



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2018/02.20.13.37-TDI

**O COMPLEXO DA HANTAVIROSE EM UM PÓLO
SUCROALCOOLEIRO DO ESTADO DE SÃO PAULO
INVESTIGADO PELA ANÁLISE FUNCIONAL DA
PAISAGEM**

Michelle Andrade Furtado

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre, orientada pelos Drs. Antônio Miguel Vieira Monteiro, e Maria Isabel Sobral Escada, aprovada em 28 de fevereiro de 2018.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3QJH7AH>>

INPE
São José dos Campos
2018

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GBDIR)

Serviço de Informação e Documentação (SESID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

E-mail: pubtc@inpe.br

COMISSÃO DO CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELECTUAL DO INPE (DE/DIR-544):

Presidente:

Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação (CPG)

Membros:

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (COCST)

Dr. André de Castro Milone - Coordenação-Geral de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CGCEA)

Dra. Carina de Barros Melo - Coordenação de Laboratórios Associados (COCTE)

Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação-Geral de Engenharia e Tecnologia Espacial (CGETE)

Dr. Hermann Johann Heinrich Kux - Coordenação-Geral de Observação da Terra (CGOBT)

Dr. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CGCPT)

Silvia Castro Marcelino - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon

Clayton Martins Pereira - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Simone Angélica Del Duca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Marcelo de Castro Pazos - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SESID)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2018/02.20.13.37-TDI

**O COMPLEXO DA HANTAVIROSE EM UM PÓLO
SUCROALCOOLEIRO DO ESTADO DE SÃO PAULO
INVESTIGADO PELA ANÁLISE FUNCIONAL DA
PAISAGEM**

Michelle Andrade Furtado

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre, orientada pelos Drs. Antônio Miguel Vieira Monteiro, e Maria Isabel Sobral Escada, aprovada em 28 de fevereiro de 2018.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3QJH7AH>>

INPE
São José dos Campos
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Furtado, Michelle Andrade.

F984c O complexo da hantavirose em um pólo sucroalcooleiro do estado de São Paulo investigado pela análise funcional da paisagem / Michelle Andrade Furtado. – São José dos Campos : INPE, 2018.

xx + 115 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m21b/2018/02.20.13.37-TDI)

Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2018.

Orientadores : Drs. Antônio Miguel Vieira Monteiro, e Maria Isabel Sobral Escada.

1. Síndrome cardiopulmonar por hantavírus. 2. Hantavírus. 3. Uso e ocupação da terra. 4. Análise de paisagem. 5. Cana-de-açúcar I.Título.

CDU 633.61:578.82(815.6)



Esta obra foi licenciada sob uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

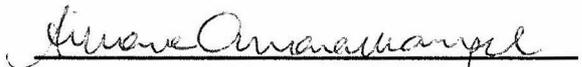
This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

Aluno (a): **Michelle Andrade Furtado**

Título: "O COMPLEXO DA HANTAVIROSE EM UM POLO SUCROALCOOLEIRO DO ESTADO DE SÃO PAULO INVESTIGADO PELA ANÁLISE FUNCIONAL DA PAISAGEM".

Aprovado (a) pela Banca Examinadora
em cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de **Doutor(a)** em
Ciência do Sistema Terrestre

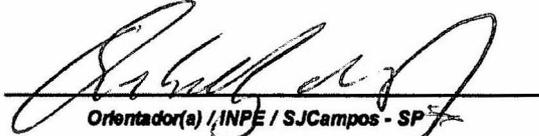
Dra. Silvana Amaral Kampel



Presidente / INPE / SJCampos - SP

() Participação por Vídeo - Conferência

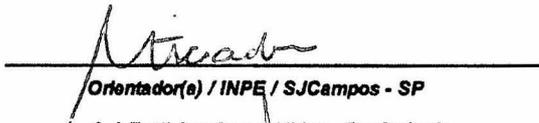
Dr. Antônio Miguel Vieira Monteiro



Orientador(a) / INPE / SJCampos - SP

() Participação por Vídeo - Conferência

Dra. Maria Isabel Sobral Escada



Orientador(a) / INPE / SJCampos - SP

() Participação por Vídeo - Conferência

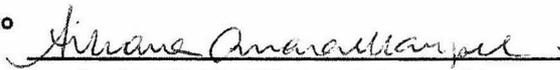
Dr. Thales Sehn Körting



Membro da Banca / INPE / São José dos Campos - SP

() Participação por Vídeo - Conferência

Dr. Christovam de Castro Barcellos Neto



Convidado(a) / FIOCRUZ / Rio de Janeiro - RJ

(x) Participação por Vídeo - Conferência

Dr. Carlos Roberto Veiga Kiffer



Convidado(a) / UNIFESP / São Paulo - SP

() Participação por Vídeo - Conferência

Este trabalho foi aprovado por:

maioria simples

unanimidade

São José dos Campos, 28 de fevereiro de 2018

*“O conhecimento é o bem mais valioso que alguém pode adquirir,
pois esse ninguém é capaz de tira-lo”.*

*Dedico minha tese a meus pais, Lauro e Adriana, a meu irmão,
Ricardo, a meu esposo Bruno e a meus filhos Arthur e Henrique.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores Dra. Maria Isabel Sobral Escada e Dr. Antônio Miguel Vieira Monteiro pelos ensinamentos, confiança e paciência nestes anos de doutorado.

Aos professores pela formação científica e acadêmica.

Ao INPE pela sua estrutura, em especial à Ângela e a Mariana pelo apoio aos alunos.

Aos alunos do INPE que estão sempre dispostos a ajudar, em especial à turma CST-2012, que se tornaram companheiros nessa jornada, principalmente a Karine, o Francisco Gilney e a Lucía que estiveram sempre ao meu lado.

Às amigas do grupo de trabalho Flávia e Liliam, por todo o suporte logo no começo do doutorado.

À Rede-Clima, pelo suporte financeiro com bolsa de pesquisa.

À CAPES, pelo suporte financeiro com bolsa de doutorado.

Aos meu pais Lauro e Adriana, que sempre lutaram para que eu tivesse uma formação acadêmica, ao meu irmão Ricardo que sempre me ajudou e incentivou.

Ao meu esposo Bruno por ser meu amigo, meu amor, por todo incentivo, paciência, e apoio durante esses anos. Aos meus amados filhos Arthur e Henrique que são a luz da minha motivação.

À Afenisia e à Vitória que cuidaram dos meus pequenos com tanto amor e carinho em minha ausência para que eu pudesse terminar meu trabalho.

A todos o meu muito obrigada.

RESUMO

A Síndrome Cardiopulmonar por Hantavírus (SCPH), também conhecida como hantavirose, é doença infecciosa grave. No estado de São Paulo para o período de 1993 a fevereiro de 2017 apresentou-se uma taxa de letalidade de 53,3%, sendo as microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos as que notificaram o maior número de casos. Nesta região se estabeleceu uma economia ligada ao setor sucroalcooleiro que contribuiu para alterações nos usos e coberturas da terra reconfigurando a paisagem regional. Este trabalho parte da hipótese que as alterações nesta paisagem, associadas à cadeia sucroalcooleira, afetaram os arranjos de localização e produziram novos espaços potenciais para o encontro entre roedores (repositórios) e homens e são parte importante para a compreensão da emergência de novos padrões epidemiológicos relacionados à produção da hantavirose nestes territórios. Para tratar a complexidade destas relações e as velocidades e intensidades destas transformações tem faltado um arcabouço teórico-conceitual consistente em que se possa formular esta questão de maneira integrada, que observe a natureza das interações entre o homem e o seu ambiente. Dessa forma, este estudo busca nos trabalhos seminais do início do século XX as bases conceituais para trabalhar as relações saúde-ambiente em um contexto de mudanças ambientais e climáticas no século XXI, o conceito de *foco natural* de doenças transmissíveis de Evgeny Nikanorovich Pavlovsky e o conceito de *complexo patogênico* de Maximillian Sorre. O objetivo deste estudo foi propor uma metodologia que seja capaz de localizar, caracterizar, medir e representar a dinâmica espaço-temporal das áreas de contato potencial que se estabelecem entre o reservatório do hantavírus e a população de humanos utilizando como eixo metodológico a análise funcional da paisagem. Para tanto, foram realizadas 3 análises principais: 1ª - *Tipologia de padrões de paisagem* de interesse ao *complexo da hantavirose*, onde cada padrão representa o *potencial de presença* dos roedores reservatórios do hantavírus e as possibilidades de contato com a população humana; 2ª - *Tipologia de borda da paisagem* para a classe *Cerrado* (principal habitat do reservatório do hantavírus) e para as classes *Urbano* e *Chácara* (classes com maior concentração Humana) que expresse o contato potencial entre o roedor reservatório do hantavírus e humanos e analisar a área de estudo com o uso de métricas de contraste de borda; 3ª - Identificar setores censitários que apresentem condições sociais e ambientais relativas às moradias e à população que sejam mais suscetíveis ao contato potencial entre roedores reservatórios do hantavírus e humanos utilizando para isso um indicador sintético, o Índice Sócio-Ambiental do Hantavírus (ISAH). Essa metodologia foi aplicada às microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos em dois momentos no tempo, 2003 e 2010. Os resultados apontaram que os padrões de paisagem mais encontrados na região de estudo foram *Cana-de-açúcar e mosaicos de cobertura* (PX) e *Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar e mosaicos de cobertura* (PIX). A trajetória destes padrões de paisagem os definem como responsáveis pelas maiores reestruturações no espaço produzido na região. A literatura aponta que esses padrões de paisagem são habitats onde os roedores reservatório do hantavírus tendem a dominar, onde a soroprevalência para o hantavírus entre esses roedores tende a ser maior e um local onde as pessoas também estão presentes, o que condiz com essa ser a região com maior número de casos da doença no Estado de São Paulo. A tipologia de bordas da paisagem para a classe *Cerrado* mostrou uma simplificação da paisagem em áreas onde as lavouras de cana-de-açúcar já estão

estabelecidas há mais tempo, e dominam uma grande parte do território, sendo que essas áreas notificaram grande parte do número de casos da região. Esse resultado traz um alerta às áreas que ainda não notificaram casos de SCPH e estão cada vez mais com suas áreas destinadas a essas grandes lavouras de cana-de-açúcar. Além disso, os padrões de paisagem PX e PIX, que já davam suporte à presença humana na realização de suas atividades laborais, estão cada vez mais próximos de áreas urbanas, constituindo as franjas peri-urbanas das cidades deste espaço regional, com isso, ampliando as chances de contato entre reservatórios e o homem. Esta situação reconfigura o espaço de produção da doença e cria novas áreas de exposição potencial, o que se constitui como parte do quadro de mudança para a emergência de novos padrões epidemiológicos locais e, assim, novas possibilidades de leitura para o *complexo patológico* associado à SCPH no estado de São Paulo. O padrão PX, que representa a cana-de-açúcar, foi o único padrão que analisado conjuntamente com ISAH obteve correlação com os municípios que já notificaram casos de SCPH, demonstrando que as condições da paisagem, modificadas pelo *complexo da cana-de-açúcar*, aliadas às condições precárias das famílias e dos domicílios são um preditor ao contato potencial ao hantavírus.

Palavras-chave: Síndrome Cardiopulmonar por Hantavírus, Hantavírus, Uso e ocupação da terra, Análise da paisagem, Cana-de-açúcar.

**THE COMPLEX OF HANTAVIROSI IN A SUCROALCOOLER POLE OF
THE STATE OF SÃO PAULO INVESTIGATED BY THE FUNCTIONAL
ANALYSIS OF THE LANDSCAPE**

ABSTRACT

Hantavirus Pulmonary Syndrome (HPS) is a serious infectious disease. In the state of São Paulo for the period from 1993 to February 2017, it presented a case fatality rate of 53.3%, with the micro-regions of Ribeirão Preto and São Carlos reporting the highest number of cases. In this region was established an economy linked to the sugar and alcohol sector that contributed to changes in land uses and coverages reconfiguring the regional landscape. This work is based on the hypothesis that changes in this landscape, associated with the sugar - alcohol chain, affected the location arrangements and produced new potential spaces for the encounter between rodents (repositories) and men and are an important part for understanding the emergence of new epidemiological related patterns the production of hantavirus in these territories. To deal with the complexity of these relations and the velocities and intensities of these transformations there has been a lack of a theoretical-conceptual framework in which this question can be formulated in an integrated way, observing the nature of the interactions between man and his environment. Evgeny Nikanorovich Pavlovsky's concept of the natural focus of transmissible diseases in the early twentieth century was the conceptual basis for working on health-environment relations in a context of environmental and climatic changes in the 21st century concept of pathogenic complex of Maximilian Sorre. The objective of this study was to propose a methodology that is able to locate, characterize, measure and represent the spatiotemporal dynamics of potential contact areas established between the hantavirus reservoir and the human population using the functional analysis of landscape. In order to do so, three main analyzes were carried out: 1 - *Typology of landscape patterns* of interest to the *hantavirus complex*, where each pattern represents the potential presence of rodents reservoirs of hantavirus and the *possibilities of contact* with the human population; 2 - *Landscape edge typology* for the *Cerrado* class (main habitat of the hantavirus reservoir) and for *Urban* and *Farmstead* classes (classes with higher human concentration) that express the potential contact between the rodent reservoir of hantavirus and humans and to analyze the area study with the use of edge contrast metrics; 3 - Identify census tracts that present social and environmental conditions related to housing and population that are more susceptible to potential contact between rodent reservoirs of hantavirus and humans using a synthetic indicator, the Hantavirus Socio-Environmental Index (HSEI). This methodology was applied to the micro regions of Ribeirão Preto and São Carlos at two points in time, 2003 and 2010. The results showed that the most common landscape patterns in the study region were *Sugarcane and cover mosaics* (PX) and *Mosaic of agriculture except sugar cane and cover mosaics* (PIX). The trajectory of these landscape patterns defines them as responsible for the major restructurings in the space produced in the region. The literature points out that these

landscape patterns are habitats where rodent reservoirs of hantavirus tend to dominate, where the seroprevalence for hantavirus among these rodents tend to be larger and a place where people are also present, which suits that being the region with the highest number of cases of the disease in the State of São Paulo. The landscape edge typology for the *Cerrado* class showed a simplification of the landscape in areas where sugarcane plantations have already been established for a long time, and dominate a large part of the territory, and these areas have notified a large part of the number of region cases. This result brings an alert to the areas that have not yet notified cases of HPS and are increasingly with their areas destined to these large sugar cane plantations. In addition, the PX and PIX landscape patterns, which already supported human presence in the performance of their work activities, are increasingly close to urban areas, constituting the peri-urban fringes of the cities of this regional space, thereby expanding the chances of contact between reservoirs and man. This situation reconfigures the area of production of the disease and creates new areas of *potential exposure*, which is part of the change framework for the emergence of new local epidemiological patterns and, therefore, new reading possibilities for the pathological complex associated with HPS in the state of SP. The PX standard, which represents sugarcane, was the only standard that analyzed together with ISAH, obtained a correlation with the municipalities that have reported cases of HPS, demonstrating that the conditions of the landscape, modified by the *sugarcane complex*, allied to the conditions households are a predictor of potential contact with hantavirus.

Keywords: Hantavirus Pulmonary Syndrome, Hantavirus, Land-use and land-cover, Landscape analysis and Sugarcane.

LISTA DE FIGURAS

		<u>Pág.</u>
2.1	Relação entre as áreas interiores e as margens de acordo com diferentes formas e tamanhos de manchas.....	17
3.1	Esquema representativo da interdependência dos elementos do <i>complexo patogênico</i> (paisagem, reservatório, patógeno e homem) que compõem uma unidade biológica de ordem superior levando a produção de uma doença.....	22
3.2	Fluxograma metodológico.....	24
3.3	Microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos do Estado de São Paulo.	27
3.4	Casos de SCPH por Local Provável de Infecção no estado de São Paulo acumulados de 1993 a 2016.....	28
3.5	Roedores reservatório do hantavírus, (A) <i>Necromys lasiurus</i> e (B) <i>Colomys tener</i>	31
3.6	Diagrama de trabalho do sistema minerador GeoDMA.....	36
3.7	Representação dos vizinhos mais próximos selecionados para avaliação das células dos padrões <i>Urbano e mosaicos de cobertura</i> (PV), <i>Chácara e mosaicos de cobertura</i> (PVI).....	37
3.8	Fluxograma para análise da <i>Tipologia de borda da paisagem</i> da classe <i>Cerrado</i> e da <i>Tipologia de borda da paisagem</i> das classes <i>Urbano e Chácara</i>	41
4.1	Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com (A) as classes de uso e cobertura da terra dos anos de 2003 e (B) 2010; (C) gráfico com a área em hectares de cada classe para os dois anos.....	55
4.2	Árvore de decisão gerada na classificação dos padrões de paisagem de interesse para SCPH*.....	58
4.3	Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com os Padrões de Paisagem de interesse para o <i>complexo da SCPH*</i> dos anos de (A) 2003 e (B) 2010, (C) gráfico com o número de células de cada padrão para os dois anos, (D) tabela com as transições dos padrões de paisagem de interesse para SCPH entre os anos de 2003 e 2010.....	60
4.4	Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com o número de células dentro de cada intervalo do TECI da classe <i>Cerrado</i> para os anos de 2003 (A) e 2010 (B) e o gráfico com a quantidade de células por intervalo do TECI (C).....	66
4.5	Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com a diferença entre os anos de 2010 e 2003 para o TECI da classe <i>Cerrado</i>	67
4.6	Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com o número de células dentro de cada intervalo de comprimento total de bordas da classe <i>Cerrado</i> para os anos de (A) 2003 e (B) 2010 e (C) o gráfico com a quantidade de células por intervalo de comprimento de bordas por célula.....	68
4.7	Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com CWED da classe <i>Cerrado</i> de (A) 2003, (B) 2010, e (C) o gráfico com o número de células dentro de cada intervalo do CWED.....	70

4.8	Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com a diferença entre os anos de 2010 e 2003 para o CWED da classe cerrado.....	71
4.9	Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com o número de células dentro de cada intervalo do TECI das classes <i>Urbano</i> e <i>Chácara</i> para os anos de (A) 2003 e (B) 2010 e (C) o gráfico com a quantidade de células dentro de cada intervalo para os dois anos.....	72
4.10	Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com a diferença entre os anos de 2010 e 2003 para o TECI das classes <i>Urbano</i> e <i>Chácara</i> .	73
4.11	Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com o número de células dentro de cada intervalo do CWED das classes <i>Urbano</i> e <i>Chácara</i> para os anos de (A) 2003 e (B) 2010 e (C) o gráfico com a quantidade de células dentro de cada intervalo para os dois anos.....	74
4.12	Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com a diferença entre os anos de 2010 e 2003 para o CWED das classes <i>Urbano</i> e <i>Chácara</i>	75
4.13	Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com os intervalos do ISAH para os anos de (A) 2000 e 2010, e (C) o gráfico com a quantidade de setor censitário dentro de cada intervalo para os dois anos.....	77
4.14	Intervalos do ISAH para os anos de (A) 2000 e 2010 no plano celular na perspectiva de valor máximo, visão pessimista em relação ao risco de <i>contato potencial</i> ao hantavírus; e (C) o gráfico com a quantidade de células dentro de cada intervalo para os dois anos.	83
4.15	Intervalos do ISAH para os anos de (A) 2000 e 2010 no plano celular na perspectiva de valor médio, visão normal em relação ao risco de <i>contato potencial</i> ao hantavírus; e (C) o gráfico com a quantidade de células dentro de cada intervalo para os dois anos.	85
4.16	Intervalos do ISAH para os anos de (A) 2000 e 2010 no plano celular na perspectiva de valor mínimo, visão otimista em relação ao risco de <i>contato potencial</i> ao hantavírus; e (C) o gráfico com a quantidade de células dentro de cada intervalo para os dois anos.	86

LISTA DE TABELA

		Pág.
3.1	Relação dos dados utilizados neste estudo para realizar a descrição dos casos de SCPH, da população dos municípios estudados, dos reservatórios do hantavírus e da paisagem da região estudada.....	25
3.2	Definição da tipologia dos padrões de paisagem de interesse para o <i>complexo da SCPH</i>	33
3.3	Bordas de contraste da classe <i>Cerrado</i> que representam a abundância do roedor reservatório do hantavírus.....	39
3.4	Bordas de contraste das classes <i>Urbano</i> e <i>Chácara</i> e sua importância para o <i>contato potencial</i> entre humanos e roedores reservatório do hantavírus pela proximidade das áreas urbanizadas com os ambientes onde esses roedores estão presentes.....	40
3.5	Caracterização das variáveis utilizadas no ISAH.....	45
3.6	Caracterização da dinâmica espaço-temporal das áreas com <i>contato potencial</i> mediado pela paisagem entre o reservatório e o homem.....	50
4.1	Descrição de gênero e evolução dos casos de SCPH dos municípios que notificaram casos nas microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos de 2001 a 2012.....	52
4.2	Descrição por faixa etária dos casos de SCPH dos municípios que notificaram casos nas microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos de 2001 a 2012.....	52
4.3	Descrição por raça dos casos de SCPH dos municípios que notificaram casos nas microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos de 2001 a 2012.....	53
4.4	Descrição por Ambiente e Zona de infecção dos casos de SCPH dos municípios que notificaram casos nas microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos de 2001 a 2012.....	53
4.5	Matriz de confusão com dados da classificação e os dados de referência para 2003.....	56
4.6	Matriz de confusão com dados da classificação e os dados de referência para 2010.....	56
4.7	Matriz de confusão entre a classificação dos padrões de paisagem de interesse ao <i>complexo da SCPH*</i> e a validação para o ano de 2003...	62
4.8	Matriz de confusão entre a classificação dos padrões de paisagem de interesse ao <i>complexo da SCPH*</i> e a validação para o ano de 2010...	62
4.9	Transições dos padrões de paisagem de interesse para SCPH* entre os anos de 2003 e 2010 das células vizinhas aos padrões PV e PVI....	64
4.10	Tipo (Rural ou Urbano) dos setores censitários e do número de moradores dos setores censitários com o ISAH maior que 0.7 no ano de 2000, separados por municípios que já notificaram casos de HPS (cinza escuro) e que não notificaram (cinza claro).....	78
4.11	Tipo (Rural ou Urbano) dos setores censitários e do número de moradores dos setores censitários com o ISAH maior que 0.7 no ano de 2010, separados por municípios que já notificaram casos de HPS (cinza escuro) e que não notificaram (cinza claro).....	80

4.12	Média por município dos valores das variáveis que compõem o ISAH dos setores censitários com o ISAH maior que 0.7 no ano de 2000.....	81
4.13	Média por município dos valores das variáveis que compõem o ISAH dos setores censitários com o ISAH maior que 0.7 no ano de 2010.....	82
4.14	Células com os padrões de paisagem PX (<i>Cana-de-açúcar e mosaicos da paisagem</i>) e PIX (<i>Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar e mosaicos da paisagem</i>) do ano de 2003 com valores do ISAH (>0.7) do ano 2000 pela perspectiva de valor máximo, valor mínimo e valor médio separadas por municípios que notificaram casos de SPH e que não notificaram.....	88
4.15	Células com os padrões de paisagem PX (<i>Cana-de-açúcar e mosaicos da paisagem</i>) e PIX (<i>Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar e mosaicos da paisagem</i>) do ano de 2010 com valores do ISAH (> 0.7) do ano 2010 pela perspectiva de valor máximo, valor mínimo e valor médio separadas por municípios que notificaram casos de SPH e que não notificaram.....	89

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Problemática	1
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo Geral.....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 Organização da tese	5
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
2.1 A Síndrome Cardiopulmonar por Hantavírus	7
2.2 Determinantes no ciclo de transmissão do hantavírus	8
2.3 O histórico das mudanças de Uso e Cobertura da Terra.....	10
2.4 O processo saúde-doença mediado pela paisagem	11
2.5 A paisagem e sua função de mediação: Análise da paisagem nos estudos das relações saúde-doença.....	15
3 PROPOSTA METODOLÓGICA	21
3.1 Dados utilizados.....	24
3.2 Área de estudo	26
3.3 Classificação da Imagem TM/Landsat	29
3.4 Tipologia dos padrões de paisagem de interesse para o <i>complexo da SCPH</i>	30
3.4.1 Mineração de dados para a classificação de padrões de paisagem	36
3.5 Tipologia de Borda da Paisagem: Contraste de Borda	38
3.6 Índice Sócio-Ambiental do Hantavírus.....	44
3.7 Caracterização da dinâmica espaço-temporal das áreas com <i>contato potencial</i> mediado pela paisagem entre o reservatório e o homem	49
4 RESULTADOS	51
4.1 Perfil epidemiológico do paciente	51
4.2 Tipologia dos padrões de paisagem de interesse para o <i>complexo da SCPH</i>	54
4.3 Tipologia de Borda da Paisagem	64
4.3.1 Tipologia de Bordas da classe <i>Cerrado</i>	65
4.3.2 Tipologia de Bordas das classes <i>Urbano e Chácara</i>	71
4.4 Índice Sócio-Ambiental do Hantavirus (ISAH) nas microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos.....	75

4.5 Caracterização da dinâmica espaço-temporal das áreas com <i>contato potencial</i> mediado pela paisagem entre o reservatório e o homem	82
5 DISCUSSÃO	91
5.1 - <i>Padrões de Paisagem e Padrões de Bordas da Paisagem</i> com altíssima relevância para o <i>complexo da SCPH</i>	91
5.2 - <i>Padrões de Paisagem e Padrões de Bordas da Paisagem</i> relacionados às classes <i>Urbano e Chácara</i>	93
5.3 - A relevância dos remanescentes florestais	95
5.4 - O ISAH como um agravante às condições do ambiente envolvidas no <i>complexo da SCPH</i>	97
5.5 - O <i>complexo da cana-de-açúcar</i> e as mudanças climáticas	98
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
APÊNDICE A- MÉTRICAS DE PAISAGEM NO NÍVEL DE CLASSE	113
APÊNDICE B - MÉTRICAS DE PAISAGEM NO NÍVEL DE PAISAGEM.....	115

1 INTRODUÇÃO

1.1 Problemática

As possibilidades de novos mercados ligados à produção de combustível considerado limpo (etanol) em relação às emissões do CO₂, um dos gases geradores do efeito estufa, torna-se uma das estratégias possíveis no conjunto de ações mitigadoras no grande debate sobre as mudanças climáticas (IPCC, 2007; 2014). Por outro lado, temos as grandes alterações na paisagem do Estado de São Paulo nos últimos anos, em sua cobertura e, em particular, no uso agrícola associado à intensificação das lavouras de cana-de-açúcar, que segundo o IBGE, passou de 2.493.180 hectares em 1996 para 5.590.586 hectares plantados de cana-de-açúcar em 2016 (PAM-IBGE, 2016). Essas alterações somadas aos aspectos climáticos sazonais regionais trouxeram novas perturbações a um sistema em que conviviam roedores, reservatórios do hantavírus, e humanos. As mudanças no arranjo espacial da paisagem alteraram os padrões de interdependência entre os organismos envolvidos no ciclo de transmissão e produção da hantavirose (HENKES; BARCELLOS, 2004; GOODIN et al., 2006; PEREIRA, 2006; SUZÁN et al., 2006; TORRES-PÉREZ et al., 2009; VIEIRA et al., 2009), doença infecciosa aguda grave. Isto nos leva a refletir como discussões em escalas globais, como as das mudanças climáticas, geram agendas relacionadas às ações de mitigação, que sofrem reflexos nos espaços locais, com influência direta sobre as relações de saúde-doença mediadas pelas alterações nas paisagens, pouco observadas no contexto de produção de normativas globais para ações mitigadoras.

Para tratar a complexidade destas relações e as velocidades e intensidades destas transformações tem faltado um arcabouço teórico-conceitual consistente em que se possa formular esta questão de maneira integrada, que observe a natureza das interações entre o homem e o seu ambiente. São estas interações que produzem o espaço da vida cotidiana, e assim também, produzem o espaço para que os processos relativos à produção da doença se desenvolvam. Essas relações se beneficiam de um olhar integrado, em que a biologia, a entomologia, a epidemiologia, a medicina, a geografia humana, a geografia física, a ecologia e as novas disciplinas que estudam as mudanças ambientais e climáticas, possam

estabelecer um escopo conceitual para esse diálogo. Esta tese busca nos trabalhos seminais do início do século XX as bases conceituais para trabalhar as relações saúde-ambiente em um contexto de mudanças ambientais e climáticas no século XXI. A primeira base originada da parasitologia, com o russo Evgeny Pavlovsky, com gênese na epidemiologia (KARTMAN, 1967), a outra originada na geografia, com o geógrafo francês Maximillien (Max) Sorre (SORRE, 1951).

Pavlovsky enfatiza mais a questão da paisagem natural, o *foco natural*, que seria um ambiente específico, com clima, vegetação que favorecem a existência e permanência de um patógeno e seu vetor ou reservatório, em que o homem seria apenas uma vítima quando entrasse em contato com esse ambiente. Ele também introduz, inicialmente, a ideia do homem modificando esse ambiente natural quando fala do *foco antropúrgico*. Porém, Max Sorre, estudioso da mesma época, teoriza mais sobre essa questão do homem como modificador do ambiente com a teoria do *complexo patogênico e gênero de vida*. Ele considera o homem como responsável pela configuração do espaço em que se dá a vida cotidiana e em que se dá a produção de uma doença. Ele utiliza o modo de vida, a organização social, as classes sociais para explicar a organização e configuração do espaço sendo ele urbano e/ou rural (FERREIRA, 1991; CZERESNIA; RIBEIRO, 2000; HINO et al., 2011).

A Síndrome Cardiopulmonar por Hantavírus (SCPH), também conhecida como hantavirose, é uma doença emergente nas Américas, que foi detectada pela primeira vez nos Estados Unidos em 1993 (ENGELTHALER et al., 1999). No Brasil, o primeiro surto de SCPH ocorreu no mesmo ano, na região de Juquitiba (SP), em área recém-desmatada de Mata Atlântica, onde moravam três jovens irmãos que contraíram a doença no intervalo de poucos dias resultando na morte de dois pacientes (SILVA et al., 1997). Desde então, até o ano de 2017, o Brasil notificou 1.996 casos de SCPH nas 5 regiões do país com o óbito em 41% dos casos, segundo o Ministério da Saúde (SINAN, 2017). No Estado de São Paulo foram notificados 252 casos com a taxa de letalidade de 53,3%, sendo as microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos as que notificaram o maior número de casos, segundo o Centro de Vigilância Epidemiológica do Estado de São Paulo de 1993 a 2017 (CVE-SP, 2017). Os reservatórios do hantavírus são roedores silvestres (FIGUEIREDO et al., 2014), dessa forma podemos considerar que um dos elementos que

sofrem alteração pela mudança na configuração espacial da paisagem, observada pelos mosaicos de uso e cobertura da terra, é o *contato potencial* ao hantavírus, que reflete, de forma indireta, o *potencial de exposição* ao vírus. A nova paisagem regional fragmentada, modificada pelo *complexo da cana-de-açúcar*, passa a atuar nas possibilidades de acesso aos recursos necessários para a sobrevivência dos roedores silvestres presentes na região. E, ao mesmo tempo, o sistema de produção da cana-de-açúcar e sua cadeia exercida na produção sucroalcooleira, que estabelecem o que chamamos aqui de *complexo da cana-de-açúcar*, altera o espaço de vida das populações que ali vivem ou que participam de fases desta cadeia produtiva. Esses elementos criam diferentes e novas possibilidades de exposição e contato, entre roedores e homens e, portanto, novas possibilidades para a produção da doença nestes lugares.

Em um contexto em que o favorecimento à produção de biocombustíveis aparece como proposta de ação mitigadora às emissões, em particular aqueles derivados da cana-de-açúcar, é necessário enxergar as duas faces da mesma moeda, pois estas propostas têm impactos diretos na formulação de políticas públicas nacionais e estaduais para o apoio à produção local. É preciso investigar essas proposições e compreender qual o novo papel que o atual mosaico da paisagem paulista, na maior região de produção de cana-de-açúcar do Estado, desempenha nas dinâmicas de transmissão e na persistência da hantavirose nestes territórios.

Para compreender esses processos, este estudo propõe uma abordagem integrada para caracterizar a dinâmica espaço-temporal das áreas de *contato potencial* que se estabelecem entre o reservatório e o homem e que incorpora, do ponto de vista teórico-conceitual, uma leitura revisitada do *complexo patogênico* de Sorre para o caso da hantavirose, que chamaremos de *complexo da hantavirose* e, do ponto de vista operacional, uma metodologia apoiada no uso de Sensoriamento Remoto, Análise Espacial e Sistemas de Informação Geográfica, combinados para realizar a Análise Funcional da Paisagem no contexto da produção da hantavirose na região com o maior número de casos do Estado de São Paulo e, um dos mais importantes pólos do setor sucroalcooleiro, as microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos no período de 2003 a 2010.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O Objetivo desta tese é propor uma metodologia que seja capaz de localizar, caracterizar, medir e representar a dinâmica espaço-temporal das áreas de *contato potencial* que se estabelecem entre o reservatório do hantavírus e a população de humanos utilizando como eixo metodológico a análise funcional da paisagem.

1.2.2 Objetivos específicos

1 – Propor uma metodologia para operacionalizar estudos de saúde-doença mediada pela paisagem;

2 – Analisar o perfil epidemiológico dos pacientes acometidos com SCPH na área de estudo;

3 – Propor uma *Tipologia de padrões de paisagem* de interesse à SCPH onde cada padrão representa o *potencial de presença dos roedores* reservatórios do hantavírus. Esta medida *potencial* se apoia na configuração espacial, na soroprevalência desses roedores para o hantavírus e na presença humana nesses ambientes. Com isso, identificar quais desses padrões favorecem o *potencial de contato* entre roedores silvestres, reservatório do hantavírus, e a população humana.

4 – Propor uma *Tipologia de borda da paisagem* para a classe *Cerrado* (principal habitat do reservatório do hantavírus) e para as classes *Urbano* e *Chácara* (classes com maior concentração Humana) que expresse o contato potencial entre o roedor reservatório do hantavírus e humanos e analisar a área de estudo com o uso de métricas de contraste de borda;

5 – Identificar setores censitários que apresentem condições sociais e ambientais relativas às moradias e à população que sejam mais suscetíveis ao *contato potencial* entre roedores reservatórios do hantavírus e humanos utilizando para isso uma mediação através de um indicador sintético, o Índice Sócio-Ambiental do Hantavírus (ISAH);

6 – Caracterizar a dinâmica espaço-temporal entre os anos 2003 e 2010 das áreas de *contato potencial* que se estabelecem entre o reservatório do hantavírus e a população de humanos utilizando como eixo metodológico a análise funcional da paisagem.

1.3 Organização da tese

Além do capítulo introdutório, no qual foram apresentados o contexto, a problemática deste trabalho e seus objetivos, esta tese está estruturada em mais cinco capítulos. No Capítulo 2 é apresentada uma revisão de literatura sobre a SCPH, sobre o histórico de mudanças do uso e cobertura da terra no Estado de São Paulo, e sobre as bases teóricas desse trabalho, norteadas pelos pensamentos de Evgeny Pavlovsky e Max Sorre. Para o embasamento metodológico buscou-se na literatura trabalhos com foco nas relações entre saúde e doença mediadas pela paisagem e trabalhos sobre análise funcional da paisagem.

