

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

**GEOESTATÍSTICA E IMAGENS ORBITAIS PARA
CARACTERIZAR A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E
DANOS DE LARVAS DE MELOLONTÍDEOS EM
CEREAIS DE INVERNO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Elder Dal Prá

Santa Maria, RS, Brasil

2010

**GEOESTATÍSTICA E IMAGENS ORBITAIS PARA
CARACTERIZAR A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E DANOS DE
LARVAS DE MELOLONTÍDEOS EM CEREAIS DE INVERNO**

por

Elder Dal Prá

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de concentração em Mecanização Agrícola, Linha de Pesquisa em Tecnologia de Aplicação de insumos na agricultura, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção de grau de **Mestre em Engenharia Agrícola.**

Orientador: Prof. Jerson Vanderlei Carús Guedes

Santa Maria, RS, Brasil

2010

P895g Dal Prá, Elder, 1983-

Geoestatística e imagens orbitais para caracterizar a distribuição espacial e danos de larvas de melolontídeos em cereais de inverno / Elder Dal Prá. - 2010.
82 f. ; il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2010.
"Orientador: Prof. Jerson Vanderlei Carús Guedes"

1. Engenharia agrícola 2. Agricultura de precisão 3. Sensoriamento remoto 4. Semivariograma 5. *K-means* 6. Melolonthidae I. Guedes, Jerson Vanderlei Carús II. Título

CDU: 631.42

Ficha catalográfica elaborada por
Patrícia da Rosa Corrêa – CRB 10/1652
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

© 2010

Todos os direitos autorais reservados a Elder Dal Prá. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Av. Roraima, Depto de Defesa Fitossanitária, prédio 42, sala 3225. Bairro Camobi, Santa Maria, RS, 97105-900.

Fone: (55) 3220-8015 ou (55) 9612-2262. E-mail: elderdalpra@hotmail.com

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

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**GEOESTATÍSTICA E IMAGENS ORBITAIS PARA CARACTERIZAR A
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E DANOS DE LARVAS DE
MELOLONTÍDEOS EM CEREAIS DE INVERNO**

elaborada por
Elder Dal Prá

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA:

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

Liane de Souza Weber, Dr^a. (UFSM)

Fernando Felisberto da Silva, Dr. (UNIPAMPA)

Santa Maria, 01 de março de 2010.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Elvirio e Deonilde, a minha irmã Jaqueline e a Marina minha namorada, pelo exemplo de honestidade, justiça, carinho, dedicação, respeito e compreensão, vocês tornaram possível a concretização desse objetivo, essa vitória é nossa.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela realização deste curso.

Ao Prof. Dr. Jerson Vanderlei Carús Guedes, pela orientação, pelo apoio, pelo incentivo, mas principalmente pela amizade e pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional.

Aos membros do Comitê de Orientação, Liane de Souza Weber e Fernando Felisberto da Silva pelas sugestões, críticas e contribuições na melhoria deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Defesa Fitossanitária Jorge França, Angelita Martins, Marizete Pozzobon, pelo apoio prestado.

À Mariana Alejandra Chermam, Affonso Hermeto Jung e Carlos Anhaia, pela ajuda nos trabalhos em campo, identificação das espécies e elaboração dos mapas, sem a ajuda de vocês este trabalho não seria possível.

Aos colegas de pós-graduação, Cristiane Stecca, Sandro Borba Possebon, Juliano Ricardo Farias, Débora Graciani Schallemberger, Giliardi Dalazen e Rodrigo Borkowski Rodrigues, pela amizade e ajuda.

Aos estagiários e bolsistas do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da UFSM, pelo auxílio na condução dos trabalhos, pelo coleguismo e amizade.

Aos meus pais, Elvirio e Deonilde agradeço pelo empenho, esforço, dedicação, incentivo e apoio incondicionais.

A minha namorada Marina pelo amor, incentivo, compreensão e ajuda nas adversidades.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente, contribuíram para o êxito do trabalho, meus agradecimentos.

“Não é preciso ter os olhos abertos para ver o sol, nem é preciso ter os ouvidos afiados para ouvir o trovão. Para ser vitorioso você precisa ver o que não está visível.”

(Sun Tzu)

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Distribuição geográfica dos Municípios no Estado do Rio Grande do Sul, nos quais foram realizados os estudos da distribuição espacial de larvas de melolontídeos.....25
- Figura 2** – Trincheira utilizada para o levantamento de larvas de melolontídeos.26
- Figura 3** – Parâmetros do semivariograma experimental utilizado (adaptado de GUERRA, 1988).....28
- Figura 4** – Semivariogramas ajustados pelo modelo esférico para: (a) densidade total de larvas, (b) *Diloboderus abderus*, (c) *Cyclocephala flavipennis*. São Francisco de Assis, RS, 2009.....30
- Figura 5** – Mapas da distribuição espacial de larvas de melolontídeos resultantes da krigagem ordinária: (a) densidade total de larvas, (b) *Diloboderus abderus*, (c) *Cyclocephala flavipennis*. São Francisco de Assis, RS, 2009.....32
- Figura 6** – Semivariogramas ajustados pelo modelo esférico para: (a) densidade total de larvas, (b) *Cyclocephala flavipennis*, (c) *Diloboderus abderus*, (d) *Liogenys* sp.. Cruz Alta, RS, 2009.....34
- Figura 7** – Mapas da distribuição espacial de larvas de melolontídeos resultantes da krigagem ordinária: (a) densidade total de larvas, (b) *Cyclocephala flavipennis*, (c) *Diloboderus abderus*, (d) *Liogenys* sp.. Cruz Alta, RS, 2009.36
- Figura 8** – Semivariogramas ajustados pelo modelo esférico para: (a) densidade total de larvas, (b) *Cyclocephala modesta*, (c) *Cyclocephala flavipennis*, (d) *Liogenys* sp.. Ijuí, RS, 2009.....38

Figura 9 – Mapas da distribuição espacial de larvas de melolontídeos resultantes da krigagem ordinária: (a) densidade total de larvas, (b) <i>Cyclocephala modesta</i> , (c) <i>Cyclocephala flavipennis</i> , (d) <i>Liogenys</i> sp.. Ijuí, RS, 2009.....	40
Figura 10 – Semivariogramas ajustados pelo modelo esférico para: (a) densidade total de larvas, (b) <i>Cyclocephala flavipennis</i> , (c) <i>Diloboderus abderus</i> . Lagoa Vermelha, RS, 2009.	41
Figura 11 – Mapas da distribuição espacial de larvas de melolontídeos resultantes da krigagem ordinária: (a) densidade total de larvas, (b) <i>Cyclocephala flavipennis</i> , (c) <i>Diloboderus abderus</i> . Lagoa Vermelha, RS, 2009.	42
Figura 12 – Semivariogramas ajustados pelo modelo esférico para: (a) densidade total de larvas, (b) <i>Cyclocephala flavipennis</i> . Vacaria, RS, 2009.	44
Figura 13 – Mapas da distribuição espacial de larvas de melolontídeos resultantes da krigagem ordinária: (a) densidade total de larvas, (b) <i>Cyclocephala flavipennis</i> . Vacaria, RS, 2009.	45
Figura 14 – Carta imagem contendo a área de estudo (vermelho). Tapejara, RS, 2009.	67
Figura 15 – Semivariograma ajustado pelo modelo esférico para a densidade total de larvas. Tapejara, RS, 2009.....	70
Figura 16 – Distribuição espacial de larvas de melolontídeos (<i>Diloboderus abderus</i> e <i>Demodema brevitarsis</i>) resultantes da krigagem ordinária. Tapejara, RS, 2009.	71
Figura 17 – Mapa do dano das larvas de melolontídeos resultante da krigagem ordinária. Tapejara, RS, 2009.	73
Figura 18 – Mapa do dano das larvas de melolontídeos resultante da imagem orbital. Tapejara, RS, 2009.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição por classe populacional da densidade de larvas de melolontídeos. São Francisco de Assis, RS, 2009.....	33
Tabela 2 – Distribuição por classe populacional da densidade de larvas de melolontídeos. Cruz Alta, RS, 2009.	37
Tabela 3 – Distribuição por classe populacional da densidade de larvas de melolontídeos. Ijuí, RS, 2009.	39
Tabela 4 – Distribuição por classe populacional da densidade de larvas de melolontídeos. Lagoa Vermelha, RS, 2009.....	43
Tabela 5 – Distribuição por classe populacional da densidade de larvas de melolontídeos. Vacaria, RS, 2009.....	46
Tabela 6 – Parâmetros dos semivariogramas ajustados pelo modelo esférico, relativos à distribuição espacial de larvas de melolontídeos em municípios do Rio Grande do Sul em 2009.	47
Tabela 7 – Intervalo de aceitação dos resultados do índice Kappa (GALPARSORO; FERNANDÉZ, 1999).	69
Tabela 8 – Distribuição de larvas de melolontídeos por classe populacional. Tapejara, RS, 2009.	72
Tabela 9 – Matriz de confusão resultante da classificação (linhas) e mapa de referência (colunas). Tapejara, RS, 2009.....	75

SUMÁRIO

RESUMO	12
ABSTRACT	13
CAPÍTULO I	14
Resumo	14
Abstract	15
1.1 Introdução	16
1.2 Revisão bibliográfica	18
1.2.1 Larvas de melolontídeos	18
1.2.2 Agricultura de precisão.....	21
1.3 Material e métodos	24
1.3.1 Locais.....	24
1.3.2 Amostragem.....	25
1.3.3 Análise geoestatística.....	27
1.3.4 Mapas populacionais.....	28
1.4 Resultados e discussão	30
1.5 Conclusões	49
1.6 Referências bibliográficas	51
CAPÍTULO II	57
Resumo	57
Abstract	58
2.1 Introdução	59
2.2 Revisão bibliográfica	60
2.2.1 Sensoriamento remoto	60
2.2.2 Processamento digital de imagens.....	62
2.2.3 Coró-das-pastagens (<i>Diloboderus abderus</i>) e coró-sulino-da-soja (<i>Demodema brevitarsis</i>).....	64

2.3 Material e métodos	64
2.3.1 Local.....	66
2.3.2 Amostragem.....	66
2.3.3 Mapa da população de larvas.....	68
2.3.4 Obtenção e classificação da imagem.....	68
2.4 Resultados e discussão	70
2.5 Conclusões	77
2.6 Referências bibliográficas	78

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

GEOESTATÍSTICA E IMAGENS ORBITAIS PARA CARACTERIZAR A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E DANOS DE LARVAS DE MELOLONTÍDEOS EM CEREAIS DE INVERNO

AUTOR: ELDER DAL PRÁ

ORIENTADOR: JERSON VANDERLEI CARÚS GUEDES

Data e local da defesa: Santa Maria, 01 de março de 2010

Este trabalho teve por objetivo analisar a distribuição espacial e a utilização de imagens orbitais na identificação de danos de corós. Será apresentado em dois capítulos; no capítulo um, apresenta-se a caracterização geoestatística da distribuição espacial de larvas de melolontídeos e o capítulo dois descreve o uso de imagens orbitais na identificação dos danos de larvas de melolontídeos. Para isso foram feitos estudos no ano de 2009, em São Francisco de Assis, Cruz Alta, Ijuí, Lagoa Vermelha, Vacaria e Tapejara, RS. O perímetro das áreas foram demarcados com GPS de navegação, com interface para computador-de-mão, utilizou-se o programa computacional CR-Campeiro para confeccionar os grides de amostragem, a partir da abertura de uma trincheira por ponto do gride e com a contagem das larvas encontradas, foi estimada a densidade populacional, a análise da variabilidade espacial foi feita com semivariogramas, os mapas foram gerados com o programa computacional ArcGis 9.3, e a dependência espacial estimada pela classificação de Cambardella et al. (1994). A imagem de satélite é oriunda do satélite ALOS, do qual selecionou-se uma cena do sensor PRISM, com resolução espacial de 2,5 m, esta possui dimensão de 35 x 70 km, a classificação da imagem orbital e do mapa da distribuição espacial de corós foi efetuada no programa computacional ENVI; para tal foi utilizada a classificação não supervisionada, pelo algoritmo *K-means*, para avaliar a exatidão da classificação, esta foi relacionada com a verdade de campo (larvas m⁻²). Os modelos ajustados são diferentes para as espécies e áreas; a distribuição espacial das larvas de melolontídeos apresenta dependência espacial em todas as áreas; os semivariogramas indicam que as espécies de corós apresentam comportamento de variabilidade espacial diferenciado; os grides amostrais e a técnica de amostragem podem ser utilizados para caracterizar a distribuição espacial de corós; o mapa da distribuição espacial de larvas de melolontídeos demonstrou o comportamento agregado dessas espécies; as larvas de melolontídeos influenciaram na resposta espectral da cultura; o coeficiente Kappa é considerado bom; a imagem ALOS permite identificar os danos de larvas de melolontídeos.

Palavras-chave: agricultura de precisão; sensoriamento remoto; semivariograma; krigagem; classificação; *K-means*; Melolonthidae.

ABSTRACT

Master Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

GEOSTATISTICS AND ORBITAL IMAGES FOR CHARACTERIZING THE SPATIAL DISTRIBUTION AND DAMAGES OF LARVAL MELOLONTÍDEOS IN WINTER CROPS

AUTHOR: ELDER DAL PRÁ

ADVISER: JERSON VANDERLEI CARÚS GUEDES

Date and place of examination: Santa Maria, march, 01th, 2010

This study aimed to analyze the spatial distribution and use of orbital images for the identification of white grub damage. Will be presented in two chapters, the chapter one, presents the geostatistical characterization of white grub spatial distribution and chapter two describes the use of orbital images for the identification of white grub damage. Surveys were made during 2009 in São Francisco de Assis, Cruz Alta, Ijuí, Lagoa Vermelha, Vacaria and Tapejara, RS. The perimeters of the areas were marked with GPS navigation, with interface for computer-to-hand, used the CR-Campeiro software to create grids of sampling. The population density was estimated from soil trenches, the analysis of spatial variability was made with semivariograms, maps were generated with the ArcGIS 9.3 software, and spatial dependence estimated by classification of Cambardella et al. (1994). The satellite image is from the ALOS satellite, a scene was selected from the PRISM sensor with spatial resolution of 2.5 m, which has a dimension of 35 x 70 km. The classification of the orbital image and white grub spatial distribution map was performed in ENVI software, for this we used the unsupervised classification, the K-means algorithm to evaluate the classification accuracy; this was related to the true field (larvae m⁻²). The models are adjusted for different species and areas, and the species of white grubs present spatial dependence in all areas, the semivariograms indicate that the species of white grubs have different behavior spatial variability, the sampling grids and sampling can be used to characterize the spatial distribution of white grubs, the map of the spatial distribution of white grubs pests showed the aggregate behavior of these species, white grubs influence the spectral response of culture, Kappa coefficient is considered good, the ALOS image to identify white grubs damage.

Keywords: precision farm; remote sensing; kriging; semivariogram; classification; K-means; Melolonthidae.

CAPÍTULO I

CARACTERIZAÇÃO GEOESTATÍSTICA DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE LARVAS DE MELOLONTÍDEOS

Resumo

Este trabalho teve por objetivo analisar a distribuição espacial de espécies de larvas de melolontídeos, em lavouras no Estado do Rio Grande do Sul. Foram realizados amostragens no ano 2009, em São Francisco de Assis, Cruz Alta, Ijuí, Lagoa Vermelha e Vacaria. Os perímetros das áreas foram demarcados com GPS de navegação, com interface para computador-de-mão. Utilizou-se o programa computacional CR-Campeiro para confeccionar os grides de amostragem. A densidade populacional foi estimada com a abertura de trincheiras em cada um dos pontos amostrais. A análise da variabilidade espacial foi feita através de semivariogramas, utilizando o programa computacional ArcGis 9.3. Os mapas foram gerados com os dados da contagem de insetos e, para a análise da dependência espacial, foi utilizada a classificação de Cambardella et al. (1994). Os semivariogramas indicam que as larvas das espécies *Diloboderus abderus* Sturm, *Cyclocephala flavipennis* Arrow, *Cyclocephala modesta* Burmeister, *Liogenys* sp. apresentam variabilidade espacial diferenciada, pois os valores dos alcances e dos patamares são diferentes. Essa diferença origina mais de um modelo ajustado para explicar o comportamento espacial das espécies. Os grides de amostragem utilizados foram apropriados para caracterizar a distribuição espacial de larvas. Os mapas da distribuição espacial demonstram o comportamento agregado das larvas de melolontídeos.

Palavras-chave: agricultura de precisão; semivariograma; krigagem; Melolonthidae.

GEOSTATISTICAL CHARACTERIZATION OF SPATIAL DISTRIBUTION OF LARVAL MELOLONTÍDEOS

Abstract

This study aimed to analyze the spatial distribution of species of white grubs in crops in Rio Grande do Sul. Surveys were made in 2009 in São Francisco de Assis, Cruz Alta, Ijuí, Lagoa Vermelha and Vacaria. The perimeters of the areas were marked with GPS navigation, with interface for pocket-pc. We used the software CR-Campeiro to create the sampling grids. The population density was estimated from soil trenches in each of the sampling points. The analysis of spatial variability was carried out by semivariograms, using software ArcGIS 9.3. The maps were generated from the data counts; for the analysis of spatial dependence was used the classification of Cambardella et al. (1994). The semivariograms indicate that the larvae of species *Diloboderus abderus* Sturm, *Cyclocephala flavipennis* Arrow, *Cyclocephala modesta* Burmeister, *Liogenys* sp. have different spatial variability, because the values of the ranges and the levels are different. This difference originates more from a fitted model to explain the spatial behavior of the species. The sampling grids used were appropriate to characterize the spatial distribution of larvae. Spatial distribution maps show the aggregate behavior the white grubs.

Keywords: precision farm; kriging; semivariogram; Melolonthidae.

1.1 Introdução

A ocorrência de pragas de solo é um dos principais problemas enfrentados pelos cultivos agrícolas para expressar seu potencial produtivo. Nesse contexto, alguns insetos de hábito subterrâneo alcançaram condição de praga, provavelmente favorecidos pela adoção do plantio direto e pela ampliação das áreas de cultivo.

Na família Melolonthidae encontram-se espécies conhecidas vulgarmente como corós, cujas larvas se alimentam das raízes das plantas, levando-as à morte ou reduzindo sua produtividade. Na região Sul do país ocorrem inúmeras espécies de corós, dentre elas citam-se *Diloboderus abderus* Sturm, *Phyllophaga triticophaga* Morón; Salvadori, *Cyclocephala flavipennis* Arrow e *Bothynus* sp. (Coleoptera: Melolonthidae) (PEREIRA; SALVADORI, 2006).

O monitoramento das populações de corós é importante para identificar a presença e a distribuição espacial destes, como forma de conhecer o momento e os locais da área em que se deve utilizar métodos de proteção de sementes e de plântulas. Assim, o desenvolvimento de pesquisa relacionada 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, são importantes para o manejo integrado de pragas.

A coleta de informações sobre a distribuição de recursos minerais, animais e plantas sempre foi parte importante nas sociedades organizadas. Até recentemente, isto era feito apenas em documentos e em mapas de papel. Com o desenvolvimento na segunda metade do século passado, da tecnologia de informática, tornou-se possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional (MOLIN, 1997a). Dentro desse contexto, se deu o desenvolvimento da Agricultura de Precisão (AP), que tem como preceito a utilização de um conjunto de tecnologias, aplicadas de acordo com o sistema de manejo, permitindo estimar a variabilidade espacial. A AP é uma tecnologia que utiliza em conjunto sinais de satélite e programas computacionais para processamento, manipulação e interpretação de dados (PIRES et al., 2004).

