Coordenadas	29°43'08"S 53°44'13"O	29°43'13"S 53°44'57"O	29°43'21"S 53°45'06"O	29°43'27"S 53°45'21"O	29°43'51"S 53°45'26"O
Área (ha)	11,34	10,13	16,31	27,00	16,01
Nº pontos amostrais	42	41	64	103	61
Cultivares de soja 2010/11	Dom Mário 7.0i	Impacto	BRS 246/ Impacto	Apolo/ Impacto	Potência
Cultivares de soja 2011/12	Potência	Potência	Potência/ Nidera 5909	Coodetec 249 Fundacep 62 RR	Dom Mário 7.0i
Data semeadura 2010/11	01/11	11/11	12/11	10/11	22/11
Data semeadura 2011/12	23/11	09/11	07 e 08/11	12 e 16/11	17 e 18/11
Data Colheita 2010/11	08/04	04/04	06/04	03/04	12/04
Data Colheita 2011/12	26/04	09/04	03 e 09/04	2/4 e 20/4	22/04
Controle de lagartas na safra 2010/11	Localizado	Localizado	Localizado	Área total	Área total
Controle de lagartas na safra 2011/12	-	Localizado	Localizado	Localizado	Localizado

### 3.3.2 Cultivo e manejo das plantas

As áreas utilizadas nos experimentos tiveram no inverno anterior, o cultivo de aveia e azevém, pastejadas por bovinos, ou cultivo de trigo (área 5). A semeadura direta foi feita em linhas distanciadas de 0,50m, objetivando atingir uma população de 300.000 plantas por hectare. A adubação, controle de plantas daninhas e doenças foram realizadas segundo as indicações técnicas para a cultura da soja para a região (REUNIÃO, 2010) sendo aplicado o fertilizante de acordo com os resultados da análise de solo de cada área. Foi necessária a aplicação em área total de 18g/ha de abamectina (Vertimec) para o controle de ácaros nos dois anos de cultivo, sendo que no ano de 2012, foi necessária a aplicação conjunta de 1.440g/ha de glifosato (Roundup), associado com 80g/ha de Clorimurom-etílico (Clorim) para o

controle de ervas daninhas. Estes produtos foram misturados a calda de pulverização juntamente na primeira aplicação de fungicida Azoxystrobin + Ciproconazol (PrioriXtra - 300ml/ha) (30/01 a 02/02/2012) em todas as áreas experimentais.

### 3.3.3 Amostragem das lagartas

Os pontos amostrais foram previamente determinados através da marcação do perímetro de cada área com GPS de posicionamento absoluto (Garmin Etrex) e geração das respectivas malhas de amostragem de 50m x 50m com o auxílio do programa CR Campeiro 7.0® (GIOTTO, 2010). Os pontos da malha foram transferidos para o GPS que foi utilizado para a localização dos pontos no campo, colocando-se em cada ponto uma estaca metálica de 1,5m de altura com uma bandeira de tecido numerado, colado na extremidade superior, para facilitar a visualização do ponto.

As amostragens foram realizadas a cada sete dias, sempre pela manhã, utilizando-se o pano de batida largo (1m x 1,5m) (REUNIÃO, 2010), considerando a fenologia da soja naquele momento, segundo a escala de Ritchie et al. (1982) adaptada por Yorinori (1996). O pano de coleta era colocado sobre o solo da entrelinha e da linha de soja adjacente, e as plantas de uma linha eram sacudidas de maneira que as lagartas caíssem sobre o pano, repetindo-se a operação para cada ponto amostral, e a soma das lagartas coletadas nas duas amostragens foi considerada como o número total para aquele ponto amostral da malha.

A contagem dos insetos foi feita por espécie, anotando-se as quantidades das lagartas de *A. gemmatalis*, *P. includens* e *S. eridania*, separando-se por tamanho maior e menor que 1,5cm.

Paralelamente, foi realizada a estimativa visual de desfolha das plantas em cada ponto amostral, considerando-se as plantas inseridas num raio de cinco metros, atribuindo-se valores de zero a 100% de desfolha de acordo com o percentual médio de área foliar consumida pelos insetos. Adotou-se esta metodologia porque a estimativa da perda de área foliar realizada pela comparação do percentual da folha consumida com a desfolha das plantas na lavoura (PANIZZI *et al.*, 1977) é de difícil relação, pois na planta tem-se muitas folhas e com diferentes proporções de perda de área foliar.



### 3.3.4 Geração de mapas temáticos

A partir dos dados coletados, foram estruturados modelos digitais e gerados mapas temáticos de desfolha, de distribuição de lagartas maiores que 1,5cm e de aplicação, através do programa CR Campeiro 7.0® (GIOTTO, 2010).

Para a estruturação do modelo digital neste programa, o tipo de modelo utilizado foi o de zona de manejo, considerando-se cada fator individualmente, com interpolação dos dados pelo método de krigagem (semivariograma linear), interpolado pela média da malha.

A partir do mapa de distribuição das lagartas maiores que 1,5cm na área e do mapa da desfolha maior que 15%, foi gerado o mapa de aplicação. Estabeleceu-se a cor verde para os locais onde as lagartas ou a desfolha não atingiram os níveis de controle, e as cores vermelho e preto para os locais onde as lagartas e a desfolha ultrapassaram os níveis de controle. A seguir, procedeu-se a união dos mapas de ocorrência de lagartas com o mapa da desfolha da área, formando o mapa de aplicação que contemplou as áreas com mais de 20 lagartas grandes.m<sup>-2</sup> e/ou desfolha maior que 15%.

### 3.3.5 Controle das lagartas

O controle foi realizado de forma localizada nas áreas onde as lagartas atingiram os limites pré-estabelecidos, ou seja, o controle foi realizado onde havia mais de 20 lagartas com mais de 1,5cm em dois metros de fileira (20 lagartas.m<sup>-2</sup>), ou quando a desfolha era superior a 15%. Foi estabelecido um nível de controle para as lagartas da soja diferente do oficialmente recomendado (REUNIÃO, 2010), em virtude de que se trata de um manejo diferenciado, com a utilização de técnicas de agricultura de precisão.

Após a geração do mapa de aplicação, foram identificados no campo os pontos limítrofes da malha no contorno das áreas a serem pulverizadas e não pulverizadas. A marcação foi feita através de um tecido amarrado na extremidade superior da estaca, facilitando a visualização no momento da aplicação do inseticida.

Para a pulverização, foi utilizado um pulverizador acoplado ao sistema hidráulico de um trator, com tanque com capacidade de 600 litros, com cortina de ar, barra de 14 metros dividida em 4 secções com comando elétrico individualizado para cada secção, utilizando pontas de pulverização tipo leque 110 - 015. O pulverizador foi regulado para obter-se a

vazão de 150 litros por hectare de calda, visando atingir o alvo de forma eficiente (MAZIERO, 2006; BONADIMAN, 2008).

Para o controle das lagartas foi utilizado o inseticida Lannate BR (Metomil 215 g/L) na dosagem de 1 litro por hectare, em virtude de sua ação específica sobre lagartas, minimizando o efeito sobre a população de outros insetos e inimigos naturais, e sua ação de choque, não interferindo nas populações seguintes. O conjunto trator + pulverizador foi conduzido pelo operador de forma a cobrir toda a área da lavoura, enquanto que outro operador, também dentro da cabina do trator, de posse do mapa de aplicação impresso e visualizando os pontos limítrofes das áreas a serem pulverizadas na lavoura, fazia a abertura e o fechamento manual do fluxo da calda de pulverização de cada secção da barra do pulverizador de acordo com a necessidade.

A colheita foi realizada com automotriz equipada com sistema de agricultura de precisão, gerando os mapas de colheita das áreas, no entanto, estes mapas não foram utilizados neste trabalho, pois houve a interferência de vários fatores, como presença de ervas daninhas e variações nas características físico-químicas do solo que interferiram significativamente na composição do rendimento da lavoura.

### **3.3.6 Análise do custo do controle de lagartas em soja**

Na análise do custo do controle das lagartas foi levado em consideração o preço do inseticida no mercado local (R\$ 16,00/litro), a quantidade utilizada por área (1 litro/ha) e o custo de mão-de-obra para a realização da amostragem, fazendo uma simulação comparativa entre o controle convencional e o controle localizado.

Para o cálculo do custo da mão-de-obra foi utilizado o valor do salário mínimo regional (R\$ 700,00) mais os encargos (R\$ 319,13) totalizando R\$1.019,13 mensais, considerando-se uma jornada de 8 horas diárias e 44 horas semanais (CONAB, 2010). A partir destes dados, calculou-se o custo por hora trabalhada, que foi de R\$ 5,56.

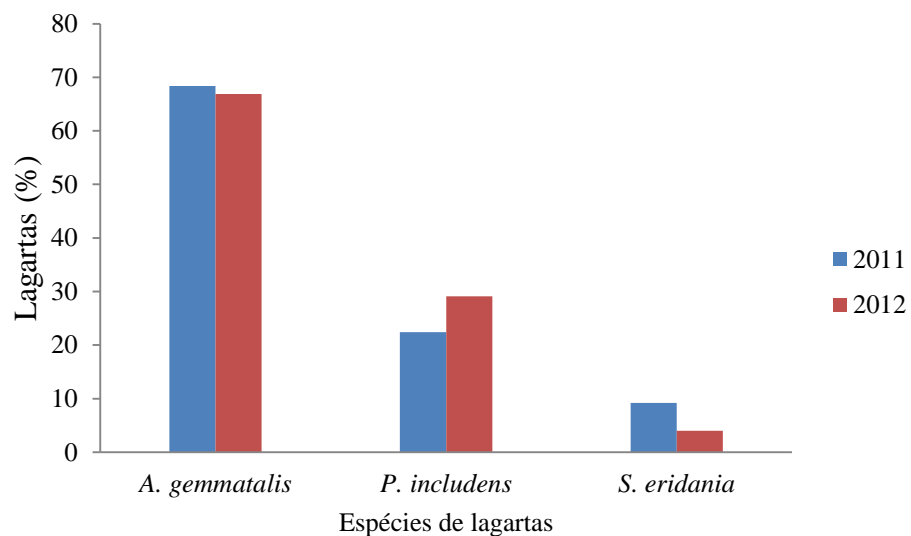
O cálculo do custo da mão-de-obra por área consistiu-se na multiplicação do intervalo de tempo necessário para realizar a amostragem em um ponto, mais o tempo para o deslocamento até o ponto seguinte, que totalizou 10 minutos, e o número de pontos amostrais da área, que foi em número de 8 para a amostragem convencional em todas as áreas (REUNIÃO, 2010) e 42, 41, 64, 103, e 61 respectivamente para as áreas 1, 2, 3, 4, e 5 do

experimento. O tempo necessário para a amostragem em cada ponto foi multiplicado por dois devido à necessidade de duas pessoas para realizar a amostragem.

### 3.4 Resultados e discussão

#### 3.4.1 Composição de espécies e distribuição temporal da população de lagartas

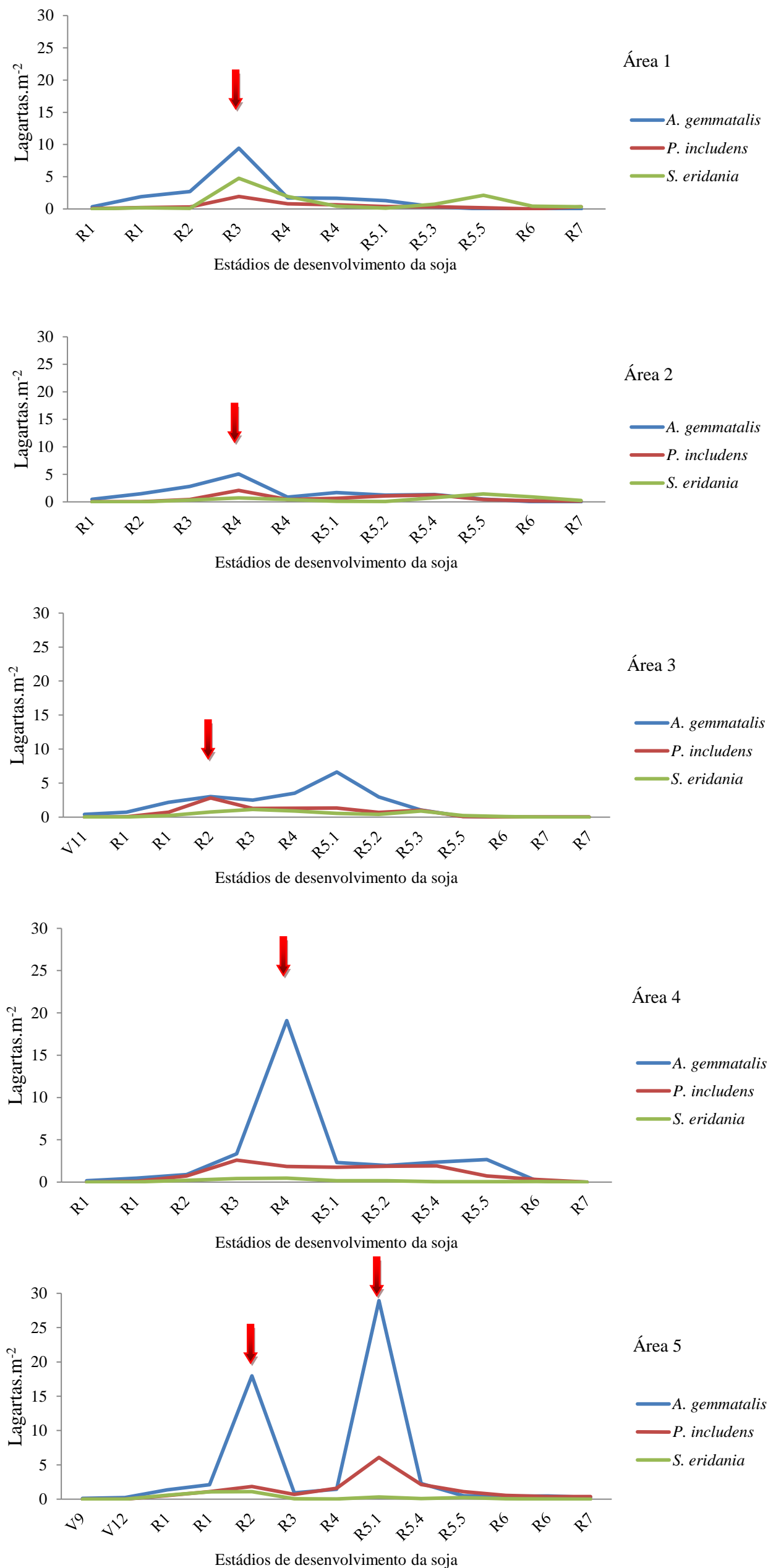
As amostragens realizadas mostraram um predomínio de *A. gemmatalis* sobre *P. includens* e esta sobre *S. eridania*, em todas as áreas experimentais e nos dois anos de cultivo (Figura 2), o que está de acordo com a literatura (MORAES *et al.*, 1991; GUEDES *et al.*, 2010). Esta proporção de espécies é importante para definir os inseticidas e as doses a serem utilizadas, para maior eficácia da estratégia de controle.



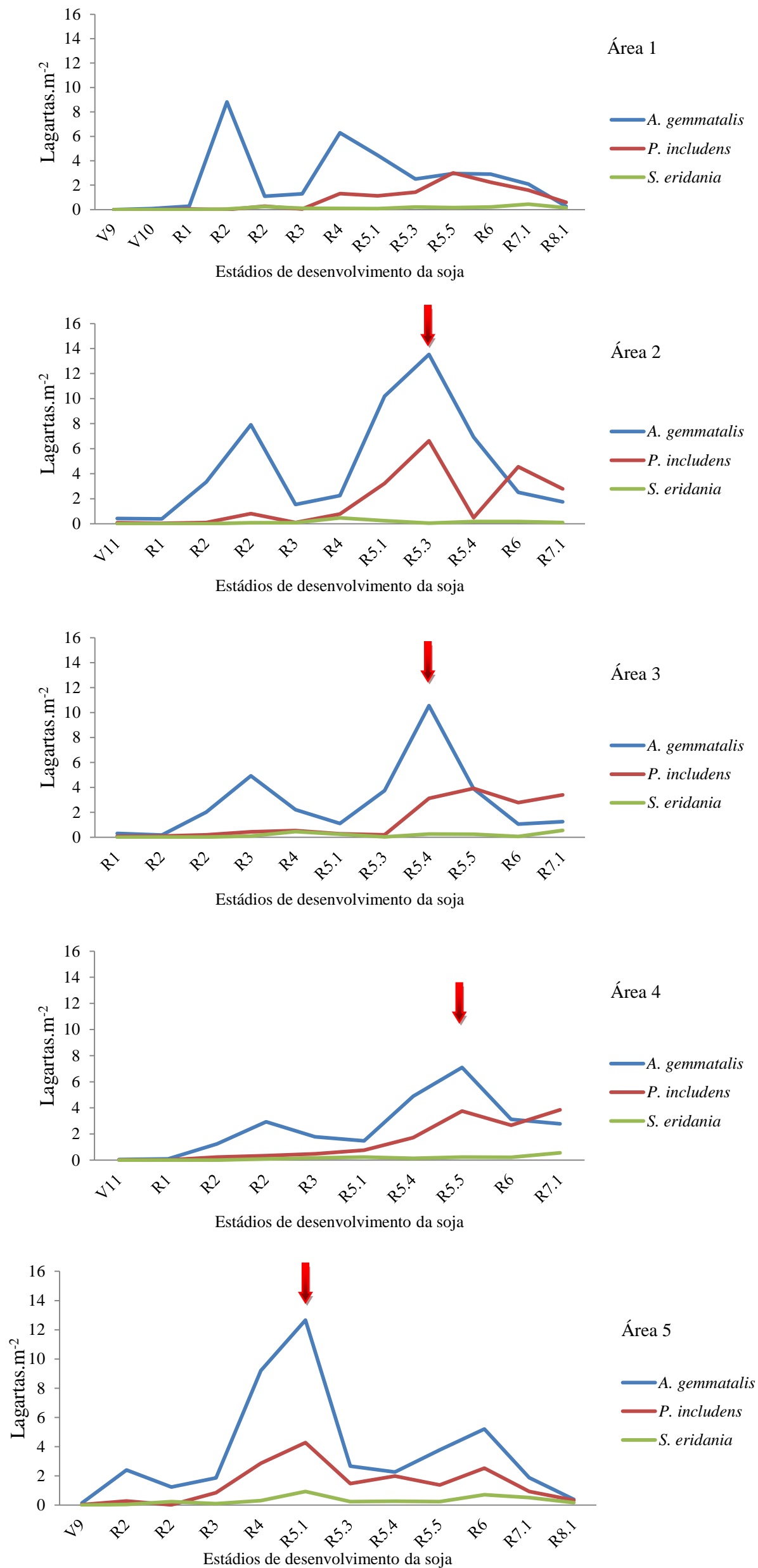
**Figura 2** - Composição percentual de espécies de lagartas em lavouras de soja nas safras 2010/11 e 2011/12. Santa Maria, RS.

No segundo ano de cultivo, o pico populacional de *A. gemmatalis* foi menor e mais tardio em relação ao ano anterior, o que pode ser explicado pela aplicação conjunta do acaricida à base de abamectina, herbicidas à base de glifosato e Clorimurrom-etílico, e fungicida à base de Azoxystrobin + Ciproconazol no período inicial de desenvolvimento das lagartas, o que provocou a morte de parte da população, principalmente de *A. gemmatalis*,

atrasando e diminuindo o seu pico populacional. No caso de *P. includens*, também houve atraso no desenvolvimento das populações, mas mesmo assim, a sua participação foi mais significativa do que no ano anterior (Figuras 3 e 4), o que pode ser atribuído à maior tolerância desta lagarta aos agrotóxicos (GUEDES *et al.*, 2010).



**Figura 3** - Distribuição temporal de espécies de lagartas em lavouras de soja na safra 2010/2011, com controle localizado (Áreas 1, 2 e 3) ou em área total (Áreas 4 e 5). Santa Maria, RS. A seta indica o momento do controle.



**Figura 4** – Distribuição temporal de espécies de lagartas em lavouras de soja na safra 2011/2012, sem controle (Área 1) ou com controle localizado (Áreas 2, 3, 4 e 5). Santa Maria, RS. A seta indica o momento do controle.

A distribuição espacial das lagartas foi desuniforme em todas as áreas, com picos de populações em alguns pontos, permitindo o controle somente nos locais onde a quantidade de lagartas ultrapassou o nível de controle estabelecido.