No Capítulo 3 é apresentada a proposta metodológica que esta tese apresenta, onde são descritos os dados utilizados e a área de estudo. Para compor a caracterização final da dinâmica espaço-temporal das áreas de *contato potencial* que se estabelecem entre o reservatório do hantavírus e a população de humanos, este trabalho foi dividido em três (3) partes. A primeira é composta pela apresentação da *tipologia dos padrões de paisagem de interesse para o complexo da SCPH*; a segunda parte trata das *bordas* na paisagem analisada envolvendo a classe *Cerrado* (principal habitat do reservatório do hantavírus) e das *bordas* na paisagem envolvendo as classes *Urbano* e *Chácara* (classes com maior concentração Humana); e na terceira parte é apresentado o Índice Sócio Ambiental do Hantavírus (ISAH) composto por variáveis do Censo Populacional que buscam fazer uma mediação para capturar as probabilidades de contato entre humanos e os roedores reservatório do hantavírus. Por fim, os resultados são integrados em um plano celular, buscando realizar a caracterização dos espaços de *contato potencial* que se estabelecem entre o reservatório do hantavírus e a população de humanos.

Os resultados são apresentados no Capítulo 4 para cada índice, separadamente, possibilitando gerar uma melhor compreensão e análise individual. As discussões são

apresentadas no Capítulo 5, e as considerações finais são feitas no Capítulo 6, que faz apontamentos gerais a respeito dos principais resultados obtidos neste trabalho.

Nos Apêndices A e B, são fornecidas informações detalhadas relativas às métricas de paisagem e aos processamentos realizados em algumas etapas do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A Síndrome Cardiopulmonar por Hantavírus

Os hantavírus são classificados em dois grupos distintos: hantavírus do Novo Mundo com ocorrência nas Américas, causadores da SCPH e hantavírus do Velho Mundo com ocorrência na Ásia e Europa, causadores da Síndrome Renal com Febre Hemorrágica (WATSON, 2013). Mais recentemente as infecções por hantavírus também foram identificadas na África, na região da Floresta do Guiné (KLEMPA et al., 2010). O gênero hantavírus inclui um grande número de vírus transmitido por roedores silvestres, que variam na taxa de letalidade nos humanos em todo o mundo chegando a atingir cerca de 30.000 pessoas por ano. Na Ásia os casos estão concentrados principalmente na Coreia e na China, com a taxa de letalidade variando entre 1- 4% dos casos. Na Europa a taxa de letalidade é em torno de 12% (KRUGER et al., 2015). Nas Américas a SCPH vem sendo reportada em vários países com a taxa de letalidade variando entre 30 – 50% (FIGUEIREDO et al., 2014).

Os reservatórios do hantavírus são roedores silvestres, sendo que no Brasil se destacam as seguintes espécies: o *Akodon sp* (rato da mata), *Oligoryzomys sp* (ratinho do arroz) e *Necromys lasiurus* (rato do rabo peludo) (PEREIRA et al., 1999; ROMANO-LIEBER et al., 2001). Os hantavírus parecem ter sua evolução estreitamente relacionada com o do roedor reservatório e parece haver uma surpreendente co-evolução entre o vírus e o roedor hospedeiro através de milhares de anos (ZHAO; HAY, 1997; OPS, 1999; PEREIRA et al., 1999). Essa suposição baseia-se no fato de que foram encontrados fragmentos genéticos do vírus incorporados no RNA mitocondrial dos roedores (ZHAO; HAY, 1997). Cinco linhagens de hantavírus têm sido associadas com os casos de SCPH no Brasil em seus diferentes Estados, sendo elas Araraquara (SP, no Cerrado), Juquitiba (SP, na Mata Atlântica), Castelo dos Sonhos (PA), Laguna Negra (MT) e Anajatuba (MA) (FIRTH et al., 2012; FIGUEIREDO et al., 2009). A linhagem que tem se mostrado ser a mais virulenta é a do vírus Araraquara, o vírus causador da SCPH na região de Ribeirão Preto (FIGUEIREDO, 2010). Este vírus tem como seu principal reservatório o roedor

Necromys lasiurus, que segundo Pereira (2006), é a espécie de roedor mais abundante nessa região.

O hantavírus é eliminado através da saliva, fezes ou urina dos roedores que são seus reservatórios. Esses excrementos secam e misturam-se à poeira do ar. A principal forma de transmissão para humanos ocorre quando esta poeira, onde o vírus está presente, é inalada pelas pessoas provocando a SCPH (FIGUEIREDO, 2009). Existem relatos da transmissão de humano para humano do vírus Andes, endêmico no Chile e na Argentina, no entanto, é apenas esse único vírus que apresenta tal tipo de transmissão (MARTINEZ et al 2005; MARTINEZ-VALDEBENITO et al., 2014). As partículas virais do hantavírus eliminadas pelos roedores podem permanecer ativas no ambiente por até 15 dias, porém a uma temperatura de 37° é inativado após 24 horas. Dessa forma, o tempo de sobrevivência no ambiente é influenciado por fatores como temperatura, umidade, exposição à luz solar e aos raios ultravioleta (KALLIO et al., 2006). A transmissão de roedor para roedor ocorre por arranhões e mordidas, contudo, essa doença é crônica e assintomática nesses animais (MILLS et al., 1997).

2.2 Determinantes no ciclo de transmissão do hantavírus

O perfil epidemiológico dos pacientes acometidos com a SCPH no Brasil demonstra que a doença impacta a população economicamente ativa, principalmente homens que exercem atividades relacionadas à agricultura. Dos casos confirmados de 2007 a 2012 no Brasil, 75% foram de pessoas do sexo masculino, e a faixa etária mais acometida foi de 20 a 39 anos. As infecções ocorreram principalmente em ambientes rurais (71% dos casos) em locais com a presença de roedores silvestres, sendo que as principais atividades e exposições de risco determinadas pela investigação epidemiológica, em 42,3%, foram relacionadas à atividade de limpeza de edificações como paióis, celeiros, casas abandonadas ou fechadas (OLIVEIRA et al., 2012).

O número de notificações por hantavirose é relativamente baixo, quando comparado com outras doenças infecciosas endêmicas do Brasil (ex. dengue, malária, doença de Chagas e leishmaniose), o impacto da hantavirose é verificado na gravidade dos quadros clínicos de rápida evolução que em sua maioria necessitam de hospitalização

e também pelos altos coeficientes de letalidade (SINAN, 2016). Além disso, acredita-se que ocorre subnotificação dos casos nos sistemas de vigilância em saúde, o que explica os baixos coeficientes de incidência da doença no país (SANTOS; GARRETT, 2005).

As condições de moradia, aliadas à falta de cuidados básicos de limpeza e outras formas de prevenção pelos moradores, são os principais fatores que aumentam o potencial de risco de transmissão do hantavírus, além da presença de lixo e de comida de animais próximos às moradias (MILLS et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2002). Como medida de segurança devem-se manter limpos os arredores dos domicílios e, manter uma distância mínima de 100 metros dos domicílios às áreas arbustivas ou de florestas (CROWCROFT et al., 1999; MILLS et al., 2002).

Estudos têm relacionado o aumento da prevalência de hantavírus com as alterações dos ambientes, como o desmatamento, a expansão da agricultura, da pastagem e mais recentemente com a expansão das áreas de cana-de-açúcar (GOODIN et al., 2006; SUZÁN et al., 2006; VERDADE et al., 2012, PRIST et al., 2016). Essa mudança na configuração espacial da paisagem, altera o *potencial de contato* ao hantavírus, que reflete, de forma indireta, o *potencial de exposição* ao vírus. A paisagem paulista passou por muitas modificações no uso e cobertura da terra nos últimos anos, principalmente aquelas ligadas ao avanço das lavouras de cana-de-açúcar, sendo que essa nova paisagem regional fragmentada, modificada pelo *complexo da cana-de-açúcar*, passa a atuar nas possibilidades de acesso aos recursos necessários para a sobrevivência dos roedores silvestres presentes na região.

Entender as vulnerabilidades das populações em relação ao hantavírus e, claro, mensurá-las, é o primeiro passo para relacionar os diversos aspectos do processo saúde-doença. Assim, em busca de compreender as interações entre ambiente, população e patógeno, o conceito de vulnerabilidade permite incorporar tanto as dimensões ambientais como as sociais na análise da doença. De certa maneira, a vulnerabilidade não deve ser entendida como uma medida única, mas relacional, onde dinâmicas naturais semelhantes podem ser mais ou menos impactantes, dependendo das interações ou combinações de características sociais existentes neste contexto (MARANDOLA JR, 2009). Uma forma de mensurar essa vulnerabilidade é analisar situações em que

determinada população apresenta uma maior suscetibilidade ao risco de *contato potencial* com o hantavírus.

2.3 O histórico das mudanças de Uso e Cobertura da Terra

As mudanças no uso e cobertura da terra pelo desmatamento e/ou expansão da agricultura em uma região, atingem as populações de espécies vegetais e animais de maneira muito variada, sendo umas mais adaptadas do que outras a uma nova condição. Miranda e Miranda (2004) em um estudo no município de Sertãozinho – SP mostraram que a riqueza de espécies varia de acordo com o tipo de cobertura e uso da terra, sendo maior em matas nativas e menor em áreas agrícolas. Além do uso da terra, como a agricultura no entorno dos fragmentos florestais, o isolamento desses fragmentos também influencia a riqueza de espécies (VIEIRA et al., 2009). Espécies generalistas como as dos roedores silvestres reservatório do hantavírus, se adaptam melhor aos ambientes modificados pelo homem e suas populações tendem a predominar no local (MILLS, 2006).

No Estado de São Paulo mudanças de uso e cobertura da terra, principalmente ligadas às lavouras de cana-de-açúcar, cresceram mais de 30% de 1996 a 2006 segundo o censo agropecuário (IBGE, 2006), chegando em 2010 a ser responsável por 59% da produção nacional de cana-de-açúcar (IBGE, 2010). A história do setor sucroalcooleiro no Brasil foi impulsionada em 1975 quando foi criado o Programa Nacional do Álcool – o Proálcool, com as finalidades de reduzir a grande dependência do petróleo importado e criar um mercado adicional para os produtores de açúcar, o que incentivou a indústria automobilística no desenvolvimento e na fabricação de carros movidos exclusivamente a álcool. Em decorrência do segundo choque do petróleo em 1979, o governo brasileiro decidiu estimular o mercado do etanol, o que deu início à produção em larga escala do etanol hidratado. Em 2003 surge no mercado nacional, o veículo bicombustível (BRASIL, 2008), que é citado como tendo impulsionado o mercado do álcool em 160% (CEPEA, 2011).

Em complemento, surgem as políticas de mitigação em relação às mudanças climáticas em que o biocombustível (etanol) é destacado como um mecanismo para a

redução dos gases do efeito estufa (IPCC, 2007; 2014). Isso gerou agendas políticas de incentivo a maior produção do etanol, acarretando mudanças ainda mais rápidas do uso e cobertura da terra, causando impactos locais, que têm reflexos na constituição dos processos saúde-doença.

O novo mosaico da paisagem trouxe novos padrões de comportamento para os roedores silvestres e humanos, tendo como consequência novas possibilidades de exposição e contato. Para pensar medidas de adaptação que possam evitar a criação de uma situação de descontrole relativa aos processos de adoecimento pela SCPH, é preciso compreender qual o novo papel que o atual mosaico da paisagem paulista desempenha nas dinâmicas de transmissão e persistência da doença, na maior região de produção de cana-de-açúcar do Estado (IBGE, 2006) e que apresenta o maior número de casos (CVE, 2013).

2.4 O processo saúde-doença mediado pela paisagem

Em 1939, o parasitologista russo Pavlovsky formulou uma das mais importantes contribuições à epidemiologia, com sua elaboração que inseria o conceito de espaço geográfico ao estudo de doenças transmissíveis, a teoria do *foco natural das doenças transmissíveis* em humanos, também conhecida como teoria da *nidalidade* natural das doenças transmissíveis (CZERESNIA; RIBEIRO, 2000). Esse foco é definido como sendo um ambiente natural onde existe um clima, vegetação, solos específicos e microclima favoráveis para vetores e reservatórios levando a ocorrência de uma doença. Em outras palavras, um foco natural de doenças é relacionado a uma paisagem geográfica específica (KARTMAN, 1967).

O *foco natural* seria independente da presença e da ação humana, o homem seria uma vítima da doença silvestre quando entrasse em contato com o *foco natural*. O conceito de *foco natural* é aplicado às doenças transmitidas através de vetores ou reservatórios silvestres em ambientes que apresentam condições favoráveis para que haja interação entre os biotipos envolvidos na produção de uma doença (KARTMAN, 1967; CZERESNIA; RIBEIRO, 2000). O ambiente também pode ser classificado como *antropúrgico*, ou seja, alterado pela ação humana. Com o conceito de “*foco antropúrgico*”

Pavlovsky introduz inicialmente a ideia da interferência humana nas condições naturais do espaço geográfico, transformando o espaço de circulação dos agentes envolvidos na produção de uma doença (KARTMAN, 1967; FERREIRA, 1991; HINO et al., 2011).

Porém, o geógrafo francês Max Sorre (1880-1962), formado na escola de geografia francesa no início do século XX e um de seus principais formuladores, começa quase na mesma época, mas com outro viés, ligado à geografia médica, em princípio, e à geografia humana, em geral, a trabalhar a questão do homem como sujeito na transformação do ambiente, avançando o conceito de *gênero de vida*, apresentado por Paul Vidal de La Blache, ainda em 1911. De maneira bastante sintética, *gênero de vida* é o modo como os grupos se organizam para assegurar suas necessidades e atividades modelando o espaço geográfico ao longo dos tempos. Assim o espaço deixa de ser considerado um lugar estático e passa a ser analisado numa perspectiva histórica (SORRE, 1951).

Em 1943, Max Sorre publicou *Les fondements de la géographie humaine* onde propôs, além do conceito de *gênero de vida*, o conceito de *complexos patogênicos*, o qual é definido como uma unidade biológica de ordem superior, que seria a interação das unidades biológicas envolvidas na produção de uma doença infecciosa. Esse conjunto de interações ou unidade biológica de ordem superior seria chamado de *complexo patogênico*. Esse conceito compreende o homem, o ambiente, o patógeno, o vetor, o reservatório e todos os seres que condicionam a produção de uma doença infecciosa, no qual o papel do homem não se restringe apenas à função biológica, o homem é o responsável pela transformação do ambiente (SORRE, 1951). Max Sorre incorpora alguns elementos de *gênero de vida* no *complexo patogênico*, como a integração das dimensões física, química, biológica, econômica, social e cultural (CZERESMIA; RIBEIRO, 2000).

O *complexo patogênico* de uma doença recebe o nome da doença a que se refere, sendo dessa forma, denominado o *complexo malárico*, *complexo da peste*, *complexo da esquistossomose* e outras coisas. Porém, o *complexo malárico* de um lugar não seria igual ao de outro, pois esses complexos não se mantêm constantes ao longo dos tempos, mas modificam-se de acordo com as mudanças da sociedade e das relações entre os homens (SORRE, 1951).

No Brasil, os trabalhos de Pavlovsky fundamentaram trabalhos em epidemiologia e geografia médica de autores como Samuel Pessoa (PESSOA, 1978), e Max Sorre teve influência na geografia humana presente em autores como Milton Santos (SANTOS; SOUZA, 1986). Na epidemiologia, foi com o trabalho de Luiz Jacinto da Silva, *A evolução da doença de Chagas no Estado de São Paulo* (SILVA, 1999), que uma reformulação crítica da teoria de Pavlovsky é apresentada e os trabalhos de Max Sorre são recuperados para este domínio. Segundo o autor a teoria de Pavlovsky (teoria do *foco natural das doenças transmissíveis*) limitava-se às paisagens naturais, estendendo-se apenas às paisagens modificadas (teoria do *foco antropúrgico*), não explicando a distribuição e transmissão das doenças em paisagens organizadas (por exemplo: áreas urbanizadas), como as de seu objeto de análise, a doença de Chagas. As paisagens organizadas são consideradas como resultado do processo de ações e interações dos grupos humanos, como formulado por Max Sorre. Silva (1999) utiliza a visão ecológica de Pavlovsky e a organização social para expressar as formas de ocupação do espaço (paisagem) e as formas de distribuição da doença neste espaço transformado pela ação humana como Max Sorre. Ele destaca a importância da análise dos determinantes da distribuição de uma doença sob o processo de organização do espaço e não nas características do espaço já organizado, como visto na endemia de Chagas no Estado de São Paulo. O seu trabalho é descritivo utilizando toda a informação acerca da epidemiologia da doença e da paisagem (como possível à época que essa reflexão foi construída) em busca de analisar a doença de Chagas com uma perspectiva totalizadora (SILVA, 1999).

O primeiro caso de SCPH no Brasil ocorreu em 1993, na região de Jucituba (SP), em área recém desmatada da Serra do Mar, onde moravam três irmãos que contraíram a doença no intervalo de poucos dias resultando na morte de dois dos pacientes e na identificação do vírus *Jucituba* (IVERSON et al., 1994). Esses casos, podemos dizer que ocorreram em um *foco natural*, como conceituado por Pavlovsky, porém, como no trabalho de Silva (1999), esse conceito não é suficiente para explicar todos os casos ocorridos até os dias atuais, onde devem ser analisadas as paisagens modificadas e organizadas para melhor compreensão da evolução da doença. Temos como exemplo a microrregião de Ribeirão Preto, região com o maior número de casos acumulado de SCPH

no Estado de São Paulo. Essa região apresenta uma paisagem complexa, resultado de seu histórico de mudanças do uso e ocupação da terra, principalmente influenciado pelo *complexo da cana-de-açúcar*. Essa região é um polo sucroalcooleiro do Estado e, o processo de produção da cana-de-açúcar, aqui denominado de *complexo da cana-de-açúcar*, impacta a região de diferentes formas, como por exemplo, no crescimento dos limites urbanos devido a migração (oferta de emprego); nas condições econômicas e sociais da população; nas mudanças na configuração espacial da paisagem e no uso e ocupação do solo e; nas mudanças no padrão de contato entre os reservatórios do hantavírus e o homem, como resultado das alterações dessa paisagem.

Observando estas questões, este trabalho também revisita o conceito de Max Sorre, o *complexo Patogênico*, que complementa o conceito de Pavlovsky, pois Max Sorre trata os espaços (paisagens) como um resultado de ações humanas, de suas interações sociais e econômicas, esse mesmo espaço em que ocorrem as interações entre os elementos envolvidos na produção de uma doença, o que pode ajudar compreender o padrão de transmissão da hantavirose no *complexo da cana-de-açúcar*.

Embora exista uma área disciplinar denominada *Epidemiologia de Paisagem*, em inglês, *Landscape Epidemiology* que, dada a natureza dos métodos aplicados nesta Tese, poderia ser utilizada para a caracterização deste trabalho neste recorte, aqui foi feita a opção de ampliação da questão com o uso do conceito de *complexos patogênicos* de Max Sorre. Embora, nesta Tese, se utilize fortemente de métricas da paisagem, que têm origem no campo da *Ecologia da Paisagem*, de Análise Espacial, de Sensoriamento Remoto e de sistemas de informação geográfica como meios de operacionalização das ideias em discussão, a ideia de *complexos patogênicos* permite uma ampliação das questões relacionadas aos sistemas sociais envolvidos na produção de doenças. Por isso, não fazemos nesta revisão uma discussão mais específica sobre este campo. Alguns trabalhos seminais responsáveis pelo estabelecimento conceitual e revisão deste campo no mundo e no Brasil podem ser encontrados em Galluzo (1975), Kitron (1998) e Aragão (1998).

Assim, nesta Tese, são os trabalhos de Pavlovsky e Max Sorre a base sobre a qual a proposta metodológica se apoia. Foram eles que contribuíram para a formação da base conceitual em geografia médica e epidemiologia ecológica, fornecendo fundamentos para o desenvolvimento de trabalhos com uma perspectiva interdisciplinar, nos quais se

observa de maneira integrada, a natureza das interações entre o homem e o seu ambiente, das interações que produzem o espaço de vida cotidiana, e das interações que produzem o espaço para a gênese dos processos saúde-doença.

2.5 A paisagem e sua função de mediação: Análise da paisagem nos estudos das relações saúde-doença

A composição de uma paisagem é resultado de um somatório de influências naturais como fatores geológicos, antecedentes climáticos e variação temporal com as influências das ações antrópicas (RIITTERS et al., 2002), passando por mudanças ao longo do tempo devido a essas influências, resultando em novos padrões de paisagem. Essa heterogeneidade espacial afeta os sistemas ecológicos (WIENS, 2002), pois os elementos da heterogeneidade da paisagem podem influenciar em uma variedade de respostas ecológicas, incluindo a circulação de animais (FAHRIG, 2007), a persistência da população (FRATERRIGO et al., 2009), as interações entre espécies (POLIS et al., 2004) e a função do ecossistema (LOVETT et al., 2005), sendo a heterogeneidade um dos aspectos fundamentais no campo da *ecologia da paisagem*.

A paisagem fragmentada é formada por manchas de diferentes tipos, além dos corredores e da matriz. Quantificar e qualificar o padrão espacial desses elementos é o primeiro passo necessário para estudar as causas, processos e consequências da heterogeneidade espacial. Hoje contamos com uma grande variedade de métricas que possibilitam estudar a paisagem segundo a sua composição (quantidade de cada classe, número de diferentes tipos de classes e a abundância relativa dos diferentes tipos de manchas) e configuração espacial (como as classes estão dispostas espacialmente, considerando o isolamento das manchas, forma e dimensão das manchas, complexidade das bordas e outros.). Essas métricas têm como objetivo a caracterização de propriedades geométricas e espaciais representadas em uma determinada escala. Elas podem ser estruturais (medem a composição e a configuração física do mosaico sem referência explícita ao processo ecológico) ou funcionais, (medem a paisagem utilizando parâmetros funcionalmente relevantes para um organismo ou processo e requerem parametrização antes do cálculo) (TURNER; GARDNER, 1990; TURNER 2005).

As métricas de paisagem “estruturais” são mais frequentemente utilizadas, pois exigem menos informações e parâmetros do que as métricas “funcionais”, porém, fornecem medidas mais simples da estrutura da paisagem, e nem sempre conseguem captar aspectos específicos e importantes da função da paisagem em relação a uma população ou grupo funcional (MAGLE et al., 2009). Tischendorf e Fahrig (2000) defendem que as medidas de conectividade, por exemplo, devem ser baseadas no movimento do organismo através de uma paisagem, caso contrário, elas podem não ter um significado ecológico. Uma alternativa que tem sido utilizada é incorporar maior funcionalidade às métricas de paisagem, com a parametrização relativa ao grupo de organismos em análise antes do seu cálculo (por exemplo, distância de menor custo e tamanho de borda) (KUPFER, 2012).

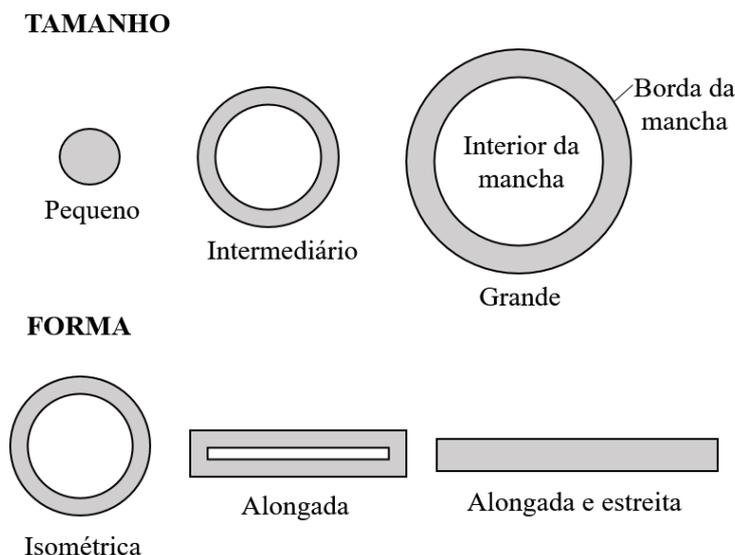
A distância de menor custo é bastante utilizada em estudos que investigam a influência da conectividade de paisagens sobre a dispersão e imigração de espécies. Mühlner et al. (2010) atribuem valores de custo para diferentes tipos de uso e cobertura da terra que fazem fronteira com os fragmentos florestais, ou manchas, que representam o habitat da espécie estudada. Dessa forma, é apontado o percurso de menor custo para o grupo de organismos que deverá chegar a um ponto na paisagem saindo de um determinado local. Essa medida pode ser considerada como a conectividade funcional da paisagem, pois considera características específicas de uma espécie.

A medida de borda também é relativa à espécie estudada e aos seus requerimentos ecológicos, pois, a borda que é a porção mais próxima ao perímetro da mancha pode ter propriedades seletivas, inibindo a dispersão de algumas espécies e facilitando a de outras. Assim, a diversidade de espécies nas bordas pode variar fortemente entre os fragmentos florestais devido a sua estrutura, ao seu isolamento e aos usos e coberturas da terra adjacentes aos fragmentos florestais (FORMAN, 1995; RODRIGUES, 1998; HARPER, 2005).

O tamanho e a forma das manchas florestais determinam a quantidade de borda da mancha, sendo que em manchas muito pequenas a sua área pode ser considerada apenas como sendo área de borda. Manchas com a forma de um círculo ou quadrado contém mais áreas interiores do que borda, enquanto um retângulo, com a mesma área, tem proporcionalmente maior relação borda/interior. Finalmente, uma mancha estreita de

mesma área pode ser composta inteiramente pela sua borda (Figura 2.1) (FORMAN; GODRON, 1986).

Figura 2.1 - Relação entre as áreas interiores e as margens de acordo com diferentes formas e tamanhos de manchas.



Fonte: Traduzido de Forman; Godron (1986).

As bordas ou margens de uma mancha, do ponto de vista da biodiversidade animal, são consideradas também como zonas de transição entre dois habitats, desempenham um papel ecológico importante, pois os recursos ecológicos nessas zonas são, em geral, compartilhados por um número significativo maior de espécies que nos habitats interiores (KIENAST, 1993).

As zonas de contato entre áreas de borda de manchas adjacentes de diferentes classes de uso e cobertura da terra, bem como as bordas dessas manchas, são chamadas de fronteira (FORMAN, 1995). O conceito de fronteira tem uma forte conotação funcional, pois ela exerce funções variadas aos grupos de organismos, como: habitat (em caso de espécies generalistas), filtro (com as trocas nessas zonas que irão depender da permeabilidade), caminho (possibilitando o deslocamento e fluxos entre ecossistemas), fonte (de recurso para forrageio, proteção e outras funções), sumidouro (podem

representar efeito negativo para a espécie como, por exemplo, as fronteiras do habitat de uma espécie com as estradas podem colocar em risco de morte os animais que se deslocam para se alimentar nessas regiões) (FORMAN, 1995).

A permeabilidade de organismo entre manchas de uma paisagem pode ser medida pelo grau de contraste entre o seu habitat focal e a paisagem circundante, pois o grau de contraste pode influenciar os padrões de dispersão e a sobrevivência de uma população e, portanto, afetam indiretamente o grau de isolamento da mancha. As bordas de alto contraste podem proibir ou inibir alguns organismos de buscar recursos suplementares nas manchas circundantes, como por exemplo, comida e abrigo. Claramente, o contraste de borda pode assumir vários significados para diferentes processos ecológicos. O contraste reflete sempre a magnitude da diferença entre as manchas para um ou mais atributos ecológicos, em uma determinada escala, que são importantes para o fenômeno sob investigação (KOTLIAR; WIENS 1990).

Para medir esse grau de contraste Mcgarigal (2002) propõe algumas métricas de contraste de borda, dentre elas o Índice de Contraste Total de Bordas (TECI) e o Índice da Densidade de Borda Ponderada pelo Contraste (CWED). O TECI mede o grau de contraste entre a borda de uma mancha e as bordas das manchas vizinhas, ponderado por pesos de contraste pré-estabelecidos, considerando a paisagem como um todo. Cada segmento do perímetro da borda (ou seja, a linha de contato entre as manchas) é ponderado pelo grau de contraste com a mancha adjacente, somados e dividido pelo total de bordas da paisagem. Os pesos devem variar entre 0 (sem contraste) e 1 (contraste máximo). Valores elevados de TECI significam que as bordas contabilizadas, independentemente de medirem 10 m ou 1.000 m, apresentam alto contraste entre si, enquanto valores baixos indicam que todas as bordas, independentemente de seu comprimento, apresentam baixo contraste. Por não considerar o tamanho das bordas, esse índice é melhor interpretado em conjunto com a CWED, pois o CWED incorpora tanto o valor do contraste de borda como a densidade de borda, considerando o tamanho das bordas, em um único índice. Esse índice quantifica a borda da perspectiva de seu significado funcional. Assim, presume-se que as paisagens com a mesma densidade de borda ponderada pelo contraste (CWED) podem sofrer efeitos similares, a partir de uma perspectiva funcional.

Características do mosaico da paisagem, muitas vezes, não são levadas em conta, e podem aumentar o risco de algumas doenças. Paisagens complexas e fragmentadas possuem maiores áreas de transição entre dois ecossistemas adjacentes, o que aumenta a probabilidade de contato entre as espécies associadas com vários habitats (DESPOMMIERS et al., 2006). Assim, é importante compreender as condições e interações necessárias para a manutenção e transmissão de um patógeno, em uma paisagem, considerando as análises da paisagem não apenas de forma quantitativa, mas também de forma qualitativa, com parâmetros funcionais do vetor e do hospedeiro de uma determinada doença e das suas interações com os humanos (MEENTEMEYER et al., 2012).

Esta proposta busca operacionalizar os estudos sobre os processos saúde-doença mediados pela paisagem, com apoio no uso de produtos e técnicas de sensoriamento remoto, Sistema de Informação Geográfica (SIG) e análise espacial, combinados, para realizar uma análise funcional da paisagem, que integre a paisagem para os roedores e a paisagem para os homens e suas interações que levam a espaços potenciais para a produção de uma doença, neste caso a SCPH.

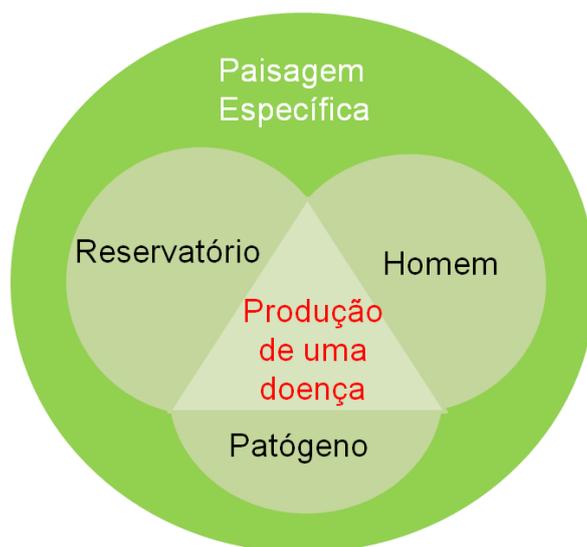
3 PROPOSTA METODOLÓGICA

O *complexo patogênico* é uma unidade biológica de ordem superior que abarca subunidades biológicas. Tendo isso em vista, é necessário compreender cada subunidade biológica e suas interações, na produção de uma doença para compreender sua distribuição e persistência em uma região específica. Para isso, primeiramente é necessário identificar os elementos envolvidos na produção da doença, como o reservatório ou o vetor, o patógeno, o homem, os processos e as características relevantes do ambiente que influenciam as interações envolvidas no processo saúde-doença, ou seja, o *complexo patogênico* da doença na região em que se almeja estudá-la.

O *complexo patogênico* acontece em uma paisagem específica, com características específicas, por isso é necessário identificar algumas dessas características do ambiente que favorecem as interações entre os elementos do *complexo patogênico*. As mudanças do mosaico da paisagem alteram o potencial de contato entre reservatório do hantavírus e humanos no processo saúde-doença, mediado pela paisagem. A partir dessa premissa, este estudo propõe uma metodologia para compreender e analisar de maneira espaço-temporal o potencial de contato mediado pela paisagem entre o reservatório do hantavírus e o homem, visto pela análise funcional da paisagem.

A Figura 3.1 apresenta o esboço de um arcabouço conceitual com base no trabalho de Reisen (2010) onde a interdependência dos elementos *Paisagem Específica*, *Patógeno*, *Reservatório* e *Homem* é esquematizada. A *Paisagem específica* refere-se ao local onde ocorrem as interações e possui características específicas, o *patógeno* refere-se ao agente infeccioso da doença, o *Reservatório* refere-se ao responsável por manter e disseminar o *patógeno* no ambiente, e o *Homem* refere-se à sua função biológica na doença e como agente modificador do ambiente, individualmente ou coletivamente. A interação desses elementos leva à *Produção de uma doença específica*, nesse caso a SCPH.

Figura 3.1 - Esquema representativo da interdependência dos elementos do *complexo patogênico* (*paisagem, reservatório, patógeno e homem*) que compõem uma unidade biológica de ordem superior levando a produção de uma doença.



Fonte: Traduzido de Reisen (2010).

Esse estudo foi estruturado com base nos elementos do *complexo patogênico* e busca descrever e caracterizar os possíveis locais onde essas interações acontecem e levam a produção da SCPH. Para representar esses elementos são listados os dados e informações utilizadas nesse trabalho. Esses dados serão descritos de forma mais detalhada na Seção 3.1.

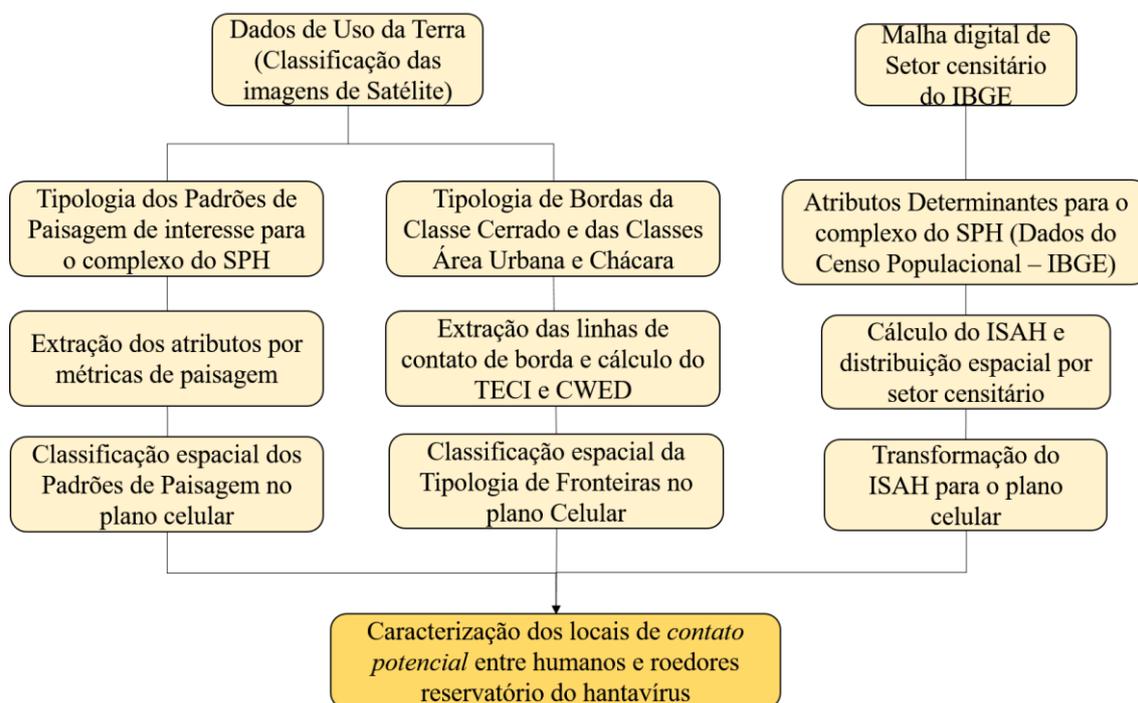
1. *Paisagem Específica*: Imagens de satélite (LandSat) de 2003 e 2010.
2. *Patógeno*: Informações obtidas a partir de revisão da literatura sobre os patógenos responsáveis pela doença na região estudada.
3. *Reservatório*: Informações obtidas a partir de revisão da literatura sobre o principal responsável da transmissão da SCPH na região estudada, o *Necromys lasiurus*, como mobilidade, habitat, preferências de ambientes, formas e locais de reprodução, dentre outros.

