

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
CAMPUS DE CURITIBANOS  
CURSO DE AGRONOMIA

Victor Fernandes Moreira

**Distribuição espacial dos imóveis rurais na mesorregião Serrana Catarinense**

Curitibanos  
2021

Victor Fernandes Moreira

## **Distribuição espacial dos imóveis rurais na mesorregião Serrana Catarinense**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina *Campus* de Curitibanos como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Ten Caten

Curitibanos  
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Fernandes Moreira, Victor

Distribuição espacial dos imóveis rurais na mesorregião  
Serrana Catarinense / Victor Fernandes Moreira ;  
orientador, Alexandre Ten Caten , 2021.

47 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus  
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2021.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Cadastro Ambiental Rural. 3. análise  
geoestatística. 4. krigagem ordinária. 5. inverso do  
quadrado da distância. I. Ten Caten , Alexandre . II.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em  
Agronomia. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia  
Rodovia Ulysses Gaboardi km3  
CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC  
TELEFONE (048) 3721-2176 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

VICTOR FERNANDES MOREIRA

## Distribuição espacial dos imóveis rurais na mesorregião Serrana Catarinense

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitibanos, 05 de maio de 2021.



Documento assinado digitalmente  
Samuel Luiz Fioreze  
Data: 05/05/2021 15:35:05-0300  
CPF: 052.258.059-90  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Samuel Luiz Fioreze  
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente  
Alexandre Ten Caten  
Data: 05/05/2021 15:23:36-0300  
CPF: 898.593.590-91  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Alexandre ten Caten  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente  
Djalma Eugenio Schmitt  
Data: 05/05/2021 15:47:47-0300  
CPF: 050.180.539-76  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Djalma Eugênio Schimdt  
Membro da banca examinadora  
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente  
João Batista Tolentino Junior  
Data: 07/05/2021 08:33:25-0300  
CPF: 040.784.969-62  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. João Bastista Tolentino  
Membro da banca examinadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

## DEDICATÓRIA

*“AOS MEUS PAIS”*

## **AGRADECIMENTOS**

Meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que torceram e acreditaram que eu seria capaz de alcançar meus objetivos na vida; não foi fácil, mas quem disse que seria? Agradeço a Deus por ter me dado força além do normal, me fazendo ver que eu posso ser mais quando permito que Ele caminhe lado a lado comigo.

Agradeço aos meus pais por sempre acreditarem que eu conseguiria quando ninguém mais acreditou, valeu todo incentivo e motivação e por me fazer ver que o impossível é só questão de opinião.

O meu muito obrigado às minhas irmãs que sempre me motivam e me fazem ver que família vem em primeiro lugar.

Sou grato aos meus avós, que são meus pais ao quadrado, seres iluminados e enviados por Deus, com quem eu sei posso contar nesta e até mesmo na outra vida, obrigado pelo carinho e amor de todos os dias.

Meus agradecimentos à empresa “AM Agricultura de Precisão” pela oportunidade de estágio.

Sou grato a minha namorada por todo o apoio e incentivo e por estar ao meu lado nos piores e melhores momentos.

Agradeço aos meus professores por me moldarem e me fazer ser o profissional de hoje.

E o meu muito obrigado ao meu orientador que lapidou nos mínimos detalhes este trabalho, sendo pela fundamental para que tudo desse certo e que nada mais que a excelência pudesse ser realizada. Obrigado!

A todos o meu muito obrigado!

## EPÍGRAFE

*"O sucesso nasce do querer, da determinação  
e persistência em se chegar a um objetivo.  
Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e  
vence obstáculos, no mínimo fará coisas  
admiráveis."*

*José de Alencar*

## RESUMO

O presente trabalho refere-se ao estudo do padrão da distribuição espacial dos imóveis rurais na mesorregião Serrana Catarinense. Foram realizadas análises por meio dos dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR) através da geoestatística pelo método de interpolação por meio da krigagem ordinária, e pelo inverso do quadrado da distância (IDW). O objetivo do trabalho foi avaliar metodologias de interpolação para a espacialização da distribuição espacial dos imóveis rurais. Utilizando o software QGIS e SADA, foi possível transformar os polígonos em pontos para fornecer informações referente a média, valores máximos e mínimos, desvio padrão dentro outros parâmetros que auxiliam na identificação da qualidade amostral utilizada. Através das ferramentas disponibilizadas pelo software SADA, foram gerados semivariogramas, que auxiliam na compreensão da autocorrelação espacial entre os pontos dos imóveis rurais que estão distribuídos, demonstrando a escolha do modelo que gera melhores resultados para cada mesorregião estudada. A verificação da qualidade do modelo a ser adotado foi elaborada através das tabelas de análises estatísticas comparativas entre os valores medidos e previstos, bem como através dos gráficos de dispersão, construído com base nos valores previsto pelo semivariograma gerado. Perante a definição dos semivariograma e seu respectivo modelo adotado, foi possível realizar a interpolação dos dados através da krigagem ordinária, gerando superfícies amostrais que se distinguem a distribuição espacial dos imóveis rurais na área estudada. Com isso o trabalho permitiu observar os padrões da distribuição dos imóveis rurais na mesorregião Serrana Catarinense.

**Palavras-chave:** Cadastro Ambiental Rural. análise geoestatística. krigagem ordinária. inverso do quadrado da distância.



## ABSTRACT

The present work refers to the study of the spatial distribution pattern of rural properties in the Serrana Catarinense mesoregion. Analyzes were performed using data from the Rural Environmental Registry (CAR) through geostatistics using the interpolation method using ordinary kriging, and the inverse of the distance square (IDW). The objective of the work was to evaluate interpolation methodologies for the spatialization of the spatial distribution of rural properties. Using the QGIS and SADA software, it was possible to transform the polygons into points to provide information regarding the mean, maximum and minimum values, standard deviation within other parameters that help in identifying the sample quality used. Through the tools made available by the SADA software, semivariograms were generated, which help in understanding the spatial autocorrelation between the points of the rural properties that are distributed, demonstrating the choice of the model that generates the best results for each studied mesoregion. The quality check of the model to be adopted was elaborated through the tables of comparative statistical analysis between the measured and predicted values, as well as through the dispersion graphs, constructed based on the values predicted by the generated half-range. Given the definition of semivariogram and its respective model adopted, it was possible to perform the interpolation of the data through ordinary kriging, generating sample surfaces that distinguish the spatial distribution of rural properties in the studied area. Thus, the work allowed observing the patterns of distribution of rural properties in the Serrana Catarinense mesoregion.

**Palavras-chave:** Rural Environmental Registry. geostatistical analysis. ordinary kriging. inverse of the distance square.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Demarcação de uma propriedade rural.....	18
Figura 2 - Distância entre pontos para estudo da semivariograma .....	20
Figura 3 - Superfície gráfica de um semivariograma.....	20
Figura 4 - Modelos de semivariograma .....	21
Figura 5 - Área de Estudo .....	24
Figura 6 - Base para download dos dados CAR .....	26
Figura 7 - União dos polígonos dos imóveis rurais.....	27
Figura 8 - Tabela de atributos dos imóveis rurais.....	27
Figura 9 - Transformação dos polígonos em pontos .....	28
Figura 10 - Informações dos imóveis rurais para análise no programa SADA .....	29
Figura 11 - Fluxograma da metodologia do trabalho .....	31
Figura 12 - Histograma dos dados dos imóveis rurais em ha .....	33
Figura 13 - Gráfico boxplot dos dados dos imóveis rurais em ha.....	34
Figura 14 - Semivariograma dos imóveis rurais em km.....	35
Figura 15 - Interpolação dos Imóveis Rurais pelo método de Krigagem Ordinária .....	35
Figura 16 - Interpolação dos Imóveis Rurais pelo método IDW .....	36
Figura 17 - Classes de declividade da mesorregião serrana Catarinense .....	38
Figura 18 - Área dos estabelecimentos agropecuários da Microrregião de Lages com base nos dados do IBGE (2017) .....	39
Figura 19 - Área dos estabelecimentos agropecuários da Microrregião de Curitibanos com base nos dados do IBGE (2017) .....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de relevo segunda a Embrapa .....	31
Tabela 2 - Valores das estatísticas descritivas dos imóveis rurais na mesorregião serrana Catarinense.....	32
Tabela 3 - Valor dos parâmetros ajustados ao semivariograma dos imóveis rurais em km .....	34

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	15
1.2 OBJETIVOS .....	15
<b>1.2.1 Geral</b> .....	<b>15</b>
<b>1.2.2 Específicos</b> .....	<b>15</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>16</b>
2.1 GEOPROCESSAMENTO PARA O PLANEJAMENTO TERRITORIAL BRASILEIRO.....	16
2.2 CADASTRO AMBIENTAL RURAL .....	17
2.3 GEOESTATÍSTICA .....	19
2.4 SEMIVARIOGRAMA .....	19
2.5 KRIGAGEM .....	22
<b>2.5.1 Krigagem Ordinária</b> .....	<b>22</b>
2.6 INVERSO DO QUADRADO DA DISTÂNCIA (IDW) .....	23
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>24</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	24
3.2 UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA QUANTUM GIS (QGIS).....	25
3.3 UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA SPATIAL ANALYSIS AND DECISION DISTANCE (SADA) .....	25
3.4 DADOS UTILIZADOS.....	26
3.5 PROCEDIMENTO DA ANÁLISE .....	26
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>32</b>
4.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA ESPACIAL.....	32
4.2 ANÁLISE GEOESTATÍSTICA .....	34
4.3 ANÁLISE ESPACIAL ATRAVÉS DA KRIGAGEM E INVERSO DO QUADRADO DA DISTÂNCIA .....	36
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A compreensão do espaço auxilia na tomada de decisões. Para Menezes et.al (2017), a produção e reprodução do espaço envolve um conjunto de processos articulados com a necessidade de intervir e de buscar compreender o espaço geográfico e as suas relações com a sociedade, procurando-se novos instrumentos conceituais e técnicos, em todas as áreas de conhecimento.

Nesse sentido, a tecnologia vem ganhando espaço em diversas áreas, com melhorias e soluções em estudos e serviços. A tecnologia amplia sua aplicação devido a suas funcionalidades em automatizar processos, pois segundo Câmara (2005), a geotecnologia é a construção de representações computacionais do espaço.

A geotecnologia, ou ainda geoprocessamento, é considerado um conjunto de técnicas cuja função é coletar, processar, analisar e oferecer informações com referência geográfica (ou espacial). O sistema de informação geográfica (SIG), cartografia digital, sensoriamento remoto (SR) e o sistema de navegação global por satélite (GNSS) são exemplos de tecnologia espacial. A união dessas tecnologias digitais pode criar informações que possam ser manipuladas e conseqüentemente analisar o espaço geográfico, por meio das mesmas. Essas novas tecnologias estão ligadas ao avanço na informação, nas comunicações, nas geociências e em outras ciências correlatadas (NOAS, 2015).

Nesse contexto, graças as imagens de satélite, que estão sendo disponibilizada gratuitamente na rede mundial, é produzido um vasto catálogo de imagem permitindo o monitoramento de diversas propriedades rurais fornecendo dados para mapeamento do terreno, dinâmica da vegetação, ocupação da terra e outras características. Na internet, encontra-se disponível diversas bases cartográficas que possuem características de formato vetorial, ou seja, representam feições através de pontos, linhas ou polígonos, mas, a característica mais importante dessas bases cartográficas é a possibilidade de relacionar estas feições espaciais a uma enorme quantidade de dados em forma de tabela. Dessa maneira, podemos por exemplo, ter um vetor que representa uma propriedade rural (*i.e.* polígono vetorial) com características da mesma visando a preservação do ambiente e seu uso econômico (MENDONÇA *et al.*, 2011).

Assim, para se ter sucesso na identificação do imóvel rural, criou-se o Cadastro Ambiental Rural (CAR) através da Lei nº 12.651/2012 pelo Sistema Nacional de

Informação sobre o meio Ambiente. O CAR é uma ferramenta eletrônica pública de âmbito nacional que auxilia no planejamento ambiental e econômico da propriedade. O objetivo é criar um mapa digital e um diagnóstico ambiental com as informações georreferenciadas do imóvel rural, criando assim, um banco de dados para monitorar e controlar o desmatamento ilegal. Dessa maneira, inúmeras são as variáveis que condicionam ou afetam o imóvel rural a respeito da região geográfica que está inserido, da exploração e do tipo de atividade desenvolvida (CELLA, 2002).