### **3.4.2 Comportamento das populações de lagartas submetidas ao controle localizado**

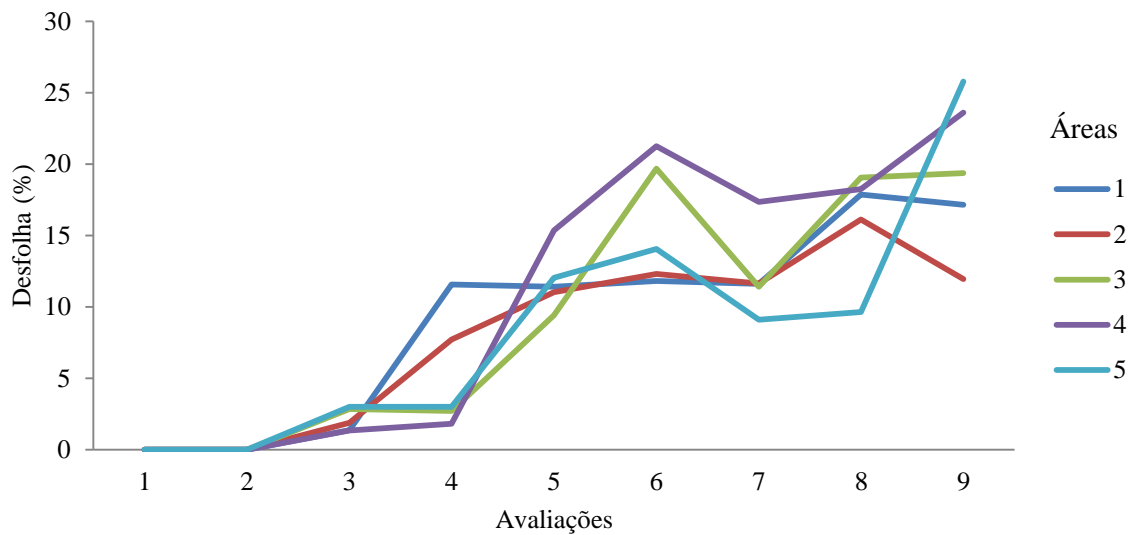
Nas amostragens seguintes à aplicação localizada de inseticida para o controle das lagartas da soja, o comportamento das populações dos locais onde foi aplicado e onde não houve necessidade de aplicação, foi semelhante, sempre tendendo para a diminuição do número de lagartas. Os eventos naturais da biologia da praga e/ou a presença de pássaros, aranhas, formigas e a ocorrência do fungo *Nomurea rileyi* (Farlow) Samson são, possivelmente, os fatores que mais contribuíram para que a população de lagartas se mantivesse baixa nos locais onde não houve a aplicação de inseticida (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000; AMARAL et al., 2007).

Durante as amostragens foi observado a presença de pássaros consumindo lagartas na lavoura, o que auxilia no controle biológico (AMARAL et al., 2007). Também houve contribuição expressiva de aranhas habitando o ecossistema da soja, sendo que todas as espécies podem ser consideradas como predadoras (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000). Da mesma forma, foi registrada a presença de formigas do gênero *Solenopsis*, que se alimentam de lagartas em estágio inicial de desenvolvimento. O fungo *Nomurea rileyi* foi observado nas avaliações, principalmente na safra 2010/2011 quando as condições climáticas eram favoráveis, fruto de chuvas regulares que ocorreram (HOFFMANN et al., 1979).

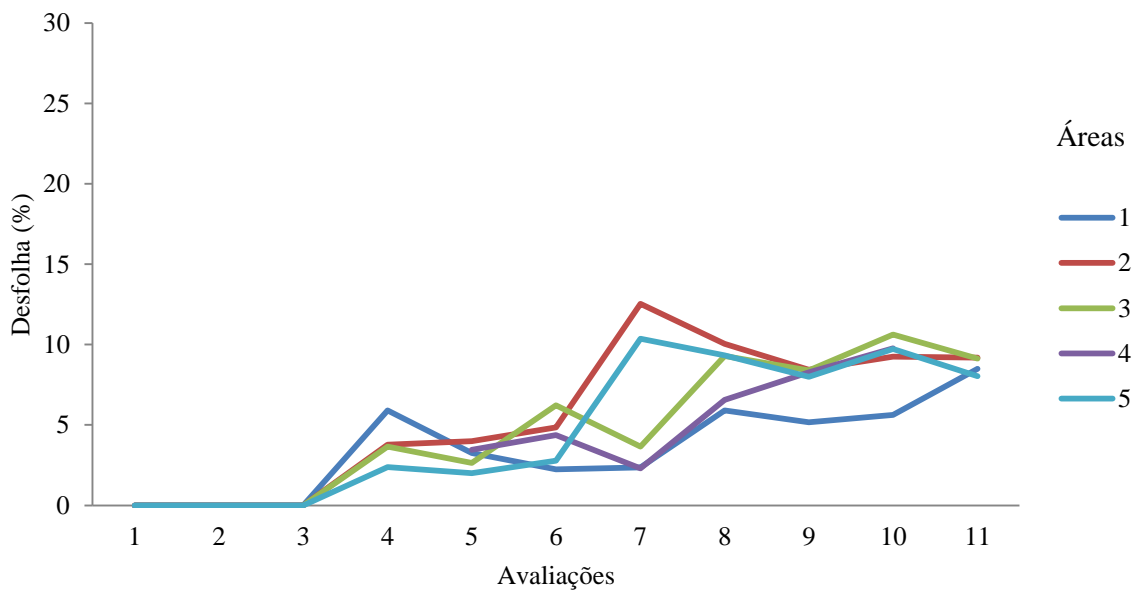
### **3.4.3 Níveis de desfolha**

A desfolha causada pelas lagartas ultrapassou o nível de controle (15% de desfolha) na safra 2010/2011 em todas as áreas experimentais, ocasionando a aplicação de inseticida em locais onde as lagartas não haviam atingido o nível de controle estabelecido (20 lagartas maiores que 1,5cm). A desfolha manteve-se em níveis inferiores a 25% (Figura 5). Na safra 2011/2012, a desfolha manteve-se sempre abaixo do nível de controle em todas as áreas e durante todo o período de desenvolvimento da cultura (Figura 6). Comparando-se a desfolha das lavouras onde o controle das lagartas foi em área total com o controle localizado, pode-se

observar que não houve acréscimo dos níveis de desfolha em função do controle localizado (Figura 7). Os índices de desfolha resultam da relação foliar da soja e da densidade, espécie e idade das lagartas da soja, permitindo muitas variações no espaço e no tempo, especialmente entre anos diferentes.

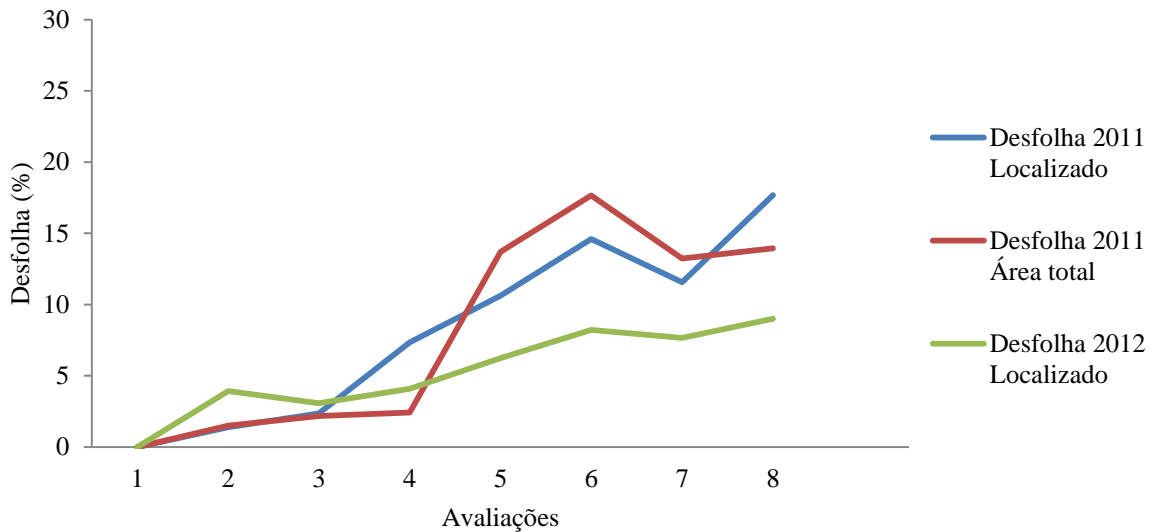


**Figura 5** - Percentual de desfolha observado durante as amostragens em cinco lavouras de soja na safra 2010/11. Santa Maria, RS.



**Figura 6** - Percentual de desfolha observado durante as amostragens em cinco lavouras de soja na safra 2011/12. Santa Maria, RS.





**Figura 7** - Percentual médio de desfolha em lavouras de soja nas safras 2010/11 e 2011/12, submetidas ao controle de lagartas em área total ou controle localizado. Santa Maria, RS.

Na safra 2011/12 a desfolha média das lavouras foi nitidamente menor que na safra anterior, refletindo a menor ocorrência de lagartas registrada.

#### 3.4.4 Efeito do controle localizado sobre a população de lagartas na safra 2010/2011

Na safra 2010/2011 realizou-se a aplicação localizada de inseticida somente em três das cinco lavouras do trabalho, em virtude da ocorrência simultânea das lagartas em todas as áreas, necessitando de controle imediato. A forma manual como foi realizada a demarcação das áreas limítrofes, o tempo gasto com a aplicação localizada, somando-se a isso, a coincidência com a primeira aplicação de fungicida e acaricida, acarretou uma grande demanda de pulverização num curto espaço de tempo, não se conseguindo atender a todas as áreas.

Após a aplicação localizada de inseticida observou-se, de maneira geral, a diminuição efetiva do número de lagartas nos pontos onde foi realizado o controle, e uma diminuição progressiva do número de lagartas nos pontos onde não foi realizado o controle. Com o controle localizado foi possível retomar o equilíbrio da população de lagartas na área, permanecendo abaixo do nível de dano econômico, e de desfolha da soja.

Na área 1, a população de lagartas atingiu o nível de controle (20 lagartas.m<sup>-2</sup>) no estágio R3 (dia 24/1), juntamente com índices de desfolha que ultrapassaram os limites estabelecidos (Figura 8a;b, respectivamente). A partir do mapa de aplicação (Figura 8c), realizou-se a pulverização localizada abrangendo 49,6% da área total. Na amostragem seguinte, foi possível observar que apenas em um ponto, o número de lagartas foi maior que o nível de controle estabelecido, sendo que nas avaliações seguintes o número de lagartas manteve-se abaixo do nível de controle e numericamente diminuindo até o final do ciclo da cultura (Figura 9).

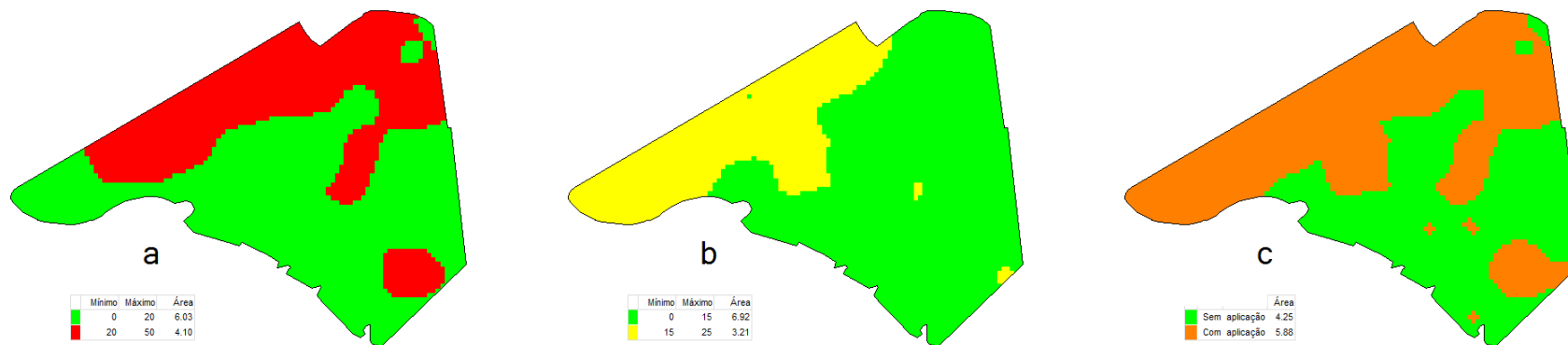


**Figura 8** - Mapas de ocorrência de lagartas (a), desfolha (b) e de aplicação de inseticida (c) para o controle de lagartas na área 1 em 24/01/2011 no estádio R3. Santa Maria/RS.



**Figura 9** - Ocorrência e localização de lagartas na cultura da soja na área n° 1, em 11 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2010/2011.

Observando-se a ocorrência de lagartas na área 2, pode-se constatar que no estágio R4 (dia 24/1) as lagartas ultrapassaram o nível de controle em 40,5% da área (Figuras 10a; 11), e a desfolha nas plantas de soja superou o limite estabelecido em 31,7% da área (Figura 10b), exigindo a aplicação localizada de inseticida nestes locais através do mapa de aplicação (Figura 10c), que compreendeu 58% da área. Nas amostragens seguintes, a população de lagartas manteve-se abaixo do nível de controle até o final do ciclo da cultura (Figura 11).



**Figura 10** - Mapa de ocorrência de lagartas (a), desfolha (b), e de aplicação de inseticida (c) para o controle localizado de lagartas na área 2 em 24/01/2011 no estádio R4. Santa Maria/RS.

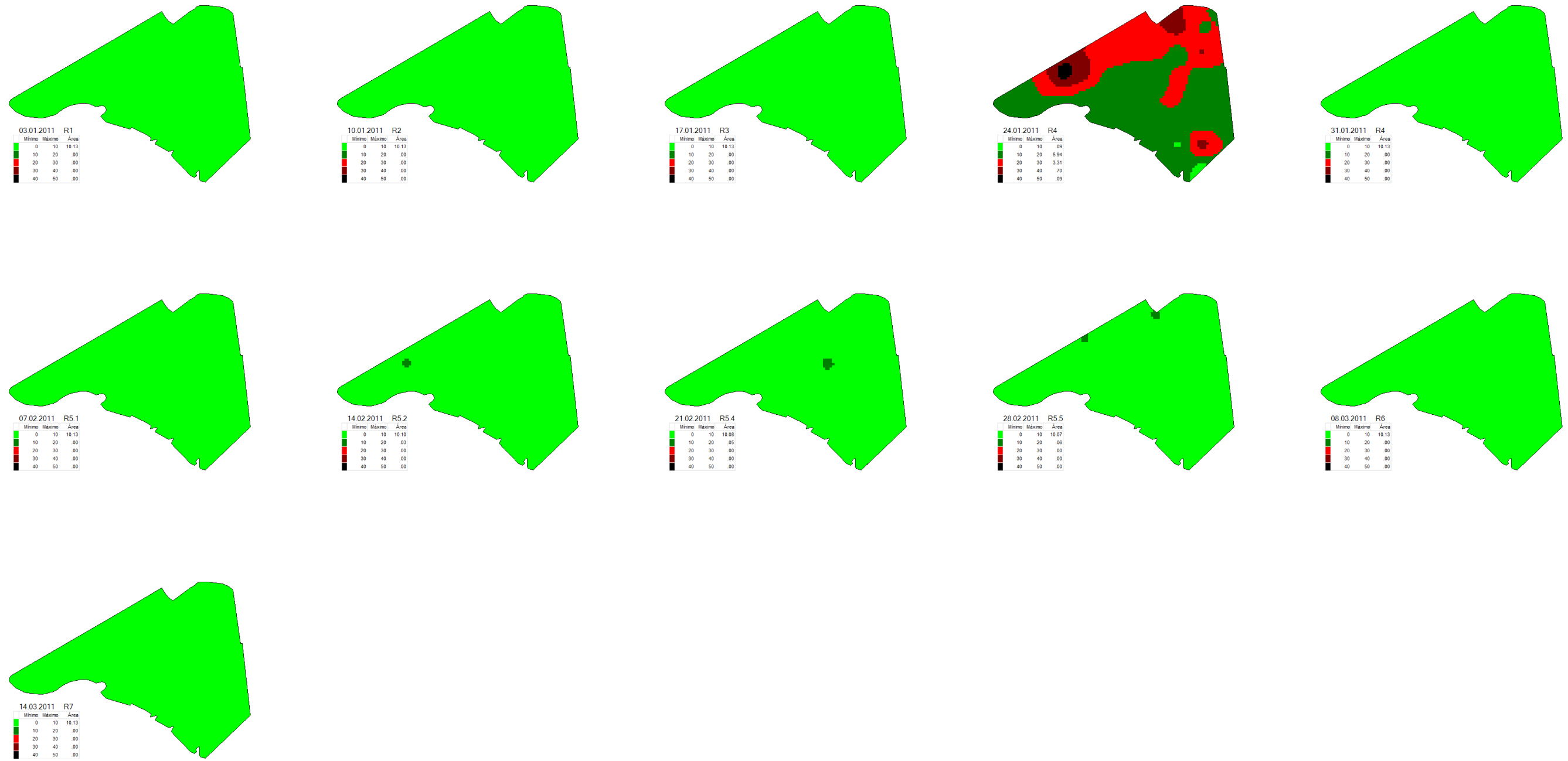
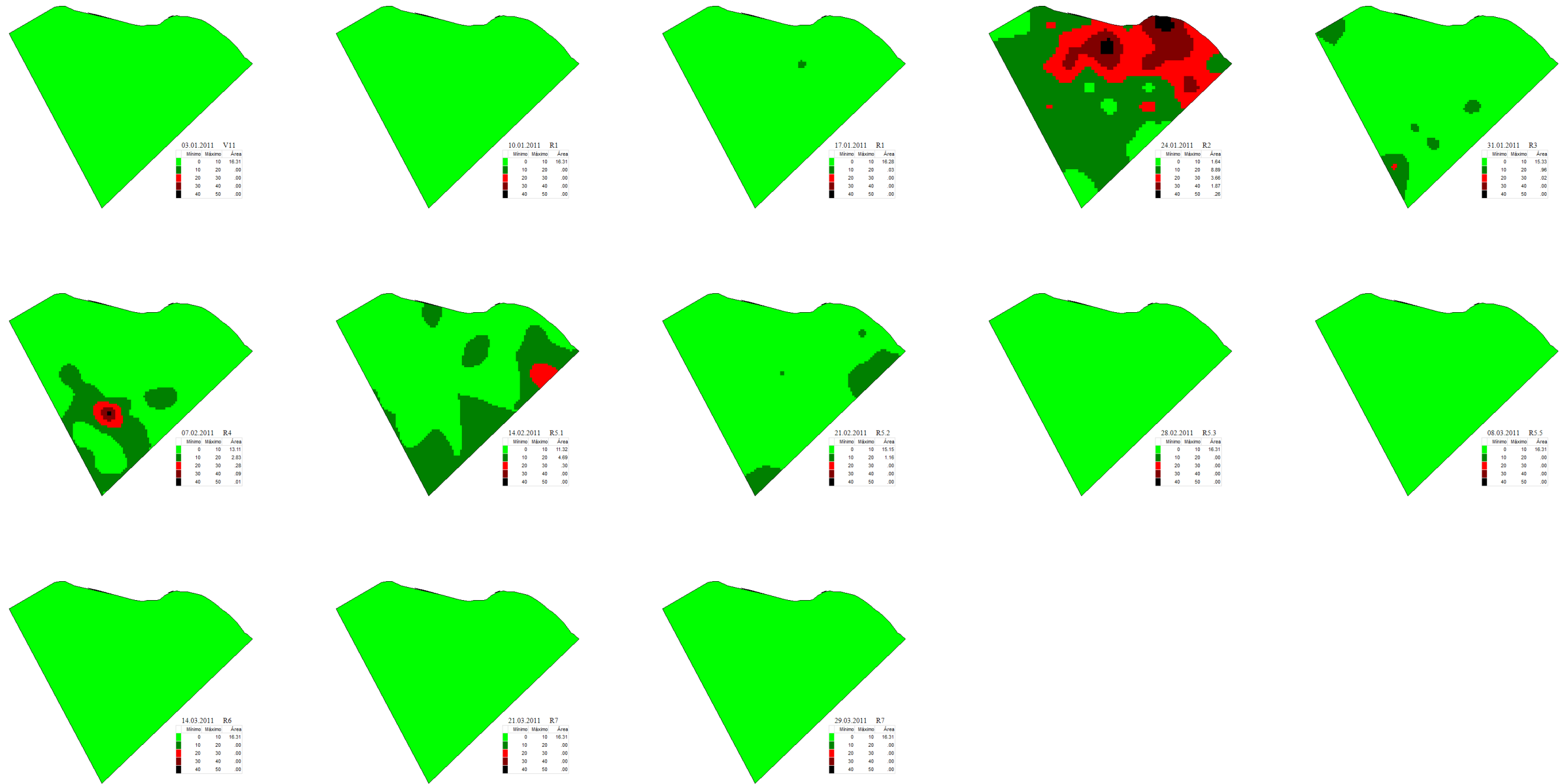


Figura 11 - Ocorrência e localização de lagartas na cultura da soja na área n° 2, em 11 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2010/2011.

Na área 3 a população de lagartas atingiu o nível de controle em 35,4% da área no estádio R2 (dia 24/1), quando então foi realizada a aplicação localizada de inseticida. Nas amostragens realizadas posteriormente, observou-se alguns pontos restritos de presença de lagartas em quantidades acima do nível de controle, mas sem necessidade de intervenção, pois a área abrangida era pequena e nos demais pontos a população manteve-se em níveis que não traziam riscos para a cultura (Figura 12).

Comparando as três áreas quanto a população de lagartas e a desfolha, constata-se que os locais críticos nem sempre são coincidentes, e desse modo é possível afirmar que os dois critérios devem estar integrados para iniciar o manejo, como forma de proteger a produção.