4. *Homem*: Foram utilizados dados do perfil dos pacientes acometidos com SCPH na região (SINAN, 2017) e dados do Censo Populacional (IBGE, 2000 e 2010).
5. *Produção da doença*: Essas informações foram produzidas a partir da análise dos quatro elementos apresentados que possibilitaram caracterizar a dinâmica espaço-temporal das áreas de *contato potencial* que se estabelecem entre o reservatório do hantavírus e a população de humanos, utilizando como eixo metodológico a análise funcional da paisagem.

Todos os elementos descritos acima possuem inter-relações que evoluem com a doença no decorrer do tempo. Para entender esses processos e compor o *contato potencial* entre reservatório e o homem este trabalho foi dividido em 3 partes, que abordam os seguintes assuntos: (i) Tipologia de padrões de paisagem, (ii) Tipologia de bordas e (iii) Índice Sócio Ambiental do Hantavírus-ISAH. As Tipologias foram criadas para posteriormente serem utilizadas em uma classificação da paisagem específica, as microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos. O ISAH foi proposto e calculado com base nas informações do Censo populacional de 2000 e 2010 do IBGE para a mesma região. Posteriormente, os padrões de paisagem de interesse para epidemiologia da doença e o ISAH foram integrados tendo em vista o objetivo principal, localizar, caracterizar, medir e representar a dinâmica espaço-temporal das áreas de contato potencial que se estabelecem entre o reservatório do hantavírus e a população de humanos utilizando como eixo metodológico a análise funcional da paisagem no contexto da produção da hantavirose.

Para operacionalizar esse esquema conceitual utilizou-se uma metodologia apoiada no uso combinado de dados de sensoriamento remoto, técnicas de classificação de imagens, análise espacial, mineração de dados e métricas de paisagem. Para o ISAH foram utilizados atributos do censo populacional do IBGE, disponibilizados por setor censitário, que demonstram a suscetibilidade ao *contato potencial* ao hantavírus. O Fluxograma da Figura 3.2 apresenta de forma esquemática essa metodologia.

Figura 3.2 - Fluxograma metodológico.



Fonte: Produção do autor.

A região escolhida, composta pelas microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos, é a que apresentou o maior número de casos do Estado de São Paulo em dois momentos, 2003 e 2010. Essa região se constitui como um dos mais importantes polos do setor sucroalcooleiro. As alterações na paisagem, como a emergência e/ou a expansão de determinados padrões de uso e cobertura da terra, provocam alterações dos elementos envolvidos no *complexo da SCPH*, de forma direta ou indireta, podendo resultar no aumento ou na redução do *contato potencial* entre roedores e humanos e, conseqüentemente, da exposição da população humana ao hantavírus.

3.1 Dados utilizados

Os dados utilizados neste estudo com sua descrição e de suas respectivas fontes são apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Relação dos dados utilizados neste estudo para realizar a descrição dos casos de SCPH, da população dos municípios estudados, dos reservatórios do hantavírus e da paisagem da região estudada.

Dados	Ano	Fonte
Humanos - Casos de hantavirose em humanos e População em geral		
Casos de SCPH - Dados por município Idade, gênero, Escolaridade, ambiente de infecção, Zona de infecção	2001 a 2012	Sistema de Informação de Agravos de Notificação – SINAN http://portal.saude.gov.br
Casos de SCPH - Dados por município Óbito e Local Provável de infecção	1993 a 2013	Centro de Vigilância epidemiológica do Estado de São Paulo – CVE-SP http://www.cve.saude.sp.gov.br
Dados por setor censitário: Tipo do setor censitário; Número de pessoas; Número de domicílios; Tipo de domicílio (tipo apartamento); Renda; Coleta de Lixo; Forma de esgotamento.	2000 e 2010	Censo Populacional 2000 e 2010 – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) http://www.ibge.gov.br
Reservatório – Roedores reservatório do hantavírus		
Quantidade de roedores coletados na região de estudo com soroprevalência para hantavírus	2003	Pereira, 2006
Preferências de habitat dos reservatórios	-	Informações obtidas a partir de revisão da literatura
<i>Necromys lasiurus</i> e <i>Calomys tener</i> Ciclo de vida, reprodução, habitat, alimentação, comportamento, deslocamento...	-	Informações obtidas a partir de revisão da literatura
Paisagem – Uso e cobertura da região estuda		
Imagens TM/Landsat orbita ponto 220-75	2003 e 2010	Catálogo de Imagens - INPE http://www.dgi.inpe.br/CDSR
Distribuição espacial da área plantada com cana-de-açúcar	2003 e 2010	INPE- CANASAT, 2013 http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat
Malha municipal	2000 e 2010	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) http://www.ibge.gov.br/home
Áreas plantada com outras culturas exceto cana-de-açúcar.	2000 2010	Produção Agrícola Municipal - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) http://www.sidra.ibge.gov.br

Fonte: Produção do autor.

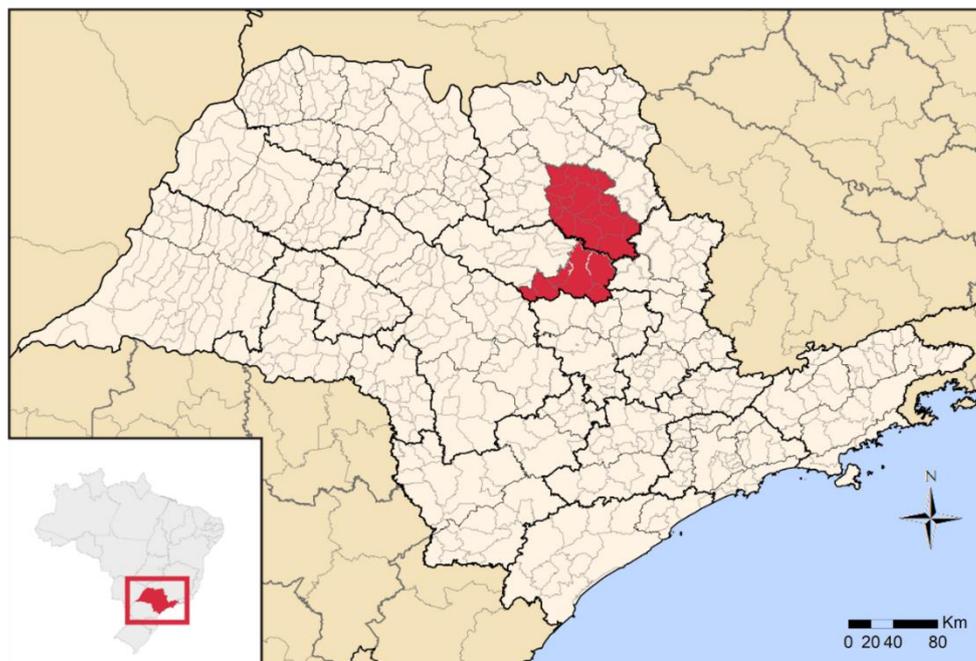
Primeiramente, foi traçado o perfil epidemiológico dos pacientes das microrregiões estudadas na busca de compreender quais grupos populacionais apresentavam maior risco de exposição e contato com o hantavírus. Para isso foram utilizados dados da ficha de notificação compulsória disponíveis na base de dados do

Sistema de Informação de Agravos de Notificação do Ministério da saúde (SINAN) de 2001 a 2012. Esses dados foram descritos em relação ao sexo, raça, tipo de ambiente de infecção, faixa etária, óbito e zona de infecção.

3.2 Área de estudo

Este estudo foi desenvolvido nas microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos, Estado de São Paulo (Figura 3.3), que correspondem a 22 municípios, com uma área total de 9.196,835 Km². Essa região é considerada um polo importante do setor sucroalcooleiro no Brasil, onde uma grande proporção (4.427,66 km²), ou seja, 48% do total das terras da região são cultivadas com cana-de-açúcar (IBGE, 2016). A história do setor sucroalcooleiro no Brasil foi impulsionada em 1975 quando foi criado o Programa Nacional do Alcool – o Proálcool, com as finalidades de reduzir a grande dependência do petróleo importado e criar um mercado adicional para os produtores de açúcar, o que incentivou a indústria automobilística no desenvolvimento e na fabricação de carros movidos exclusivamente a álcool. Em decorrência do segundo choque do petróleo em 1979, o governo brasileiro decidiu estimular o mercado do etanol, o que deu início à produção em larga escala do etanol hidratado (BRASIL, 2008).

Figura 3.3 - Microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos do Estado de São Paulo.



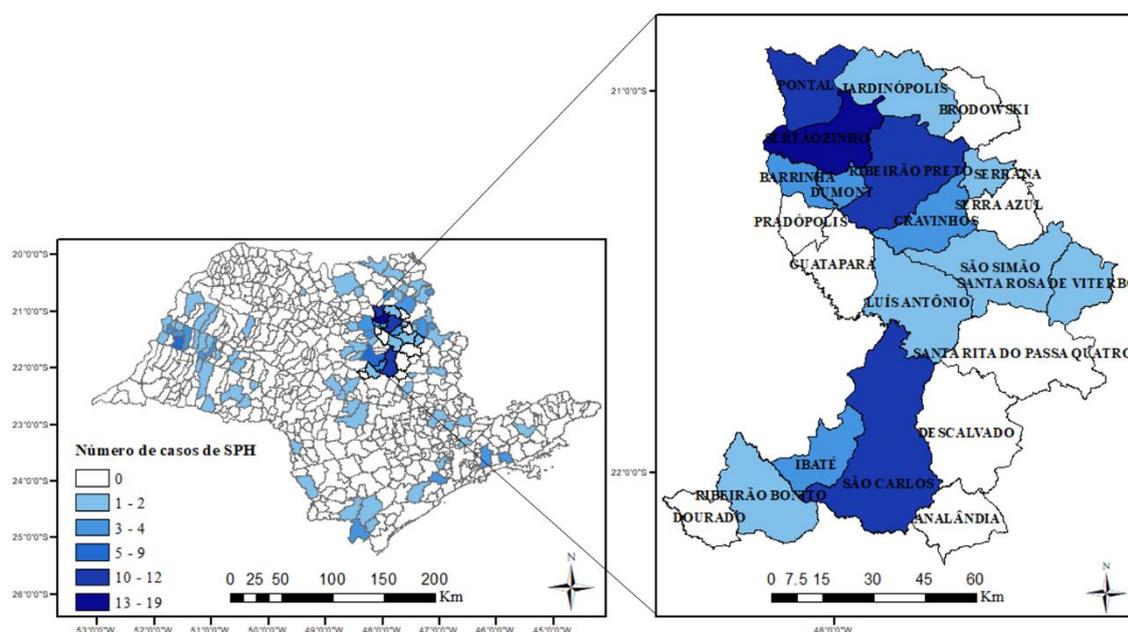
Fonte: Produção do autor.

Historicamente a região de Ribeirão Preto passou por alguns ciclos de atividades relacionadas com a agricultura, e ao final do século XIX era a principal produtora de café do Estado de São Paulo, porém, com a crise de 1929 da cafeicultura, muitos cafezais foram substituídos por pastagens. Desde então, ocorreu uma intensificação da pecuária e da agricultura, especialmente do algodão e da cana-de-açúcar e, desde 1970, a região vem se especializando na produção canavieira, onde se observa o crescimento da cultura de cana-de-açúcar em detrimento de todos os outros produtos agrícolas (JUNQUEIRA, 2016). No ano de 2010, as microrregiões de Ribeirão Preto e de São Carlos, apresentaram 3.270 km² (54%) e 1.116 km² (35%), respectivamente, de suas áreas destinadas ao cultivo da cana-de-açúcar. Em relação ao ano 2000, a área de cana-de-açúcar cresceu 505 km² (16%) e 502 km² (45%) nas microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos, respectivamente (IBGE, 2000 e 2010). As outras lavouras temporárias juntas, milho, soja e amendoim, ocupavam em 2010, apenas 2% da área total das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos, e as lavouras permanentes juntas, laranja e café, representavam apenas 4% da área total das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos, (IBGE, 2000 e 2010).

As áreas com pasto correspondiam a 9% da área total das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos em 2006, (IBGE, 2006).

Essa é a região do Estado de São Paulo que apresenta o maior número de casos de SCPH acumulado de 1993 a 2016, com 76 casos confirmados da região como o Local Provável de Infecção, representando 30% dos 252 notificados em todo o Estado de São Paulo (CVE-SP, 2017). Dos 22 municípios dessa região, 14 notificaram casos de SCPH entre 1993 e 2016 como Local Provável de Infecção: Barrinha, Cravinhos, Dumont, Ibaté, Jardinópolis, Luís Antônio, Pontal, Ribeirão Bonito, Ribeirão Preto, Santa Rosa do Viterbo, São Carlos, São Simão, Serrana, Sertãozinho. A Figura 3.4 mostra a distribuição dos casos acumulados de 1993 a 2016 de SCPH no Estado de São Paulo com destaque para a região de estudo, porém, dos 240 casos notificados no Estado de São Paulo, 27 não puderam ter o Local Provável de Infecção determinado, por esta razão esses casos não estão representados.

Figura 3.4 - Casos de SCPH por Local Provável de Infecção no estado de São Paulo acumulados de 1993 a 2016.



Fonte: Produção do autor.

3.3 Classificação da Imagem TM/Landsat

Para o desenvolvimento da *Tipologia dos Padrões de Paisagem* de interesse para *complexo da SCPH* da área de estudo, fez-se necessário o uso de técnicas e imagens de sensoriamento remoto para a classificação do uso e cobertura da terra da região. As classes de interesse pré-definidas na tipologia dos padrões de paisagem foram: 1) *Cerrado*; 2) *Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar*; 3) *Cana-de-açúcar*; 4) *Pasto*; 5) *Urbano*; 6) *Chácara*; e 7) *Água*.

Na classificação de uso e cobertura da terra foram utilizadas duas imagens TM/Landsat 5 para a órbita/ponto 220/75, uma de 15 outubro de 2003 e a outra de 16 setembro de 2010. As imagens TM/Landsat utilizadas nesse estudo, foram georreferenciadas tomando como referência imagens do *Global Land Cover Facility* (Geocover) (GLCF, 2003). Foi utilizado para o registro um polinômio de primeiro grau e pelo menos dez pontos de controle bem distribuídos, de modo que os erros não ultrapassassem 0,5 pixel.

Para a classe *Cana-de-açúcar* foram utilizados os mapas temáticos do ano de 2003 e de 2010 gerados pelo Canasat (RUDORFF et al., 2010), um programa de monitoramento anual da cana-de-açúcar via imagens de satélite, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Divisão de Sensoriamento Remoto – INPE/DSR. No estado de São Paulo, foi elaborado o primeiro mapa temático da cana-de-açúcar para a safra 2003/04 e foram elaborados mapas anuais até a safra de 2013/14. O mapeamento era realizado anualmente utilizando imagens obtidas pelos satélites Landsat, CBERS e Resourcesat-I, disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Divisão de Geração de Imagens - INPE/DGI.

Para as classes *Urbano* e *Chácara* optou-se por realizar interpretação visual sobre composição colorida das bandas multiespectrais RGB 543 e delimitação manual. Os polígonos das classes *Cana-de-açúcar*, *Urbano* e *Chácara* foram recortados da imagem e o restante da imagem foi classificado como *Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar*, *Pasto*, *Cerrado* e *Água*.

Foi realizada uma classificação supervisionada de máxima verossimilhança (MAXVER) (CROSTA, 1992), sendo coletada uma média de vinte amostras de

treinamento para cada classe durante a classificação. Para estimar a acurácia da classificação contou-se com a seleção de 1.000 pontos amostrados aleatoriamente para cada ano, estratificados de acordo com a área de cada classe. Esses pontos foram analisados, considerando o contexto do polígono em que o ponto estava inserido, podendo haver mais de um ponto por polígono. O número de pontos amostrados para cada classe foi definido a partir da ponderação da área de cada classe. Entretanto, para as classes que apresentaram áreas pequenas como *Urbano* e *Chácara*, para garantir sua representatividade, optou-se por selecionar todos os polígonos mapeados. Cada um dos polígonos foi representado por um ponto. A classe *Cana-de-açúcar* não foi avaliada, pois esses dados foram produzidos pelo Canasat que já possuem uma avaliação com dados de campo, com a precisão global de 98% dos dados coletados (ADAMI et al., 2012).

Os pontos foram classificados por um foto intérprete independente e, posteriormente, os resultados foram analisados por meio de uma matriz de confusão, sobre a qual foram avaliados os erros por classe e a exatidão global, que é estimada utilizando os dados da diagonal principal da matriz de confusão, indicando a proporção de pontos corretamente classificados (CONGALTON; GREEN, 1999).

3.4 Tipologia dos padrões de paisagem de interesse para o complexo da SCPH

A configuração espacial de uma paisagem influencia na dinâmica dos animais que ali vivem, em relação ao seu espaço de vida, mobilidade, alimentação, reprodução, dentre outros. Essa configuração pode ser medida e analisada por métricas de paisagem, que auxiliam na caracterização dessas paisagens. Porém, para que essas medidas façam sentido para os organismos estudados, é preciso levar em consideração parâmetros relevantes das populações avaliadas. Neste sentido, este estudo propõe uma *Tipologia de padrões de paisagem* onde cada padrão representa o *potencial de presença* dos roedores reservatórios do hantavírus considerando a configuração espacial e também a soroprevalência dos roedores para o hantavírus e a presença humana, possibilitando identificar quais desses padrões favorecem o *potencial de contato* entre roedores silvestres, reservatório do hantavírus e a população humana. Para isso, foi realizada uma

revisão da literatura observando a preferência de habitat desses roedores, e a soroprevalência do hantavírus.

O primeiro passo foi buscar na literatura quais eram as espécies de roedores silvestres (possíveis reservatórios do hantavírus) que poderiam ser encontradas na região estudada. Segundo Pereira (PEREIRA, 2006), em seu estudo, os roedores encontrados nessa região e suas respectivas porcentagens de soroprevalência para hantavírus nas amostras coletadas foram: *Necromys lasiurus* (antigo *Bolomys lasiurus*) (10.7%), *Oligoryzomys nigripes* (4,6%), *Akodon sp* (1,4%), *Calomys tener* (2%), *Mus musculus* (1,2%), *Oryzomys nitidus* (1,5%), *Pseudoryzomys simplex* (0%), *Rattus rattus* (0%), *Rhipidomys mastacalis* (8%). A espécie *Necromys lasiurus* (Figura 3.5) foi a mais abundante no bioma cerrado, representando 46% dos indivíduos capturados nesse bioma, seguido da espécie *Calomys tener* (Figura 3.5) com 21% e da espécie *Akodon sp* com 15%.

Figura 3.5 - Roedores reservatório do hantavírus, (A) *Necromys lasiurus* e (B) *Calomys tener*.

(A) *Necromys lasiurus*
(Rato do rabo peludo)



(B) *Calomys tener*
(Rato do campo)



Fonte: Mammals'planet (2009).

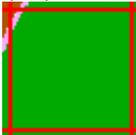
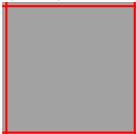
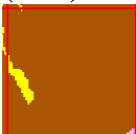
A partir dessa lista de espécie de roedores, buscou-se na literatura dados sobre a preferência de habitat, e de relatos de coletas desses roedores nos diferentes tipos de uso e cobertura da terra. Dessa forma, foram estabelecidos quais roedores poderiam ser

encontrados em cada tipo de uso e cobertura da terra. Porém, a paisagem é um mosaico de usos e coberturas da terra, com diferentes configurações espaciais. Por isso, este estudo se propôs a caracterizar a configuração espacial e a composição dos usos e coberturas dentro de uma unidade espacial integradora, uma grade de células e, assim, para cada célula da grade, esta composição de tipos de usos e de coberturas pode ser avaliado por meio de métricas de paisagem. A premissa aqui é que cada *configuração espacial da paisagem*, observada através destas *células* teria um *potencial* para a presença de um roedor silvestre específico ou um grupo deles. Essa *configuração espacial* e sua importância para o *complexo da SCPH* são representadas na *tipologia do padrão de paisagem* proposta, que está relacionada aos elementos que determinam a presença do roedor, reservatório do hantavírus, segundo a literatura no campo.

O segundo passo foi definir o tamanho adequado para esta *célula*, ou seja, a extensão da área de uma unidade de análise, para a construção da *tipologia de padrões de ocupação* a ser utilizada na fase de mineração (QUINLAN, 1993) e classificação dos padrões (KORTING; FONSECA; CÂMARA, 2013), nas áreas de estudo. Essa definição deve ser baseada nas dimensões e nos arranjos espaciais das feições de interesse para o habitat do roedor reservatório do hantavírus e para o espaço de vida humano, presentes na *paisagem específica* sendo analisada. Levando esses parâmetros em consideração, o tamanho celular que melhor representou a paisagem de interesse da área de estudo foi de 2 km x 2 km.

A Tabela 3.2 apresenta a tipologia de padrões de paisagem desenvolvida para a área de estudo e sua relevância para o *complexo da SCPH*.

Tabela 3.2 - Definição da tipologia dos padrões de paisagem de interesse para o *complexo da SCPH*.

Padrão e Amostra	Descrição espacial	Relevância para o complexo da SCPH
Cerradão (PI) 	Célula com alta dominância da classe <i>Cerrado</i> .	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa densidade dos reservatórios do hantavírus, em comparação com ambientes mais abertos (UMETSU; PARDINI, 2007). - Baixa densidade de população humana. Pouco relevante para o <i>complexo da SCPH</i> .
Urbano (PII) 	Célula com alta dominância da classe <i>Urbano</i> .	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa probabilidade da presença de roedores reservatórios do hantavírus, pois são silvestres (FIGUEIREDO et al., 2009). - Muito alta densidade populacional humana. Pouco relevante para o <i>complexo da SCPH</i> .
Mosaico de cobertura com pouco cerrado (PIII) 	Célula com algumas das classes <i>Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar</i> , <i>Pasto</i> , <i>Cana-de-açúcar</i> e pouquíssimas manchas da classe <i>Cerrado</i> .	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa densidade dos reservatórios do hantavírus devido à área reduzida de cerrado (VIEIRA et al., 2005; UMETSU; PARDINI, 2007). - Presença de poucas pessoas, pois essas áreas em sua grande maioria são monoculturas, normalmente mecanizadas. Pouco relevante para o <i>complexo da SCPH</i> .
Cerrado e mosaico de cobertura (PIV) 	Célula com manchas da classe <i>Cerrado</i> mais conservadas, podendo estar rodeadas pelas classes <i>Cana-de-açúcar</i> , <i>Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar</i> e <i>Pasto</i> .	<ul style="list-style-type: none"> - Média densidade dos reservatórios do hantavírus, pois são áreas com remanescentes de cerrado mais conservados e esses roedores preferem áreas mais abertas como áreas de campo e áreas alteradas. Contudo, normalmente são encontrados nas áreas de borda desses fragmentos em contato com áreas de agricultura (UMETSU; PARDINI, 2007). - Média probabilidade da presença humana, devido às áreas de agricultura e fazendas. Moderada relevância para o <i>complexo da SCPH</i> .

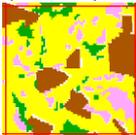
(Contínua)

Tabela 3.2 - Continuação

Padrão e Amostra	Descrição espacial	Relevância para o <i>complexo da SCPH</i>
Urbano e mosaico de cobertura (PV) 	Célula com área de borda da classe <i>Urbano</i> rodeada por pequenas manchas da classe <i>Cerrado</i> e possivelmente pelas classes <i>Pasto</i> , <i>Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar</i> e <i>Cana-de-açúcar</i> .	<ul style="list-style-type: none"> - Média densidade dos reservatórios do hantavírus, pois nessas áreas peri-domésticas há uma disponibilidade maior de alimentos (ração de animais, restos de comidas, lixo) (SUZUKI e MUTINELLI, 2009); as áreas urbanas que estão próximas de áreas agrícolas e de floresta, facilitam a locomoção dos roedores, propiciando o contato entre humanos e roedores. - Alta densidade populacional humana. Alta relevância para o <i>complexo da SCPH</i> .
Chácara e mosaico de cobertura (PVI) 	Célula com polígonos da classe <i>Chácara</i> rodeados por pequenas manchas da classe <i>Cerrado</i> e possivelmente pelas classes das classes <i>Pasto</i> , <i>Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar</i> e <i>Cana-de-açúcar</i> .	<ul style="list-style-type: none"> - Alta densidade dos reservatórios do hantavírus. Os roedores são encontrados cada vez mais próximos de assentamentos humanos em áreas rurais e peri-urbanas, onde há disponibilidade de alimentos e abrigo (TORRES-PÉREZ et al., 2004, SIN et al., 2007). - Alta densidade populacional humana. Essas áreas se tornaram uma extensão das áreas urbanas, porém com maior contato com áreas florestadas e áreas de agricultura. Alta relevância para o <i>complexo da SCPH</i> .
Mosaico de cobertura (PVII) 	Célula com algumas das classes <i>Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar</i> , <i>Pasto</i> , <i>Cana-de-açúcar</i> e pequenas manchas da classe <i>Cerrado</i> .	<ul style="list-style-type: none"> - Muito alta a densidade dos reservatórios do hantavírus, pois esse é o habitat preferencial dessas espécies de roedores, áreas de borda de pequenos fragmentos florestais isolados entre si e rodeados por agricultura (MILLS, 2006; VIEIRA et al., 2009). Áreas de pastagem (SOUSA et al., 2008) e de cana-de-açúcar (GHELER-COSTA et al., 2012) também são ambientes de alta dominância desses roedores. - Alta soroprevalência de hantavírus nos roedores, pois as taxas de encontro entre reservatórios infectados e suscetíveis são maiores (TORRES-PÉREZ et al., 2009). - Média probabilidade da presença humana, devido às áreas de agricultura e fazendas. Altíssima relevância para o <i>complexo da SCPH</i> .

(Contínua)

Tabela 3.2 - Conclusão

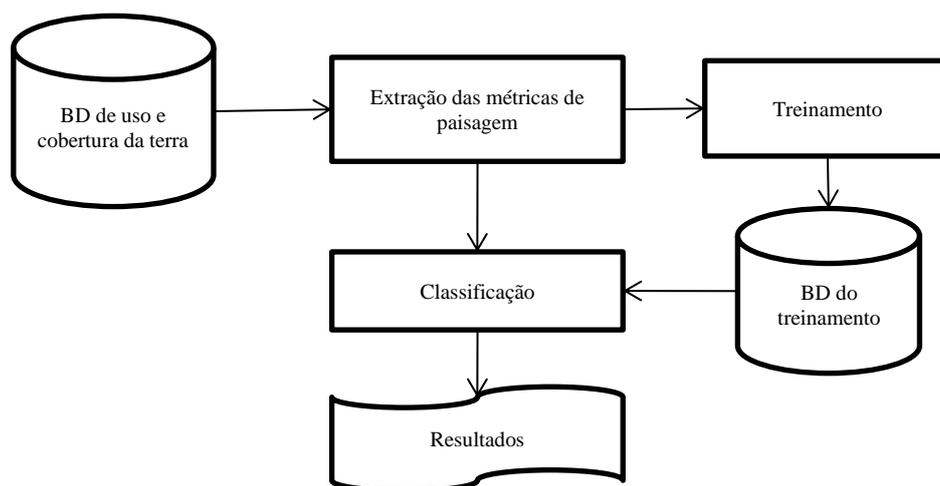
Padrão e Amostra	Descrição espacial	Relevância para o <i>complexo da SCPH</i>
<p>Pasto e mosaico de cobertura (PVIII)</p> 	<p>Célula com a cobertura predominante da classe Pasto rodeados por pequenas manchas da classe <i>Cerrado</i> e possivelmente pelas classes <i>Cana-de-açúcar</i> e <i>Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar</i>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alta a densidade dos reservatórios do hantavírus, pois se alimentam do capim braquiária (PEREIRA, 2006). - Alta soroprevalência de hantavírus nos roedores (SOUSA et al., 2008). - Média probabilidade da presença humana, devido ao manejo de animais; <p>Altíssima relevância para o <i>complexo da SCPH</i>.</p>
<p>Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar e mosaico de cobertura (PIX)</p> 	<p>Célula com a cobertura predominante da classe <i>Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar</i> rodeados por pequenas manchas da classe <i>Cerrado</i> e possivelmente pelas classes <i>Cana-de-açúcar</i> e <i>Pasto</i>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alta a densidade dos reservatórios do hantavírus, pois esse é o habitat preferencial dessas espécies de roedores, áreas de borda de pequenos fragmentos florestais isolados entre si e rodeados por agricultura. Alta densidade desses roedores no meio dos cultivos (UMETSU; PARDINI, 2007). - Alta soroprevalência de hantavírus nos roedores em áreas de agricultura (GOODIN et al., 2006; SUZÁN et al., 2006). - Média probabilidade da presença humana, devido às áreas de agricultura e fazendas; <p>Altíssima relevância para o <i>complexo da SCPH</i>.</p>
<p>Cana-de-açúcar e mosaico de cobertura (PX)</p> 	<p>Célula com a cobertura predominante da classe <i>Cana-de-açúcar</i> rodeados por pequenas manchas da classe <i>Cerrado</i> e possivelmente pelas classes <i>Pasto</i> e <i>Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar</i>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alta a densidade dos reservatórios do hantavírus, nas áreas de borda dos pequenos fragmentos de cerrado (UMETSU; PARDINI, 2007) e no meio das culturas de cana-de-açúcar, pois é fonte de alimento e abrigo (GHELER-COSTA et al., 2012; PRIST et al., 2016). - Alta soroprevalência de hantavírus nos roedores (GOODIN et al., 2006; SOUZA et al., 2008). - Média probabilidade da presença humana. <p>Altíssima relevância para o <i>complexo da SCPH</i>.</p>

Fonte: Produção do autor.

3.4.1 Mineração de dados para a classificação de padrões de paisagem

Para a classificação dos padrões de paisagem, primeiramente foi criado um banco de dados espaciais com os dados da classificação do uso e cobertura da terra no aplicativo TerraView e para o processamento desses dados foi utilizado outro aplicativo, o GeoDMA (Geographi Data Mining Analyst), desenvolvido por Korting et al. (2013). Para isso, foram seguidas algumas etapas: 1) extração de atributos (cálculo de métricas estruturais e de composição da paisagem); 2) treinamento; 3) classificação e; 4) avaliação da classificação, como são apresentadas no diagrama da Figura 3.6.

Figura 3.6 - Diagrama de trabalho do sistema minerador GeoDMA.



Fonte: Adaptado de Korting et al. (2009).

Na primeira etapa, métricas estruturais (de tamanho, forma e borda) e de composição da paisagem (riqueza, diversidade e dominância) foram extraídas no GeoDMA para cada célula e para os dois anos de análise. Essas métricas foram implementadas neste aplicativo de acordo com as formulações de Mcgarigal (2002). A formulação e descrição dessas métricas são apresentadas no Anexo 2. As métricas foram utilizadas para caracterizar o arranjo espacial das classes de uso e cobertura dentro de

cada célula, enquanto que a tipologia irá definir o que cada um desses arranjos espaciais implica no potencial de contato entre os roedores reservatórios do hantavírus e humanos.

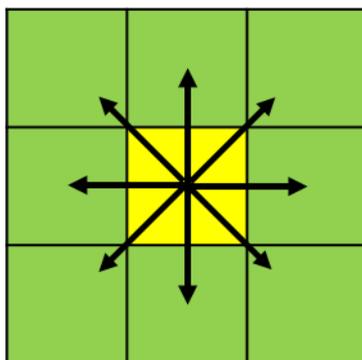
Com base na tipologia dos padrões de paisagem de interesse para o *complexo da SCPH*, definida a priori, foram coletadas 800 amostras aleatórias dos padrões de paisagem, estratificadas por ano (400 para cada ano) e por tipo de padrão de paisagem. As amostras selecionadas foram separadas gerando um conjunto de treinamento (60%) para a classificação e um outro conjunto de teste (40%) para a validação da classificação.

Após essa etapa as métricas que melhor diferenciam os padrões são selecionadas a partir de um algoritmo baseado em árvore de decisão, o C4.5 (QUINLAN, 1993), que estabelece limiares para cada métrica selecionada, utilizados na classificação dos padrões. Como resultado, os mapas de padrões de paisagem para cada ano são gerados, onde é possível avaliar sua disposição espacial, estimar áreas e analisar as mudanças que ocorreram de um ano para outro.

Na etapa de validação, as áreas classificadas foram confrontadas com as amostras de teste e avaliadas a partir da matriz de confusão.

Os resultados foram avaliados em relação à quantidade de células de cada padrão de paisagem, as mudanças de 2003 para 2010 e para as células dos padrões PV e PVI foram avaliadas as células vizinhas mais próximas conforme mostrado na Figura 3.7.

Figura 3.7 - Representação dos vizinhos mais próximos selecionados para avaliação das células dos padrões *Urbano e mosaicos de cobertura (PV)*, *Chácara e mosaicos de cobertura (PVI)*.



Fonte: Produção do autor.

3.5 Tipologia de Borda da Paisagem: Contraste de Borda

O desenvolvimento de uma *Tipologia de Borda da Paisagem* tem como objetivo analisar as possibilidades de contato entre roedores silvestres e humanos pela análise das bordas de manchas entre diferentes classes. Para tanto, foi proposta uma *Tipologia de Borda da Paisagem* para a classe *Cerrado* e uma *Tipologia de Borda da Paisagem* para as classes *Urbano* e *Chácara*, a serem analisadas em um plano celular de 2 km x 2 km. As divisas ou linhas de bordas entre manchas de duas classes diferentes, serão denominadas de bordas, e são representadas por uma linha, adimensional na largura. Importante salientar que a área da borda não é delimitada nem contabilizada pelos índices utilizados neste trabalho, apenas o tipo e o comprimento das bordas das classes de manchas adjacentes.

As bordas da classe *Cerrado* representam o habitat natural dos roedores reservatório do hantavírus (UMETSU; PARDINI, 2007) e as bordas das classes *Urbano* e *Chácara* representam a maior densidade da população humana. Partimos da hipótese de que é na borda das manchas dessas categorias que há maior probabilidade de contato entre as duas populações e, portanto, maior possibilidade de transmissão do hantavírus.