Com isso, o uso da tecnologia da informação e a distribuição espacial de insetos, pode auxiliar no monitoramento e na manipulação das informações do ambiente produtivo, sendo de grande importância para a gestão de sistemas de manejo precisos, gerando economia de insumos e produzindo menor impacto ambiental. Portanto, a determinação da distribuição espacial de qualquer inseto é o primeiro passo para o desenvolvimento de planos de amostragem; além disso, esses dados são essenciais para a eficiência de estratégias integradas de manejo de insetos-praga.

Este trabalho teve por objetivo analisar a distribuição espacial de larvas de melolontídeos em lavouras no Estado do Rio Grande do Sul.

1.2 Revisão bibliográfica

1.2.1 Larvas de melolontídeos

A ocorrência de insetos-praga de solo tem sido cada vez maior, causando preocupações aos produtores brasileiros (SANTOS et al., 2008). Embora, a detecção de novos insetos-praga possa ser observada “de uma hora para outra” é oriunda de um processo de crescimento populacional gradual, no qual esses possam permanecer em níveis populacionais baixos ou então desenvolver populações que os tornam praga principal, ou secundária (SALVADORI et al., 2007).

No Brasil existem registradas 1.008 espécies de corós (MORÓN, 2004), no entanto, a maioria dos registros dos danos causados por esses insetos não estão relacionados à espécie devidamente identificada, assim, não é possível afirmar de forma segura o número de espécies existentes no Brasil (PEREIRA; SALVADORI, 2006).

O nome coró é a denominação popular das larvas da família Melolonthidae, que são do tipo escarabeiforme, com hábito edafícola e passando pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto (metamorfose completa); a fase larval é a mais longa, composta de três estádios (ínstares); o ciclo biológico é geralmente longo, havendo algumas espécies que podem chegar a três anos do ovo à emergência do adulto (OLIVEIRA, 2005).

Os corós rizófagos têm causado danos em lavouras no norte do Paraná, em São Paulo, em Minas Gerais, no Mato Grosso, no Mato Grosso do Sul e em Goiás (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000). Segundo, Santos; Ávila (2007), fatores como, a expansão de culturas para regiões inexploradas, a adoção de novas práticas de cultivo, a inclusão de novas espécies vegetais nos sistemas agrícolas, influenciaram a ocorrência desses insetos-praga.

O gênero *Liogenys* apresenta espécies que causam danos expressivos aos cultivos agrícolas na região Centro-oeste do Brasil. Dentre elas, *L. fuscus* e *L. suturalis*, Blanchard (Coleoptera: Melolonthidae) são as mais importantes. São espécies univoltinas (uma geração por ano), com o ciclo de

desenvolvimento em sincronia com a época de cultivo de culturas como a soja, o milho, o trigo e a aveia (COSTA et al., 2009; SANTOS; ÁVILA, 2007). Sua ocorrência também está relacionada à presença de restos culturais, os quais são importantes para reprodução, alimentação, elaboração dos ninhos e proteção dos ovos, podendo também ser usados como alimento para as larvas recém-eclodidas (SANTOS; ÁVILA, 2007).

A ocorrência de larvas de melolontídeos, em culturas graníferas na região Sul do país, não é fato recente. Entretanto, foi a partir das últimas décadas, com a expansão de áreas cultivadas em plantio direto, que esses insetos adquiriram maior importância econômica, em função dos danos gerados. Logo, a identificação de espécies e a geração de informações sobre biologia, resultaram em práticas de manejo (GASSEN, 2005).

Os sintomas do ataque de corós são plantas murchas, secas e/ou mortas. Os prejuízos decorrem da redução da população de plantas e da diminuição da capacidade produtiva das sobreviventes. Os maiores danos ocorrem de maio a setembro, em culturas de inverno, em função do ciclo do inseto e tamanho das larvas, e em culturas de verão semeadas precocemente (SALVADORI; PEREIRA 2006).

O monitoramento de corós deve ser feito por meio de amostragem de solo (trincheiras de 0,5 a 1,0 m de comprimento x 0,25 m de largura x 0,20 m de profundidade), deve-se identificar as espécies presentes e quantificar a densidade de corós, por unidade de área (SALVADORI; PEREIRA, 2006). Dentre as espécies encontradas no sul do Brasil, destacam-se *D. abderus*, *P. triticophaga*, *C. flavipennis* e *Bothynus* sp. (PEREIRA; SALVADORI, 2006).

D. abderus, vulgarmente conhecido como coró-das-pastagens é uma espécie univoltina, nativo das regiões de vegetação rasteira do Rio Grande do Sul, da Argentina e do Uruguai (GASSEN, 2001b). Há muitos anos é citada como praga de pastagens e de lavouras no Rio Grande do Sul (PEREIRA; SALVADORI, 2006), porém com a adoção da prática do plantio direto, encontrou ambiente favorável, aumentando sua importância como inseto-praga (GASSEN, 2001b).

Os adultos de *D. abderus*, podem ser encontrados de novembro a abril, com maior frequência em janeiro e fevereiro, período que ocorre o pico de oviposição (SILVA; LOECK, 1996). A escolha do local para a oviposição é dada

em função da presença de palha na superfície do solo. Cultivos semeados sobre palha em decomposição adiantada apresentam condição inadequada para a elaboração do ninho e oviposição, no entanto, quando há palha abundante na superfície do solo, tem-se condição necessária para a oviposição (GASSEN, 2001c). As larvas podem ser encontradas em galerias, a profundidades variáveis de 10 a 20 cm, de fevereiro a novembro, a partir de outubro, paralisam a alimentação e pupam (SILVA; LOECK, 1996).

O coró-do-trigo (*P. triticophaga*) diferentemente do coró-das-pastagens é uma espécie semivoltina (uma geração a cada dois anos), ocorrendo tanto em áreas sob sistema convencional de preparo, como em plantio direto. As larvas não constroem galerias permanentes, são favorecidas por solos não compactados ou desestruturados e vivem próximas a sua superfície, geralmente nos primeiros 10 cm de profundidade, aprofundando-se nos períodos mais frios (SALVADORI, 2000).

Os danos de *D. abderus*, *P. triticophaga* são causados pelas larvas, especialmente as de 3^o instar, que se alimentam de raízes, mas também consomem sementes e parte aérea das plântulas, as quais puxam para dentro do solo. Cada larva de *D. abderus* pode consumir uma planta de trigo, de cevada ou de aveia por semana, considerando-se um período de 10 semanas, populações superiores a 20 larvas m⁻², poderão consumir até 200 plantas m⁻² de cereais de inverno (GASSEN, 1994).

Outras espécies de larvas de melolontídeos não pragas podem ocorrer nas mesmas áreas das espécies pragas. Dentre esses, o coró-pequeno (*C. flavipennis*) tem sido encontrado de forma abundante e largamente distribuído em lavouras na região norte do Rio Grande do Sul. O adulto ocorre de novembro a março, e as larvas de abril a outubro (GASSEN, 2001b). Segundo Salvadori; Oliveira (2001), possivelmente esta espécie tenha hábito alimentar facultativo, com preferência por material em decomposição. Apesar, de provas de laboratório demonstrarem que essa espécie é capaz de consumir raízes e danificar plantas de trigo (SALVADORI, 1999a), em infestações naturais em lavouras pode-se assegurar que as larvas não causam danos e que são úteis na decomposição de palha e no revolvimento do solo nas camadas superficiais (AGUIAR MENEZES; AQUINO, 2005).

O coró-da-palha (*Bothynus* sp.), não causa danos às culturas, constrói galerias (de até 1,0 m) onde vive, deposita as fezes e alimentos coletados na superfície. Por incorporar matéria orgânica e suas galerias facilitarem a infiltração de água, é considerado benéfico ao sistema de produção (AGUIAR MENEZES; AQUINO, 2005).

Devido à importância das larvas da família Melolonthidae, existe a necessidade de novos estudos e da ampliação do conhecimento técnico-científico sobre este grupo de insetos.

1.2.2 Agricultura de precisão

A era da mecanização começou a ter impacto na agricultura por volta de 1920, o melhoramento de plantas em torno de 1935, a fertilidade e os defensivos agrícolas receberam maior impulso após a Segunda Guerra Mundial, sendo ainda aspectos importantes para a proteção das lavouras. A última era, a da biotecnologia e da informação, começou a ter maior influência na agricultura a partir da década de 80 (CARVALHO; RIBEIRO, 2003).

A Agricultura de precisão (AP) não é algo recente, tentativas de dividir a lavoura em parcelas e tratá-las diferenciadamente já foram propostas e testadas. Porém mais antigo que este fato, tem sido a prática do tratamento localizado que os pequenos agricultores sempre utilizaram em suas lavouras, com base no conhecimento intrínseco e intimidade com as condições de cada local da área, esses agricultores vêm praticando agricultura de precisão, embora empírica e de baixa tecnologia (MOLIN, 1997a).

Atualmente, é possível identificar áreas manejadas dessa forma em numerosos locais do Brasil. Nas regiões de pequena propriedade do Rio Grande do Sul, com topografia acidentada e pequenas áreas de cultivo, nota-se que o manejo das culturas é realizado de acordo com as características de cada talhão (PIRES et al., 2004).

A AP pode ser definida como uma tecnologia para o manejo do solo, dos insumos e das culturas, de modo adequado e considerando as variações espaciais e temporais dos fatores que afetam a produtividade. Pode ser

definida como um conjunto de técnicas que pressupõem o gerenciamento localizado da cultura. Visa, portanto, o gerenciamento mais detalhado de todo o sistema de produção agrícola, não somente das aplicações de insumos ou de mapeamentos diversos, mas de todos os processos envolvidos na produção e utilizando sistema de orientação via satélite (ANTUNIASSI et al., 2007).

O embasamento dessa tecnologia está na análise da variabilidade espacial e na aplicação de determinada prática no local e momento com maior potencial de resposta, menor impacto ambiental e melhores resultados econômicos. Para manejar a variabilidade podem-se adotar dois critérios, os baseados em mapas ou em sensores; o primeiro integra o uso de *Global Positioning System* (GPS) e Sistema de Informações Geográficas (SIG) e se baseia no mapeamento dos fatores a serem manejados; o segundo se fundamenta no sensoriamento direto do solo e/ou cultura, para a aplicação imediata dos insumos em taxa variável (PIRES et al., 2004).

O uso racional dessas tecnologias, utilizadas como ferramentas de acompanhamento, controle e análise de dados, permitem verificar as variações espaciais e temporais dos fatores limitantes à produção, orientando no processo de tomada de decisão, na aplicação localizada de insumos e no manejo diferenciado das culturas no campo de produção (CARVALHO; RIBEIRO, 2003).

A utilização de tecnologias para o monitoramento de insetos, como o GPS e o SIG permitem o armazenamento, processamento e análise dos dados relativos à variabilidade espacial, na medida em que são coletados, cada parâmetro pode ser tratado como planos de informação. O SIG oferece a possibilidade de executar operações aritméticas e lógicas por meio da sobreposição de dados contidos em diferentes planos de informação (MOLIN, 1997b). O uso destas tecnologias no manejo de insetos-praga também possibilita uma oportunidade de controle diferenciado, no que diz respeito às pragas de solo, integrando dados de distribuição espacial, características do ambiente e da cultura.

Para determinar o padrão de arranjo espacial de uma determinada espécie, é necessário que se tenha dados de contagem de indivíduos, realizado por amostragens (FERNANDES et al., 2002), que é definida como o processo de se tomar amostras para fazer inferências sobre a população em

estudo (PEDIGO, 1994). A amostragem pode ser do tipo: aleatória, quando a distribuição dos pontos de coleta é casual; agregada ou agrupada, quando ocorrem grupos de pontos mais próximos entre si; e regular, quando os pontos estão espaçados de forma eqüidistante (LANDIM et al., 2002).

O passo inicial no estudo da distribuição dos insetos é a escolha da técnica e da malha de amostragem. Insetos são amostrados para determinar características da população, tais como, a distribuição espacial e temporal dos indivíduos (SUBRAMANYAM; HAGSTRUM, 1996), fatores esses, que podem interferir na eficiência de uma amostragem (RABINOVICH, 1980).

Atualmente técnicas como a geoestatística vêm sendo utilizada para determinar variações espaciais de pragas, solos, culturas; a qual se fundamenta no princípio de que a diferença no valor de uma dada variável em dois pontos é dependente da distância entre esses (VARELLA; SENA, 2008). Segundo Maia (2008), a geoestatística está associada a técnicas usadas para analisar e inferir valores de uma variável distribuída no espaço e/ou no tempo.

A presença de dependência espaço-temporal dessas variáveis requer o uso da geoestatística (ALVES, 2005); Segundo Farias et al. (2004), uma vez detectada a dependência espacial entre as variáveis através de semivariogramas, a interpolação por krigagem permite estimar valores em locais não amostrados, possibilitam ainda a construção de mapas com alta precisão (ALVES, 2005) e a determinação das dimensões ideais do gride de amostragem (VARELLA; SENA, 2008). O mapeamento permite uma visualização espacial da praga na área, constituindo um aspecto relevante para seu manejo (FARIAS et al., 2004).

Desse modo, o desenvolvimento da pesquisa relacionada ao aperfeiçoamento dos sistemas de amostragem, à busca de novas informações sobre espécies-praga, sua bioecologia em diferentes condições de ambiente, a distribuição espacial e a geração de mapas, são importantes informações para o manejo integrado de pragas.

1.3 Material e métodos

1.3.1 Locais

O estudo da distribuição espacial de corós foi realizado a partir do dia 11 de julho até 27 de agosto de 2009, em áreas de cultivo nos municípios de São Francisco de Assis, Cruz Alta, Ijuí, Lagoa Vermelha e Vacaria, RS (Figura 1); a escolha desses municípios se deu em função, dos registros da ocorrência de larvas de melolontídeos e da sua localização na região do Estado que possui a maior produção de cereais de inverno.

A área localizada no município de São Francisco de Assis, cultivada com aveia, tem como coordenadas latitude 29°18'22,88"S e longitude 55°17'56,82"W, e altitude de quase 380 m. A área em Cruz Alta estava sob cultivo de aveia, com coordenadas latitude 28°31'29,07"S e longitude 53°41'46,29"W, e altitude de aproximadamente 180 m. No município de Ijuí, cultivada com aveia consorciada com azevém, suas coordenadas são latitude 28°30'26,53"S e longitude 53°48'22,50"W, e altitude de aproximadamente 400 m. O local em Lagoa Vermelha, cultivado com aveia, com coordenadas latitude 28°38'55,01"S e longitude 51°37'26,03"W, e altitude de aproximadamente 680 m. A área localizada no município de Vacaria, cultivada com trigo, tem como coordenadas latitude 28°15'8,61"S e longitude 51°17 '2,26"W, e altitude de aproximadamente 850 m.

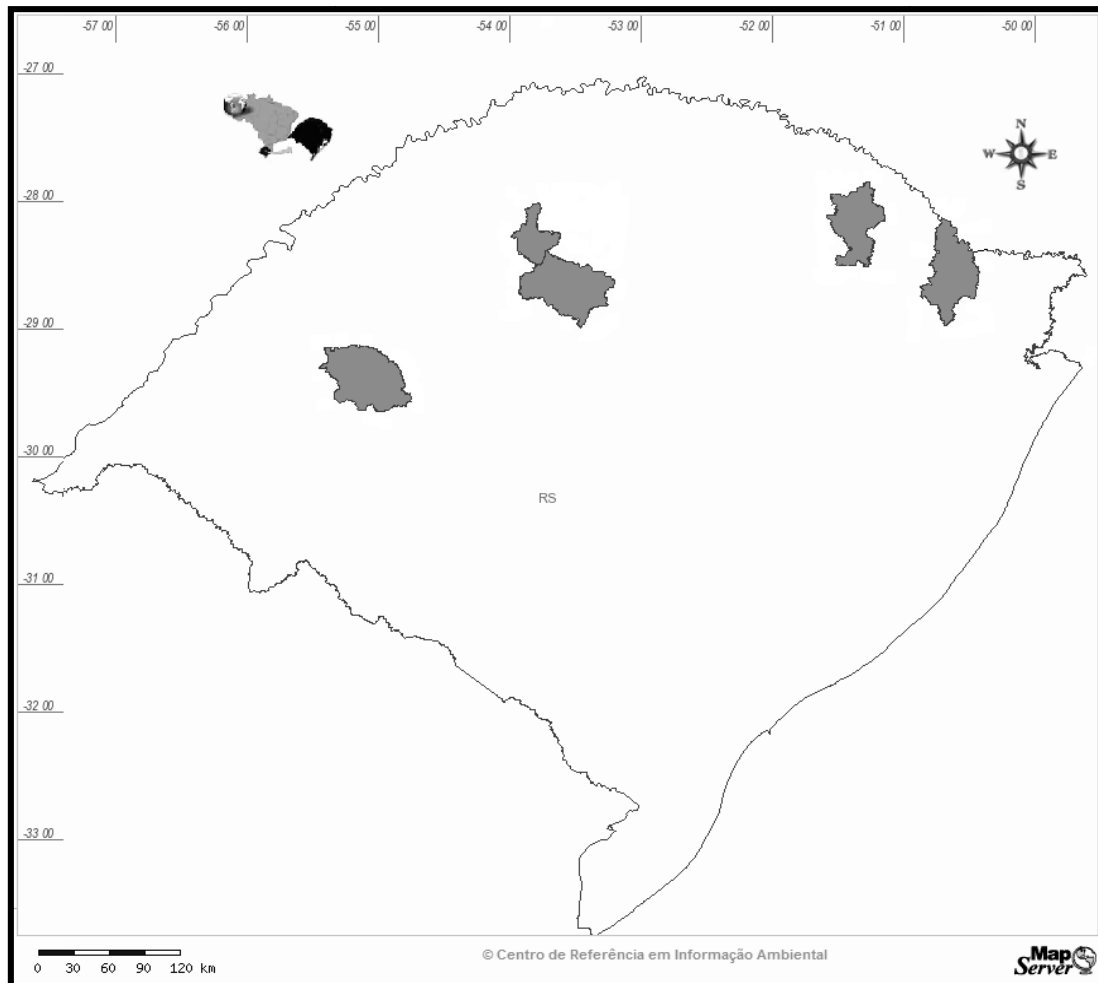


Figura 1 – Distribuição geográfica dos municípios no Estado do Rio Grande do Sul, nos quais foram realizados os estudos da distribuição espacial de larvas de melolontídeos.

1.3.2 Amostragem

O perímetro das áreas foi demarcado com o auxílio de um GPS de navegação, marca Garmin, modelo GPS10, com interface para computador-de-mão (Pocket PC). Utilizou-se o programa computacional CR-Campeiro, tecnologia móvel, para dividir as áreas experimentais em grades regulares de amostragem.

As áreas amostradas, dimensões do gride e número de pontos foram: 23,78 ha, 70 x 70 m e 43 pontos em São Francisco de Assis; 21,60 ha, 70 x 70 m e 43 pontos em Cruz Alta; 13,86 ha, 70 x 70 m e 31 pontos em Ijuí; 14,80 ha,

70 x 70 m e 30 pontos em Lagoa Vermelha; e 9,29 ha, 50 x 50 m, 35 pontos em Vacaria.

Para a localização dos pontos de amostragem utilizou-se o GPS da demarcação do perímetro. Em cada ponto amostral, as amostragens foram realizadas com a abertura de trincheiras, com dimensões de 0,50 x 0,20 x 0,20 m, comprimento, largura e profundidade, respectivamente (Figura 1). As dimensões das trincheiras utilizadas foram baseadas no exposto por Salvadori; Pereira (2006), que mencionam que essas devem possuir dimensões aproximadas de 0,5 a 1,0 m de comprimento x 0,25 m de largura x 0,20 m de profundidade.

As larvas encontradas, foram acondicionadas em potes plásticos contendo solo da área e conduzidas ao Laboratório de Manejo Integrado de Pragas (LabMIP) da UFSM. Para identificação das espécies foram utilizados um microscópio estereoscópico com aumento de 5x e chaves pictóricas de Morón (2006) e Frana (2003), além do guia de identificação de Pereira; Salvadori (2006).