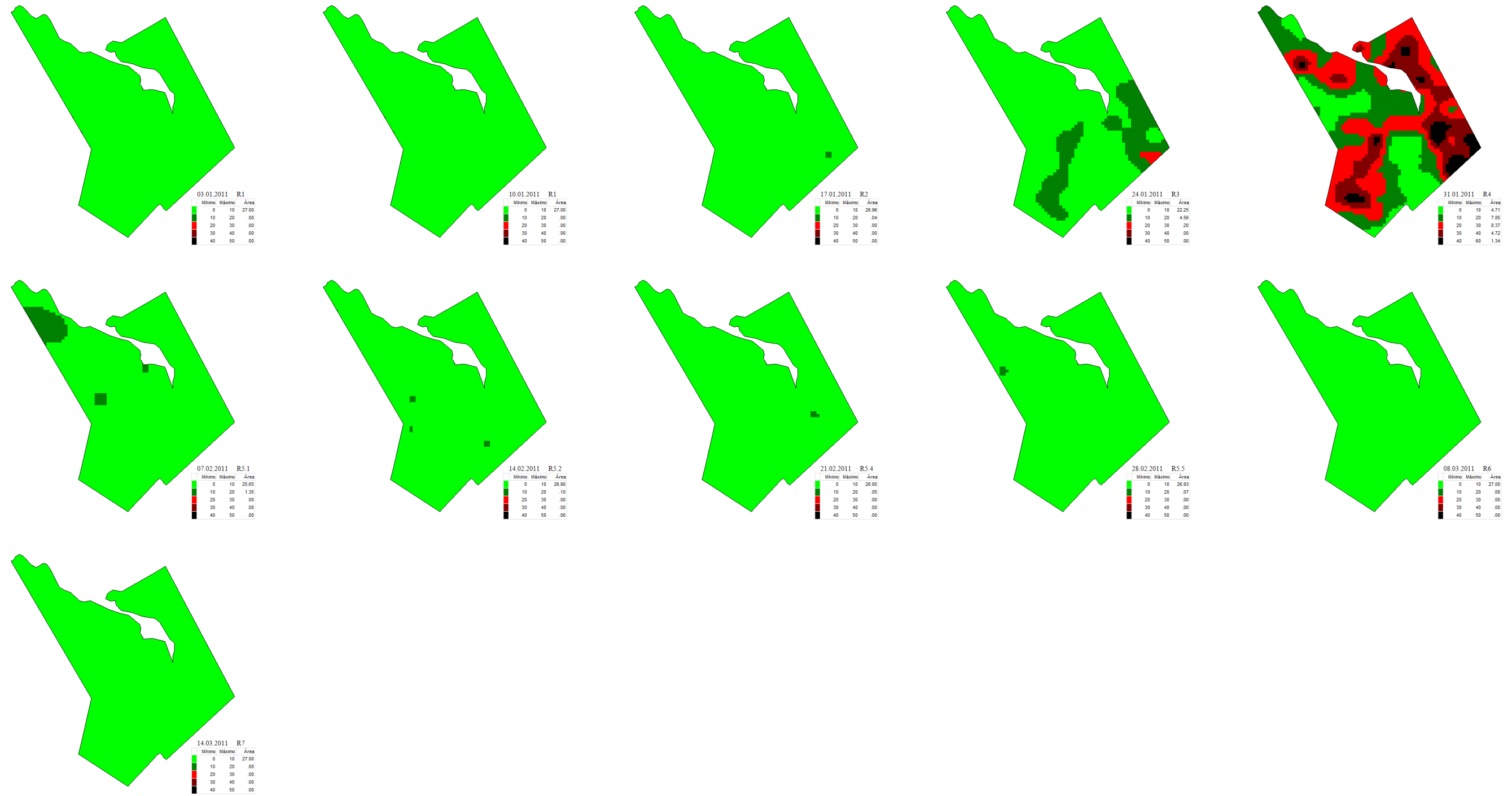




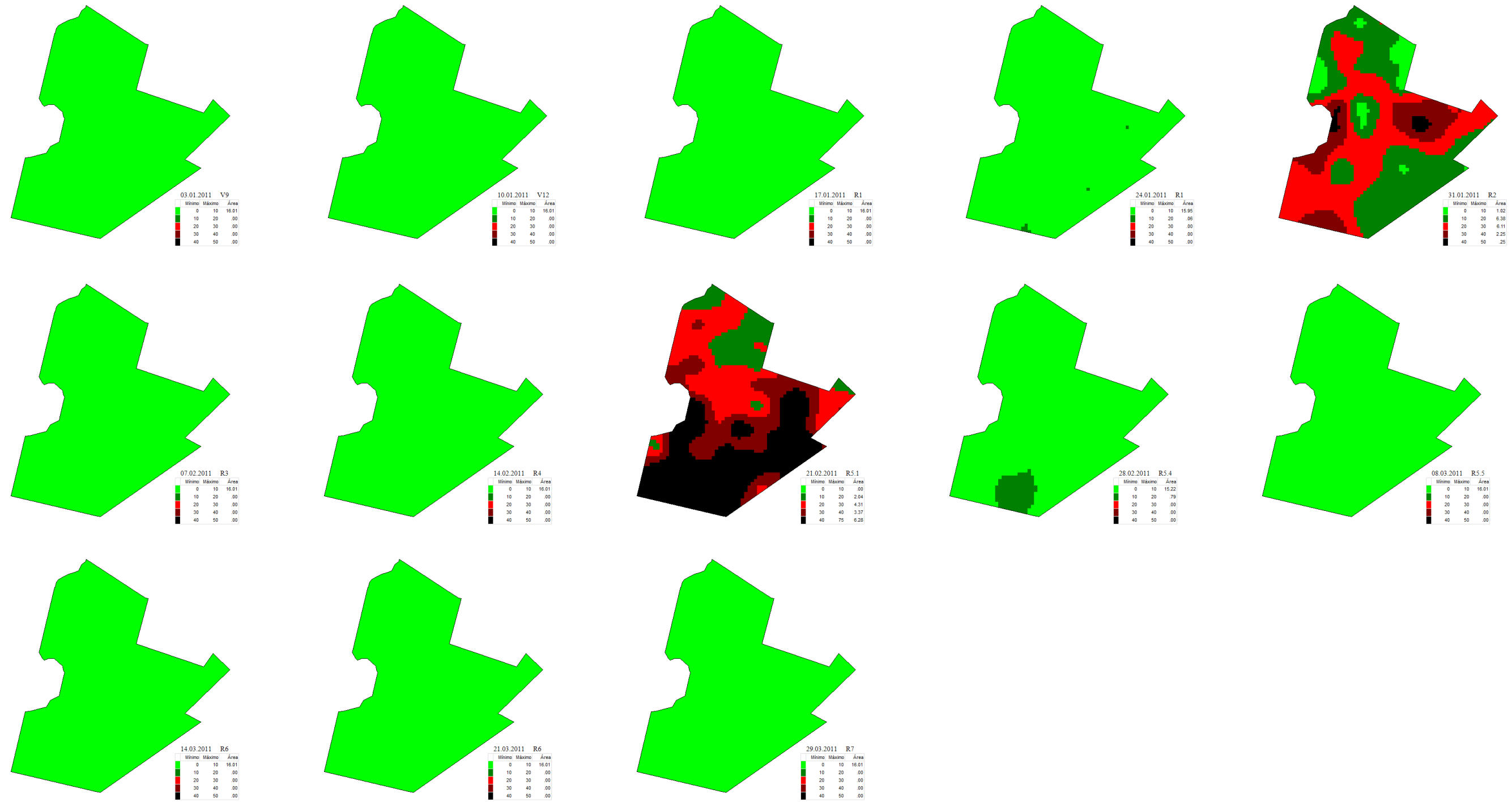
**Figura 12** - Ocorrência e localização de lagartas na cultura da soja na área n° 3, em 14 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2010/2011.

### **3.4.5 Efeito do controle em área total sobre a população de lagartas na safra 2010/2011**

Nas áreas 4 (Figura 13) e 5 (Figura 14), em 31 de janeiro, o nível de controle foi atingido em 53,1% e 54,5% das áreas e nos estádios R4 e R2, respectivamente, fazendo-se a aplicação de inseticida para o controle das lagartas em área total devido à sua ocorrência ser simultânea em toda a área experimental, não havendo tempo disponível para fazer a aplicação localizada. Em ambas as lavouras, após a aplicação houve um decréscimo na população de lagartas. No entanto, na área 5 houve um novo surto de lagartas 21 dias após o controle (estádio R5.1), ultrapassando o nível de controle em 87,8% da área. Realizou-se novamente a aplicação do inseticida em área total, observando-se a queda do número de lagartas até o final do ciclo da cultura.



**Figura 13** - Ocorrência e localização de lagartas na cultura da soja na área N° 4, em 11 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2010/2011.



**Figura 14** - Ocorrência e localização de lagartas na cultura da soja na área n° 5, em 13 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2010/2011.

### 3.4.6 Efeito do controle localizado sobre a população de lagartas na safra 2011/2012

A ocorrência de ácaros e ervas daninhas exigiu a aplicação de acaricida e herbicidas juntamente com a primeira aplicação de fungicida no período de 30 de janeiro a 02 de fevereiro em todas as áreas experimentais. Esta aplicação acarretou uma diminuição significativa na população de lagartas que estava em crescimento, retardando o pico populacional e, conseqüentemente, o controle localizado.

Na área 1, a população de lagartas atingiu o nível de controle (20 lagartas/m<sup>2</sup>) em alguns pontos, na amostragem de 31 de janeiro (estádio R1), quando então foi realizada a aplicação para o controle de ácaros, ervas daninhas e doenças, causando uma redução na população, que voltou a crescer três semanas após, no entanto, não atingiu o nível de controle, mantendo em níveis baixos até o final do ciclo, não necessitando de aplicação de inseticida para o controle das lagartas (Figura 15).

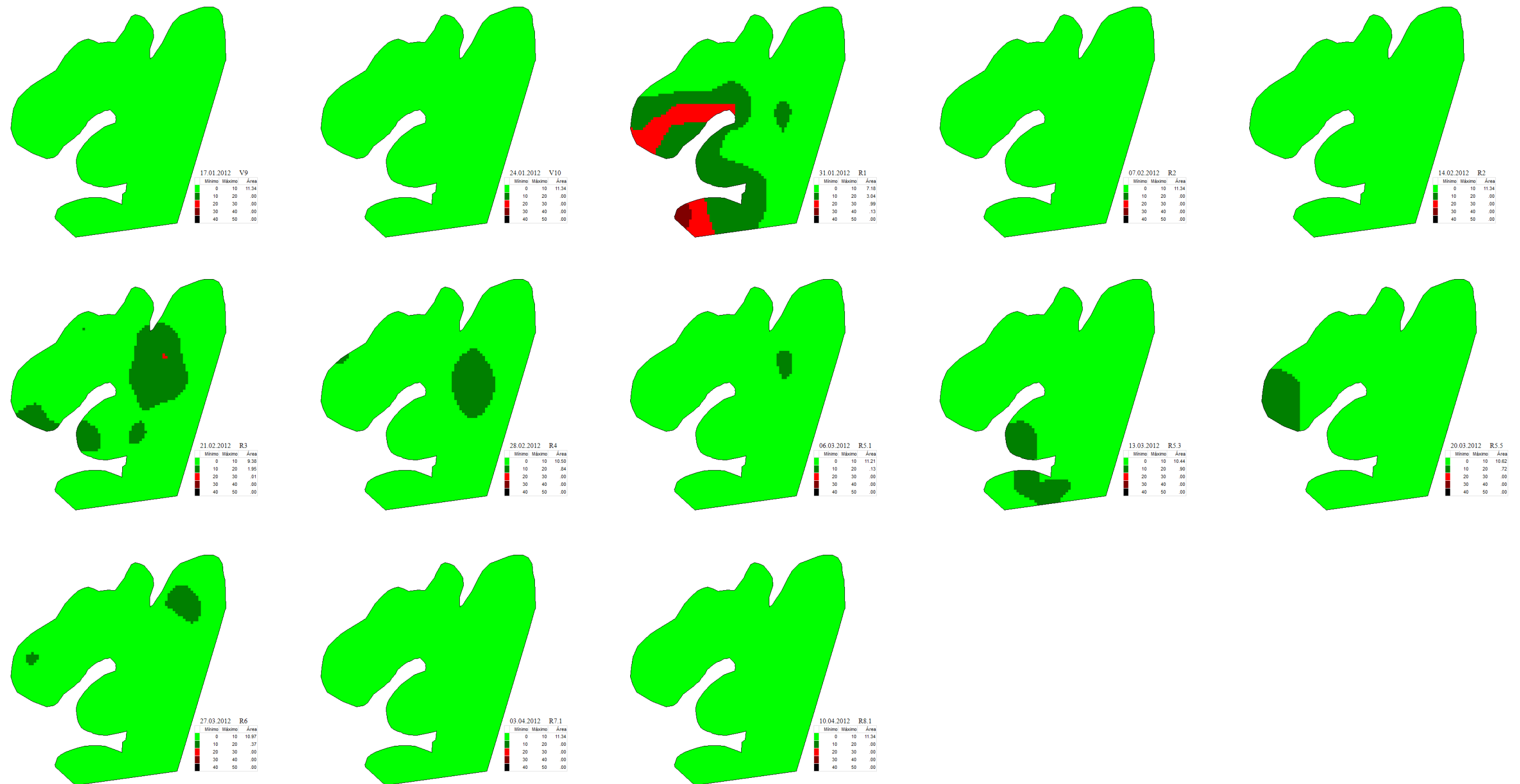
Em 27 de fevereiro o nível de controle foi atingido na área 2 quando a cultura estava em R 5.3. Foi realizada a aplicação localizada de inseticida em 52,6% da área, causando uma redução na população de lagartas que se manteve abaixo do nível de controle até o final do ciclo da cultura (Figura 16).

De forma semelhante, na área 3, o nível de controle foi atingido em 28 de fevereiro quando a cultura estava no estágio R5.4. Foi realizada a aplicação localizada de inseticida em 25,9% da área, causando uma redução na população de lagartas que se manteve abaixo do nível de controle até o final do ciclo da cultura, exceto em três pontos na amostragem seguinte à aplicação (Figura 17).

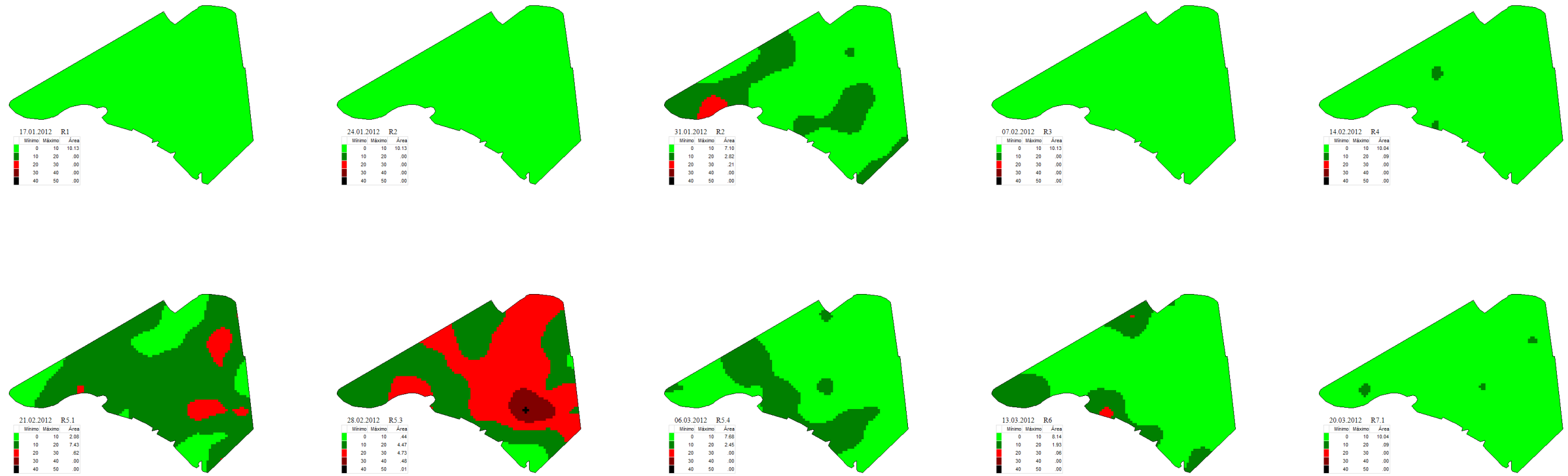
Na área 4, o nível de controle foi atingido em 28 de fevereiro quando a cultura estava no estágio R5.5. Foi realizada a aplicação localizada de inseticida em 6,3% da área, causando uma redução na população de lagartas que se manteve abaixo do nível de controle até o final do ciclo da cultura (Figura 18).

Na área 5, o nível de controle foi atingido em 28 de fevereiro quando a cultura estava no estágio R5.1. Foi realizada a aplicação localizada de inseticida em 35,2% da área, causando uma redução na população de lagartas que se manteve abaixo do nível de controle até o final do ciclo da cultura (Figura 19).

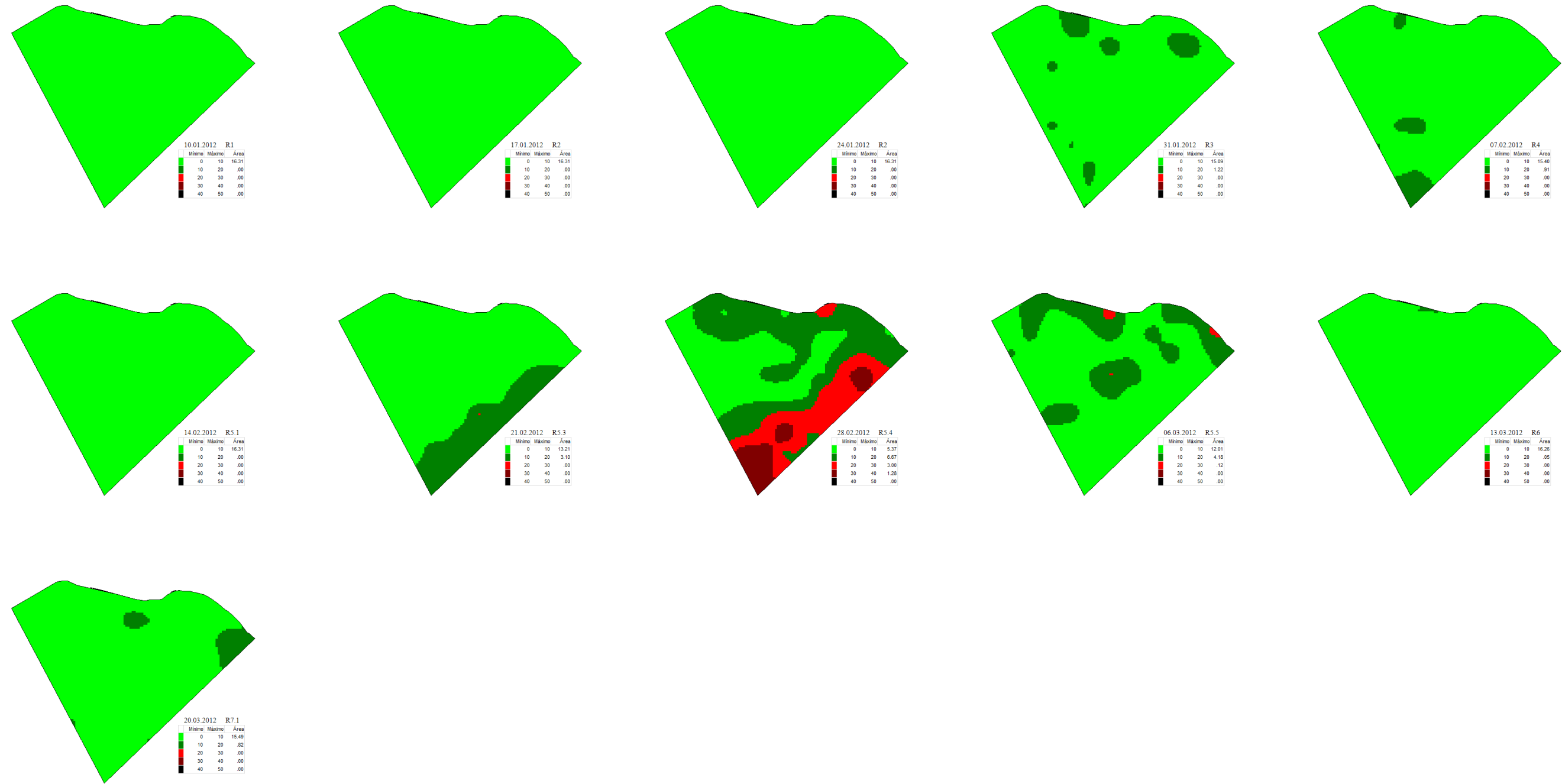
Os resultados obtidos mostram que o sistema de amostragem foi eficiente, detectando corretamente a variação espacial das lagartas desfolhadoras da soja, obtendo-se sucesso na utilização do controle localizado.



**Figura 15** - Ocorrência e localização de lagartas na cultura da soja na área n° 1, em 14 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2011/2012.