As bordas das manchas da classe *Cerrado* que fazem limite com as manchas adjacentes de outras classes de uso e cobertura da terra, representam o *contato potencial* dos roedores silvestres com humanos, considerando que cada tipo de mancha irá oferecer diferentes condições de habitat e de mobilidade para o roedor. A abundância do roedor nas regiões de bordas das manchas de *Cerrado* e das manchas adjacentes, irá depender do tipo de cobertura da terra da mancha adjacente à mancha de *Cerrado*, que irá oferecer maiores ou menores condições de sua permanência e movimentação dentro dela. Para tanto, foram estabelecidos pesos de contraste de borda de acordo com o tipo de cobertura da terra presente nas manchas vizinhas das manchas de *Cerrado*. Cada tipo de contraste de borda encontrado foi avaliado em relação à abundância dos roedores e pesos foram estabelecidos de forma empírica, porém, tendo como base a literatura (Tabela 3.3) e o conhecimento sobre o comportamento e habitat dos roedores em questão.

Tabela 3.3: Bordas de contraste da classe *Cerrado* que representam a abundância do roedor reservatório do hantavírus.

Bordas de Contraste	Peso	Atributos ecológicos que contribuem com o peso (abundância de roedor)
<i>Cerrado X Urbano</i>	0.4	A área urbana não é o habitat ideal para roedores silvestres, porém, apresentam uma grande disponibilidade de alimentos, como restos de comida e lixo (SUZUKI; MUTINELLI, 2009). Este ambiente também fornece abrigo a esses roedores, sendo assim, um ambiente onde os roedores podem ser encontrados.
<i>Cerrado X Chácara</i>	0.5	Esse contraste de borda proporciona uma grande disponibilidade de comida, como rações mal armazenadas para animais e lixo (SUZUKI; MUTINELLI, 2009); fornece abrigo, principalmente em casas ou barracões com frestas que facilitam a entrada desses roedores. Esse ambiente fica em áreas muito próximas às áreas rurais, próximo às áreas arbóreas, o que facilita a aproximação dos roedores, sendo assim, esses animais podem ser encontrados nessas áreas com facilidade.
<i>Cerrado X Pasto</i>	0.6	Esse contraste de borda representa uma mudança de ambiente um pouco abrupta, porém, como os roedores são generalistas, alguns trabalhos mostram que eles podem ser muito facilmente encontrados em áreas de pastagens e com uma alta soropositividade para o hantavírus (PEREIRA, 2006; SOUSA et al., 2008; VADELL; VILLAFANE, 2016).
<i>Cerrado X Agricultura</i>	0.8	As bordas com áreas de agricultura são muito importantes para os roedores silvestres, pois esse recurso pode gerar novos micro-habitats para espécies oportunistas e generalistas, como as do reservatório do hantavírus, principalmente pela disponibilidade de comida e abrigo. Além de ser destacado como um importante fator para maior soropositividade do hantavírus (GOODIN et al. 2006).
<i>Cerrado X Cana-de-açúcar</i>	0.8	As bordas com as áreas de cana-de-açúcar, como as de agricultura, representam uma mudança de ambiente sem muito impacto, chegando a ser usado como micro-habitats por esses roedores. Trabalhos mostram que esses roedores podem ser encontrados até com maior abundância em lavouras de cana-de-açúcar do que em remanescentes florestais nativos (SOUSA et al., 2008, FIGUEIREDO et al., 2010). Nos canaviais eles conseguem abrigo, alimento e água roendo os caules de cana-de-açúcar (BEP, 2007).

Fonte: Produção do autor.

As bordas entre as classes *Urbano* e *Chácara* com as outras classes de uso e cobertura da terra representam as possibilidades de *contato potencial* entre humanos, concentrados nas manchas das classes *Urbano* e *Chácara* e os roedores reservatório do hantavírus encontrados nas manchas adjacentes, que podem estar em maior ou menor abundância dependendo da classe de uso e cobertura terra (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 - Bordas de contraste das classes *Urbano* e *Chácara* e sua importância para o *contato potencial* entre humanos e roedores reservatório do hantavírus pela proximidade das áreas urbanizadas com os ambientes onde esses roedores estão presentes.

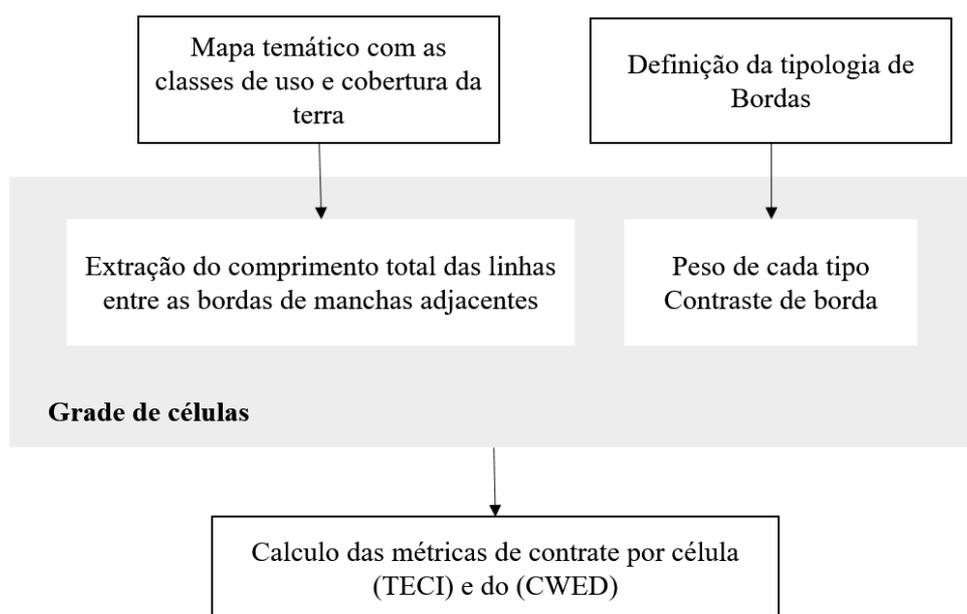
Bordas de Contraste	Peso	Potencial de contato entre humanos e roedor reservatório do hantavírus
<i>Urbano e Chácara X Agricultura</i>	0.6	Roedores coletados em áreas agrícolas apresentam maior soropositividade para o hantavírus (GOODIN et al., 2006).
<i>Urbano e Chácara X Cana-de-açúcar</i>	0.6	Cada vez mais trabalhos vêm relacionando os casos de HPS com a expansão das áreas de cana-de-açúcar (SOUSA et al., 2008; VERDADE et al., 2012; PRIST et al., 2016)
<i>Urbano e Chácara X Pasto</i>	0.5	Alguns trabalhos mostram que muitos dos reservatórios do hantavírus, inclusive na mesma região desse estudo, são encontrados em áreas de pastagens e com uma alta soropositividade para o hantavírus (PEREIRA, 2006; SOUSA et al., 2008; VADELL; VILLAFANE, 2016).
<i>Urbano e Chácara X Cerrado</i>	0.8	Os roedores em questão parecem preferir uma paisagem composta por pequenos fragmentos florestais, pois essa situação reduz a biodiversidade e favorece as espécies generalistas como as dos roedores reservatórios do hantavírus, em relação às espécies de outros animais, como as dos seus predadores, levando a uma maior abundância desses roedores nesses ambientes (MILLS, 2006; UMETSU E PARDINI, 2007).

Fonte: Produção do autor.

Essas bordas foram analisadas por densidade e por tipo de contraste na paisagem em células de 2 km x 2 km. Para tanto, utilizou-se dois índices de métricas de contraste propostos por Mcgarigal (2002).

A Figura 3.8 mostra o fluxograma de análise da *Tipologia de bordas da paisagem* da classe *Cerrado* e da *Tipologia de bordas de paisagem* das classes *Urbano* e *Chácara*. O primeiro passo foi extrair o comprimento das linhas de contato entre as bordas adjacentes das manchas da classe *Cerrado* e das manchas da classe *Urbano* e *Chácara* dos mapas temáticos de uso e ocupação do solo dos anos de 2003 e 2010 gerados na Seção 3.3. Para tanto, foi criado *buffers* de 30 metros para as classes *Cerrado* e para as classes *Urbano* e *Chácara*s. Os *buffers* dos polígonos (manchas) dessas classes foram sobrepostos (recortados) com os polígonos das outras classes de uso e cobertura da terra gerando polígonos de diversos comprimentos e de largura de 30 m. Foi calculado o perímetro desses polígonos separadamente para cada classe de uso e cobertura da terra, para cada célula de 2 km x 2 km. O valor do perímetro de cada polígono foi dividido por 2 e foi subtraído de 30 m (largura dos polígonos que representam as bordas das manchas), obtendo-se assim o valor do comprimento da linha de contato entre as bordas das manchas (polígonos) adjacentes.

Figura 3.8 - Fluxograma para análise da *Tipologia de borda da paisagem* da classe *Cerrado* e da *Tipologia de borda da paisagem* das classes *Urbano* e *Chácara*.



Fonte: Produção do autor.

Depois de extraídos e somados nas células os comprimentos das linhas de contato para cada tipo de classe de uso e cobertura da terra, foram utilizadas nas análises, as métricas de contraste, TECI (Índice de Contraste Total de Bordas) e o CWED (Índice da Densidade de Borda Ponderada pelo Contraste). Essas métricas foram escolhidas por serem complementares. O TECI é uma medida relativa que expressa o grau de contraste entre as manchas e sua vizinhança imediata, ou seja, representa a magnitude do contraste das bordas analisadas, enquanto o CWED estima a densidade de borda ponderada pelo grau de contraste das bordas analisadas.

As análises foram feitas separadamente para as bordas da classe *Cerrado* e para as bordas da classe *Urbano e Chácara*.

Neste trabalho, no cálculo do TECI, o comprimento da linha de contato entre as bordas das manchas adjacentes é calculado e somado por tipo, em cada célula, e multiplicado por um peso de contraste pré-estabelecido, dividido pela soma dos comprimentos de todos os segmentos de borda analisados em cada célula. Este índice quantifica o contraste de borda como uma porcentagem relativa à área total das bordas. Ele quantifica o contraste de borda para a paisagem como um todo, neste caso a paisagem é representada por células. A formulação de TECI é apresentada abaixo pela equação 3.1.

Intervalo dos resultados: $0 > \text{TECI} < 100$

(3.1)

$$\text{TECI} = \frac{\sum_{k=1}^n (e_{ik} * d_{ik})}{\sum_{k=1}^n e_{ik}} \quad (100)$$

Onde,

e_{ik} = Comprimento total (m) das bordas entre as classes i e k em cada célula.

d_{ik} = peso do contraste das bordas entre as classes i e k .

TECI é igual a 0 quando não há borda na paisagem ou quando se estabelece que a borda deve ter um peso de contraste igual a zero ($d = 0$). TECI se aproxima de 0 quando o peso do contraste das bordas se aproxima de 0. TECI é igual a 100 quando todas as

bordas possuem o contraste máximo ($d = 1$). Ou seja, para este estudo, quanto maior o valor do TECI, mais favoráveis são as bordas ao *contato potencial* entre humanos e roedores reservatório do hantavírus.

Para o cálculo do CWED, neste trabalho os comprimentos das linhas de contato entre as bordas, já calculados e somados por tipo em cada célula, são multiplicados por um peso de contraste pré-estabelecido. Esse valor é dividido pela área total de cada célula. Como o TECI o resultado é para a paisagem como um todo, neste caso a paisagem é representada pelas células. A formulação de CWED é apresentada abaixo pela equação 3.2.

Intervalo dos resultados: $CWED \geq 0$, sem limite

(3.2)

$$CWED = \frac{\sum_{k=1}^n (e_{ik} * d_{ik})}{A}$$

Onde,

e_{ik} = Comprimento total (m) das bordas entre as bordas i e k , dentro da célula.

d_{ik} = peso do contraste das bordas entre as bordas i e k .

A = Área total da paisagem (m) na célula.

CWED é igual a 0 quando não há borda na paisagem e quando o usuário especifica que a borda deve ter um peso de contraste igual a zero ($d = 0$). CWED aumenta à medida que a quantidade de borda na paisagem da célula aumenta e/ou com o aumento do contraste nas bordas (ou seja, o peso do contraste se aproxima 1). Ou seja, para este estudo quanto maior o valor do CWED, mais abundantes e mais favoráveis são as bordas ao *contato potencial* entre humanos e roedores reservatório do hantavírus.

As bordas da classe *Cerrado* e as bordas das classes *Urbano* e *Chácara* são analisadas separadamente, pois as bordas da classe *Cerrado* representam o *contato potencial* no habitat natural do roedor silvestre reservatório do hantavírus, quando o homem se aproxima dessas áreas. Dessa forma, quanto mais altos os valores das análises do TECI e do CWED, mais favorável ao *complexo da SCPH*. No entanto, as bordas das

classes *Urbano* e *Chácara* representam áreas de maior concentração humana e a possibilidade dos roedores reservatórios dos hantavírus chegarem e transitarem nessas áreas, representando assim o *contato potencial* entre eles, mas nesse caso é o roedor que se aproxima do ambiente “humano”. Dessa forma, aqui também quanto mais alto os valores das análises do TECI e do CWED, mais favorável ao *complexo da SCPH*.

3.6 Índice Sócio-Ambiental do Hantavírus

Nessa etapa foi analisado o possível contato da população dos municípios em estudo com o reservatório do hantavírus por meio da construção de um indicador. Para isso, este estudo propõe a utilização dos dados do Censo Populacional realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2000; 2010) referentes ao local de moradia da população georreferenciados ao setor censitário, que para este estudo é a unidade espacial para a construção do indicador. A partir dos setores censitários, buscase conhecer quais deles apresentam maior probabilidade de contato com os roedores reservatórios do hantavírus observadas as condições sociais, econômicas e ambientais que podem ser integradas para aquele setor. Para isso, o Índice Sócio-Ambiental do Hantavírus (ISAH) é proposto como um índice multidimensional.

O ISAH deve ser composto: (1) por variáveis socioeconômicas (renda, condições da moradia, densidade populacional, etc.) que dizem respeito (indiretamente) às condições das famílias/grupos que vivem naqueles domicílios visitados, obtidas diretamente dos dados do censo demográfico para cada setor censitário, (2) por variáveis relacionadas ao ambiente (coleta de lixo, condições de saneamento), que incluem as condições do ambiente/domicílio em que vivem essas famílias. Essas variáveis selecionadas devem representar um aumento ou diminuição no contato potencial com o hantavírus.

A escolha dessas variáveis foi baseada na literatura levando em consideração os fatores de risco para a transmissão da HPS. A Tabela 3.5 mostra as variáveis selecionadas para o cálculo do ISAH, a justificativa para seu uso, sua unidade espacial de representação e o peso relativo dentro do ISAH separadamente para áreas Urbanas e para áreas Rurais. Para o ano 2000 os dados da malha digital de setores censitários providos

pelo IBGE (IBGE, 2000) são disponibilizados separadamente para áreas Rurais e áreas Urbanas, sendo que para as áreas Urbanas apenas municípios com mais de 25 mil habitantes possuíam a divisão por setor censitário, neste estudo apenas os municípios de Descalvado, Pontal, Ribeirão Bonito, Ribeirão Preto, São Carlos, Serrana, Sertãozinho. Para os municípios com menos de 25 mil habitantes as áreas Urbanas possuem um único polígono, dessa forma os dados referentes às respostas do censo populacional desses setores urbanos foram agrupados em apenas 1 setor.

Tabela 3.5 - Caracterização das variáveis utilizadas no ISAH.

Variáveis	Justificativa e referências	Unidade de Representação	Peso Área Urbana	Peso Área Rural
Variáveis referente as condições do ambiente				
Coleta de Lixo	Qualquer lixo acumulado do lado de fora da casa (CROWCROFT et. al., 1999; SUZUKI; MUTINELLI, 2009);	Porcentagem do setor com coleta de lixo	0.2	0.1
Esgoto encanado	Variável indicativa das condições de saneamento básico domicílio (OLIVEIRA et al., 2012, MILLS et al., 2002).	Porcentagem do setor com esgoto encanado	0,1	0,1
Tipo do domicílio: Tipo apartamento	Domicílios do tipo apartamento não são atrativos para roedores.	Porcentagem do setor com domicílio do tipo apartamento	0,1	0
Situação do Setor: Urbano ou Rural	Roedores reservatório do hantavírus são silvestres com preferência à áreas rurais, peri-urbanas ou urbanas isoladas (UMETSU; PARDINI, 2007; TORRES-PÉREZ et al., 2009) Além do perfil epidemiológico brasileiro para a hantavirose demonstrar que as pessoas mais acometidas pela doença são os trabalhadores rurais envolvidos em atividades agrícolas (OLIVEIRA, 2014)	Situação urbana – códigos: 1, 2 e 3. - Situação rural – códigos: 4, 5, 6, 7 e 8.	0,2	0,2

(Continua)

Tabela 3.5 - Conclusão.

Variáveis	Justificativa e referências	Unidade de Representação	Peso Área Urbana	Peso Área Rural
Variáveis referentes as condições sócio-econômicas da população				
Renda média por setor	Renda mais alta pode indicar melhores condições de Infra-estrutura, saúde e acesso a informação (OLIVEIRA, 2012).	Valor em real por setor censitário	0,2	0,3
Número de moradores por domicílio	Indica maior número de pessoas expostas ao mesmo risco em um domicílio (OLIVEIRA, 2012).	Habitantes por domicílio	0,1	0,2
Densidade Populacional por setor censitário	Alta densidade populacional interfere no tempo de resposta, maior número de pessoas expostas ao risco (OLIVEIRA, 2012).	Habitantes/Km ²	0,1	0,1

Fonte: Produção do autor.

Para a comparação e agregação das variáveis elas foram normalizadas, ou seja, transformadas em grandezas entre 0 e 1, sendo que 0 representa a situação que menos favorece o *contato potencial* ao hantavírus e 1 a situação que mais favorece o *contato potencial* com o hantavírus. A formulação é apresentada abaixo pela equação 3.3.

(3.3)

$$VP_{ji} = \frac{V_{ji} - V_{jr}}{V_{jm} - V_{jr}}$$

Onde,

VP_{ji} = valor padronizado da variável j no setor censitário i,

V_{ji} = valor da variável j no setor censitário i,

V_{jr} = valor da variável j no setor censitário em pior situação,

V_{jm} = valor da variável j no setor censitário em melhor situação.

As variáveis utilizadas pertencem ao questionário básico do IBGE, que é aplicado à toda a população, sendo que essas variáveis estavam presentes nos dois anos estudados, 2000 e 2010.

Para compor a variável *coleta de lixo* foi utilizada o item *domicílios com lixo coletado*. Para a variável *esgoto encanado* foi utilizada soma dos itens referentes ao esgotamento do domicílio, sendo número de domicílios com: *via rede geral de esgoto ou pluvial*; *via fossa séptica*; *via fossa rudimentar*. Para o tipo do domicílio, foi utilizado apenas o item tipo apartamento. Essas três variáveis estavam disponíveis na planilha do IBGE relativa aos dados de domicílio, e para compor as variáveis elas foram calculadas como uma porcentagem dos domicílios, do total de domicílios de cada setor censitário, que possuíam lixo coletado, esgoto encanado, e o tipo de domicílio era do tipo apartamento, ou seja, a porcentagem de domicílios do setor censitário que eram do tipo apartamento. Para que as variáveis representassem a situação que menos favorece ou mais favorece o *contato potencial* ao hantavírus elas foram convertidas para valores entre 0 e 1, respectivamente, sendo que para Coleta de lixo e Esgoto encanado quanto menor o número de domicílios com esses serviços mais próximo de 1 o valor da variável e para a variável tipo de domicílio do tipo apartamento quanto maior o número de domicílios desse tipo mais próximo de 0 o valor da variável.

Para a *Situação do setor censitário* são 8 possíveis situações, sendo 3 consideradas urbanas e 5 consideradas rurais. Foram assumidos valores entre 0 e 1 para cada tipo de situação. As urbanas são: **Áreas urbanizadas de cidade ou vila** (0,5), são áreas definidas como urbanas legalmente e caracterizadas por construções, arruamentos e intensa ocupação humana; áreas afetadas por transformações decorrentes do desenvolvimento urbano e aquelas reservadas à expansão urbana. **Áreas não-urbanizadas de cidade ou vila** (0,7), são Áreas definidas como urbanas legalmente, mas caracterizadas por ocupação predominantemente de caráter rural. **Áreas urbanas isoladas** (0,6), são áreas definidas por lei municipal e separadas da sede municipal ou distrital por área rural ou por outro limite legal (IBGE, 2011).

As áreas consideradas rurais são discriminadas como **Zona rural, exclusive aglomerado rural** (1) e os **Aglomerados rurais** (0,8), que são agrupamentos de

população considerados a partir de um conjunto de edificações adjacentes (50m ou menos de distância entre si) e com características de permanência, situado em área legalmente definida como rural.

As variáveis *Densidade populacional* e a variável *número (médio) de moradores por domicílio* consistem na divisão do número de moradores do setor censitário pela área em Km² do setor e pela divisão pelo número total de domicílios no setor, respectivamente. A variável *renda* para o setor consiste diretamente no item *renda* extraído diretamente dos dados do censo populacional.

A variável *renda* foi normalizada utilizando-se como limites, o limiar inferior uma renda próxima a zero (R\$0,00), situação que mais favorece o contato com o hantavírus (1), e um limiar superior de renda próximo a R\$8.000,00, considerado a que menos favorece (0). Aos valores superiores a R\$8.000,00 foi atribuído valor 0. Para a variável *média do número de moradores por domicílios*, foi considerado o limiar inferior quando não havia nenhum morador por domicílio em que foi atribuído o valor (0) e como limiar superior, considerou-se um número médio de cinco moradores por domicílio para o setor que foi considerado em que foi atribuído o valor (1), valores mais altos que a média de 5 foram considerados como (1). Para a variável *densidade* os valores ficaram entre 0 e 5000 moradores por km², sendo representados entre 0 e 1, respectivamente, aos valores mais altos que 5000 atribuído também o valor 1.

Para o cálculo do ISAH cada umas das 6 variáveis foram multiplicadas pelo valor do peso correspondente e depois somada separadamente para os setores Urbanos e para os setores Rurais, pois possuíam pesos diferentes.

O ISAH consistiu na média aritmética dos valores padronizados de cada variável, A formulação é apresentada abaixo pela equação 3.4.

$$ISAH = \frac{\sum_{k=1}^n (e_{ik} * d_{ik})}{\sum_{k=1}^n e_{ik}} \quad (3.4)$$

Onde,

ISAH = Índice Sócio-Ambiental do Hantavírus

e_{ik} = valor da variável padronizado da variável *i* e *k* em cada setor censitário,

d_{ik} = peso dos atributos i e k .

Esses dados foram processados e espacializados no mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos.

3.7 Caracterização da dinâmica espaço-temporal das áreas com *contato potencial* mediado pela paisagem entre o reservatório e o homem

Para a caracterização da dinâmica espaço-temporal das áreas com *contato potencial* mediado pela paisagem entre o reservatório e o homem, os resultados das Seções 3.4, 3.5 e 3.6 representados por mapas e indicadores, serão integrados no *espaço celular*.

Os resultados da Seção 3.6 foram gerados por setor censitário, para que a integração com os resultados das Seções 3.4 e 3.5 fossem possíveis utilizou-se um procedimento conhecido como *preenchimento de células* do TerraView (AGUIAR et al., 2008). Esse procedimento possibilita calcular valores para atributos de tabelas associadas a planos de informação do tipo celular, com o objetivo homogeneizar informações provenientes de diferentes fontes em uma mesma base espaço-temporal. Neste trabalho, este procedimento foi executado com células de 2 km x 2 km, utilizando o operador de MÁXIMO, onde obtêm-se uma visão pessimista do *risco potencial* associado ao ISAH; o operador de MÉDIO, onde obtêm-se uma visão entre a otimista e pessimista; e o operador MÍNIMO, onde obtêm-se uma visão otimista do *risco potencial* associado ao ISAH. Dessa forma, estabeleceram-se três cenários: otimista, normal e pessimista para o *risco potencial* associado ao ISAH.

Após a integração dos dados, cada célula deve conter os atributos da tabela 3.6.

Tabela 3.6 - Caracterização da dinâmica espaço-temporal das áreas com *contato potencial* mediado pela paisagem entre o reservatório e o homem.

Indicador	Anos de referência
<i>Tipologia de Padrões de Paisagem</i> de interesse ao complexo da SCPH	2003 e 2010
<i>Tipologia das Bordas da Paisagem</i> da classe <i>Cerrado</i> (principal habitat do reservatório do hantavírus) e das classes <i>Urbano</i> e <i>Chácara</i> (classe com maior concentração Humana);	2003 e 2010
Índice Sócio-Ambiental do Hantavírus	2000 e 2010

Fonte: Produção do autor.

Após a integração destes dados, é analisada e caracterizada a dinâmica espaço-temporal das áreas com *contato potencial* mediado pela paisagem entre o reservatório e o homem. Esta caracterização é realizada por meio do cruzamento destes atributos em cada *célula* e a partir de análises comparativas.

4 RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados de cada análise separadamente e da análise conjunta dos resultados no plano celular, caracterizando a dinâmica espaço-temporal das áreas de *contato potencial* que se estabelecem entre o reservatório do hantavírus e a população de humanos.

4.1 Perfil epidemiológico do paciente

Os dados dos pacientes acometidos com SCPH foram analisados segundo sexo, raça, tipo de ambiente de infecção, faixa etária, óbito e zona de infecção, com o objetivo de descrever o perfil dos pacientes acometidos com SCPH nas microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos. Os dados foram consultados nas bases de dados do Sistema de Informação de Agravos de Notificação - SINAN de 2001 a 2012.

Nas Tabelas de 4.1 a 4.4 podemos observar o perfil dos pacientes acometidos com SCPH nas microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos. Os municípios dessa região que mais notificaram casos foram São Carlos, Sertãozinho e Ribeirão Preto, sendo mais frequente a raça branca, sexo masculino e de 20 a 39 anos, podendo estar relacionado ao tipo de trabalho, pois esse foi o mais citado como ambiente provável de infecção. A taxa de letalidade dessa região ultrapassa 50%.

A zona de infecção mais citada como local provável de infecção foi a rural, porém, quando observamos dados históricos notamos um grande aumento nos casos da zona peri-urbana, sendo essa área o foco desse estudo.

Tabela 4.1 - Descrição de gênero e evolução dos casos de SCPH dos municípios que notificaram casos nas microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos de 2001 a 2012.

Município	Gênero			Evolução	
	Total	Masculino	Feminino	Óbito	Cura
Barrinha	3	3	0	1	1
Cravinhos	3	2	1	1	1
Dumont	2	2	0	1	1
Ibaté	4	4	0	2	2
Pontal	7	5	2	4	2
Ribeirão Bonito	2	2	0	2	0
Ribeirão Preto	11	8	3	4	7
Santa Rosa de Viterbo	1	1	0	1	0
São Carlos	14	12	2	10	3
Sertãozinho	14	9	5	6	8
Total	61	48	13	32	25

Fonte: Produção do autor.

Tabela 4.2 - Descrição por faixa etária dos casos de SCPH dos municípios que notificaram casos nas microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos de 2001 a 2012.

Município	Faixa etária				
	0 a 9	10 a 19	20 a 39	40 a 59	60 ou mais
Barrinha	0	0	2	1	0
Cravinhos	0	0	1	2	0
Dumont	0	0	1	1	0
Ibaté	0	1	3	0	0
Pontal	0	1	6	0	0
Ribeirão Bonito	0	2	0	0	0
Ribeirão Preto	0	4	4	3	0
Santa Rosa de Viterbo	0	0	0	0	1
São Carlos	0	0	6	7	1
Sertãozinho	0	1	9	3	0
Total	0	9	32	17	2

Fonte: Produção do autor.

Tabela 4.3 - Descrição por raça dos casos de SCPH dos municípios que notificaram casos nas microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos de 2001 a 2012.

Município	Raça			
	Branca	Preta	Parda	Amarela
Barrinha	0	0	2	0
Cravinhos	2	0	1	0
Dumont	1	0	0	0
Ibaté	4	0	0	0
Pontal	4	0	1	0
Ribeirão Bonito	2	0	0	0
Ribeirão Preto	6	1	2	0
Santa Rosa de Viterbo	1	0	0	0
São Carlos	5	3	1	1
Sertãozinho	4	2	2	0
Total	29	6	9	1

Fonte: Produção do autor.

Tabela 4.4 - Descrição por Ambiente e Zona de infecção dos casos de SCPH dos municípios que notificaram casos nas microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos de 2001 a 2012.

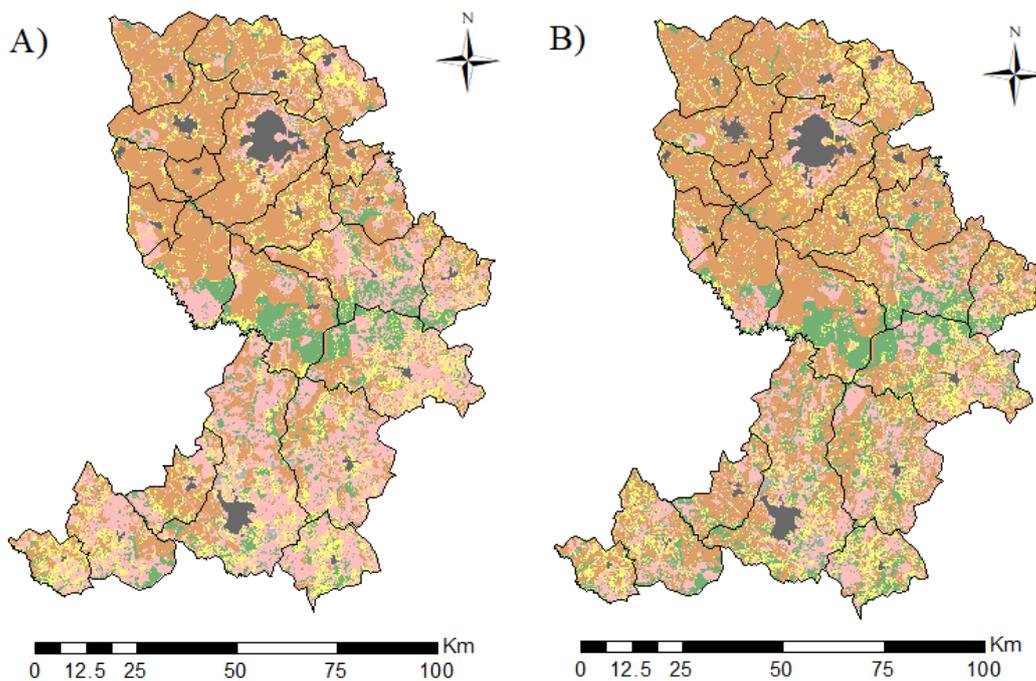
Município	Ambiente			Zona		
	Trabalho	Domiciliar	Lazer	Rural	Urbana	Peri-Urbana
Barrinha	1	0	0		1	0
Cravinhos	1	1	0	1	1	0
Dumont	1	0	0	0	0	1
Ibaté	2	2	0	2	0	2
Pontal	5	0	0	5	0	0
Ribeirão Bonito	1	1	0	1	0	0
Ribeirão Preto	2	5	2	3	3	4
Santa Rosa de Viterbo	0	1	0		0	0
São Carlos	3	3	5	7	2	3
Sertãozinho	8	4	0	7	5	1
Total	24	17	7	26	12	11

Fonte: Produção do autor.

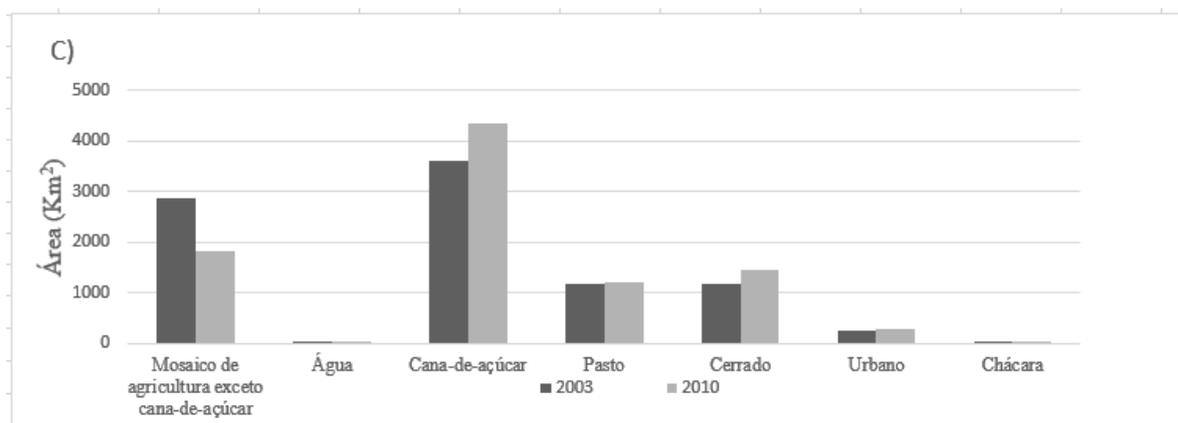
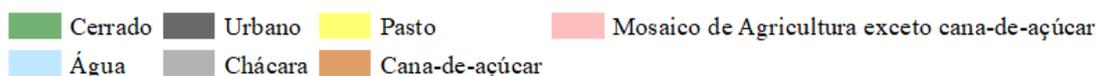
4.2 Tipologia dos padrões de paisagem de interesse para o complexo da SCPH

Podemos observar na Figura 4.1 um aumento das áreas das classes *Cana-de-açúcar* (735 Km²) e *Cerrado* (302 Km²). Na classe *Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar* é observada uma queda na área, de 1.063 Km², entre os anos analisados. As áreas da classe *Cana-de-açúcar* aumentaram principalmente sobre as áreas da classe *Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar*, sendo essa conversão mais destacada na região sul que corresponde à microrregião de São Carlos. A classe *Cana-de-açúcar* foi dominante em todos os municípios, e a segunda classe com maior abrangência foi a classe *Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar*, sendo que as duas juntas no ano de 2010 correspondem a 67% de toda área. A classe *Água* teve sua área reduzida entre os anos 2003 e 2010, provavelmente devido ao crescimento das matas ciliares cobrindo parte dos corpos d'água e tornando-os menos visíveis nas imagens. Esse crescimento foi observado no aumento da classe *Cerrado* que foi de 25,9% condizente com os resultados do Instituto Florestal do Estado de São Paulo, que realizou um mapeamento dos remanescentes da vegetação natural do Estado de São Paulo em 2001 e em 2009, mostrando que as áreas de cerrado aumentaram em 25% em todo o Estado de São Paulo (IF, 2010).

Figura 4.1 - Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com (A) as classes de uso e cobertura da terra dos anos de 2003 e (B) 2010; (C) gráfico com a área em hectares de cada classe para os dois anos.



Legenda: Classes de uso e cobertura da terra.



Fonte: Produção do autor.

A avaliação da classificação obteve uma exatidão global de 97,8% para o ano de 2003 (Tabela 4.5) e uma exatidão global de 97.6% para o ano de 2010 (Tabela 4.6), sendo que os erros indicados pela matriz de confusão foram principalmente associados à classificação incorreta das classes *Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar* e *Chácara*. Os erros da classe *Chácara* ocorreram principalmente com a classe *Urbano*, o que já era esperado, pois essas áreas de chácaras muitas vezes são prolongamentos das áreas urbanas, tornando assim difícil sua diferenciação.

Tabela 4.5 - Matriz de confusão com dados da classificação e os dados de referência para 2003.

2003		Classificação					
	Classe	Pasto	Agricultura	Cerrado	Urbano	Chácara	Água
Validação	Pasto	96.8%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Agricultura	0.9%	95.1%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%
	Cerrado	1.8%	3.8%	98.6%	0.0%	0.0%	0.0%
	Urbano	0.5%	0.4%	0.0%	100.0%	3.6%	0.0%
	Chácara	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	96.4%	0.0%
	Água	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%

Exatidão global: 97,8%

Fonte: Produção do autor.

Tabela 4.6 - Matriz de confusão com dados da classificação e os dados de referência para 2010.

2010		Classificação					
	Classe	Pasto	Agricultura	Cerrado	Urbano	Chácara	Água
Validação	Pasto	98.8%	5.1%	1.7%	0.0%	1.8%	0.0%
	Agricultura	0.8%	94.6%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%
	Cerrado	0.0%	0.3%	97.7%	0.0%	1.8%	0.0%
	Urbano	0.4%	0.0%	0.0%	100.0%	1.8%	0.0%
	Chácara	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	94.5%	0.0%
	Água	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	100.0%

Exatidão global: 97.6%

Fonte: Produção do autor.

Para a classificação dos padrões de paisagem foram calculadas 31 métricas de paisagem. Entretanto, a árvore de decisão gerada utilizou 10 das métricas, dispostas em 7 níveis hierárquicos (Figura 4.2), gerando uma árvore relativamente complexa, mas coerente.

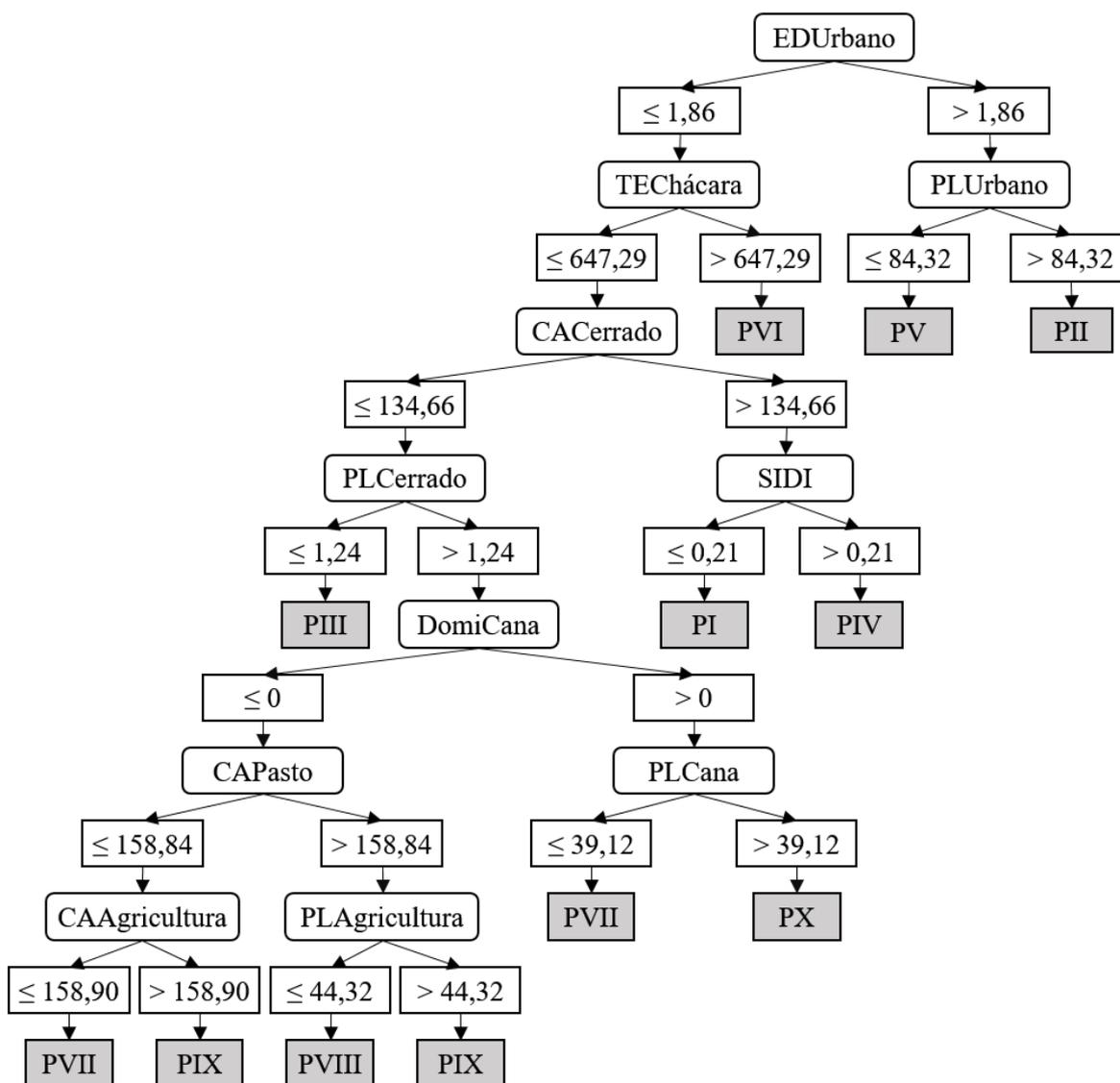
Na primeira ramificação da árvore, à direita, são separadas as categorias urbanas PV e PII das demais, pela métrica denominada densidade de borda da área urbana (EDUrbano). Em seguida, essas duas categorias são separadas pela métrica de porcentagem de área urbana (PLUrbano). Na ramificação à esquerda, no segundo nível, o padrão PVI que representa as chácaras, é separado das demais categorias pela métrica total de borda da área de chácara (TEChácara).

No terceiro nível a métrica de área de cerrado (CACerrado) separa as categorias PI e PIV. Essas são as categorias que apresentam maior área de cerrado. Essas duas categorias são separadas pela métrica SIDI, que representa o índice de diversidade de Simpson, assim, quanto maior o índice, maior a diversidade de classes de uso e cobertura da terra e menor a dominância da classe Cerrado. Essa métrica diferenciou o padrão PIV, *Cerrado com mosaico de cobertura*, do padrão PI, que apresenta cobertura predominante de cerrado.

Na ramificação à esquerda é utilizada a métrica de porcentagem de cerrado (PLCerrado), que separa o padrão PIII, *Mosaico de cobertura com pouco cerrado*, das demais categorias que possuem uma área maior da classe cerrado que são: *Mosaico de cobertura* (PVII), *Pasto e mosaico de cobertura* (PVIII), *Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar* e *mosaico de cobertura* (PIX), *Cana-de-açúcar e mosaico de cobertura* (PX).

O padrão PX foi diferenciado pela métrica que determina a dominância da área da classe *Cana-de-açúcar* (DomiCana) e pela métrica porcentagem de área da classe *Cana-de-açúcar* (PLCana). No próximo nível, à direita, foram diferenciados os padrões PVIII e PIX, pelas métricas de área e de porcentagem de área das classes *Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar* e *Pasto*. O padrão PVII foi diferenciado em dois níveis, pois ele é caracterizado por não apresentar dominância de nenhuma das classes *Cana-de-açúcar*, *Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar* e *Pasto*.

Figura 4.2 - Árvore de decisão gerada na classificação dos padrões de paisagem de interesse para SCPH*.



Fonte: Produção do autor.

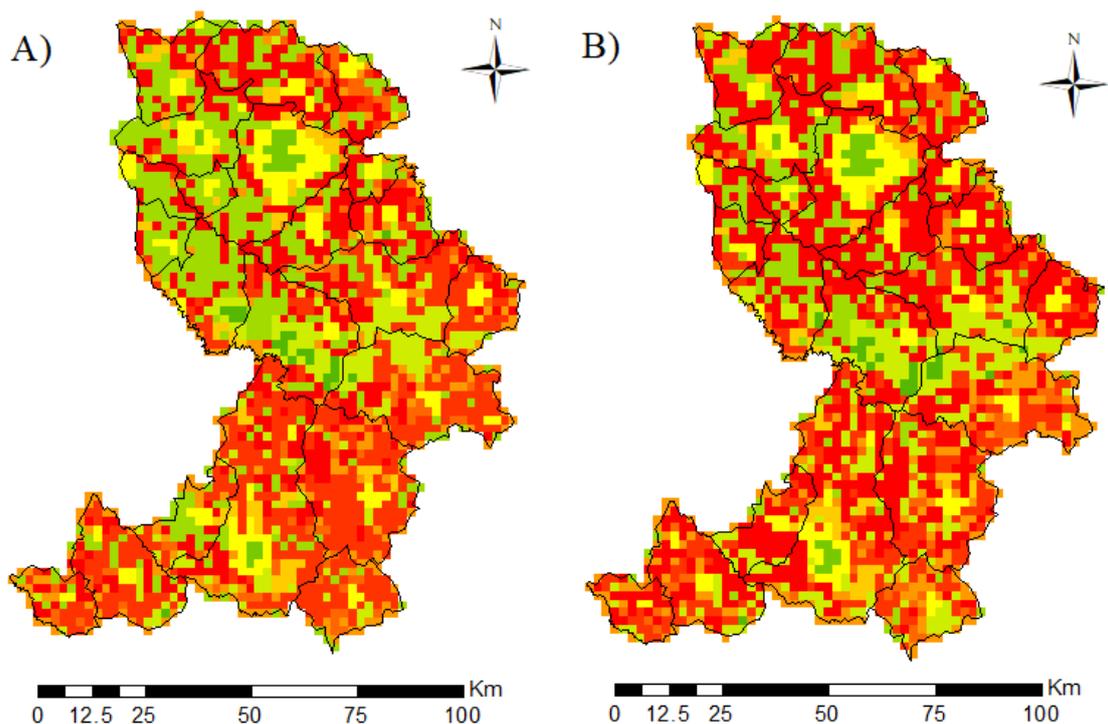
*Cerradão (PI), Urbano (PII), Mosaicos de cobertura com pouco cerrado (PIII), Cerrado e mosaicos de cobertura (PIV), Urbano e mosaicos de cobertura (PV), Chácara e mosaicos de cobertura (PVI), Mosaicos de cobertura (PVII), Pasto e mosaicos de cobertura (PVIII), Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar e mosaicos de cobertura (PIX), Cana-de-açúcar e mosaicos de cobertura (PX).

A Figura 4.3 mostra a distribuição espacial dos padrões de paisagem de interesse para o *complexo da SCPH*, sendo que os padrões estão em um gradiente de menos relevante (PI) ao mais relevante (PX) para o *complexo da SCPH*, ou seja, para o *contato potencial* com o hantavírus. Podemos observar que o padrão de paisagem mais encontrado nessa região foi o padrão PX, sendo esse o padrão que mais cresceu em termos de área, 72%, entre 2003 e 2010. Esse aumento do padrão PX ocorreu principalmente devido ao aumento das áreas de cana-de-açúcar sobre as áreas com outros cultivos agriculturáveis, padrão PIX, que diminuiu em 50% de um ano para o outro. Contudo, deve ser destacada a conversão do padrão PIII, que possui pouquíssimas áreas de cerrado e por isso apresenta baixa relevância para o *complexo da SCPH*, para o padrão PX, que possui áreas maiores de cerrado, porém, muito fragmentadas e rodeadas por cana-de-açúcar, o que representa altíssima relevância para o *complexo da SCPH*.

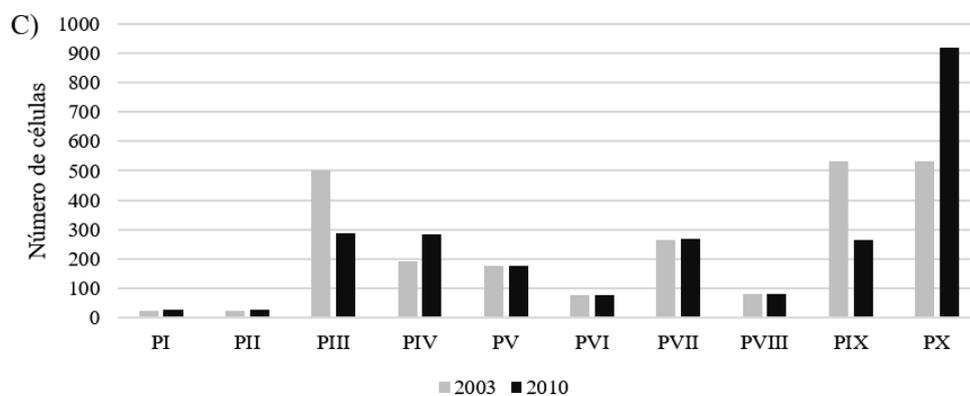
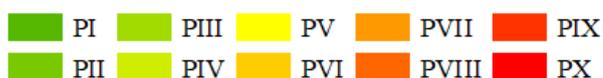
Além do padrão PX, os que apresentaram maior representatividade nessa região, foram os padrões PVII e PIX. Esses 3 padrões são compostos por áreas de manchas de cerrado fragmentadas rodeadas por algum tipo de cultivo, como cana-de-açúcar (PX), mosaico de agricultura (PIX) e as classes cana-de-açúcar, pasto e outros mosaicos de agricultura juntas, sem a dominância de área de nenhuma das classes (PVII). Essa configuração espacial é a que representa maior relevância para o *complexo da SCPH*, sendo altamente favorável.

O padrão PIV aumentou 46% de 2003 para 2010, tendo a principal conversão vinda dos padrões PVII e PIX. Isso ocorreu devido ao aumento da classe *Cerrado*, no período de 2003 para 2010, tornando as manchas da classe *Cerrado* mais significativas nessas células, principal característica do padrão PIV. Essa mudança foi positiva, no sentido de que a conversão aconteceu dos padrões de altíssima relevância para o *complexo da SCPH*, como o PVII e PIX, para um padrão com moderada relevância para o *complexo da SCPH*, como o PIV, que apresenta áreas de cerrado maiores, menos fragmentadas e mais próximas entre si.

Figura 4.3 - Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com os Padrões de Paisagem de interesse para o *complexo da SCPH** dos anos de (A) 2003 e (B) 2010, (C) gráfico com o número de células de cada padrão para os dois anos, (D) tabela com as transições dos padrões de paisagem de interesse para SCPH entre os anos de 2003 e 2010.



Legenda: Padrões de paisagem de interesse para o SPH.



(Contínua)

Figura 4.3 - Conclusão

D)

		Padrões do ano de 2010										Total 2003
		PI	PII	PIII	PIV	PV	PVI	PVII	PVIII	PIX	PX	
Padrões do ano 2003	PI	15	0	0	6	0	0	0	0	1	0	22
	PII	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	24
	PIII	1	0	246	4	2	0	23	4	22	201	503
	PIV	7	0	1	159	1	0	7	1	13	4	193
	PV	0	3	0	0	171	1	1	0	0	0	176
	PVI	0	0	0	0	2	75	0	0	0	0	77
	PVII	2	0	5	38	0	0	135	11	13	62	266
	PVIII	0	0	3	12	0	0	13	31	11	12	82
	PIX	0	0	9	49	1	1	89	31	204	148	532
	PX	0	0	23	14	1	0	0	1	2	492	533
Total 2010		25	27	287	282	79	178	77	268	266	919	
% da diferença entre 2003 para 2010		14%	13%	-43%	46%	1%	0%	1%	-4%	-50%	72%	

Fonte: Produção do autor.

*Cerradão (PI), Urbano (PII), Mosaicos de cobertura com pouco cerrado (PIII), Cerrado e mosaicos de cobertura (PIV), Urbano e mosaicos de cobertura (PV), Chácara e mosaicos de cobertura (PVI), Mosaicos de cobertura (PVII), Pasto e mosaicos de cobertura (PVIII), Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar e mosaicos de cobertura (PIX), Cana-de-açúcar e mosaicos de cobertura (PX).

A exatidão global entre a classificação e as amostras separadas para a validação foi estimada em 97,9%, para o ano de 2003 (Tabela 4.7), e para de 98,2% para o ano de 2010 (Tabela 4.8). No ano de 2003 os padrões PV, PIX e PX demonstraram uma pequena confusão na classificação com outros padrões. No entanto, no ano de 2010 apenas o padrão PVIII obteve erro de classificação.

Tabela 4.7 - Matriz de confusão entre a classificação dos padrões de paisagem de interesse ao complexo da SCPH* e a validação para o ano de 2003.

Padrões		Classificação 2003									
		PI	PII	PIII	PIV	PV	PVI	PVII	PVIII	PIX	PX
Validação	PI	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	PII	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	PIII	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	PIV	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	PV	0%	0%	0%	0%	93%	0%	0%	0%	6%	0%
	PVI	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
	PVII	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
	PVIII	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
	PIX	0%	0%	0%	6%	0%	0%	0%	0%	93%	0%
	PX	0%	0%	0%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	93%

Exatidão Global: 97,9%

Fonte: Produção do autor.

*Cerradão (PI), Urbano (PII), Mosaicos de cobertura com pouco cerrado (PIII), Cerrado e mosaicos de cobertura (PIV), Urbano e mosaicos de cobertura (PV), Chácara e mosaicos de cobertura (PVI), Mosaicos de cobertura (PVII), Pasto e mosaicos de cobertura (PVIII), Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar e mosaicos de cobertura (PIX), Cana-de-açúcar e mosaicos de cobertura (PX).

Tabela 4.8 - Matriz de confusão entre a classificação dos padrões de paisagem de interesse ao complexo da SCPH* e a validação para o ano de 2010.

Padrões		Classificação 2010									
		PI	PII	PIII	PIV	PV	PVI	PVII	PVIII	PIX	PX
Validação	PI	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	PII	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	PIII	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	PIV	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	PV	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
	PVI	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
	PVII	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
	PVIII	0%	0%	0%	0%	6%	0%	0%	82%	0%	12%
	PIX	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
	PX	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%

Exatidão Global: 98.2 %

Fonte: Produção do autor.

*Cerradão (PI), Urbano (PII), Mosaicos de cobertura com pouco cerrado (PIII), Cerrado e mosaicos de cobertura (PIV), Urbano e mosaicos de cobertura (PV), Chácara e mosaicos de cobertura (PVI), Mosaicos de cobertura (PVII), Pasto e mosaicos de cobertura (PVIII),

Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar e mosaicos de cobertura (PIX), Cana-de-açúcar e mosaicos de cobertura (PX).

Nos padrões PV e PVI, mosaicos com Urbano e chácara, observamos poucas mudanças entre as duas datas analisadas, provavelmente devido à diferença entre os tempos analisados serem de apenas 7 anos e a resolução das imagens utilizadas para análise não serem tão finas para detectar essas mudanças, porém podemos analisar as células que tocam as células desses padrões. Dessa forma, foram analisadas as 8 células vizinhas de cada célula dos padrões PV e PVI (Tabela 4.9). Houve o aumento significativo do padrão PX que é um padrão de altíssima relevância para o *complexo da SCPH* e a redução do padrão PIII que é considerado de baixa relevância, porém, também houve a redução do padrão PIX que é altamente relevante para o *complexo da SCPH*. Contudo, observamos um aumento final (considerando reduções e aumentos) de 85,5% de células com altíssima relevância para o *complexo da SCPH*. Olhando para a vizinhança dos dois padrões PV e PVI, notamos que a soma das células dos padrões PVII, PVIII, PIX e PX, que são padrões considerados de altíssima relevância para o *complexo da SCPH*, no ano de 2010 equivalem a 66% de todas as células, isso mostra como esses padrões PV e PVI, que possuem uma alta aglomeração de pessoas, estão rodeados por células de padrões que propiciam um maior potencial de contato entre roedores e humanos.

Tabela 4.9 - Transições dos padrões de paisagem de interesse para SCPH* entre os anos de 2003 e 2010 das células vizinhas aos padrões PV e PVI.

	Células vizinhas dos Padrões					
	PV			PVI		
	2003	2010	% da diferença entre 2003 e 2010	2003	2010	% da diferença entre 2003 e 2010
PI	0	0	0%	1	0	-100%
PII	24	27	13%	1	2	100%
PIII	120	54	-55%	64	39	-39%
PIV	19	26	37%	11	11	0%
PV				42	44	5%
PVI	33	33	0%	1	1	0%
PVII	20	20	0%	19	19	0%
PVIII	23	37	61%	3	4	33%
PIX	91	35	-62%	62	45	-27%
PX	101	200	98%	57	96	68%
Total	431	432		261	261	

Fonte: Produção do autor.

*Cerradão (PI), Urbano (PII), Mosaicos de cobertura com pouco cerrado (PIII), Cerrado e mosaicos de cobertura (PIV), Urbano e mosaicos de cobertura (PV), Chácara e mosaicos de cobertura (PVI), Mosaicos de cobertura (PVII), Pasto e mosaicos de cobertura (PVIII), Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar e mosaicos de cobertura (PIX), Cana-de-açúcar e mosaicos de cobertura (PX).

4.3 Tipologia de Borda da Paisagem

Os resultados da *Tipologia de Borda da Paisagem* para a classe *Cerrado* e para as classes *Urbano* e *Chácara* são apresentados em duas seções sob duas perspectivas. A primeira representa o *contato potencial* do homem com o habitat natural do roedor silvestre reservatório do hantavírus, a partir de atividades inferidas pelos dados de uso e cobertura da terra, e a segunda representa o *contato potencial* no ambiente “humano”, nesse caso, é o roedor que se aproxima das áreas onde se concentra a população humana caracterizando uma outra forma de *contato potencial*.

4.3.1 Tipologia de Bordas da classe *Cerrado*

Quanto maior o valor do TECI, mais próximo de 80, significa que a paisagem é composta basicamente de bordas com o contraste com peso 0,8, que são as bordas entre as classes *Cerrado* e *Cana-de-açúcar* e entre as classes *Cerrado* e *Mosaico de agricultura exceto Cana-de-açúcar*. Podemos observar na Figura 4.4 que grande parte das células, 50% em 2003 e 43% em 2010 estão nesse limiar, sendo esse contraste de borda o mais relevante para o *contato potencial* entre o roedor reservatório do hantavírus e os humanos.

A faixa de intervalo entre 61 e 70 representa uma paisagem composta por bordas de contraste altos e médios, que seria entre os contrastes de 0,8 (as bordas entre as classes *Cerrado* e *Cana-de-açúcar* e entre as classes *Cerrado* e *Mosaico de agricultura exceto Cana-de-açúcar*) e o contraste 0,6 (bordas entre a classe *Cerrado* e *Pasto*). Essa composição da paisagem aumentou de 2003 para 2010, mostrando uma tendência de melhora nas condições dessas paisagens, porém essa paisagem também é composta em grande parte pelas bordas das classes *Cerrado* e *Cana-de-açúcar* e entre as classes *Cerrado* e *Mosaico de agricultura exceto Cana-de-açúcar*.

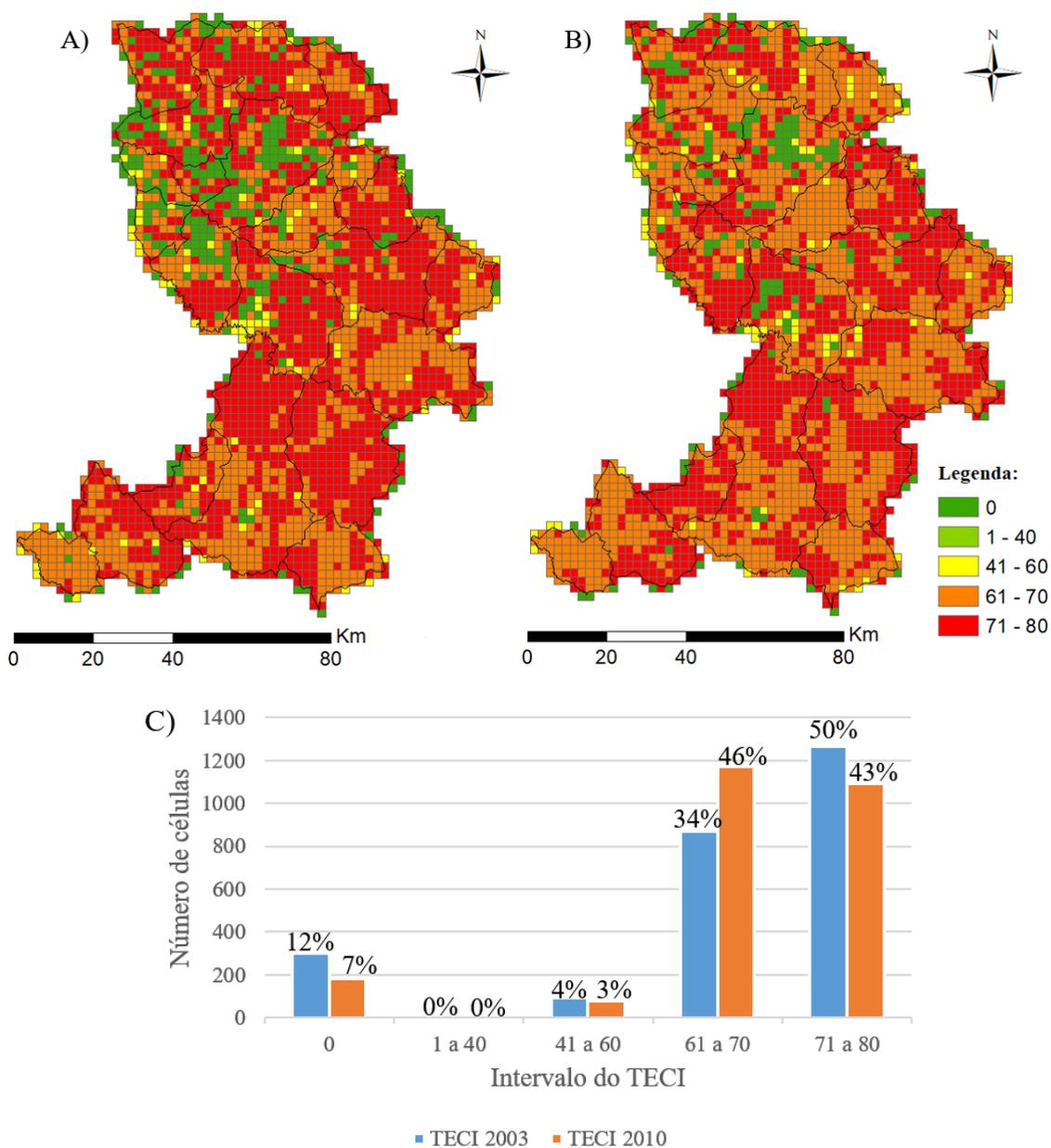
Analisando a faixa de intervalo entre 41 e 60, que seriam paisagens compostas basicamente por bordas entre a classe *Cerrado* e *Pasto*, observamos que são a minoria, 4% em 2003 e 3% em 2010%.

As células que possuem TECI igual a 0 são aquelas células compostas quase que 100% pela classe *Urbano* e aquelas de áreas de monocultura sem manchas das classes *Cerrado*. Essa faixa teve uma redução no número total de células, provavelmente relacionado ao aumento das manchas de *Cerrado*, que provavelmente não puderam ser detectadas no ano de 2003, por serem muito pequenas e existir uma limitação do dado, e em 2010 foram detectados devido ao seu aumento.

Este índice representa a proporção de bordas, (cujo comprimento é ponderado pelo peso de contraste) relativa ao comprimento total das bordas presentes nas células. Esse índice expressa o grau de importância dos tipos de borda presentes na célula em relação ao fenômeno estudado, entretanto, como a proporção é relativa ao comprimento total de borda na célula, pode resultar em valores altos mesmo que o comprimento de bordas seja pequeno dentro da célula. Por essa razão, é necessário observar o comprimento total de

borda de cada célula e fazer uma análise combinada dessa medida com TECI. O resultado de TECI é apresentado na Figura 4.4.

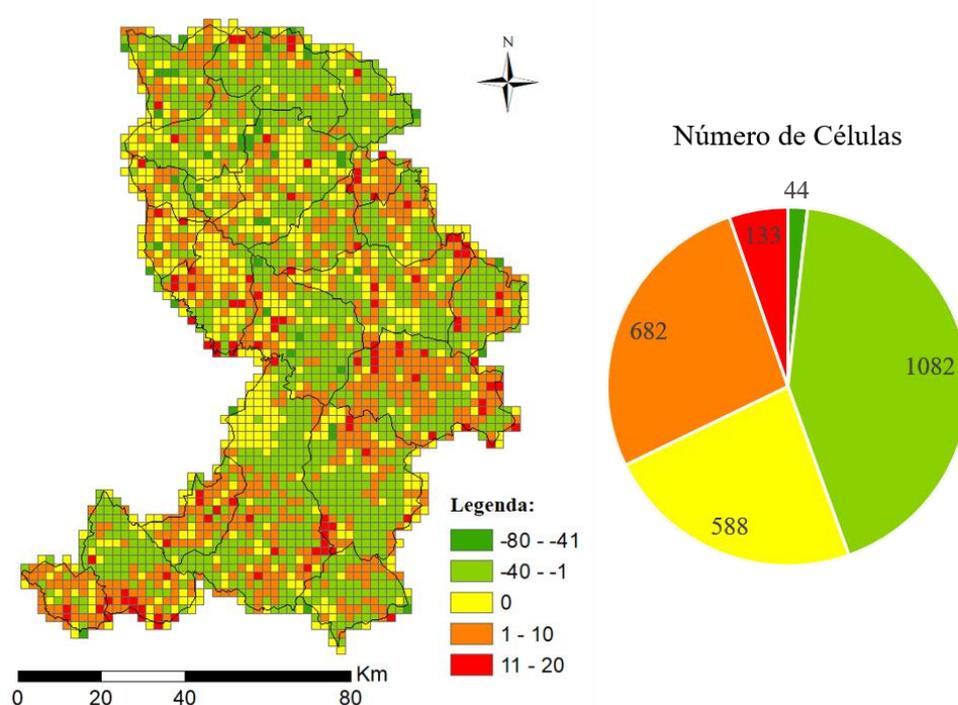
Figura 4.4 - Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com o número de células dentro de cada intervalo do TECI da classe *Cerrado* para os anos de (A) 2003 e (B) 2010 e (C) o gráfico com a quantidade de células por intervalo do TECI.



Fonte: Produção do autor.

Quando analisamos a diferença entre os valores das células do TECI de 2003 para 2010, na Figura 4.5, podemos observar que um grande número de células, 1126 (44% do total de células), teve o valor do TECI reduzido, e 815 (32% do total de células), teve o valor do TECI aumentado. Esses dados mostram uma dinâmica nessa paisagem com a tendência de redução dos valores de TECI, ou seja, um menor risco de *contato potencial*.

Figura 4.5 - Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com a diferença entre os anos de 2010 e 2003 para o TECI da classe *Cerrado*.

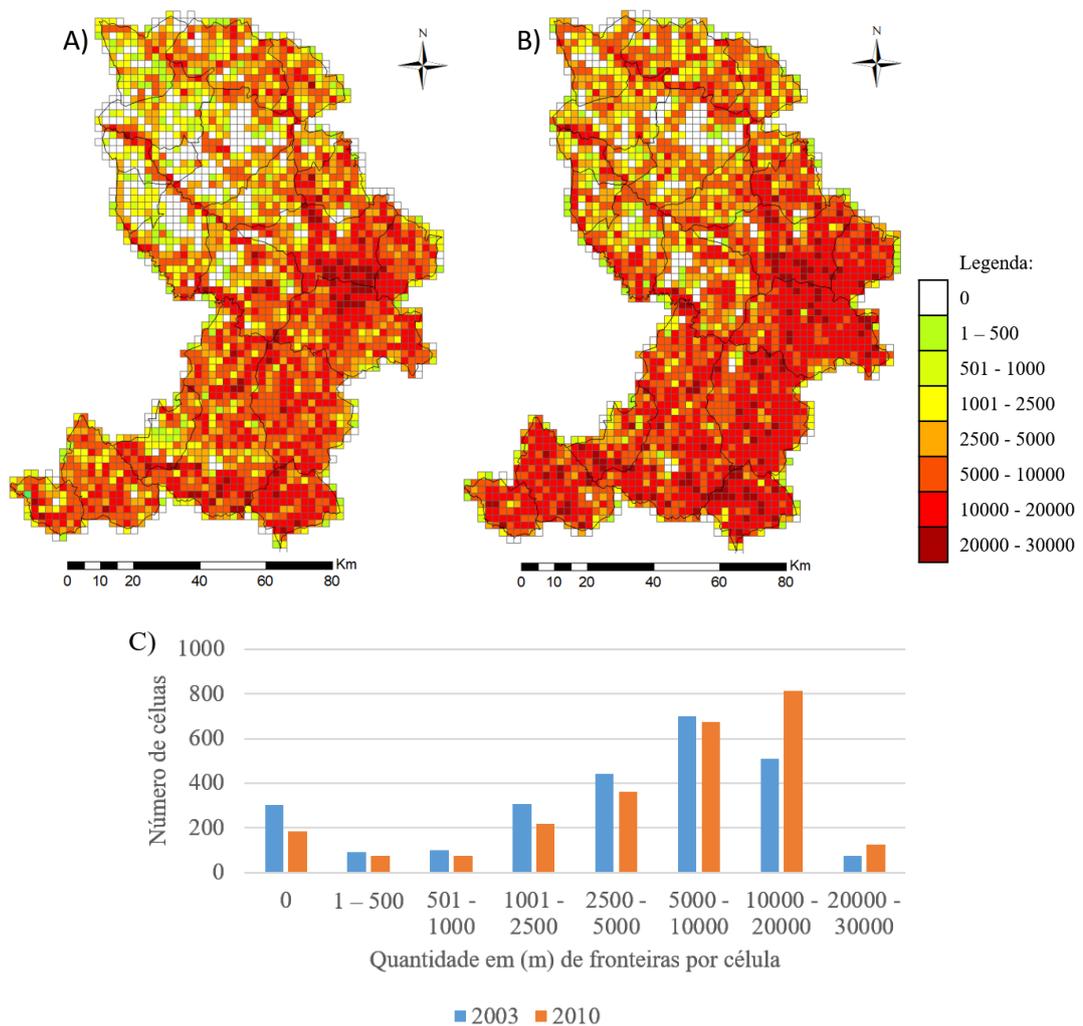


Fonte: Produção do autor.

Quando analisamos apenas o comprimento das bordas, sem ponderar pelo tipo de contraste (Figura 4.6), observamos que regiões onde as lavouras de cana-de-açúcar já estão estabelecidas há mais tempo, e dominam uma grande parte do território (Figura 4.1) como nos municípios de Pontal, Sertãozinho e Ribeirão Preto, o comprimento de bordas com cerrado é menor. O gráfico apresentado também na Figura 4.6 mostra que o comprimento de bordas aumentou, em especial na região sudoeste da área de estudo, provavelmente devido ao aumento das áreas de cerrado observadas nos dados de uso e

cobertura da terra (Figura 4.1). Também nessa região houve um aumento da área de plantio de cana-de-açúcar que produz bordas relevantes para o fenômeno em estudo.

Figura 4.6 - Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com o número de células dentro de cada intervalo de comprimento total de bordas da classe *Cerrado* para os anos de (A) 2003 e (B) 2010 e (C) o gráfico com a quantidade de células por intervalo de comprimento de bordas por célula.