Figura 2 – Trincheira utilizada para o levantamento de larvas de melolontídeos.

1.3.3 Análise geoestatística

A análise da variabilidade espacial foi realizada através de semivariogramas, que demonstram o comportamento das semivariâncias em função da distância, podendo assim definir o modelo da variabilidade espacial das larvas de melolontídeos.

O programa computacional ArcGis 9.3, utiliza a metodologia dos mínimos quadrados para os ajustes dos modelos e como critérios para seleção do modelo usa o coeficiente de determinação e a soma de quadrados de resíduos. Após a análise desses parâmetros definiu-se o uso do modelo esférico para o ajuste dos semivariogramas, sendo este modelo estimado pela fórmula:

$$\gamma(h) = C_o + C \left[\frac{3}{2} \left(\frac{|h|}{a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{|h|}{a} \right)^3 \right], \text{ se } h \leq a$$

$$C_o + C, \text{ se } h > a$$

No qual, (a) é o alcance da dependência espacial que, é a distância (h) a partir da qual $\gamma(h)$ se torna aproximadamente constante, (C) é o patamar, valor de $\gamma(h)$ constante e (C₀) efeito pepita quando, $\gamma(0) \neq 0$.

O alcance é distância dentro da qual as variáveis possuem correlação espacial; o patamar considera a dependência espacial entre as variáveis; o efeito pepita revela erros de medição ou da variabilidade não detectada pela amostragem (Figura 3).

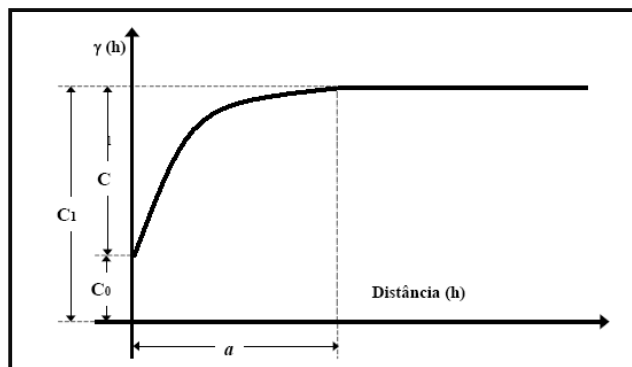


Figura 3 – Parâmetros do semivariograma experimental (adaptado de GUERRA, 1988).

Os semivariogramas ajustados pelo modelo esférico propiciaram a obtenção de seus parâmetros (efeito pepita, patamar e alcance). Tais parâmetros, estimados nos semivariogramas, foram empregados diretamente na interpolação por krigagem ordinária no programa computacional ArcGis 9.3, para a geração dos mapas da densidade populacional de corós.

Para a análise da dependência espacial, foi utilizada a classificação de Cambardella et al. (1994), considerado de forte dependência espacial o semivariograma que têm o valor do efeito pepita < 25 % do patamar, moderada quando entre 25 e 75 % e de fraca quando > 75 %.

1.3.4 Mapas populacionais

Os mapas populacionais foram gerados por local de estudo, a partir de dados da contagem de larvas de melolontídeos. Foram confeccionados mapas do número total de larvas e por espécie, esses foram gerados com o número de classes variando de acordo com a densidade populacional, entretanto com intervalo fixo entre classes (um coró por trincheira).

Em cada mapa se procedeu a sobreposição de planos de informação, com a inserção dos perímetros das áreas nos arquivos gerados pela krigagem. Da mesma forma, aplicou-se algoritmo de cálculo de área para que se conhecesse a área ocupada por cada classe.

As coordenadas empregadas na confecção dos mapas são oriundas do datum *World Geodetic System* (WGS-84), no qual o sistema de coordenadas utilizado foi o *Universal Transverse Mercator* (UTM), estando as áreas situadas nos fusos 21 e 22 S.

Os dados referentes ao número de corós foram submetidos à análise geoestatística utilizando semivariogramas, a partir dos quais foram ajustados modelos para a interpolação das variáveis, em etapa subsequente foram confeccionados os mapas populacionais gerados por krigagem ordinária pelo programa computacional ArcGis 9.3.

1.4 Resultados e discussão

Os resultados serão descritos por área de estudo, nas quais se apresentará primeiramente a caracterização geoestatística, para posterior análise dos mapas da distribuição espacial de corós e finalizando com a discussão conjunta dos resultados.

A dependência espacial e o padrão de distribuição de corós podem ser visualizados pelos modelos variográficos, nos quais se ajustou os semivariogramas pelo modelo esférico para as variáveis em estudo. Na entomologia, este é o modelo mais utilizado (FARIAS et al., 2004).

Na área localizada em São Francisco de Assis foram encontradas as espécies *D. abderus* e *C. flavipennis*, dessa forma, os semivariogramas foram ajustados (Figura 2) para a densidade total de corós e para cada espécie.

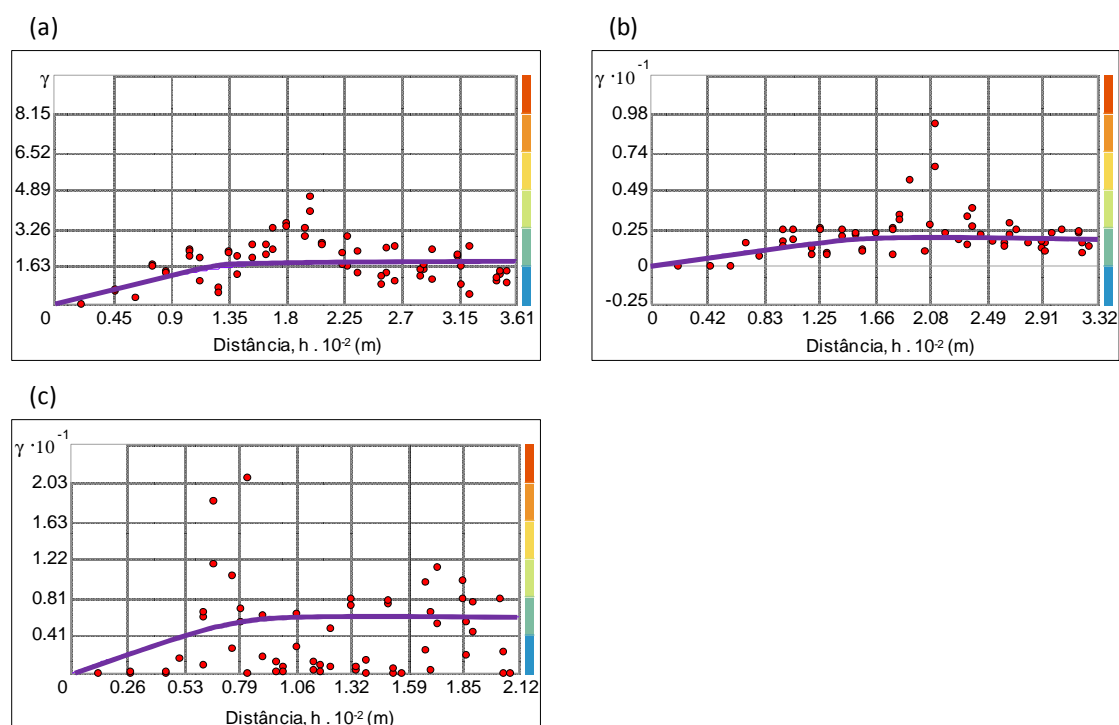


Figura 4 – Semivariogramas ajustados pelo modelo esférico para: (a) densidade total de larvas, (b) *Diloboderus abderus*, (c) *Cyclocephala flavipennis*. São Francisco de Assis, RS, 2009.

Com base nos semivariogramas, nota-se que para a densidade total de corós e para ambas as espécies, o efeito pepita teve valor zero, o patamar variou de 0,11 a 1,77 e o alcance de aproximadamente 170 a 191 m (Tabela 1).

O alcance da dependência espacial representa a influência dos pontos amostrados sobre sua vizinhança. Os procedimentos de levantamento e interpolação de dados terrestres devem ser feitos com espaçamentos menores do que o alcance obtido para a variável estudada (VALERIANO; PRADO, 2001). Demonstrando que, como o alcance máximo foi de 191,26 m (Tabela 1), a dimensão do gride amostral utilizada (70 x 70 m) foi adequada e possibilitou a correta detecção da distribuição espacial de larvas de melolontídeos.

Tanto a densidade total de larvas, quanto a densidade por espécie (*D. abderus*, *C. flavipennis*), de acordo com a classificação de Cambardella et al. (1994), apresentaram dependência espacial classificada como forte, pois o valor do efeito pepita foi inferior a 25 % ao do patamar.

Este resultado evidencia que as larvas de melolontídeos se distribuem de forma agregada na área. Segundo, Leibhold et al. (1993), quando existe dependência espacial entre os pontos amostrados, a distribuição dos insetos é caracterizada como agregada, e, nesse caso, a geoestatística é a ferramenta mais adequada para estudar as populações de insetos.

Os mapas da distribuição espacial de corós em São Francisco de Assis foram construídos com os dados da densidade total, das espécies *D. abderus* e *C. flavipennis* (Figura 3).

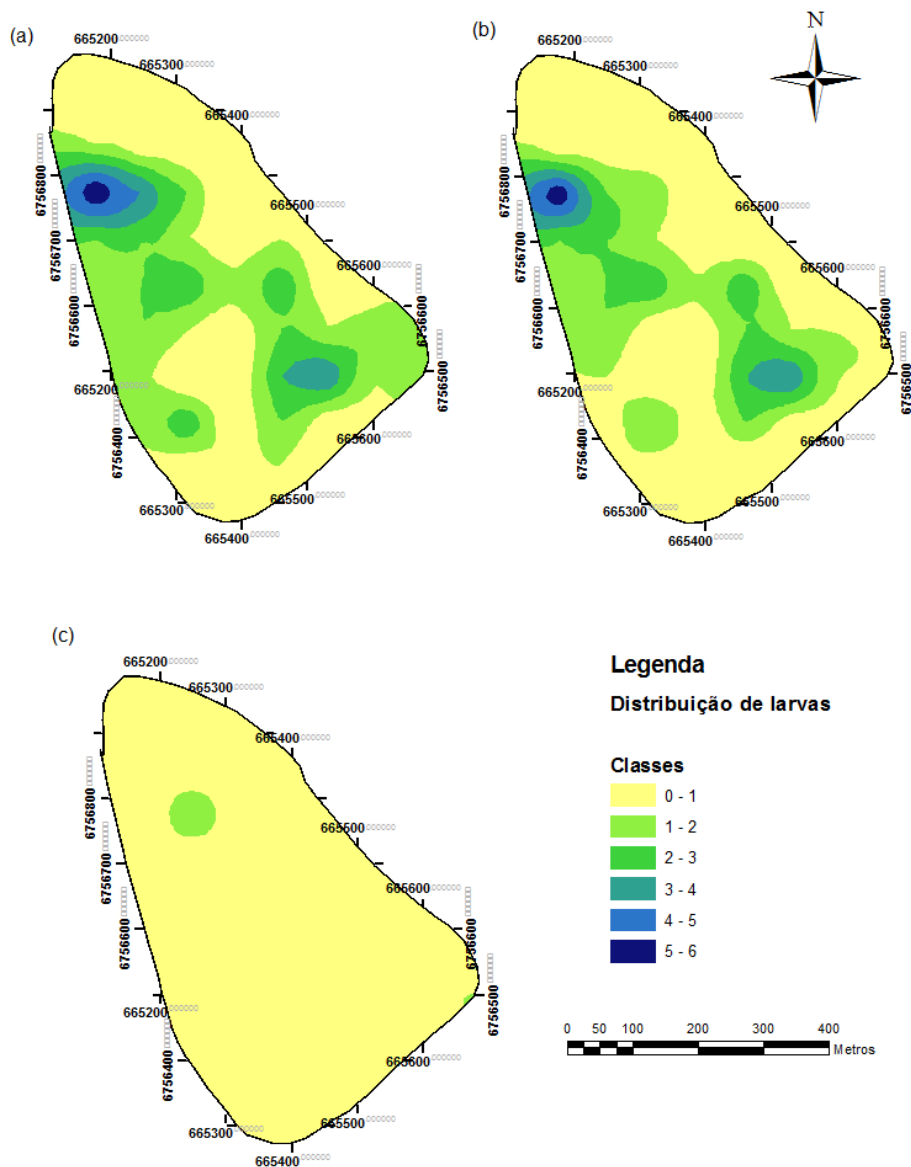


Figura 5 – Mapas da distribuição espacial de larvas de melolontídeos resultantes da krigagem ordinária: (a) densidade total de larvas, (b) *Diloboderus abderus*, (c) *Cyclocephala flavipennis*. São Francisco de Assis, RS, 2009.

A densidade total de larvas variou de zero a seis corós por trincheira, sendo as classes e as respectivas áreas apresentadas na Tabela 2. A espécie que predominou foi *D. abderus*, com população superior a uma larva por trincheira em 10,21 ha, sendo predominante a classe com um até dois corós por trincheira que teve a maior área de abrangência com 6,31 ha.

A maior infestação de *D. abderus* nessa área, provavelmente esteja relacionada ao longo tempo de cultivo em sistema de plantio direto, concordando com Salvadori; Pereira (2006), pois essa espécie tem sua ocorrência relacionada a solos não revolvidos e à disponibilidade de restos culturais; condição necessária para a sua oviposição e conseqüente ocorrência de larvas e danos (GASSEN, 2001c). Desta forma, fica expressa a importância do plantio direto na ocorrência desse inseto-praga.

C. flavipennis teve como população máxima a densidade de um coró por trincheira, em área correspondente de 0,32 ha (Tabela 2). Essa espécie ocorre em lavouras sob plantio direto e não causa danos perceptíveis, mesmo em populações elevadas (PEREIRA; SALVADORI, 2006).

Uma inferência que pode ser feita a partir desses resultados, é que ao adotar o método convencional de amostragem sem levar em consideração as diferenças na distribuição espacial desses insetos, além de erros de interpretação da densidade populacional (somente 54,07 % da área estava infestada com corós) e como conseqüência erros no manejo.

O conhecimento da distribuição espacial dos insetos-praga pode proporcionar uma tomada de decisão melhor embasada, pela maior quantidade de informações obtidas e como conseqüência realizar o controle somente nas áreas com infestação acima do nível de controle, e desta forma, diminuir o impacto social e ambiental. Fazendo referência a Salvadori; Pereira, 2006 que citam que para evitar o agravamento e expansão do problema e para minimizar o custo, o controle pode ser realizado apenas nas manchas de ataque.

Tabela 1 – Distribuição por classe populacional da densidade de larvas de melolontídeos. São Francisco de Assis, RS, 2009.

Classes	Área (ha)		
	Densidade total	<i>Diloboderus abderus</i>	<i>Cyclocephala flavipennis</i>
0 - 1	10,92	13,57	23,46
1 - 2	8,26	6,31	0,32
2 - 3	3,08	2,80	0,00
3 - 4	0,96	0,74	0,00
4 - 5	0,44	0,28	0,00
5 - 6	0,12	0,08	0,00

Em Cruz Alta foram encontradas as espécies *C. flavipennis*, *D. abderus* e *Liogenys* sp., assim os semivariogramas foram ajustados para a densidade total de corós e para cada espécie encontrada (Figura 4).

Na análise dos semivariogramas, o efeito pepita teve valor zero para todas as variáveis (Tabela 1), esse, segundo Cambardella et al. (1994), reflete a variabilidade não explicada ou variações não detectadas pela distância da malha de amostragem. Portanto, a distância do gride de amostragem foi satisfatório para detectar as variações da distribuição de corós.

O patamar variou de 0,03 a 1,45 e o alcance de aproximadamente 149 a 181 m (Tabela 1). Variáveis localizadas a distâncias maiores que o alcance, têm distribuição espacial aleatória e por isto são independentes entre si (FREITAS, 2000).

A dependência espacial da densidade total de larvas de melolontídeos e das espécies foi classificada como forte, em decorrência dos parâmetros já mencionados.

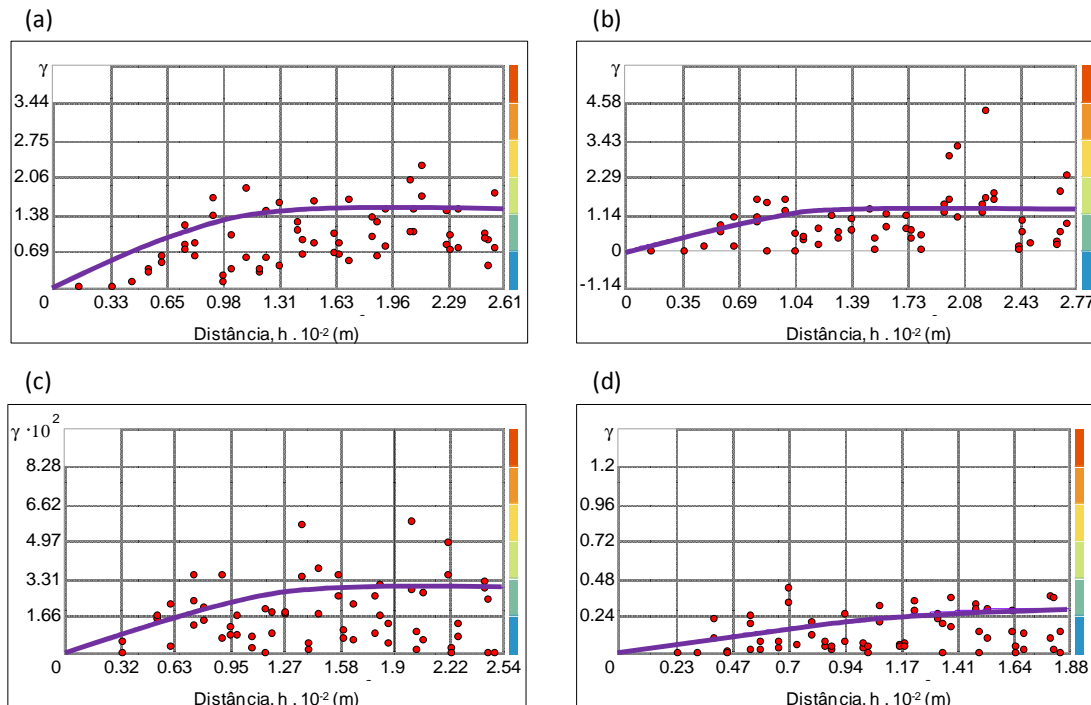


Figura 6 – Semivariogramas ajustados pelo modelo esférico para: (a) densidade total de larvas, (b) *Cyclocephala flavipennis*, (c) *Diloboderus abderus*, (d) *Liogenys* sp.. Cruz Alta, RS, 2009.

A distribuição espacial da densidade total de corós e das espécies pode ser visualizada na Figura 5. No mapa da densidade total de corós, é possível verificar-se que a área com presença de insetos foi de 10,33 ha (Tabela 3), representando aproximadamente 48 %, com população variando de zero a seis larvas por trincheira.

C. flavipennis teve maior representatividade em termos de área e de densidade populacional, estando presente em 8,33 ha, ou seja, de toda a área com infestação de corós 80 % apresentava essa espécie, sendo que, a população máxima alcançou cinco corós por trincheira, em área de 0,22 ha (Tabela 3).

A maior ocorrência de *C. flavipennis* pode estar relacionada à maior quantidade de restos culturais, presentes nessa área, pois esse material é utilizado como alimento por essa espécie que é saprófaga. Segundo Gassen (2001b), essa espécie é encontrada em lavouras com abundância de palha e em pastagens, mesmo em condições de infestações elevadas não causam danos e são úteis na decomposição da palha, no revolvimento do solo nas camadas superficiais, na fragmentação do material orgânico e na reciclagem de nutrientes.

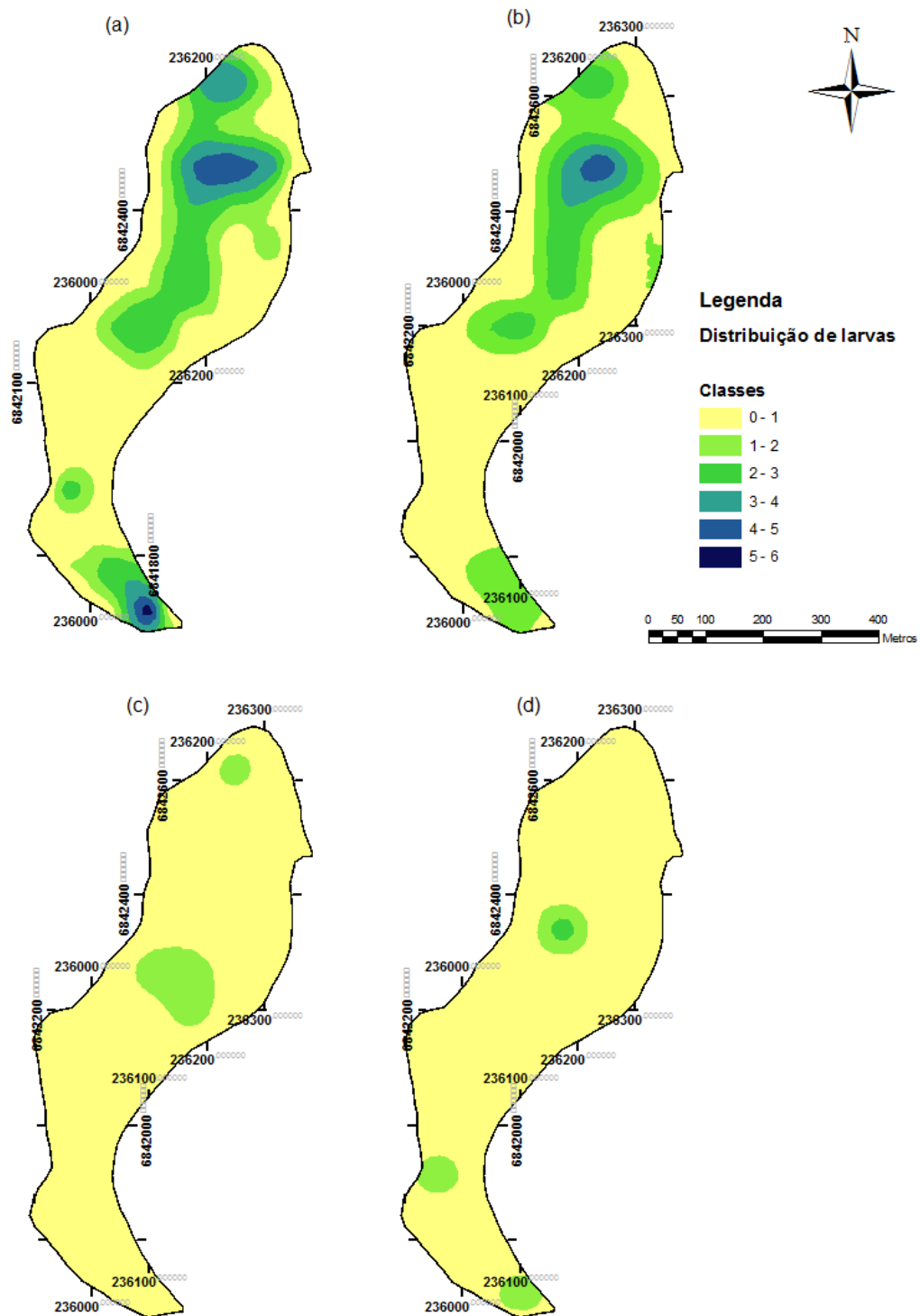


Figura 7 – Mapas da distribuição espacial de larvas de melolontídeos resultantes da krigagem ordinária: (a) densidade total de larvas, (b) *Cyclocephala flavipennis*, (c) *Diloboderus abderus*, (d) *Liogenys* sp.. Cruz Alta, RS, 2009.

A área de infestação de *D. abderus* concentrou-se em dois locais na lavoura (Figura 5 (c)), com população de um coró por trincheira, abrangendo 1,20 ha, representando em torno de 5 % do total (Tabela 3).

Liogenys sp. ocorreu em três focos de infestação (Figura 5 (d)), sendo que, em um ponto a população alcançou duas larvas por trincheira. A área compreendida foi de 1,34 ha, correspondendo a aproximadamente 6 % (Tabela 3).

Tabela 2 – Distribuição por classe populacional da densidade de larvas de melolontídeos. Cruz Alta, RS, 2009.

Classes	Área (ha)			
	Densidade total	<i>Cyclocephala flavipennis</i>	<i>Diloboderus abderus</i>	<i>Liogenys</i> sp.
0 - 1	11,29	13,28	21,49	20,27
1 - 2	4,15	5,06	0,12	1,14
2 - 3	3,61	2,36	0,00	0,20
3 - 4	1,82	0,69	0,00	0,00
4 - 5	0,72	0,22	0,00	0,00
5 - 6	0,03	0,00	0,00	0,00

Em Cruz Alta, menciona-se também a presença do gênero *Liogenys*, gênero este, que ainda não teve espécies com ocorrência relatada no Rio Grande do Sul. No entanto, algumas espécies são citadas como praga, como *L. suturalis*, praga em milho safrinha, trigo e aveia no Estado de Mato Grosso do Sul (SANTOS; ÁVILA, 2007) e *L. fuscus* praga em soja no Estado de Goiás (COSTA et al., 2009).

Na área localizada no Município de Ijuí foram encontradas as espécies *Cyclocephala modesta* Burmeister (Coleoptera: Melolonthidae), *C. flavipennis*, *Liogenys* sp., com semivariogramas ajustados para essas espécies e para a densidade total de larvas (Figura 6).

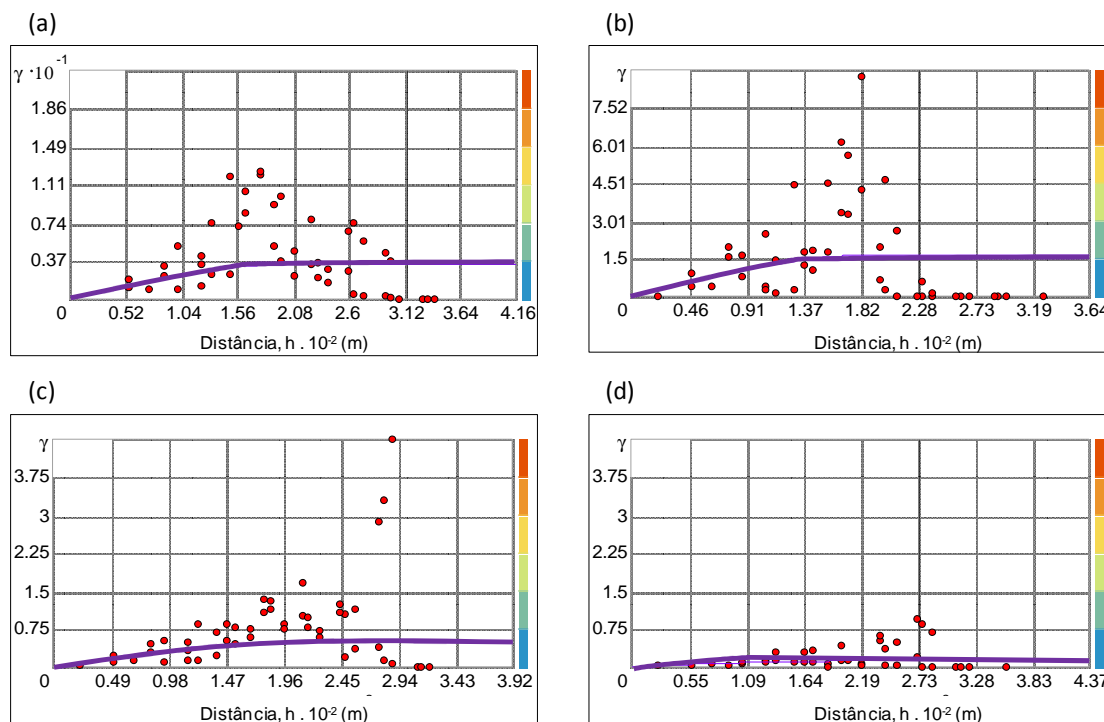


Figura 8 – Semivariogramas ajustados pelo modelo esférico para: (a) densidade total de larvas, (b) *Cyclocephala modesta*, (c) *Cyclocephala flavipennis*, (d) *Liogenys* sp.. Ijuí, RS, 2009.

Analisando os parâmetros ajustados para os semivariogramas, nota-se para todas as variáveis o valor zero do efeito pepita, a variação de 0,11 a 3,44 do patamar e o alcance de aproximadamente 200 a 210 m (Tabela 1). Os semivariogramas mostram conduta de variabilidade espacial distintos para as espécies, pois apesar do modelo esférico ter sido ajustado para obtenção dos parâmetros (alcance, efeito pepita e patamar), esses apresentam valores diferentes para cada espécie.

A densidade total de corós variou de zero a oito larvas por trincheira, compreendendo área de 5,89 ha, demonstrando que aproximadamente 43 % da área estava infestada por corós (Tabela 4).

C. modesta apresentou maior densidade populacional e área de ocorrência, estando presente em 2,94 ha, ou 21 % da área total, aproximadamente. *C. flavipennis*, teve densidade populacional máxima de dois corós por trincheira, no entanto, em termos de área se aproximou de *C. modesta*, com 2,79 ha. *Liogenys* sp. ocorreu em aproximadamente 0,25 ha ou

1,97 % da área, sendo sua população máxima de duas larvas por trincheira (Tabela 4).

Tabela 3 – Distribuição por classe populacional da densidade de larvas de melolontídeos. Ijuí, RS, 2009.

Classes	Área (ha)			
	Densidade total	<i>Cyclocephala modesta</i>	<i>Cyclocephala flavipennis</i>	<i>Liogenys</i> sp.
0 - 1	7,97	10,92	11,07	13,60
1 - 2	2,34	1,12	2,36	0,17
2 - 3	1,35	0,73	0,43	0,10
3 - 4	0,72	0,51	0,00	0,00
4 - 5	0,53	0,43	0,00	0,00
5 - 6	0,49	0,14	0,00	0,00
6 - 7	0,33	0,00	0,00	0,00
7 - 8	0,10	0,00	0,00	0,00
8 - 9	0,03	0,00	0,00	0,00

C. modesta não tem ocorrência registrada no Estado do Rio Grande do Sul, entretanto, ocorre em lavouras na Argentina e Uruguai. De acordo com Zerbino (2002), é uma espécie univoltina; no Uruguai, larvas foram coletadas entre os meses de janeiro a novembro, período que também foram encontradas no Rio Grande do Sul. Pupas ocorrem nos meses de outubro, novembro e dezembro e os adultos entre novembro e janeiro. Da mesma forma, esse autor relata que essa espécie, mesmo em densidades elevadas (90 larvas m⁻²) não causa danos aos cultivos, e está associada a sistemas agrícolas, sob predomínio de rotação de cultura com integração de gramíneas e leguminosas.

A distribuição espacial das espécies e o total de corós, na qual se visualiza claramente o modelo agregado da distribuição espacial das espécies da família Melolonthidae (Figura 7). A concentração das espécies indica que os fatores do solo e da vegetação que determinam tal agregação, atuam sobre as três espécies.

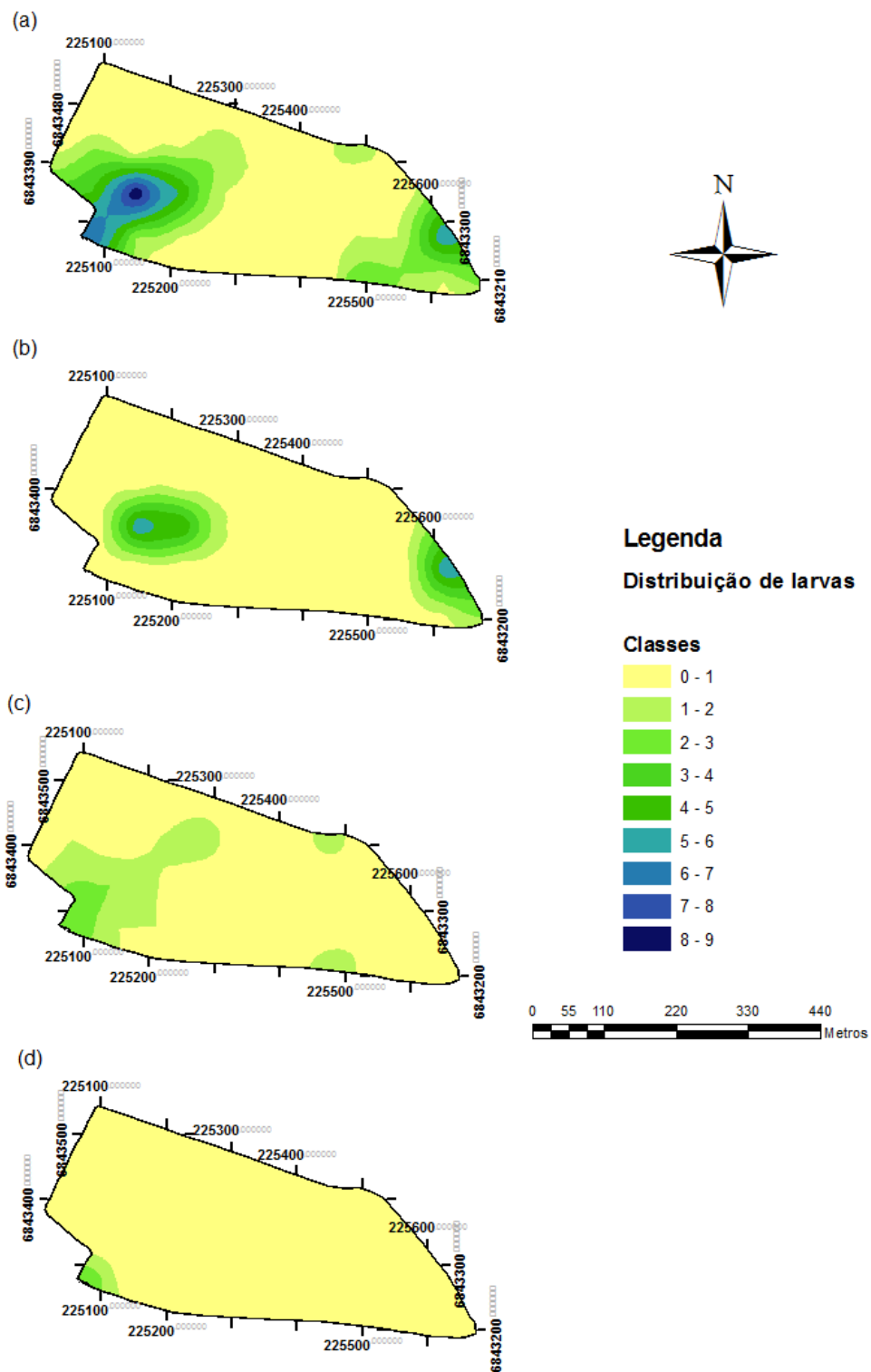


Figura 9 – Mapas da distribuição espacial de larvas de melolontídeos resultantes da krigagem ordinária: (a) densidade total de larvas, (b) *Cyclocephala modesta*, (c) *Cyclocephala flavipennis*, (d) *Liogenys* sp.. Ijuí, RS, 2009.

A infestação se deu em três locais na lavoura, com dois grandes sítios. Isso demonstra que as espécies ocorreram simultaneamente, devido à escolha dos adultos de sítios comuns, para colocar seus ovos. A oviposição normalmente é realizada a partir de características da área, como: textura, conteúdo de água no solo, presença de plantas hospedeiras, ou de outras plantas durante a revoada. Oliveira; Garcia (2003) mencionam que na ausência de soja, os adultos de *Phyllophaga cuyabana* (Moser), se agrupam em manchas de plantas daninhas, localizadas dentro ou nas extremidades da área; da mesma forma, Oliveira et al. (2008), citam a preferência de fêmeas de *Phyllophaga capillata* (Blanchard) em ovipositar, em solos na capacidade de campo e na presença de planta hospedeira.

Em Lagoa Vermelha a área estava infestada com as espécies *C. flavipennis* e *D. abderus*, desta forma, foram ajustados semivariogramas para essas espécies e para a densidade total de corós (Figura 8).

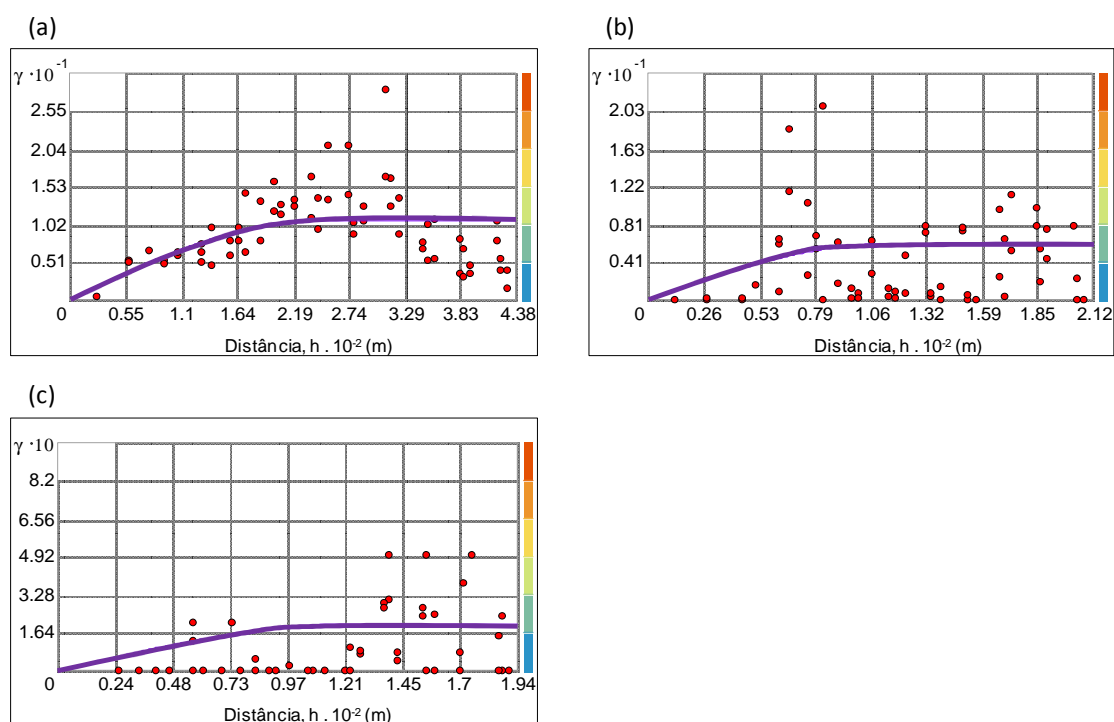


Figura 10 – Semivariogramas ajustados pelo modelo esférico para: (a) densidade total de larvas, (b) *Cyclocephala flavipennis*, (c) *Diloboderus abderus*. Lagoa Vermelha, RS, 2009.

Verifica-se que o efeito pepita teve valor zero para todas as variáveis, o patamar apresentou valor de 0,20 para *D. abderus*, 5,99 para *C. flavipennis* e 10,58 para a densidade total, o alcance de aproximadamente 125, 113 e 238, respectivamente (Tabela 1).

A distribuição espacial das espécies *C. flavipennis*, *D. abderus* e do total de corós pode ser vista na Figura 9.

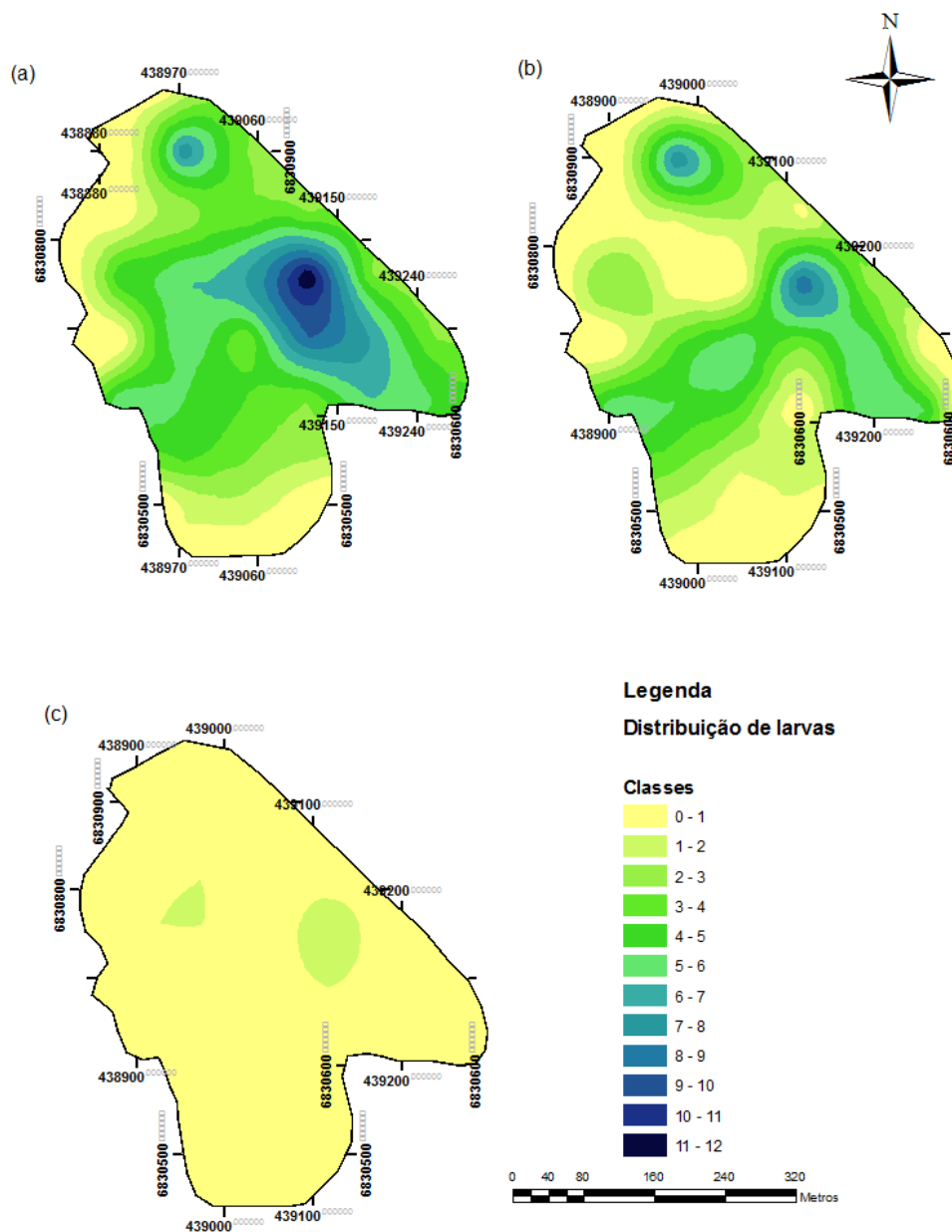


Figura 11 – Mapas da distribuição espacial de larvas de melolontídeos resultantes da krigagem ordinária: (a) densidade total de larvas, (b) *Cyclocephala flavipennis*, (c) *Diloboderus abderus*. Lagoa Vermelha, RS, 2009.

A área com infestação dessas espécies compreendeu 12,22 ha, evidenciando que 85 % dessa, estava infestada com no mínimo uma larva por trincheira (dez corós m⁻²) (Tabela 5). Essa informação se interpretada de maneira incorreta pode acarretar em erros de manejo, uma vez que a densidade populacional encontrada nessa área está acima dos índices mencionados por Silva; Costa (2002); Salvadori, 1999b; e por Salvadori; Pereira (2006) como nível de controle. No entanto, a espécie com maior população, ocorrendo em quase 75 % da área, foi *C. flavipennis*, já mencionada por diversos autores (SALVADORI; PEREIRA, 2006; GASSEN, 2001a), como não daninha aos cultivos agrícolas.

A infestação de *D. abderus* considerada espécie-praga, se deu em apenas dois locais na lavoura, compreendendo 0,73 ha, (Tabela 5). Desta forma fica explícita a importância da correta identificação das espécies no manejo desses insetos-praga. Para Salvadori; Oliveira (2001), as larvas escarabeiformes, podem constituir um grupo variado em um determinado ambiente. Dessa maneira, a correta identificação das espécies de corós presentes na lavoura é fundamental, pois em muitos casos os corós existentes na área, não pertencem a uma espécie nociva às plantas cultivadas (PEREIRA; SALVADORI, 2006).

Tabela 4 – Distribuição por classe populacional da densidade de larvas de melolontídeos. Lagoa Vermelha, RS, 2009.

Classes	Área (ha)		
	Densidade total	<i>Cyclocephala flavipennis</i>	<i>Diloboderus abderus</i>
0 - 1	2,15	3,64	13,64
1 - 2	1,36	2,87	0,73
2 - 3	1,79	2,25	0,00
3 - 4	2,26	1,74	0,00
4 - 5	2,60	1,82	0,00
5 - 6	2,01	1,53	0,00
6 - 7	0,90	0,33	0,00
7 - 8	0,53	0,14	0,00
8 - 9	0,35	0,03	0,00
9 - 10	0,26	0,00	0,00
10 - 11	0,12	0,00	0,00
11 - 12	0,04	0,00	0,00

Na área localizada em Vacaria, das espécies encontradas, apenas *C. flavipennis* possibilitou a representação de sua distribuição espacial, devida a baixa população das demais. Os semivariogramas foram ajustados para essa espécie e para a densidade total de corós (Figura 10).

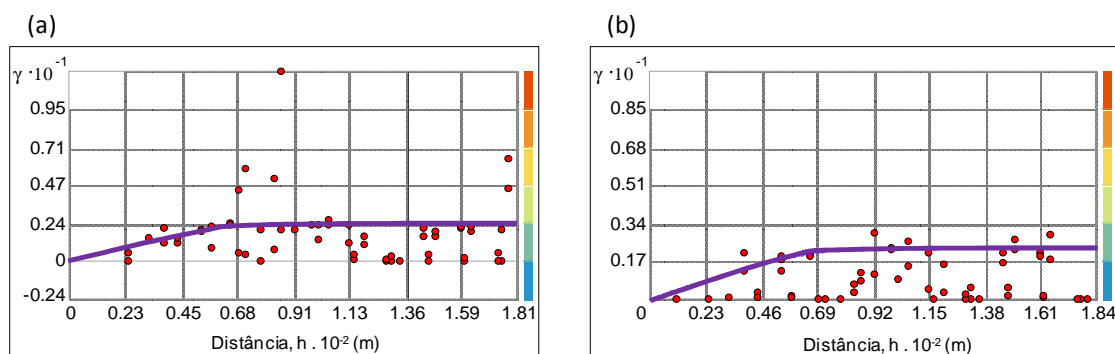


Figura 12 – Semivariogramas ajustados pelo modelo esférico para: (a) densidade total de larvas, (b) *Cyclocephala flavipennis*. Vacaria, RS, 2009.

A análise dos semivariogramas demonstrou para as duas variáveis que o efeito pepita teve valor zero, o patamar apresentou valor de 2,33 para a densidade total e de 2,25 para *C. flavipennis*, e o alcance variou de aproximadamente 87 a 93, respectivamente (Tabela 1). Assim, a dependência espacial foi classificada como forte, seguindo a classificação de Cambardella et al. (1994).

A distribuição espacial da densidade total de corós e das espécies pode ser visualizada na Figura 11.

A área infestada por corós compreendeu a 4,67 ha, representando aproximadamente 50 % do total. *C. flavipennis* esteve presente em 4,04 ha, ou seja, aproximadamente 86 % da área total (Tabela 6), sendo que a população máxima alcançou cinco corós por trincheira.

A baixa diversidade de larvas de melolontídeos verificada nessa área, provavelmente esteja associada ao emprego freqüente de métodos químicos de controle, utilizados pelo produtor nesse local, como o tratamento de sementes. Villegas (2004) menciona que o produtor freqüentemente recorre ao controle químico para o manejo desses insetos, e que a adoção de somente esta técnica de manejo, pode gerar a destruição de inimigos naturais, da macro e micro fauna, além acarretar a contaminação do solo e da água.

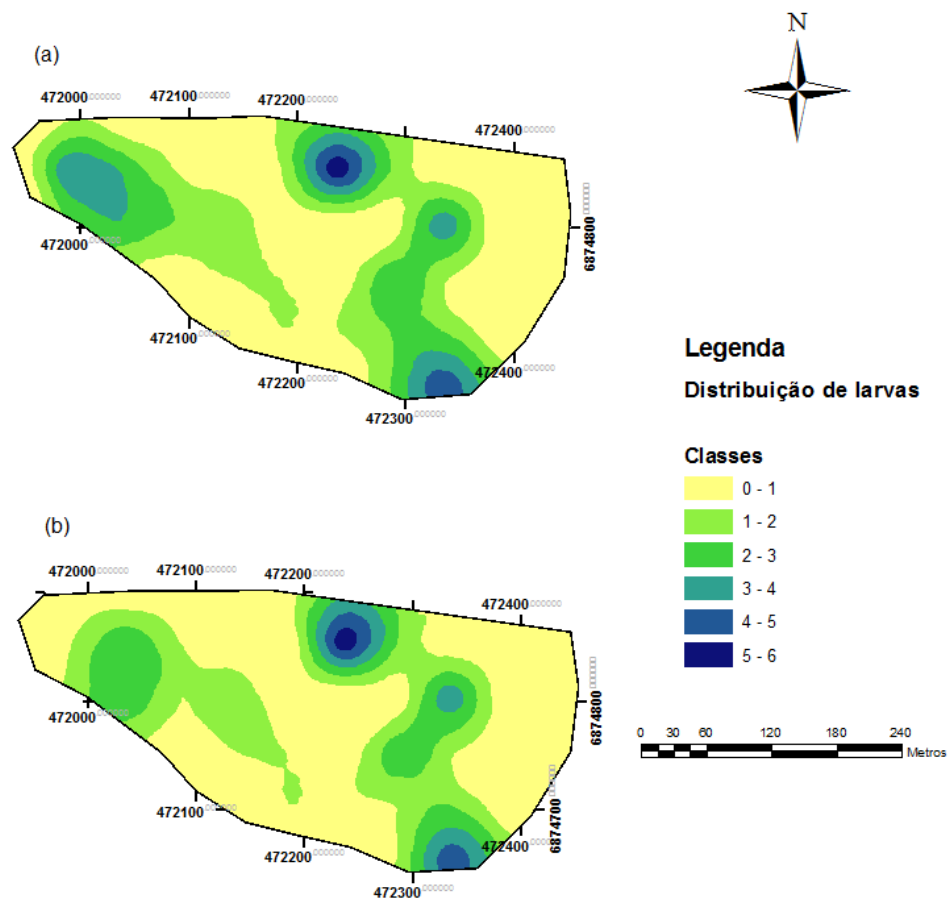


Figura 13 – Mapas da distribuição espacial de larvas de melolontídeos resultantes da krigagem ordinária: (a) densidade total de larvas, (b) *Cyclocephala flavipennis*. Vacaria, RS, 2009.

Tabela 5 – Distribuição por classe populacional da densidade de larvas de melolontídeos. Vacaria, RS, 2009.

Classes	Área (ha)	
	Densidade total	<i>Cyclocephala flavipennis</i>
0 - 1	4,62	5,25
1 - 2	2,31	2,27
2 - 3	1,50	1,20
3 - 4	0,65	0,36
4 - 5	0,18	0,17
5 - 6	0,03	0,04

Considerando os semivariogramas e seus respectivos modelos teóricos ajustados, todas as variáveis analisadas (Figuras 2, 4, 6, 8, 10 e Tabela 1) apresentaram dependência espacial classificada como forte, segundo a classificação de Cambardella et al. (1994).

Os semivariogramas indicam que as espécies de corós apresentam comportamentos de variabilidade espacial diferenciados nas áreas de avaliação, pois mesmo que o modelo esférico tenha sido ajustado para todas as espécies, percebe-se que os valores dos alcances e dos patamares foram diferentes para cada espécie. Essa diferença origina a existência de mais de um modelo ajustado para explicar o comportamento espacial das espécies encontradas. Fato semelhante foi relatado por Couto et al. (2006), que em estudo da caracterização geoestatística da distribuição espacial de *Oebalus poecilus* (Dallas), em arroz irrigado, no qual menciona que o alcance em diferentes campos variou de 54,8 a 114 m. Já Farias et al. (2005), em estudo da dependência espacial de vetores de *Xylella fastidiosa* Wells, em pomar de laranja, afirma que a distribuição espacial de cigarrinhas caracterizada por modelos esféricos em três verões, teve uma dependência espacial média de 40 m.

Tabela 6 – Parâmetros dos semivariogramas ajustados pelo modelo esférico, relativos à distribuição espacial de larvas de melolontídeos em municípios do Rio Grande do Sul em 2009.

Local	Espécie	Parâmetros			
		Efeito pepita (Co)	Patamar (C)	Alcance (a)	Dependência espacial
São Francisco de Assis	Total de larvas	0	1,77	191,26 m	forte
	<i>Diloboderus abderus</i>	0	1,77	195,95 m	forte
	<i>Cyclocephala flavipennis</i>	0	0,11	170,69 m	forte
Cruz Alta	Total de larvas	0	1,45	148,95 m	forte
	<i>Cyclocephala flavipennis</i>	0	1,32	154,37 m	forte
	<i>Diloboderus abderus</i>	0	0,03	162,05 m	forte
	<i>Liogenys</i> sp.	0	0,29	181,07 m	forte
Ijuí	Total de larvas	0	3,44	209,40 m	forte
	<i>Cyclocephala modesta</i>	0	1,65	195,58 m	forte
	<i>Cyclocephala flavipennis</i>	0	0,48	200,06 m	forte
	<i>Liogenys</i> sp.	0	0,11	200,39 m	forte
Lagoa Vermelha	Total de larvas	0	10,58	238,29 m	forte
	<i>Cyclocephala flavipennis</i>	0	5,99	113,84 m	forte
	<i>Diloboderus abderus</i>	0	0,20	125,58 m	forte
Vacaria	Total de larvas	0	2,33	87,29 m	forte
	<i>Cyclocephala flavipennis</i>	0	2,25	92,82 m	forte

O alcance para *D. abderus* variou de 125,58 a 195,95 m. Desse modo, o espaçamento máximo entre pontos do gride amostral deve ser de aproximadamente 195 m; para *C. flavipennis* o alcance foi de 92,82 a 200,06 m; para *Liogenys* sp. foi de 181,07 a 200,39 m e para *C. modesta* o valor foi de

195,58 m. Os alcances encontrados, a partir dos semivariogramas, podem ser empregados para a elaboração de um esquema de amostragem subsequente. Além de auxiliar na escolha de um gride amostral futuro, o alcance representa também a distância máxima na qual deve-se espaçar os pontos amostrais, para que se tenha um dado confiável de infestação na área (FARIAS et al., 2005).

Verifica-se que a distribuição espacial das espécies de larvas de melolontídeos, não possui o mesmo comportamento nas distintas áreas, portanto, as estimativas devem ser realizadas considerando a variabilidade espacial destas. Além disso, quanto menor for o espaçamento utilizado para realizar a amostragem, mais precisa será a caracterização da distribuição espacial desses insetos.

Os mapas da distribuição espacial das espécies de larvas de melolontídeos demonstraram o comportamento agregado de várias espécies dessa família de insetos, nos quais é possível visualizar de forma clara a distribuição em manchas ou “reboleiras” de infestação, concordando com Oliveira et al. (2005), que mencionam a distribuição espacial desses insetos em seu ecossistema como agregada, e se caracteriza pelo acúmulo dos espécimes em determinado local da área. Por sua vez, Gassen (2001c), afirma que o controle deve ser realizado apenas nas áreas onde ocorram perdas expressivas em rendimento, uma vez que a ocorrência de corós se dá em manchas na lavoura, há necessidade de determinar a distribuição de larvas.

Da mesma forma, Monteiro et al. (2008) em estudo da distribuição espacial da mosca-negra-do-citros, *Aleurocanthus woglumi* (Ashby), relatam que essa espécie apresentou agregação para todos os meses amostrados. Observando que nos meses de abril, maio, junho, julho e agosto, período com baixa densidade populacional da espécie, foram obtidos maiores alcances de 30, 22, 31, 35 e 30 m, respectivamente, e conseqüentemente maiores áreas de agregações. A medida que aumentou a densidade populacional, a distribuição populacional desse inseto-praga diminuiu, pelo fato da área estar totalmente infestada. Para Farias et al. (2008), em trabalho utilizando análises geoestatísticas utilizando semivariogramas ajustados pelo modelo esférico para *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), apresentaram maiores amplitudes nos

primeiros ínstaes larvais; com o tempo e as lagartas desenvolvidas, sua distribuição espacial tornou-se mais aleatória.

As informações apresentadas nesse estudo demonstraram a viabilidade no uso da geoestatística na estimativa da distribuição espacial de corós e na definição de espaçamentos de grades de amostragem, para as distintas espécies. Visto que, Alves et al. (2005), em estudo sobre a variabilidade espacial da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* Ferrari, propõem que os mapas de variabilidade espacial, interpolados pela krigagem, podem ser utilizados para selecionar estratégias e táticas racionais de controle de infestações da broca-do-café, com menor impacto ambiental e melhor relação custo-benefício para o produtor.

No futuro, os mapeamentos de larvas de melolontídeos deverão levar em consideração os modelos de dependência espacial, caracterizados pelos semivariogramas. Pois, o conhecimento sobre a distribuição espacial dos insetos deve ser considerado como parte fundamental na elaboração de programas de manejo integrado de pragas.

1.5 Conclusões

A análise dos semivariogramas permite modelar a variabilidade espacial de larvas de *D. abderus*, *C. flavipennis*, *C. modesta*, *Liogenys* sp..

As larvas de *D. abderus*, *C. flavipennis*, *C. modesta*, *Liogenys* sp. apresentam dependência espacial, em todas as áreas de avaliação.

Os modelos ajustados são diferentes para as espécies *D. abderus*, *C. flavipennis*, *C. modesta*, *Liogenys* sp. e áreas de avaliação.

Os grides de amostragem utilizados são apropriados para caracterizar de forma precisa a distribuição espacial de larvas de *D. abderus*, *C. flavipennis*, *C. modesta*, *Liogenys* sp..

Os mapas da distribuição espacial demonstram o comportamento agregado de larvas de *D. abderus*, *C. flavipennis*, *C. modesta*, *Liogenys* sp..

1.6 Referências bibliográficas

AGUIAR MENEZES, E. de L.; AQUINO, A. M. de. **Coleóptera terrestre e sua importância nos sistemas agropecuários**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 55 p. (Embrapa Agrobiologia Documentos, 206). Disponível em: <<http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/download/doc206.pdf>>. Acesso em 25 ago. 2009.

ALVES, M. C. et al. Análise geoestatística da variabilidade espacial da Broca-do-Café (*Hypothenemus hampei*) (Coleoptera: Scolytidae) e da Cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cke.) do Cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 5.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO AGRONEGÓCIO COOPERATIVO, 2., 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: SBI-AGRO, 2005. 1 CD-ROM.

ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R.; SHARP, T. C. Agricultura de precisão. In: FREIRE, E. C. **Algodão no Cerrado do Brasil**. 1. ed. Brasília/DF: ABRAPA, 2007. p. 889-918.

CAMBARDELLA, C. A. et al. Fieldscale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 6, p. 1501-1511, 1994.

CARVALHO, M. A.; RIBEIRO, A. G. A. Tecnologia da informação no meio rural, resultados e pesquisas. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOGRAFIA “PERSPECTIVAS PARA O CERRADO NO SÉCULO XXI”, 2., 2003, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia – Instituto de Geografia, 2003. 1 CD-ROM.

COSTA, R. B. et al. Captura de adultos de *Liogenys fuscus* (Coleoptera: Melolonthidae) com armadilha luminosa em área sob sistema de plantio direto. **Bioscience**, Uberlândia, v. 25, n. 3, p. 1-8, 2009.

COUTO, D. et al. Caracterização geoestatística da distribuição espacial de *Oebalus poecilus* em arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 2.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 8., 2006, Santo Antônio de Goiás. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006.

FARIAS, P. R. S. et al. Geostatistical characterization of the spatial distribution of *Xylella fastidiosa* sharpshooter vectors on citrus. **Neotropical Entomology**, Piracicaba, v. 33, n. 1, p. 13-20, 2004.

_____ et al. Dependência espacial de vetores de *Xylella fastidiosa* em pomar de laranja georreferenciado com o uso do DGPS. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 3., 2005, Sete Lagoas. **Anais...** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2005. 1 CD-ROM.

_____ et al. Spatial analysis of the distribution of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and losses in maize crop productivity using geostatistics. **Neotropical Entomology**, Piracicaba, v. 37, p. 321-327, 2008.

FERNANDES, M. G; BUSOLI, A. C.; BARBOSA, J. C. Distribuição espacial de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA, NOCTUIDAE) em Algodoeiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, n. 3, p. 203-211, 2002.

FRANA, J. E. **Clave para la identificación de larvas de Scarabaeidae que habitan el suelo de la región Central de Santa Fe**. 2003. 5 p. Disponível em: <http://rafaela.inta.gov.ar/publicaciones/clave_gusano_blanco.pdf>. Acesso em: 12 set. 2009.

FREITAS, V. A. **Análise de dados espaciais por meio de semivariogramas**. 2000, 30 f. Monografia (Graduação em Matemática) – Universidade Federal de Uberlândia, 2000.

GASSEN, D. N. As pragas sob plantio direto. In: ROSSELO, R. D. **Siembra directa en el cono sur**. Montevideo: PROCISUR, 2001a. p. 103-120.

_____. Benefícios de escarabeídeos em lavouras sob plantio direto. In: ROSSELO, R. D. **Siembra directa en el cono sur**. Montevideo: PROCISUR, 2001b. p. 159-167.

_____. Manejo de *Diloboderus abderus* em lavouras e pastagens. In: ROSSELO, R. D. **Siembra directa en el cono sur**. Montevideo: PROCISUR, 2001c. p. 173-182.

_____. **Pragas associadas à cultura de milho**. Passo Fundo: Aldeia Norte. 1994, 90 p.

_____. Registros sobre os últimos 15 anos do plantio direto brasileiro. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, ed. 89, set./out. 2005.

GUERRA, P. A. G. **Geoestatística operacional**. Brasília: Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral, 1988. 145 p.

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

LANDIM, P. M. B.; MONTEIRO, R. S.; CORSI A. C. **Introdução à confecção de mapas pelo software SURFER**. São Paulo: Universidade Estadual de São Paulo, 2002. 21 p.

LIEBHOLD, A. M.; ROSSI, R. E.; KEMP, W. P. Geostatistic and geographic information system in applied insect ecology. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 38, p. 303-327, 1993.

MAIA, P. S. P. **Caracterização da distribuição espacial da mosca negra dos citros (*Aleurocanthus woglumi* Ashby, 1915) em pomar georreferenciado para determinar um plano de amostragem seqüencial**. 2008. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2008.

MOLIN, J. P. Agricultura de precisão. Parte 1: o que é e estado da arte em sensoriamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 17, n. 2, p. 97-107, 1997a.

_____. Agricultura de precisão. Parte 2: diagnóstico, aplicação localizada e considerações econômicas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 17, n. 2, p. 108-121, 1997b.

MONTEIRO, B. S. et al. Caracterização espacial da Mosca-negra-dos-citros (*Aleurocanthus woglumi* Asbhy) em um pomar de citros georreferenciado com um sistema de posicionamento global (GPS) no Município de Capitão Poço, PA. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 12., 2008, Belém. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 8 p.

MORÓN, M. A. **Clave para la identificación de los principales géneros de Coleoptera Melolonthidae (Scarabaeidae-pelurosciti) de Argentina con larvas edafícolas.** [S.l.:s.n.], 2006. 50 p.

_____. Melolontídeos edafícolas. In: SALVADORI, J. R.; ÁVILA, C. J.; SILVA, M. T. B. (Org.). **Pragas de solo no Brasil.** Passo Fundo: Embrapa Trigo; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz Alta: Fundacep Fecotrigo, 2004. p. 133-166.

OLIVEIRA, C. M. et al. Análise da distribuição espacial de corós na cultura da soja em plantio direto no Cerrado. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 3., 2005, Sete Lagoas. **Anais...** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 4 p.

_____. **Aspectos bioecológicos do coró-das-hortaliças *Aegopsis bolboceridus* (Thomson) (Coleoptera: Melolonthidae) no Cerrado do Brasil Central.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. 28 p. (Documentos, 143).

OLIVEIRA, L. J.; GARCIA, M. A. Flight, feeding and reproductive behavior of *Phyllophaga cuyabana* (Moser) (Coleoptera: Melolonthidae) adults. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 179-186, 2003.

OLIVEIRA, C. M.; SÁ, M. A. C.; SANTOS JUNIOR, J. D. G. Comportamento de oviposição e sobrevivência de larvas de *Phyllophaga capillata* (Blanchard) (Coleoptera: Melolonthidae) influenciados pela textura, conteúdo de água no solo e presença da planta hospedeira. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS 2.; SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9., 2008, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa, 2008. 1 CD-ROM.

PEDIGO, L. P. Introduction to sampling arthropod populations. In: PEDIGO, L. P.; BUNTIN, G. D. (org), **Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture.** Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 2-10.

PEREIRA, P. R. V. da S.; SALVADORI, J. R. **Guia para identificação de corós rizófagos (Coleoptera: Scarabaeoidea: Melolonthidae) comumente encontrados em cereais de inverno, milho e soja no norte do Rio Grande do Sul.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 12 p. (Comunicado Técnico, 204).

PIRES, J. L. F. et al. **Discutindo agricultura de precisão – aspectos gerais.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 18 p. (Documentos, 42).

RABINOVICH, J. E. **Introducción a la ecología de poblaciones animales**. México: Comp. Ed. Continental, 1980. 313 p.

SALVADORI, J. R. **Coró-do-trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 56 p. (Documentos, 17).

_____. Efeito de níveis de infestação do coró *Cyclopephala flavipennis* em trigo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 1999, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999a. p. 570-572.

_____. **Manejo de corós em cereais de inverno**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999b. 3 p. (Comunicado Técnico, 3).

_____; OLIVEIRA, L. J. **Manejo de corós em lavouras sob plantio direto**. Passo Fundo. Embrapa Trigo, 2001. 88 p. (Documentos, 35).

_____; PEREIRA, P. R. V. S. **Manejo integrado de corós em trigo e culturas associadas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 9 p. (Comunicado Técnico, 203).

_____; _____; CORRÊA-FERREIRA, B. S. **Pragas ocasionais em lavouras de soja no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 34 p. (Documentos, 91).

SANTOS, A. C. et al. Chemical control of white grub *Liogenys fuscus* (Blanchard 1851) (Coleoptera: Melolonthidae) in cornfields. **BioAssay**, Piracicaba, v. 3, n. 5, p. 1-6, 2008.

SANTOS, V.; ÁVILA, C. J. **Coró-do-milho *Liogenys suturalis***. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. 11 p. (Circular Técnica, 40).

SILVA, M. T. B.; COSTA, E. C. Nível de controle de *Diloboderus abderus* em aveia preta, linho, milho e girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 7-12, 2002.

_____; LOECK, A. E. Ciclo evolutivo e comportamento de *Diloboderus abderus* Sturm (Coleoptera: Melolonthidae) em condições de plantio direto. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 25, n. 2, p. 329-337, 1996.

SUBRAMANYAM, B. H.; HAGSTRUM, D. W. **Integrated management of Insects in stored products**. New York: M. Dekker, 1996. 426 p.

VALERIANO, M. M.; PRADO, H. Técnicas de geoprocessamento e de amostragem para o mapeamento de atributos anisotrópicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 997-1005, 2001.

VILLEGAS, N. P. **Reconocimiento de especies del complejo chisa (Coleoptera: Melolonthidae) asociados al cultivo de cebolla y pasto en la localidad de la florida, risaralda**. 2004. 98 f. Monografia/graduação (para obter o título de Engenheiro Agrônomo) – Universidad de Caldas, Manizales, 2004.

VARELLA, C. A. A.; SENA, D. G. **Estudo do interpolador IDW para utilização em Agricultura de Precisão, Princípios em Agricultura de Precisão**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008. 26 p.

ZERBINO, M. E. **Efecto de la siembra directa sobre la macrofauna del suelo**. La Estanzuela, Uruguay: INIA La Estanzuela, 2002. (Documentos on line, n. 035). Disponível em: <<http://www.inia.org.uy/online/site/publicacion-ver.php?id=697>>. Acesso em: 10 set. 2009.

CAPÍTULO II

IMAGENS ORBITAIS NA IDENTIFICAÇÃO DOS DANOS DE LARVAS DE MELOLONTÍDEOS

Resumo

Este trabalho teve por objetivo avaliar a utilização de imagens orbitais na identificação de danos de larvas de melolontídeos. Assim, se realizou estudo no ano de 2009, em Tapejara, RS. O perímetro da área foi demarcado com GPS de navegação, com interface para computador-de-mão. Utilizou-se o programa computacional CR-Campeiro para confeccionar os grides de amostragem. A densidade populacional foi estimada com a abertura de trincheiras no solo. A análise da variabilidade espacial foi feita através de semivariogramas; os mapas foram gerados com o programa computacional ArcGis 9.3, e a dependência espacial estimada pela classificação de Cambardella et al. (1994). A imagem de satélite é oriunda do satélite ALOS, do qual selecionou-se uma cena do sensor PRISM, com resolução espacial de 2,5 m. Esta possui dimensão de 35 x 70 km. A classificação da imagem orbital e do mapa da distribuição espacial de corós foi efetuada no programa computacional ENVI; para tal foi utilizada a classificação não supervisionada, pelo algoritmo *K-means*. Para avaliar a exatidão da classificação, esta foi relacionada com os dados obtidos em campo (larvas m⁻²). O gride amostral e a técnica de amostragem podem ser utilizados para caracterizar a distribuição espacial de corós-praga; o mapa da distribuição espacial de larvas de melolontídeos demonstrou o comportamento agregado dessas espécies; as larvas de melolontídeos influenciaram a resposta espectral da cultura; o coeficiente Kappa é considerado bom; a imagem ALOS permite identificar os danos de larvas de melolontídeos.

Palavras-chave: sensoriamento remoto; classificação; *K-means*; Melolonthidae.

SATELLITE IMAGES IN THE IDENTIFICATION OF WHITE GRUBS DAMAGE

Abstract

This study aimed to evaluate the use of orbital images for the identification of white grub damage. The study was conducted during survey 2009, in Tapejara, RS. The perimeter of the area was marked with GPS navigation, with interface for Pocket-pc. We used the software CR-Campeiro to build the sampling grids. The population density was estimated from trenches on de soil. The analysis of spatial variability was made with semivariograms, the maps were generated with the software ArcGIS 9.3, and spatial dependence estimated by classification of Cambardella et al. (1994). The satellite image is from the ALOS satellite, which was selected a scene from the PRISM sensor, with spatial resolution of 2.5 m. This has a dimension of 35 x 70 km. The classification of the orbital image and map the spatial distribution of white grubs, was performed in ENVI computer program, for this we used the unsupervised classification, the K-means algorithm. To evaluate the accuracy of classification, this was related to the true field (larvae m⁻²). The grid sampling and sampling technique can be used to characterize the spatial distribution of white grubs; the spatial distribution map of white grubs showed the aggregate behavior of these species; white grubs influence the spectral response of culture, the Kappa coefficient is considered good, the ALOS image allows identifying white grubs damage.

Keywords: remote sensing; classification; K-means; Melolonthidae.

2.1 Introdução

Determinar os danos originados por insetos-praga, é uma das atividades essenciais na elaboração e implementação de programas de manejo integrado. O método de monitoramento de larvas de melolontídeos praga, consiste na inspeção e na coleta de um número de insetos e na identificação das espécies. Esse método pode ser lento e oneroso, pois para caracterizar a distribuição espacial de forma precisa, o espaçamento do gride de amostragem deve ser reduzido, gerando um número elevado de amostras, por unidade de área.

Dessa forma, a utilização de novas técnicas, como o sensoriamento remoto, pode auxiliar a coleta e o processamento de amostras em laboratório sem a necessidade de contato direto com os objetos, permite também, realizar levantamentos precisos e confiáveis, em curto espaço de tempo (MORAES, 2002). O sensoriamento remoto tem como características a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres, registradas por sensores remotos, que podem atender múltiplos requisitos (NOVO; PONZONI, 2001). No entanto, cada sensor possui características que os tornam mais adequados a certas aplicações, dependem da resolução espacial, da temporal, da espectral e da radiométrica.

O processamento digital de imagens de alta resolução espacial pode ser difícil, devido à elevada complexidade dos alvos (REGO, 2005); algoritmos distintos são utilizados para classificação de imagens, por exemplo: se o classificador analisa *pixels* ou analisa regiões ou se o classificador é supervisionado ou não supervisionado (DIAS; NETO, 2004).

Atualmente inúmeras metodologias estão sendo desenvolvidas para a classificação de imagens (VIEIRA, 2002), deste modo, muitos trabalhos têm sido realizados com a utilização do sensoriamento remoto no monitoramento de atividades rurais, na detecção de mudanças fisiológicas e estruturais em plantas e na identificação de doenças e insetos-praga.

O objetivo foi avaliar a utilização de imagens orbitais na identificação de danos de corós-praga.

2.2 Revisão bibliográfica

2.2.1 Sensoriamento remoto

O sensoriamento remoto está ligado ao desenvolvimento da fotografia e à pesquisa espacial. As fotografias aéreas foram os primeiros produtos de sensoriamento remoto. O termo sensoriamento remoto abriga tecnologia e conhecimentos complexos derivados de campos que vão da física à botânica e da engenharia eletrônica à cartografia (NOVO; PONZONI, 2001).

Essa ciência pode ser entendida como um conjunto de atividades que permitem a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre, sem a necessidade de contato direto com os mesmos (MORAES, 2002). Seu principal objetivo é expandir a percepção sensorial, permitindo a análise de um modelo da superfície terrestre, e o processamento em laboratório (BATISTA; DIAS, 2005).

O comportamento espectral pode ser definido como sendo o conjunto dos valores sucessivos da reflectância do alvo ao longo do espectro eletromagnético, também conhecido como a assinatura espectral do objeto (NOVO; PONZONI, 2001).

Os objetos interagem espectralmente de maneira diferenciada com a energia eletromagnética incidente, pois apresentam diferentes propriedades físico-químicas e biológicas (MORAES, 2002). Assim que um determinado fluxo radiante atinge uma superfície, a energia incidente é fracionada em três componentes, parte é absorvida, parte é transmitida e parte é refletida para o espaço (RODRÍGUES, 2000), conforme as características físico-químicas do alvo (NOVO; PONZONI, 2001).

No espectro do visível e do infravermelho, a energia que é refletida sofre influência de propriedades como pigmentação, estrutura celular da vegetação e constituição mineral (BAUERMANN, 2008). A detecção de estresse em plantas, culturas com incidência de doença, déficit hídrico, infestações por pragas e outros problemas apresentam, muitas vezes, uma diminuição na taxa de transpiração. Estas diferentes interações é que possibilitam a distinção e o

reconhecimento dos diversos objetos terrestres, pois são reconhecidos, devido a variação da porcentagem de energia refletida em cada comprimento de onda (MORAES, 2002).

A radiação eletromagnética refletida pode ser medida através de sensores, em qualquer intervalo de comprimento de onda (BAUERMANN, 2008). Esses captam informações resultantes da interação da energia emitida e/ou refletida, com os objetos da superfície terrestre, e a partir disso, permitem a derivação de informações sobre as características físico-químicas dos alvos em estudo (PERONI, 2004). Os sistemas imageadores fornecem como produto uma imagem (NOVO; PONZONI, 2001).

O Brasil integra o grupo de países detentores da tecnologia de sensoriamento remoto com o satélite CBERS (*China-Brazil Earth-Resources Satellite*), e vem buscando consolidar sua autonomia nesse segmento (INPE, 2009). No entanto, outros países desenvolveram programas de imageamento, como o Landsat (*Land Remote Sensing Satellite*) que foi desenvolvido pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), que fez o lançamento de sete satélites, atualmente encontra-se em operação o Landsat 5 e o Landsat 7 (RODRÍGUEZ, 2000).

O programa do CNES (*Centre National d'Etudes Spatiales*) denominado de SPOT (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*) começou a ser desenvolvido na França. O quarto satélite, SPOT 4 foi lançado em 24 de março de 1998 (RODRÍGUEZ, 2000).

Há outros satélites sendo utilizados para imageamento, como o ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) que foi lançado pela Agência Espacial Japonesa, para observar e obter imagens do planeta. O ALOS descreve uma órbita circular heliossíncrona a 692 km de altitude, com um período de revisita a cada 46 dias. Os dados captados são redirecionados para o satélite geoestacionário DRTS, ou Kodama, que os transmite para a estação de recepção no Japão (IBGE, 2009).

O sensoriamento remoto é uma importante fonte de dados terrestres, mostrando-se como uma das técnicas mais promissoras, e suprimindo algumas das necessidades do meio produtivo, como a determinação da variabilidade do tipo e dos parâmetros do solo, a determinação das condições vegetais (DAINESE, 2005), o monitoramento de atividades rurais (SILVA; SILVA, 2009),

a identificação de doenças (DIAS; NETO, 2004) e a detecção de mudanças fisiológicas em plantas, que podem estar associadas ao ataque de insetos-praga.

Essas informações, quando associadas a outros dados dentro de um Sistema de Informações Geográficas SIG, podem nortear programas de aplicação de defensivos e práticas de manejo (DAINESE, 2005).

2.2.2 Processamento digital de imagens

Nas últimas décadas, o sensoriamento remoto evoluiu das fotografias, passando pelas imagens digitais com baixa resolução, até as atuais imagens multi e hiperespectrais de alta resolução. Ao mesmo tempo, ocorreu a evolução da engenharia de hardware e programas computacionais que permitiram o desenvolvimento de métodos de análise e processamento digital de imagens (BERNARDES et al., 2007).

A interpretação de uma imagem permite a extração de informações sobre os objetos, sem necessidade de se ir ao local. A visão panorâmica das imagens abrange áreas extensas e permite visualização de fenômenos e dos alvos a serem analisados (DIAS; NETO, 2004).

A interpretação de dados de sensoriamento remoto requer o conhecimento dos padrões da radiação refletida e emitida pelas feições da superfície terrestre, além de se conhecer as características do sensor (REGO, 2005).

Inúmeras metodologias estão sendo desenvolvidas para a classificação automática de imagens oriundas do sensoriamento remoto (VIEIRA, 2002). A classificação automática de imagens multiespectrais possibilita a visualização rápida de informações e visa à caracterização das composições dos alvos da superfície (BERNARDES et al., 2007).

As diferentes feições apresentam distintos padrões de refletância e emitância, o formato como a energia é refletida compõe um padrão denominado de resposta espectral. Os sistemas computacionais de processamento de imagem auxiliam na análise e na identificação das

diferenças da reflectância, permitindo a identificação das feições terrestres (DIAS; NETO, 2004).

Segundo Rego (2005), o trabalho de classificação de imagens de alta resolução espacial pode ser considerado difícil, devido à elevada complexidade dos tipos de cobertura do solo e vegetação, que podem ser discriminados nesse tipo de imagem.

Algoritmos diversos são utilizados para classificação de imagens, sendo uma importante distinção, se esses analisam *pixels* ou regiões (DIAS; NETO, 2004). Métodos automáticos de classificação baseados em *pixels* foram amplamente utilizados em procedimentos de classificação em baixa e média resolução e têm sido utilizados ainda em imagens de alta resolução, de acordo com Rego (2005), concordando com Vieira (2002), que os procedimentos atualmente em uso, baseiam-se na investigação da característica radiométrica do *pixel*.

Outra distinção que pode ser feita é se o classificador é supervisionado ou não supervisionado. No primeiro caso, tem-se conhecimento prévio da área e instrui-se o computador através das amostras de treinamento e o restante da imagem será classificada com base nessas amostras. No caso não-supervisionado, o computador separa a imagem em classes espectrais distintas (DIAS; NETO, 2004).

Da mesma forma como descrito por Bernardes et al. (2007), a classificação supervisionada é baseada em amostras empregadas para treinamento do classificador; portanto, existe necessidade de observações de campo ou conhecimentos de fotointerpretação; e que a classificação não supervisionada é utilizada, quando não for possível definir áreas representativas para o treinamento. Assim, são utilizados algoritmos baseados em regras estatísticas capazes de fazer o reconhecimento das classes na imagem.

Deste modo, na classificação supervisionada, são empregados algoritmos como a da distância mínima, na qual as amostras de treinamento são utilizadas para avaliar a média de cada classe; a do paralelepípedo, que considera uma área ao redor do conjunto de treinamento (SOARES, 2008); e a da máxima verossimilhança (MaxVer), que é a técnica mais utilizada para tratamento de dados de satélites (SHIBA et al., 2005).

A classificação não-supervisionada, segundo Gonçalves et al. (2008), é freqüentemente realizada por meio de métodos de agrupamentos (*clustering*), sendo que os algoritmos de agrupamento mais conhecidos são o *K-means* e o *Isodata* (OHATA; QUINTANILHA, 2005).

A avaliação da classificação é realizada com a comparação do mapa da classificação dos dados do sensor com os dados de referência ou verdade de campo (CONGALTON, 1991). Um dos parâmetros mais utilizados para avaliar a exatidão da classificação é o índice Kappa, que segundo Ponzoni; Almeida (1996) é o parâmetro da concordância geral, e é baseado na diferença entre a concordância real e ao acaso, da classificação.

2.2.3 Coró-das-pastagens (*Diloboderus abderus*) e coró-sulino-da-soja (*Demodema brevitarsis*)

Em algumas regiões do Rio Grande do Sul, larvas da família Melolonthidae, atingiram a condição de praga, causando danos às culturas, de inverno e de primavera (SILVA; COSTA, 2002).

Diloboderus abderus (coró-das-pastagens) é uma das espécies mais conhecidas no sul do Brasil, no Uruguai e na Argentina; sua ocorrência está relacionada a locais com inverno chuvoso, pastagens e/ou áreas com palha sobre o solo, não se desenvolve em regiões com invernos secos, como o cerrado brasileiro (GASSEN, 2000). *D. abderus* é uma espécie univoltina, desenvolvendo-se no solo, entre 10 e 19 cm de profundidade, a larva é polífaga; ataca sementes, raízes e plântulas (SILVA; LOECK, 1996). Encontra ambiente favorável ao seu desenvolvimento em solos sem mobilização, como no sistema plantio direto (SILVA; COSTA, 2002).

Demodema brevitarsis tem sua ocorrência registrada nos municípios de Vila Langaro, Getúlio Vargas, Sananduva, Sertão e Tapejara, RS. A larva em seu desenvolvimento pleno, pode chegar a aproximadamente 5 cm de comprimento; possui corpo e pernas de coloração branco-amarelada e cabeça amarelada. Os *palus* do ráster apresentam padrão característico, com duas fileiras de cerdas curtas e grossas (palídia) (MORÓN; SALVADORI, 2006).

D. brevitarsis pode ocasionar danos significativos às plantas, seja pela morte de plântulas, após a destruição das raízes e/ou pela diminuição do crescimento e da capacidade produtiva das plantas (SALVADORI et al., 2007); a espécie tem sido encontrada danificando soja, no entanto também pode ser observada alimentando-se de raízes de gramíneas (PEREIRA; SALVADORI, 2006).

2.3 Material e métodos

2.3.1 Local

O estudo da distribuição espacial de larvas de melolontídeos, das espécies *D. abderus* e *D. brevitarsis*, foi realizado em 28 de julho de 2009, em área cultivada com aveia e azevém com 5,22 ha, em Tapejara, RS (Figura 12). A área tem como coordenadas latitude 29°04'01,09"S e longitude 52°07'09,77"W, e altitude de aproximadamente 875 m .

2.3.2 Amostragem

O perímetro da área foi demarcado com *Global Positioning System* (GPS) de navegação, marca Garmin, modelo GPS10, com interface para computador-de-mão (Pocket PC). Utilizou-se o programa computacional CR-Campeiro, tecnologia móvel, para dividir a área experimental em gride regular de amostragem; tendo dimensão de 35 x 35 m, perfazendo um total de 39 pontos. Para a localização dos pontos de amostragem utilizou-se o mesmo GPS da demarcação do perímetro.

A amostragem foi realizada com a abertura de trincheiras, em cada um dos pontos amostrais, com dimensões de 0,50 x 0,20 x 0,20 m, comprimento, largura e profundidade, respectivamente. As larvas encontradas foram acondicionadas em potes plásticos contendo solo e conduzidas ao Laboratório de Manejo Integrado de Pragas (LabMIP) da UFSM. A identificação seguiu os itens já descritos anteriormente.

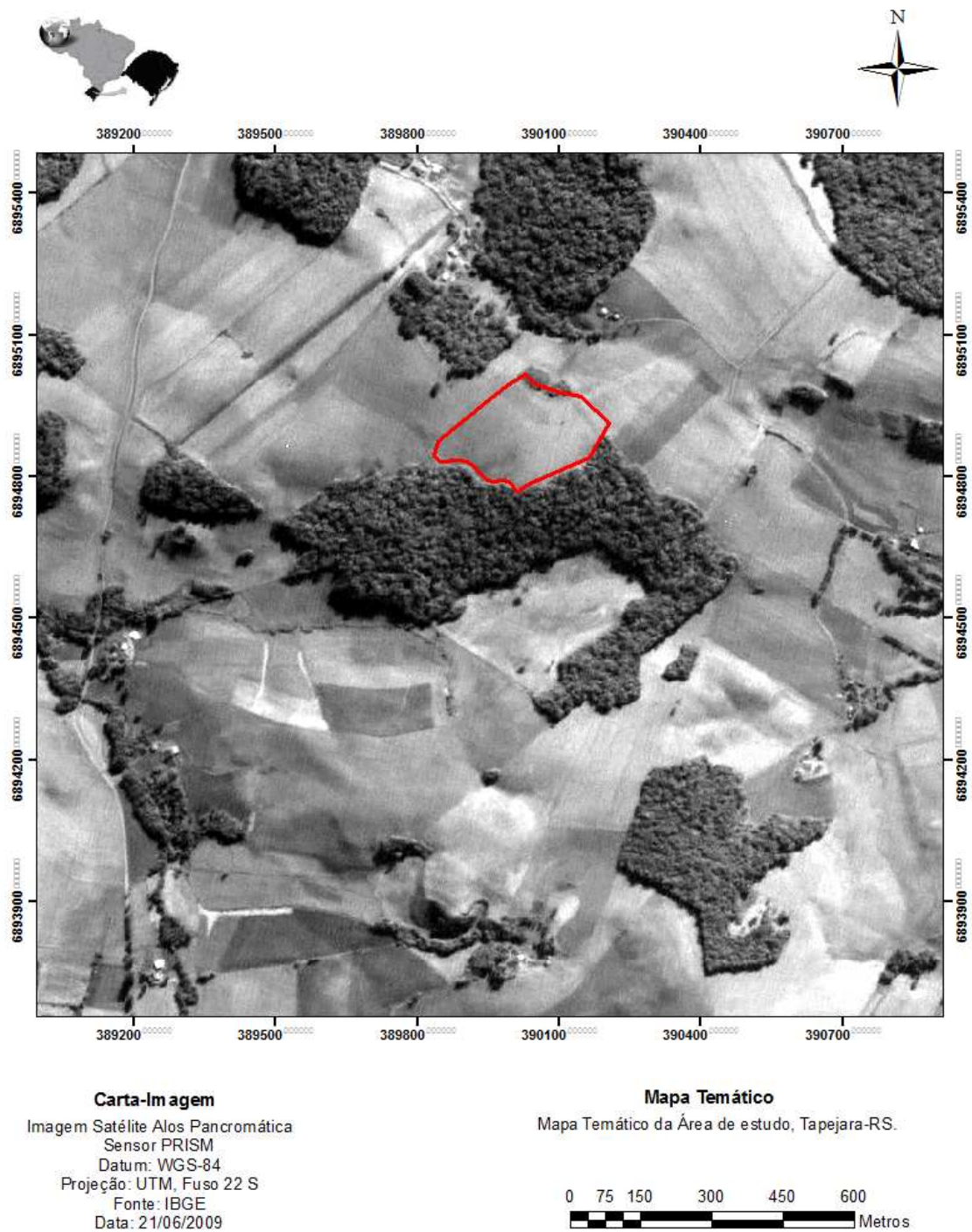


Figura 14 – Carta imagem contendo a área de estudo (vermelho). Tapejara, RS, 2009.

2.3.3 Mapa da população de larvas

O mapa populacional de larvas foi gerado a partir de dados da contagem das larvas de melolontídeos, das espécies *D. abderus* e *D. brevitarsis*. A seguir, se procedeu a sobreposição de planos de informação com a inserção do perímetro no arquivo gerado pela krigagem. Da mesma forma, aplicou-se algoritmo de cálculo de área para que se conhecesse a área abrangida por cada classe.

As coordenadas aplicadas na composição do mapa foram oriundas do datum *World Geodetic System* (WGS-84), no qual o sistema de coordenadas utilizado foi o *Universal Transverse Mercator* (UTM), estando a área situada no fuso 22 S.

Vale salientar que os dados referentes ao número de corós foram submetidos à análise geoestatística utilizando semivariogramas, conforme a metodologia mencionada no capítulo anterior.

2.3.4 Obtenção e classificação da imagem

A imagem de satélite utilizada no estudo é oriunda do satélite japonês ALOS, do qual selecionou-se uma cena pancromática do sensor PRISM, do dia 21 de junho de 2009, com resolução espacial de 2,5 m. Esta possui dimensão de 35 x 70 km, extensão suficiente para abranger a área de estudo, não possuindo cobertura de nuvens e apresentando boa resposta espectral do dossel do cultivo. A opção pela imagem ALOS se deu por ela possuir resolução espacial necessária para a identificação dos danos de corós e baixo custo.

A classificação da imagem ALOS e do mapa da distribuição espacial de corós, foi efetuada no programa computacional ENVI, com a caracterização de zonas que continham maior dano, dessa forma, maior refletância e dos focos de infestação; para tal foi utilizada a classificação não supervisionada, pelo

algoritmo *K-means*. Esse método primeiramente calcula uma classe uniforme, para posteriormente agrupá-las em classes distintas, utilizando a técnica de distância mínima (CROSTA, 1992).

Para avaliar a exatidão da classificação, esta foi relacionada com os dados de referência contendo o número de larvas m², coletados em campo, segundo a malha amostral e metodologia acima descrita. A concordância foi estimada a partir do índice Kappa (Tabela 7), da Exatidão Global e da matriz de confusão.

Tabela 7 – Intervalo de aceitação dos resultados do índice Kappa (GALPARSORO; FERNANDÉZ, 1999).

Valor de k	Concordância
< 0,20	Pobre
0,20 – 0,40	Fraca
0,40 – 0,60	Moderada
0,60 – 0,80	Boa
0,80 – 1,00	Muito Boa

2.4 Resultados e discussão

O semivariograma e os parâmetros do modelo esférico estão contidos na Figura 13, o efeito pepita apresentou valor zero, enquanto o patamar e o alcance tiveram valores de 3,36 e 103,33; respectivamente.

Esses resultados evidenciam que a malha amostral (35 x 35 m) e as técnicas utilizadas na amostragem, foram adequadas e eficientes na caracterização da distribuição espacial de larvas de melolontídeos, pois segundo Oliveira et al. (2005) e Maia (2008), o alcance é a distância mínima que se deve espaçar as amostragens, para a representação da infestação de insetos-praga; e o efeito pepita deve apresentar valor zero, pois reflete erros de amostragens e medidas.

Segundo, Cambardella et al. (1994), a dependência espacial pode ser classificada como forte, possibilitando a ponderação sobre a distribuição espacial desses insetos-praga com a geoestatística.

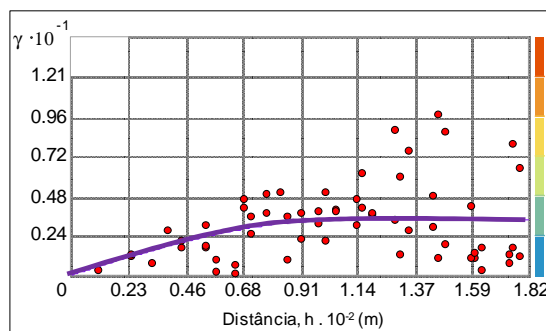


Figura 15 – Semivariograma ajustado pelo modelo esférico para a densidade total de larvas. Tapejara, RS, 2009.

Após a análise dos parâmetros do semivariograma, foi confeccionado o mapa da distribuição espacial de larvas de melolontídeos por krigagem ordinária, mostrando locais com maior (azul mais intenso) e menor (amarelo) densidade populacional (Figura 14).

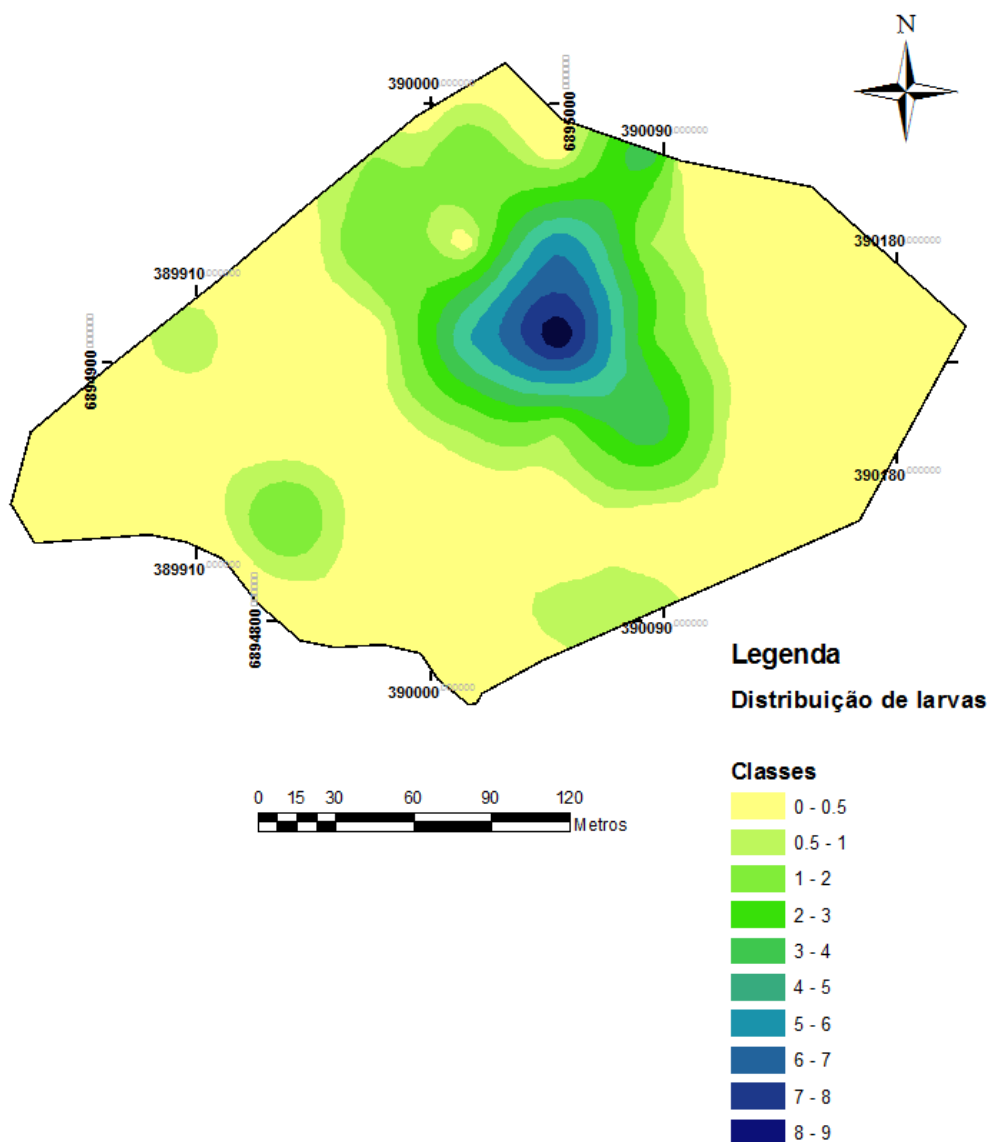


Figura 16 – Distribuição espacial de larvas de melolontídeos (*Diloboderus abderus* e *Demodema brevitarsis*) resultantes da krigagem ordinária. Tapejara, RS, 2009.

No mapa da distribuição espacial de larvas de melolontídeos praga, nota-se que a população estava distribuída em quatro focos de infestação (Figura 14). A classe com maior representatividade foi a de 0,5 a um coró por trincheira, com 0,82 ha (cinco corós por m⁻²) (Tabela 8); classe a partir da qual, a população de corós-praga encontrava-se acima do nível de controle para cereais de inverno (SALVADORI; PEREIRA, 2006; GASSEN, 2001; IANNONE, 2004); a área com população acima do nível de controle foi de 2,33 ha (Tabela 8), ou seja, aproximadamente 45 %.

Tabela 8 – Distribuição de larvas de melolontídeos por classe populacional. Tapejara, RS, 2009.

Classes	Área (ha)
0 - 0,5	2,89
0,5 - 1	0,82
1 - 2	0,74
2 - 3	0,28
3 - 4	0,20
4 - 5	0,10
5 - 6	0,08
6 - 7	0,07
7 - 8	0,03
8 - 9	0,01

A partir desses dados efetuou-se a classificação não supervisionada, pelo algoritmo *K-means* do mapa da distribuição espacial e da imagem orbital com danos de corós-praga, sendo os resultados apresentados nas Figuras 15 e 16. Os resultados das classificações (imagem orbital e mapa da distribuição espacial de corós-praga) foram cruzados, obtendo-se o índice de concordância Kappa, a Exatidão Global e a matriz de confusão (Tabela 9).

Os coeficientes Exatidão Global e Kappa para as classificações foram 78,35 % e 0,6679; respectivamente. A Exatidão Global, expressa a precisão da classificação de uma imagem, e descreve a porcentagem da área da imagem que foi corretamente classificada, quando comparada com os dados de referência ou verdade de campo (GRONDONA, 2009). O índice Kappa indica o grau de concordância do resultado da classificação com a referência de campo, tem variação de zero a um, sendo que zero (0) indica ausência de concordância e um (1) evidencia total concordância dos dados obtidos com a referência de campo (WEBER et al., 2005).

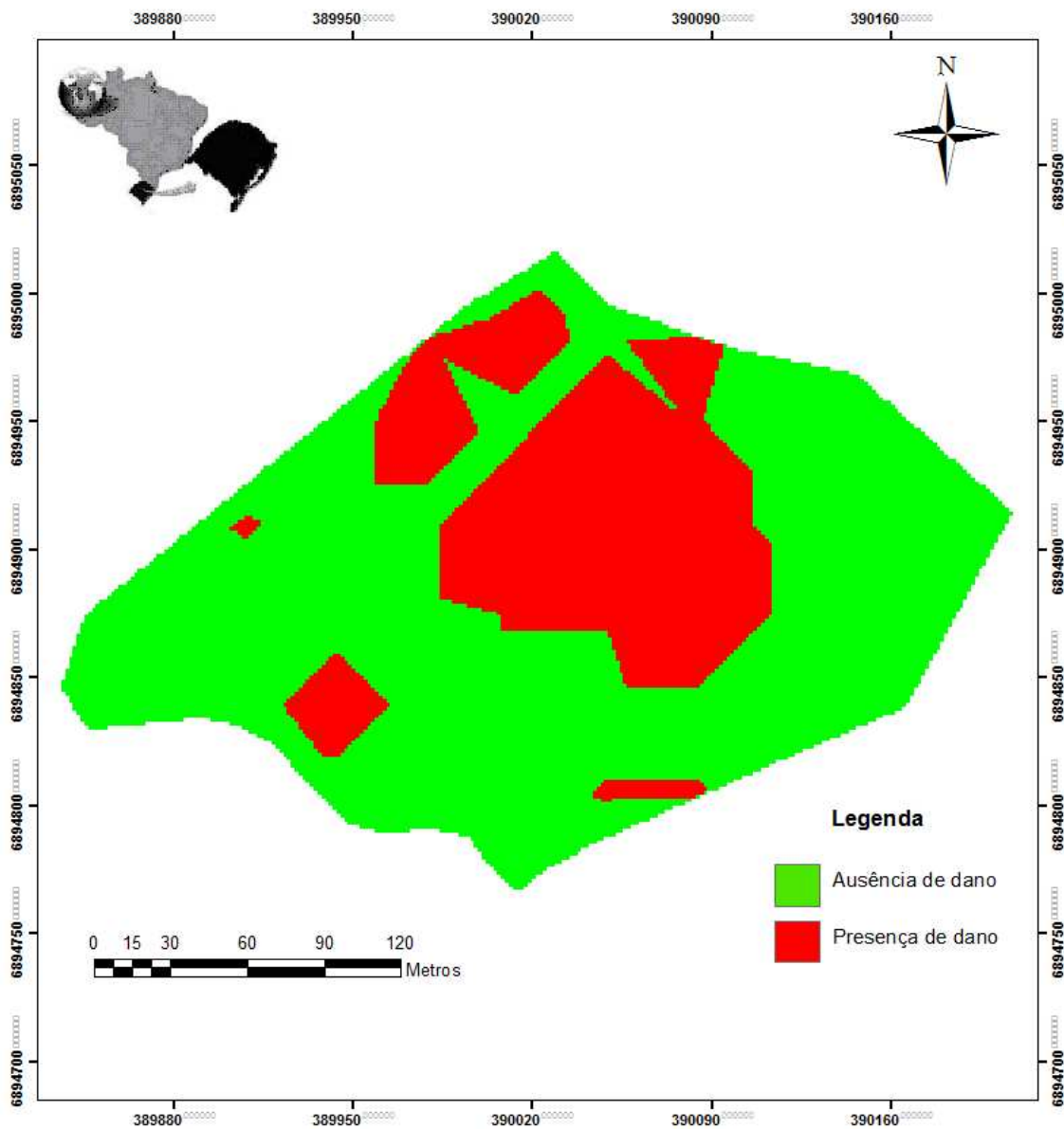


Figura 17 – Mapa do dano das larvas de melontídeos resultante da krigagem ordinária. Tapejara, RS, 2009.

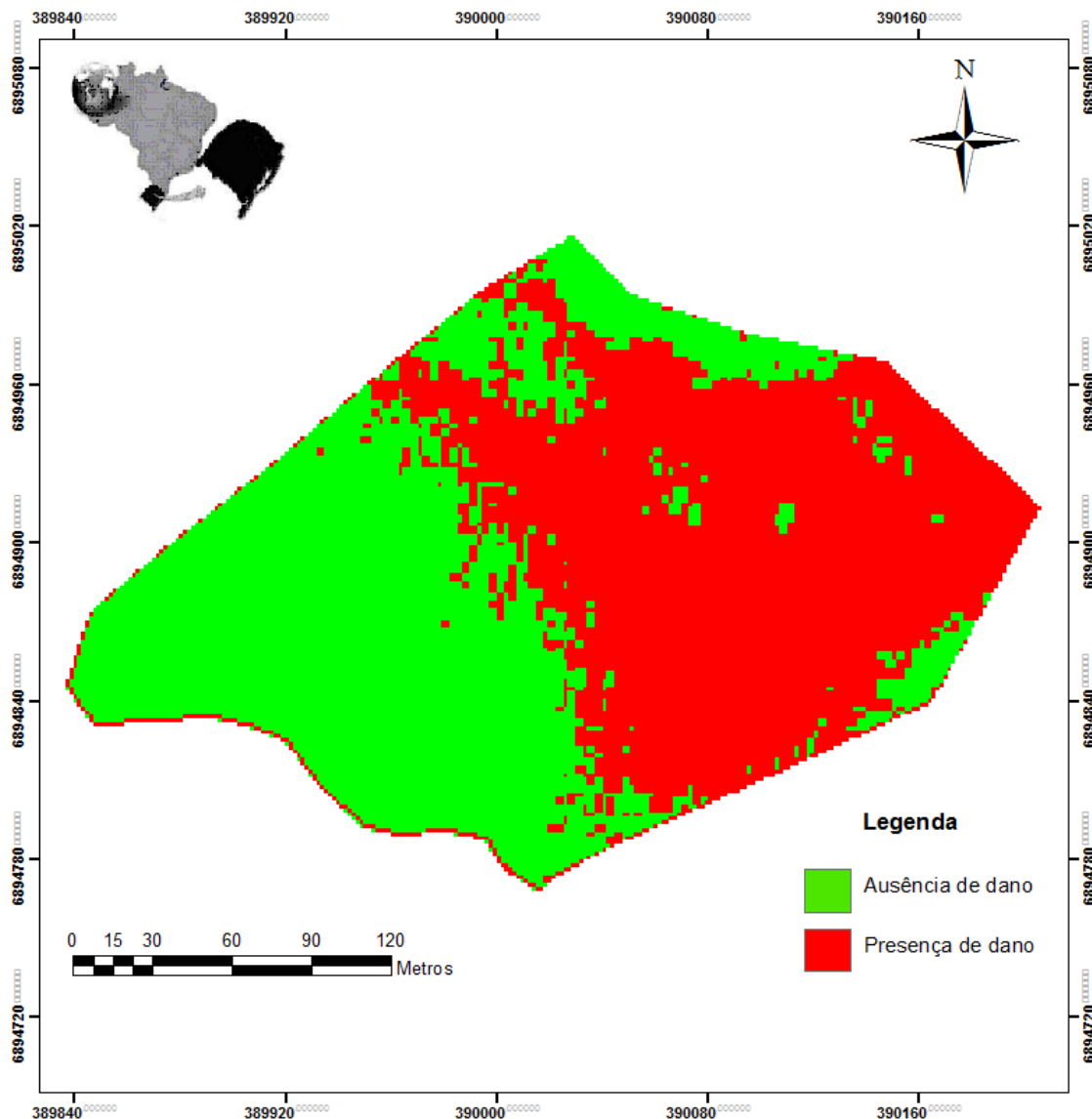


Figura 18 – Mapa do dano das larvas de melolontídeos resultante da imagem orbital. Tapejara, RS, 2009.

Segundo Galparsoro; Fernández (1999), o valor da concordância entre os dados resultantes da imagem orbital e os do mapa da distribuição espacial (Tabela 9), pode ser classificado como bom. Verifica-se ainda, que os danos são perceptíveis a partir de cinco larvas m^{-2} , densidade populacional citada como nível de controle para esses insetos-praga, em cereais de inverno (SALVADORI; PEREIRA, 2006; GASSEN, 2001; IANNONE, 2004).

Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2005), que em estudo sobre o uso de amostragem georreferenciada e imagens aéreas para avaliar a distribuição espacial do coró-da-soja, *Phyllophaga cuyabana* (Moser) (Coleoptera: Melolonthidae), relatam que os danos à cultura da soja são perceptíveis a partir de oito larvas m⁻², da mesma forma, mencionam como 0,5128 e 75,00 %, os índices, Kappa e Exatidão Global, respectivamente.

Tabela 9 – Matriz de confusão resultante da classificação (linhas) e mapa de referência (colunas). Tapejara, RS, 2009.

Classes	Descrição (<i>Pixels</i>)			Total	Erros de comissão (%)
	Não classificado	Sem dano	Com dano		
Não classificado	18167	73	0	18240	98,93
Sem dano	90	9617	1812	11519	0,49
Com dano	106	6975	4992	12073	0,58
Total	18363	16665	6804	41832	
Erro de omissão (%)	0,44	57,71	41,85		

Embora os coeficientes (Exatidão Global e Kappa) sejam classificados como bons, ressalta-se que a imagem orbital é proveniente do dia 21 de junho, enquanto a avaliação da densidade populacional se deu em 28 de julho, pois não haviam imagens disponíveis na data de amostragem. Essa defasagem pode ter influenciado os resultados obtidos, pois a cobertura vegetal e os danos das larvas de melolontídeos poderiam estar alterados. Com o crescimento das larvas o dano pode aumentar pelo maior consumo radicular e a cobertura vegetal diminuir pela conseqüente morte de plantas; apresentando assim, diferentes características de reflectância do dossel, frente a diferença de mais de 30 dias. Fazendo menção a Lobão et al. (2005), que citam que o produto obtido por meio de processamento digital de imagens pode variar em função da cena, da área de estudo, da época em que foi adquirida a imagem e dos

métodos utilizados para a classificação, relatam também que frente a essas variações é praticamente impossível obter dados exatos.

A caracterização dos danos de larvas de melolontídeos com imagens orbitais apresenta vantagens como o resultado imediato, a não necessidade de contato com os objetos e de ser uma prática não destrutiva. No entanto, a forma mais comum de se estimar a densidade populacional e como consequência os danos de corós, tem a necessidade da realização de amostragens em campo, habitualmente com número elevado de amostras por unidade de área; o resultado é a diminuição no monitoramento de pragas pelos agricultores e técnicos, e o aumento do custo de produção.

O que concorda com Sousa et al. (2009), os quais relatam que o uso de informações vindas de imagens de satélites facilitam tomadas de decisão e diminuem o custo de produção. Marchiorato et al. (2002) e Johann et al. (2009), mencionam que a utilização do sensoriamento remoto permite levantamentos rápidos, precisos e confiáveis independente do tamanho da área e a possibilidade de avaliar áreas antes inacessíveis. Do mesmo modo, Silva; Silva (2009) relatam que informações suplementares podem ser obtidas com o uso de imagens orbitais como características de cultura, localização e identificação de carências nutricionais das plantas, previsão de pragas e doenças, estimativa de biomassa.

Para subsidiar a tentativa de caracterização dos danos de larvas de melolontídeos, os trabalhos futuros poderão utilizar imagens multiespectrais. Essas podem proporcionar uma melhor avaliação da reflectância dos alvos, uma vez que disponibilizam maior número de bandas, e dessa forma, realizar a classificação supervisionada que resulta em um maior controle sobre a definição dos alvos, conforme sua reflectância.

2.5 Conclusões

As larvas de melolontídeos influenciam a resposta espectral da cultura, portanto, é possível detectar e mapear áreas com danos.

O coeficiente de concordância Kappa entre o mapa e a imagem orbital é considerado bom.

A imagem ALOS permite identificar os danos de larvas de melolontídeos a partir de cinco larvas por m^{-2} .

2.6 Referências bibliográficas

BAUERMAN, G. C. **Uso de imagens de sensores remotos na estimativa de características dendrométricas de povoamentos de eucalipto**. 2008. 78 f. Dissertação (Dissertação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. **Introdução ao sensoriamento remoto e processamento de imagens**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005. 54p.

BERNARDES, T.; ALVES, H. M. R.; VIEIRA, T. G. C. Classificação automática de imagens de satélites no mapeamento da região cafeeira de Patrocínio, MG. In: V SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: Embrapa Café, 2007. 1 CD-ROM.

CAMBARDELLA, C. A. et al. Fieldscale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 6, p. 1501-1511, 1994.

CONGALTON, R. G.; A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, Maryland Heights, n. 37, p. 35-46, 1991.

CROSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: Unicamp, 1992. 170 p.

DAINESE, R. Duas técnicas precisas – um resultado surpreendente. **Campo & Negócios**, Uberlândia, n. 23, p. 38-40, 2005.

DIAS, D. N.; NETO, J. B. Identificação de ferrugem por meio de imagens aéreas das áreas cultivadas com cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO, 2., 2004, Itajaí. **Anais...** Itajaí: UNIVALI, 2004. p. 741-745.

GALPARSORO, L. U.; FERNANDÉZ, P. S. Medidas de concordância: el índice Kappa. **Cad Aten Primaria**, A Coruña, n. 6, p. 169-171, 1999. Disponível em: <http://gaptalavera.sescam.jccm.es/web1/gaptalavera/prof_InvDocForm/Explicacion_kappaFisterra.pdf>. Acesso em: 10 set. 2009.

GASSEN, D. N. As pragas sob plantio direto. In: ROSSELO, R. D. **Siembra directa en el cono sur**. Montevideo: PROCISUR, 2001. p. 103-120.

_____. **O coró-da-pastagem, *Diloboderus abderus*, em lavouras sob plantio direto**. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2000. 5 p. (Embrapa Trigo. Comunicado Online, 48).

GONÇALVES, M. L. et al. Classificação não-supervisionada de imagens de sensores remotos utilizando redes neurais auto-organizáveis e métodos de agrupamentos hierárquicos. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 1, p. 17-29, 2008.

GRONDONA, A. E. B. Avaliação da acurácia dos classificadores de máxima verossimilhança, mínima distância euclidiana e isodata na classificação de imagens da região do Pantanal. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2., 2009, Corumbá. **Anais...** Corumbá: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2009. p. 433-442.

IANNONE, N. **Toma de decision y control del gusano blanco *Diloboderus abderus* en siembra directa de trigo**. Pergamino: Servicio Técnico INTA, 2004. 4 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 20 out. 2009.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <<http://www.cbets.inpe.br/>>. Acesso em: 25 out. 2009.

JOHANN, J. A.; ARAÚJO, G. K. D.; ROCHA, J. V. Avaliação do perfil temporal de NDVI decenal do sensor *SPOT Vegetation* em pixels “puros” e “não puros” derivados de mapa de uso da terra realizado a partir do sensor *Landsat-5/TM*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 223-229.

LOBÃO, J. S. B.; FRANÇA-ROCHA, W. J. S.; SILVA, A. B. Aplicação dos Índices KAPPA & PABAK na validação da classificação automática de imagem de satélite em Feira de Santana-BA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 1207-1214.

MAIA, P. S. P. **Caracterização da distribuição espacial da mosca negra dos citros (*Aleurocanthus woglumi* Ashby, 1915) em pomar georreferenciado para determinar um plano de amostragem seqüencial.** 2008. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2008.

MARCHIORATO, I. A. et al. Utilização do sensoriamento remoto como ferramenta para detecção de *Meloidogyne incognita* em algodão. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2., 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. 1 CD-ROM.

MORAES, E. C. **Fundamentos de sensoriamento remoto.** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2002. 23 p.

MORÓN, M. A.; SALVADORI, J. R. The third-stage larva and pupa of *Demodema brevitarsis* (Blanchard) (Coleoptera Scarabaeidae: Melolonthinae) from southern Brazil. **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, Washington, v. 108, n. 3, p. 511-518, 2006.

NOVO, E. M. L. de M.; PONZONI, F. J. **Introdução ao Sensoriamento Remoto.** São José dos Campos: Universidade de Taubaté, 2001. 68 p.

OHATA, A. T.; QUINTANILHA, J. A. O uso de algoritmos de clustering na mensuração da expansão urbana e detecção de alterações na região metropolitana de São Paulo (1991-2002). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 647–655.

OLIVEIRA, C. M. et al. Amostragem em grid e imagens aéreas: métodos para estudos da distribuição espacial de corós em soja sob plantio direto no cerrado. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 3., 2005, Sete Lagoas. **Anais...** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 5 p.

PEREIRA, P. R. V. da S.; SALVADORI, J. R. **Guia para identificação de corós rizófagos (Coleoptera: Scarabaeoidea: Melolonthidae) comumente encontrados em cereais de inverno, milho e soja no norte do Rio Grande do Sul.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 12 p. (Comunicado Técnico, 204).

PERONI, R. de L. **Princípios do sensoriamento remoto.** Paracatu: Faculdade do Noroeste de Minas, 2004. 10 p.

PONZONI, J. F.; ALMEIDA, E. S. A estimativa do parâmetro Kappa (K) da análise multivariada discreta no contexto de um SIG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996. Salvador. **Anais...** Salvador: INPE, 1996. p. 52-58.

REGO, L. F. G. **Interpretação baseada em conhecimento de imagens de sensores remotos de alta resolução**. 2005. 94 f. Dissertação (Dissertação em Engenharia Elétrica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

RODRÍGUEZ, A. C. M. **Mapeamento multitemporal do uso e cobertura do solo do Município de São Sebastião - SP, utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM - LANDSAT E HRV – SPOT**. 2000. 85 f. Monografia (Especialização em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2000.

SALVADORI, J. R.; PEREIRA, P. R. V. S. **Manejo integrado de corós em trigo e culturas associadas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 9 p. (Comunicado Técnico, 203).

_____; _____; CORRÊA-FERREIRA, B. S. **Pragas ocasionais em lavouras de soja no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 34 p. (Documentos, 91).

SHIBA, M. H. et al. Classificação de imagens de sensoriamento remoto pela aprendizagem por árvore de decisão: uma avaliação de desempenho. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 4319-4326.

SILVA, M. T. B.; COSTA, E. C. Nível de controle de *Diloboderus abderus* em aveia preta, linho, milho e girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 7-12, 2002.

_____; LOECK, A. E. Ciclo evolutivo e comportamento de *Diloboderus abderus* Sturm (Coleoptera: Melolonthidae) em condições de plantio direto. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 25, n. 2, p. 329-337, 1996.

SILVA, R. L.; SILVA, D. L. Aplicação de sensores remotos na classificação e estudo em áreas georreferenciadas para atividades rurais nas regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO

PANTANAL, 2., 2009, Corumbá. **Anais...** Corumbá: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2009. p. 998-1008.

SOARES, F. U. **Estudo do potencial climático para cana-de-açúcar (*Sacharum ssp.*) no Rio Grande do Sul por meio de geoprocessamento: estudo de caso no Município de Jaguari.** 2008. 77 f. Dissertação (Dissertação em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

SOUSA, R. B. et al. Mapeamento de áreas cafeeiras do sul de Minas Gerais – Machado e Três Pontas. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2009, Vitória. **Anais...** Vitória: EMBRAPA, 2009. 1 CD-ROM.

VIEIRA, C. A. O. Classificação de Culturas Agrícolas Usando Imagens do Sensoriamento. In: WORKSHOP SOBRE GEOPROCESSAMENTO DA UFV, 1., 2002, Viçosa. **Anais eletrônicos...** Viçosa: UFV. Disponível em: <<http://www.ufv.br/nugeo/ufvgeo2002/programa.html>>. Acesso em: 20 nov. 2009.

WEBER, E. J.; et al. Comparação entre resultados de classificação de imagens Landsat e CBERS para estimativa de área cultivada com soja no planalto do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 321-328.