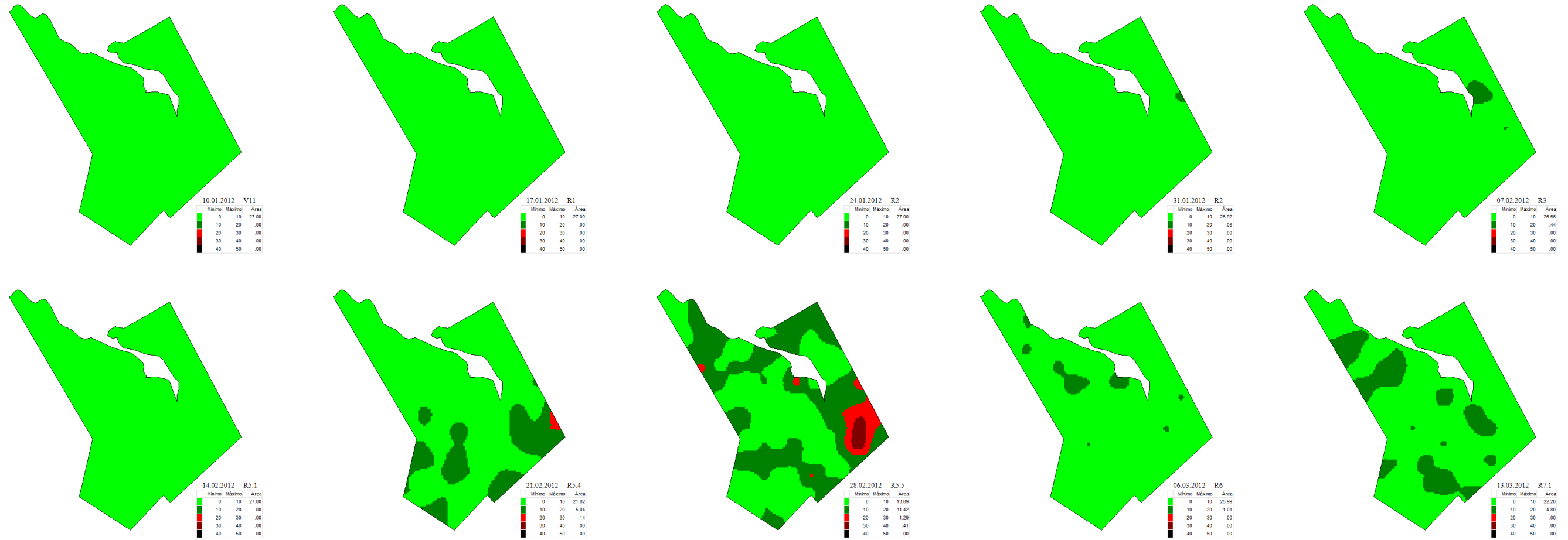


**Figura 16** - Ocorrência e localização de lagartas na cultura da soja na área nº 2, em 10 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2011/2012.

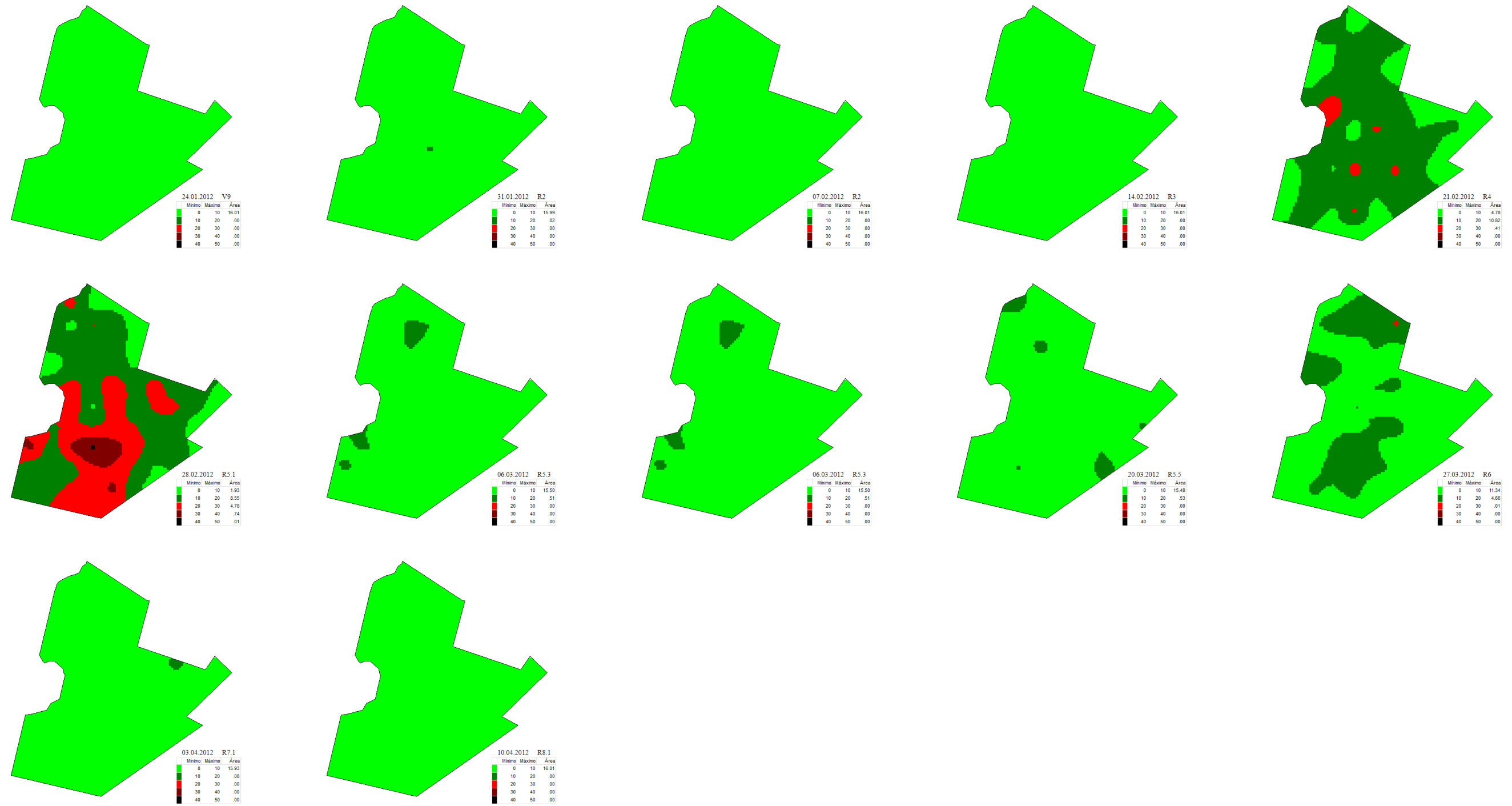


**Figura 17** - Ocorrência e localização de lagartas na cultura da soja na área n° 3, em 11 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2011/2012.





**Figura 18** - Ocorrência e localização de lagartas na cultura da soja na área n° 4, em 10 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2011/2012.



**Figura 19** - Ocorrência e localização de lagartas na cultura da soja na área n° 5, em 12 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2011/2012.

### **3.4.7 Análise do custo/benefício da utilização do controle localizado de lagartas em soja.**

Com a utilização do controle localizado de lagartas em soja nas duas safras e nas cinco áreas de cultivo, obteve-se a aplicação média de inseticida em 38,8% da área, gerando uma economia média de 61,2% na quantidade de produto aplicado. O custo da operação de aplicação não foi alterado, pois embora a aplicação fosse localizada, o conjunto trator + pulverizador teve que percorrer toda a área.

No que se refere a mão-de-obra, na aplicação localizada tem-se uma exigência maior, pois a amostragem deve ser mais densa que a amostragem convencional. O custo de pessoal para a amostragem foi calculado considerando-se dois trabalhadores para fazer a atividade, ocupando 10 minutos em cada ponto amostral, o que custou R\$ 1,85 por ponto.

O número de amostras necessárias numa avaliação convencional é de 8 em áreas de 11 a 30 hectares (REUNIÃO, 2010), como é o caso das lavouras do presente trabalho, gerando um custo de R\$14,83 por área.

Para a aplicação localizada, foram necessárias, em média, 59,53 amostras por área, ou seja, 7,4 vezes mais, custando em média R\$ 109,94 por área, no entanto, existe a possibilidade de diminuição do número de amostras visto que o alcance mínimo obtido foi de 150m, ou seja, três vezes maior do que a malha de 50m x 50m adotada nesse trabalho. A malha de 100m x 100m é considerada adequada para caracterizar a distribuição espacial de lagartas na cultura da soja (RIFFEL *et al.*, 2012), o que diminuiria em 75% o número de pontos amostrais, e conseqüentemente, a mão-de-obra necessária.

O custo médio com o inseticida nas áreas submetidas ao controle localizado de lagartas foi de 31,7% do custo do controle em área total. O custo da mão-de-obra é maior quando se utiliza o controle localizado das lagartas, porém com a economia de inseticida que proporciona, o resultado é positivo, gerando economia para o produtor (Tabela 2). Estes resultados divergem de outros estudos (KRELL *et al.*, 2003; PARK *et al.*, 2012) pois cada trabalho foi realizado em situações distintas em relação a formação do custo, dado as particularidades no custo da amostragem e do produto utilizado.

**Tabela 2** - Comparação dos custos observados no controle localizado em relação ao controle convencional de lagartas em cinco áreas de cultivo de soja. Safras 2010/2011 e 2011/2012.

Área experimental	Controle convencional					Controle localizado safra 2010/2011			Controle localizado safra 2011/2012			
	1	2	3	4	5	1	2	3	2	3	4	5
Área (ha)	11,34	10,13	16,31	27,00	16,01	11,34	10,13	16,31	10,13	16,31	27,00	16,01
Nº de pontos amostrais	42	41	64	103	61	42	41	64	41	64	103	61
Custo amostragem (R\$/área)	14,83	14,83	14,83	14,83	14,83	77,84	75,97	118,61	75,97	118,61	190,89	113,05
Custo inseticida (R\$/área)	180,96	162,08	260,96	432,00	256,16	89,99	94,01	92,48	83,36	68,48	27,04	88,48
Custo total/área (R\$/área)	195,79	176,91	275,79	446,83	270,99	167,83	169,98	211,09	159,33	187,09	217,93	201,53
Custo médio/área (R\$/ha)	17,27	17,46	16,91	16,55	16,93	14,80	16,78	12,94	15,73	11,47	8,07	12,59
Custo médio (R\$/ha)	17,02					14,84			11,96			

No segundo ano de cultivo, houve uma diminuição no custo médio do controle localizado por hectare, motivado pela menor área de ocorrência de lagartas acima do nível de controle, o que refletiu-se na menor quantidade de inseticida utilizado. A intensidade de ocorrência de lagartas em soja é variável a cada ano, devido aos inúmeros fatores ambientais que influenciam o seu ciclo biológico (MORAES *et al.*, 1991).

Além de ser economicamente viável, o controle localizado de lagartas em soja traz benefícios indiretos com a diminuição da contaminação ambiental, preservação dos inimigos naturais nas áreas onde existe equilíbrio biológico e diminuição da possibilidade de manifestação de resistência das lagartas aos inseticidas.

Outro fator relevante é a importância social da diminuição no uso de agrotóxicos, pela diminuição nos casos de intoxicação em seres humanos, seja pela menor exposição direta ou pelo menor consumo nos alimentos, contribuindo assim com a saúde pública.

### 3.5 Conclusões

- A malha amostral de 50m x 50m mostrou-se adequada para caracterizar a distribuição espacial de *A. gemmatalis*, *P. includens* e *S. eridania* na cultura da soja.
- O controle de *A. gemmatalis*, *P. includens* e *S. eridania* em lavouras de soja pode ser realizado de forma localizada, nos locais onde a população ultrapassa o nível de controle.
- O controle localizado de *A. gemmatalis*, *P. includens* e *S. eridania* em soja reduz a aplicação de inseticidas em relação ao controle em área total.
- O controle localizado de *A. gemmatalis*, *P. includens* e *S. eridania* em soja permite a manutenção de percentuais de desfolha dentro dos níveis recomendados.
- A economia de inseticida proporcionada pelo controle localizado de *A. gemmatalis*, *P. includens* e *S. eridania* cobre o custo adicional de mão-de-obra necessária para a amostragem.

## 4 CAPITULO II

# CONTROLE LOCALIZADO DE PERCEVEJOS NA CULTURA DA SOJA

### RESUMO

A soja é uma das principais culturas produtoras de grãos, cuja produtividade pode ser afetada pelo ataque de percevejos, que causam danos diretamente nos grãos. Para evitar perdas na produção, as lavouras são pulverizadas com inseticidas, porém o custo é alto, causam poluição ambiental e morte de inimigos naturais. Para diminuir estes efeitos nocivos, existe a necessidade de desenvolver tecnologias para manter estes insetos sob controle com a mínima utilização de agrotóxicos. Este trabalho objetivou estudar os efeitos e a viabilidade técnica e econômica da utilização do controle localizado de percevejos em soja, através da determinação da distribuição espacial e temporal, do controle localizado, e da verificação do efeito do controle localizado na população de percevejos. Utilizou-se cinco áreas de cultivo de soja, totalizando 80,79ha, em Santa Maria/RS, nas safras agrícolas 2010/2011 e 2011/2012. As amostragens foram realizadas semanalmente numa malha amostral de 50m x 50m, utilizando-se o pano de coleta largo (1m x 1,5m) para a amostragem do número de percevejos *Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii*, *Euchistus heros*, *Dichelops furcatus* e *Edessa meditabunda*. Técnicas de geoestatística foram utilizadas para o mapeamento da distribuição das lagartas através do programa CR Campeiro 7.0®. Quando uma parte significativa da área atingia o nível estabelecido de 2 percevejos.m<sup>-2</sup>, foram confeccionados os mapas de aplicação, demarcou-se os limites do mapa no campo, e realizou-se a aplicação do inseticida somente nos locais que ultrapassaram o nível de controle. O controle localizado de percevejos em soja reduz a população, mas permite a reinfestação acima do nível de controle na área. São necessários mais estudos para aprimorar a técnica, visando melhorar a eficiência. O método proporciona economia em relação ao sistema convencional, mesmo levando em consideração a maior quantidade de mão-de-obra necessária para realizar as amostragens.

**Palavras-chave:** Controle localizado insetos. Agricultura precisão. Percevejos.

## 4 CHAPTER II

### SITE-SPECIFIC CONTROL OF STINK BUGS IN THE SOYBEAN CROP

#### ABSTRACT

Soybean is one of the major grain crops worldwide, whose yields can be affected by stink bugs with damage directly in the grains. To avoid losses, the crops are sprayed with insecticides, however there are several problem including high cost, environmental contamination and elimination of natural enemies. These insects need to be controlled but with minimal use of pesticides, therefore, this study investigated the effects and technical and economic feasibility of using site-specific control of stink bugs in soybeans. In this study, the spatial and temporal distribution and the effect of localized control in the population of stink bugs were surveyed. It was used five soybean crops with 80.79 ha in total, during 2010/2011 and 2011/2012, in Santa Maria/RS. The sampling procedure was conducted weekly in a square sample plot (50m x 50m) by using the beating cloth method (1m x 1,5m). The number of stink bugs from *Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii*, *Euchistus heros*, *Dichelops furcatus* and *Edessa meditabunda* were recorded. We used geostatistical techniques for mapping the insect's distribution through the program Campeiro 7.0 CR ®. Whenever a significant portion of area reached to the previous defined threshold of 2 bugs/m<sup>2</sup>, the maps were drawn and its boundaries were delimited in the plot, finally the site-specific control was preformed only where the numbers of stink bugs exceeded the control threshold. The site-specific control for stink bugs in soybean reduces its population, but causes outbreaks far beyond the economic threshold. Further studies are needed to tune the technique and to improve its efficiency. Economically speaking, the site-specific control of caterpillars and stink bugs is possible, even taking into account the greater of labor to perform the sampling.

**Keywords:** Site-specific controle. Precision agriculture. Stink bugs.

#### 4.1. Introdução

A soja é uma das principais culturas produtora de grãos do Brasil e do mundo, e tem um papel primordial na alimentação humana e animal, além da recente utilização energética como biocombustível. Sua produção pode variar de um ano para outro, por diversos fatores, como adversidades climáticas, ocorrência de ervas daninhas e ataque de pragas e doenças.

Dentre as pragas, os percevejos ocorrem sistematicamente nas lavouras de soja, variando a proporção das espécies dependendo da região ou ano agrícola. Eles afetam diretamente a produção, pois atacam os grãos, o que não permite a tolerância mesmo em níveis baixos de ocorrência. Para o seu controle são utilizados inseticidas que matam os inimigos naturais, poluem o meio ambiente, além de elevarem o custo de produção da lavoura.

O impacto da utilização de inseticidas tem sido minimizado pela utilização do manejo integrado de pragas (MIP), buscando constantemente a melhoria no sistema de manejo da cultura.

A utilização de técnicas de agricultura de precisão para o mapeamento dos insetos e aplicação de inseticida já foi testada para o manejo de insetos em soja (KRELL *et al.*, 2003) e algodão (TEMPLE, 2007; MCKINION *et al.*, 2009) podendo vir a ser incorporada ao MIP visando aprimorar o sistema de manejo.

O levantamento georreferenciado das populações possibilita a geração de mapas de distribuição espacial e ocorrência de insetos em uma determinada área, facilitando o entendimento da variação das populações no espaço e no tempo, a sua dispersão, deslocamento, migração, crescimento e declínio populacionais (AGÜERO, 2010).

Na cultura da soja já foram realizados trabalhos para verificar a distribuição espacial de percevejos mostrando o seu comportamento agregado, o que em tese, permite a utilização do controle localizado, necessitando-se de estudos para comprovar a sua eficácia (ROGGIA, 2009; AGÜERO, 2010; RIFFEL *et al.*, 2012).

Este trabalho objetivou estudar os efeitos e a viabilidade técnica e econômica da utilização do controle localizado de percevejos em soja, através da determinação da distribuição espacial e temporal, da aplicação localizada de inseticida nos locais onde a população ultrapassou o nível de controle, e da verificação do efeito do controle na população de percevejos.



## 4.2. Revisão de literatura

### 4.2.1 Ocorrência de percevejos em soja

Os percevejos fitófagos (Hemiptera: Pentatomidae) são insetos-praga importantes na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no Brasil. Por atacarem os grãos, afetam seriamente o seu rendimento e a sua qualidade, podendo causar perdas superiores a 30% no peso dos grãos e diminuir em 50% o poder germinativo das sementes, além da queda no vigor. Ao provocarem a murcha e má formação dos grãos e vagens, a planta de soja não amadurece normalmente, permanecendo verde na época da colheita (COSTA e LINK, 1977; CORRÊA-FERREIRA e PANIZZI, 1999; CORRÊA-FERREIRA *et al.*, 2009; VIVAN e DEGRANDE, 2011).

Ao se alimentarem dos grãos de soja, inoculam patógenos, como o fungo *Nematospora corylii* Peglion que causa a “mancha-de-levedura”, deteriorando o grão. Causam danos irreversíveis à soja, alimentando-se diretamente dos grãos desde o início da formação de vagens (R3) até a maturação fisiológica (R7). As três espécies mais importantes são: *Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii* e *Euchistus heros*, (HOFFMANN-CAMPO *et al.*, 2000; VIVAN e DEGRANDE, 2011; GUEDES *et al.*, 2012) além de *Acrosternum hilare*, *Dichelops melacanthus*, *D. furcatus* e *Edessa meditabunda* (COSTA e LINK, 1977; PEREIRA e SALVADORI, 2008; BALDIN e FUJIHARA, 2011)

O problema dos percevejos na cultura da soja vem se tornando mais sério a cada safra, em função da ocorrência de elevadas populações, não realização de um monitoramento adequado, desenvolvimento de populações resistentes e aplicações indiscriminadas de produtos que levam ao desequilíbrio e a ressurgência mais rápida dos insetos-praga (CORRÊA-FERREIRA *et al.*, 2009). São necessárias a utilização de outras táticas de manejo, inclusive no controle das lagartas e outros insetos que precedem os percevejos, a fim de preservar os inimigos naturais (CORRÊA-FERREIRA e PANIZZI, 1999).

Nas últimas safras, os percevejos da soja têm se destacado pelo aumento das populações, constantes reinfestações e dificuldades no seu controle. A distribuição espacial e temporal dos percevejos da soja pode ser um parâmetro importante a ser considerado para subsidiar a tomada de decisão do local e momento mais adequados para aumentar a eficiência de seu controle no manejo integrado de pragas, bem como reduzir custos de controle e danos ambientais (GUEDES *et al.*, 2012).

Semeaduras tardias sofrem influências das áreas do entorno, com a migração de percevejos, indicando que a época de semeadura e os cultivos do entorno podem influenciar no estabelecimento de populações de percevejos em uma lavoura. A abundância de espécies e seus picos populacionais variam de safra a safra (ROGGIA, 2009; RIFFEL, 2010).

O comportamento migratório dos percevejos da soja, em busca de fontes nutricionalmente adequadas para o seu desenvolvimento, bem como a sua preferência por alguns estádios fenológicos da soja, pode ser explorado como uma forma de prever o momento e o local da entrada destas populações. Este conhecimento possibilita um monitoramento e controle mais concentrado nos momentos e locais adequados, visando com isso economia de tempo, recursos financeiros e menor impacto, como o uso do controle em bordadura (CORRÊA-FERREIRA e PANIZZI, 1999).

A prevenção ou supressão de pragas deve ser embasada em algumas medidas indiretas como a preservação de áreas de refúgio para inimigos naturais associadas ao aumento do uso de controle biológico (SALUSO *et al.*, 2005; VIVAN e DEGRANDE, 2011) e, no caso da soja, a semeadura na época recomendada para reduzir e retardar o pico populacional dos percevejos por escapar da época de maior abundância dos percevejos nos agro ecossistemas (CORRÊA-FERREIRA e PANIZZI, 1999; ROGGIA, 2009).