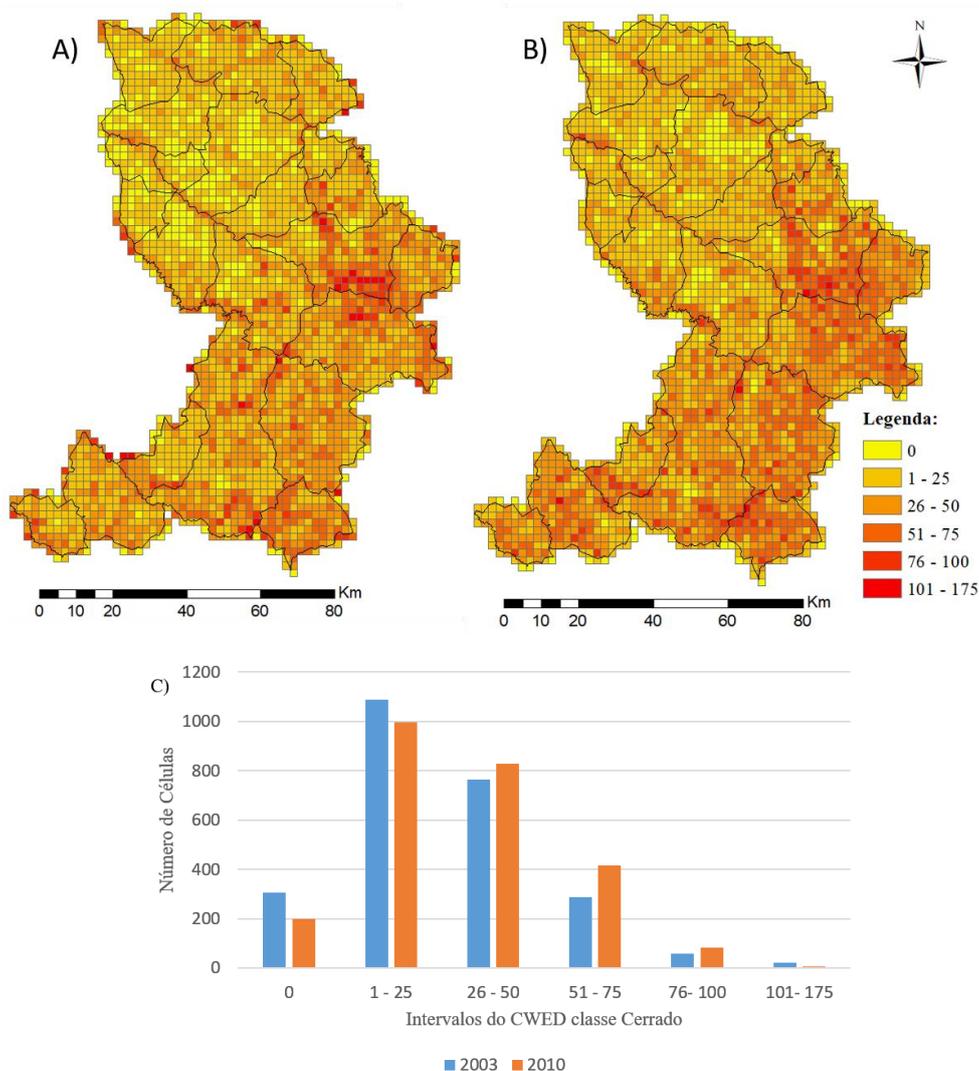
Fonte: Produção do autor.

Para uma análise complementar foi estimado o CWED (Figura 4.7) de cada célula, que considera o peso de contraste e a densidade de bordas, sendo computado de forma

similar ao TECI mas, após o cálculo da soma do comprimento das linhas de borda, ponderada pelo peso de contraste, o resultado é dividido pela área da célula.

Esses resultados, mostraram que as regiões caracterizadas por grandes extensões de lavouras de cana-de-açúcar e com baixa quantidade de remanescentes florestais (Figura 4.1), que também são as regiões com maior número de casos da doença (Figura 3.2) foram as regiões com valores mais baixos dos índices. Esses resultados vão contra a hipótese inicial, de que quanto maior o comprimento das bordas de *Cerrado* maior seria o *contato potencial* entre humanos e roedores reservatório do hantavírus.

Figura 4.7 - Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com CWED da classe *Cerrado* de (A) 2003, (B) 2010, e (C) o gráfico com o número de células dentro de cada intervalo do CWED.

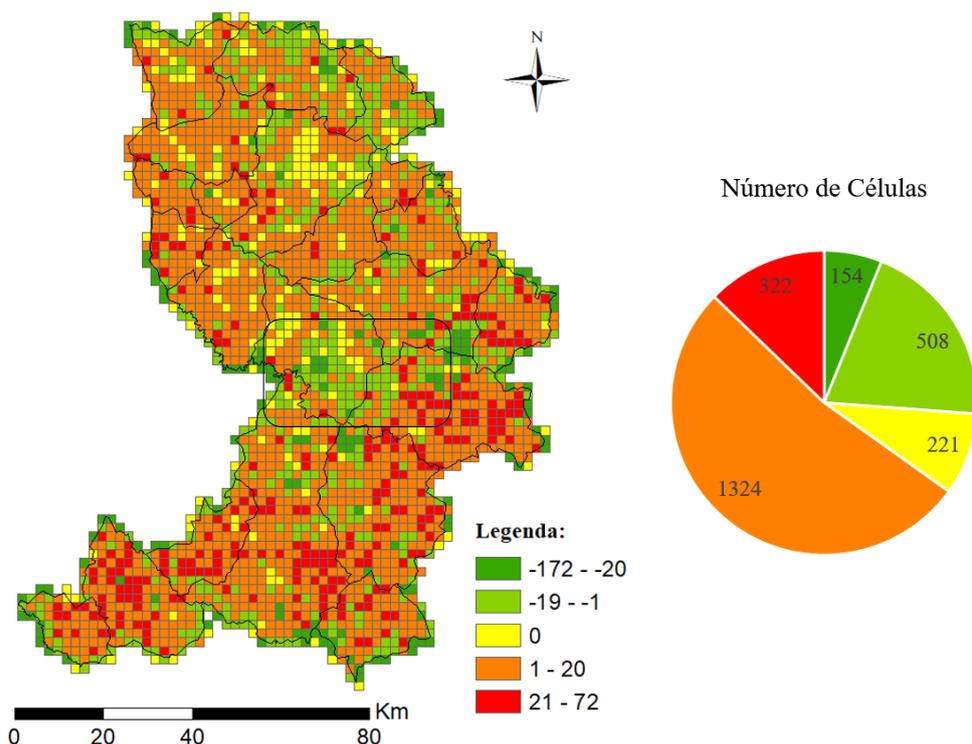


Fonte: Produção do autor.

Quando analisamos a diferença entre os resultados de 2003 e de 2010 do CWED (Figura 4.8), observamos CWED aumentado entre as duas datas em grande parte das células, 1646 (65% do total de células), distribuído quase que homogeneamente por toda área, menos na região central próximo ao município de Luís Antônio (destacada no mapa

da Figura 4.8), região onde é localizada a Estação Ecológica do Jataí, assim com áreas maiores de Cerrado que provavelmente não mudaram entre as datas estudadas.

Figura 4.8 - Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com a diferença entre os anos de 2010 e 2003 para o CWED da classe cerrado.



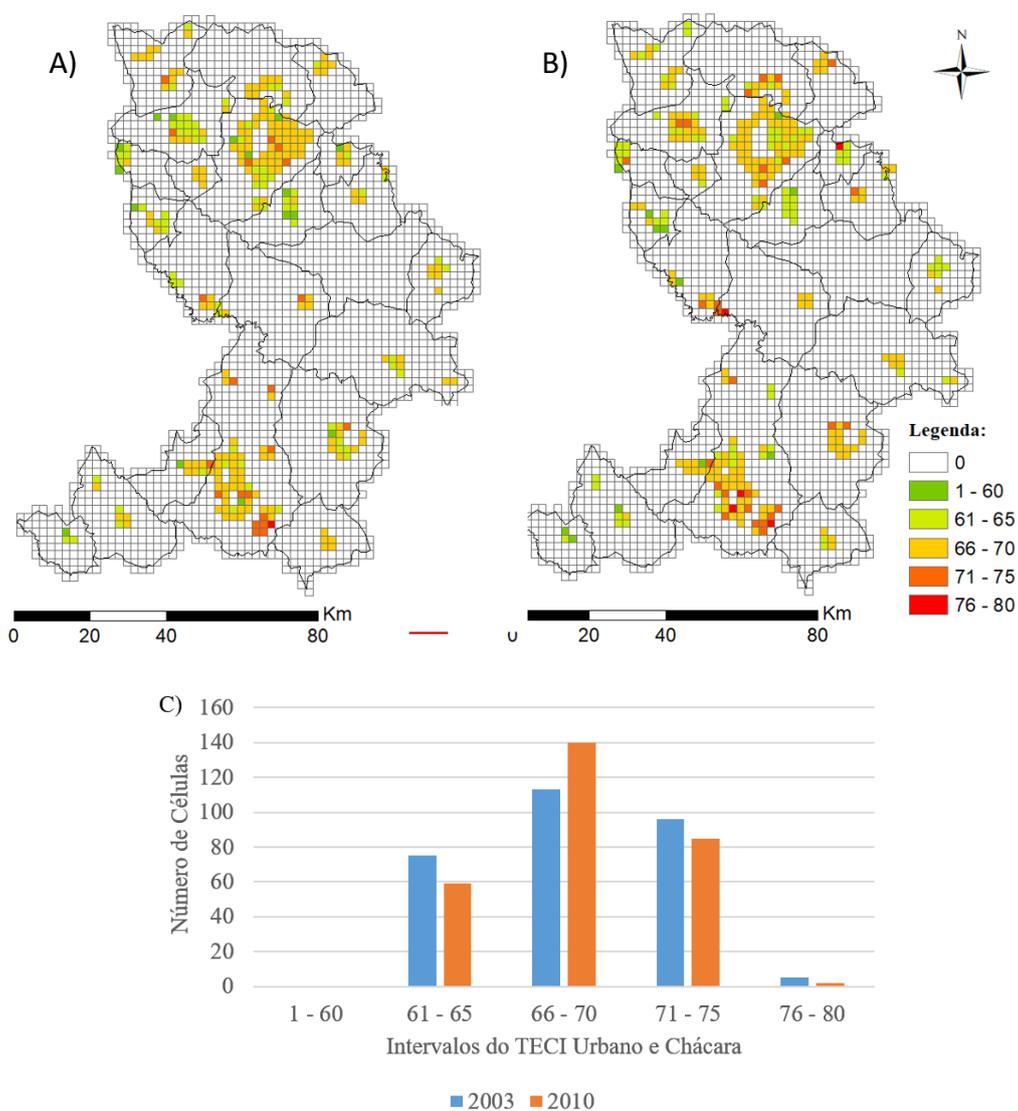
Fonte: Produção do autor.

4.3.2 Tipologia de Bordas das classes *Urbano* e *Chácara*

O resultado do TECI das bordas das classes *Urbano* e *Chácara* (Figura 4.9) mostrou que a maior parte das células estão entre os intervalos 61 - 65 e 66 - 70. Quanto mais próximo de 60 o valor do TECI, mais bordas de contraste do tipo *Urbano* e *Chácara* e *Cana-de-açúcar* e do tipo *Urbano* e *Chácara* e *Mosaicos de agricultura exceto cana-de-açúcar*, que possuem o peso 0.6. Poucas células possuem os valores mais altos, próximo a 80, que são as bordas das classes *Urbano* e *Chácara* com a classe *Cerrado*, o que mostra que as bordas das áreas urbanas e áreas com chácaras não são diretamente

com remanescentes de cerrado, mais com as áreas de lavouras de cana-de-açúcar e de outros sistemas agriculturáveis.

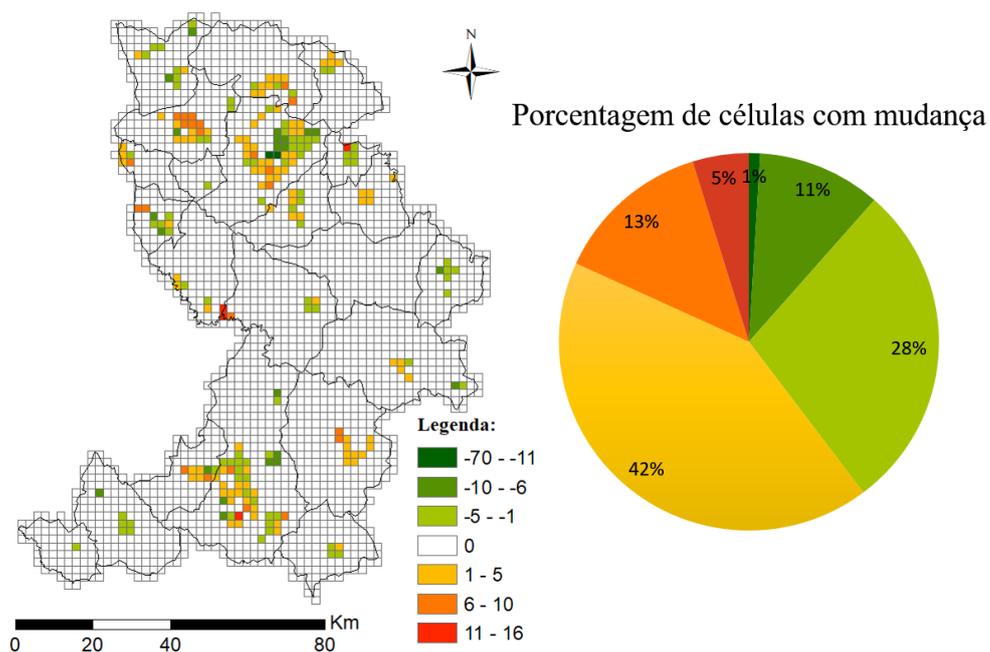
Figura 4.9 - Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com o número de células dentro de cada intervalo do TECI das classes *Urbano* e *Chácara* para os anos de (A) 2003 e (B) 2010, e (C) o gráfico com a quantidade de células dentro de cada intervalo para os dois anos.



Fonte: Produção do autor.

Na diferença entre o TECI entre os anos de 2003 e 2010 observamos que 60% das células tiveram o valor do TECI aumentado de um ano para outro, o que indica o aumento das bordas da classe *Urbano* e *Chácara* com as bordas da classe *Cerrado*, habitat natural do roedor reservatório do hantavírus.

Figura 4.10 - Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com a diferença entre os anos de 2003 e 2010 para o TECI da classe Urbano.

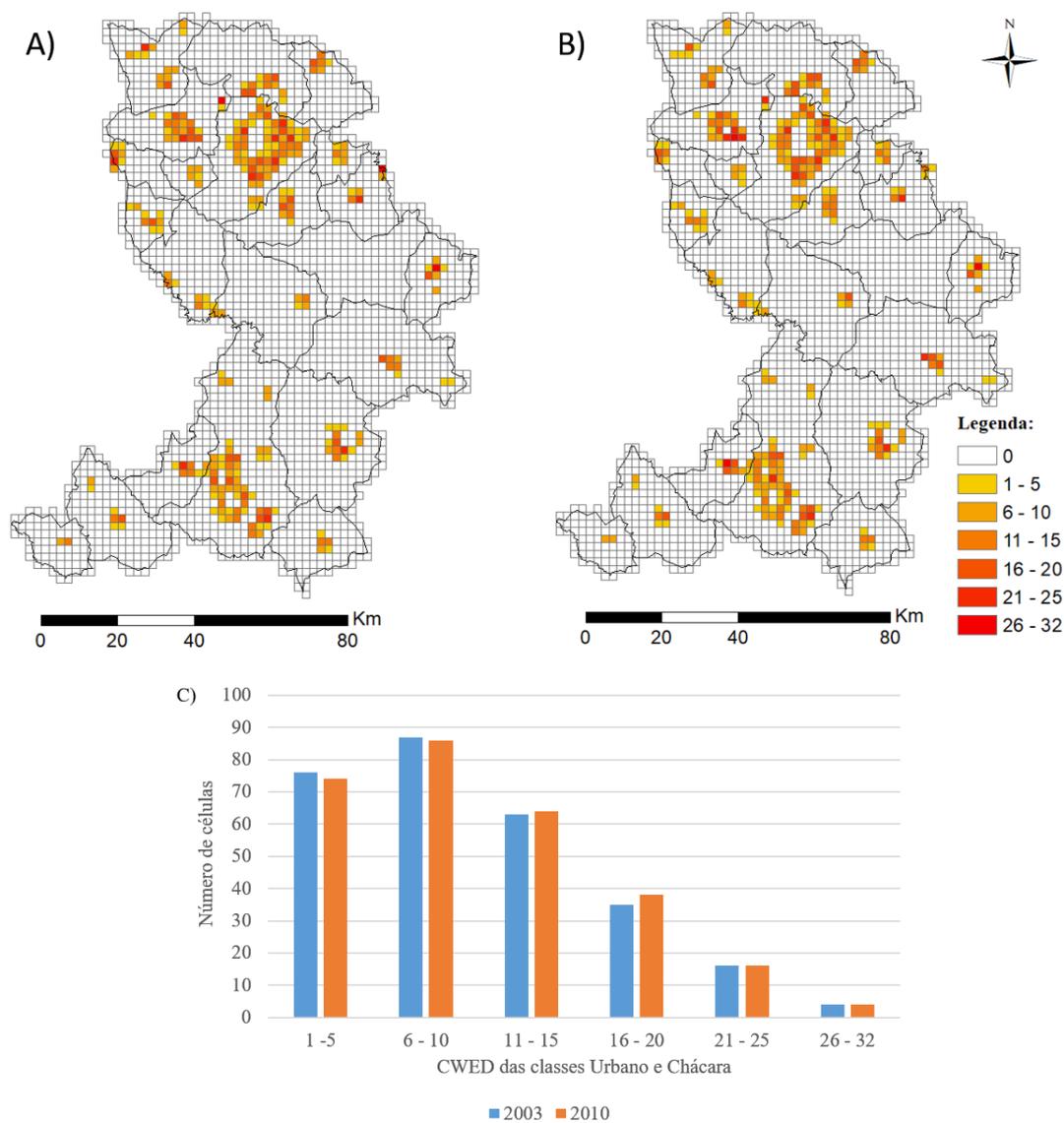


Fonte: Produção do autor.

O resultado do CWED das classes *Urbano* e *Chácara* (Figura 4.11) mostrou que a maior parte das células possuem um valor baixo, o que significa que são poucas bordas e com um baixo peso. Isso revela que as principais bordas das áreas urbanas e das áreas de chácaras são com as lavouras de cana-de-açúcar e com outros sistemas agrícolas, e não diretamente do Cerrado.

Contudo, esses sistemas agriculturáveis fazem fronteira com as classes de *Cerrado*, podendo estar assumindo a função de corredor para os roedores silvestres.

Figura 4.11 - Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com o número de células dentro de cada intervalo do CWED das classes *Urbano* e *Chácara* para os anos de (A) 2003 e (B) 2010, e (C) o gráfico com a quantidade de células dentro de cada intervalo para os dois anos.

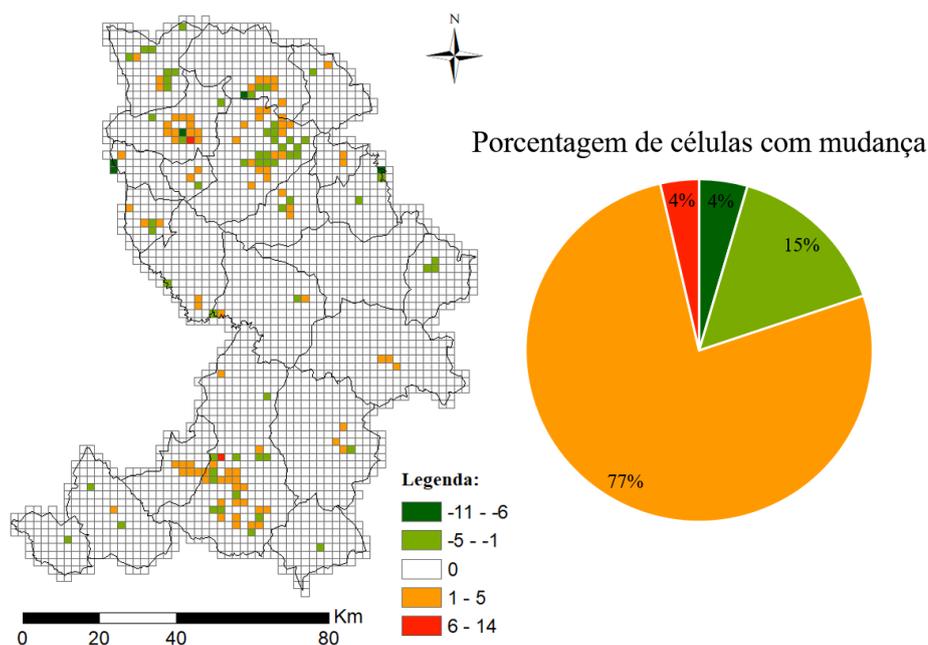


Fonte: Produção do autor.

Na diferença entre o CWED entre os anos de 2003 e 2010 observamos que 80% das células tiveram o valor do TECI aumentado de um ano para outro, o que indica o

aumento da densidade de borda e do peso de contraste de borda, ou seja, um aumento do *potencial de contato* entre os anos estudados.

Figura 4.12 - Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com a diferença entre os anos de 2003 e 2010 para o CWED da classe Urbano.



Fonte: Produção do autor.

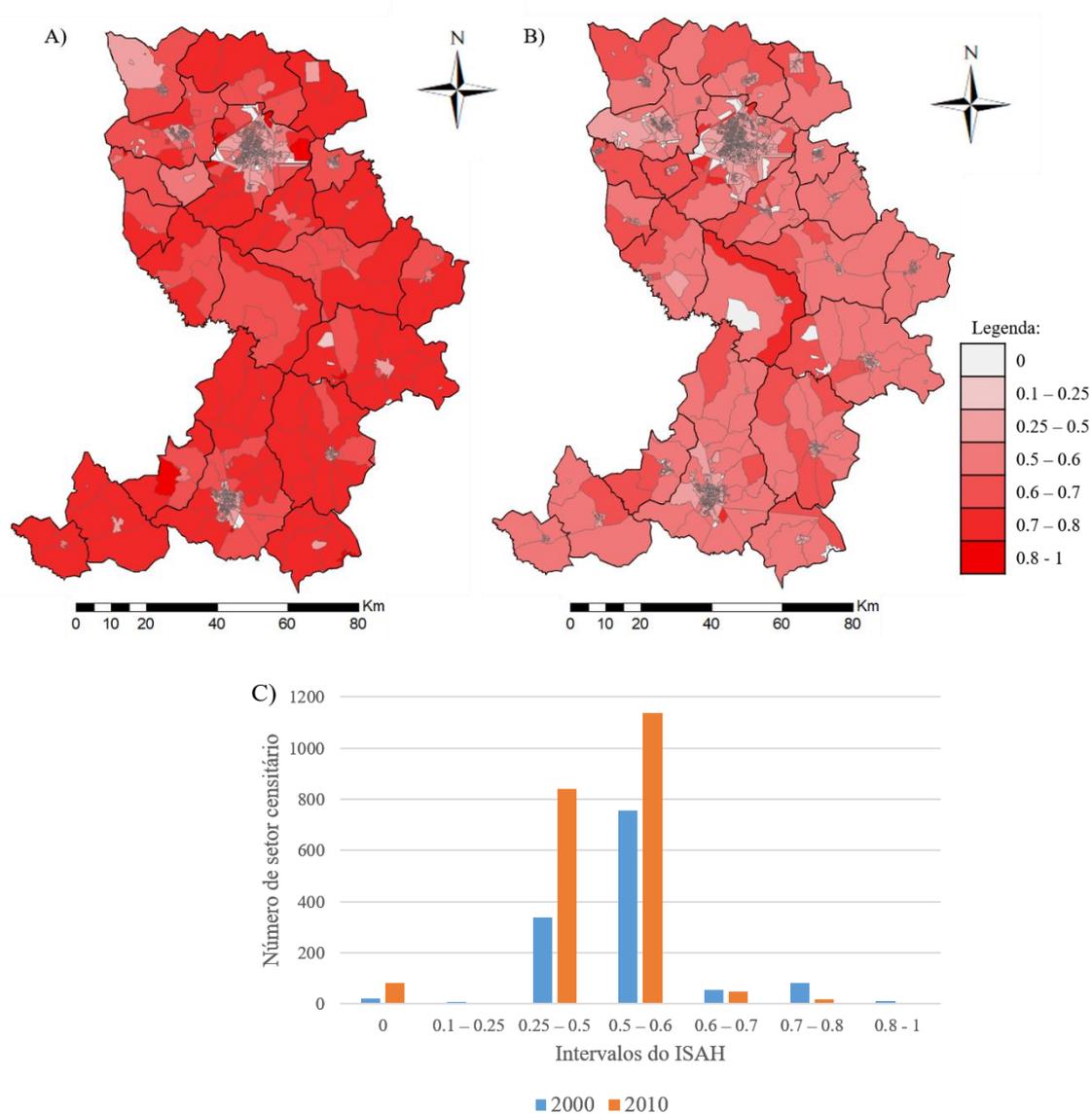
4.4 Índice Sócio-Ambiental do Hantavirus (ISAH) nas microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos

O Índice Sócio-Ambiental do Hantavírus foi composto por variáveis do censo populacional realizado pelo IBGE para os anos de 2000 e 2010. Buscou-se com essa análise demonstrar quais setores estariam em uma situação mais vulnerável em relação as condições socioeconômicas e ambientais considerando variáveis importantes no ciclo de transmissão do hantavírus. A escolha destas variáveis foi feita com base na literatura acadêmica sobre o tema.

A Figura 4.13 mostra os mapas da região de estudo com os intervalos do ISAH e um gráfico associado que mostra a quantidade de setores censitários situada em cada intervalo escolhido para o ISAH. É importante notar que o número de setores de setores

censitários é bem maior em 2010 (2.127) do que em 2000 (1.278). A maior parte destes setores novos de 2010 são o resultado de subdivisões dos setores que haviam em 2000. O que é possível observar, de uma forma geral, é que nesta região a maioria dos setores censitários foi classificado com um valor do ISAH considerado de baixo risco ao *contato potencial* com o hantavírus, abaixo de 0.6, tanto em 2000 quanto em 2010. Observando os mapas de 2000 e de 2010, conseguimos notar uma redução nos valores do ISAH nos setores censitários rurais do ano 2000 para o ano 2010, ou seja, um menor risco de contato potencial com o hantavírus tendo em vista as condições das famílias e do domicílio.

Figura 4.13 - Mapa das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos com os intervalos do ISAH para os anos de (A) 2000 e 2010, e (C) o gráfico com a quantidade de setor censitário dentro de cada intervalo para os dois anos.



Fonte: Produção do autor.

Os setores censitários com o ISAH altamente relevante para o *contato potencial* com o hantavírus (>0.7) no ano de 2000 são apresentados na Tabela 4.10. Dos municípios que apresentaram setores censitários nessa faixa do ISAH, 11 deles já notificaram casos

de HPS (destacados com linhas na cor cinza escuro na Tabela 4.10) e 8 nunca notificaram (destacados com linhas na cor cinza claro na Tabela 4.10). Grande parte desses setores, 60 (86% do total de setores nessa faixa do intervalo do ISAH) são setores RURAIS, que possuem uma extensão geográfica, ou seja, uma grande área, dessa forma o ISAH desses setores censitários reflete em uma grande proporção territorial da área estudada.

Considerando o total de moradores desses setores censitários, podemos dizer que 19.602 pessoas estavam em uma situação de mais vulnerável ao *contato potencial* ao hantavírus no ano 2000.

Tabela 4.10 - Tipo (Rural ou Urbano) dos setores censitários e do número de moradores dos setores censitários com o ISAH maior que 0.7 no ano de 2000, separados por municípios que já notificaram casos de HPS (cinza escuro) e que não notificaram (cinza claro).

Município	Número total de setores	Urbanos	Rurais	Número de moradores
Barrinha	1	1	0	13
Cravinhos	6	0	6	1138
Ibaté	3	0	3	618
Jardinópolis	3	0	3	1076
Luis Antônio	1	0	1	238
Ribeirão Bonito	4	0	4	1281
Ribeirão Preto	7	5	2	805
Santa Rosa de Viterbo	1	0	1	745
São Carlos	4	0	4	1436
Serrana	1	1	0	34
Sertãozinho	2	2	0	1523
Analândia	6	0	6	932
Brodowski	2	0	2	854
Dourado	3	0	3	765
Descalvado	10	0	10	3337
Guatapar	2	0	2	1101
Pradópolis	1	0	1	225
Santa Rita do Passa				
Quatro	10	0	9	2851
Serra Azul	3	0	3	630
Total	70	9	60	19602

Fonte: Produção do autor.

Os setores censitários com o ISAH altamente relevante para o *contato potencial* com o hantavírus (>0.7) no ano de 2010 são apresentados na Tabela 4.11. O número de setores nessa faixa do ISAH foi bem menor que no ano de 2000, sendo 70 setores em 2000 e apenas 18 em 2010. Dos 60 setores RURAIS nessa faixa do intervalo do ISAH que ocupavam uma grande área territorial em 2000, apenas 6 continuam nessa faixa de ISAH em 2010, indicando uma melhoria nas condições analisadas, como as condições sanitárias e de renda dos setores RURAIS. Esses 6 setores RURAIS ocupam uma pequena área territorial, pois são setores relativamente pequenos, sendo que apenas 1 ocupa uma área maior. Dessa forma, a abrangência territorial dessa faixa de ISAH em 2010 é muito menor do que em 2000.

Podemos observar uma inversão do tipo setor, pois no ano de 2010 a maior parte dos setores nessa faixa de intervalo de ISAH foram URBANOS. Considerando o total de moradores desses setores censitários, podemos dizer que 519 pessoas estavam em uma situação mais vulnerável ao *contato potencial* ao hantavírus no ano 2010, muito menor que no ano 2000. Dos municípios com setores censitários nessa faixa do ISAH, apenas 2 não notificaram casos de HPS (destacados com linhas na cor cinza claro na Tabela 4.11), sendo que todos os outros 7 notificaram casos de HPS (destacados com linhas na cor cinza escuro na Tabela 4.11).

Tabela 4.11 - Tipo (Rural ou Urbano) dos setores censitários e do número de moradores dos setores censitários com o ISAH maior que 0.7 no ano de 2010, separados por municípios que já notificaram casos de HPS (cinza escuro) e que não notificaram (cinza claro).

Município	Número total de setores		Rurais	Número de moradores
	Urbanos	Rurais		
Barrinha	2	2	0	26
Cravinhos	1	1	0	8
Dumont	1	1	0	12
Ribeirão Preto	7	3	4	226
São Carlos	1	0	1	4
Sertãozinho	2	2	0	21
Luís Antônio	2	1	1	186
Santa Rita do Passa Quatro	1	1	0	2
Serra Azul	1	1	0	34
Total	18	12	6	519

Fonte: Produção do autor.

A Tabela 4.12 mostra por município a média dos valores das variáveis analisadas para os setores censitários que tiveram o ISAH acima de 0.7. Podemos observar que a média de moradores por domicílio foi de 4 pessoas por domicílio e que a renda por responsável do domicílio foi de 523,72. Uma pequena parcela de domicílios eram do tipo apartamento, mostrando que os domicílios são em sua maioria do tipo casa. Apenas 30% dos domicílios possuíam esgoto encanado, e 90% não tinham coleta de lixo. Em relação a densidade populacional desses setores, podemos observar que em alguns municípios existia uma grande densidade populacional, enquanto em outros municípios existia uma baixa densidade populacional.

Tabela 4.12 - Média por município dos valores das variáveis que compõem o ISAH dos setores censitários com o ISAH maior que 0.7 no ano de 2000.

Município	Média de moradores por domicílio	Média do rendimento nominal do responsável	Porcentagem de domicílios do setor do tipo apartamento	Porcentagem de domicílios do setor com rede de esgoto	Porcentagem de domicílios do setor com coleta de lixo	Densidade de moradores por Km ²
Barrinha	4.33	0	0	0	0	7.73
Cravinhos	3.76	716.67	0	88.02	5.48	5.09
Ibaté	3.82	448.67	0	74.43	5.33	3.95
Jardinópolis	3.83	593.33	0.37	89.37	0.73	3.46
Luís Antônio	3.97	905	0	91.7	16.7	1.16
Ribeirão Bonito	3.56	552.5	0	89.65	10	2.91
Preto	4.18	273	0	36.21	4.36	118.58
Santa Rosa de Viterbo	4.41	567	0	87.6	30.8	3.62
São Carlos	3.96	633	0	89.98	12.88	6.14
Serrana	4.25	393	0	50	12.5	37.1
Sertãozinho	2.05	162.5	0	2.7	38.05	229.5
Analândia	3.83	287.83	0	61.07	1.32	2.46
Brodowski	3.99	548	0	96	17.15	4.02
Dourado	3.69	666.67	0	89.07	2.23	4.95
Descalvado	4.12	532.3	0	88.66	5.89	6.14
Guatapar	4.17	1203	0	78.1	0	5.59
Pradópolis	4.91	254	0	71	13.6	3.08
Santa Rita do Passa Quatro	4.08	485.8	0	77.71	8.77	725.77
Serra Azul	4.13	728.33	0	90.8	10.27	2.41
Total	3.95	523.72	0.02	71.16	10.32	170.52

Fonte: Produção do autor.

A diminuição do número de setores censitários de 2000 para 2010 na faixa de ISAH alto (>0.7), indica, principalmente, uma melhora das condioes de renda e sanitárias dos domicílios nestes setores. Dessa forma, apenas setores que não possuem ou possuem muito pouco coleta de lixo e esgoto encanado estão nessa faixa do ISAH, como podemos observar na Tabela 4.13. Observamos que a renda média por responsável do domicílio foi maior em 2010 do que em 2000 e a quantidade de moradores por domicílios um pouco menor.

Tabela 4.13 - Média por município dos valores das variáveis que compõem o ISAH dos setores censitários com o ISAH maior que 0.7 no ano de 2010.

Município	Média de moradores por domicílio	Média do Rendimento nominal do responsável	Porcentagem de domicílios do setor do tipo apartamento	Porcentagem de domicílios do setor com rede de esgoto	Porcentagem de domicílios do setor com coleta de lixo	Densidade de moradores por Km ²
Barrinha	5	1611	0	0	0	50
Cravinhos	2.67	900	0	0	0	50
Dumont	4	787	0	0	0	50
Ribeirão Preto	3.58	947	0	13.43	1.43	60.63
São Carlos	4	800	0	0	0	25
Sertãozinho	3.75	553.5	0	0	0	38.85
Luís Antônio	5.29	988.5	0	0	0	62.5
Santa Rita do Passa Quatro	2	2700	0	0	0	0
Serra Azul	3.4	901	0	0	0	50
Total	3.74	1132	0	1.49	0.16	43

Fonte: Produção do autor.

4.5 Caracterização da dinâmica espaço-temporal das áreas com *contato potencial* mediado pela paisagem entre o reservatório e o homem

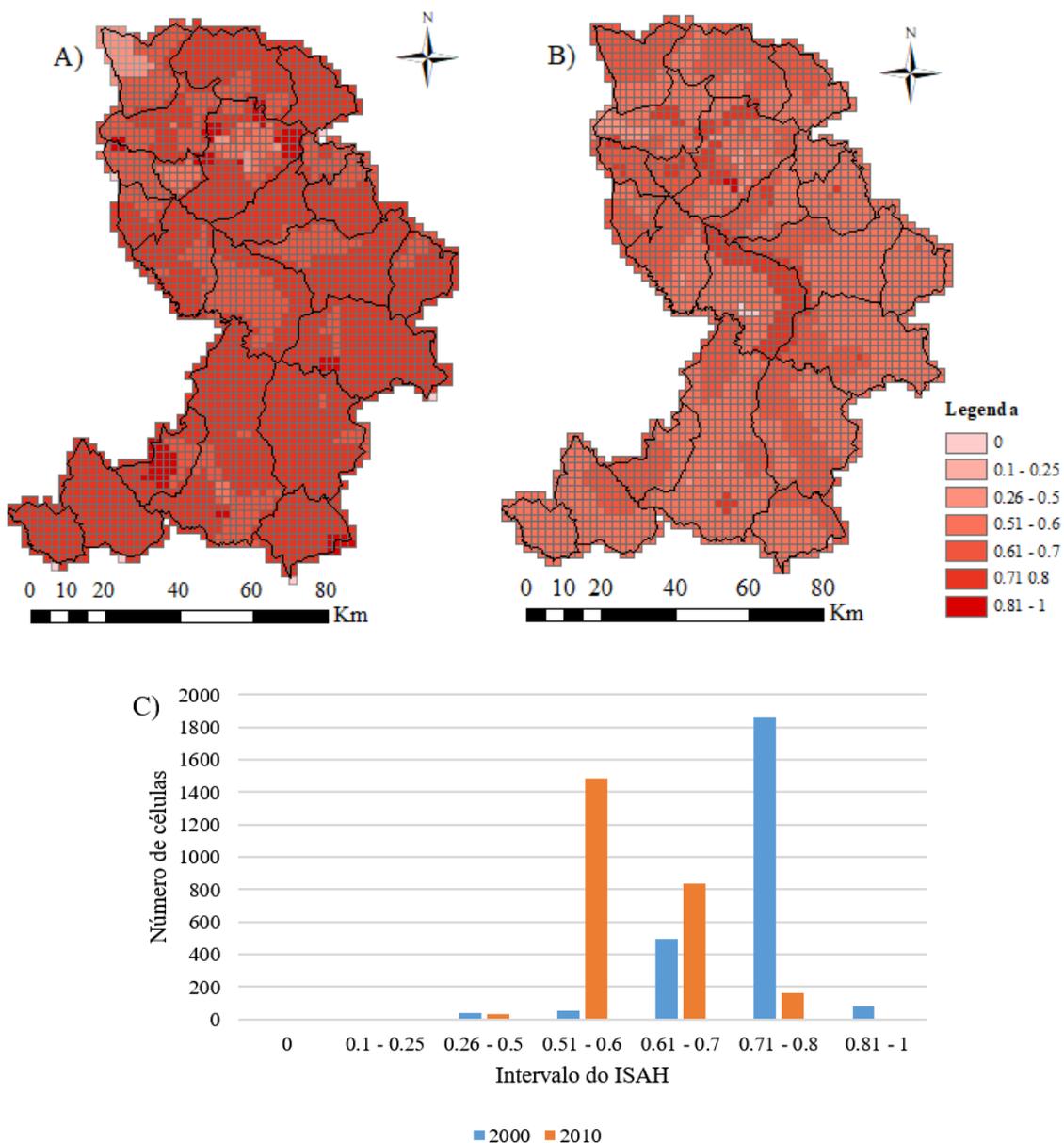
Os dados do ISAH gerado na Seção 4.4 foram transformados para o plano celular dentre de 3 perspectivas. A primeira delas foi a visão pessimista, ou seja, pelo valor máximo do setor censitário em células que se encontravam sobre áreas com mais de um setor censitário (Figura 4.14), a segunda foi a visão normal, ou seja, pelo valor médio do setor censitário em células que se encontravam sobre áreas com mais de um setor censitário (Figura 4.15) e a terceira foi a visão otimista, ou seja, pelo valor mínimo do setor censitário em células que se encontravam sobre áreas com mais de um setor censitário (Figura 4.16). De forma geral, esses resultados mostram uma quantidade maior de células no intervalo do ISAH mais alto na visão pessimista e uma quantidade menor na visão otimista.

O gráfico da Figura 4.14 mostra a quantidade de células por intervalo do ISAH, nele é possível notar que a maior parte das células do ano 2000 estão no intervalo

considerado como altamente importante ao risco de *contato potencial* com o hantavírus (> 0.7). Quando comparamos esse resultado com o gráfico da Figura 4.13, que mostra o ISAH pela quantidade de setor censitário notamos que a maior parte dos setores censitários se encontravam em um intervalo considerado de baixo risco ao *contato potencial* com o hantavírus (< 0.6). Dessa forma, destacamos a importância dessa análise que mostrou que uma grande área das microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos do ano 2000 estão em uma situação considerada de alto risco ao *contato potencial* com o hantavírus pelo ISAH.

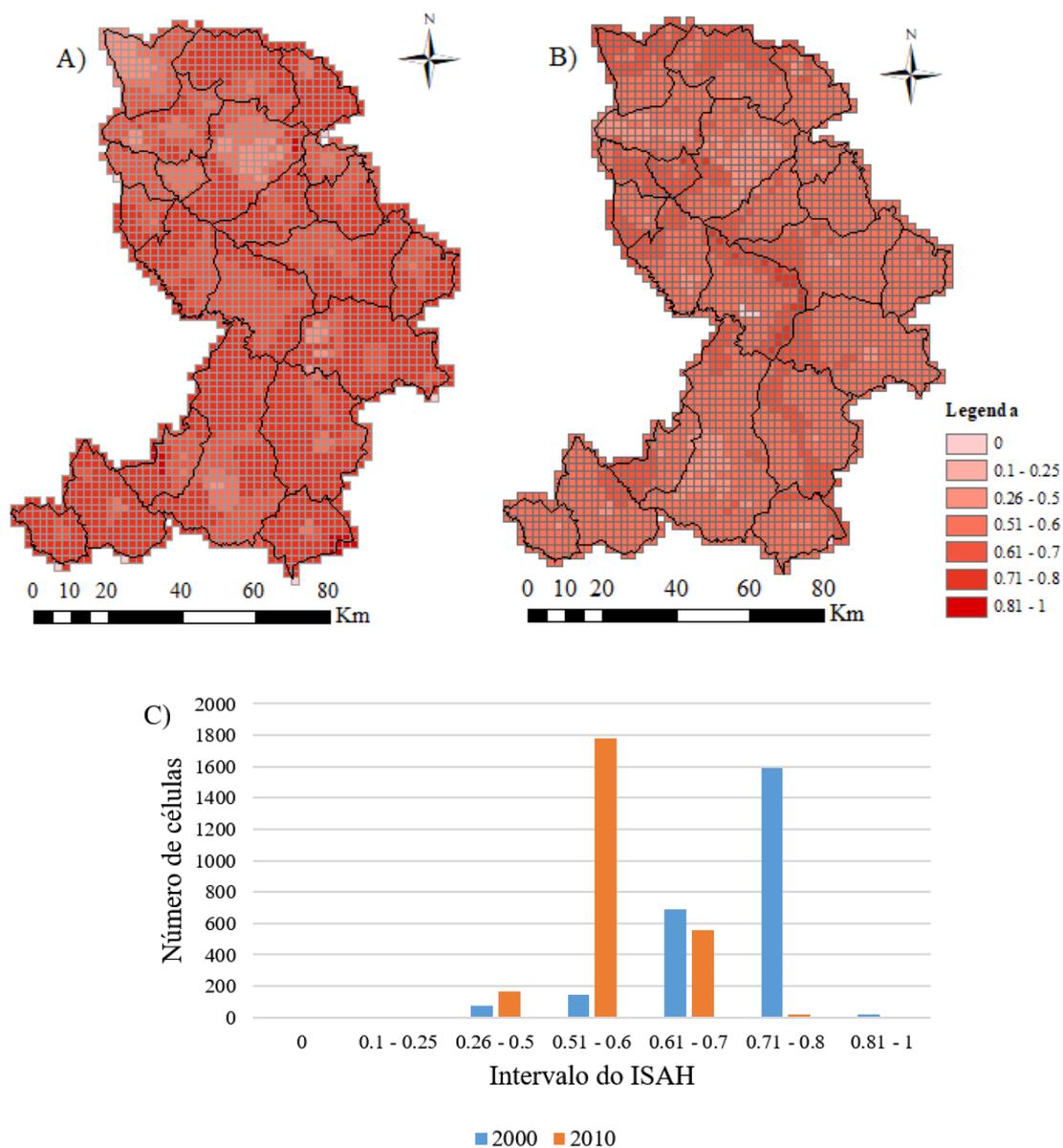
Para o ano de 2010, foi observado que a maior parte das células se encontravam no intervalo entre 0.5 e 0.6, o mesmo observado na análise pela quantidade de setores censitários apresentados no gráfico da Figura 4.13. Porém, na divisão por células observa-se uma quantidade maior de células com o ISAH no intervalo considerado de risco ao *contato potencial* com o hantavírus (>0.7), do que quando a análise é por setor censitário.

Figura 4.14 - Intervalos do ISAH para os anos de (A) 2000 e 2010 no plano celular na perspectiva de valor máximo, visão pessimista em relação ao risco de *contato potencial* ao hantavírus; e (C) o gráfico com a quantidade de células dentro de cada intervalo para os dois anos.



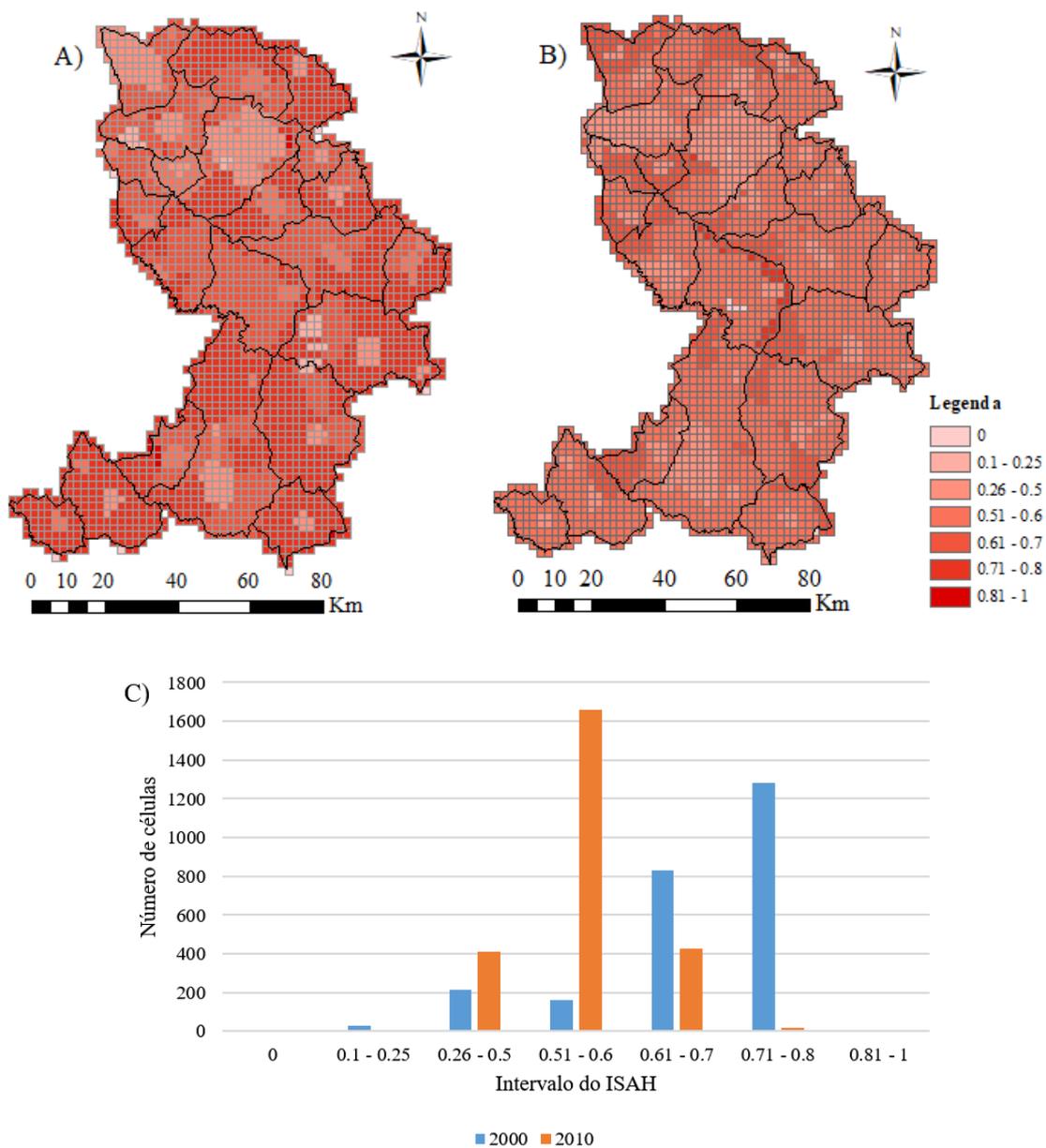
Fonte: Produção do autor.

Figura 4.15 - Intervalos do ISAH para os anos de (A) 2000 e 2010 no plano celular na perspectiva de valor médio, visão normal em relação ao risco de *contato potencial* ao hantavírus; e (C) o gráfico com a quantidade de células dentro de cada intervalo para os dois anos.



Fonte: Produção do autor.

Figura 4.16 - Intervalos do ISAH para os anos de (A) 2000 e 2010 no plano celular na perspectiva de valor mínimo, visão otimista em relação ao risco de *contato potencial* ao hantavírus; e (C) o gráfico com a quantidade de células dentro de cada intervalo para os dois anos.



Fonte: Produção do autor.

A Tabela 4.14 mostra a quantidade de células com ISAH considerado de risco ao *contato potencial* com o hantavírus (> 0.7) por municípios que notificaram casos de SCPH e municípios que não notificaram no ano 2000. Considerando a visão pessimista (valor máximo) 92% do total de células dos municípios que não notificaram casos estão nesse intervalo do ISAH, enquanto apenas 67% do total de células dos municípios que notificaram casos de SCPH estão nesse intervalo. Esse resultado mostra que o ISAH sozinho não é suficiente para explicar os casos de SCPH registrados nessa região.

Quando analisamos essas células com o valor o ISAH (> 0.7) juntamente com as células que são do padrão de paisagem PX (*Cana-de-açúcar e mosaicos da paisagem*), observamos 151 células com esse intervalo de ISAH, também são do padrão PX, ou seja, 43% do total de células com esse intervalo de ISAH dos municípios que notificaram casos de SCPH (na visão otimista). Enquanto apenas 22% das células com esse intervalo de ISAH dos municípios que não notificaram casos de SCPH também são do padrão PX. De forma geral, nas três perspectivas otimista, normal e pessimista a porcentagem do número de células do total de células dos municípios que notificaram casos de SPH que estão no intervalo de ISAH considerado de risco de *contato potencial* ao hantavírus e também estão em células do padrão de paisagem PX, considerado altamente relevante ao *complexo da SCPH* é maior do que a porcentagem do número de células dos municípios que não notificaram casos da doença.

Esses resultados mostram que ISAH sozinho não possui relação com a distribuição dos casos de hantavirose na área de estudo, porém quando analisados como um agravante as condições ambientais observadas pelo padrão PX (*Cana-de-açúcar e mosaicos da paisagem*) passam a ter uma relação direta com a distribuição dos casos acumulados de 1993 a 2017.

Quando os resultados dessa faixa do ISAH são cruzados com o padrão PIX (*Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar e mosaicos da paisagem*) não foi possível encontrar relação com a distribuição dos casos da SCPH, mostrando que apenas o padrão PX juntamente com o ISAH tiveram relação com a distribuição dos casos.

Tabela 4.14 – Células com os padrões de paisagem PX (*Cana-de-açúcar e mosaicos da paisagem*) e PIX (*Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar e mosaicos da paisagem*) do ano de 2003 com valores do ISAH (>0.7) do ano 2000 pela perspectiva de valor máximo, valor mínimo e valor médio separadas por municípios que notificaram casos de SPH e que não notificaram.

Municípios	Valor Max > 0.7	Valor Méd > 0.7	Valor Mín > 0.7
Com casos	1065 (67%)	829 (52%)	634 (40%)
Sem casos	871 (92%)	772 (82%)	657 (70%)
Células do padrão de paisagem PX			
Com casos	273 (26%)	225 (27%)	151 (43%)
Sem casos	145 (17%)	131 (17%)	103 (22%)
Células do padrão de paisagem PIX			
Com casos	213 (20%)	195 (24%)	159 (25%)
Sem casos	262 (30%)	247 (32%)	222 (34%)

Fonte: Produção do autor.

A Tabela 4.15 mostra os resultados para o ano de 2010, onde podemos observar que a relação entre as células do padrão de paisagem PX, altamente relevante ao *complexo da SCPH*, com o intervalo de ISAH considerado de risco ao contato potencial com o hantavírus possui uma alta correlação com os municípios que notificaram casos de SCPH, sendo essa correlação não foi observada com o padrão PIX.

Tabela 4.15 – Células com os padrões de paisagem PX (*Cana-de-açúcar e mosaicos da paisagem*) e PIX (*Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar e mosaicos da paisagem*) do ano de 2010 com valores do ISAH (> 0.7) do ano 2010 pela perspectiva de valor máximo, valor mínimo e valor médio separadas por municípios que notificaram casos de SPH e que não notificaram.

Municípios	Valor Max > 0.7	Valor Min > 0.7	Valor Méd > 0.7
Com casos	160 (10%)	20 (1%)	22 (1%)
Sem casos	5 (1%)	0 (0%)	0 (0%)
Células do padrão de paisagem PX			
Com casos	66 (41%)	9 (45%)	10 (45%)
Sem casos	1 (20%)	0 (0%)	0 (0%)
Células do padrão de paisagem PIX			
Com casos	6 (4%)	0 (0%)	0 (0%)
Sem casos	1 (20%)	0 (0%)	0 (0%)

Fonte: Produção do autor.

5 DISCUSSÃO

5.1 - *Padrões de Paisagem e Padrões de Bordas da Paisagem com altíssima relevância para o complexo da SCPH*

Nossos resultados de *Padrões da Paisagem* mostraram que o padrão PX, no qual a área de cana-de-açúcar domina na célula, aumentou consideravelmente entre 2003 e 2010. Esse aumento é preocupante considerando alguns dados da literatura que mostram a relevância das plantações de cana-de-açúcar para o *complexo da SCPH*. Como no estudo de Gheler-Costa et al. (2012) que mostraram que os roedores reservatórios do hantavírus, dentre eles o *Necromys lasiurus*, são relativamente mais abundantes nas plantações de cana-de-açúcar do que em outros ambientes, como florestas plantadas, remanescentes nativos de cerrado e pastos. Nos canaviais eles conseguem abrigo, alimento e água roendo os caules de cana-de-açúcar (BEPA, 2007). Além disso, depois da Lei nº 11.241, de 19 de setembro de 2002 que prevê a eliminação da queima em áreas mecanizáveis até 2021 a colheita das lavouras de cana-de-açúcar tem se tornado cada vez mais mecanizada. Estas mudanças podem ter reduzido a mortalidade de roedores, aumentando o tamanho da população e, conseqüentemente, aumentando o risco de infecção pelo hantavírus (GHELER-COSTA et al., 2013). Porém, também reduz a exposição, ou contato potencial, entre os roedores reservatórios do hantavírus e os trabalhadores que faziam a colheita manual da cana-de-açúcar. Muitos dos pacientes acometidos com SCPH no estado de São Paulo, 16% de 1993 a 2007, eram trabalhadores de lavouras cana-de-açúcar (BEPA, 2007). Cada vez mais as pesquisas realizadas sobre esse assunto vem relacionando as plantações de cana-de-açúcar com a SCPH (SOUSA et al., 2008; VERDADE, 2012; PRIST et al., 2016). Segundo Prist et al. (2016) a plantação de cana-de-açúcar foi o mais importante preditor para a infecção por hantavírus no Estado de São Paulo.

Estudos como o de Goodin et al. (2006) no Paraguai, e de Berl et al. (2018) nos Estados Unidos, mostraram que os roedores coletados em áreas agrícolas, representados aqui pelos padrões PIX e PX, tinham maior soropositividade para o hantavírus do que em outras áreas. Eles também relacionaram a soropositividade à maior exposição humana nessas áreas, onde é comum a presença da população humana. No Brasil, a atividade

agrícola é a mais relacionada com o local provável de infecção pelos pacientes da SCPH (FIGUEIREDO et al., 2009). As análises da *Tipologia de Bordas* da classe *Cerrado* mostraram que a maioria das bordas de contato encontradas na paisagem da área de estudo é composta entre as classes *Cerrado* e *Cana-de-açúcar* e entre as classes *Cerrado* e *Mosaico de agricultura exceto Cana-de-açúcar*. Esse resultado mostra a proximidade dessas classes de uso e cobertura da terra de alta importância para o roedor silvestre reservatório do hantavírus com o seu habitat natural, as manchas de *Cerrado*. Esses roedores são mais abundantes nas áreas de borda dos fragmentos de *cerrado* em comparação com o interior do fragmento (UMETSU; PARDINI, 2007), estando assim mais próximo as essas áreas de *Cana-de-açúcar* e *Mosaico de agricultura exceto Cana-de-açúcar*. Essa paisagem, assim, é considerada altamente importante para a abundância do roedor reservatório do hantavírus.

No padrão PVIII a classe *pasto* é a que domina na célula e segundo Sousa et al. (SOUSA et al., 2008) em um estudo realizado em Cássia dos Coqueiros e Sertãozinho, Estado de São Paulo, mostraram que 8 dos 9 roedores soropositivos para hantavírus foram coletados em áreas com agrossistemas de pastagens cultiváveis, onde tinham vivido ou trabalhado pacientes acometidos com SCPH. No trabalho de Pereira (PEREIRA, 2006) foi apontado que esses roedores se adaptam bem a ambientes com capim braquiária, pois se alimentam de suas sementes. Esse padrão de paisagem não foi um dos mais encontrados nessa região de estudo, porém no padrão de bordas de paisagem o TECI revelou um aumento das bordas entre as classes *Cerrado* e *Pasto* entre as datas estudadas, além de ser um relevante padrão para a presença do roedor silvestre e também para a soropositividade do hantavírus.

As práticas agrícolas e a transformação de florestas nativas em pastagens ou em áreas agrícolas resultam em habitats favoráveis a algumas espécies generalistas, como *Necromys lasiurus*, *Akodon sp* e *Oligoryzomys nigripes* reservatórios do hantavírus. Esses roedores parecem preferir uma paisagem composta por pequenos fragmentos florestais isolados permeados por coberturas agrícolas ou pastagem, sendo mais encontrados em áreas de bordas dessas coberturas (VIEIRA et al., 2009; GHELIER-COSTA et al., 2012). A fragmentação pode levar à redução da biodiversidade e favorece as espécies dos roedores reservatórios do hantavírus, que são generalistas. Com a redução da

biodiversidade a população de seus predadores pode ser afetada, levando a uma maior abundância dos roedores nesses ambientes (MILLS, 2006; VIEIRA et al., 2009; GHELIER-COSTA et al., 2012), elevação das taxas de encontro entre os infectados e os suscetíveis aumentando a soroprevalência para hantavírus (SUZÁN et al., 2009)

Os padrões PVIII, PIX e PX possuem como característica comum a presença de pequenos fragmentos florestais rodeados por sistemas agriculturáveis dominantes na célula. Cada padrão possui particularidades relacionadas com cada monocultura, porém, todos apresentam uma alta probabilidade da presença do roedor reservatório do hantavírus, uma maior soropositividade para o hantavírus nos roedores e também uma maior probabilidade da presença humana no manuseio dos sistemas agrícolas. São esses fatores que, quando combinados, tornam a paisagem importante para o *complexo da SCPH*.

A tipologia de bordas da paisagem para a classe *Cerrado* mostrou uma simplificação da paisagem em áreas onde as lavouras de cana-de-açúcar já estão estabelecidas há mais tempo, e dominam uma grande parte do território, ou seja, áreas compostas com pouquíssimas manchas da classe *Cerrado*, sendo quase que exclusivamente compostas por lavouras de cana-de-açúcar. O número de casos por ano de SCPH é muito pouco para poder fazer comparações diretas entre os anos estudados, porém é possível ver tendências quando olhamos para a somatória do número de casos de 1993 a 2012 apresentados na Figura 2.1. As regiões onde as paisagens são compostas por grandes áreas de cana-de-açúcar, ou seja, uma monocultura, foram as mesmas com o maior número de casos acumulados. A preocupação aqui é com as áreas deste estudo que ainda não notificaram casos de SCPH e estão cada vez mais com suas áreas destinadas a essas grandes lavouras de cana-de-açúcar.

5.2 - Padrões de Paisagem e Padrões de Bordas da Paisagem relacionados às classes Urbano e Chácara

Desde o primeiro caso de SCPH identificado no país essa doença sempre foi relacionada ao ambiente rural, principalmente aos homens envolvidos com atividades agrícolas (FIGUEIREDO et al., 2014), porém, é crescente a preocupação com as

populações urbanas. Vieira et al. (2016) em um estudo sorológico com pacientes febris, mostraram um outro perfil de pessoas positivas para o hantavírus, que são mulheres donas de casa de área urbana. Campos et al. (2003) também desenvolveram um estudo sorológico em Jardinópolis, Estado de São Paulo, mostrando que 15% dos participantes deste estudo, provenientes da área urbana, eram positivos para o hantavírus. Contudo, em ambos os estudos essas pessoas eram assintomáticas ou não diagnosticadas com hantavírus. Segundo Figueiredo et al. (FIGUEIREDO et al., 2014) grande parte das pessoas acometidas pelo hantavírus são assintomáticas.

Uma grande preocupação é a proximidade cada vez menor das áreas urbanas com as áreas de agricultura e de florestas, estudos tem mostrado que essa proximidade é um fator de risco muito importante a ser considerado (CROWCROFT et al., 1999; SIN et al., 2007).

O aumento considerável entre 2003 e 2010 do padrão PX (*Cana-de-açúcar e mosaicos de cobertura*) no entorno dos padrões PV (*Urbano e mosaicos de cobertura*) e PVI (*Chácara e mosaicos de cobertura*) foi preocupante, pois o padrão PX representa fragmentos de cerrado rodeados por cana-de-açúcar, com muita área de borda, e alta abundância dos roedores reservatório do hantavírus (UMETSU; PARDINI, 2007; GHELER-COSTA et al., 2012). Considerando que nesses espaços, padrões PV e PVI, que são caracterizados pela predominância de área urbana e chácaras, onde há uma alta concentração da população, há um aumento potencial de pessoas que se tornam mais vulneráveis ao *contato potencial* ao hantavírus.

Os resultados da análise da tipologia de bordas da classe *Urbano* e *Chácara* mostraram que os tipos de contraste de bordas mais encontradas foram *Urbano* e *Chácara* com *Cana-de-açúcar* e *Urbano* e *Chácara* com *Mosaicos de agricultura exceto cana-de-açúcar*. As bordas entre as classes *Urbano* e *Chácara* com a classe *Cerrado*, foram menos apresentáveis na análise do TECI. Esse resultado mostra que as bordas das áreas urbanas e áreas com chácaras não são diretamente com remanescentes de cerrado, mas com as áreas de lavouras de cana-de-açúcar e de outros sistemas agriculturáveis. Contudo, esses sistemas agriculturáveis fazem fronteira com as classes de *Cerrado*, podendo estar assumindo uma função de corredor para os roedores reservatório do hantavírus. Além disso, foi observado entre os anos de 2003 e 2010 grande parte das células tiveram o valor

do TECI aumentado, o que indica o aumento das bordas da classe *Urbano* e *Chácara* com as bordas da classe *Cerrado*, habitat natural do roedor reservatório do hantavírus.

Estudos têm mostrado que esses roedores se adaptam muito bem a áreas peri-domésticas em áreas urbanas, como mostra o estudo de Pini et al. (2003), no qual foram coletados roedores reservatório do hantavírus em áreas peri-domésticas da área urbana, onde as características do ambiente e das casas eram similares às das áreas suburbanas ou rurais. Nesse estudo, inclusive, foi coletado um gênero de roedor silvestre, o *Colomys*, dentro das casas, sendo uma preocupação maior, pois os vírus ficam ativos por um período maior longe da exposição à luz solar e aos raios ultravioleta (KALLIO et al., 2006). O estudo de Torrès-Pérez et al. (2004), mostrou que os roedores do gênero *Oligoryzomys* são coletados cada vez mais próximos aos assentamentos humanos em áreas rurais e peri-urbanas. Esses roedores são atraídos para essas áreas devido à grande disponibilidade de alimentos como lixos, rações de animais, restos de comida dentre outras (SUZUKI; MUTINELLI, 2009).

5.3 - A relevância dos remanescentes florestais

A diminuição de 43% do padrão PIII, *Mosaicos de cobertura com pouco cerrado*, devido, em parte, à conversão para os padrões PVII, PIX e PX que são compostas por fragmentos de cerrado rodeados por sistemas agriculturáveis, com muita área de borda entre si, é preocupante, pois de acordo com alguns estudos é onde há a maior abundância dos roedores reservatórios do hantavírus (VIEIRA et al., 2005; UMETSU; PARDINI, 2007; GHELER-COSTA et al., 2012). Na análise da tipologia de bordas da classe *Cerrado* essa mudança também foi observada, na diminuição no número de células sem área de borda da classe *Cerrado* entre os anos estudados, provavelmente relacionado ao aumento das manchas de *Cerrado*, que não puderam ser detectadas no ano de 2003, por serem muito pequenas e existir uma limitação do dado utilizado nesse estudo, que em 2010 foram detectados devido ao seu aumento.

Esse aumento da classe *Cerrado*, criou uma paisagem fragmentada, com maior número de manchas de cerrado, muitas vezes pequenas, com pouca qualidade em termos de provisão de habitat para espécies que vivem em áreas núcleo (core), propiciando o

aumento da população de espécies generalistas, que se adaptam bem às condições de borda das manchas. Esse fator nos leva a refletir sobre a importância dos remanescentes florestais, que devem ter tamanho e qualidade suficientes para que sejam capazes de manter uma grande riqueza de espécies, e se conectarem a corredores ecológicos, para que não fiquem isolados, promovendo o deslocamento e área para a sobrevivência dos predadores dos roedores (MILLS, 2006; UMETSU; PARDINI, 2007), como é o caso dos remanescentes presentes no padrão PI (*Cerradão*) e PIV (*Cerrado e mosaicos de cobertura*), considerado moderado em termos de relevância para a SCPH, onde as áreas de cerrado são maiores. O padrão PIV aumentou entre 2003 e 2010, sendo uma conversão considerada positiva, pois este padrão se expandiu principalmente sobre os padrões PVII (*Mosaicos de cobertura*) e PIX (*Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar e mosaicos de cobertura*), que são padrões considerados de altíssima relevância para o complexo da SCPH.

As bordas entre a classe *Cerrado* e a classe *Pasto* aumentaram entre os anos 2003 para 2010, provavelmente relacionado ao aumento das áreas de cerrado no estado de São Paulo observado pelo Instituto Florestal (IF, 2010), muitas vezes essas áreas de recuperação ainda se encontram em um estágio intermediário de regeneração, neste trabalho sendo classificados dentro da classe *Pasto*, devido à limitação do dado utilizado. Assim, concluímos que o contraste de borda das manchas da classe *Cerrado* apresentou uma pequena melhora, porém essa paisagem ainda é composta basicamente por bordas entre a classes *Cerrado* e *Cana-de-açúcar* e entre as classes *Cerrado* e *Mosaico de agricultura exceto Cana-de-açúcar*, que são as bordas que mais favorecem o *contato potencial* entre o reservatório do hantavírus e os humanos (VERDADE, 2012; PRIST et al., 2016). As bordas da classe *Cerrado* e da classe *Pasto*, que incluiu as áreas em estágio inicial de regeneração do cerrado mencionadas acima, mas também incluiu áreas de pastagem, em ambos os casos, paisagens que favorecem a alta abundância espécies como a do roedor reservatório do hantavírus (UMETSU; PARDINI, 2007; SOUSA et al., 2008).

Destacamos neste estudo a importância da conservação dos remanescentes de cerrado, e de sua regeneração, porém este aumento precisa ser suficiente para produzir efeitos reguladores sobre a população de roedores, com remanescentes florestais mais conservados, interligados por corredores ecológicos capazes de sustentar uma riqueza

maior de espécies, como a dos predadores dos roedores reservatórios do hantavírus, e das espécies que competem pelos mesmos recursos. Como é o caso da região central da área de estudo, próxima ao município de Luís Antônio, região com maior concentração da classe *Cerrado* na área estudada. A análise das bordas da classe *Cerrado* mostrou que essa foi uma das poucas áreas da região estudada que não teve o CWED aumentado entre as duas datas estudadas, ou seja, o aumento do *contato potencial* entre roedores reservatório do hantavírus e humanos. Nessa região está localizada a Estação Ecológica Jataí, que é uma unidade de conservação localizada no município de Luiz Antônio, criada 1982, com uma área de 4.532,18 hectares, mas em 2002, teve sua área ampliada para os atuais 9.010 hectares (LEONEL; THOMAZIELLO; OLIVEIRA 2010). Assim, destacamos também a importância de unidades de conservação ambiental no controle do ciclo de transmissão do hantavírus.

5.4 - O ISAH como um agravante às condições do ambiente envolvidas no complexo da SCPH

O ISAH (Índice Sócio-Ambiental do *Hantavírus*) demonstrou uma redução nos valores do ISAH nos setores censitários rurais do ano 2000 para o ano 2010. Uma vez que as variáveis envolvidas para esta caracterização do ISAH envolveram condições do indivíduo/família e condições do domicílio, o indicador composto acompanhou, em nível de setor censitário, melhorias nas condições de renda e melhorias sanitárias, o que aponta para uma melhoria das condições socioambientais da região de uma data censitária para outra. Nestes territórios (setores censitários observados) os domicílios e, portanto, as famílias ali residentes, passaram a ter uma menor exposição às condições de contato com hantavírus, considerando as variáveis analisadas, portanto, uma queda na sua condição de *contato potencial*.

Os roedores silvestres reservatório do hantavírus são atraídos às proximidades dos domicílios em busca de alimento, sendo que a presença de lixo próximo a esses domicílios é um dos principais atrativos (SUZUKI; MUTINELLI, 2009). As condições da moradia são um dos principais agravantes ao potencial de risco de transmissão do hantavírus (OLIVEIRA et al., 2012), como saneamento básico, presença de frestas, dentre outros.

Os roedores reservatório do hantavírus são silvestres, tendo como seu habitat natural áreas de cerrado nessa área de estudo (PEREIRA, 2006, UMETSU; PARDINI, 2007), porém Pini et al. (2003) coletou esses roedores dentro de domicílios, demonstrando como esses roedores estão cada vez mais próximos das populações humanas.

A análise do ISAH, no plano celular, relacionando as células com os valores do intervalo mais alto do índice, considerado de risco ao contato potencial ao hantavírus, com os municípios que notificaram casos de SCPH acumulados de 1993 a 2017, não demonstrou nenhuma correlação. No entanto, quando o intervalo do ISAH é analisado como um agravante às condições ambientais observadas pelo padrão PX (*Cana-de-açúcar e mosaicos da paisagem*) passam a ter uma relação direta com a distribuição dos casos na área de estudo, mostrando que os municípios que já notificaram casos de SCPH possuem um percentual bem maior do número de células com essa combinação do que os municípios que não notificaram casos da doença. Contudo, essa correlação não foi observada com as células do padrão de paisagem PIX (*Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar e mosaicos da paisagem*), demonstrando que essa relação é apenas com a cana-de-açúcar, e não com agricultura em geral. Esses resultados demonstram uma correlação dos casos de SChP com as lavouras de cana-de-açúcar, confirmando os resultados encontrados por (VERDADE, 2012; PRIST et al., 2016) que indicam a relação entre a infecção por hantavírus e as lavouras de cana-de-açúcar.

5.5 - O complexo da cana-de-açúcar e as mudanças climáticas

Com os resultados obtidos nesse estudo observamos que a área analisada é composta em sua grande maioria por padrões de paisagem de altíssima relevância para o *complexo da SCPH*, o que justifica o elevado número de casos da doença. A paisagem dessa região é o resultado de seu histórico de mudanças do uso e cobertura da terra, principalmente influenciado pelo *complexo da cana-de-açúcar*, representado aqui pelo padrão PX que foi o mais encontrado, o que mais cresceu de 2003 para 2010 e um dos mais favoráveis ao *complexo da SCPH*, e o padrão que juntamente com ISAH obteve correlação com os municípios que já notificaram casos de SCPH. O processo de produção da cana-de-açúcar impacta a região de diferentes formas, promovendo o crescimento dos

limites urbanos devido à migração (oferta de emprego); modificando as condições econômicas e sociais da população; promovendo mudanças na configuração espacial da paisagem e no uso e cobertura do solo, que por sua vez, provoca mudanças no padrão de contato entre o reservatório do hantavírus e o homem. Os impulsos das lavouras de cana-de-açúcar, em parte, estão relacionados com as possibilidades de novos mercados ligados à produção de combustível considerado limpo (etanol) em relação às emissões do CO₂, um dos gases geradores do efeito estufa, que se tornou uma das estratégias possíveis no conjunto de ações mitigadoras no grande debate sobre as mudanças climáticas (IPCC, 2007, 2014). Isto nos leva a refletir como discussões em escalas globais, como as das mudanças climáticas, geram agendas relacionadas às ações de mitigação, que sofrem reflexos nos espaços locais, com influência direta sobre as relações de saúde-doença mediadas pelas alterações nas paisagens, pouco observadas no contexto de produção de normativas globais para ações mitigadoras. Pavlovsky e Sorre já falavam sobre essas consequências no processo saúde-doença devido à mudança na paisagem desde o início do século XX. Pavlovsky com uma visão ecológica e Sorre na organização desses espaços modificados pela ação humana. Os resultados desse estudo, como as formulações de Pavlovsky e Sorre, nos mostram a importância da análise dos determinantes da distribuição de uma doença sob o processo de organização do espaço e não apenas nas características do espaço já organizado.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta tese foi apresentada uma proposta metodológica para operacionalizar o estudo do processo saúde-doença, da hantavirose, mediada pela paisagem e apoiada nos conceitos de Pavlovsky e Max Sorre. Esses autores trabalham com enfoque no espaço onde ocorrem as relações e interações entre os elementos envolvidos na produção de uma doença, podendo ser natural ou modificado pela ação humana.

Para demonstrar a viabilidade da metodologia proposta foi apresentada a aplicação dessa metodologia nas microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos, região com o maior número de casos do Estado de São Paulo. Essa região passou por muitas modificações no seu uso e cobertura nos últimos anos e essa nova paisagem fragmentada, modificada pelo *complexo da cana-de-açúcar*, atua nas possibilidades de acesso aos recursos necessários para a sobrevivência dos roedores silvestres reservatórios do hantavírus presentes na região. E, ao mesmo tempo, no espaço de vida das populações que ali vivem ou que participam de fases desta cadeia produtiva. Esses elementos criam diferentes e novas possibilidades de exposição e contato, entre roedores e homens, e, portanto, novas possibilidades para a produção da doença nestes lugares.

Os padrões de paisagem mais encontrados na região estudo foram os padrões *Cana-de-açúcar e mosaico de cobertura (PX)* e *Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar e mosaico de cobertura (PIX)*, de altíssima relevância para o *complexo da SCPH*. A literatura aponta que esses padrões de paisagem são habitats onde os roedores reservatório do hantavírus tendem a dominar, onde a soroprevalência para o hantavírus entre esses roedores tende a ser maior e um local onde as pessoas também estão presentes, o que condiz com essa ser a região com maior número de casos da doença no Estado de São Paulo.

O padrão PX, que representa a cana-de-açúcar, foi o único padrão que analisado conjuntamente com ISAH obteve correlação com os municípios que já notificaram casos de SCPH. Demonstrando que as condições da paisagem, modificadas pelo *complexo da cana-de-açúcar*, aliadas às condições precárias das famílias e dos domicílios são um preditor ao *contato potencial* ao hantavírus.

A tipologia de bordas da paisagem para a classe *Cerrado* mostrou uma simplificação da paisagem em áreas onde as lavouras de cana-de-açúcar já estão estabelecidas há mais tempo, e dominam uma grande parte do território, ou seja, áreas compostas com pouquíssimas manchas da classe *Cerrado*, sendo quase que exclusivamente compostas por lavouras de cana-de-açúcar, sendo que essas áreas notificaram grande parte do número de casos da região. Esse resultado traz um alerta às áreas que ainda não notificaram casos de SCPH e estão cada vez mais com suas áreas destinadas a essas grandes lavouras de cana-de-açúcar.

As análises de bordas de paisagem da classe *Urbano* e *Chácara* mostraram que as bordas de contato mais encontradas à essas classes são as bordas das classes *Cana-de-açúcar* e *Mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar*. As análises dos padrões de paisagem mostraram que o padrão PX (*Cana-de-açúcar e mosaicos da paisagem*) está cada vez mais próximo das áreas urbanas e das áreas de chácaras. Esse padrão que já oferece suporte à presença humana na realização de suas atividades laborais, está cada vez mais próximo de áreas urbanas, constituindo as franjas peri-urbanas das cidades deste espaço regional, com isso, ampliando as chances de contato entre reservatórios e o homem. Esta situação reconfigura o espaço de produção da doença e cria novas áreas de exposição potencial, o que se constitui como parte do quadro de mudança para a emergência de novos padrões epidemiológicos locais e, assim, novas possibilidades de leitura para o *complexo patológico* associado à SCPH no estado de SP.

As áreas de cerrado do Estado de São Paulo aumentaram entre os anos estudados, porém, este aumento ainda não é suficiente para produzir efeitos reguladores sobre a população de roedores, mais áreas precisariam ser recuperadas, criando melhores condições de controle da população de roedores. Remanescentes florestais mais conservados, interligados por corredores ecológicos seriam capazes de sustentar uma riqueza maior de espécies, como a dos predadores dos roedores reservatórios do hantavírus, e das espécies que competem pelos mesmos recursos. Paisagens fragmentadas, rodeadas por áreas agrícolas favorecem o crescimento da população de roedores silvestres que tendem a dominá-las, além disso, promovem o contato com humanos modificando os padrões de transmissão da SCPH.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI, M.; MELLO, M. P.; AGUIAR, D. A.; RUDORFF, B. F. T.; SOUZA, A. F. A web platform development to perform thematic accuracy assessment of sugarcane mapping in South-Central Brazil. **Remote Sensing**, v. 4, p. 3201–3214, 2012.

AGUIAR, A. P.; ANDRADE, P. R.; FERRARI, P. G. **Plug-in de preenchimento de células**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2008.

Disponível em

<<http://www.dpi.inpe.br/terraview/php/dow.php?body=plgPreenchimentoCelulas>>

Acesso em: 10 fev. 2017.

ARAGÃO, M. B. A epidemiologia paisagística no Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 106-109, 1988.

BERL, J. L.; KUENZI, A. J.; FLAHERTY, E. A.; SWIHART, R. K. Interspecific comparison of hantavirus prevalence in peromyscus populations from a fragmented agro-ecosystem in indiana. **Journal of Wildlife Diseases**, v. 54, p. 147–150, 2018.

BOLETIM EPIDEMIOLÓGICO PAULISTA (BEP). Hantavirose: um risco invisível à saúde dos trabalhadores da cultura da cana-de-açúcar. **Boletim Epidemiológico Paulista**, v. 4, p. 24–25, 2007.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Cadernos de energia** - Empresa de Planejamento Energético (EPE): Perspectivas para o etanol no Brasil. 03 out. 2008.

Disponível em:

<http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/Estudos_28/Cadernos%20de%20Energia%20-%20Perspectiva%20para%20o%20etanol%20no%20Brasil.pdf> Acesso em: 22 mar. 2016.

CAMPOS, G. M.; SOUSA, L. R. M. DE; BADRA, S. J.; PANE, C.; GOMES, U. A.; FIGUEIREDO, L. T. M. Serological survey of hantavirus in Jardinópolis county, Brazil. **Journal of Medical Virology**, v. 71, p. 417–422, 2003.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA).

PIB do Agronegócio, 1994-2011. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/pib/>>

Acesso em: 20 abr. 2017.

CENTRO DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO (CVE-SP). **Distribuição dos casos segundo município de residência e local provável de infecção**. Disponível em: <http://www.cve.saude.sp.gov.br/htm/cve_hanta.html>.

Acesso em: 20 abr. 2017.

CONGALTON, R.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. 2. ed. New York: Lewis Publisher, 1999. 210 p.

- CROSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1992. ISBN 85-853-690-27.
- CROWCROFT, N. S.; INFUSO, A.; ILEF, D.; GUENNO, B. L.; DESENCLOS, J.; LOOCK, F. V.; CLEMENT, J. Risk factors for human hantavirus infection: Franco-Belgian collaborative case-control study during 1995-6 epidemic. **BMJ**, v. 318, p. 1737–1738, 1999.
- CZERESNIA, D.; RIBEIRO, A. M. O Conceito de espaço em epidemiologia: uma interpretação histórica e epistemológica. **Cadernos de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, v. 16, p. 595-617, 2000.
- DESPOMMIERS, D.; ELLIS, B. R.; WILCOX, B. A. The role of ecotones in emerging infectious diseases. **EcoHealth**, v. 3, p. 281-289, 2006.
- ENGELTHALER, D. M.; MOSLEY, D. G.; CHEEK, J. E.; LEVY, C. E.; KOMATSU, K. K.; ETTESTAD, P.; DAVIS, T.; TANDA, D. T.; MILLER, L.; FRAMPTON, J. W.; PORTER, R.; BRYAN, R. T. Climatic and environmental patterns associated with Hantavirus Pulmonary Syndrome, Four Corners Region, United States. **Emerging Infectious Diseases**, v. 5, n° 1, p. 87 – 94, 1999.
- FAHRIG, L. Non-optimal animal movement in humanaltered landscapes. **Functional Ecology**, v. 21, p. 1003–1015, 2007.
- FERREIRA, M. U. Epidemiologia e geografia: o complexo patogênico de Max Sorre. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 7, p. 301-309, 1991.
- FIGUEIREDO, G. G.; BORGES, A. A.; CAMPOS, G. M.; MACHADO, A. M.; SAGGIORO, F. P.; SABINO JÚNIOR, G. S.; BADRA, S. J.; ORTIZ, A. A. A.; FIGUEIREDO, L. T. M. Diagnosis of hantavirus infection in humans and rodents in Ribeirão Preto, State of São Paulo, Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 43, n. 4, p. 348–354, 2010.
- FIGUEIREDO, L. T. M.; MORELI, M. L.; DE SOUSA, R. L. M.; BORGES, A. A.; DE FIGUEIREDO, G. G.; MACHADO, A. M.; BISORDI, I.; NAGASSE-SUGAHARA, T. K.; SUZUKI, A.; PEREIRA, L. E.; DE SOUZA, R. P.; DE SOUZA, L. T. M.; BRACONI, C. T.; HARSI, C. M.; DE ANDRADE ZANOTTO, P. M. Hantavirus pulmonary syndrome, central plateau, southeastern, and southern Brazil. **Emerging Infectious Diseases**, v. 15, n. 4, p. 561–567, 2009.
- FIGUEIREDO, L. T. M.; SOUZA, W. M. DE; FERRÉS, M.; ENRIA, D. A. Hantaviruses and cardiopulmonary syndrome in South America. **Virus Research**, v. 187, p. 43–54, 2014.
- FIRTH, C.; TOKARZ, R.; SIMITH, D. B.; NUNES, M. R. T.; BHAT, M.; ROSA, E. S. T.; MEDEIROS, D. B. A.; PALACIOS, G.; VASCONCELOS, P. F. C.; LIPKIN, W. I.

Diversity and distribution of hantaviruses in South America. **Journal of Virology**, v. 86, n. 24, p. 13756–13766, 2012.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 619 p.

GALUZO, I. G. Landscape epidemiology (epizootiology). **Advances in Veterinary Science & Comparative Medicine**, v.19, p. 73-96, 1975.

GHELER-COSTA, C.; SABINO-SANTOS JR., G.; AMORIM, L. S.; ROSALINO, L. M.; FIGUEIREDO, L. T. M.; VERDADE, L. M. The effect of pre-harvest fire on the small mammal assemblage in sugarcane fields. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 171, p. 85–89, 2013.

GHELER-COSTA, C.; VETTORAZZI, C. A.; PARDINI, R.; VERDADE, L. M. The distribution and abundance of small mammals in agroecosystems of southeastern Brazil. **Mammalia**, v. 76, n. 2, p. 185–191, 2012.

GLOBAL LAND COVER FACILITY (GLCF). **Imagens do Estado de São Paulo**. Maryland, 2003. 4 imagens de satélite. Landsat-TM- Composição RGB, Bandas 3, 4 e 5, Base 218 / Ponto: 76; Base 220 / Ponto: 75; Base 219 / Ponto: 76; Base 219 / Ponto: 76. Disponível em: <<http://glcf.umiacs.umd.edu/index.shtml>>.

GOODIN, D. G.; KOCH, D. E.; OWEN, R. D.; CHU, Y.; HUTCHINSON, J. M. S.; JONSSON, C. B. Land cover associated with hantavirus presence in Paraguay. **Global Ecology and Biogeography**, v. 15, n. 5, p. 519–527, 2006.

HARPER, K. A.; MACDONALD, E.; BURTON, P. J.; CHEN, J.; BROSOFSKE, K. D.; SAUNDERS, S. C.; EUSKIRCHEN, E. S.; ROBERTS, D.; JAITEH, M. S.; ESSEEN, P. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. **Conservation Biology**, v.19, p.768-782, 2005.

HENKES, W. E.; BARCELLOS, C. Ecologia da paisagem da hantavirose no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.37, n.6, p.505-507, 2004.

HINO, P.; VILLA, T. C. S.; CUNHA, T. N.; SANTOS, C. B. Distribuição espacial de doenças endêmicas no município de Ribeirão Preto (SP). **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, p. 1289-1294, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo agropecuário**. Rio de Janeiro, 2006 Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2006>> Acesso em: 10 dez. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico**. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em

<<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/default.shtm>> Acesso em: 10 dez. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em < <https://censo2010.ibge.gov.br/>> acessado em: 10 dez. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico**: características da população e dos domicílios Resultados do universo Censo 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agrícola municipal (PAM)**. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>> Acesso em: 10 dez. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agrícola municipal (PAM)**. Rio de Janeiro, 2010 Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>> Acesso em: 10 dez. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Programa de monitoramento da cana-de-açúcar via imagens de satélite**. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/index.html>>. Acesso em: 20 abr. 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2007: mitigation contribution of working group III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change**. Cambridge. Cambridge University Press, 2007. 851 p. ISBN(9780521880091).

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2014, mitigation of climate change working group III contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change**. Cambridge University Press, 2014.

IVERSON, L. B.; TRAVASSOS, A. P. A.; ROSA, M. D. B.; LOMAR, A. V.; SASAKI, M. G. M.; LEDUC, J. M. Infecção humana por hantavírus no Sul e Sudeste do Brasil. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 40, p. 85-92, 1994.

JUNQUEIRA, V. H. O papel do Estado na expansão do setor sucroalcooleiro na região de Ribeirão Preto - SP. **Revista Nera**, v. 31, p. 51–71, 2016.

KALLIO, E. R.; KLINGSTRO, J.; GUSTAFSSON, E.; MANNI, T.; VAHERI, A.; HENTTONEN, H.; VAPALAHTI, O.; LUNDKVIST, A. Prolonged survival of Puumala hantavirus outside the host: evidence for indirect transmission via the environment. **Journal of General Virology**, v. 87, p. 2127–2134, 2006.

KARTMAN L. Natural nidity of transmissible diseases. **American Journal of Public Health and the Nations Health**, v. 57, n. 5, p. 913, 1967.

KITRON, U. Landscape ecology and epidemiology of vector-borne diseases: tools for spatial analysis. **Journal of Medical Entomology**, v. 35, p. 435-445, 1998.

KLEMPA, B.; KOIVOGUI, L.; SYLLA, O.; KOULEMOU, K.; AUSTE, B.; KRÜGER, D. H.; TER MEULEN, J. Serological evidence of human hantavirus infections in Guinea, West Africa. **The Journal of Infectious Diseases**, v. 201, n. 7, p. 1031–1034, 2010.

KORTING, T. S.; FONSECA, L.M.; ESCADA, M.I.S.; CÂMARA, G. GeoDMA- um sistema para mineração de dados de sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 7813-7820 DVD, on-line. ISBN (978-85-17-0004-7).

KORTING, T. S.; FONSECA, M. L. G.; CÂMARA, G. GeoDMA - geographic data mining analyst. **Computers & Geosciences**, v. 57, p. 133–145, 2013.

KRUGER, D. H.; FIGUEIREDO, L. T. M.; SONG, J. W.; KLEMPA, B. Hantaviruses- globally emerging pathogens. **Journal of Clinical Virology**, v. 64, n. 3, p. 128–136, 2015.

KUPFER, J. A. Landscape ecology and biogeography: Rethinking landscape metrics in a post-FRAGSTATS landscape. **Progress in Physical Geography**, v. 36, p. 400–420, 2012.

LEONEL, C.; THOMAZIELLO, S.; OLIVEIRA, E. M. **Plano de manejo da Estação Ecológica do Jataí**. São Paulo: Fundação Florestal/Secretaria do Meio Ambiente. 2010. 334 p. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/2012/01/PM_EEJ_final.pdf> Acesso em: 15 ago. 2017.

LOVETT, G. M.; JONES, C. G.; TURNER, M. G.; WEATHERS, K. C. (Eds). **Ecosystem function in heterogeneous landscapes**. New York: Springer-Verlag, 2005.

MAGLE, S. B.; THEOBALD, D. M.; CROOKS, K. R. A comparison of metrics predicting landscape connectivity for a highly interactive species along an urban gradient in Colorado, USA. **Landscape Ecology**, v. 24, p. 267-280, 2009.

MARANDOLA JR., E. Tangenciando a vulnerabilidade. In: HOGAN, D.; MARANDOLA JR., E. (Org.). **População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais**. Campinas: Unicamp, 2009.

MARTINEZ, V. P.; BELLOMO, C.; SAN JUAN, J.; PINNA, D.; FORLENZA, R.; ELDER, M.; PADULA, P. J. Person-to-person transmission of Andes virus. **Emerging Infectious Diseases**, v. 11, n. 12, p. 1848–1853, 2005.

MARTINEZ-VALDEBENITO, C.; CALVO, M.; VIAL, C.; MANSILLA, R.; MARCO, C.; PALMA, R. E.; VIAL, P. A.; VALDIVIESO, F.; MERTZ, G.; FERRÉS,

- M. Person-to-person household and nosocomial transmission of Andes. **Emerging Infectious Diseases**, v. 20, n. 10, p. 1629–1636, 2014.
- MCGARIGAL, K. Landscape pattern metrics. **Encyclopedia of Environmetrics**, v. 21, p. 1135–1142, 2002.
- MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **FRAGSTATS**: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. U.S. Forest Service General Technical Report PNW, 351, 1995.
- MEENTEMEYER, R. K.; HAAS, S. E.; VÁCLAVÍK, T. Landscape epidemiology of emerging infectious diseases in natural and human-altered ecosystems. **Annual Review of Phytopathology**, v. 50, p. 379–402, 2012.
- MILLS, J. N. Biodiversity loss and emerging infectious disease: an example from the rodent-borne hemorrhagic fevers. **Biodiversity**, v. 7, n. 1, p. 9–17, 2006.
- MILLS, J. N.; KSIASEK, T. G.; ELLIS, B. A.; ROLLIN, P. E.; NICHOL, S. T.; YATES, T. L.; GANNON, W. L.; LEVY, C. E.; ENGELTHALER, D.; DAVIS, T.; TANDA, D.T.; FRAMPTON, J. W.; NICHOLS, C. R.; PETERS, C.; CHILDS, J. E. Patterns of association with wild hosts and habitat: antibody reactive with sin nombre virus in small mammals in the major biotic communities of the southwestern United States. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 56, p. 273-284, 1997.
- MIRANDA, J. R. **Biodiversidade e sistemas de produção orgânicos**: recomendações no caso da cana-de-açúcar. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. 94p.
- MÜHLNER, S.; KORMANN, U.; SCHMIDT-ENTLING, M. H.; HERZOG, F.; BAILEY, D. Structural versus functional habitat connectivity measures to explain bird diversity in fragmented orchards. **Journal of Landscape Ecology**, v. 3, p 52-63, 2010.
- OLIVEIRA, S. V., LASSANCE, C., NASCIMENTO, G. L. SOUZA, L. R. O., OLIVEIRA1; P. B., GONÇALVES R. G. Conhecimentos, atitudes e práticas sobre hantavirose em um assentamento rural de Planaltina - Distrito Federal, 2011. **Scientia Plena**, v.8, n. 6, p. 1 -7, 2012.
- OLIVEIRA, S. V.; FONSECA, L. X.; SILVA, P. M. R. B.; PEREIRA, S. V. C.; CALDAS, E. P. Análise do perfil epidemiológico da hantavirose no Brasil no período de 2007 a 2012. **Revista de Patologia Tropical**, v. 43, n.2, p. 131-142, 2014.
- ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD (OPAS). Cuaderno tecnico 47. Hantavirus en las Americas: guia para el diagnóstico, el tratamiento, la prevención y el control. **Revista Española de Salud Pública**, v. 73, p. 647-670, 1999.
- PEREIRA, L. E. **Estudo ecoepidemiológico de hantavírus em roedores das regiões da Mata Atlântica e Cerrado do Brasil**. 2006. 165 p. Tese (Doutorado em Ciências) -

Coordenadoria de Controle de Doenças da Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, São Paulo, 2006.

PEREIRA, L.E.; SOUZA, L.T.M.; SOUZA, R.P.; BISORDI, I.; SUSUKI, A.; KATZ, G. Histórico da vigilância eco-epidemiológica do hantavírus no Brasil. **Revista Coordenação dos Institutos de Pesquisa**, v. 1, p. 5-12, 1999.

PESSOA, S. B., **Ensaio médico-sociais**. São Paulo: Cebes/Editora Hucitec, 1978.

PETERS, C. J. Hantavírus pulmonary syndrome in the Americas. In: SCHELD, WM; CRAIG, WA; HUGHES, JB. (Eds). **Emerging Infections 2**. Washington, DC: ASM Pres, 1988.

PETERS, C. J.; MILLS, J. N.; SPIROPOULOU, C.; ZAKI, S. R.; ROLLIN, P. E. Hantavirus infections. In: GUERRANT, R. L.; WALKER, D. H.; WELLER, P. F. (Eds). **Tropical infectious diseases: principles pathogens, and practice**. Philadelphia: Elsevier. 2006. p. 762–780.

PINI, N.; LEVIS, S.; CALDERÓN, G.; RAMIREZ, J.; BRAVO, D.; LOZANO, E.; RIPOLL, C.; JEOR, S. S.; KSIAZEK, T. G.; BARQUEZ, R. M.; ENRIA, D. Hantavirus infection in humans and rodents, northwestern Argentina. **Emerging Infectious Diseases**, v. 9, n. 9, p. 1070–1076, 2003.

POLIS, G. A.; POWER, M. E.; HUXEL, G. R. (Eds). **Food webs at the landscape level**. Chicago: University of Chicago Press, 2004.

PRIST, P. R.; URIARTE, M.; TAMBOSI, L. R.; PRADO, A.; ANDREA, D.; METZGER, J. P.; PARDINI, R.; SE, P. Landscape, environmental and social predictors of hantavirus risk in São Paulo, Brazil. **Plos One**, v. 11, n. 10, p. 1–18, 2016.

QUINLAN, R. **C4.5: Programs for machine learning**. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 1993. 316 p. ISBN (1-55860-238-0).

REISEN, W.K. Landscape epidemiology of vector-borne diseases. **Annual Review of Entomology**, v. 55, p. 461–83, 2010.

RIITTERS, K. H.; WICKHAM, J. D.; O'NEILL, R. V.; JONES, K. B.; SMITH, E. R.; COULSTON, J. W.; WADE, T. G.; SMITH, J. H. Fragmentation of continental United States forests. **Ecosystems**, v. 5, p. 815–22, 2002.

RODRIGUES, E. Efeito de bordas em fragmentos de floresta. **Cadernos da biodiversidade**, v.1, p. 1-5, 1998.

ROMANO-LIEBER, N. S.; YEE, J.; HJELLE, B. Serologic survey for hantavirus infections among wild animals in rural areas of Sao Paulo State, Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 43, p. 325-327, 2001.

ROSA, E. S.; MILLS, J. N.; PADULA, P. J.; ELKHOORY, M. R.; KSIAZEK, T. G.; MENDES, W.S.; SANTOS, E. D.; ARAÚJO, G. C.; MARTINEZ, V. P.; ROSA, J. F.; EDELSTEIN, A.; VASCONCELOS, P. F. Newly recognized hantaviruses associated with hantavirus pulmonary syndrome in northern Brazil: partial genetic characterization of viruses and serologic implication of likely reservoirs. **Vector-Borne and Zoonotic Diseases**, v. 5, p. 11 – 19, 2005.

RUDORFF, B. F. T.; AGUIAR, D. A.; SILVA, W. F.; SUGAWARA, L. M.; ADAMI, M.; MOREIRA, M. A. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo State (Brazil) using landsat data. **Remote Sensing**, v. 2, p. 1057–1076, 2010.

SANTOS, M.; SOUZA, M. A. A. (Org.) **A construção do espaço**. São Paulo, Nobel, 1999.

SCHMALJOHN, C; HJELLE, B. Hantavíruses: a global disease problem. **Emerging Infectious Diseases**, v. 3, p. 95-104, 1997.

SILVA, L. J. **A evolução da doença de Chagas no Estado de São Paulo**. São Paulo:Hucitec/Funcraf, 1999.

SILVA, M.; VASCONCELOS, M.; HIDALGO, N.; VEIGA, A.; CANZIAN, M.; MAROTTO, P.; LIMA, V. Hantavirus pulmonary syndrome: report of the first three cases in São Paulo, Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 39, n. 4, p. 231–234, 1997.

SIN, M. A.; STARK, K.; TREECK, U. VAN; DIECKMANN, H.; UPHOFF, H.; HAUTMANN, W.; BORNHOFEN, B.; JENSEN, E.; PFAFF, G.; KOCH, J. Risk factors for hantavirus infection in Germany, 2005. **Emerging Infectious Diseases**, v. 13, n. 9, p. 1364–1366, 2007.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO – SINAN. **Portal do Ministério da Saúde** – Brasil. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br>. Acesso em: 10 ago. 2017.

SORRE, M. **Les fondements de la géographie humaine**. les fondements biologiques (Essai d'une écologie de l'homme). 3. ed. Paris: Armand Colin, 1951.

SOUSA, R. L. M.; MORELI, M. L.; BORGES, A. A.; CAMPOS, G. M.; LIVONESI, M. C.; FIGUEIREDO, L. T. M.; PINTO, A. A. natural host relationships and genetic diversity of rodent-associated hantaviruses in southeastern Brazil. **Intervirolgy**, v. 51, p. 299–310, 2008.

SUZÁN, G.; GIERMAKOWSKI, J.T.; MARCÉ, E.; SUZÁN-AZPIRI, H.; ARMIÉN, B.; YATES, T.L. Modeling hantavirus reservoir species dominance in high seroprevalence areas on the Azuero peninsula of Panama, **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 74, n. 6, p. 1103–1110, 2006.

- SUZÁN, G.; MARCE, E.; GIERMAKOWSKI, J. T.; MILLS, J. N.; CEBALLOS, G.; OSTFELD, R. S.; ARMIÉN, B.; PASCALE, J. M.; YATES, T. L. Experimental evidence for reduced rodent diversity causing increased hantavirus prevalence. **Plos One**, v. 4, n. 5, p. 1–7, 2009.
- SUZUKI, A.; BISORDI, I.; LEVIS, S.; GARCIA, J.; PEREIRA, L. E.; SOUZA, R. P.; SUGAHARA, T. K. N.; PINI, N.; ENRIA, D.; SOUZA, L. T. M. Identifying rodent hantavirus reservoirs, Brazil. **Emerging Infectious Diseases journal**. v. 10, p. 2127-2134, 2004.
- SUZUKI, K.; MUTINELLI, L. E. Knowledge and practices about hantavirus pulmonary syndrome in a cluster of Japanese communities in Argentina. **American Journal of Public Health**, v. 25, n. 2, p. 128–133, 2009.
- TISCHENDORF, L.; FAHRIG, L. On the usage and measurement of landscape connectivity. **Oikos**, v. 90, p. 7-19, 2000.
- TORRES-PÉREZ, F.; NAVARRETE-DROGUETT, J.; ALDUNATE, R.; YATES, T. L.; MERTZ, G. J.; VIAL, P. A.; FERRÉS, M.; MARQUET, P. A.; PALMA, R. E. Peridomestic small mammals associated with confirmed cases of human hantavirus disease in southcentral Chile. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 70, n. 3, p. 305–309, 2004.
- TORRES-PÉREZ, F.; PALMA, R. E.; HJELLE, B.; FERRÉS, M.; COOK, J. A. Andes virus infections in the rodent reservoir and in humans vary across contrasting landscapes in Chile. **Infection, Genetics and Evolution**, v. 10, p. 819-824, 2009.
- TURNER, M. G. Landscape ecology: what is the state of the science? **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 36, p. 319–344, 2005.
- TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. **Quantitative methods in landscape ecology**. New York: Springer-Verlag, 1990.
- UMETSU, F.; PARDINI, R. Small mammals in a mosaic of forest remnants and anthropogenic habitats — evaluating matrix quality in an Atlantic forest landscape. **Landscape Ecology**, v. 22, n. 4, p. 517–530, 2007.
- VERDADE, L. M. The impacts of sugarcane expansion on wildlife in the state of São Paulo, Brazil. **Journal of Sustainable Bioenergy Systems**, v. 2, n. 4, p. 138–144, 2012.
- VIEIRA, B. E. M.; IOB, G.; BRIANI, D. C.; PALMA, A. R. T. Microhabitat selection and daily movements of two rodents (*Necromys lasiurus* and *Oryzomys scotti*) in Brazilian Cerrado, as revealed by a spool-and-line device. **Mammalian Biology**, v. 70, n. 6, p. 359–365, 2005.
- VIEIRA, C. J. DA S. P.; SILVA, D. J. F.; BARRETO, E. S.; SIQUEIRA, C. E. H.; COSTA, V. G.; LOURENÇO, F. J.; MORELI, M. L.; BRONZONI, R. V. DE M. Short communication serological evidence of hantavirus infection in an urban area in Mato

Grosso State, Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 49, n. 3, p. 348–350, 2016.

VIEIRA, M. V.; OLIFIERS, N.; DELCIELLOS, A. C.; ANTUNES, V. Z.; BERNARDO, L. R.; GRELE, C. E. V.; CERQUEIRA, R. Land use vs. fragment size and isolation as determinants of small mammal composition and richness in Atlantic Forest remnants. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1191–1200, 2009.

WATSON, D. C.; SARGIANOU, M.; PAPA, A.; CHRA, P.; STARAKIS, I.; PANOS, G. Epidemiology of hantavirus infections in humans: a comprehensive, global overview. **Critical Reviews in Microbiology**, v. 40, n. 3, p. 261–272, 2013.

WIENS, J. A. **Central concepts and issues of landscape ecology**. In: applying landscape ecology in biological conservation (ed. Gutzwiller, KJ). New York: Springer, 2002. p. 3–21.

ZHAO, X; HAY, J. The evolution of hantavirus. **Immunological Investigations**, v. 26, p. 191-197, 1997.

APÊNDICE A- MÉTRICAS DE PAISAGEM NO NÍVEL DE CLASSE

As métricas de paisagem abaixo foram extraídas do manual do Fragstats (MCGARIGAL; MARKS,1995).

1. **Área total da classe (CA):** área total da classe em (ha), obtida pelo somatório de todas as manchas de mesma classe existente.

$$CA = \sum_{j=1}^n a_{ji} \left(\frac{1}{10.000} \right) \quad (A.1)$$

Sendo:

CA = área total da classe,

a_{ij} = área da mancha j da classe i,

n = número de manchas da mesma classe.

2. **Porcentagem de Cobertura da classe (PLand):** Esta métrica é obtida a partir do somatório de todas as áreas de manchas de uma mesma classe, dividido pela área total da paisagem (%).

$$PLand = P_i \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100) \quad (A.2)$$

Sendo:

PLAND = porcentagem de cobertura da terra da classe,

P_i = proporção da classe i ocupada na paisagem,

a_{ij} = área da mancha j da classe i,

n = número de manchas da classe i,

A = área total da paisagem.

3. **Densidade da classe (PD):** Número de fragmentos de mesma classe, ou seja, o índice de densidade de manchas de uma determinada classe. Este índice é dividido pela área total da paisagem, para se obter o percentual de manchas de mesma classe para cada 100 ha.

$$PD = \frac{n_i}{A} \times 1.000.000 \quad (A.3)$$

Sendo:

PD = densidade da classe,

n_i = número de manchas da classe i ,

A = total da paisagem em m^2 .

4. Média do tamanho da mancha (MPS): média do tamanho da mancha dados em hectares (ha).

$$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \left(\frac{1}{10.000} \right) \quad (A.4)$$

Sendo:

MPS: média do tamanho das manchas de uma classe,

n_i = número de manchas da classe i ,

a_{ij} = área da mancha j da classe i ,

5. Total de Borda da classe (TE): é a soma de todas as bordas das manchas de um tipo de classe, ou seja, soma dos perímetros das manchas de um tipo de classe.

$$TE = \sum_{k=1}^n e_{ik} \quad (A.5)$$

Sendo:

TE = total de borda da classe,

e_{ik} = comprimento da borda da mancha k da cada classe i ,

n = número de manchas

APÊNDICE B - MÉTRICAS DE PAISAGEM NO NÍVEL DE PAISAGEM

As métricas de paisagem abaixo foram extraídas do manual do Fragstats (MCGARIGAL; MARKS,1995).

1. **Riqueza de manchas (PR):** é igual ao número de diferentes classes das manchas presentes dentro do limite da paisagem.

$$PR = m \quad (A.6)$$

Sendo:

$$PR = m$$

m = número de classes de manchas presentes dentro do limite da paisagem.

2. **Índice de Diversidade de Shannon (SHDI):** é igual a menos a soma, em todos as classes das manchas, da abundância proporcional de cada classe das manchas multiplicado por essa proporção. O SHDI é igual a 0 quando a paisagem contém somente uma mancha, o SHDI aumenta quando aumenta o número de diferentes classes de manchas (ex. riqueza de manchas) ou quando a distribuição proporcional da área entre a classe das manchas se torna mais equitativa.

$$SHDI = -\sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i) \quad (A.7)$$

Sendo:

SHDI = Índice de Diversidade de Shannon

m = número de classes de manchas presentes dentro do limite da paisagem.

P_i = proporção da paisagem ocupada pela classe da mancha i.