Nessa temática, a geoestatística é apresentada como uma alternativa para analisar o dimensionamento das propriedades rurais através da interpolação dos dados, pois através dessa ferramenta é possível analisar as distribuições espaciais das variáveis regionalizadas, visto que leva em consideração a localização geográfica e a dependência espacial da amostra. Assim, é observada a interdependência entre os imóveis estudados baseando-se em um conceito de proximidade, explicado pela lei de Tobler: “No mundo, todas as coisas se parecem, mas coisas mais próximas são mais parecidas que aquelas distante” (TOBLER, 1970).

Para realização deste trabalho que visa determinar a distribuição espacial dos imóveis rurais, e suas respectivas áreas na mesorregião Serrana Catarinense, foi adotado o método de krigagem e o inverso do quadrado da distância (IDW) para atender os critérios apresentados, bem como o software QGIS e *Spatial Analysis na Decision Distance* (SADA), pois dispõe de ferramentas que auxiliam na execução do estudo. Dessa maneira, através da interpolação por krigagem e IDW é possível ter uma estimativa coerente de fatores relacionados a distribuição espacial dos imóveis estudados, fornecendo informações que contribuem para identificar o comportamento existente do mesmo no espaço e qual o melhor interpolador é o mais preciso.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Na agricultura o emprego da tecnologia vem ganhando espaço, com inúmeros benefícios aos produtores e instituições. Dessa forma, torna-se importante pesquisar novas maneiras de como utilizá-las a nosso favor. A prática da geoestatística na graduação é importante para sua correta aplicação. Com o exercício dos conceitos básicos e fundamentais da técnica, auxiliando futuros trabalhos na área acadêmica, assim como, na vida profissional.

O presente trabalho irá caracterizar como está distribuído espacialmente os imóveis rurais na mesorregião Serrana Catarinense, buscando relacionar o seu comportamento no espaço através das características de relevo e cultivo da região, com o auxílio de softwares específicos, tornando-se uma ferramenta indispensável para realização deste trabalho.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Geral

Desenvolver mapas da distribuição espacial dos imóveis rurais na mesorregião Serrana Catarinense, e associar ao tipo de relevo da região e sua influência sobre determinados cultivos.

### 1.2.2 Específicos

Como objetivos específicos, tem-se:

- Identificar relações na geografia da distribuição das propriedades rurais e suas dimensões na mesorregião Serrana Catarinense;
- Realizar um estudo comparando a espacialização por krigagem e inverso do quadrado da distância.
- Buscar relacionar o tamanho da área do imóvel com a quantidade total de área produzida por município.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 GEOPROCESSAMENTO PARA O PLANEJAMENTO TERRITORIAL BRASILEIRO

O uso das geotecnologias vem revolucionando uma série de áreas de estudos. Imagens aéreas são utilizadas na atualização de cartografia, avaliação da cobertura vegetal, estudos em áreas urbanas e monitoramento de áreas agrícolas e meio ambiente (ANTUNES *et al.*, 2014). A utilização da geotecnologia como ferramenta tem uma grande relevância para análise espacial em suas diferentes e variadas discussões, possibilitando uma série de ganhos em relação a confiabilidade e precisão das informações diagnosticada (ROSA, 2009). A geotecnologia possui um conjunto no que se refere a aquisição, manipulação e integração de informações geográficas, podendo assim, gerar cartas, mapas ou até mesmo monitoramento em tempo real de fenômenos espaciais, pois qualquer lugar que tenha uma localização fixa pode ser analisado por um SIG (SILVEIRA, 2004).

A maneira mais efetiva e econômica de coletar dados para observação da terra é por meio de imagens de satélite (FELIX *et al.*, 2009). Existem pelos menos três grandes formas de utilizar a geotecnologia, para criação e produção de mapas, como suporte para análise espacial de fenômenos, e como um banco de dados geográfico como função de armazenamento e recuperação da função espacial (CÂMARA, 2005). A geotecnologia não possui em si respostas prontas, são ferramentas que auxiliam o usuário, pesquisador, especialista a descrever, representar e interferir sobre determinado fenômeno localizável no território (SILVEIRA, 2004).

A utilização integrada do geoprocessamento com informações georreferenciada, tem um potencial enorme, pois sua correta utilização permite compreender fenômenos naturais e suas inter-relações com a cultura humana. Além de facilitar a tomada de decisão satisfazendo múltiplos objetos, através da avaliação de um ou vários critérios facilitando o cruzamento de informações (EASTMAN, 1997).



## 2.2 CADASTRO AMBIENTAL RURAL

Para Kaufmann e Steudler (1998) o crescimento populacional causou aumento na utilização de recursos naturais e impactos sobre o meio ambiente. Com isso os Estados foram obrigados, por meio de legislações, a controlar e restringir os limites territoriais, uso e ocupação do solo. Esse controle tem por finalidade criar um serviço de registro imobiliário de lotes e parcelas através de mapas sistemáticos e cadastros de forma gráfica e descritiva, com o intuito de contemplar o número de parcelas, proprietário, área, destinação, além de uso e permissão.

Os dados cadastrais têm o objetivo de promover uma gama de informações associadas com a terra, incluindo o uso de solos e condições ambientais. Manter essas informações agregadas torna-se uma ferramenta indispensável para o gerenciamento do meio-ambiente promovendo o desenvolvimento territorial sustentável. Entre os sistemas cadastrais, o Cadastro Ambiental Rural (CAR) deriva de ferramentas desenvolvidas com objetivo de criar e aprimorar os cadastros relacionados ao uso do solo e condição ambiental (BATISTA; NASCIMENTO, 2014).

O CAR foi criado no código florestal de 2012 no plano do Sistema Nacional de informação sobre o Meio Ambiente (SINIMA), tendo as normas e os procedimentos de inscrição regulamentada pela instrução normativa do Ministério do Meio Ambiente n.º 2 de 6 de maio de 2014 (BRASIL, 2014). O CAR é um registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais do país e possui prazo indeterminado para realização da inscrição. Porém, conforme definido pela Lei n.º 13.887/19, o produtor rural que inscrever o imóvel rural no CAR, até a data limite definida como até 31 de dezembro de 2020, poderá aderir ao Programa de Regularização Ambiental com regras mais flexíveis para regularização ambiental das áreas consolidadas (BRASIL, 2019).

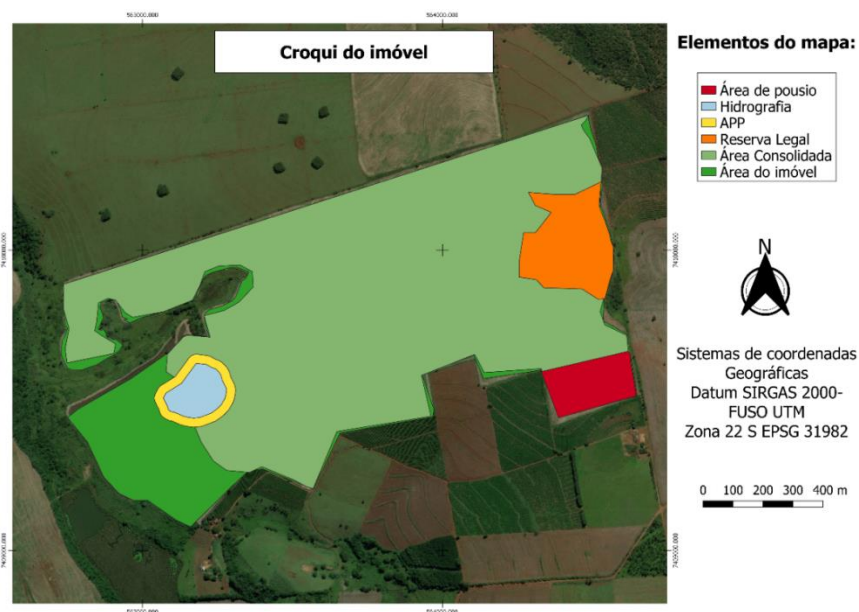
O CAR consiste em um sistema de registro nacional através do levantamento de imagens georreferenciadas do imóvel rural com o objetivo de monitorar a regularidade ambiental do mesmo, garantindo a execução da legislação ambiental. Com o uso do CAR outros órgãos ambientais como SISNAMA podem acessar as informações seguras e confiáveis quanto a localização (georreferenciamento) e regularidade dos imóveis (BARROSO; ALENCAR, 2014). A finalidade do CAR visa integrar informações ambientais da propriedade rural observando áreas de vegetação nativa, áreas degradadas, áreas de preservação permanente, área de servidão

administrativa, área consolidada e uso restrito. As imagens do CAR são provenientes de uma constelação de satélite de sensoriamento remoto denominado *RapidEye*, os cinco satélites são idênticos e se posicionam em órbita síncrona com o sol, sendo igual os espaçamentos entre satélites (BRASIL, 2019).

De acordo com a última atualização na plataforma SICAR, de 08 de fevereiro de 2021, o Brasil possuía 6.110.418 milhões de propriedades rurais cadastradas que ocupam uma área total de 614.355.082,25 ha do território brasileiro. A inscrição no CAR é a primeira etapa para a regularização ambiental. As informações serão inseridas pelo proprietário rural no Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), ou outro sistema desenvolvido pelo Estado, onde será possível realizar o cadastro, a consulta e o acompanhamento da situação de regularização ambiental dos imóveis rurais. Depois, as informações serão analisadas pelo órgão ambiental local que checará as informações prestadas pelos produtores rurais (CAPCAR, 2014).

Os dados cartográficos do imóvel são inseridos por meio do carregamento de arquivos vetoriais (*shapefiles*) ou vetorização manual sobre imagens de satélite disponibilizadas pelo programa. Podem ser colocados ou vetorizados manualmente os polígonos referentes a perímetro do imóvel e local da sede, áreas ocupadas por vegetação nativa, áreas rurais consolidadas, áreas de pousio, áreas de servidão administrativa, APP's (Área de Preservação Permanente) e RL's (Reserva Legal), como pode ser observado na figura a seguir (CAPCAR, 2014).

Figura 1 - Demarcação de uma propriedade rural



Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

## 2.3 GEOESTATÍSTICA

A utilização da geoestatística vem sendo usada desde o século XIX em várias áreas de conhecimento, mas somente após a consolidação proposto pelo Engenheiro Francês George Matheron é que a geoestatística passou a ser assim chamada e reconhecida como ciência. Ele incorporou os conceitos da estatística clássica ao conceito de variáveis regionalizadas que presumem a existência de correlações espaciais, proposta inicialmente por Daniel G. Krige em 1950 (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015).

Conforme Clark (1979), a geoestatística teve como objetivo principal estimar quantidades de minérios, como por exemplo o ouro. Porém, quando se existe amostra que tenham uma determinada posição no espaço, ou seja, existe coordenadas X e Y em casos 2D e X, Y e Z para casos 3D suas técnicas podem ser usadas, ainda que existe uma dependência espacial nos valores da amostra. Contudo na década de 80 a geoestatística ampliou sua atuação, sendo aplicada não só na mineralogia, mas também na agricultura de precisão, cartografia, climatologia, ecologia da paisagem, epidemiologia, geologia ambiental, hidrogeologia e pedologia (YAMAMOTO; LADIM, 2013).

Dessa maneira, a aplicação da geoestatística tem o objetivo de mapear a variação espaço/tempo em diversas áreas. Outra aplicação do método é utilizar valores conhecidos para estimar valores em locais desconhecidos pretendendo construir superfícies contínuas a partir de amostras pontuais (BARROS, 2009; MORAL, 2010).

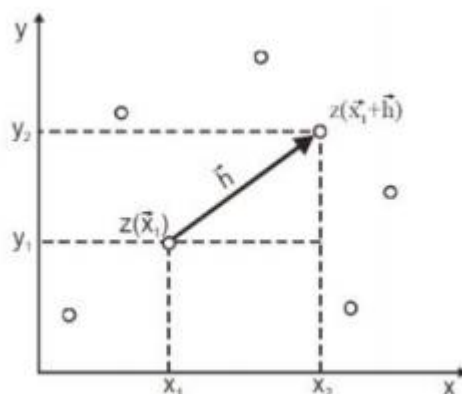
A geoestatística é algo mais complexo que a interpolação, ou seja, é um conjunto de técnicas que incluem a análise exploratória, análise estrutural da correlação espacial (modelagem do semivariograma) e validação do modelo e interpolação estatística da superfície (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015).

## 2.4 SEMIVARIOGRAMA

O semivariograma é uma ferramenta essencial utilizada na geoestatística, são funções matemáticas que determinam a dependência entre duas variáveis aleatórias regionalizadas, considerando a auto correlação das amostras em função de suas

distâncias e direções ao qual são referenciadas (CLARK, 2001). Na figura 2 é disposta uma superfície gráfica amostral destacando a distância entre dois pontos aleatórios.

Figura 2 - Distância entre pontos para estudo da semivariograma

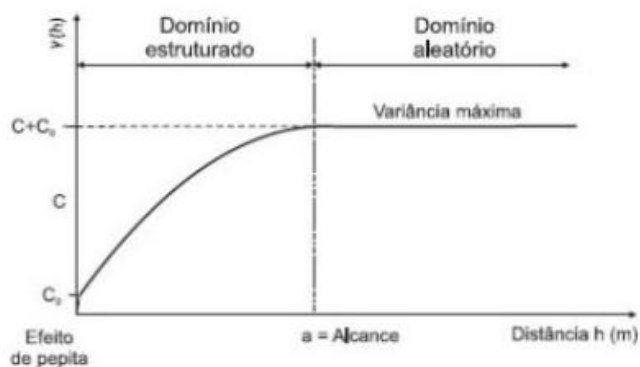


Fonte: Vasconcelos (2016)

Posteriormente, é apresentada outra imagem que representa a função entre variância ( $c$ ) e distância ( $h$ ). Para todos os pares de pontos que apresentam uma distância aproximadamente igual, é analisada a existência de uma correlação espacial entre eles por intermédio do estudo da variância (VASCONCELOS, 2016)

Na figura 3 são dispostos graficamente três fatores de extrema relevância para os estudos da semivariograma, que consiste no efeito pepita ( $C_0$ ), referente aos fatores aleatórios que independem do espaço, mas que podem influenciar nos dados previstos, além do alcance ( $C$ ) e o patamar ( $C + C_0$ ) que referem-se, respectivamente a distância e variâncias máximas, delimitando o domínio estruturado, onde há correlação espacial entre as amostra e o domínio aleatório, mostrando a influência desse parâmetro (VASCONCELOS, 2016).

Figura 3 - Superfície gráfica de um semivariograma

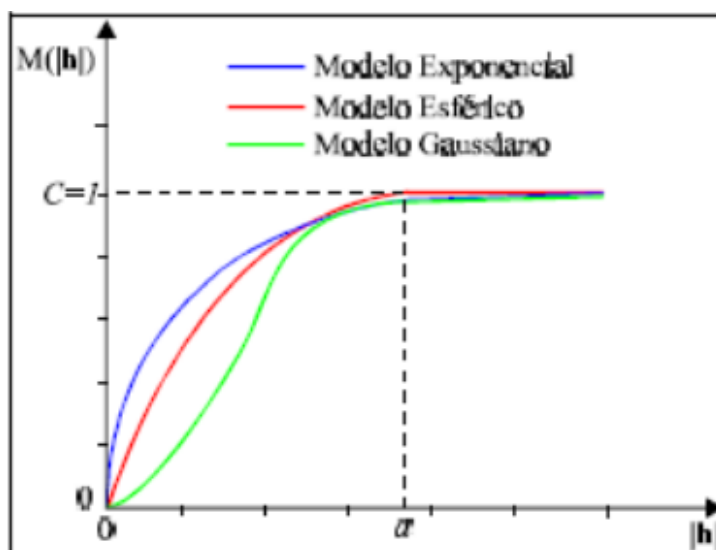


Fonte: Vasconcelos (2016)

A próxima etapa constitui-se no ajuste de um modelo teórico ao semivariograma experimental. O procedimento de ajuste não é direto e automático, mas sim interativo, pois nesse processo o intérprete faz o primeiro ajuste e verifica a adequação do modelo teórico. Dependendo do ajuste obtido, é possível ou não redefinir o modo, até o que seja considerado satisfatório (CÂMERA, 1998).

Três modelos de semivariograma isotrópico são eficazes para explicar os fenômenos. São eles: Esférico, Exponencial e Gaussiano (PELLISSARI, 2015). O modelo esférico é o mais utilizado, pois ele tem um crescimento rápido e linear desde a origem. O modelo exponencial é um modelo linear na origem, onde o alcance tem significado somente analítico, é utilizado quando  $h$  tende ao infinito (ANDRIOTTI, 2003). E o modelo Gaussiano, ele começa na origem representando os valores próximos a ela de forma parabólica, como ele é um modelo transitivo e cresce de forma suavizada, normalmente é empregado as modelagens que tem valores com alta continuidade (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989).

Figura 4 - Modelos de semivariograma



Fonte: Isaaks e Srivastava (1989)

## 2.5 KRIGAGEM

A krigagem foi batizada com esse nome pelo francês Georges Martheron nos anos 60, em homenagem ao pioneiro que iniciou os trabalhos Daniel Krige, ao usar médias móveis para evitar a super estimação sistêmicas de reservas em mineração (MELLO, 2004). De acordo com Ladim (2003), a krigagem acabou prevendo um determinado valor pontual de uma variável regionalizada em certo local no limite do campo geométrico, pois é um procedimento de interpolação exato que considera todos os valores observados.

Existem interpoladores que não consideram a dependência espacial, como IDW, que utiliza a média móvel ponderada e outros que interpolam por meio de polinômio bidimensionais (VIEIRA, 2000). Esses interpoladores não consideram a estrutura da variação espacial dos valores medidos mostrado pelo variograma, não determinando precisamente a variação dos dados interpolados, na krigagem o método é parecido ao interpolador por média móvel ponderada, exceto que os pesos associados aos vizinhos mais próximos são determinados pelo ajuste da variograma (VIEIRA, 2000).

Segundo Goovaerts (1998) a razão da krigagem ser um algoritmo de interpolação com base na minimização da variância do erro, a técnica tende a suavizar a variação espacial da informação em questão das suas estimativas, o que de acordo com o autor, faz com que valores abaixo da média sejam superestimados e os valor acima da média subestimado. Além disso, a suavização da krigagem não é uniforme, sendo de comportamento mínimo quando próximo os dados e aumento conforme essa distância aumenta.

### 2.5.1 Krigagem Ordinária

A krigagem ordinária (KO) é um artifício de estimação linear para uma variável regionalizada que atende a hipótese inerente e procura mitigar o erro da prognose, ou seja, o objetivo que o erro residual seja zero (LIMA, 2000). A metodologia da krigagem é que o erro da variância não apresenta enviesamento, e é um interpolador exato, ou seja, ela representa os pontos dos dados amostrais, a qual é uma característica muito

importante da KO, e representa muito bem a precisão local das estimativas resultante em termos de correlação entre os valores amostrados (FURIE, 2009).

Segundo Yamamoto e Ladim (2013) na krigagem simples, com a média calculada pela krigagem média, é gerada de modo que a prognose de um ponto não amostrado é resultado da combinação linear da sua vizinhança. A KO é o método de interpolação mais usual, devido sua simplicidade e bons resultados. Além disso, seu sucesso está interligado ao fato de que a KO foi o primeiro método de estimação a viabilizar um grau de incerteza pela variância.

## 2.6 INVERSO DO QUADRADO DA DISTÂNCIA

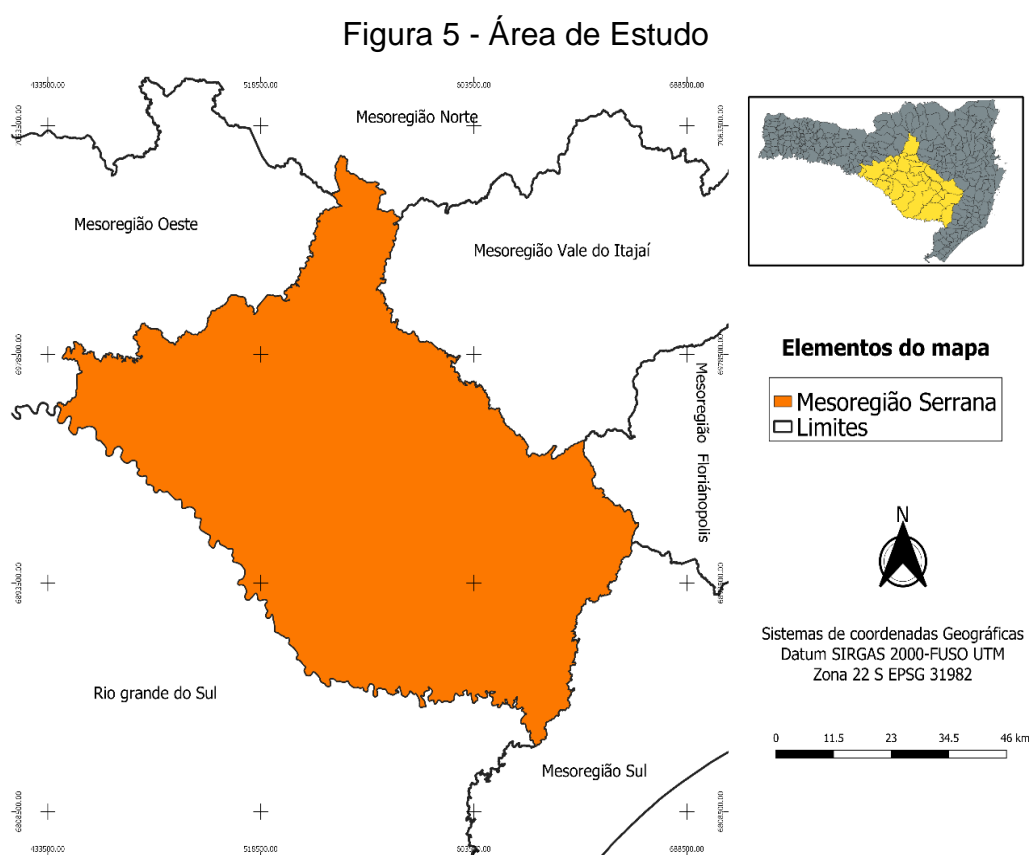
O método do IDW é um interpolador médio ponderado, que pode ser exato ou suavizado. Com o IDW, os dados são ponderados durante a interpolação, de modo que a influência de um ponto para outro, diminui com a distância do nó da grade. O peso é atribuído aos dados através do uso de uma ponderação, que controla como os fatores de pesos diminuem à medida que a distância do nó da grade aumenta (YANG *et al.*, 2004).

Os pesos atribuídos aos pontos da amostra são frações, ao calcular o valor para um nó de grade, sendo a soma de todos os pesos iguais a 1 (YANG *et al.*, 2004). Quando uma observação em particular coincide com um nó da grade, a distância entre essa observação e a grade nó é 0, então essa observação recebe um peso de 1,0 e todas as outras observações recebem pesos de 0,0. Portanto, o nó da grade recebe o valor do ponto coincidente (YANG *et al.*, 2004).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A mesorregião Serrana Catarinense é composta por 30 municípios, onde no total é dividido em duas microrregiões, sendo elas: Campos de Lages e Curitibaanos, com um tamanho total de 22.233 km<sup>2</sup> (IBGE,2017). A mesorregião Serrana Catarinense encontra-se na Unidade Geomorfológica Planalto de Lages. A sua forma de relevo é uma dessecação homogênea em forma de colina, essa homogeneidade é quebrada em algumas partes devido a presença de morros, como por exemplo o morro do tributo, com uma altura de 1.200 m, enquanto que na maior parte da unidade varia de 850 a 900 m (EMBRAPA, 2004).



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2020).



### 3.2 UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA QUANTUM GIS (QGIS)

No presente estudo foi utilizado o software Quanto Gis (QGIS) versão 3.10 Coruña. O QGIS é um software gratuito licenciado pela GNU (General Public Licence), baseado em um SIG. A interface do software é simples e de fácil manuseio, o programa fornece várias ferramentas que possibilitam visualizar, gerenciar, editar, analisar os dados e compor mapas impressos, obter impressão com determinados *screenshots* e uma lista de recursos mais detalhadas.

O programa permite consulta espaciais, exploração interativas de dados, identificação e seleção de geometrias, pesquisa, visualização e seleção de atributos e criação de simbologia vetorial e raster. Suporta as bases de dados geográficos PostGIS, SpatiaLite e *SQL Anywhere*, além de todos os formatos suportados pela biblioteca GDAL (*Geospatial Data Abstraction Library*) (ALMEIDA, 2011).

### 3.3 UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA SPATIAL ANALYSIS AND DECISION DISTANCE (SADA)

O SADA foi desenvolvido no Instituto de Modelagem Ambiental da *University of Tennessee*, é um software livre que possui ferramentas para avaliação ambiental em um ambiente de resolução de problemas eficaz. Essas ferramentas incluem módulos integrados para visualização, análise geoespacial, análise estatística, as ferramentas incluem métodos para medir a correlação espacial entre dados, modelando a correlação espacial e produzir mapas, dentre as ferramentas está a krigagem (TENNESSEE, 2007).

As técnicas de visualização no SADA são simples de usar, facilitando a exploração de dados, modelagem, componentes de análise de decisão, e possui várias funções conhecidas pelos analistas de SIG. O SADA fornece vários métodos para exploração de dados espaciais em duas ou três dimensões, o programa pode aceitar camadas de mapa de um SIG salvo em um formato de troca de dados (e.g. *dxf*), formato de arquivo de forma (*shp*) ou uma variedade de formatos raster incluindo JPEG, GIF e TIFF (TENNESSEE, 2007).

### 3.4 DADOS UTILIZADOS

Os dados vetoriais do CAR, estão disponíveis no site Sicar, através da plataforma que integra as informações que são gerenciadas estadualmente para todo o Brasil, mediante a Unidade Federativa e posteriormente 'Municípios'. Os dados estão em formato shapefile (*shp*) com coordenadas geográficas conhecidas. É possível, desta forma, fazer o download das Áreas declaradas no CAR como: área do imóvel, app, áreas de altitude superior a 1.800 m, área de declividade maior que 45°, área de topo de morro, nascente, reserva legal, área consolidada, área de pouso, hidrografia, servidão administrativa e uso restrito. Para análise de dados vetoriais será utilizado apenas o dado temático correspondente a área do imóvel, conforme a figura a seguir.

Figura 6 - Base para *download* dos dados CAR



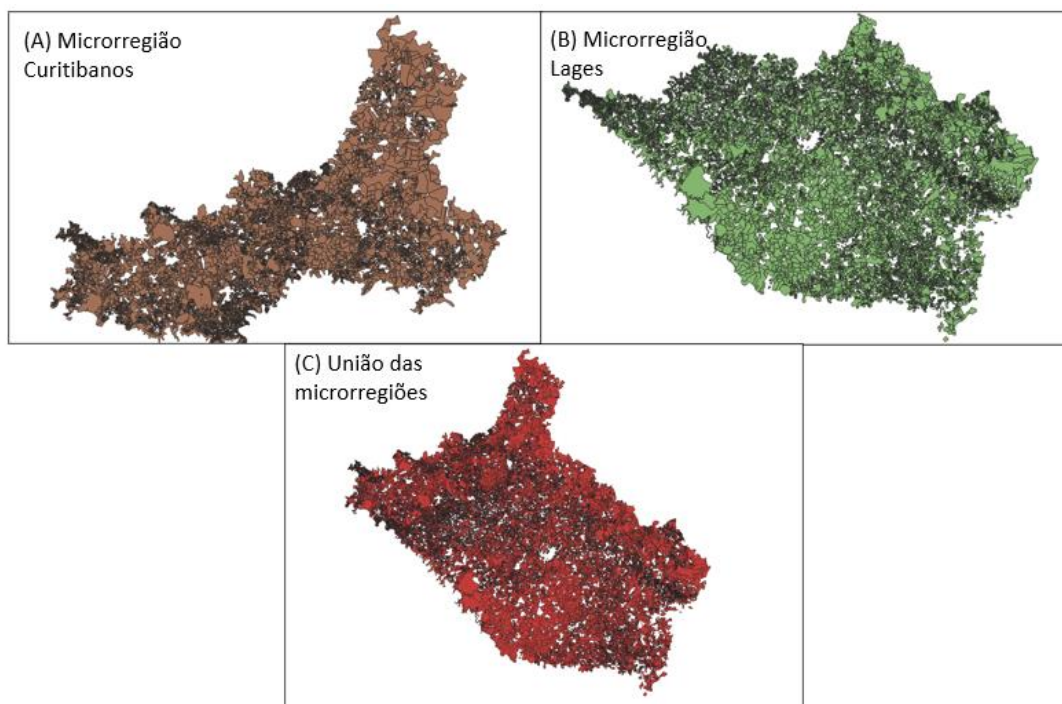
Fonte: Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (2020).  
Disponível em: <https://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>. Acesso em: 29 jan. 2021.

### 3.5 PROCEDIMENTO DA ANÁLISE

Após o download dos dados obtidos do CAR de cada município da mesorregião Serrana Catarinense, os municípios tem os polígonos dos imóveis rurais. Para a união das propriedades, foi utilizado o programa QGIS, onde foi inserido os arquivos do imóvel em formato *shapefile* com a seguinte feição: área do imóvel, com o sistema de projeção SIRGAS 2000 com o fuso Universal Transverso Mercator (UTM). Para compor as mesorregiões foi feito a união de todos os municípios, como mostra a figura

sete, bem como sua tabela de atributos, através da ferramenta 'Mesclar camada Vetoriais', onde gerou apenas um arquivo *.shp* contendo todos os municípios presente de cada microrregião.

Figura 7 - União dos polígonos dos imóveis rurais



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Posteriormente, foi calculado a área total de cada propriedade rural, o QGIS permite que sejam realizados cálculos de forma simples através da sua calculadora contida na tabela de atributos.

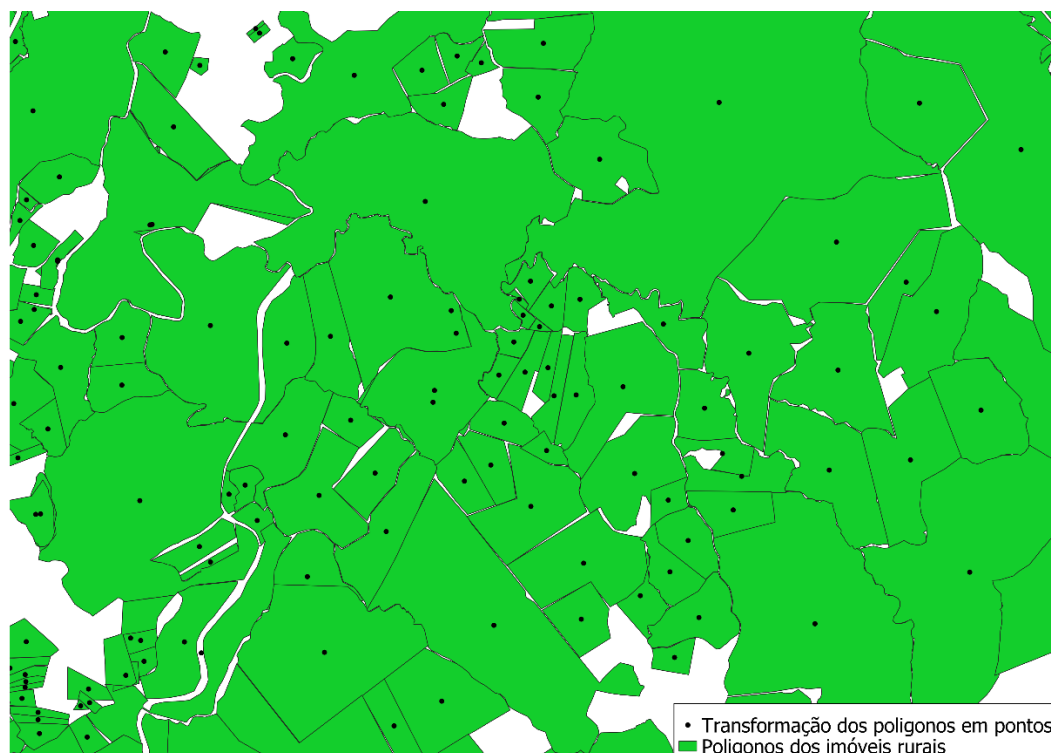
Figura 8 - Tabela de atributos dos imóveis rurais

	fid	COD_IMOVEL	COD_ESTADO	NOM_MUNICI	NUM_MODULO	TIPO_IMOVE	layer	path	area_ha
1	4640	SC-4203402-89...	SC	Campo Belo do...	3.223700000000...	IRU	AREA_IMOVEL	C:\Users\Victor...	77
2	4643	SC-4203402-11...	SC	Campo Belo do...	0.5122	IRU	AREA_IMOVEL	C:\Users\Victor...	12
3	16897	SC-4209300-BD...	SC	Lages	3.353700000000...	IRU	AREA_IMOVEL	C:\Users\Victor...	67
4	928	SC-4202875-1E...	SC	Brunópolis	2.287000000000...	IRU	AREA_IMOVEL	C:\Users\Victor...	46
5	3021	SC-4203600-57...	SC	Campos Novos	2.189200000000...	IRU	AREA_IMOVEL	C:\Users\Victor...	44
6	3023	SC-4203600-9B...	SC	Campos Novos	0.7246	IRU	AREA_IMOVEL	C:\Users\Victor...	15
7	8441	SC-4204806-6F...	SC	Curitibaanos	6.653700000000...	IRU	AREA_IMOVEL	C:\Users\Victor...	160

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Em seguida, cada propriedade rural foi transformada em ponto, onde cada ponto vai representar o tamanho da propriedade. A Figura 9 mostra a transformação dos polígonos em pontos.

Figura 9 - Transformação dos polígonos em pontos



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Após a transformação dos polígonos em pontos, os pontos georreferenciados dos imóveis rurais foram importados para o software estatístico R de plataforma livre versão R 3.0.1+. Onde se processou a análise estatística por intermédio do histograma, que apresenta informações da distribuição da frequência para um parâmetro específico a ser analisado, no caso, o tamanho dos imóveis rurais. Além disso, forneceu valores máximos e mínimos dentre os observados, bem como o valor da média, mediana e desvio padrão.

Após a análise estatística, foi selecionado aleatoriamente 50% dos pontos para análises espacial, os mesmos serão salvos em formato .csv com coordenadas conhecidas. Após se procedeu a importação para o programa SADA para realizar a análise em que o valor a ser analisado é o tamanho de cada propriedade rural, conforme a figura a seguir:

Figura 10 – Informações dos imóveis rurais para análise no programa SADA

Matching Headers with Categories

At this point, SADA needs to match fields in your dataset with the types of information it needs. Some information is required while others are optional. In the case of depth, you will need to specify a depth field if your data are in 3d. In the case of risk assessment, you will need to specify a media field.

Required

Name: area

Values: AREA\_HAC

Easting: X

Northing: Y

Optional (but useful)

Depth: (None)

CAS Number: (None)

Detect Qualifier: (None)

Media Id: (None)

Date: (None)

OK Cancel Help

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Para estimar a distribuição espacial das propriedades rurais, foi utilizado procedimentos de interpolação, que permite gerar superfícies contínuas através de pontos amostrais. As variáveis de entrada são arquivos vetoriais do tipo ponto e o produto de saída é transformado para um formato raster (SOARES *et.al*, 2008).

Neste trabalho, foram utilizados dois métodos de interpolação, o IDW e a KO. A krigagem usa a posição geográfica dos dados para interpolação a partir dos semivariograma (equação 1), para estimar os valores em qualquer posição dentro do campo em unidades métricas conhecidas, como milhas, quilômetros entre os outros (JAKOB, 2002).

$$\text{Equação 1: } y^{(h)} = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^N [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Onde Y é a semivariância e N(h) é o número de pares de valores medidos Z(xi) e Z(xi+h) separados por um vetor h.

Depois de gerar o semivariograma experimental, o mesmo foi ajustado de modo a definir os seguintes parâmetros: alcance(a), patamar(c) e o efeito pepita ( $C_0$ ) (Reis,2013). Após definido o modelo variográfico e todos os parâmetros da semivariograma e a interpolação do tamanho das propriedades rurais, onde foi feito com base na estimação por KO em que cada célula terá um tamanho de 250 x 250 m, após a geração dos mapas, os mesmos serão salvos e abertos no programa QGIS.

Nesta interpolação leva-se em consideração a continuidade existente entre os valores dos pontos amostrados e o não amostrado, para o qual se pretende obter uma estimativa (SILVA, 2016).

O método IDW utiliza pesos maiores e são atribuídos a amostra mais próxima do que para amostra mais distante do ponto a ser interpolado, sendo assim, o modelo consiste em se multiplicar os valores da amostra pelo inverso das suas respectivas distâncias ao ponto de referência para interpolação dos valores (VARELLA; JUNIOR, 2008). Conforme a equação 2:

$$\text{Equação 2: } x_p = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^2} x x_i\right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^2}\right)}$$

Onde:  $x_p$  = valor interpolado;  $x_i$  = valor da i-ésimo ponto vizinho;  $d_i$  = distância entre o i-ésimo ponto de vizinho e o ponto de interesse.

Por fim, são gerados mapas da mesorregião Serrana Catarinense que estimam o comportamento das propriedades para área estudada, levando em consideração que os mapas geram a estimativa por toda superfície espacial delimitada, através dos pontos dispostos no espaço.

Após a geração dos mapas temáticos de distribuição espacial, realizou-se um mapa de declividade com o intuito de analisar a existência ou não de uma relação entre os imóveis rurais e as classes de declividade. A base de dados utilizada para geração do mapa de declividade foi a missão SRTM, cuja a base de dados está disponível no site TOPODATA (<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>). A ferramenta utilizada no QGIS foi o algoritmo declividade para geração do mapa, posteriormente, foi reclassificado segundo as classes da Embrapa utilizando o algoritmo r.reclass para reclassificação.

Tabela 1 - Classificação de relevo segunda a Embrapa

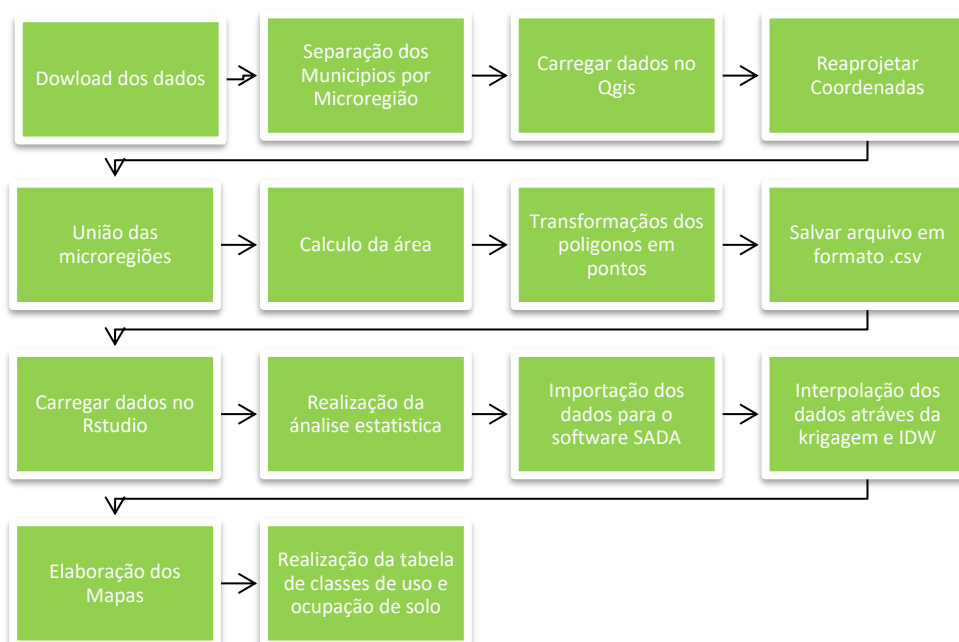
Declividade %	Discriminação
0 - 3	Relevo plano
3 - 8	Relevo suavemente ondulado
8 - 20	Relevo ondulado
20 - 45	Relevo fortemente ondulado
45 - 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo fortemente montanhoso

Fonte: Embrapa (1979)

Ainda no que tange a relação entre a distribuição espacial das propriedades rurais com outros fatores, foi elaborado uma tabela de classes de uso e ocupação de solo por município, com o propósito de observar possíveis relações entre as classes de lavouras temporárias, pastagens, matas ou florestas plantadas e as grandes propriedades, assim como a classe de lavoura permanente e as pequenas propriedades. Para elaboração da tabela do uso e ocupação do solo, foram utilizados os dados disponíveis na plataforma Sidra (IBGE, 2019).

Na figura 11 é apresentado o fluxograma de todas as etapas realizadas no presente trabalho.

Figura 11 - Fluxograma da metodologia do trabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA ESPACIAL

Para análise exploratória de dados foi analisado 35.708 imóveis rurais. Na mesorregião Serrana Catarinense a soma total dos imóveis rurais corresponde a um total 1,98 milhões de hectares.

Tabela 2 - Valores das estatísticas descritivas dos imóveis rurais na mesorregião Serrana Catarinense.

Estatística	Valores
<b>Média (ha)</b>	55,56
<b>Variância (S<sup>2</sup>)</b>	32.920,47
<b>Desvio Padrão (S)</b>	181,44
<b>Coefficiente de variação (CV)</b>	326,00 %
<b>Coefficiente de assimetria</b>	24,3 <sup>o</sup>
<b>Valor Mínimo (ha)</b>	0,00
<b>1<sup>o</sup> quartil (ha)</b>	8,00
<b>Mediana (ha)</b>	18,00
<b>3<sup>o</sup> quartil (ha)</b>	46,00
<b>Valor máximo (ha)</b>	13671,00

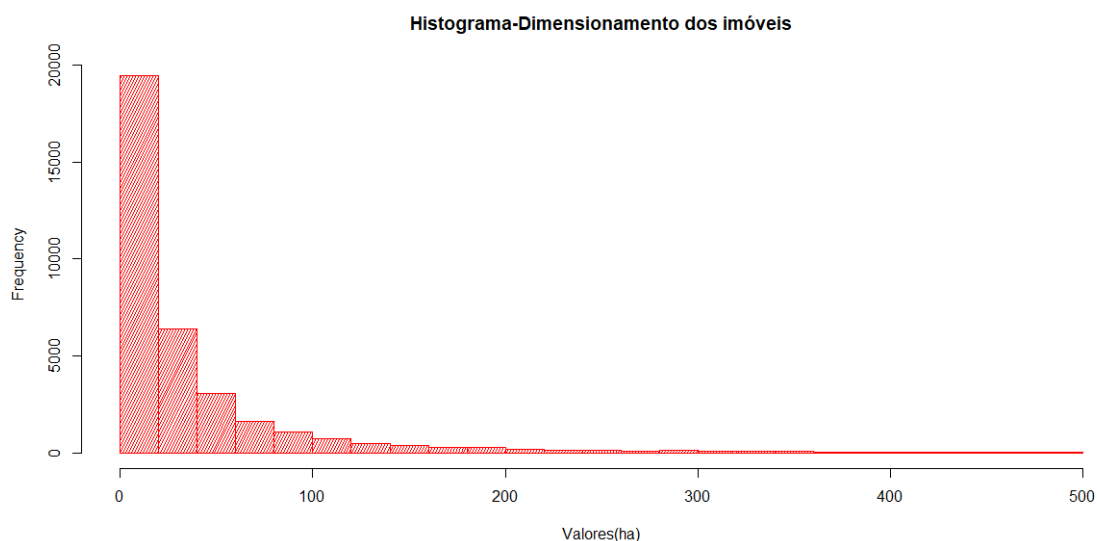
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

A partir da análise da estatística descritiva foi possível observar em termos gerais que as variáveis analisadas são bem dispersas, pois os valores da média e mediana estão bem distantes entre si e o coeficiente assimétrico está bem afastado, demonstrando assim que as propriedades são bem heterogêneas em relação à média. O coeficiente de variação é uma medida de dispersão para comparar um ou mais conjunto de dados, observando o valor pode-se dizer que o CV foi maior que 30%, sendo um coeficiente muito alto, apresentando dados muito dispersos em relação à média, mostrando a diferença entre propriedades. Dessa maneira pode-se observar que o tamanho dos imóveis rurais se encontra entre Q1 e Q3, indicando que existe uma maior concentração de propriedades entre esses extremos.

A figura 12 apresenta o histograma dos dados para cada valor do tamanho do imóvel rural.



Figura 12 - Histograma dos dados dos imóveis rurais da mesorregião Serrana Catarinense em ha.

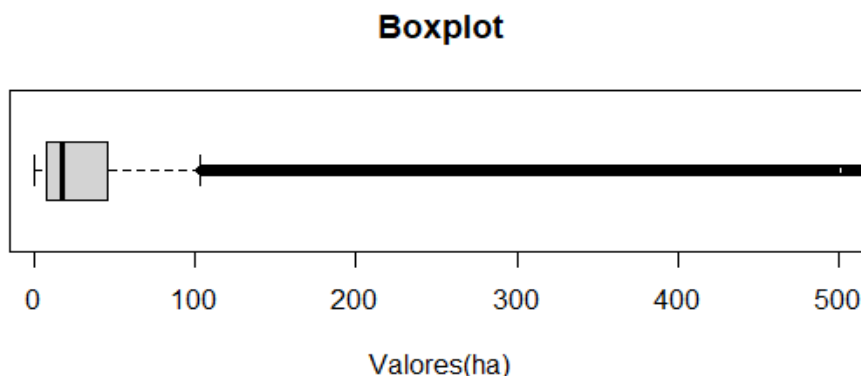


Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Com a análise do histograma, é possível observar que há uma tendência de concentração de imóveis menores que 100 hectares com alta frequência à esquerda do histograma, demonstrando que na mesorregião Serrana Catarinense possui imóveis menores que 100 hectares. Então, conforme aumenta o tamanho do imóvel rural a quantidade total dos imóveis rurais em relação a sua dimensão na mesorregião Serrana tende a diminuir, dessa maneira o histograma é assimétrico positivo ou à direita. Do total dos imóveis analisados, 31.554 imóveis são menores que 100 hectares, cuja porcentagem é de 88,36%. Sendo que do total, 4.037 imóveis restantes correspondem a 11,30% do total dos imóveis analisados, portanto, esses dados restantes influenciam significativamente o resultado final.

A figura 13 apresenta os boxplot dos dados para cada valor do tamanho do imóvel rural.

Figura 13 - Gráfico boxplot dos dados dos imóveis rurais em ha



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Dessa forma, por meio da análise descritiva dos dados, pode-se observar que os imóveis rurais maiores que 100 hectares influenciaram fortemente o resultado, fazendo com que apenas 1 imóvel fosse capaz de influenciar toda a análise.

Dessa maneira o presente estudo não visa a eliminação desses outliers pois objetivo é observar a distribuição dos mesmos no espaço, sendo assim se eliminasse todos esses outliers iria influenciar diretamente o resultado final.

#### 4.2 ANÁLISE GEOESTATÍSTICA

Posteriormente, foi feita a construção do semivariograma experimental, onde foi realizado o ajuste a um modelo teórico. Foram selecionados 50% dos imóveis rurais para fazer a análise geoestatística, afim de saber de fato, se o método será eficiente. Foram testados três modelos de curvas para ajustes da KO (exponencial, gaussiano e esférico). Dentre os modelos, o exponencial mostrou o melhor ajuste.

Tabela 3 - Valor dos parâmetros ajustados ao semivariograma dos imóveis rurais em km.

Modelo	Tipo	Efeito pepita (C)	Patamar (C + C <sub>0</sub> )	Alcance	C/ (C+ C <sub>0</sub> )
1	Esférico	7,4	22,24	89,88	33,27%
2	Exponencial	3,7	25,94	24,96	14,85%
3	Gausiano	0	18,53	43,24	0%

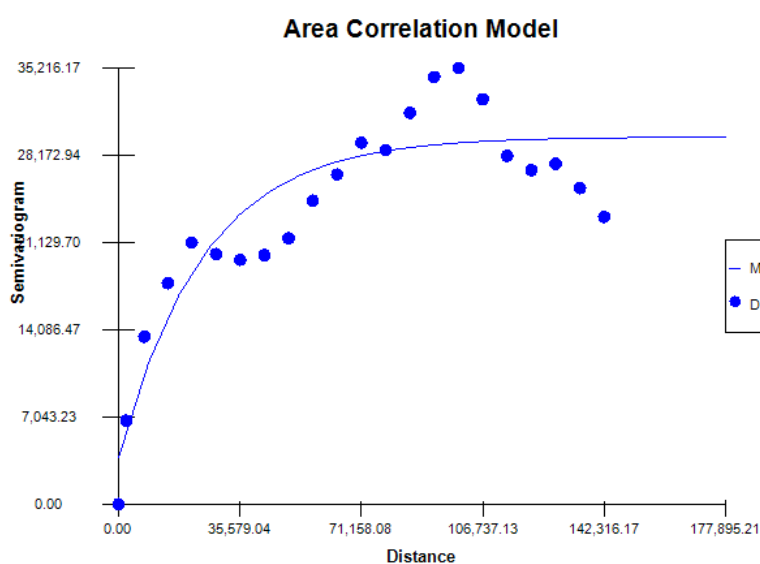
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Esta tabela mostra as análises geoestáticas. Um efeito pepita grande significa que existe uma grande diferenciação de valores em pequenas distâncias, ou seja, imóveis rurais com alta variação em relação ao seu tamanho. O efeito pepita visa controlar a presença de grandes imóveis rurais que influencia a vizinhança, embora a média geral na vizinhança tenda a ter influência maior, o efeito pepita vai controlar o efeito desses valores extremos, onde se o efeito pepita for alto, o mapa fica mais suavizado, se o efeito pepita for zero, então o mapa fica com mudanças mais bruscas.

A análise do grau de dependência espacial dos atributos foi realizada segundo Cambardella *et al.* (1994), em que são considerados dependência espacial fraca os semivariogramas que têm um efeito pepita menor ou igual 25 % do patamar, moderada entre 25% e 75%, e forte quando for maior que 75%.

Outro resultado importante do semivariograma são os valores do alcance. Este parâmetro mostra, para distância menores, que o alcance das amostras é correlacionado entre si e podem ser utilizadas para interpolação dos locais não amostrados (VIEIRA, 2000).

Figura 14 - Semivariograma dos imóveis rurais em km<sup>2</sup>.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Baseado nos valores da semivariograma, a confirmação da premissa expostas pela autocorrelação espacial, na qual os imóveis mais distantes tendem a apresentar discrepância nos valores em relação aqueles mais próximos, pode-se observar então

que o patamar foi atingido por volta de 25.94 km e o alcance próximo a 25 km, indicando que não existe mais correlação espacial entre os pontos, por isso, nota-se um achatamento no semivariograma. Observar-se ainda que próximo da origem da semivariância apresenta valores baixos, pois há uma forte correlação espacial entre os imóveis, principalmente as que estão próximos uns aos outros.

#### 4.3 ANÁLISE ESPACIAL ATRAVÉS DA KRIGAGEM E IDW

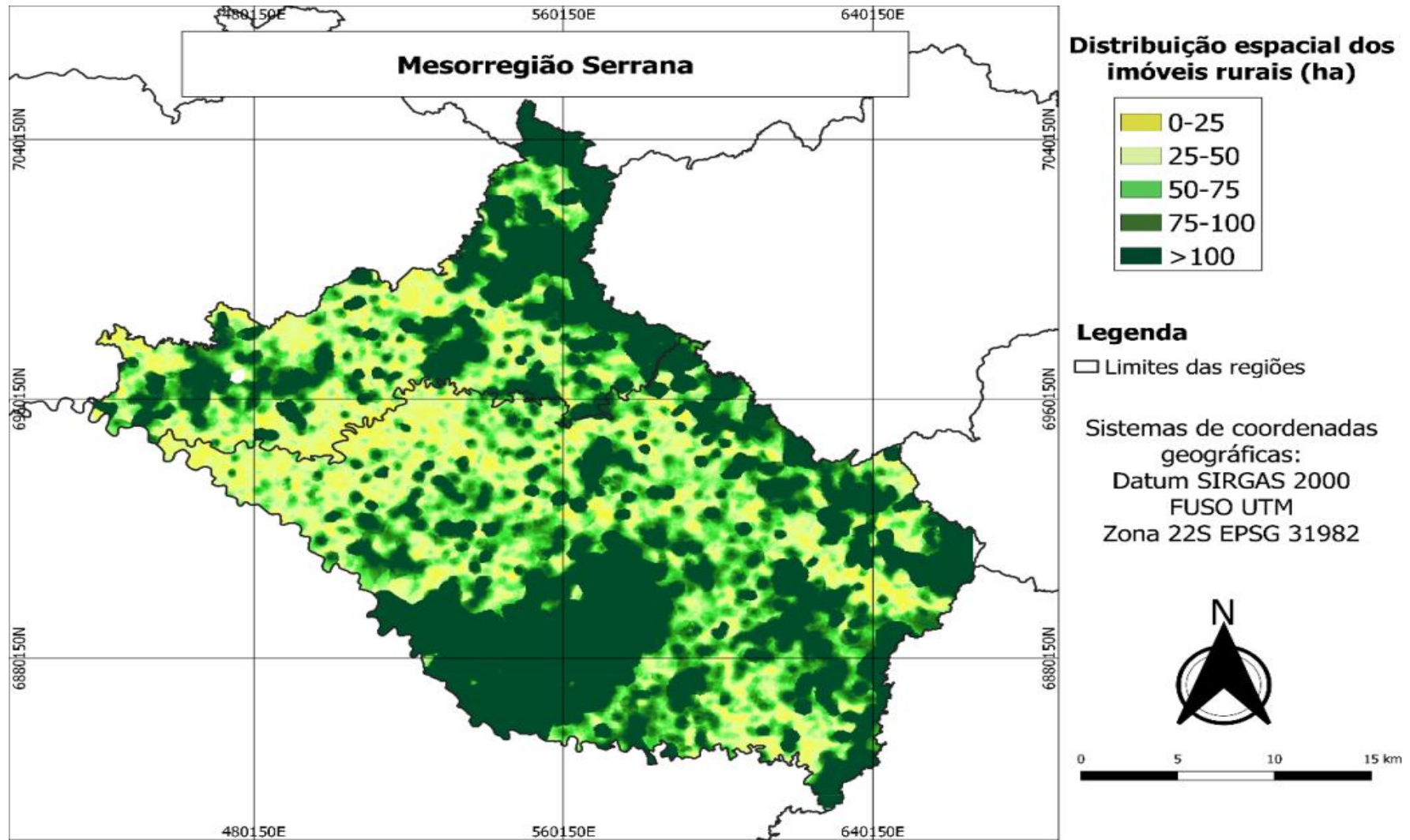
A última etapa deste trabalho consiste em gerar superfícies contendo a distribuição espacial dos imóveis rurais na mesorregião Serrana Catarinense.

Depois de gerado o semivariograma e verificado sua precisão através das análises das tabelas e gráficos já apresentados, o software SAGA fornece a opção de especialização do parâmetro estudado, fornecendo a estimativa da distribuição espacial dos imóveis e cobrindo toda a superfície avaliada.

Com o intuito de observar o comportamento espacial dos imóveis rurais ao longo da mesorregião estudada, os intervalos dos imóveis foram definidos de acordo com o seu dimensionamento. Sendo assim, é possível verificar com maior precisão a distribuição espacial dos imóveis rurais. Nas figuras 15 e 16, é disposto para o estudo deste trabalho, a especialização da superfície da mesorregião Serrana Catarinense com a distribuição espacial dos imóveis em relação ao seu tamanho resultante da interpolação aplicada.

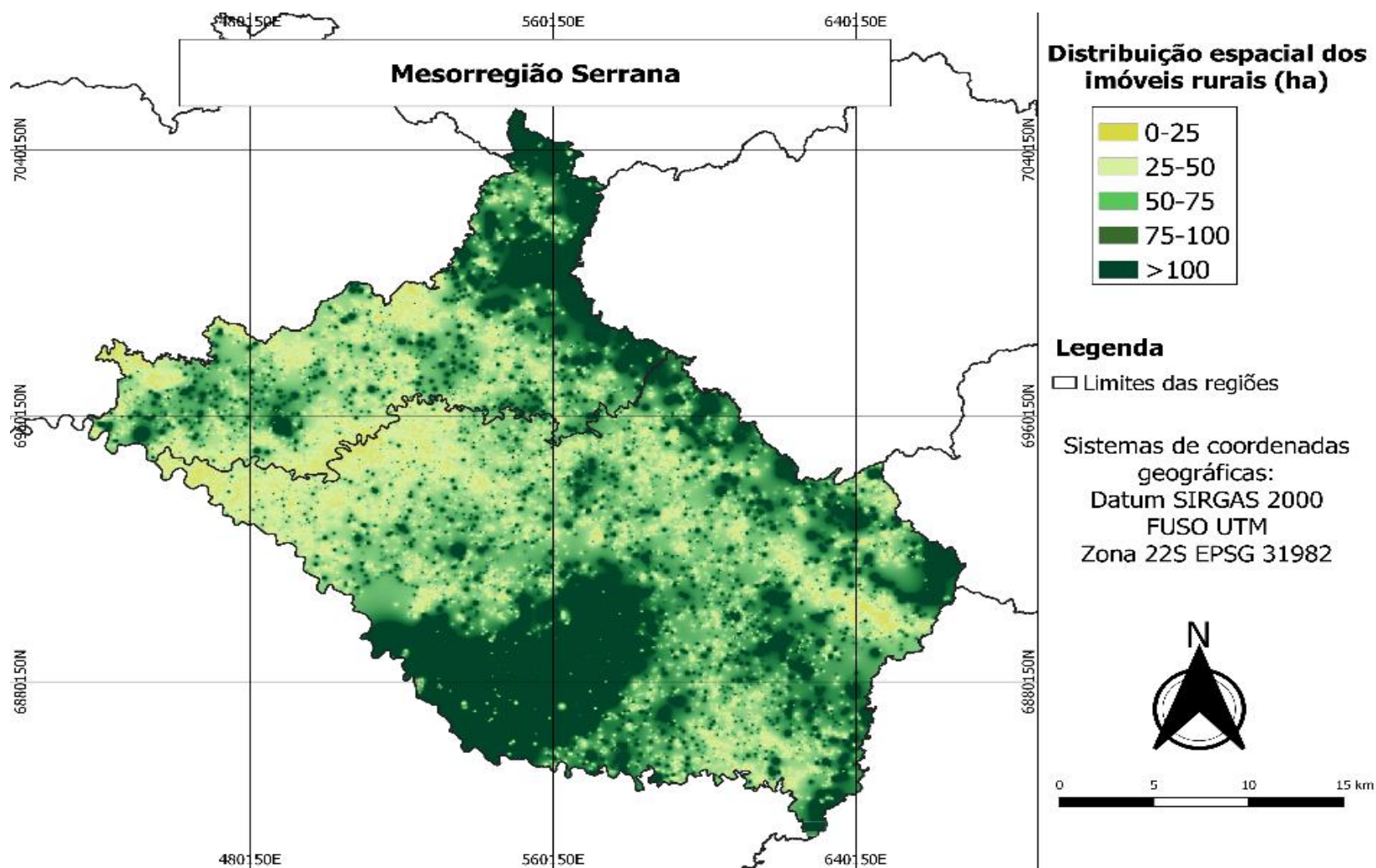
Na sequência as figuras 15 e 16, em que na figura 15 se apresenta a metodologia de interpolação KO e na Figura 16 foi utilizado o método IDW para fazer a comparação com a KO.

Figura 15 - Interpolação dos Imóveis Rurais pelo método de Krigagem Ordinária



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 16 - Interpolação dos Imóveis Rurais pelo método IDW



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Através dos mapas gerados pela KO e IDW com 50% dos imóveis rurais, é possível observar que de fato existe um comportamento maior dos imóveis rurais menores que 50 hectares. Verifica-se que os imóveis maiores que 100 ha, se encontram próximo uns aos outros, essa observação ressalta a importância das características de determinada área.

Em áreas onde há uma concentração considerável de pequenas propriedades rurais são observados características bem semelhantes. Bem como destaca-se a influência da autocorrelação espacial entre os imóveis, ou seja, nas regiões que se encontram os imóveis maiores que 100 hectares existem também a presença de pequenas propriedades, essas, por estarem ao redor de grandes propriedades não aparecem, o resultado final então é influenciado, o contrário também acontece.

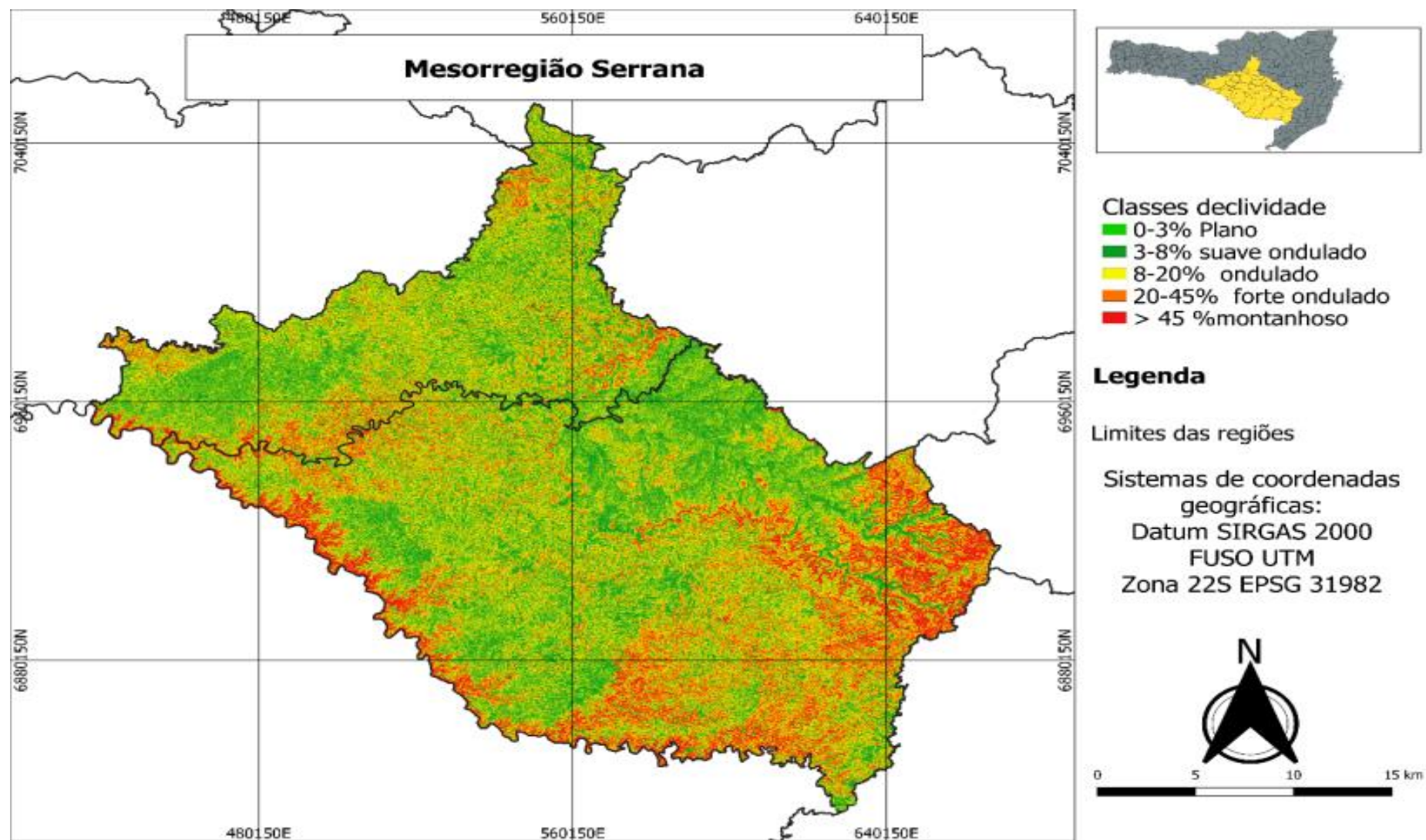
Vale lembrar, que na maioria dos estudos relacionados a ciência do solo podem ter um comportamento anisotrópico, ou seja, o fenômeno estudado revela diferentes padrões de dependência espacial, apresentando uma variabilidade que não é a mesma em todas as direções devido a alguma característica que condicione tal comportamento, como relevo, material de origem, escoamento superficial, etc. (GUEDES *et al.*, 2008; ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989; VIEIRA, 2000).

Se o objetivo do estudo é indicar a distribuição espacial dos imóveis rurais as figuras 15 e 16 mostraram que qualquer destas técnicas de interpolação podem ser empregados. Os mapas gerados seriam basicamente os mesmos, apenas com áreas mais suavizadas ou com um maior detalhamento de informações. Além disso, a figura 16 mostra que o mapa gerado pelo método IDW sofre forte interferência do efeito “bulls eyes” (ISAAKS; SKRISTAVA, 1989) ao redor de cada ponto. Já o mapa de KO mostra uma representação mais suave e fiel do que está no campo. Sendo assim, vale ressaltar a importância da seleção de um modelo adequado de semivariograma, pois a minimização do erro contribui diretamente para uma especialização mais precisa.

Na figura 17, pode ser visto o relevo da mesorregião Serrana Catarinense, na qual é marcado por índices de declividade como mostra a figura a seguir.



Figura 17 - Classes de declividade da mesorregião serrana Catarinense



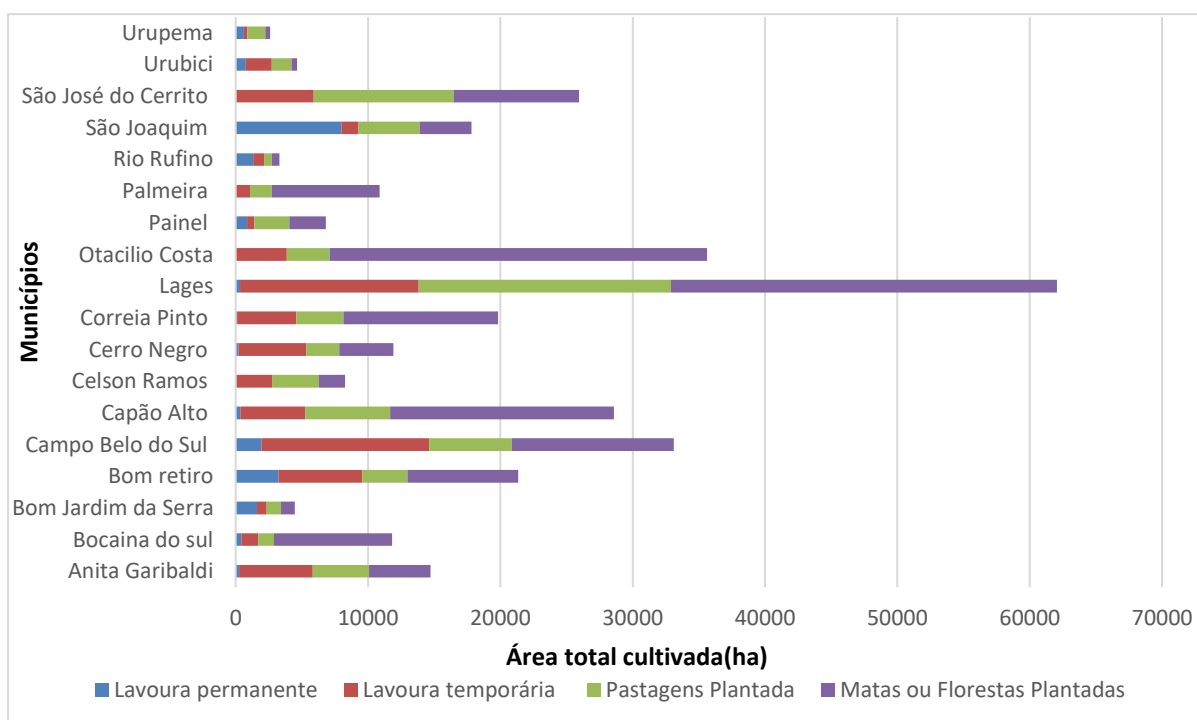
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)



Sabe-se que a declividade de certo local influencia fortemente uma propriedade rural, pois é um dos fatores que determina cultivo na propriedade. Contudo, pode-se notar que os imóveis rurais maiores que 100 hectares se encontram nas regiões onde o terreno é plano ou ondulado. As pequenas propriedades são encontradas nas regiões onde o terreno é ondulado e fortemente ondulado, onde muitas vezes o cultivo de grãos se torna inapropriado e as culturas frutíferas e olerícolas nessa região são adequadas.

A interpolação foi utilizada como forma de mostrar a distribuição espacial dos imóveis rurais através dos dados obtidos do CAR. Desta forma, observando a características da mesorregião Serrana Catarinense, pode-se dizer que a distribuição dos imóveis rurais está fortemente relacionada às características de relevo da região e apresenta elevada diversidade de produtos de origem agrícola e pecuária, na qual se destaca a lavoura temporária, lavoura permanente, pecuária e silvicultura, como mostra a figura a seguir.

Figura 18 - Área dos estabelecimentos agropecuários da Microrregião de Lages com base nos dados do IBGE (2017)

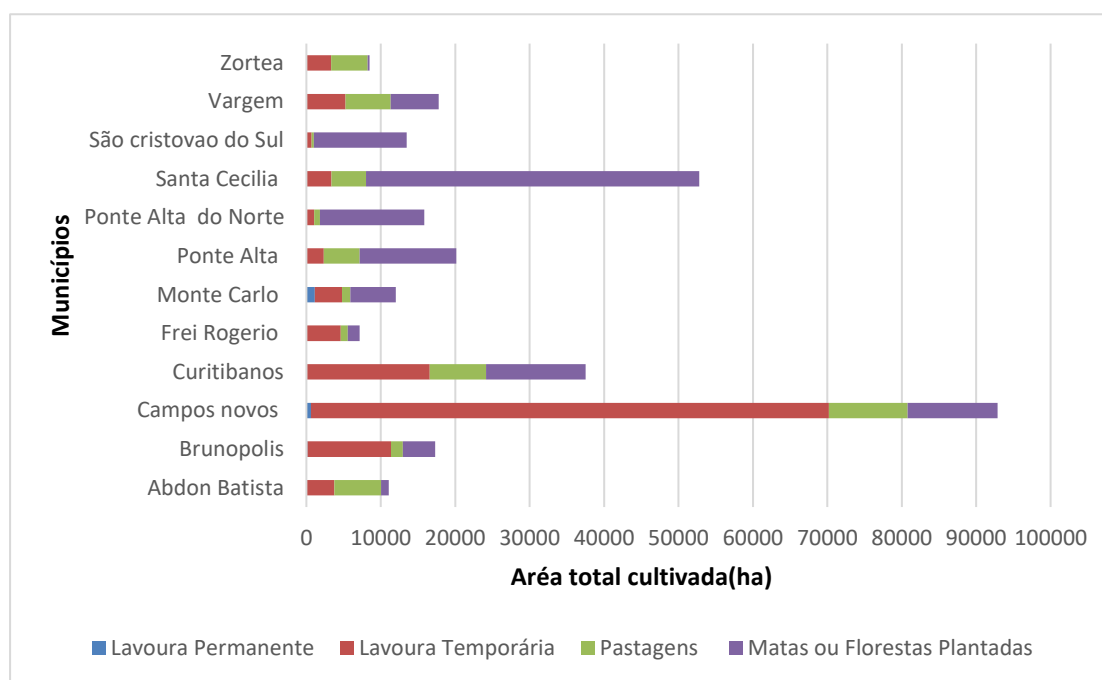


Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Observando a microrregião de Lages encontra-se dois obstáculos herdados pelo seu modelo de ocupação com prioridade para grandes propriedades. Primeiro é a produção pecuária extensiva, onde encontra-se basicamente em todos os municípios. Outro é a exploração de pinus, na qual se destaca os municípios de Lages e Otacílio costa. Outra grande diversidade é a fruticultura onde o município de São Joaquim se destaca permitindo o cultivo. As culturas temporárias também são cultivadas em todos os municípios exceto no município de Otacílio Costa e São Joaquim.

Nesse sentido, foi elaborado uma figura para representar os cultivos da Microrregião de Curitibaanos.

Figura 19 - Área dos estabelecimentos agropecuários da Microrregião de Curitibaanos com base nos dados do IBGE (2017)



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Na microrregião de Curitibaanos existe uma grande diversidade de produtos cultivados. A presença de lavoura permanentes como, maçã, pera, pêssigo e uva ocorrem apenas no município de Campos Novos e Monte Carlo, com uma área de 1.124 e 619 ha respectivamente. A lavoura temporária como, soja, milho, feijão, trigo, e cevada por exemplo, estão presentes basicamente em todos os municípios, mas o que mais se destaca é o Município de Campos Novos com uma área total cultivada

de 69.603 ha. As pastagens aparecem em todos os municípios devido a criação extensiva de bovinos, caprinos e ovinos, e a criação desses animais se dá principalmente por agricultores familiares da região. O município de Santa Cecília, Ponte Alta e São Cristóvão do Sul há o predomínio de áreas extensas para a exploração de florestas plantadas, mas essas características não são exclusivas apenas para esse município, pois todos os municípios da microrregião exploram a silvicultura.

Sendo assim, observa-se que na mesorregião Serrana Catarinense, há o predomínio de grandes propriedades rurais nos principais centros urbanos, que de acordo com as características da região irá influenciar diretamente em determinados cultivos.

## 5 CONCLUSÃO

Através da elaboração deste trabalho, possibilitou demonstrar a variação espacial dos imóveis rurais na superfície da mesorregião Serrana Catarinense. Utilizando a geostatística através da interpolação da KO e IDW, demonstrando que ambos os métodos apresentam bons resultados, tratando-se de distribuição espacial dos imóveis observou-se que a definição de área de estudo deve ser minuciosamente analisado. Diversos fatores podem estar relacionados com a distribuição espacial dos imóveis, como características do solo, relevo e cultivos, conforme já foi apresentado.

Compreende-se que os resultados até aqui alcançados através dos métodos e procedimentos computacionais, auxiliaram compreender de forma integrada o ordenamento territorial adequado. Acredita-se que o mapeamento da distribuição espacial dos imóveis rurais é de grande importância para auxiliar trabalhos futuros em diversas áreas, principalmente na área da geoestatística.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Luciana Cristina. **Análise espacial de dados com Quantum Gis:** exercícios realizados durante tópico especial ofertado pelo programa de Pós-Graduação em Geografia da UFSC, Observatorium, 3: 173-194, 2011.
- ANDRIOTTI, José Leonardo Silva. **Fundamentos de estatística e geoestatística.** Unisinos, 2003, 165p.
- ANTUNES, Mario Antônio Homem; DEBIASI, Paula; SIQUEIRA, Jéssica Caroline do Santos. **Avaliação espectral e geométrica das imagens RapidEye e seu potencial para o mapeamento e monitoramento agrícola e ambiental.** Revista Brasileira de Cartografia. n. 66/1. p. 105-113, 2014.
- BATISTA, E. M.; NASCIMENTO, R. S. **Cadastro Territorial Rural e o Registro de Informações Ambientais da Parcela.** In: XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia; V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento, 2014, Gramado. XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 2014. v. 1. p. 1-8.
- BARGAOUI, Zoubeida Kebaili; CHEBBI, Afef. **Comparison of two kriging interpolation methods applied to spatiotemporal rainfall.** Journal of Hydrology, v. 365, p. 56-73, 2009.
- BARROS, Julia Ramalho; ZAVATTINI, João Afonso. **Bases conceituais em climatologia geográfica.** Revista Mercator. 2009, v. 8, n. 16, p. 251-265.
- BARROSO, Lucas Abreu.; ALENCAR, Guilherme Viana. **O Cadastro Ambiental Rural (CAR) como instrumento de regularização ambiental em assentamentos de reforma agrária,** Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 1(1): 5-13, 2014.
- BRASIL. **Serviço Florestal Brasileiro.** Números do Cadastro Ambiental Rural: Boletim Informativo - Novembro de 2019, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, DF, 06 jan. 2020. 38 p. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/documentos/car/boletim-do-car/4356-boletim-informativo-novembro-de-2019/file>. Acesso em: 10 ago. 2020.
- BRASIL. **Instrução Normativa MMA n.º 2 de 6 de maio de 2014.** Dispõe sobre os procedimentos para a integração, execução e compatibilização do Sistema de Cadastro Ambiental Rural-SICAR e define os procedimentos gerais do Cadastro Ambiental Rural-CAR, MMA (Ministério do Meio Ambiente). Brasília/DF, 06 maio 2014.
- BRASIL, Serviço Florestal. **Sicar - Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural.** Disponível em: <https://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>. Acesso em: 29 jan. 2021.
- CELLA, Daltro. **Caracterização dos fatores relacionados ao sucesso de um empreendedor rural. Piracicaba,2002.147p.**

CÂMARA, Gilberto. **Sig e Sensoriamento Remoto: um entrave**. São Paulo: INPE, 2005.

CÂMARA, Gilberto; MEDEIROS, José Simeão. (ed.) **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos: INPE, 1998.

CAMBARDELLA, C.A. *et al.* Field-scale variability of soil properties in Central Iowa. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.

CLARK, Isobel. **Practical geostatistics**. Londres: Applied Science, 1979. 430 p.

CLARK, Isobel. **Practical Geostatistics**. Geostokos Limited, Alloa Business Centre, Whins Road, Alloa, Central Scotland FK10 3SA, 2001.

CURSO DE CAPACITAÇÃO PARA O CADASTRO AMBIENTAL RURAL (CapCAR): linha do tempo CAR / Athila Leandro de Oliveira ... [*et al.*]. – Lavras: UFLA, 2014.

EASTMAN, Ronald. **Idrisi for Windows. User's Guide**. Worcester: Clark University, 1997.

EPAGRI. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2017-2018**.

Florianópolis: Epagri/cepa, 2019. 206 p. Disponível em:

<http://webdoc.epagri.sc.gov.br/sintese.pdf>. Acesso em: 10 set. 2020.

FELIX, Iara Musse; KAZMIERCZAK, Leandro; ESPÍNDOLA, Giovana Maria. Rapid Eye: a nova geração de satélites de Observação da Terra. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 14, Natal. 2009. In: **Anais[...]** São José dos Campos: INPE, 2009. p 7619-7622.

FURUIE, Rafael Aguiar. **Estudo comparativo de métodos geoestatísticos de estimativas e simulações estocásticas condicionais**. 166 f. Dissertação. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

GOOVAERTS, Pierre. **Geostatistics for Natural Resources Evaluation**. New York: Oxford University Press, 1998.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário, 2017.

Disponível em:

[https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo\\_agro/resultadosagro/index.html](https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html). Acesso em: 10 de set. 2020.

ISAAKS, Edward.; SRIVASTAVA, Mohan. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University Press, 1989. 560p.

JAKOB, Alberto Augusto Eichman. A Krigagem como método de análise de dados demográficos. In: **XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais**, ABEP. Ouro Preto, 2002. Disponível em:

[http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/pdf/2002/gt\\_sau\\_st3\\_jakob\\_texto.pdf](http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/pdf/2002/gt_sau_st3_jakob_texto.pdf). Acesso em: 12 de set. 2020.

KAUFMANN, Jurg; STEUDLER, Daniel. **A Vision for Future Cadastral System**. FIG - Working Group 1 of Commission 7, 1998, 51p.

LANDIM, Paulo Milton Barbosa. **Análise Estatística de Dados Geológicos**. 2. ed., Sao Paulo: Editora Unesp, 2003.

LIMA, Eduardo Rodrigues Viana. **Análise espacial de indicadores da erosão do solo através de técnicas estatísticas e de geoprocessamento com apoio do modelo EUPS**. 2000. 296 f. Tese (Doutorado em Geografia) - UNESP, Rio Claro, 2000.

MELLO, José Marcio. **Geoestatística aplicada ao inventário florestal**. 2004. 122 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais, Com Opção em Silvicultura e Manejo Florestal. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MENDONÇA, Ricardo Abad Meirelles; BERNASCONI, Paula; SANTOS, Roberta; SCARANELLO, Marcos. **Uso das Geotecnologias para Gestão Ambiental: Experiências na Amazônia Meridional**, 2011. Disponível em: <https://www.icv.org.br/drop/wp-content/uploads/2013/08/uso-das-geocnologias-para-gest%C3%A3o-ambiental.pdf>. Acesso em: 07 out.2020.

MENEZES, Sady Júnior Martins da Costa; RIBEIRO, Carlos Antonio Alvares Soares; LIMA, Cleverson Alves; SOUZA, Maria Odete Alves. Diversidade e Gestão: **Geotecnologias Aplicadas à Gestão Ambiental**. Instituto Três Rios, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Volume Especial, Gestão Ambiental: Perspectivas, Conceitos e Casos, vol. 1, n. 1, p. 57-69, 2017.

MORAL, Francisco Jesús. Comparison of different geostatistical approaches to map climate variables: application to precipitation. **International Journal of Climatology**. 2010, v. 30, n. 4, p. 620-631.

MOLIN, José Paulo; AMARAL, Lucas Rios ; COLACO, André Freitas. **Agricultura de precisão**. 1.ed.São Paulo: Oficina de textos, 2015.

NOAS: Núcleo de Computação Aplicada - **Sensoriamento Remoto como Recurso Didático**. (2011). Disponível em: <http://www.noas.com.br/artigos/geotecnologia/as-geotecnologias/>. Acesso em: 07 out. 2020.

PELLISSARI, Allan Libanio. **Geoestatística aplicada ao manejo de povoamentos de *Tectona grandis* L.** f. 119f. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

ROSA, Roberto. **Geomática no Brasil: histórico e perspectivas futuras**. São Paulo: GeoFocus, 2009.

SEBRAE. **Santa Catarina em Números: Macrorregião Serra Catarinense/Sebrae/SC**. Florianópolis: Sebrae/SC, 2013. 139p.

SILVA, Icaro Breno. **Uso da geoestatística na avaliação da distribuição de material particulado respirável na cidade de Fortaleza**, Ceará. *Revista Brasileira de Geografia Física* 9, 334-344, 2016.

Silveira, V. F. Geoprocessamento como instrumento de Gestão Ambiental. In: Arlindo Philippi Jr., Marcelo de Andrade Romero, Gilda Collet Bruna. **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004. p. 943 a 968.

SOARES, Vicente Paulo; ZANETI, Luciano Zumerle; SANTOS, Nerilson Terra; LEITE, Hélio Garcia. Análise espacial da distribuição de cigarras (Quesada gigas Oliver) em povoamentos de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) na região de Dom Eliseu, PA. **Revista Árvore**, v.32, n.2, p.251-258, 2008.

SRIVASTAVA, Mohan. **Geostatistics for environmental and geotechnical applications**. West Conshohocken: ASTM, 1996. p. 13-19.

PRODUÇÃO Agrícola Municipal 2019. In: IBGE. Sidra: sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 25 de jan.2021

TENNESSEE, University Of. **Spatial Analysis and Decision Assistance**. 2007. Disponível em: <https://www.sadaproject.net/index.html>. Acesso em: 29 jan. 2021.

TOBLER, W. 'Computer movie simulating urban Growth in Detroit Region', *Economic Geograph* 46,234-40,1970.

VARELLA, A. A. C.; JUNIOR, S. G. D. **Estudo de interpolador IDW do arquivo para utilização em agricultura de precisão**. Departamento de engenharia. Universidade Rural do Rio de Janeiro, p.5-6, 2008.

VASCONCELOS, Vitor Vieira. **Geoestatística - Geovisualização Multivariada**. Universidade Federal do ABC, 2016.

VIEIRA, Sidney Rosa. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo**. Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 1-54. v. 1.

YAMAMOTO, Jorge Kazuo; LANDIM, Paulo Milton Barbosa. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de textos, 2013. 215 p.

YANG, Chin-Shung.; KAO, Szu-Pyng.; LEE, Fen-Bin.; HUNG, Pen-Shan. Twelve different interpolation methods: a case study of Surfer 8.0. In: **Proceedings of ISPRS Congress**; 20; 2004:778–785.