#### **4.2.2 Nível de controle e o controle localizado de percevejos**

O controle dos percevejos deve ser realizado de R3 até R7, quando a população atingir um percevejo.m<sup>-1</sup> de fileira (adultos ou ninfas maiores que 0,5cm) para a produção de sementes, e dois percevejos.m<sup>-1</sup> para a produção de grãos (REUNIÃO, 2010).

Considerando as condições atuais da lavoura de soja, o nível de controle é demasiadamente elevado, tornando as ações de controle tardias e ineficazes (GUEDES *et al.*, 2012).

O custo do agrotóxico, o preço da soja, e o potencial produtivo da cultura são componentes importantes na flexibilização dos níveis de controle fixos (VIVAN e DEGRANDE, 2011) e contribuem para a menor tolerância aos danos dos insetos (GUEDES *et al.*, 2010). Esta flexibilização já ocorreu na Argentina (GAMUNDI e SOSA, 2007) adotando níveis inferiores aos recomendados hoje no Brasil (REUNIÃO, 2010) em que pese a discussão levantada por Guedes et al. (2012).

As populações de percevejos causam danos, atingindo o nível de controle no período de enchimento de grãos quando as condições de alimentação são mais favoráveis, não sendo recomendado o controle a partir de R7 (COSTA e LINK, 1977; CORRÊA-FERREIRA e PANIZZI, 1999; ROGGIA, 2009).

Quando o objetivo é o controle localizado de percevejos-da-soja, é necessário o monitoramento georreferenciado das populações para determinar a distribuição espaço-temporal, que inicialmente é aleatória e a medida que a população cresce torna-se agregada (STÜRMER *et al.*, 2011; SOUZA *et al.*, 2011a), permitindo o controle localizado nos locais de agregação.

O tratamento diferenciado no controle de percevejos já é conhecido pela recomendação de aplicação de inseticidas em bordadura no momento da colonização da lavoura de soja antes que estes estabeleçam gerações capazes de causar danos acentuados (CORRÊA-FERREIRA e PANIZZI, 1999).

Esse manejo é compatível com a agricultura de precisão, aplicando agrotóxicos somente onde é necessário, gerando economia de produto (BONGIOVANNI e LOWENBERG-DEBOER, 2004) e proporcionando áreas de refúgio aos inimigos naturais (KARIMZADEH *et al.*, 2011).

#### **4.2.3 Economicidade da utilização do controle localizado de insetos.**

Conhecer a dinâmica espaço-temporal dos invertebrados em ecossistemas agrícolas é importante para o desenvolvimento de estratégias de manejo e redução no uso de agrotóxicos (BLACKSHAW e VERNON, 2006).

Quando incluído o custo de amostragem, o manejo de insetos em local específico é inviável economicamente, e levará ainda algum tempo para superar estas barreiras, mas em função dos benefícios potenciais desta tecnologia, a pesquisa nesta área vai continuar a avançar (KRELL *et al.*, 2003; PARK *et al.*, 2012).

Comparando o controle localizado com o manejo uniforme para *Cerotoma trifurcata* (Forster) em soja, Krell *et al.* (2003) observaram que, na maioria dos casos, a lucratividade foi maior onde o manejo era uniforme, em virtude do custo da amostragem. A redução no número de amostras ou o desenvolvimento de técnicas amostrais mais eficientes, podem reduzir os custos. Métodos de amostragem mais eficientes podem ser obtidos pela correlação da presença da praga com um atributo do campo identificado de uma fotografia aérea ou imagem

de satélite. Outras tecnologias que percebam os insetos remotamente ou atributos de campo associados com a presença de insetos, podem diminuir o número de amostras e, conseqüentemente, o custo da amostragem (DAL-PRÁ, 2010; PARK *et al.*, 2012).

A aplicação localizada de produtos fitossanitários pode significar reduções de mais de 60% nas quantidades de agrotóxicos aplicados. Considerando-se os aspectos ambientais, a racionalização e a redução do uso de fertilizantes e agrotóxicos devem ser consideradas como os principais benefícios da adoção da agricultura de precisão (PIRES *et al.*, 2004).

Testes de aplicação em duas áreas comerciais de algodão em Mississippi, USA, ao longo de três anos, demonstraram que a aplicação localizada de agrotóxicos gerou uma economia potencial de 60% da quantidade de produtos utilizados nos programas de controle convencional (MCKINION *et al.*, 2009). Utilizando técnicas de agricultura de precisão para reduzir o gasto de inseticidas em algodão, Temple (2007) constatou que a sobrevivência dos insetos-praga nas áreas não tratadas ficaram abaixo do nível de dano econômico.

### **4.3 Material e métodos**

#### **4.3.1 Local e período de realização do experimento**

Este experimento foi conduzido em cinco áreas de cultivo de soja, totalizando 80,79 ha, nas safras agrícolas 2010/2011 e 2011/2012, pertencentes ao Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, localizada na “área nova” do campus da UFSM (Figura 20; Tabela 3).



**Figura 20** - Imagem da área experimental com talhões identificados. Santa Maria, RS. Fonte: Google Earth.

**Tabela 3** - Características das áreas experimentais e da cultura, utilizadas para o manejo de percevejos em soja nas safras 2010/11 e 2011/12.

Área	1	2	3	4	5
Coordenadas	29°43'08"S 53°44'13"O	29°43'13"S 53°44'57"O	29°43'21"S 53°45'06"O	29°43'27"S 53°45'21"O	29°43'51"S 53°45'26"O
Área (ha)	11,34	10,13	16,31	27,00	16,01
Nº pontos amostrais	42	41	64	103	61
Cultivares de soja 2010/11	Dom Mário 7.0i	Impacto	BRS 246/ Impacto	Apolo/ Impacto	Potência
Cultivares de soja 2011/12	Potência	Potência	Potência/ Nidera 5909	Coodetec 249 Fundacep 62 RR	Dom Mário 7.0i
Data semeadura 2010/11	01/11	11/11	12/11	10/11	22/11
Data semeadura 2011/12	23/11	09/11	07 e 08/11	12 e 16/11	17 e 18/11
Data Colheita 2010/11	08/04	04/04	06/04	03/04	12/04
Data Colheita 2011/12	26/04	09/04	03 e 09/04	2/4 e 20/4	22/04
Controle Safra 2010/11	Área total	Localizado	Localizado	Área total	Localizado
Controle Safra 2011/12	Localizado	Localizado	Localizado	Localizado	Localizado

### 4.3.2 Cultivo e manejo das plantas

As áreas utilizadas nos experimentos tiveram no inverno anterior o cultivo de aveia e azevém pastejadas por bovinos, ou cultivo de trigo (área 5), mantendo boa quantidade de palha sobre o solo. A semeadura direta foi feita em linhas distanciadas de 0,50m, objetivando atingir uma população de 300.000 plantas por hectare. A adubação, controle de plantas daninhas e doenças foram realizadas segundo as indicações técnicas para a cultura da soja para a região (REUNIÃO, 2010), sendo aplicado o fertilizante de acordo com os resultados da análise de solo de cada área.

Foi necessária a aplicação em área total de 18g/ha de abamectina (Vertimec) para o controle de ácaros nos dois anos de cultivo, sendo que no ano de 2012, foi necessária a aplicação conjunta de 1.440g/ha de glifosato (Roundup), associado com 80g/ha de Clorimuró-m-etílico (Clorim) para o controle de ervas daninhas. Estes produtos foram misturados a calda de pulverização juntamente na primeira aplicação de fungicida Azoxystrobin + Ciproconazol (PrioriXtra - 300ml/ha) (30/01 a 02/02/2012) em todas as áreas experimentais.

Para o controle das lagartas, foi utilizado a aplicação localizada de Lannate BR (Metomil 215g/l), somente nos locais onde as lagartas ultrapassaram o nível de controle estabelecido de 20 lagartas/m<sup>2</sup>.

### 4.3.3 Amostragem dos percevejos

Os pontos amostrais foram previamente determinados através da marcação do perímetro da área com GPS de posicionamento absoluto (Garmin Etrex) e geração da malha de amostragem de 50m x 50m com o auxílio do programa CR Campeiro 7.0®. Os pontos da malha foram transferidos para o GPS que foi utilizado para a localização dos pontos no campo, colocando-se em cada ponto uma estaca metálica de 1,5m de altura com uma bandeira de tecido numerado, colado na extremidade superior, para facilitar a visualização do ponto.

As amostragens foram realizadas a cada sete dias, sempre pela manhã, utilizando-se um pano de coleta largo (1m x 1,5m) (REUNIÃO, 2010), considerando a fenologia da soja naquele momento segundo a escala de Ritchie et al. (1982) adaptada por Yorinori (1996). O pano de coleta era colocado sobre o solo da entrelinha e da linha de soja adjacente, e as plantas de uma linha eram sacudidas de maneira que os percevejos caíssem sobre o pano,

repetindo-se a operação para cada ponto amostral, e a soma dos percevejos coletados nas duas amostragens foi considerada como o número total para aquele ponto da malha amostral.

A contagem dos percevejos foi feita individualmente por espécie, anotando-se as quantidades de *P. guildinii*, *D. furcatus*, *E. heros*, *N. viridula* e *E. meditabunda*, separando-se em ninfas maiores e menores que 0,5cm, e adultos.

#### **4.3.4 Geração de mapas**

A partir dos dados coletados, foram gerados mapas digitais da soma de percevejos adultos e ninfas maiores que 0,5cm, através do programa CR Campeiro 7.0® (GIOTTO, 2010).

Para a estruturação do modelo digital neste programa, o tipo de modelo utilizado foi o de zona de manejo, considerando-se cada fator individualmente, com interpolação dos dados pelo método de krigagem (semi variograma linear), interpolado pela média da malha.

A partir do mapa de distribuição dos percevejos na área, foi gerado o mapa de aplicação, ficando estabelecida a cor verde para os locais onde os percevejos não atingiram os níveis de controle, e vermelho e preto para os locais onde os percevejos ultrapassaram o nível de controle.

#### **4.3.5 Controle dos percevejos**

O controle foi realizado de forma localizada nas áreas onde os percevejos atingiram os limites pré-estabelecidos, ou seja, onde a soma de percevejos adultos e ninfas maiores de 0,5cm era superior a dois, em dois metros de fileira, ou seja,  $2.m^{-2}$ . O nível de controle estabelecido foi reduzido em 50% da recomendação oficial para a cultura, em virtude de que as recomendações oficiais estão sendo questionadas devido a mudanças que ocorreram, principalmente nas cultivares utilizadas e na relação de custo dos inseticidas com o valor da soja (GUEDES et al., 2012). Também, quando se adota técnicas de agricultura de precisão, é necessário rever os níveis de controle de percevejos, pois é uma forma diferenciada de manejo.

Após a geração do mapa de aplicação, foram identificados na lavoura os pontos limítrofes da malha, no contorno das áreas a serem pulverizadas e não pulverizadas de acordo

com o nível de controle estabelecido. A marcação foi feita através de uma bandeira amarrada na extremidade superior da estaca, facilitando a visualização no momento da aplicação do inseticida.

Para a pulverização, foi utilizado um pulverizador acoplado ao sistema hidráulico de um trator, com tanque com capacidade de 600 litros, com cortina de ar, barra de 14 metros dividida em quatro secções, com comando elétrico individualizado para cada secção, utilizando pontas de pulverização tipo leque 110 - 015. O pulverizador foi regulado para obter-se a vazão de 150 l/ha de calda, visando atingir o alvo de forma eficiente (MAZIERO, 2006; BONADIMAN, 2008).

Para o controle de percevejos foi utilizado o inseticida Engeo Pleno (Tiametoxam 141g/L + Lambda-cialotrina 106 g/L) na dosagem de 200 ml/ha.

O conjunto trator + pulverizador foi conduzido pelo operador de forma a cobrir toda a área da lavoura, enquanto que outro operador, também dentro da cabina do trator, de posse do mapa de aplicação impresso e visualizando os pontos limítrofes das áreas a serem pulverizadas na lavoura, fazia a abertura e o fechamento manual do fluxo da calda de pulverização de cada secção da barra do pulverizador de acordo com a necessidade.

#### **4.3.6 Análise do custo do controle de percevejos na cultura da soja**

Na análise do custo do controle dos percevejos foi considerado o preço do inseticida no mercado local (R\$ 140,00/litro), a quantidade utilizada por área (0,2 litros/ha) e o custo de mão-de-obra para a realização da amostragem, fazendo uma simulação comparativa entre o controle convencional e o controle localizado.

Para o cálculo do custo da mão-de-obra foi utilizado o valor do salário mínimo regional (R\$ 700,00) mais os encargos (R\$ 319,13) totalizando R\$1.019,13 mensais, considerando-se uma jornada de 8 horas diárias e 44 horas semanais, totalizando 220 horas mensais (CONAB, 2010). A partir destes dados, calculou-se o custo por hora trabalhada, que foi de R\$ 5,56.

O cálculo do custo da mão-de-obra por área consistiu-se na multiplicação do intervalo de tempo necessário para realizar a amostragem em um ponto mais o tempo para o deslocamento até o ponto seguinte que totalizou 10 minutos, e o número de pontos amostrais da área, que foi em número de 8 para a amostragem convencional em todas as áreas e 42, 41, 64, 103, e 61 respectivamente para a amostragem de precisão nas áreas 1, 2, 3, 4, e 5 do

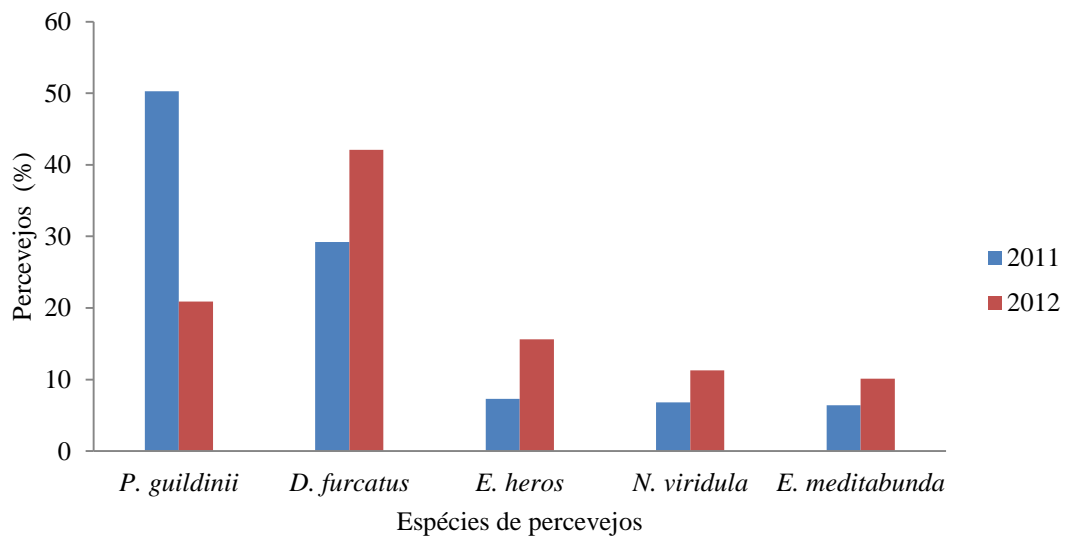


experimento. O tempo necessário para cada ponto amostral foi multiplicado por dois devido à necessidade de duas pessoas para realizar a amostragem.

#### 4.4 Resultados e discussão

##### 4.4.1 Composição de espécies e distribuição temporal da população de percevejos

A ocorrência de percevejos foi, predominantemente, das espécies *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) e *Dichelops furcatus* (Fabricius, 1775), seguida pelas espécies *Euchistus heros* (Fabricius, 1798), *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) e *Edessa meditabunda* (Fabricius, 1794) (Figuras 21, 22 e 23). Também registrou-se a ocorrência ocasional de *Acrosternum hilare* (Say, 1832) e *Chinavia* spp. (Hemiptera: Pentatomidae).



**Figura 21** - Composição percentual de percevejos em lavouras de soja nas safras 2010/11 e 2011/12. Santa Maria, RS.

Na safra 2010/2011 houve predomínio de *P. guildinii* sobre *D. furcatus* e este sobre os demais, o que também foi observado em área adjacente a do presente trabalho por Stürmer et al. (2011) na mesma safra e por Roggia (2009) na safra 2007/08.

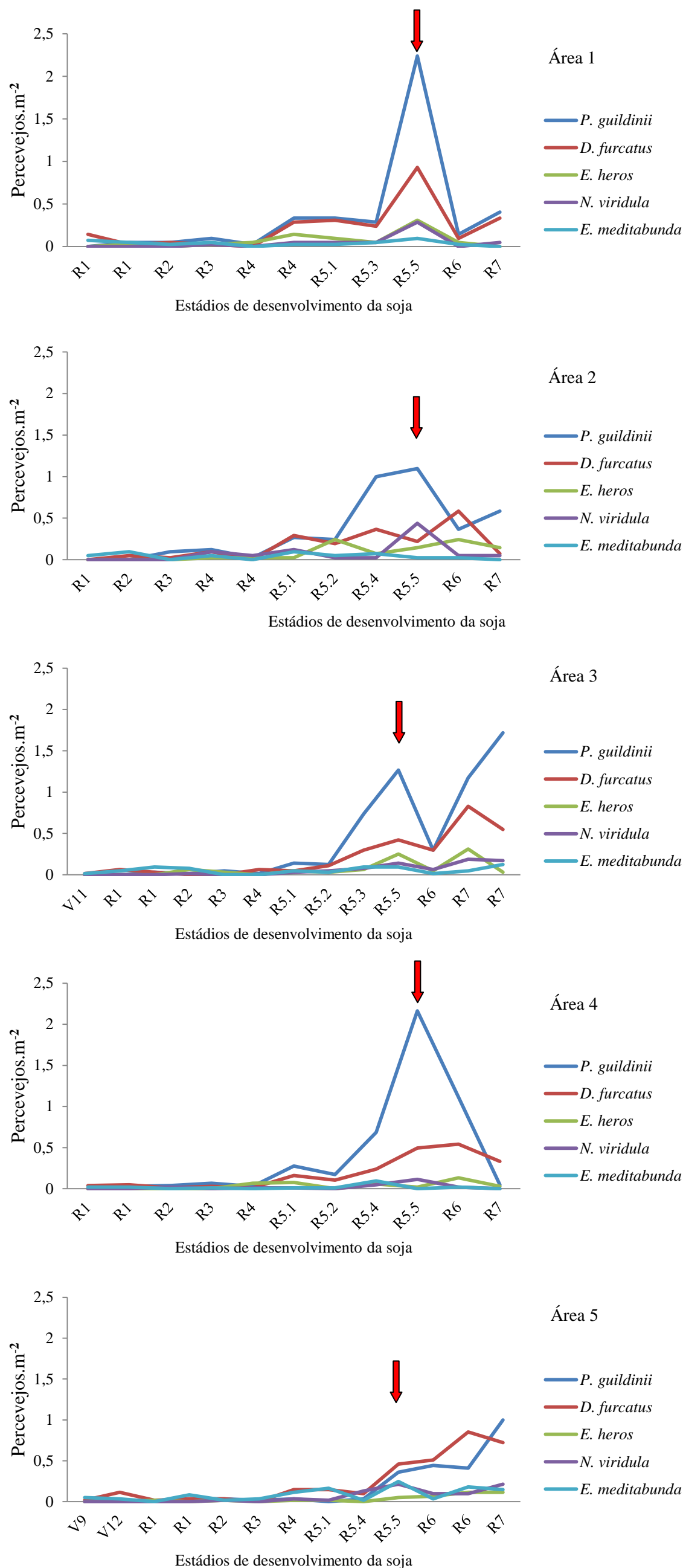
O histórico da área, com cultivo de aveia preta, azevém e trigo, contribuíram para a sobrevivência de *D. furcatus* na entressafra da soja, o que favoreceu a sua maior ocorrência

na safra 2011/2012, pois a distribuição espacial e temporal dos percevejos na soja podem ser influenciados pelos cultivos que entram em rotação ou sucessão de culturas (ROGGIA, 2009).

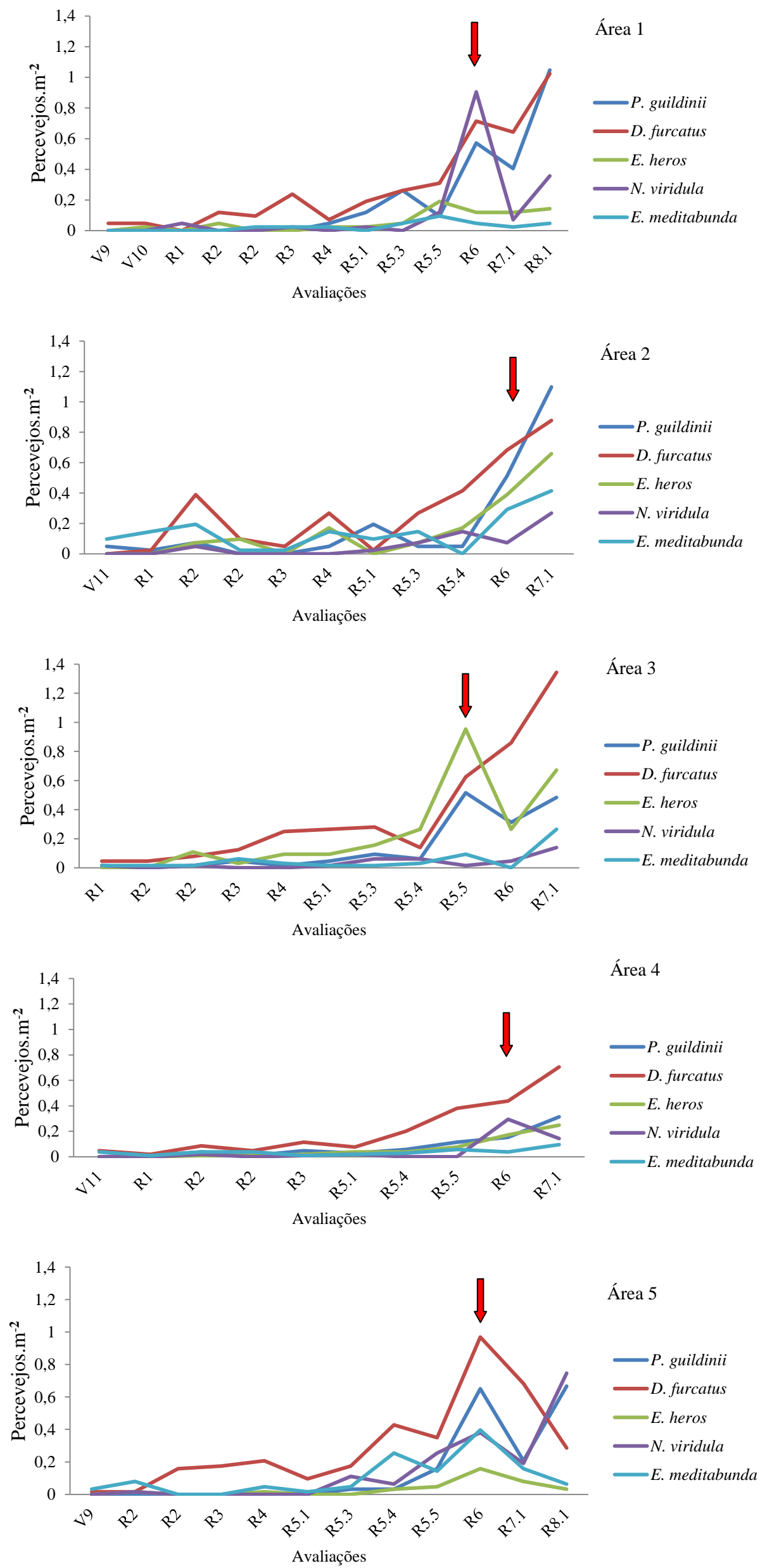
A ocorrência de percevejos é variável, seguindo as condições locais para o seu desenvolvimento, como foi constatado por Pereira e Salvadori (2008), quando encontraram o predomínio de *E. heros* na localidade de Sertão/RS e o predomínio de *N. viridula* na localidade de Vacaria/RS, enquanto que Roggia (2009), constatou o decréscimo de *P. guildinii* de 75,57% para 30,43% entre o ano em que o cultivo foi tardio e a época normal do ano seguinte, e concomitantemente, o aumento de *D. furcatus* de 1,81% para 25,01%, o que também ocorreu no presente trabalho.

Observou-se um menor desenvolvimento da população de percevejos na safra 2011/12 em relação à safra 2010/11 (Figuras 22 e 23), o que pode ser atribuído a estiagem ocorrida no período. O efeito de fortes geadas no inverno, seguido de estiagem prolongada foi registrada por Agüero (2010), quando observou uma redução na população de percevejos de 51,21% em relação ao ano anterior.

Não ficou claro o efeito de entrada de percevejos pelas bordas, pois em ambos os anos, a semeadura foi realizada na época indicada e não havia cultivos de soja mais precoces nas proximidades, o que concorda com as observações de Roggia (2009) quando estudou a ocorrência de percevejos em soja e constatou o efeito da entrada de percevejos pelas bordas da lavoura somente na safra que a semeadura foi tardia e havia cultivos de soja mais precoces na adjacência.



**Figura 22** - Distribuição temporal de espécies de percevejos em lavouras de soja na safra 2010/2011, com controle em área total (Áreas 1 e 4) ou localizado (Áreas 2, 3, e 5). Santa Maria, RS. A seta indica o momento do controle.



**Figura 23** - Distribuição temporal de espécies de percevejos em lavouras de soja na safra 2011/2012 com controle localizado. Santa Maria, RS. A seta indica o momento do controle.

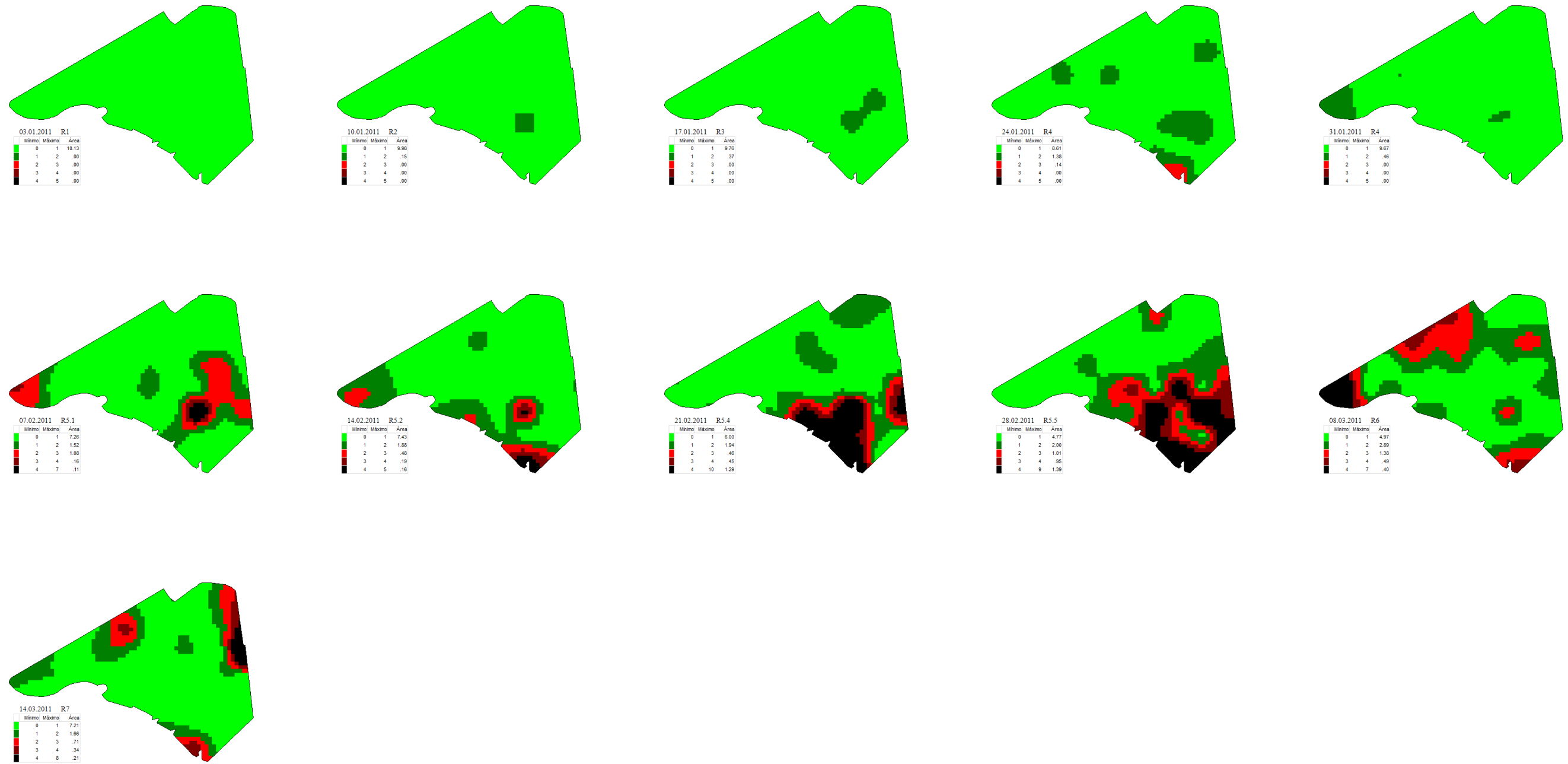
#### 4.4.2 Efeito do controle localizado sobre a população de percevejos na safra 2010/2011

Na área 2 a população de percevejos atingiu o nível de controle estabelecido no estádio R5.4 (dia 21/2) em 41,5% da área, e em 57,4% da área no estádio R5.5 (dia 28/2) quando foi efetuado o controle localizado. Na amostragem seguinte (estádio R6) a população de percevejos era superior ao nível de controle estabelecido (2 percevejos.m<sup>-2</sup>) em 50,3% da área. Na amostragem no estádio R7, ocorreu uma diminuição na população, possivelmente pela migração de adultos para outras áreas com soja mais tardia (Figura 24).

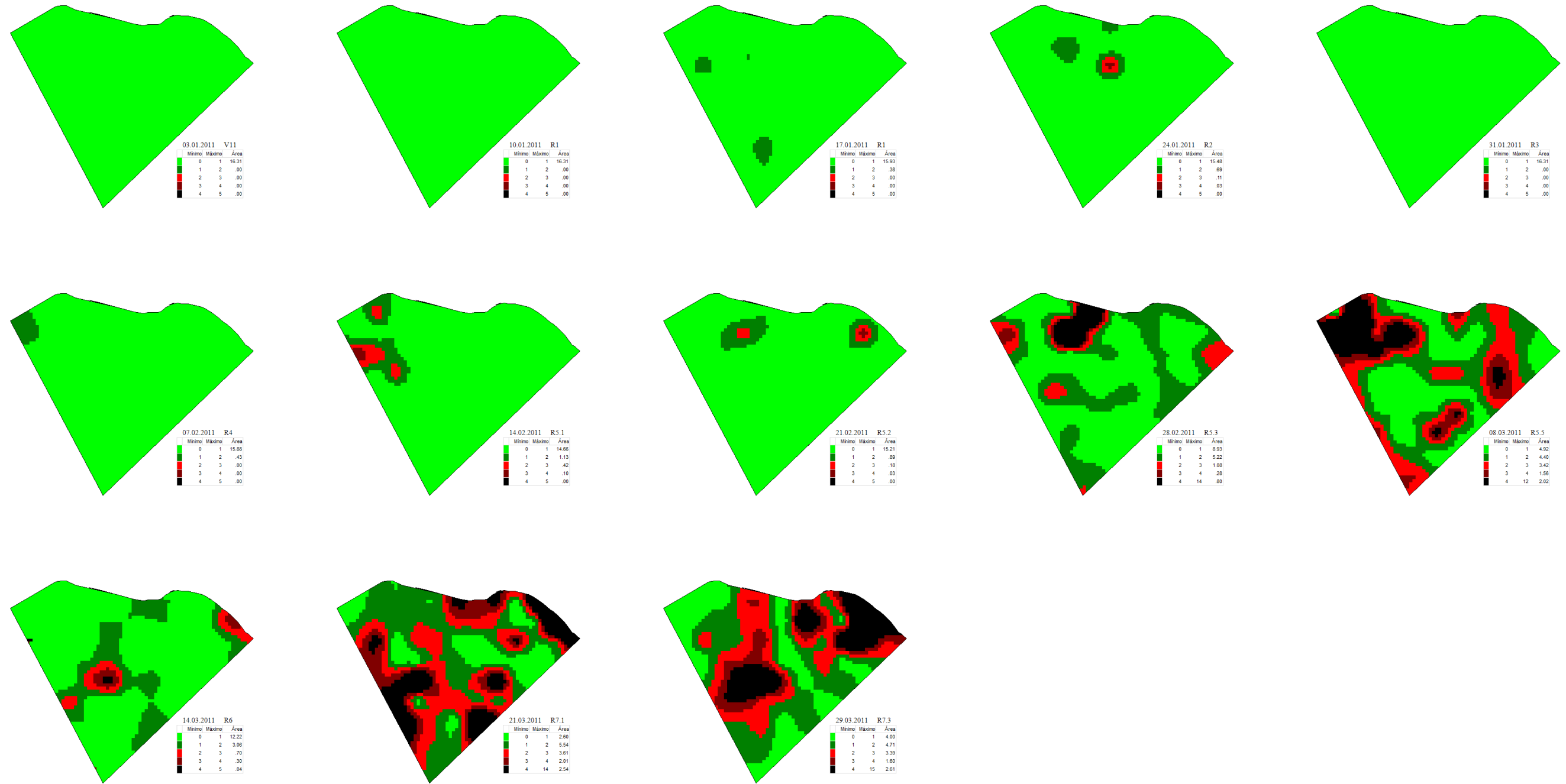
Na área 3 a população de percevejos atingiu o nível de controle estabelecido no estádio R5.5 (dia 08/3) em 65,3% da área, quando então foi realizada a aplicação localizada de inseticida. Nas avaliações seguintes, a população de percevejos ultrapassou o nível de controle em 14,4%; 66,4% e 63,8% da área, respectivamente (Figura 25).

Na área 5 a população de percevejos atingiu o nível de controle estabelecido no estádio R5.5 (dia 08/3) em 39,6% da área, quando então foi realizada a aplicação localizada. Nas semanas seguintes, a população de percevejos ultrapassou o nível de controle em 21,9%; 39,7% e 58,5% da área, respectivamente (Figura 26).

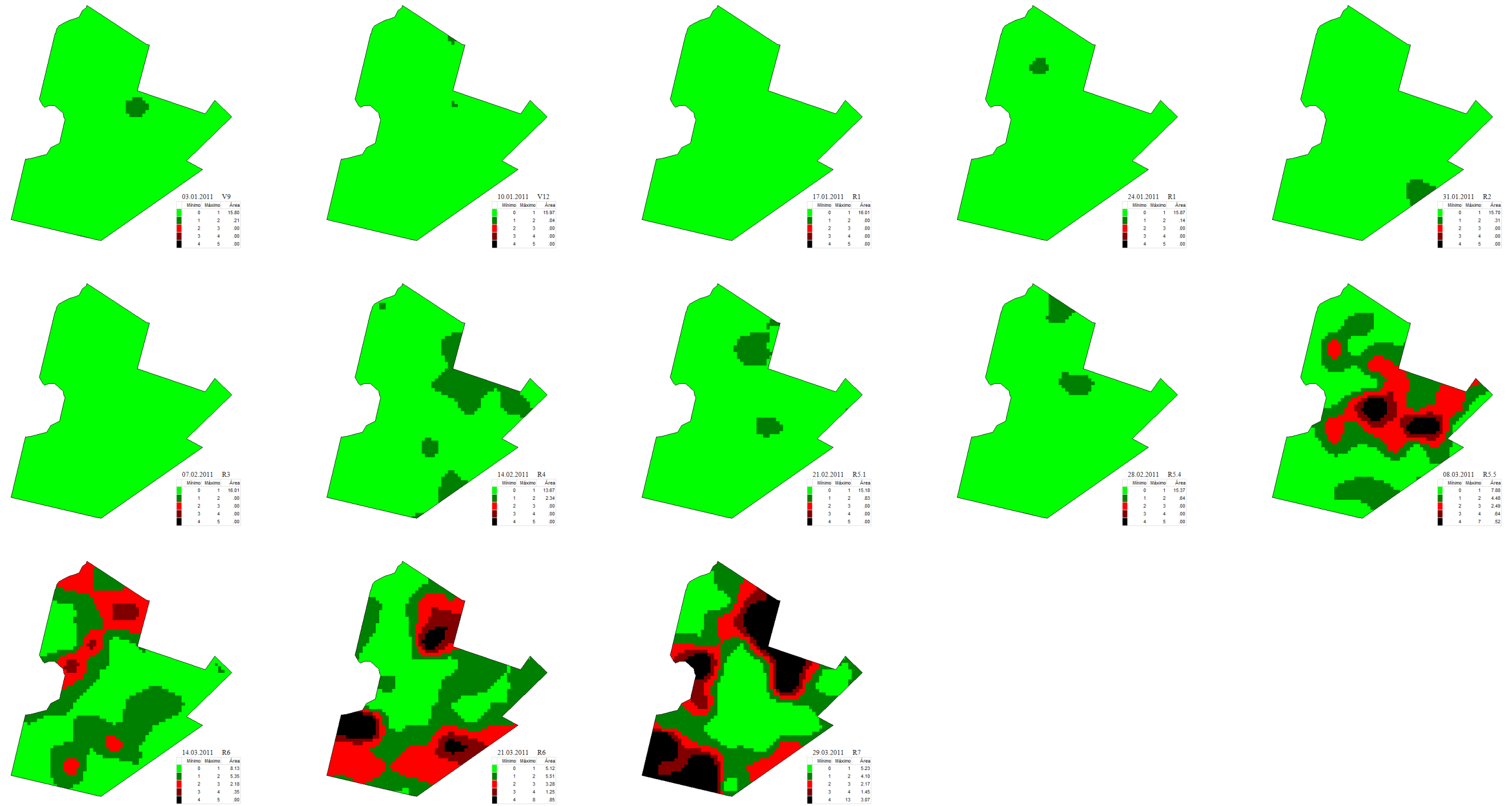
O controle localizado de percevejos nas áreas experimentais na safra 2010/11 causou uma queda na população sem, no entanto, realizar um controle satisfatório, restando focos de infestação nas áreas. Este fato pode ser atribuído à deficiência de informações para a elaboração de mapas de aplicação de inseticida e pela facilidade de deslocamento dos percevejos, fugindo das áreas contaminadas. A utilização de um número maior de sub-amostras em cada ponto amostral, a exemplo do que é feito nas amostragens de solo com fins de agricultura de precisão, poderia produzir mapas de distribuição espacial mais acurados e melhorar o controle.



**Figura 24** - Ocorrência e localização de percevejos na cultura da soja na área nº 2, em 11 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2010/2011.



**Figura 25** - Ocorrência e localização de percevejos na cultura da soja na área n° 3, em 13 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2010/2011.



**Figura 26** - Ocorrência e localização de percevejos na cultura da soja na área n° 5, em 13 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2010/2011.



#### **4.4.3 Efeito do controle em área total sobre a população de percevejos na safra 2010/2011**

Na safra 2010/2011 foi realizado o controle de percevejos em área total nas áreas 1 e 4, pois não havia tempo hábil para realizar o controle localizado, devido a morosidade na execução da pulverização.

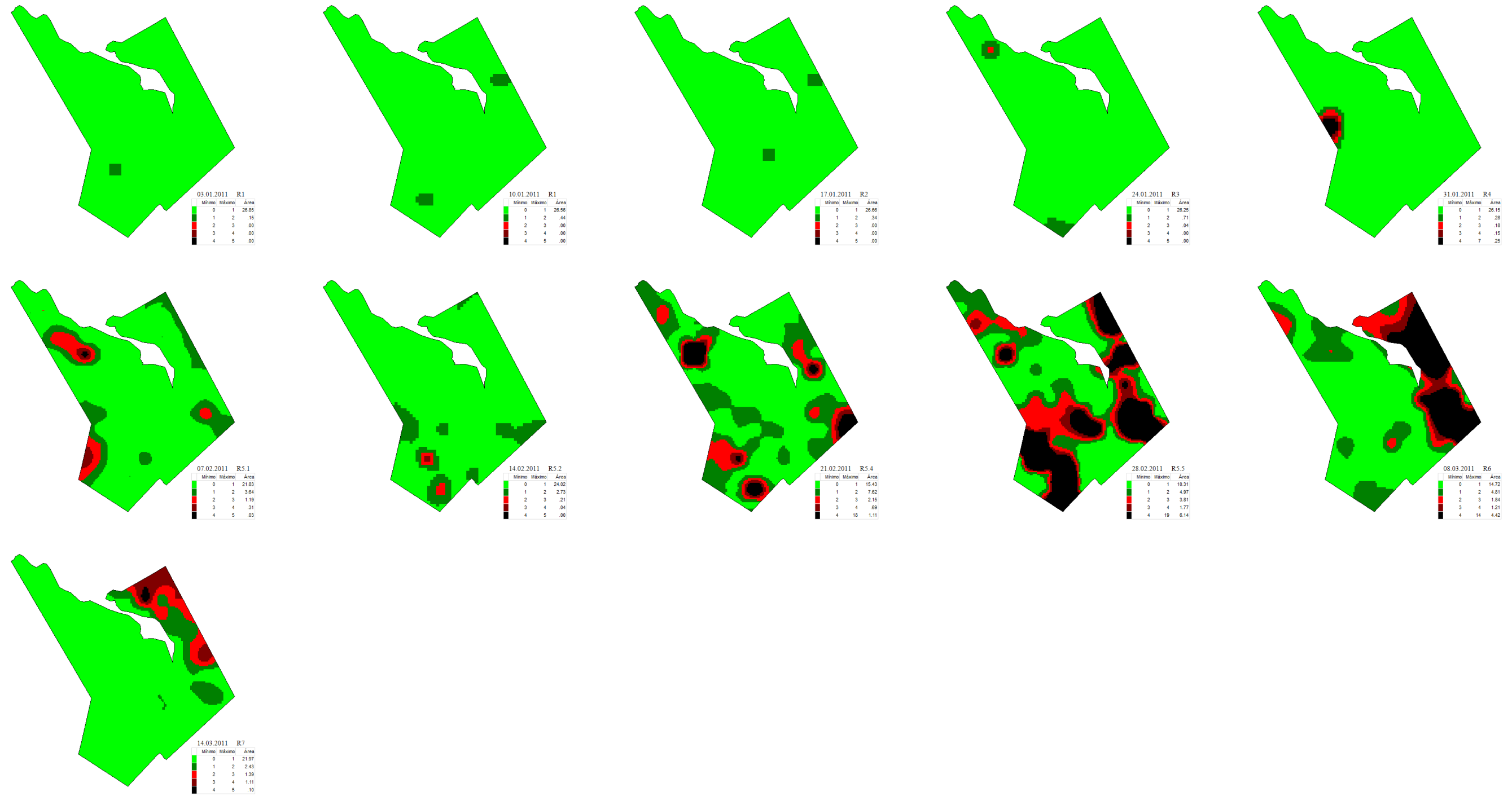
Na área 1 a população de percevejos atingiu o nível de controle estabelecido no estágio R5.5 (dia 28/2) em 76,1% da área, quando então foi realizado o controle em área total. Na semana seguinte, a população de percevejos manteve-se abaixo do nível de controle estabelecido, e na última amostragem ultrapassou o nível de controle em 6,3% da área (Figura 27).

Na área 4 a população de percevejos atingiu o nível de controle estabelecido no estágio R5.5 (dia 28/2) em 44,0% da área, quando então foi realizado o controle em área total, no entanto, não foi possível concluir o trabalho, ficando parte da área leste sem a aplicação. Foi realizada nova amostragem mostrando que na área onde foi aplicado o inseticida houve o controle dos percevejos de forma satisfatória, restando uma elevada população na parte leste onde não foi aplicado. Posteriormente, o trabalho de aplicação de inseticida foi concluído. Na semana seguinte, a população de percevejos ultrapassou o nível de controle em 9,6% da área (Figura 28).

Mesmo com a aplicação de inseticida em área total, observa-se a presença de alguns indivíduos que escaparam do controle ou migraram de outras áreas. O controle de percevejos em soja é complexo, pois a densidade populacional que causa danos é baixa, facilitando a ocorrência de falhas no controle.



**Figura 27** - Ocorrência e localização de percevejos na cultura da soja na área n° 1, em 11 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2010/2011.



**Figura 28** - Ocorrência e localização de percevejos na cultura da soja na área nº 4, em 11 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2010/2011.

#### **4.4.4 Efeito do controle localizado sobre a população de percevejos na safra 2011/2012**

Na área 1 a população de percevejos atingiu o nível de controle estabelecido no estádio R6 (dia 27/3) em 47,1% da área, quando então foi realizado o controle localizado. Nas semanas seguintes, a população de percevejos ultrapassou o nível de controle em 21,3% e 44,9% da área, respectivamente (Figura 29).

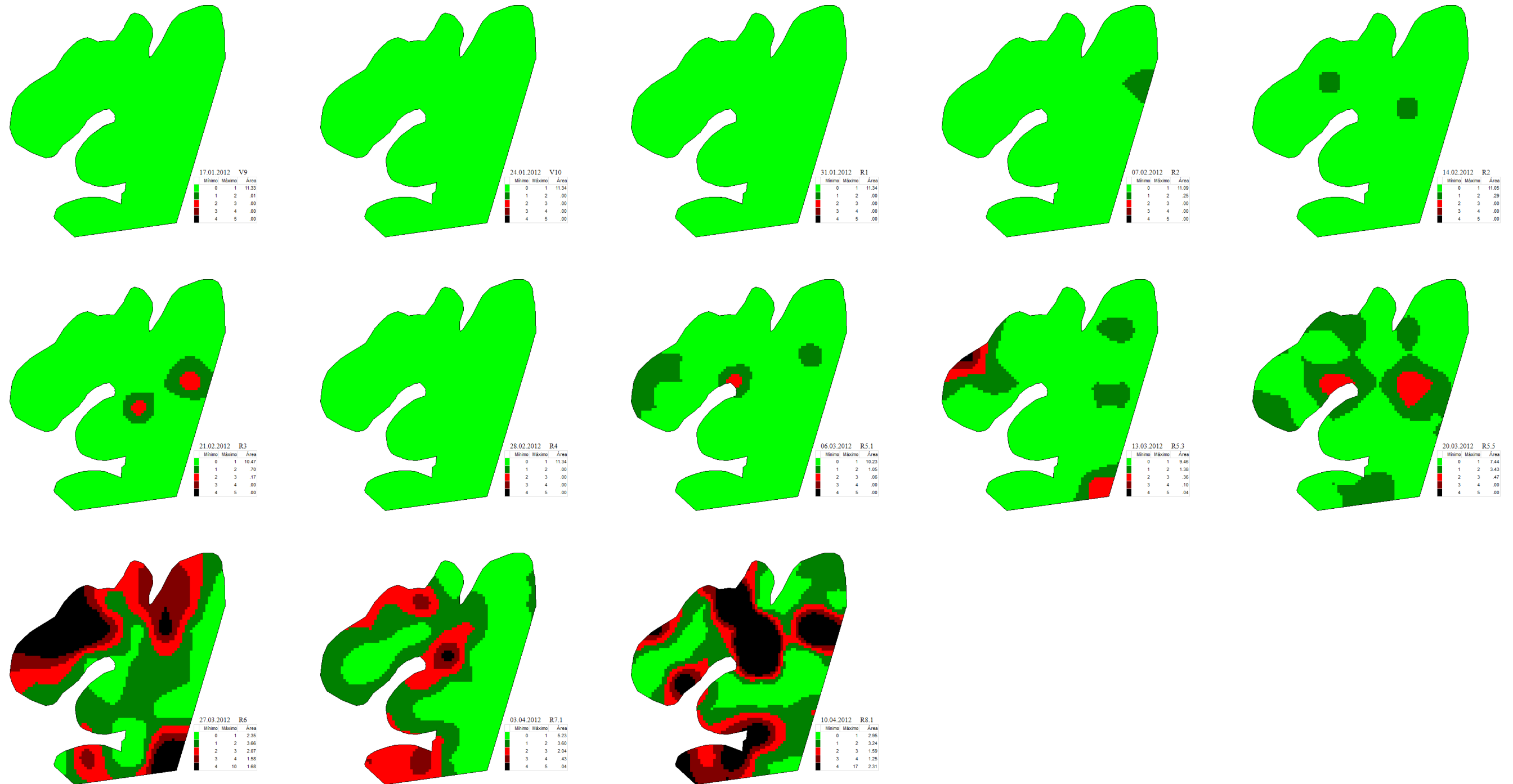
Na área 2 a população de percevejos atingiu o nível de controle estabelecido no estádio R6 (dia 13/3) em 82,9% da área, quando então foi realizado o controle localizado. Na semana seguinte, a população de percevejos ultrapassou o nível de controle em 67,9% da área (Figura 30).

Na área 3 a população de percevejos atingiu o nível de controle estabelecido no estádio R5.5 (dia 06/3) em 45,3% da área, quando então foi realizado o controle localizado. Nas semanas seguintes, a população de percevejos ultrapassou o nível de controle em 27,3% e 67,7% da área, respectivamente (Figura 31).

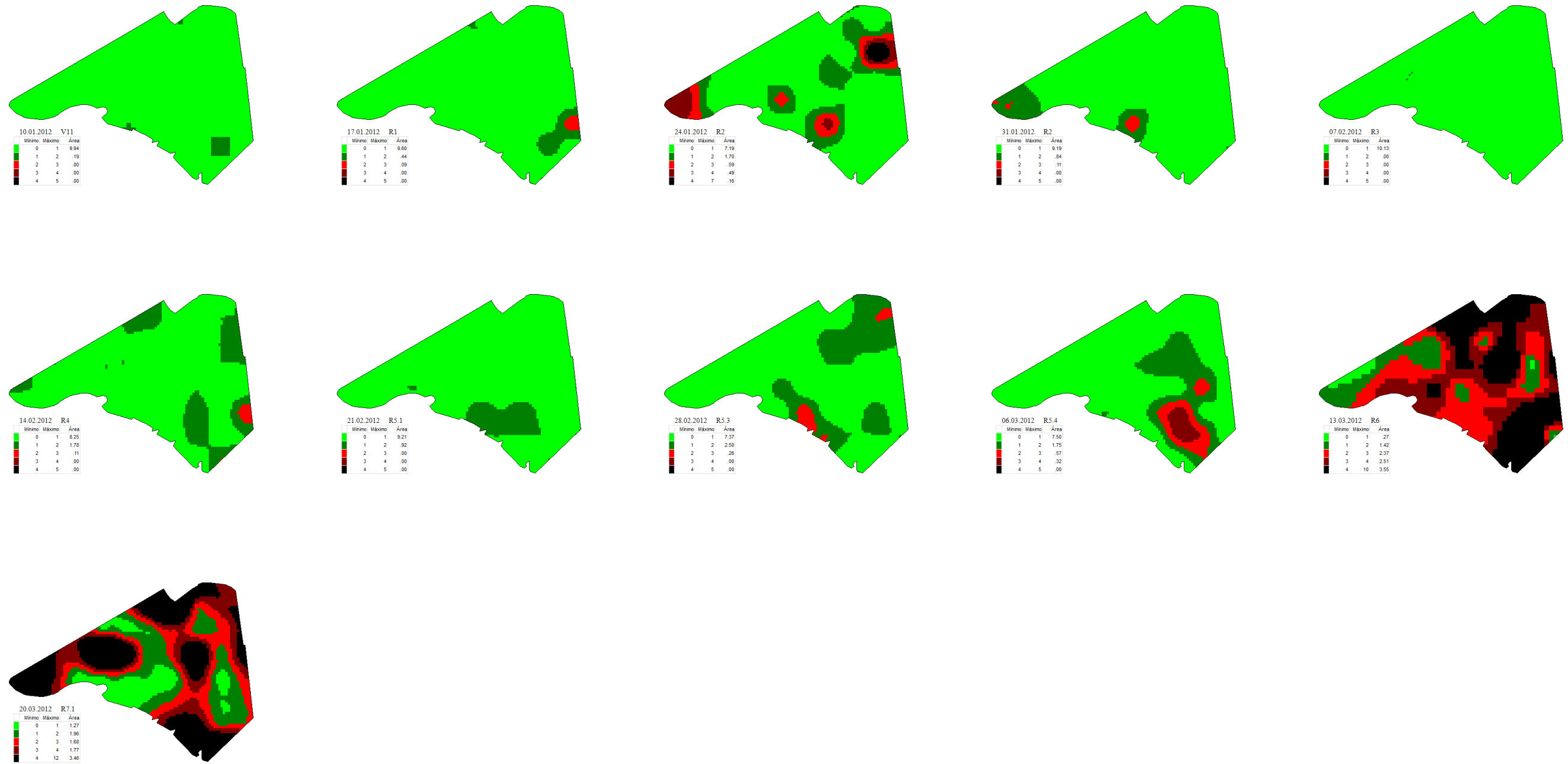
Na área 4 a população de percevejos atingiu o nível de controle estabelecido no estádio R6 (dia 06/3) em 13,4% da área quando então foi realizado o controle localizado. Na semana seguinte, a população de percevejos ultrapassou o nível de controle em 44,5% da área (Figura 32).

Na área 5 a população de percevejos atingiu o nível de controle estabelecido no estádio R6 (dia 27/3) em 51,6% da área, quando então foi realizado o controle localizado. Nas semanas seguintes, a população de percevejos ultrapassou o nível de controle em 21,5% e 22,5% da área, respectivamente (Figura 33).

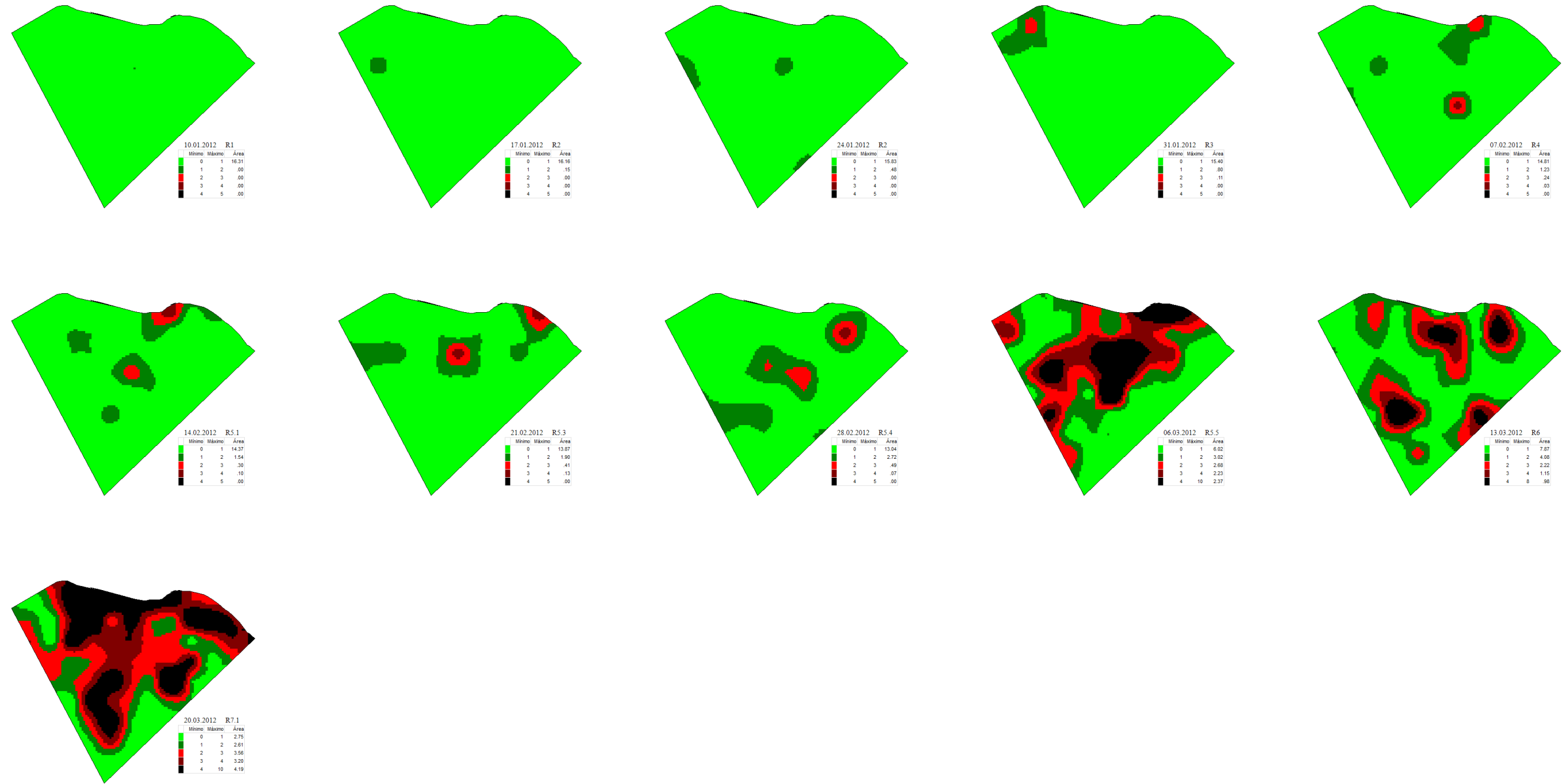
Em termos gerais, o controle localizado não foi efetivo para a manutenção da população dos percevejos abaixo do nível de controle. O melhor resultado obtido na safra 2011/12 foi uma diminuição de 58,33% da população na área 5, o que não é suficiente para o manejo dos percevejos. A possibilidade dos indivíduos voarem, fugindo das áreas contaminadas após a pulverização e a imprecisão no processo de amostragem, podem ser os fatores que mais contribuíram para que ocorressem falhas no controle.



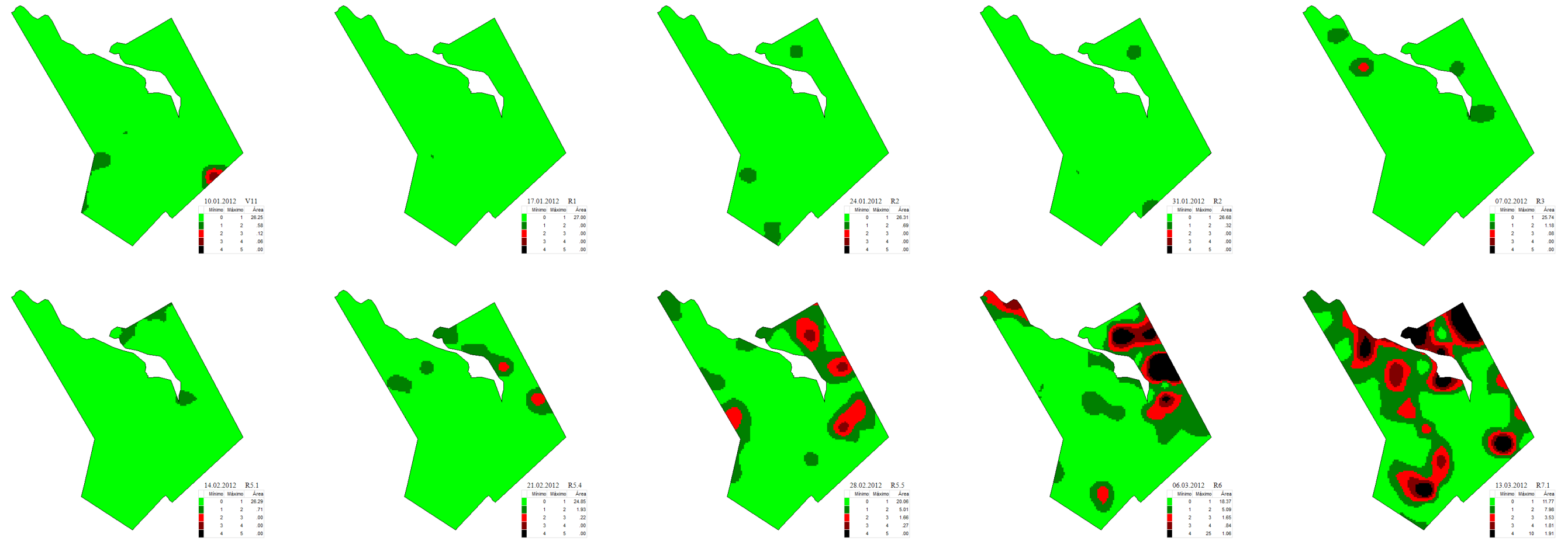
**Figura 29** - Ocorrência e localização de percevejos na cultura da soja na área nº 1, em 13 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2011/2012.



**Figura 30** - Ocorrência e localização de percevejos na cultura da soja na área n° 2, em 10 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2011/2012.

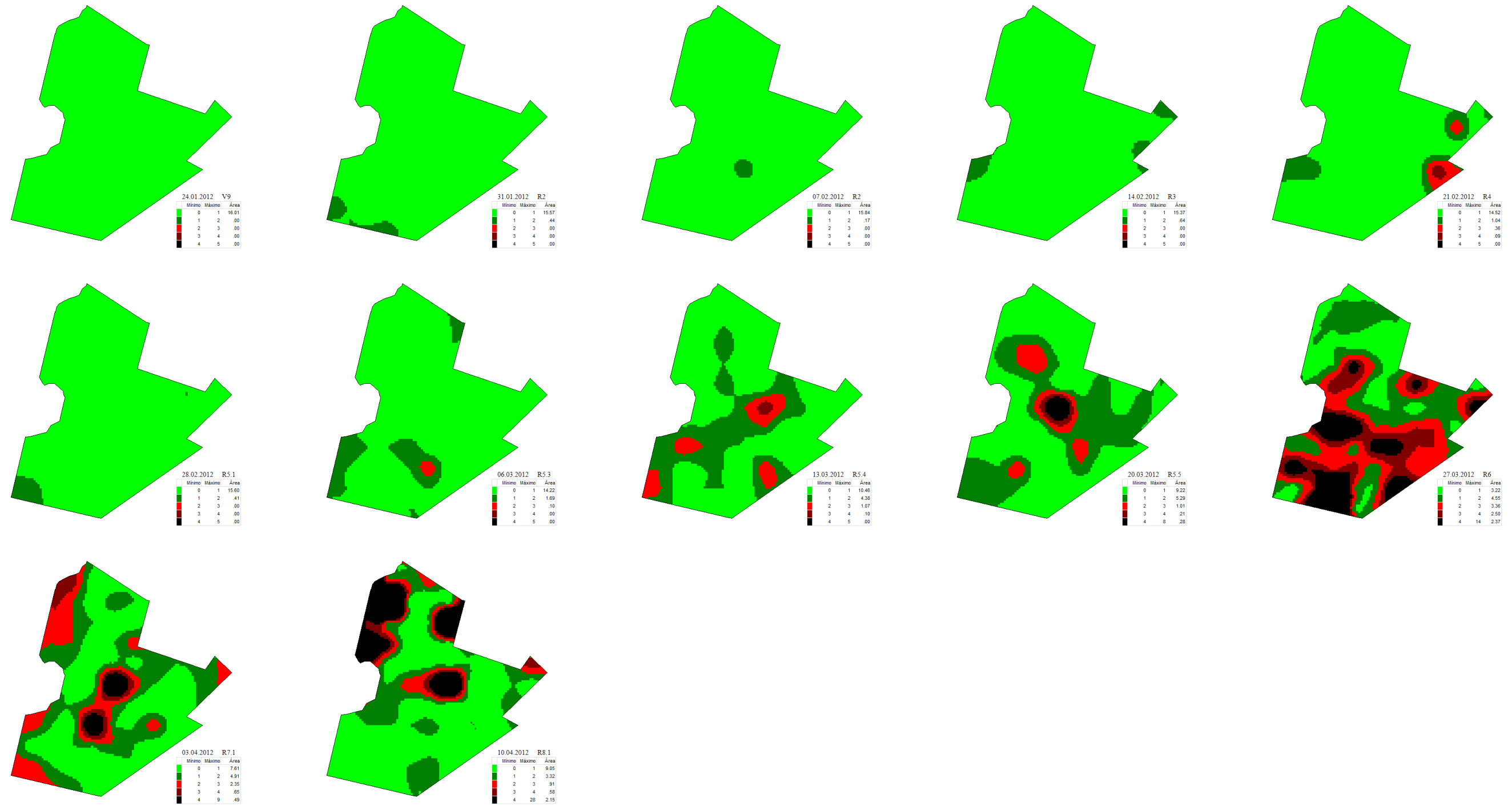


**Figura 31** - Ocorrência e localização de percevejos na cultura da soja na área nº 3, em 11 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2011/2012.



**Figura 32** - Ocorrência e localização de percevejos na cultura da soja na área n° 4, em 10 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2011/2012.





**Figura 33** - Ocorrência e localização de percevejos na cultura da soja na área nº 5, em 12 amostragens realizadas no decorrer do ciclo da cultura. Santa Maria/RS, safra 2011/2012.

#### **4.4.5 Relações econômicas da utilização de técnicas de agricultura de precisão no controle de percevejos em soja.**

O controle localizado de percevejos foi realizado em três áreas experimentais na safra 2010/11 e em cinco áreas na safra 2011/12. A partir disso foi realizado o cálculo dos custos do inseticida e da mão-de-obra para o controle localizado e sua comparação com os custos estimados para o controle em área total (Tabela 4).

Com a utilização do controle localizado, na média o inseticida foi aplicado somente em 51,08% das áreas, gerando uma economia média de 48,92 % de produto. Deve ser salientado que o custo da operação de aplicação não foi alterado, pois embora a aplicação fosse localizada, o conjunto trator + pulverizador percorreu toda a área cultivada, cessando a aplicação sobre as áreas com baixa densidade da praga.

Deve-se considerar que existe uma exigência maior de mão-de-obra para a aplicação localizada, pois a amostragem deve ser mais cuidadosa que a amostragem convencional. O número de amostras necessárias numa avaliação convencional é de oito em áreas de 11 a 30 hectares (REUNIÃO, 2010), como é o caso das lavouras do presente trabalho. Para a aplicação localizada, foram necessárias, em média, 48 amostras por área, ou seja, seis vezes mais.

O custo de pessoal para a amostragem foi calculado considerando-se dois trabalhadores para fazer a atividade, ocupando 10 minutos em cada ponto amostral, o que custou R\$1,85 por ponto. Para o manejo convencional o custo foi de R\$14,83 por área, enquanto que para o controle localizado a média foi de R\$110,50 por área. O custo médio com o inseticida foi de R\$164,68 por área submetida ao controle localizado de percevejos, enquanto que se fosse realizado o controle em área total o custo médio seria de R\$431,34 por área.

Pode ser observado que o custo da mão-de-obra é maior quando se utiliza o controle localizado de percevejos, porém com a economia de inseticida que proporciona, o resultado é positivo, gerando economia para o produtor. Estes resultados divergem do estudo feito por Krell et al. (2003) onde o custo da amostragem inviabilizou economicamente o controle localizado. No entanto, deve ser levado em consideração que houve reincidência de percevejos nas áreas após o controle localizado, e que não foi computado os prejuízos causados por estas falhas no controle.

**Tabela 4** - Comparação dos custos observados no controle convencional em relação ao controle localizado de percevejos em cinco áreas de cultivo e duas safras de soja.

Área experimental	Controle convencional					Controle localizado safra 2010/2011			Controle localizado safra 2011/2012					
	1	2	3	4	5	2	3	5	1	2	3	4	5	
Área (ha)	11,34	10,13	16,31	27	16,01	10,13	16,31	16,01	11,34	10,13	16,31	27	16,01	
Nº pontos amostrais	42	41	64	103	61	41	64	61	42	41	64	103	61	
Custo amostragem (R\$/área)	14,83	14,83	14,83	14,83	14,83	75,97	118,61	113,05	77,84	75,97	118,61	190,89	113,05	
Custo inseticida (R\$/área)	317,52	283,64	456,68	756,00	448,28	93,80	196,00	108,08	149,24	236,32	203,84	99,40	230,72	
Custo total/área (R\$/área)	332,35	298,47	471,51	770,83	463,11	169,77	314,61	221,13	227,08	312,29	322,45	290,29	343,77	
Custo médio/área (R\$/ha)	29,31	29,46	28,91	28,55	28,93	16,76	19,29	13,81	20,02	30,83	19,77	10,75	21,47	
Custo médio (R\$/ha)						29,03			16,62			20,57		

Houve um acréscimo no custo médio por hectare para o controle localizado na safra 2011/12 em relação a safra anterior devido ao maior tamanho das áreas onde os percevejos ultrapassaram o nível de controle e foi necessário a aplicação de inseticida. Estes resultados reforçam a constatação de que a distribuição dos percevejos na área e a sua flutuação populacional, que são variáveis de um ano para o outro (ROGGIA, 2009), influenciam no custo do controle localizado.

#### 4.5 Conclusões

- O controle localizado de percevejos em soja reduz a aplicação de inseticida em relação ao controle em área total, mas permite a reinfestação pela praga acima do nível de controle na área.
- A malha amostral de 50m x 50m é adequada para a determinação da distribuição espacial de percevejos em soja.

## 5 DISCUSSÃO

A agricultura enfrenta constantemente o desafio da modernização objetivando aumentar a produtividade, diminuir os custos e minimizar o impacto no meio ambiente. A indústria de máquinas, equipamentos, fertilizantes e agrotóxicos, aliados à pesquisa, tem desenvolvido soluções para os desafios que tem surgido (GUEDES *et al.*, 2010).

A utilização sincronizada do sistema de posicionamento global (GPS), da amostragem de pragas em campo, do mapeamento das populações (softwares) e da geoestatística, permitem o monitoramento e a evolução da distribuição das pragas.

Este conhecimento em tempo real, pode apoiar o manejo localizado das populações acima do nível de controle estabelecido, somente em áreas específicas ou localizadas e, por conseguinte, resultar em custo menor e redução de riscos ambientais.

O controle localizado de lagartas em soja é facilitado pelo elevado número de indivíduos tolerados pelo nível de controle, pela distribuição agregada das lagartas que formam “focos” ou “reboleiras” e, porque possuem baixa mobilidade na lavoura, o que permite a localização e o controle adequados.

A distribuição agregada também é uma característica dos percevejos, porém os “focos” ou “reboleiras” são efêmeras, pois possuem asas na fase adulta, o que lhes permite maior mobilidade. Outro agravante dos percevejos é o nível de controle extremamente baixo, reduzindo a precisão da densidade com a mobilidade de poucos indivíduos, alterando o mapa da distribuição espacial.

Com o sistema de controle localizado de lagartas em soja, foi possível retomar o equilíbrio da população na área com economia e menor interferência ambiental, mantendo a população abaixo do nível de controle até o final do cultivo, o que não aconteceu no caso do controle localizado de percevejos devido a ineficiência do sistema de controle. O sucesso no controle localizado de lagartas e percevejos depende de uma amostragem eficiente e da agilidade no processo de aplicação do inseticida.

Para a aplicação de inseticidas, já existem no mercado equipamentos que interpretam mapas de distribuição dos insetos, fazendo a aplicação localizada, necessitando-se ainda de algum dispositivo que seja capaz de mapear os insetos, seja por imagem ou sensores que detectem e quantifiquem os insetos no campo, o que hoje ainda não é possível. Com a automatização da amostragem será permitido amostrar e controlar em tempo real, o que aumenta a precisão pela menor possibilidade de deslocamento do inseto.

A economicidade da aplicação de técnicas de agricultura de precisão no controle de insetos é complexa, devido aos inúmeros fatores envolvidos, como a cultura, método de amostragem, programas de mapeamento, custo do inseticida e da aplicação, distribuição dos insetos na área e valor da produção. Também inclui efeitos benéficos geralmente não quantificados, como a preservação dos inimigos naturais e a menor contaminação ambiental, que entretanto, motivam a pesquisa, desenvolvimento e adoção na agricultura brasileira.

## 6 CONCLUSÃO GERAL

- A malha amostral de 50m x 50m é adequada para a amostragem de lagartas e de percevejos em soja para fins de mapeamento da distribuição espacial.
- O controle localizado de lagartas em soja permite manter a população abaixo do nível de controle, enquanto que para percevejos ocorre a reinfestação da área, em níveis acima do nível de controle estabelecido.
- A economia de inseticida proporcionada pelo controle localizado de lagartas e de percevejos em soja, supre o custo adicional de mão-de-obra, necessária à amostragem.

## REFERÊNCIAS

- AGÜERO, M. A. F. **Ocorrência, distribuição espaço-temporal e flutuação da população de percevejos pentatomídeos em sucessões culturais sob pivô central e áreas adjacentes**. 2010. 83f. Dissertação (Mestrado em agronomia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.
- AMARAL, J. L. D. *et al.* Flutuação populacional de espécies de pássaros insetívoros em áreas de pastagens infestadas pelo *Atarsocoris brachiariae* Becker, 1996. **Biodiversidade**, v. 6, n.1, 2007.
- BAIO, F. H. R.; ANTUNIASSI, U. R. Sistemas de controle eletrônico e navegação para pulverizadores. In: Antuniassi, U.R.; Boller, W. Org. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, p. 123-141, 2011.
- BALDIN, E. L. L.; FUJIHARA, R. T. Ordem hemiptera. In: Fujihara, R.T. et al.. Ed. **Insetos de importância econômica: guia ilustrado para identificação de famílias**. Ed. FEPAF, p. 133-176, 2011.
- BLACKSHAW, R. P.; VERNON, R. S. Spatiotemporal stability of two beetle populations in non-farmed habitats in an agricultural landscape. **Journal of Applied Ecology**, v. 43, n. 4, p. 680 - 689, 2006.
- BONADIMAN, R. **Pontas de pulverização e volumes de calda no controle de *Anticarsia gemmatilis* Hübner, 1818 e *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) na cultura da soja *Glicine max.*** 2008. 70f. Dissertação. (Mestrado em engenharia agrícola)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- BONGIOVANNI, R.; LOWENBERG-DEBOER, J. Precision Agriculture and Sustainability. **Precision agriculture**, v. 5, p. 359 - 387, 2004.
- CARVALHO, N. L.; BARCELLOS, A. L. Adoção do manejo integrado de pragas baseado na percepção e educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET/UFSM**, v. 5, n. 5, p. 749-766, 2012.
- CID, R. Agricultura de precisión y aplicación de agroquímicos. **7º Curso de Agricultura de Precisión y 2ª Expo de Máquinas Precisas**. Disponível em: <http://www.agriculturadeprecision.org/7moCursoAgPrec/Publicacion/Downloads/libro7moCursoAgPrec.pdf> Acesso em 23/03/2012, p. 160-172, 2007.
- CONAB. **Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab**. Brasília, 2010.
- CORRÊA-FERREIRA, B. S. *et al.* Práticas de manejo de pragas utilizadas na soja e seu impacto sobre a cultura. **EMBRAPA - Circular Técnica**, n. 78, 15p., 2010.
- \_\_\_\_\_. Percevejos e a qualidade da semente de soja - Série sementes. **EMBRAPA - Circular Técnica n.67**, 16p., 2009.



CORRÊA-FERREIRA, B. S.; PANIZZI, A. R. Percevejos da soja e seu manejo. **EMBRAPA-CNPSO. Circular Técnica 24**, 45p., 1999.

COSTA, C. C. D.; GUILHOTO, J. J. M. Impactos da agricultura de precisão na economia brasileira. In: **Agricultura de precisão: Um novo olhar**. EMBRAPA Instrumentação - São Carlos - SP. Disponível em: <http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2/laboratorio-nacional-de-agricultura-de-precisao/livro-agricultura-de-precisao-um-novo-olhar/comtra-capa-sumario> acesso em 27/03/2012, p. 307-313, 2011.

COSTA, E. C.; LINK, D. Danos causados por algumas espécies de pentatomidae em duas variedades de soja. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, v. 7, n. 3, p. 199-206, 1977.

DAL-PRÁ, E. **Geoestatística e imagens orbitais para caracterizar a distribuição espacial e danos de larvas de melolontídeos em cereais de inverno**. 2010. 82 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

DAL-PRÁ, E. *et al.* Uso da geoestatística para caracterização da distribuição espacial de larvas de *Diloboderus abderus*. **Ciência Rural**, v. 41, n. 10, p. 1689 - 1694, 2011.

ESCOLÁ, A. Agricultura de precisión y aplicación de productos fitosanitarios. In: Magdalena, J.C. coord. **Tecnología de aplicación de agroquímicos**, p. 179-196, 2010.

ESQUERDO, J. C. D. M. **Adaptação de um pulverizador convencional para a aplicação localizada de defensivos agrícolas**. 2002. 98 f. Dissertação (Mestrado em agronomia)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

FLEISCHER, S. J. *et al.* Sampling in Precision IPM: When the Objective Is a Map. **Phytopathology**, v. 89, p. 1112-1118, 1999.

GAMUNDI, J. C.; SOSA, M. A. Caracterización de daños de chinches en soja y criterios para la toma de decisiones de manejo. . In: E.V. Trumper & J.D. Edelstein (Ed.), **Chinches fitófagas en soja. Revisión Y avances en el estudio de su ecología y manejo**. Ediciones INTA, Manfredi, p. 129 - 148, 2007.

GIOTTO, E. **CR CAMPEIRO 7 - Sistema de informações gerenciais de propriedades rurais**. Santa Maria: Laboratório de Geomática - DER/CCR/UFSM, 2010.

GUEDES, J. V. C. *et al.* Percevejos da soja: novos cenários, novo manejo. **Revista Plantio Direto**, Janeiro/fevereiro, p. 28-34, 2012.

GUEDES, J. V. C.; MAZIERO, H. Tecnologia de aplicação de inseticidas. In: Antuniassi, U.R.; Boller, W. Org. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu: FEPAF, p. 241-251, 2011.

GUEDES, J. V. C. *et al.* Nova dinâmica. **Revista Cultivar grandes culturas**, n. 139, p. 24-26, 2010.

HOFFMANN-CAMPO, C. B. *et al.* Pragmas da soja no Brasil e seu manejo integrado. **EMBRAPA soja - Circular Técnica n. 30**. 70p., 2000.

HOFFMANN, C. B. *et al.* Incidência estacional de *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson em *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 e *Plusia* spp. relacionada com fatores climáticos. **Anais do I seminário nacional de pesquisa de soja**, v. 2, p. 11-15, 1979.

IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/download/estatistica.shtm> Acesso em 05/04/2012, p. 80-81, 2012.

KARIMZADEH, R. *et al.* Assessing the impact of site-specific spraying on control of *Eurygaster integriceps* (Hemiptera: Scutelleridae) damage and natural enemies. **Precision agriculture**, v. 12, p. 576-593, 2011.

KOGAN, M. *et al.* Pilot insect pest management program for soybean in Southern Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 5, p. 659-663, 1977.

KRELL, R. K. *et al.* Comparison of estimated costs and benefits of site-specific versus uniform management for the bean leaf beetle in soybean. **Precision agriculture**, v. 4, p. 401-411, 2003.

LECHNER, W.; BAUMANN, S. Global navigation satellite systems. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 25, p. 67-85, 2000.

LLORENS, J. *et al.* Variable rate dosing in precision viticulture: Use of electronic devices to improve application efficiency. **Crop Protection**, v. 29, p. 239-248, 2010.

MAZIERO, H. **Estudos de tecnologias de aplicação e inseticidas para o controle de percevejos fitófagos na cultura da soja**. 2006. 46f. Dissertação (Mestrado em agronomia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MCKINION, J. M. *et al.* Spatially variable insecticide applications for early season control of cotton insect pests. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 67, p. 71-79, 2009.

MORAES, R. R. D. *et al.* Flutuação populacional de *Plusiinae* e *Anticarsia Gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) em soja no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 51-56, 1991.

NAKANO, O. **Entomologia Econômica**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2011.

PANIZZI, A. R. *et al.* Insetos da soja no Brasil. **EMBRAPA-CNPSO. Boletim técnico**, 1, 1977.

PARK, Y.-L. *et al.* Spatial Variability in Corn and Soybean Insect Pests: Precision Farming and Insect Pest Management for the Future. **International Plant Nutrition Institute - Site-Specific Management Guidelines** v. 27, Disponível em: [http://www.ipni.net/ppiweb/ppibase.nsf/\\$webindex/article=BFDC7E2285256966006489A547645E18](http://www.ipni.net/ppiweb/ppibase.nsf/$webindex/article=BFDC7E2285256966006489A547645E18) Acesso em 14/04/12, 5p., 2012.

\_\_\_\_\_. Theory, Technology, and Practice of Site-Specific Insect Pest Management. **J. Asia-Pacific Entomology**, v. 10, n. 2, p. 89-101, 2007.

PEREIRA, P. R. V. D. S.; SALVADORI, J. R. Aspectos populacionais de percevejos fitófagos ocorrendo na cultura da soja (Hemiptera: Pentatomidae) em duas áreas do norte do Rio Grande do Sul. **EMBRAPA - Comunicado Técnico 253** - Passo Fundo, RS, 2008.

PIRES, J. L. F. *et al.* Discutindo agricultura de precisão - Aspectos gerais. Passo Fundo - **EMBRAPA Trigo- Documentos online**, v. 42. Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do42.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do42.htm) Acesso em 29/03/12. 18p. 2004.

**REUNIÃO**. Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2010/2011 e 2011/2012. In: 38ª Reunião de pesquisa da soja da região sul, Cruz Alta, RS. FUNDACEP FECOTRIGO, 2010. 168p.

RIFFEL, C. T. **Ferramentas da agricultura de precisão no monitoramento e manejo da lagarta da soja *Anticarsia gemmatalis* (Hübner,1818) (Lepidoptera: Noctuidae) na região do planalto do Rio Grande do Sul, Brasil**. 2010. 93f. Tese. (Doutorado em fitossanidade)-Universidade Federal de Pelotas, 2010.

RIFFEL, C. T. *et al.* Densidade amostral aplicada ao monitoramento georreferenciado de lagartas desfolhadoras na cultura da soja. **Ciência Rural**, v. 42, n. 12, p. 2112-2119, 2012.

RITCHIE, S. W. *et al.* How a soybean plant develops. **Ames: Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service** 20p.(Special Report, 53), 1982.

ROGGIA, R. C. R. K. **Distribuição espacial e temporal de percevejos da soja e comportamento de *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) (Hemiptera: Pentatomidae) na soja (*Glycine max* (L.) Merrill) ao longo do dia**. 2009. 128f. Tese (Doutorado em agronomia)-Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

SALUSO, A. *et al.* **Guía práctica para el control químico de artrópodos plaga en soja considerando el riesgo de toxicidad aguda para las aves**. Estación Experimental Agropecuaria Paraná - Serie Extensión n°38 - INTA - ENTRE RÍOS - Proyecto monitoreo ecotoxicológico de biodiversidad en agroecosistemas pampeanos. 22p., 2005.

SOUZA, L. A. *et al.* Distribuição espacial de *Piezodorus guildinii* na cultura da soja. In: Oliveira Junior, A. de et al.; Ed. - Resumos da XXXII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil - São Pedro, SP, agosto de 2011. EMBRAPA Soja - **Resumos expandidos da XXXII Reunião de pesquisa de soja da região central do Brasil**. Londrina, 2011.368p. v. 32, 2011a.

\_\_\_\_\_. Distribuição espacial de Spodoptera eridania na cultura da soja. In: Oliveira Junior, A. de et al.; Ed. - Resumos da XXXII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil - São Pedro, SP, agosto de 2011. EMBRAPA soja - **Resumos expandidos da XXXII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 368p. v. 32, 2011b.

STÜRMER, G. R. *et al.* Distribuição espacial e temporal de percevejos na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em Santa Maria. **XV Simpósio de ensino, pesquisa e extensão - SEPE - Educação e ciência na era digital**. UNIFRA, Santa Maria, RS. 2011.

TEMPLE, J. H. **Evaluating precision agricultural technologies in a louisiana cotton insect pest management system**. 2007. 64 f. Thesis (Master of Science) - Department of Entomology, University of Louisiana at Monroe, Louisiana, 2007.

VIVAN, L. M.; DEGRANDE, P. E. Pragas da soja. In: Fundação MT - **Boletim de pesquisa de soja nº 15 - 2011**, p. 239-297, 2011.

YORINORI, J. T. Cancro da haste da soja: Epidemiologia e controle. Londrina: **EMBRAPA Soja. Circular técnica 14**, 75p. 1996.

**Anexo A - Dados mensais das condições do tempo durante o período experimental nos anos de 2011 e 2012.**

		Número de dias com precipitação	Umidade relativa média (%)	Precipitação total (mm)	Insolação total (hs)	Temperatura máxima média (°C)	Temperatura mínima média (°C)	Temperatura compensada média (°C)
2011	Janeiro	9	76,85	127,1	247,0	32,45	21,62	26,06
	Fevereiro	14	78,59	165,8	195,5	30,02	20,77	24,61
	Março	6	75,64	54,9	229,4	28,85	17,97	22,42
	Abril	9	79,93	164,9	198,9	26,58	14,71	19,42
2012	Janeiro	6	63,05	68,8	283,0	32,99	19,4	25,51
	Fevereiro	8	73,38	135,4	199,2	33,09	21,2	26,20
	Março	6	72,85	151,1	262,6	30,32	17,0	22,55
	Abril	9	81,56	108,7	201,5	25,47	13,7	18,58

Fonte: [HTTP://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep)