

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM TECNOLOGIAS
COMPUTACIONAIS PARA O AGRONEGÓCIO**

MICHEL ROSIN MARTINS

**SISTEMA DE COLETA, ARMAZENAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE
DADOS DE COLHEITA PARA GERAÇÃO DE MAPAS DE
PRODUTIVIDADE EM CULTURAS PERENES**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**MEDIANEIRA, PR
2020**

MICHEL ROSIN MARTINS

**SISTEMA DE COLETA, ARMAZENAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE
DADOS DE COLHEITA PARA GERAÇÃO DE MAPAS DE
PRODUTIVIDADE EM CULTURAS PERENES**

**HARVEST DATA COLLECTION, STORAGE AND INTERPRETATION
SYSTEM FOR THE GENERATION OF PRODUCTIVITY MAPS IN
PERENNAL CROPS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Leones Bazzi

**MEDIANEIRA, PR
2020**



4.0 internacional

Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição, Não Comercial, Compartilha Igual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0). Para ver uma cópia desta licença, visite o endereço <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envie uma carta para Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Martins, Michel Rosin

Sistema de coleta, armazenamento e interpretação de dados de colheita para geração de mapas de produtividade em culturas perenes / Michel Rosin Martins. – Medianeira, 2020.

1 arquivo de texto (85 f):PDF ; 3.373 KB.

Orientador: Claudio Leones Bazzi

Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio, Medianeira, 2020.

Inclui bibliografia: f. 71-75

1.Agricultura de precisão. 2.Maçã. 3. Software - Desenvolvimento. 4. Tecnologias computacionais – Dissertações. I. Bazzi, Claudio Leones, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio. III. Título.

Biblioteca da UTFPR - Câmpus Medianeira

Bibliotecária/Documentalista:

Marci Lucia Nicodem Fischborn – CRB-9/1219



Folha de Aprovação

SISTEMA DE COLETA, ARMAZENAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE DADOS DE COLHEITA PARA GERAÇÃO DE MAPAS DE PRODUTIVIDADE EM CULTURAS PERENES

Por

Michel Rosin Martins

Esta dissertação foi apresentada no dia 28 de fevereiro 2020 como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Claudio Leones Bazzi
UTFPR – Câmpus Medianeira
(orientador)

Prof. Dr. Nelson Miguel Betzek
UTFPR – Câmpus Medianeira

Profa. Dr. Luciano Gebler
Embrapa Uva e Vinho – Vacaria - RS

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -.

A Deus, a minha esposa, aos meus filhos e amigos...

Companheiros de todas as horas...

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. Orientador, braço amigo de todas as etapas deste trabalho.

A Embrapa, por meio do prof. Dr. Luciano Gebler, pela disponibilidade da área de pesquisa para a coleta dos dados de produção em culturas perenes.

A minha família, pela confiança e motivação.

Aos amigos e colegas, pela força e pela vibração em relação a esta jornada.

Aos professores e colegas de curso, pois juntos trilhamos uma etapa importante de nossas vidas.

Aos profissionais entrevistados, pela concessão de informações valiosas para a realização deste estudo.

Aos alunos Bruno Eduardo Ferreira Cordeiro, Lucas Aloysio Rauber e a todos que, com boa intenção, colaboraram para a realização e conclusão deste trabalho.

*To everything there is a season, and a time to every purpose under the heavens:
A time to be born, and a time to die; A time to plant, and a time to pluck up that
which is planted;*

Ecclesiastes 3:1,2

Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do
céu. Há tempo de nascer, e tempo de morrer; tempo de plantar, e tempo de
arrancar o que se plantou;

Ecclesiastes 3:1,2

RESUMO

MARTINS, Michel Rosin. Sistema de coleta, armazenamento e interpretação de dados de colheita para geração de mapas de produtividade em culturas perenes. 2020. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Com a expansão no cultivo de culturas perenes, verifica-se a necessidade de um acompanhamento especial e mais eficiente em relação a produtividade e manejo dessas culturas, que normalmente é realizada de forma manual, em especial quando o destino é o consumo “in-natura”. Dessa forma, o presente estudo foi realizado com o intuito de desenvolver um dispositivo de hardware e um software que permitem realizar a coleta, o armazenamento e a interpretação de dados de colheita e gerar mapas de produtividade em culturas perenes. Para o entendimento da complexibilidade do manejo deste tipo de cultura, bem como para avaliar o sistema proposto, utilizaram-se duas áreas experimentais, cultivadas com maçãs localizadas no município de Vacaria/RS. Os dados de produtividade de maçã foram coletados fazendo uso do dispositivo de hardware construído para esse fim e armazenados em um arquivo digital no formato de texto, durante o processo de colheita das macieiras. Após a coleta de dados em campo, o sistema desenvolvido permite a importação dos dados obtidos, visando a interpretação dos mesmos e a geração de mapas de produtividade. Tais recursos tecnológicos dão suporte ao produtor para gerenciar melhor seus insumos de forma localizada, otimizar seus recursos humanos, reduzir custos, aumentar a produtividade e melhorar a qualidade de sua produção, obtendo-se assim uma melhor lucratividade.

Palavras-Chave: Agricultura de Precisão, Maçã, Krigagem Ordinária, AgDataBox.

ABSTRACT

MARTINS, Michel Rosin. System for collecting, storing and interpreting collection data for generating research maps in perennial cultures. 2020. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

With the expansion in the cultivation of perennial crops, there is a need for special and more efficient monitoring in relation to the productivity and management of these crops, which is usually carried out manually, especially when the destination is “in-natura” consumption. Thus, the present study was carried out in order to develop a hardware device and software that allow the collection, storage and interpretation of harvest data to be carried out and to generate productivity maps in perennial crops. To understand the complexity of handling this type of crop, as well as to evaluate the proposed system, two experimental areas were used, cultivated with apples, located in the city of Vacaria/RS. The apple productivity data were collected using the hardware device built for this purpose and stored in a digital file in text format, during the apple tree harvesting process. After collecting data in the field, the developed system allows the import of the obtained data, aiming at the interpretation of the same and the generation of productivity maps. Such technological resources support the producer to better manage his inputs in a localized way, optimize his human resources, reduce costs, increase productivity and improve the quality of his production, thus obtaining a better profitability.

Keywords: Apple, Precision Agriculture, Ordinary Kriging, AgDataBox.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de semivariograma.....	24
Figura 2 – Pontos amostrais e mapa temático de produtividade de laranja em toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$).	27
Figura 3 – Organização e interação do padrão MVC.	32
Figura 4 – Áreas experimentais da EFCT, Embrapa Uva e Vinho, Talhão (A) e (B). 35	
Figura 5 – Arquitetura do dispositivo eletrônico de rastreamento v2.0.....	37
Figura 6 – Representação e disposição do dispositivo (sacola) e caixa (tag) no pomar.	38
Figura 7 – Arquivo no formato de texto gerado pelo dispositivo eletrônico de rastreamento, contendo os dados de coleta da colheita ocorrida nos dias 16 e 17 de janeiro de 2020.....	39
Figura 8 – Fluxograma de funcionamento do sistema Web desenvolvido.	42
Figura 9 – Talhão (A) e (B) cadastrados no sistema Web, com a apresentação dos dados amostrais referente a colheita ocorrida entre os dias 16 e 17 de janeiro de 2020.	43
Figura 10 – Representação gráfica do funcionamento da colheita para calcular por meio do método 01 a produtividade obtida com referência as caixas de armazenamento.	45
Figura 11 – Representação gráfica do funcionamento da colheita para calcular por meio do método 02 a produtividade obtida com referência a uma grade amostral que representa as árvores do pomar.	46
Figura 12 – Tela inicial do sistema, menu de cadastros e funcionalidades.....	49
Figura 13 – Tela do sistema para cadastro e visualização do registro de propriedade.	50
Figura 14 – Tela do sistema da propriedade com suas respectivas funcionalidades.	50
Figura 15 – Tela do sistema para cadastro, e seleção de parâmetros para gerar a amostra por caixa no Talhão (A), referente a colheita de 16 a 17 de janeiro de 2020.	52
Figura 16 – Tela do sistema contendo o mapa e todos os registros da amostra, gerado pelo método #1 (caixa), no talhão (A), referente a colheita de 16 a 17 de janeiro de 2020.	53
Figura 17 – Tela do sistema para cadastro, e seleção de parâmetros para gerar a amostra por grade amostral no talhão (A), referente a colheita de 16 a 17 de janeiro de 2020.	55
Figura 18 – Tela do sistema contendo o mapa e todos os registros da amostra, gerado pelo método 02 (grade amostral), no talhão (A), referente a colheita de 16 a 17 de janeiro de 2020.....	56
Figura 19 – Tela do sistema para cadastro de uma nova análise, utilizando a amostra por grade amostral e interpolação de dados pelo método de Krigagem Ordinária....	57
Figura 20 – Tela do sistema Web para exibição de todos os registros de análises realizadas.....	58
Figura 21 – Tela do sistema Web que exibe o registro e a edição da análise.	59
Figura 22 – Tela do sistema que exibe os parâmetros de definição para interpolação de dados pelo método de Krigagem Ordinária.	60

Figura 23 – Representação gráfica dos semivariogramas, realizado pela análise geoestatística, referente a colheita ocorrida nos dias 16 a 17 de janeiro de 2020 no talhão (A).....	61
Figura 24 – Tela do sistema que apresenta todos os registros da análise geoestatística realizada no formato de tabela, contendo os melhores valores para os doze modelos, referente a colheita ocorrida nos dias 16 e 17 de janeiro de 2020 no talhão (A).....	62
Figura 25 – Representação gráfica dos mapas de pontos amostrais e de produtividade, interpolado pelo método de Krigagem Ordinária, referente a colheita ocorrida nos dias 16 a 17 de janeiro de 2020 no talhão (A).	63
Figura 26 – Tela do sistema para cadastro de uma nova análise, pelo método Inverso da Distância Elevado a uma Potência.	64
Figura 27 – Tela do sistema para edição da análise e definição dos parâmetros pelo método de interpolação de dados Inverso da Distância Elevado a uma Potência. ...	65
Figura 28 – Representação gráfica do mapa de produtividade interpolado pelo método Inverso da Distância Elevado a uma Potência, referente a colheita ocorrida nos dias 16 a 17 de janeiro de 2020 no talhão (A).	66
Figura 29 – Representação gráfica dos semivariogramas, realizado pela análise geoestatística referente a colheita ocorrida nos dias 16 a 17 de janeiro de 2020 no talhão (B).....	67
Figura 30 – Tela do sistema que apresenta todos os registros da análise geoestatística realizada no formato de tabela, contendo os melhores valores para os doze modelos, referente a colheita ocorrida nos dias 16 e 17 de janeiro de 2020 no talhão (B).....	68
Figura 31 – Representação gráfica dos mapas de pontos amostrais e de produtividade, interpolado pelo método de Krigagem Ordinária, referente a colheita ocorrida nos dias 16 a 17 de janeiro de 2020 no talhão (B).	69
Figura 32 – Representação gráfica do mapa de produtividade interpolado pelo método Inverso da Distância Elevado a uma Potência, referente a colheita ocorrida nos dias 16 a 17 de janeiro de 2020 no talhão (B).	69
Figura 33 – Tela do sistema para cadastro, consulta e edição do registro da caixa, além do cadastro e consulta dos registros da tag.	76
Figura 34 – Tela do sistema para cadastro e consulta dos registros de equipamento (sacola).....	77
Figura 35 – Tela do sistema para efetuar login.	77
Figura 36 – Tela do sistema para cadastro e consulta dos registros de colheita.	78
Figura 37 – Tela do sistema para editar e enviar o arquivo com os dados da colheita, ocorrida nos dias 16 a 17 de janeiro de 2020 no talhão (A).	78
Figura 38 – Formato do arquivo de texto contendo as coordenadas X (Longitude) e Y (Latitude) para contorno de área.	79
Figura 39 – Tela do sistema para cadastro e envio do arquivo no formato de texto, contendo o contorno do talhão (A).	79
Figura 40 – Tela do sistema para efetuar o cadastro da grade amostral.	80
Figura 41 – Tela do sistema contendo o mapa gerado pela grade amostral regular para as coordenadas X Longitude e Y Latitude, referente ao talhão (A).	80
Figura 42 – Tela do sistema para cadastro e edição do registro de pessoa, além do cadastro e consulta do registro de vínculo para o contato.	81
Figura 43 – Tela do sistema para cadastro, consulta e edição do registro de equipe, além do cadastro e consulta do registro para vínculo de pessoa.....	82
Figura 44 – Tela do sistema para cadastro e vínculo de pessoa com o equipamento, vínculos pendentes e finalizados.....	83

Figura 45 – Tela do sistema para cadastro e vínculo do tipo de pessoa, relacionado com a propriedade.	84
Figura 46 – Tela do sistema para cadastro e consulta do registro de usuário.	84
Figura 47 – Tela do sistema para cadastro e consulta dos registros de tipo de colheita.	85
Figura 48 - Tela do sistema para cadastro e consulta dos registros de tipo de análise.	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Conjunto de dados utilizados na geração de mapas de produtividade, para a colheita em pomares de maçã, ocorrida nos dias 16 e 17 de janeiro de 2020 nos talhões (A) e (B).	36
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS

ACID	Atomicidade, Consistência, Isolamento e Durabilidade
AGDATABOX	Agricultural Data Box
AP	Agricultura de Precisão
API	Application Programming Interface
BDG	Banco de Dados Geográficos
BSD	Berkeley Software Distribution
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CGIS	Canada Geographic Information System
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CSS	Cascading Style Sheets
DPEM	Desvio Padrão do Erro Médio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EM	Menor Erro Médio
EFCT	Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado
ESRI	Environmental Systems Research Institute
FAO	Food and Agriculture Organization
FP	Fruticultura de Precisão
FSF	Free Software Foundation
GIS	Geographic Information System
GNU	Gnu's Not Unix
GPS	Sistema de Posição Global
HQL	Hibernate Query Language
HS	Hibernate Spatial
HTML	Hypertext Markup Language
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE	Índice de Dependência Espacial
IDE	Integrated Development Environment
IDW	Inverse Distance Weighting
ISI	Índice de Seleção de Interpoladores
JEE	Java Enterprise Edition
JME	Java Micro Edition

JPA	Java Persistence API
JTS	Java Topology Suite
JSE	Java Standard Edition
KRI	Krigagem Ordinária
LGPL	Lesser General Public Licence
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MVC	Model View Controller
OLS	Ordinary Least Squares
OSGEO	Open Source Geospatial Foundation
PAM	Produção Agrícola Municipal
PPAT	Parana Precision Agriculture Team
PCI	Placa de Circuito Impresso
PTI	Fundação Parque Tecnológico Itaipu
QGIS	Quantum Gis
RFID	Radio-Frequency Identification
SB	Spring Boot
SF	Spring Framework
SGDB	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SQL	Structured Query Language
STS4	Spring Tools 4 for Eclipse
UNIOESTE	Universidade Estadual do Oeste do Paraná
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
WLS	Weight Least Squares

LISTA DE SÍMBOLOS

\hat{Z}_i	Valor interpolado
Z_i	Valor do atributo amostrado
d_i^p	Distância euclidiana entre o i-ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado elevado a uma potência
$2\hat{\gamma}(h)$	Variograma estimado
$N(h)$	Número de pares de valores medidos
$Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$	Vetor de distância h
$Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$	Valores da i-ésima observação da variável regionalizada, coletado nos pontos x_i e x_i+h ($i=1,\dots,n$), separados pelo vetor h
C_0	Efeito pepita
C_1	Contribuição
$Z(s_i)$	Valor observado no ponto s_i
$\hat{Z}(s_i)$	Valor predito por krigagem ordinária no ponto s_i
$abs(EM)$	Valor em módulo do erro médio da validação cruzada
DP_{EM}	Desvio padrão
$mín j$	Menor valor encontrado entre os j modelos comparados
$máx j$	Maior valor encontrado entre os j modelos comparados
$\hat{z}(x_0)$	Valor estimado em determinado local
λ_i	Peso atribuído aos valores amostrais
$z(x_i)$	Valor do atributo amostrado
n	Número de localidades vizinhas empregadas para interpolação do ponto, em que o somatório dos pesos λ_i deve ser igual a um

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo Geral	14
2.2	Objetivos Específicos	14
3	REVISÃO DA LITERATURA	15
3.1	CULTURAS PERENES NO BRASIL	15
3.2	POMARES DE MAÇÃ	16
3.3	AGRICULTURA DE PRECISÃO	17
3.4	GEOPROCESSAMENTO	18
3.5	SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG'S)	19
3.6	GEOESTATÍSTICA	20
3.7	INTERPOLADORES DE DADOS	21
3.7.1.	Interpolador <i>Inverse Distance Weighting</i> – IDW	22
3.7.2.	Interpolador Krigagem Ordinária (KRI)	23
3.7.3.	Mapas Temáticos	27
3.8	TECNOLOGIAS PARA DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE	28
3.8.1.	Tecnologia Java	28
3.8.2.	Banco de dados PostgreSQL	29
3.8.3.	Extensão Espacial Postgis	30
3.8.4.	Persistência de Dados: Hibernate e Hibernate Spatial – HS	30
3.8.5.	Frameworks de Backend, Frontend e Mapas	31
4	MATERIAIS E MÉTODOS	34
4.1	MOTIVAÇÃO E CONTEXTO EM QUE O TRABALHO SE INSERE	34
4.2	ÁREAS EXPERIMENTAIS	35
4.3	CONJUNTO DE DADOS DOS REGISTROS DE COLHEITA	36
4.4	DISPOSITIVO ELETRÔNICO DE RASTREAMENTO	36
4.5	PROCESSO DE COLETA DE DADOS	38
4.6	DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA WEB	40
4.7	FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS	41
4.8	FUNCIONAMENTO DO SISTEMA WEB DESENVOLVIDO	41
4.9	MÉTODOS PARA ESTIMAÇÃO DA PRODUTIVIDADE	44
4.10	ANÁLISE GEOESTATÍSTICA	46
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
5.1	INTERFACE WEB E MENUS DISPONÍVEIS	48
5.2	CADASTROS INICIAIS PARA A GERAÇÃO DA AMOSTRA	49

5.2.1. Geração da amostra por caixa (método #1)	51
5.2.2. Geração da amostra por grade amostral (método #2).....	54
5.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS E GERAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS FAZENDO USO DA API AGDATABOX	57
5.3.1. Interpolação de dados por Krigagem Ordinária no talhão (A).....	57
5.3.2. Interpolação de dados pelo Inverso da Distância Elevado a uma Potência no talhão (A).....	64
5.3.3. Interpolação de dados por Krigagem Ordinária e Inverso da Distância Elevado a uma Potência no talhão (B).....	67
6 CONCLUSÃO.....	70
REFERÊNCIAS.....	71
APÊNDICES	76

1 INTRODUÇÃO

As plantações perenes em sua grande maioria, são originárias de países da América, Europa e Ásia, tendo se tornado um produto de grande comercialização, especialmente no consumo in natura¹ em praticamente todos os países do mundo (MCCLURE et al., 2014). No Brasil, a exploração da atividade de culturas perenes, teve uma expansão acentuada na década de 1960, principalmente para Freire et al. (1994) na região sul, no cultivo da macieira (*Malus spp.*) e região sudeste de acordo com Fernandes (2010), no cultivo da laranjeira (*Citrus x sinensis*).

A atividade agrícola associada a produção de culturas perenes é de fundamental importância para a economia brasileira, principalmente quanto a exportação, que no ano de 2018, foi de cerca de 877.5 milhões de toneladas, incluindo além das frutas, nozes e castanhas (MAPA, 2019).

Com o constante crescimento no cultivo de culturas perenes, tem surgido alguns desafios relacionados com o manejo, pois este tipo de cultura exige um acompanhamento especial e bastante efetivo, sendo que na maioria das vezes é realizado de forma manual o que tem inviabilizado em muitos casos o uso de tecnologias como a de agricultura de precisão (AMPATZIDIS et al., 2016; ROY et al., 2019).

Diante de colaborar e fornecer uma ferramenta de auxílio na tomada de decisão para produção de culturas perenes, este trabalho teve como objetivo apresentar uma solução para obtenção de dados de colheita, realização de análises e geração de mapas temáticos de produtividade. Tais recursos aplicados ao contexto de produção de culturas perenes, permitem que o manejo das culturas seja mais assertivo de forma que se pode avaliar a distribuição espacial da produtividade nos pomares e realizar o manejo localizado. Como forma de avaliar a solução tecnológica proposta, dados de produtividade de dois pomares de maçã foram utilizados nesse trabalho como estudo de caso.

¹ Que se encontra em seu estado natural, que não foi processado (PRIBERAM, 2019).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um dispositivo de hardware que permite realizar a coleta e o armazenamento de dados das operações de colheita em pomares e um software que permite realizar a interpretação destes dados, bem como gerar mapas de produtividade em culturas perenes.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Construir e testar um dispositivo eletrônico de rastreamento, instalado em sacolas de colheita de frutas, visando obter a produtividade de culturas perenes em diferentes locais do talhão;
- 2) Construir um software que permita realizar o processo de importação, armazenamento, análise estatística e geração de mapas de produtividade em culturas perenes.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 CULTURAS PERENES NO BRASIL

Segundo o dicionário Michaelis (2020), a palavra “perene” significa “algo que dura muitos anos, duradouro, permanente e que não tem fim”. Nesse sentido, as lavouras perenes (ou permanentes), como a maçã, uva, laranja, entre outras, produzem frutos continuamente por vários anos, sem haver a necessidade de plantio todo o ano, apesar de necessitarem cuidados especiais quanto ao manejo, como a adubação, a poda, entre outros. Para Ampatzidis et al. (2016), culturas perenes, necessitam de uma atenção exclusiva quanto ao plantio, manejo, adubação, poda, além de um manejo específico durante a colheita, pois requer um trabalho mais técnico, com ênfase na produtividade, devido os custos de produção serem elevados.

A expansão do cultivo de culturas perenes no Brasil, iniciou na década de 60 primeiramente na região sul e sudeste, e posteriormente alcançou as demais regiões norte, nordeste e centro-oeste do país. De acordo com Scognamigilo (2018), o Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo (IBGE, 2018a). No entanto, apesar da importante posição em relação a produção, o Brasil ocupa a 23^a posição no ranking dos exportadores mundiais de frutas (KIST, 2018). Por outro lado, segundo a Food and Agriculture Organization (FAO, 2018), o Brasil no ano de 2016, ocupava a quinta maior área (cerca de 7 milhões de hectares) de plantio de culturas permanentes.

Aliado a crescente produção, aumenta-se cada vez mais a procura por frutas na forma in natura. Todavia, a industrialização também tem sido fomentada pelo setor de fruticultura, com a produção de sucos, polpas, doces entre outros processamentos (KIST, 2018). Sendo assim, o Brasil por se tratar de um país, que possui dentre seus climas regionais, o temperado, propicia um ambiente adequado, de qualidade e diversificado para o cultivo de culturas perenes, como por exemplo o cultivo das macieiras, predominante na região sul do país.

3.2 POMARES DE MAÇÃ

As culturas perenes, devido as particularidades, demandam de manejo intensivo tanto no plantio, adubação, podas e etapas de colheita para que se possa obter resultados e rentabilidades satisfatórias. Desta forma, para a produção de maçãs são exigidos tais procedimentos de manejo para que se obtenha uma alta produtividade com o menor custo possível (BASSOI et al., 2014).

No contexto histórico, durante as décadas de 60 e 70, o Brasil importava em torno de 95% das maçãs que eram consumidas no país, especialmente da Argentina, o que limitava o acesso ao consumo da fruta a uma pequena parcela da população, devido ao custo elevado (BITTENCOURT et al., 2011).

Com a disseminação e o crescimento em grande escala no consumo de frutas, após quatro décadas de manejo, aliada as tecnologias aplicadas, o Brasil passou de importador a um grande exportador de maçã. Atualmente, cerca de 40 países recebem os frutos brasileiros anualmente, chegando a ocupar a 12^a posição de países produtores de maçã (FAO, 2018). Com o apoio intensificado de tecnologias, foi possível impulsionar os investimentos na implantação de pomares, além dos *packing-houses*², promovendo assim a popularização e o consumo da maçã nacional em todo o território brasileiro, sendo que a cada dez maçãs consumidas, nove são nacionais (ABPM, 2018).

Ainda, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em conformidade com os dados da Produção Agrícola Municipal (PAM), no ano de 2018, a região sul do Brasil, colheu cerca de 33 mil hectares de pomares de maçã (cerca de 1.2 milhões de toneladas), gerando cerca de R\$ 1.35 bilhões de reais (IBGE, 2018a).

Ainda é importante frisar que dentre os três estados brasileiros que compõe a região sul do Brasil, o Rio Grande do Sul é o que mais se destaca na produção de maçãs. Nesse sentido, no ano de 2018, a mesorregião nordeste riograndense, também conhecida como campos de cima da serra, deteve uma quantidade produzida em torno de 584 mil toneladas de maçãs, sobressaindo o município de Vacaria-RS,

² Espaços para processamento e embalagem pós-colheita de maçãs (ABPM, 2018).

com um total de 275.4 mil toneladas, representando 47% da produção na região campos de cima da serra (IBGE, 2018a).

3.3 AGRICULTURA DE PRECISÃO

O termo AP, foi utilizado pela primeira vez no início da década de 90, em um evento realizado em Great Falls, Montana, patrocinado pela Universidade do Estado de Montana, Estados Unidos, sendo que, o conceito de AP tem sido difundido e amplamente utilizado por meio das mudanças tecnológicas, o que permite um gerenciamento local das propriedades agrícolas, mais preciso e eficiente (OLIVER, 2010).

De acordo com o portal da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o contexto histórico e teórico que tratam da AP, surgiu no ano de 1929, nos Estados Unidos da América, mas se popularizou na década de 80, devido a propagação na utilização do Sistema de Posição Global (GPS), Sistema de Informações Geográficas (SIG), monitoramento de colheitas, geoprocessamento, além dos avanços tecnológicos e a informatização de máquinas e equipamentos agrícolas. No Brasil, as primeiras pesquisas sobre a AP, iniciaram na década de 90 (EMBRAPA, 2018).

Em conformidade com Bazzi; Souza e Betzek, (2015, p. 3), destacam que a AP “se desenvolveu a partir da evolução de tecnologias, como a informática (hardware e softwares específicos), geoprocessamento, GPS, sensores”, que estão facilitando a utilização dessas tecnologias em propriedades agrícolas, mais precisamente nas “características específicas de cada talhão”.

Ainda, segundo o portal Embrapa (2018), o termo AP é de grande abrangência, sistêmico e multidisciplinar. Não se limita apenas a algumas culturas e/ou regiões, mas é um conjunto integrado de manejo, informações e tecnologia, que visam o melhoramento e melhores rendimentos dos cultivos. Aliado a esses procedimentos, a AP tem como objetivo, melhorar de forma precisa e detalhada o

gerenciamento da produção agrícola como um todo, não se limitando apenas a mapeamentos de lavoura, aplicação de insumos etc., mas de todos os processos praticados na produção.

Para Santi et al., (2016), a AP é uma tecnologia multidisciplinar que reúne produtores rurais, indústrias, implementos agrícolas, insumo, pesquisa além de conceitos antigos de manejo nas propriedades agrícolas, aliado as novas tendências tecnológicas de posicionamento georreferenciado de gerenciamento no campo. Tudo isso, com o objetivo de aumentar a eficiência de todos os processos envolvidos, aumento da produtividade, contenção no uso de insumos e diminuição dos impactos ambientais.

Diante deste contexto, a AP serve de subsidio para obter dados da propriedade agrícola e apresentar as informações por meio da geração de mapas temáticos, que permitem um manejo mais adequado da área e ou talhão, que se deseja realizar a correção, seja de adubação, cálcio, fósforo dentre outros elementos, que contribuirão para o aumento da produção, redução de custos e conseqüentemente, uma melhor lucratividade (BASSOI et al., 2014).

3.4 GEOPROCESSAMENTO

Para Victoria, Oliveira e Silva (2014), o termo geoprocessamento denota da década 60, onde iniciaram as primeiras pesquisas no Canadá, cujo o departamento de agricultura local desenvolveu o primeiro programa para tratar de dados espaciais, denominado de Canada Geographic Information System (CGIS). Com isso, o geoprocessamento consiste na utilização de ferramentas computacionais, para realizar o tratamento de dados geográficos, permitindo que se faça o cruzamento desses dados, advindos de diversas fontes, facilitando a retirada de informações e a melhor tomada de decisão.

Por outro lado Câmara et al., (2001), diz que inicialmente a coleta de informações para a distribuição geográfica, abrangendo todo o globo terrestre, eram

documentados manualmente em mapas e rascunhos, e isso, dificultava uma análise precisa, além de cruzamentos de dados e mapas. No entanto, com os avanços tecnológicos a partir da segunda metade do século passado, foi possível realizar o armazenamento de dados e mapas, e representá-los em um ambiente computacional, abrindo espaço para o aparecimento do geoprocessamento. Seguindo essa premissa, Câmara et al. (2001, p. 1) diz que o termo geoprocessamento, “denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica” e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional.

Em conformidade com Medeiros (2018), geoprocessamento pode ser também classificado como Geomática. Essa técnica, integra todos os conjuntos de tecnologias voltadas ao gerenciamento de dados espaciais, quer seja quanto da coleta, do tratamento e análise desses dados. Todo esse processo, também chamado de geotecnologias, englobam as atividades de: cartografia, topografia, sensoriamento remoto, hidrografia, Banco de Dados Geográficos (BDG), geoestatística, SIG entre outros.

3.5 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG'S)

Dentro das áreas de geoprocessamento e geotecnologias, existe os SIGs, que são ferramentas computacionais que servem de subsídios a partir de um conjunto de dados prover a informação desejada. Porém, os SIGs não são formados somente por softwares, mas por hardware específico, metodologias aplicadas, receptores de sinal GPS e também por pessoas, que irão administrar estes recursos. São exemplos de SIGs, o QGIS³, ArcGIS⁴, gvGIS⁵ etc., (MEDEIROS, 2018).

³ É um software livre de código-fonte aberto, multiplataforma, que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados (QGIS, 2018).

⁴ É um sistema de SIG, que provê um conjunto de processos para trabalhar com mapas e informações geográficas (ESRI, 2018).

⁵ É um sistema de livre de código-fonte aberto, utilizado para manipular e analisar dados geográficos (GVGIS, 2018).

Diante deste contexto em conformidade com Fitz (2008), os SIGs, podem ser constituídos de um conjunto de programas de computador, que provê uma coleção de dados, equipamentos e pessoas, com o intuito de obter, armazenar, recuperar, visualizar, enfim manipular todos esses dados que geram informações, espacialmente referenciados em um sistema de coordenadas geográficas conhecido. De posse das informações obtidas, como por exemplo, para gerar mapas de produtividade, é necessário também a utilização da geoestatística, para determinar por meio de cálculos matemáticos qual a variável ou as variáveis de interesse em estudo (STURARO, 2015).

3.6 GEOESTATÍSTICA

A geoestatística surgiu com a exploração de minas de ouro, carvão e minérios, sendo que de acordo com Matheron (1963), está focada no estudo da distribuição espacial dos valores mais significativos, para que engenheiros, geólogos etc., possam realizar cálculos matemáticos simples, porém precisos de determinada área, afim de encontrar com mais eficácia a concentração mais alta do minério desejado. O termo geoestatística, foi concebido para enfatizar a pesquisa estatística de um fenômeno natural, por sua vez, caracterizado pela distribuição no espaço de uma ou mais variáveis (STURARO, 2015).

Para Oliver (2010), a geoestatística também teve seu início na mineração, com o intuito de aperfeiçoar a precisão da estimativa de concentrações de ouro e outros metais em corpos de minério. Assim sendo, a geoestatística passou a ser utilizada como sendo a parte principal do corpo de estatísticas espaciais, que culminou na aplicação de diferentes campos, na agricultura de precisão, na pesca, na hidrologia entre outras. Neste sentido, a partir das observações de Krige, Matheron (1963), criou o conceito de variáveis regionalizadas, para enfatizar o aspecto espacial dos fenômenos. Sendo assim, variável regionalizada pode ser caracterizada como “uma função numérica com distribuição espacial, que varia de um ponto a outro com

continuidade aparente, mas cujas variações não podem ser representadas por uma função matemática simples” (CAMARGO, 1998, p. 3).

Diante destes aspectos, a geoestatística visa a caracterização espacial de determinada variável de interesse, mediante a coleta de dados, a partir de pontos amostrais, afim de verificar sua distribuição e a variabilidade espacial, envolvendo a determinação das incertezas dos valores a serem analisados (BASSOI et al., 2014). Para determinar as variáveis de interesse, são utilizados interpoladores de dados, sendo que no contexto de AP, os mais utilizados são: inverso da distância elevado a uma potência (*Inverse Distance Weighting* - IDW) e Krigagem Ordinária (KRI) (CASTRO FRANCO et al., 2017).

3.7 INTERPOLADORES DE DADOS

Para obter melhores resultados na geração de mapas temáticos, é necessário a utilização de interpoladores de dados, podendo ser definido como um método, que utiliza funções matemáticas, permitindo encontrar valores de dados intermediários contidos, como por exemplo em dois valores de dados já conhecidos (FITZ, 2008). Neste sentido, Bazzi, Souza e Betzek (2015) classificam a interpolação de dados, sendo de fundamental importância para estimar os valores e atributos em locais não amostrados, de posse das informações adquiridas em pontos amostrados.

A interpolação de dados utilizando o IDW e a KRI são os mais utilizados na AP, e a distinção entre os interpoladores, está na forma de como os pesos estão dispostos nas mais diferentes amostras (BETZEK, 2017). Sendo assim, Fitz (2008) sugere que os dados interpolados, representam uma melhor aproximação da realidade, ou seja, quanto maior for o número de dados conhecidos, melhor será a modelagem realizada.

3.7.1. Interpolador *Inverse Distance Weighting* – IDW

O interpolador inverso da distância elevado a uma potência (*Inverse Distance Weighting* - IDW) possui uma característica determinística, que pondera cada ponto geográfico distribuído na grade amostral conforme a influência que há entre os mesmos (PINHEIRO et al., 2018). A medida que os pontos amostrados são conhecidos, o interpolador atribui um peso maior aos pontos mais distantes, ou seja, ele considera que cada ponto já conhecido, possui uma relação forte com novos pontos, que diminui à proporção que a distância aumenta (BETZEK, 2017).

O IDW por ser um modelo matemático (Equação 1), utiliza uma combinação linear ponderada de cada ponto, facilitando o processamento, sendo considerado um método computacional rápido, pois a definição dos pesos para cada ponto, é feito de uma maneira simples (LUCAS et al., 2014). O peso é combinado com a atribuição de uma potência selecionada, de forma que quanto maior for o expoente, menor será a influência dos pontos mais distantes (SILVA et al., 2008).

$$\hat{Z}_i = \frac{\sum_i^n = 1 \left(\frac{1}{d_i^p} * Z_i \right)}{\sum_i^n = 1 \left(\frac{1}{d_i^p} \right)} \quad (1)$$

em que que: \hat{Z}_i – valor interpolado no ponto Z_i ; Z_i – valor do atributo amostrado no ponto i ; d_i^p – distância euclidiana entre o i -ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado elevado a potência p .

Esse modelo possui duas variantes mais conhecidas como, o inverso da distância e o inverso do quadrado da distância e se diferem unicamente pelo expoente, ao qual o cálculo é submetido (1 e 2 respectivamente) (FERREIRA et al., 2017). Todavia, a eficiência que esses métodos oferecem, são menores do que realizados pela krigagem ordinária. Nessa perspectiva, a utilização da técnica de KRI, é a mais indicada, devido sua robustez e eficiência diante de outros métodos de interpolação (MELLO et al., 2003).

3.7.2. Interpolador Krigagem Ordinária (KRI)

A Krigagem Ordinária (KRI) pode ser considerada também, como um processo de estimativa de valores que envolvem as variáveis distribuídas no espaço ou no tempo (OLIVER, 2010). Neste contexto, a KRI consiste em um método de interpolação que prevê ou estima a otimização do espaço geográfico em estudo, ou seja, utiliza-se de análise geoestatística, fazendo o uso de um sistema bidimensional de coordenadas conhecidas (quantidade de pontos), para calcular a semivariância de cada ponto em relação as demais (FITZ, 2008). O cálculo da semivariância (Equação 2) é realizado considerando os pares observados na amostra. Esses por sua vez, estão dispostos em um intervalo de distância pré-definida (lag), na qual são utilizados para a construção do semivariograma (CAMARGO, 1998).

$$2\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (2)$$

em que: $2\hat{\gamma}(h)$ – é o variograma estimado; $N(h)$ – número de pares de valores medidos, $Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$, separados por um vetor de distância h ; $Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$ – são valores da i -ésima observação da variável regionalizada, coletado nos pontos x_i e $x_i + h$ ($i = 1, \dots, n$), separados pelo vetor h . Portanto, a krigagem ordinária pondera espacialmente os valores amostrais da vizinhança de cada ponto considerado, e a partir do gráfico gerado pelos procedimentos, é estimado o modelo do semivariograma (Figura 1), que consiste em identificar a dependência espacial entre os pontos (LANDIM, 2015).

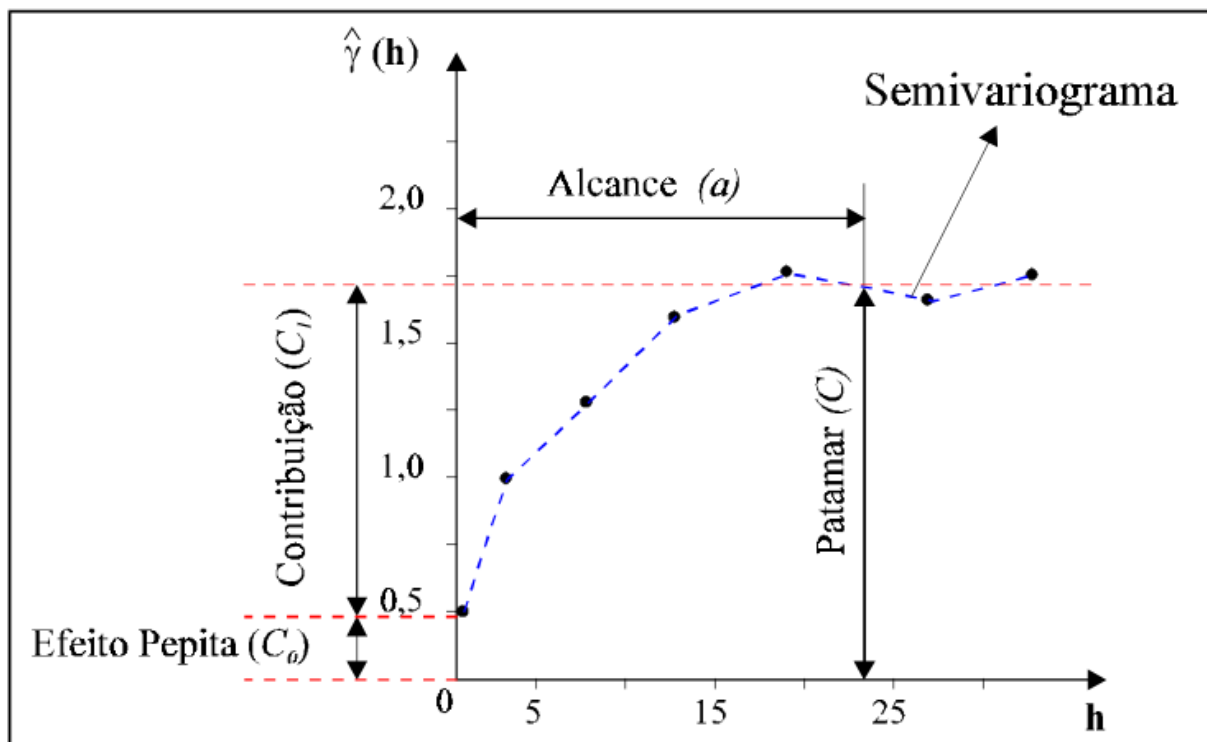


Figura 1 – Exemplo de semivariograma.
Fonte: Camargo (1998).

De acordo com o apresentado por Camargo (1998) na Figura 1, os parâmetros do semivariograma podem ser observados, e correspondem a: 1) alcance (a) – distância em que as amostras se correlacionam espacialmente; 2) patamar (C) – valor do semivariograma correlacionado a seu alcance (a). A partir deste ponto em diante, o gráfico estabiliza, ou seja, supõe-se que não há dependência espacial entre as amostras, pois a variância da distinção entre pares de amostras, torna-se aproximadamente estável; 3) efeito pepita (C_0) – valor teórico da semivariância atingido na distância zero entre as amostras, ou ainda, podendo conter erros de medição; 4) contribuição (C_1) – é a distinção entre o patamar (C) e o efeito pepita (C_0).

Após a definição dos parâmetros do semivariograma, os mesmos são ponderados pelo Índice de Dependência Espacial (IDE), que corresponde ao percentual do efeito pepita em relação ao patamar (Equação 3), podendo ser classificado como: 1) Forte dependência espacial - menor ou igual a 25%; 2) Moderada dependência espacial – valores entre 25% à 75%; e 3) Forte dependência espacial, com valores superiores a 75% (CAMBARDELLA et al., 1994).

$$IDE = \frac{C_0}{C_0 + C_1} \times 100 \quad (3)$$

em que: IDE – índice de dependência espacial; C_0 – efeito pepita; C_1 – contribuição.

A partir desse ponto, para que o processo de KRI seja efetivo, é necessário realizar modelagens no semivariograma experimental, ajustando-se modelos teóricos (esférico, gaussiano e exponencial são os mais utilizados) aos pontos do semivariograma (LANDIM, 2015).

Para Yamamoto e Landim (2013), após efetuada as modelagens do semivariograma experimental, é necessário avaliar qual o melhor ajuste dos modelos teóricos realizado aos pontos do semivariograma. Neste sentido, são utilizados normalmente dois métodos de análise, sendo: 1) Quadrados Mínimos Ordinários (*Ordinary Least Squares - OLS*); e 2) Quadrados Mínimos Ponderados (*Weight Least Squares - WLS*) (NOETZOLD et al., 2014). O primeiro método pondera a soma do quadrado da diferença dos valores observados e os estimados. O segundo método, utiliza a distribuição entre a probabilidade dos dados amostrais, através do método da máxima verossimilhança (BETZEK, 2017).

De acordo com Menegatti e Molin (2004), após realizado as modelagens e os ajustes do semivariograma experimental, restam dúvidas qual é o melhor ajuste. Neste momento, a técnica de validação cruzada é utilizada, com o objetivo de mensurar os erros de estimativa, ou seja, o menor valor de erro médio (Equação 4) e o desvio padrão do erro médio (Equação 5), além de comparar os valores amostrados e estimados, apenas utilizando os dados disponíveis da amostra (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989).

$$EM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z(s_i) - \hat{Z}(s_{(i)}) \quad (4)$$

$$DP_{EM} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(Z(s_i) - \hat{Z}(s_{(i)}) \right)^2} \quad (5)$$

em que: n – é o número de dados; $Z(s_i)$ – possui o valor observado no ponto s_i ; $\hat{Z}(s_{(i)})$ – possui o valor predito por krigagem ordinária no ponto s_i .

Para obter melhores resultados da modelagem de ajuste do semivariograma Bier et al. (2015), definiu o Índice de Seleção de Interpoladores (ISI), com o objetivo de considerar o melhor ajuste para o modelo, aquele que demonstrar o melhor valor para o ISI (Equação 6).

$$ISI = \left\{ \frac{abs(EM)}{máx|_{i=1}^j[abs(EM)]} + \frac{[DP_{EM} - mín|_{i=1}^j(DP_{EM})]}{máx|_{i=1}^j[abs(DP_{EM})]} \right\} \quad (6)$$

em que: $abs(EM)$ – valor em módulo do erro médio da validação cruzada; DP_{EM} – desvio padrão; $mín|j$ – menor valor encontrado entre os j modelos comparados; $máx|j$ – maior valor encontrado entre os j modelos comparados.

De posse do melhor modelo ajustado, para calcular os valores amostrais da KRI de cada ponto em análise, segundo Oliver (2010) o cálculo matemático, foi definido por Krige (Equação 7):

$$\hat{z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i * z(x_i) \quad (7)$$

em que: $\hat{z}(x_0)$ – valor estimado em determinado local; λ_i – peso atribuído aos valores amostrais; $z(x_i)$ – valor do atributo amostrado; n – número de localidades vizinhas empregadas para interpolação do ponto, em que o somatório dos pesos λ_i deve ser igual a um.

De posse dos dados, a krigagem ordinária utiliza-se das informações obtidas na fase de análise geoestatística para estimar o melhor os valores em toda a área. Portanto, sua aplicação, destaca-se por levar em consideração a variabilidade espacial dos dados, mínimo erro das variáveis estimadas, além de melhorar os procedimentos tradicionais, devido a eficiência do estimador que possibilita precisão local e a informação coletada nesse modelo inferencial, para a geração de mapas temáticos (SANTI et al., 2016).

3.7.3. Mapas temáticos

Mapas temáticos, podem ser definidos como representações gráficas da superfície terrestre e ilustradas em conformidade com algum critério predefinido. Para demonstrar os diferentes aspectos do espaço geográfico, são utilizados, legendas e símbolos, que correspondem a determinados fenômenos especializados (IBGE, 2018b). Para gerar mapas temáticos, relacionados com a produtividade agrícola de determinada cultura, quantidade de cálcio, de potássio, de matéria orgânica entre outros atributos físicos e químicos do solo, inicialmente é de fundamental importância obter os dados amostrais de determinada área. De posse dos dados, será possível identificar a variável regionalizada de interesse, como a de produtividade de culturas perenes em diferentes locais do talhão (SANTI et al., 2016).

Para visualizar o comportamento da variável da área em estudo, é necessária a utilização de determinado método de interpolação de dados. Nesse sentido, para gerar um mapa temático interpolado (como exemplo o da Figura 2b), a partir da utilização de dados amostrais de determinada área (Figura 2a), é necessário o levantamento dos pontos amostrais, a análise geoestatística (no caso da Krigagem) e a geração do mapa temáticos.

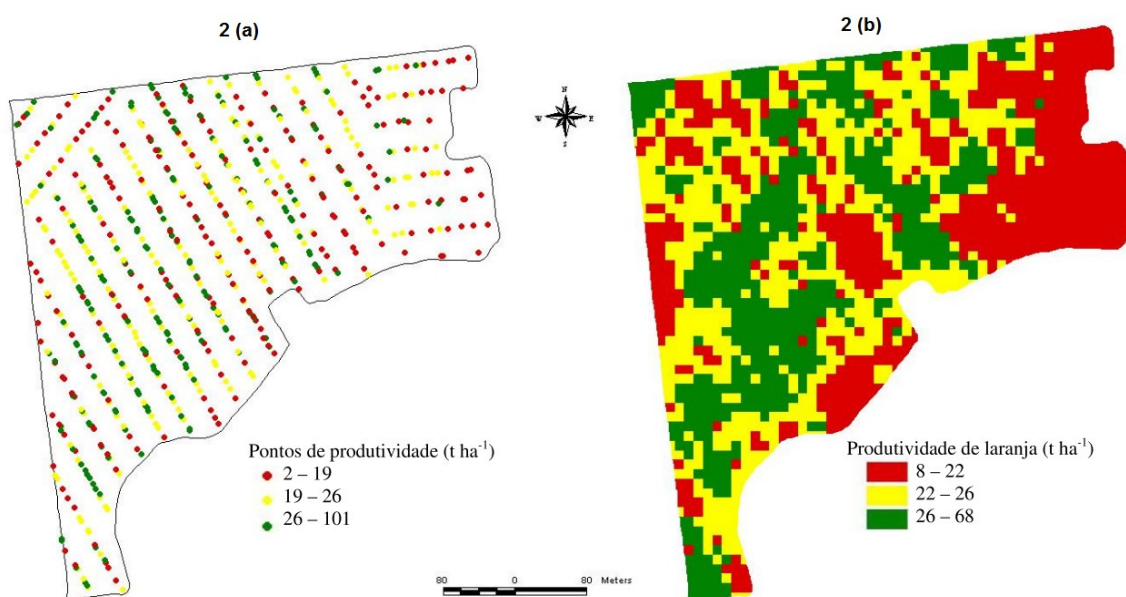


Figura 2 – Pontos amostrais e mapa temático de produtividade de laranja em toneladas por hectare (t ha⁻¹).

Fonte: Adaptado de Molin; Mascarin (2007).

Os mapas temáticos vão muito além de apenas descrever as descrições espaciais de determinadas atividades e/ou fenômenos naturais, por representar de forma distinta, a realidade (FRIGHETTO et al., 2019). Nesse sentido, a importância de mapas temáticos relacionados com a produtividade na AP, serve de subsídios para destacar todos os resultados e manejos realizados dentro de um sistema produtivo, considerando a Fruticultura de Precisão (FP). Com isso, permite ao produtor rural identificar visualmente os resultados de produtividade obtidos em sua área/talhão durante a fase de colheita (CARDOSO; AUGUSTO; SANCHEZ, 2015; ROY et al., 2019).

3.8 TECNOLOGIAS PARA DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE

3.8.1. Tecnologia Java

A tecnologia Java começou a ser desenvolvida pela Sun Microsystems em 1991 e ganhou força, em 1995, com a expansão da Internet e com o suporte que os principais programas utilizados para navegar pela Web passaram a dar à execução de pequenos aplicativos escritos em Java, também chamado de applets (SANTOS, 2007). Com esse entendimento, no ano de 1999 a tecnologia Java foi dividida em três níveis de plataforma, sendo para Deitel, (2017, p. 3): JSE: o Java Standard Edition, “contém os recursos necessários para desenvolver aplicativos desktop e servidor”; JME: o Java Micro Edition, “é voltado para o desenvolvimento de aplicativos para dispositivos embarcados com recursos limitados, como MP3 players, decodificadores de TV entre muitos outros”; JEE: o Java Enterprise Edition, “é adequado para desenvolver aplicativos em rede distribuída e em grande escala e também aplicativos para Web”.

Ainda segundo Deitel (2017), a Sun Microsystems, em 1991, financiou um projeto de pesquisa corporativa interna chefiado por James Gosling, que resultou em uma linguagem de programação orientada a objetos chamada C++, que a empresa

chamou de Java. Com a popularidade da Internet na metade da década de 90, a Sun Microsystems, visualizou o potencial que a tecnologia Java oferecia para a interação, e animação às páginas para a Web. Com isso, o Java passou a ser utilizado por empresas e pequenos desenvolvedores, e hoje a tecnologia Java é utilizada em grande escala, para Web, dispositivos celulares, televisores entre tantos outros. No ano de 2010 a empresa Sun Microsystems, foi adquirida pela Oracle (DEITEL, 2017). Sendo assim, a plataforma central para o desenvolvimento do presente projeto será o JEE, capaz de modelar aplicativos para Web de forma robusta, simples e eficaz.

3.8.2. Banco de dados PostgreSQL

Um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), corresponde a um sistema utilizado para armazenar, recuperar e analisar dados de forma organizada e segura (MOMJIAN, 2001). Dentre as versões disponíveis gratuitamente para uso em aplicações com considerável volume de dados o SGBD PostgreSQL (PostgreSQL, 2018), corresponde a um SGBD objeto relacional de código fonte livre, que utiliza a licença Berkeley Software Distribution (BSD) e é capaz de gerenciar e processar grandes volumes de dados. Seguindo o padrão de consultas Structured Query Language (SQL), o PostgreSQL permite por meio desta linguagem a manipulação, manutenção e consulta de dados, além de outros recursos que exigem maior complexidade, tais como balanceamento de carga, segurança, entre outros.

De acordo com Milani (2008, p. 25-29), o PostgreSQL é um SGBD Relacional, utilizado para armazenar dados de soluções de informática em todas as áreas de negócios existentes, bem como administrar o acesso a estes dados, dando suporte as operações de Atomicidade, Consistência, Isolamento e Durabilidade (ACID). Além dessas funcionalidades, o PostgreSQL, oferece suporte a processamento distribuído, clusterização de sistemas e base de dados (CALDEIRA, 2015). O PostgreSQL, também possui a extensão espacial Postgis, oferecendo suporte a objetos geográficos, ou seja, um Geographic Information System (GIS), que permite se

trabalhar com dados espaciais em bancos de dados relacionais, fazendo uso de padrões específicos e da linguagem SQL.

3.8.3. Extensão espacial Postgis

Inicialmente, o Postgis foi desenvolvido pela Refraction Research Inc⁶, sob o padrão de código fonte livre, e disponibilizado para os desenvolvedores de sistemas GIS, no ano de 2001, na versão 1.0 (POSTGIS, 2018). Atualmente, o Postgis é um projeto que está sendo mantido pela fundação Open Source Geoespatial Foundation⁷ (OSGEO, 2018). Com o surgimento da extensão espacial Postgis, é possível armazenar, gerenciar e consultar dados geoespaciais (pontos, linhas, polígonos, multipontos, multilinhas, multipolígonos e coleções de geometrias (SILVA et al., 2005).

3.8.4. Persistência de dados: Hibernate e Hibernate Spatial – HS

O Hibernate é um framework de código fonte aberto, sob a licença GNU Lesser General Public Licence (LGPL⁸), escrito na linguagem Java e segue a especificação da Java Persistence API (JPA⁹). Ele é utilizado para o mapeamento objeto relacional, ou seja, age como um facilitador e mediador na criação e persistência automática de dados e classes Java, em tabelas para um banco de dados, fazendo o uso de anotações. O Hibernate utiliza o Hibernate Query Language

⁶ Refrations Inc é uma empresa de GIS e consultoria em banco de dados, localizada em Victoria, na Colúmbia Britânica, Canadá (POSTGIS, 2018).

⁷ OSGeo, é uma organização não governamental sem fins lucrativos cuja missão, é apoiar e promover o desenvolvimento colaborativo de tecnologias e dados geoespaciais abertos (OSGEO, 2018).

⁸ LGPL é uma licença de software livre escrita em 1991 e aprovada pela Free Software Foudation (FSF, (LGPL, 2019)).

⁹ JPA é uma Application Programming Interface (API), padrão da linguagem Java, que descreve uma interface comum para frameworks de persistência de dados (CAVALCANTI, 2013).

(HQL), uma linguagem própria de consulta, muito semelhante com o SQL, porém o HQL é integralmente orientado a objetos (HIBERNATE, 2019).

O Hibernate Spatial é uma extensão genérica do Hibernate, voltado para manipulação de dados geográficos, e também é de código fonte aberto sob a licença LGPL. Seu funcionamento se baseia no Java Topology Suite (JTS), que define um subconjunto de funções em geometria, aliado a linguagem HQL, permitindo que a comunicação com o banco de dados seja automática, abstraindo todas as manipulações, armazenamento e consultas de forma padronizada com as coleções de dados geográficos suportados pelo PostgreSQL (HIBERNATE SPATIAL, 2019).

3.8.5. Frameworks de Backend, Frontend e Mapas

Com a demanda e evolução de aplicações Web, o Spring Boot (SB) sendo uma variante do Spring Framework (SF), possui o intuito principal de reunir um conjunto de ferramentas e rotinas, destinados a facilitar e agilizar o desenvolvimento de softwares (CAVALCANTI, 2013). Nesse sentido, o Spring Boot, fornece uma coleção de bibliotecas e componentes de código aberto e prontos para uso no desenvolvimento backend¹⁰ de aplicações Web, na linguagem de programação Java. Sendo assim de modo geral, o SB se concentra em abstrair o máximo possível do código fonte com a utilização de anotações, para que o desenvolvedor ou uma equipe de desenvolvimento, possam se concentrar mais na lógica de negócios no nível da aplicação, do que na codificação dos aplicativos de software (SPRING, 2019).

Ainda, o Spring Boot segue a arquitetura Model View Controller (MVC), que é um padrão de projeto proposto na década de 1980, permitindo a separação entre a interface do cliente (usuário) e a do servidor da aplicação (lógica de negócio). Dessa forma, o MVC é estruturado em três camadas que conversam entre si, sendo: 1) o Modelo, que administra o sistema e as operações associadas aos dados; 2) a Visão, que administra a forma de apresentação dos dados ao usuário; e 3) o Controlador,

¹⁰ Na computação, backend é um termo destinado para desenvolvedores de software que trabalham no desenvolvimento do lado do servidor, ou seja, código fonte, banco de dados, não ficando visível para o usuário final (CAMBRIDGE, 2019).

que administra a interação (Figura 3) do usuário, passando essas para a Visão e o Modelo (SOMMERVILLE, 2011).

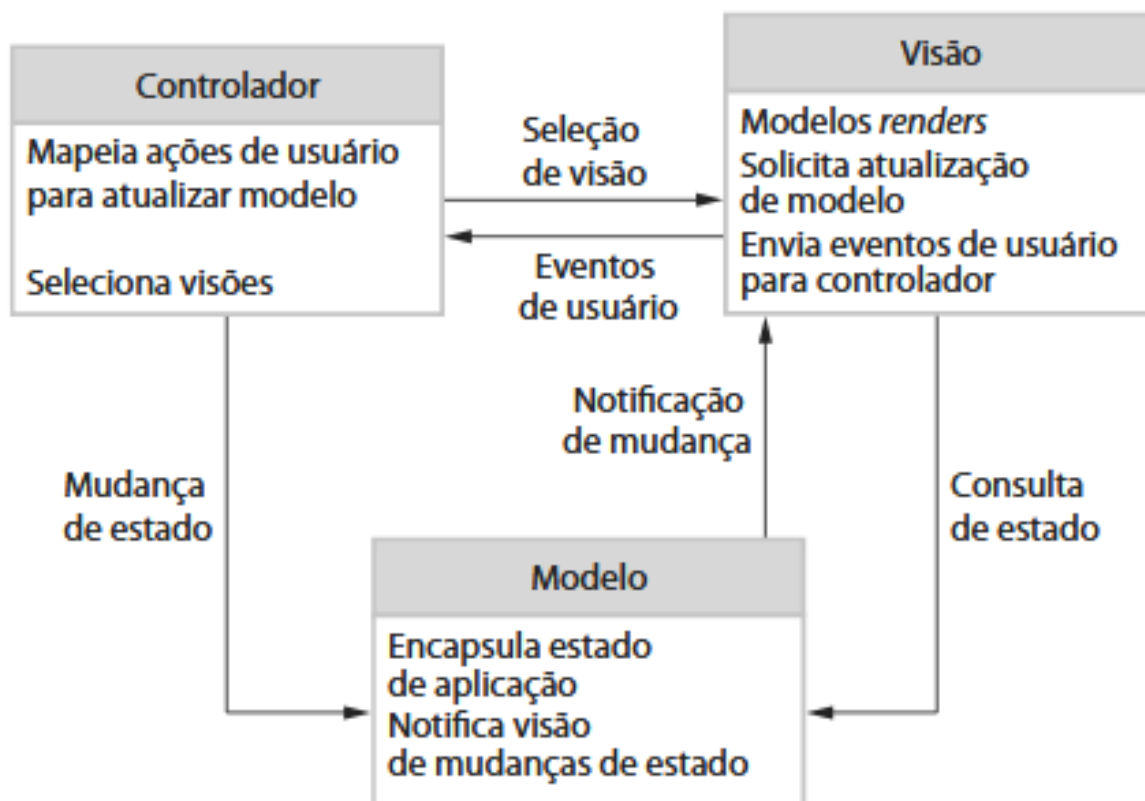


Figura 3 – Organização e interação do padrão MVC.
Fonte: Sommerville (2011).

Nesse sentido, o MVC simplifica o desenvolvimento de aplicações, pois separa de forma estruturada e organizada, as camadas de visualização e as de regras de negócio (ANDRADE, 2015).

O framework de frontend¹¹ AdminLTE, é um projeto de código fonte aberto, que permite a construção de páginas Web dinâmicas, oferecendo recursos como a responsividade, que é a capacidade de uma página Web se adequar automaticamente ao formato do monitor de um computador, smartphone, tablet etc., além de exibir interfaces amigáveis entre outras. Para prover os recursos das páginas Web, o AdminLTE trabalha em conjunto com o framework de código fonte aberto Bootstrap, como também faz uso das linguagens para programação de aplicativos Web,

¹¹ Ao contrário do backend, o frontend é destinado para desenvolvedores que trabalham no desenvolvimento do lado cliente, interfaces Web ou Desktop, ou seja, são páginas e janelas visíveis para o usuário final (CAMBRIDGE, 2019).

Hypertext Markup Language (HTML), Cascading Style Sheets (CSS), JQuery e JavaScript (ADMINLTE, 2019).

O OpenLayers é uma biblioteca JavaScript de código fonte aberto, sob a licença BSD, com a função de exibição de mapas dinâmicos em páginas Web. Ele permite também a apresentação de dados vetoriais e o uso de informações geográficas (OPENLAYERS, 2019). Além desses recursos, o OpenLayers trabalha de forma colaborativa e integrada com o projeto Open Street Map, um trabalho de mapeamento colaborativo que permite criar, editar e visualizar mapas pelo mundo (OPENSTREETMAPS, 2019).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção, são abordados sobre as áreas experimentais de pesquisa, pomares de maçã (cultura perene), o método que envolve o processo de coleta de dados de colheita, as ferramentas e tecnologias, o funcionamento do sistema Web, ou seja, todas as funcionalidades que englobam a lógica de negócio do sistema. O fluxo de importação do arquivo, contendo os dados de colheita, scripts, frameworks, bibliotecas, algoritmos, consulta a API, análise geoestatística, os interpoladores de dados (KRI e IDW), além da geração, armazenamento e visualização de mapas temáticos de produtividade também são elencados.

4.1 MOTIVAÇÃO E CONTEXTO EM QUE O TRABALHO SE INSERE

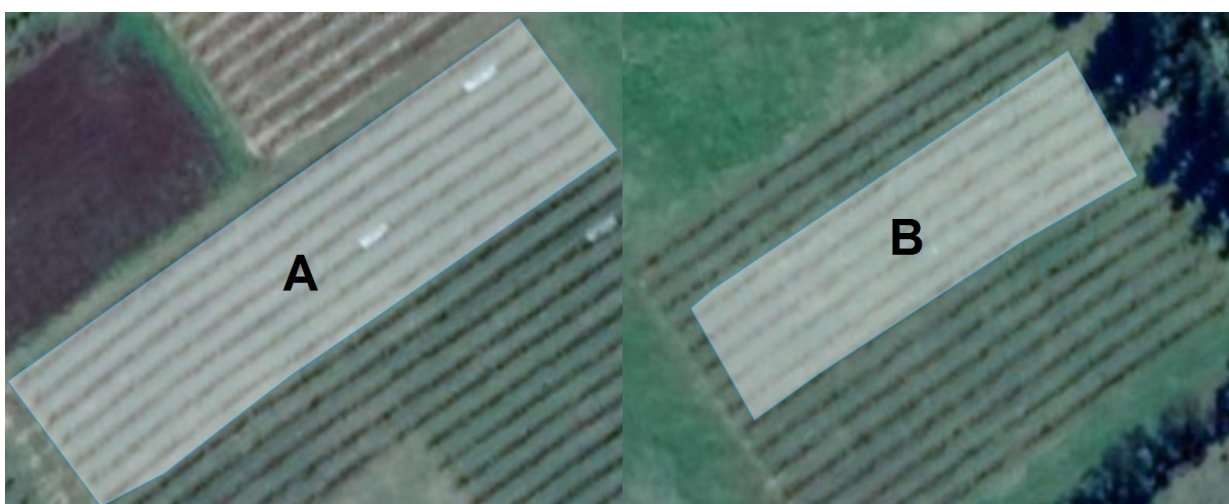
Este trabalho insere-se no contexto do grupo de pesquisa e desenvolvimento Parana Precision Agriculture Team (PPAT), que visa, desenvolver tecnologias e ferramentas para o aumento da produtividade das lavouras e redução dos custos e do impacto ambiental, causado pela prática agrícola. Dentre os projetos existentes, destaca-se o Agricultural Data Box (AgDataBox), idealizado pelo Prof. Dr. Claudio Leones Bazzi e implementado por alunos, vinculado a UTFPR, campus Medianeira, PR; Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus Cascavel, PR em conjunto com colaboradores; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA); Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA); Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); e Fundação Parque Tecnológico Itaipu (PPAT, 2019).

O AgDataBox, é uma (API), que permite a integração de dados e sistemas aplicados, utilizando o conceito da AP, assim como, o gerenciamento de áreas agrícolas. Essa API, é composta por módulos já integrados, permitindo que novos

softwares sejam desenvolvidos em diferentes linguagens, por meio de requisições as suas funcionalidades. Atualmente, um dos módulos da API o (AgDataBox Mobile), encontra-se disponível, para download na Play Store, com suporte a sistemas Android, onde pode ser baixado e utilizado de forma gratuita. Ainda, a ferramenta AgDataBox-Map (<http://adb.md.utfpr.edu.br/map/login>) pode ser acessado gratuitamente para confecção de mapas temáticos e zonas de manejo (PPAT, 2019).

4.2 ÁREAS EXPERIMENTAIS

As áreas experimentais para o desenvolvimento deste trabalho, estão localizadas no município de Vacaria, na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, conforme ilustrado na Figura 4. O sistema foi desenvolvido em parceria com a Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado (EFCT) da Embrapa Uva e Vinho, localizada na BR 285, quilômetro 115, Vacaria, RS, possuindo as coordenadas de Longitude 50°53'00.0" Oeste e Latitude 28°30'53.3" Sul, a qual disponibilizou as áreas experimentais para que a parte prática de coleta de dados à campo fosse possível.



**Figura 4 – Áreas experimentais da EFCT, Embrapa Uva e Vinho, Talhão (A) e (B).
Fonte: Adaptado do Google Maps (2020).**

De acordo com a Embrapa Uva e Vinho (2019), a EFCT possui uma área de 116,52 hectares, dos quais 23 são utilizados para trabalho de pesquisa em pomares de maçãs. A área de pomares de maçã corresponde a 5,5 hectares.

4.3 CONJUNTO DE DADOS DOS REGISTROS DE COLHEITA

Para cada um dos talhões (A e B) foram utilizados, conjuntos de dados para geração de mapas de produtividade. Cada conjunto de dados, representa os registros de pontos geográficos (X Longitude e Y Latitude) obtidos durante a fase de colheita. A colheita ocorreu tanto para o talhão (A), quanto para o talhão (B), entre os dias 16 e 17 de janeiro de 2020. Na Tabela 1, são apresentados a quantidade de registros gerados pelo dispositivo de monitoramento de colheita e posteriormente utilizados na geração de mapas de produtividade nas colheitas realizadas em janeiro de 2020.

Tabela 1 – Conjunto de dados utilizados na geração de mapas de produtividade, para a colheita em pomares de maçã, ocorrida nos dias 16 e 17 de janeiro de 2020 nos talhões (A) e (B).

Talhão	Ano	Quantidade de registros
A	2020	4.624
B	2020	3.285

Fonte: Próprio autor (2020).

4.4 DISPOSITIVO ELETRÔNICO DE RASTREAMENTO

O processo de obtenção de dados de colheita, foi realizado por meio de um dispositivo eletrônico de rastreamento desenvolvido para isso, o qual contempla um receptor de sinal Global Position System (GPS), que permite obter dados georreferenciados dos locais onde ocorre a colheita em um determinado momento. O dispositivo eletrônico de rastreamento foi desenvolvido por alunos¹² de graduação e

¹² Rauber; Ferreira Cordeiro; Bazzi (2018) e Ferreira Cordeiro; Bazzi (2019).

iniciação científica do curso de Ciência da Computação da UTFPR, câmpus Medianeira.

O dispositivo contempla em sua arquitetura uma caixa (patola) 30x104x68mm para acomodação dos componentes, um leitor Radio-Frequency Identification (RFID), um receptor de sinal GPS, um cartão de memória microSD, uma placa Bluetooth Smart, uma placa Wifi, uma Placa de Circuito Impresso (PCI), um microcontrolador ESP32 e duas baterias de Lion-Ion (Íon de Lítio) de 3.7V em série, com suporte aproximado de 18 horas de duração para o dispositivo em funcionamento. Na Figura 5, é apresentado a arquitetura do dispositivo eletrônico de rastreamento na versão 2.0.

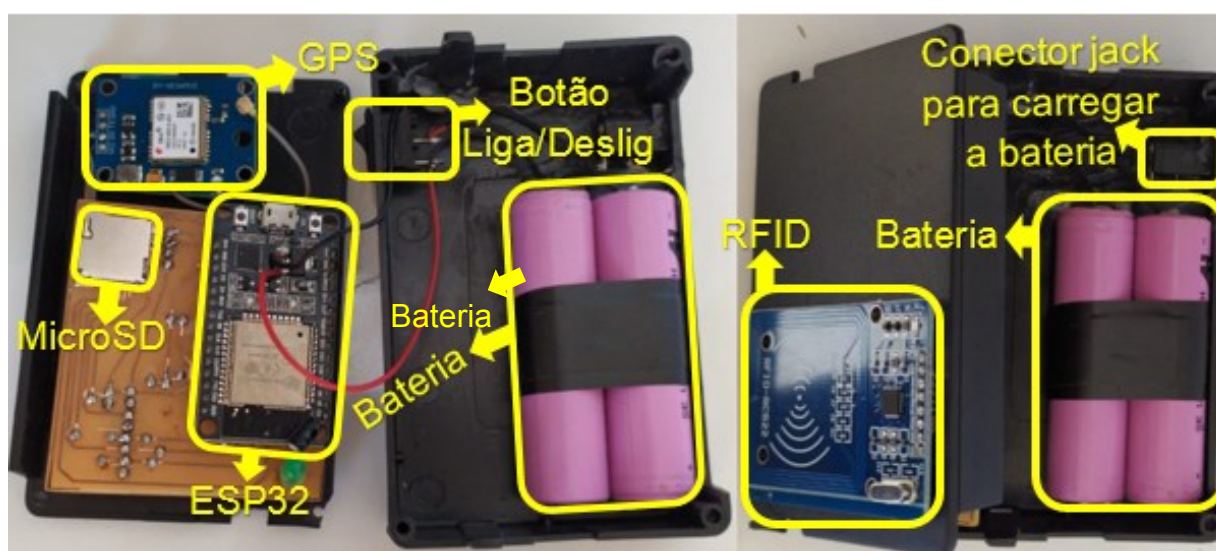


Figura 5 – Arquitetura do dispositivo eletrônico de rastreamento v2.0.
 Fonte: Cedida por Bruno Eduardo Ferreira Cordeiro (2020).

O dispositivo eletrônico de rastreamento possui um número identificador, e é acoplado em sacolas de colheita dos frutos que serão descarregadas em caixas de armazenamento (bins). Essas sacolas, são utilizadas por trabalhadores para realizar a coleta dos frutos nas árvores, podendo seu peso variar entre 12 a 18 quilogramas quando totalmente cheias, momento em que são descarregadas nas caixas colocadas previamente em locais estratégicos no pomar. Essa variação de peso ocorre, pois depende do funcionário, da distância entre o funcionário e a caixa, e se o mesmo está colhendo com ou sem auxílio de escada. Já a caixa que recebe o fruto contido na sacola (bin), mantém em suas quatro faces, um cartão receptor RFID (tag) com um número atribuído para sua identificação previamente.

A caixa também possui um peso que varia entre 300 a 400 quilogramas, pois depende do diâmetro dos frutos (maçãs), sendo que frutos menores tendem a gerar menos espaços e deixar a caixa mais pesada, do que frutos maiores, que ocupam os espaços de forma mais ineficiente, o que faz com que as caixas se apresentem com peso menor, mesmo estando cheias. Ainda as caixas podem estar fixas ou móveis, sendo distribuídas nas linhas dos pomares separadas pelas árvores. A distância em metros entre as caixas fixas na linha, pode variar de 5 a 10 metros de distância uma da outra, dependendo do tamanho do pomar e da colheita. As caixas móveis são comumente utilizadas em pomares integrados aos *packings-houses*, e estão dispostas em uma plataforma sendo conduzidas por um trator. Na Figura 6, é demonstrado como fica disposto o dispositivo acoplado na sacola (trabalhador), além da caixa (tag) localizada no pomar.



Figura 6 – Representação e disposição do dispositivo (sacola) e caixa (tag) no pomar.
Fonte: Cedida por Bruno Eduardo Ferreira Cordeiro (2020).

4.5 PROCESSO DE COLETA DE DADOS

O processo de colheita é realizado manualmente por trabalhadores que coletam os frutos nas árvores e os adicionam na sacola que é presa por meio de uma alça em seu pescoço, até a mesma encher. Na sequência, o trabalhador caminha até

a caixa mais próxima a ele, e realiza o despejo dos frutos na caixa. A cada três segundos, o dispositivo desenvolvido realiza um registro da localização do trabalhador no campo visando indicar onde os frutos daquela sacola foram colhidos. Ao chegar próximo a caixa de descarregamento a tag acoplada na caixa é identificada pelo dispositivo atrelado na sacola, registrando-se, portanto, o esvaziamento da sacola. Tais registros (pontos de colheita e descarga) são armazenados pelo dispositivo em um arquivo de texto (extensão “txt”; Figura 06) e armazena os dados em um cartão de memória tipo microSD. O registro de descarga permite ainda identificar o número da caixa (tag).

Após finalizada a colheita, os dados armazenados no dispositivo salvos em um computador para que possa ser interpretado posteriormente pelo sistema web desenvolvido para esse fim.

	ID EQUIPAMENTO	ID CAIXA	DATA	HORA	LONGITUDE	LATITUDE
1						
2	0004	00000	17/01/2020	10:40:23	-50.881943	-28.515100
3	0004	00000	17/01/2020	10:40:28	-50.881874	-28.515156
4	0004	00000	17/01/2020	10:40:31	-50.881874	-28.515156
5	0004	00000	17/01/2020	10:40:34	-50.881874	-28.515156
6	0004	00001	17/01/2020	10:40:36	-50.881874	-28.515156
7	0004	00000	17/01/2020	10:40:39	-50.881874	-28.515156
8	0004	00000	17/01/2020	10:40:42	-50.881889	-28.515165
9	0004	00000	17/01/2020	10:40:45	-50.881889	-28.515186
10	0004	00000	17/01/2020	10:40:48	-50.881889	-28.515186
11	0004	00002	17/01/2020	10:40:50	-50.881748	-28.515207

Figura 7 – Arquivo no formato de texto gerado pelo dispositivo eletrônico de rastreamento, contendo os dados de coleta da colheita ocorrida nos dias 16 e 17 de janeiro de 2020. Fonte: Próprio autor (2020).

De acordo com a Figura 7, são obtidas informações durante o processo de colheita de culturas perenes, referentes a:

- a) ID_EQUIPAMENTO: corresponde a um número identificador do coletor, ou seja, cada funcionário (coletor de maçã), possui o equipamento receptor GPS em sua respectiva bolsa/sacola de coleta;
- b) ID_CAIXA: este dado é um número identificador da caixa, onde as bolsas contendo os frutos são despejadas;
- c) DATA_HORA: este dado é a data e hora corrente gerada pelo receptor GPS no momento da coleta dos frutos;

- d) X (LONGITUDE) E Y (LATITUDE): estes dados, são as coordenadas geográficas recebidas pelo receptor GPS.

Na Figura 7, também é possível verificar nas cores em verde e em amarelo, as linhas contendo os registros e dados de colheita com o número identificador do equipamento, o número identificador da caixa, a data, a hora e as coordenadas geográficas (Longitude e Latitude). Nas cores em verde, são representados a posição geográfica do trabalhador no momento da coleta dos frutos nas árvores. Já nas cores em amarelo, é representado a posição geográfica da caixa, no momento em que o funcionário despejou os frutos na mesma. Após o processo de coleta dos dados de colheita, os mesmos são importados para o sistema Web, padronizado e parametrizado para ler e armazenar os dados de coleta contido em um arquivo de texto no formato (".txt").

4.6 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA WEB

Para o desenvolvimento do sistema para este trabalho, foram adotados o padrão MVC, além das ferramentas e tecnologias livres, de código fonte aberto, que permitam futuras alterações, melhorias, adição de novos módulos e atualizações por outros desenvolvedores, bem como, seja disponibilizado gratuitamente a utilização do sistema Web. Além desses recursos, a consulta a API, a análise geoestatística, os interpoladores de dados (KRI e IDW), e os mapas de produtividade foram empregados.

4.7 FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS

A ferramenta utilizada para o desenvolvimento do sistema Web, foi a IDE Spring Tools 4 for Eclipse (STS4), que oferece um ambiente integrado de rotinas ao framework de backend Spring Boot 2.0, além de códigos fontes exemplos que puderam ser utilizados, visando agilizar o desenvolvimento de sistemas (ECLIPSE, 2019). Os frameworks de frontend AdminLTE e Bootstrap, em conjunto com as linguagens HTML, CSS, JQuery e JavaScript também foram utilizadas na produção das páginas Web do sistema. Para a visualização dos mapas foi utilizado a biblioteca OpenLayers, Open Street View e Google Maps.

A tecnologia Java, foi a linguagem de programação adotada nesse projeto, através da plataforma JEE, que oferece diversos recursos, suporte e integração com frameworks, para modelar aplicativos Web de forma robusta, simples e eficaz. Hoje a tecnologia Java é utilizada em grande escala na confecção de sistemas Web, e por ser de código fonte aberto, permite diversas integrações com outras aplicações.

O BD PostgreSQL, a extensão espacial Postgis e os frameworks de persistência de dados Hibernate e Hibernate Spatial, também foram empregados, com o intuito de agilizar o desenvolvimento, servindo de subsídio para armazenamento, persistência e consulta de dados, que visam recuperar informações, entre outros recursos.

4.8 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA WEB DESENVOLVIDO

Na Figura 8, é ilustrado o funcionamento do sistema Web, sendo que os processos do fluxograma, foram colocados na ordem de processamento, com o intuito geral de demonstrar de forma visual as principais operações realizadas pelo software e sua interação com os demais atores do processo. Os processos e as funcionalidades do sistema estão disponíveis por etapas sequenciais, sendo que por exemplo,

somente poderá ser realizado o cadastro de amostras, se for cadastrado previamente uma propriedade, uma colheita e uma área/talhão correspondente. Para importar um arquivo de colheita relacionado a propriedade e área, primeiramente é necessário efetuar o cadastro do número identificador das caixas (tags) conforme descrito no Apêndice A, assim como o número identificador do dispositivo/equipamento (sacolas) elencados no Apêndice B. Esses dados alfanuméricos, estão configurados para cada caixa (tag) e no equipamento (dispositivo eletrônico de rastreamento).

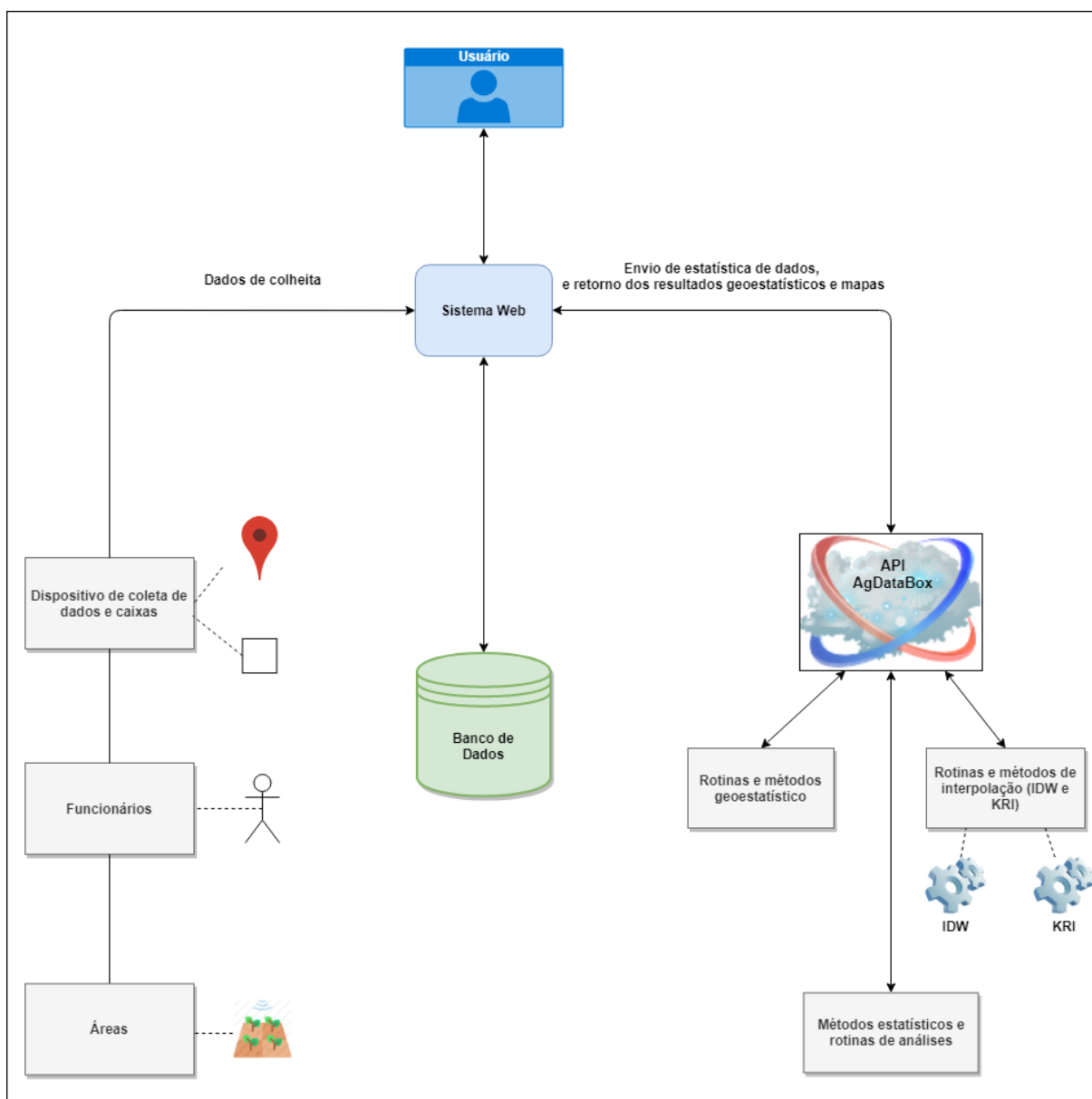


Figura 8 – Fluxograma de funcionamento do sistema Web desenvolvido.
 Fonte: Próprio autor (2020).

O fluxograma inicia com a autenticação do usuário cadastrado no sistema, por meio da tela de login disponível (Apêndice C). Após obter acesso e efetuado os

cadastros prévios, o usuário por meio de um formulário específico disponível, adiciona uma colheita, atribuindo um nome e selecionando um tipo de colheita (Apêndice D). Na sequência, o usuário seleciona a opção “tipo de coordenada” e aciona o botão “Enviar”, neste momento uma janela é apresentada para a seleção do arquivo desejado, obtidos durante a fase de coleta de dados de colheita em culturas perenes, por meio de um dispositivo eletrônico de rastreamento (Apêndice E). Na sequência, é realizada a importação do arquivo e os dados são interpretados e armazenados em um banco de dados para realização de consultas futuras. Esses processos são automatizados e realizados por meio da lógica de negócio do sistema proposto.

Após o armazenamento dos dados de colheita no banco de dados, ao usuário é permitida a análise dos dados de colheita. Por meio de um formulário de colheita que é apresentado ao usuário, o mesmo informa o nome e uma descrição para a área (Apêndice G). Efetuado o cadastro da área, o usuário poderá realizar o processo de consulta das informações da(s) colheita(s). Os pontos geográficos de colheita para o talhão (A) e (B), são apresentados dentro da delimitação do contorno (Figura 9).

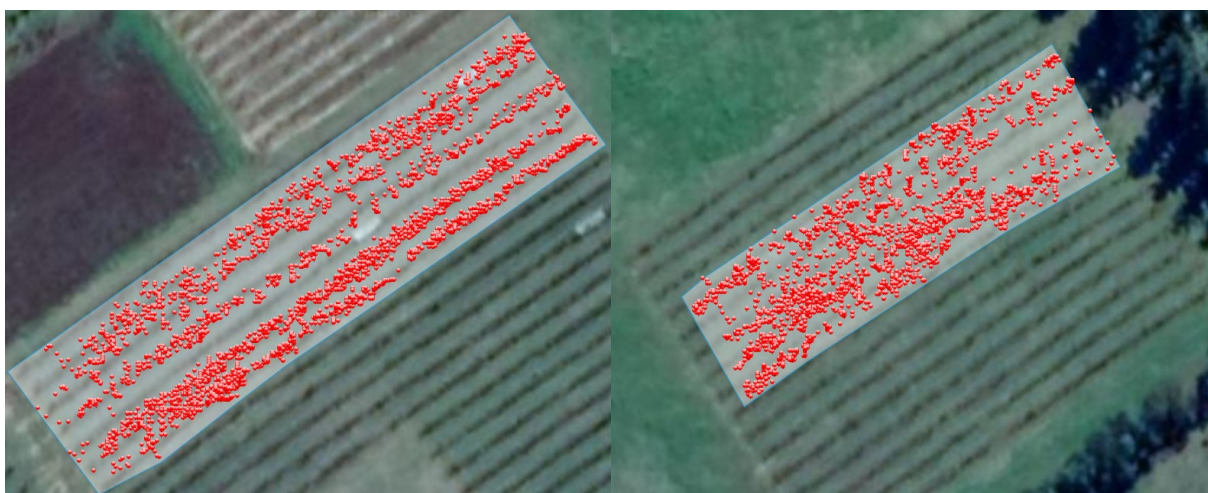


Figura 9 – Talhão (A) e (B) cadastrados no sistema Web, com a apresentação dos dados amostrais referente a colheita ocorrida entre os dias 16 e 17 de janeiro de 2020.
Fonte: Próprio autor (2020).

Finalizado o cadastro da colheita e da área correspondente, se inicia a execução das funcionalidades previstas no sistema, tais como: cadastro da amostra e os procedimentos de execução de análise estatística, por meio da geoestatística, interpolação de dados por meio da KRI ou IDW, e a apresentação de mapas de produtividade da área/talhão. Esses processos, são realizados de forma transparente pelo sistema, que realiza a requisição para a API AgDataBox e obtém os resultados

requeridos. Após a geração dos mapas de produtividade, os mesmos são armazenados no banco de dados e estão disponíveis para acesso e visualização das informações espaciais. Os processos desenvolvidos no sistema Web envolvendo o método para se estimar a produtividade, são detalhados na próxima seção.

4.9 MÉTODOS PARA ESTIMAÇÃO DA PRODUTIVIDADE

O funcionamento do dispositivo de coleta de dados, segue uma determinação periódica de registro de dados (1s, 2s, 3s), sendo que a cada período de tempo é registrado uma linha no arquivo de dados, indicando a posição geográfica do dispositivo naquele momento. Desta forma, segue-se realizando este procedimento até que a sacola esteja totalmente cheia e então o funcionário se encaminha até a caixa de descarregamento para esvaziá-la, quando ao chegar próximo a caixa, o sistema identifica a presença da TAG que representa que o conteúdo da sacola foi descarregado na caixa de armazenamento. Então, o funcionário passa a realizar a colheita novamente, retornando a linha de plantio, repetindo-se o processo novamente de forma cíclica. Tem-se então, de forma sequencial os dados e a localização onde a colheita foi realizada, e em qual caixa, cada sacola foi descarregada. O peso de cada sacola é pouco variável desde que esteja completamente cheia, sendo que desta forma, estima-se um valor médio para definição da produtividade, que pode ser calculada de duas formas distintas:

Método #1: consiste no cálculo da produtividade obtida com referência as caixas de armazenamento. Neste método, como cada sacola demora um certo período para ser enchida e, portanto, tem-se uma sequência de pontos de localização dos locais onde as frutas foram colhidas, realiza-se o cálculo do centroide destes pontos, indicando que neste local uma sacola foi colhida. Realizado este procedimento para todas as sacolas descarregadas em uma determinada caixa, realiza-se o cálculo do centroide de todas as sacolas novamente. Desta forma, tal centroide serve como uma referência de onde a carga da caixa foi obtida, relacionando-se a ela o peso estimado do número de sacolas multiplicado pelo peso médio de cada sacola, ou

mesmo pelo peso total obtido quando pesada a caixa. Na Figura 10 pode-se verificar a forma pela qual a sequência de passos é executada.

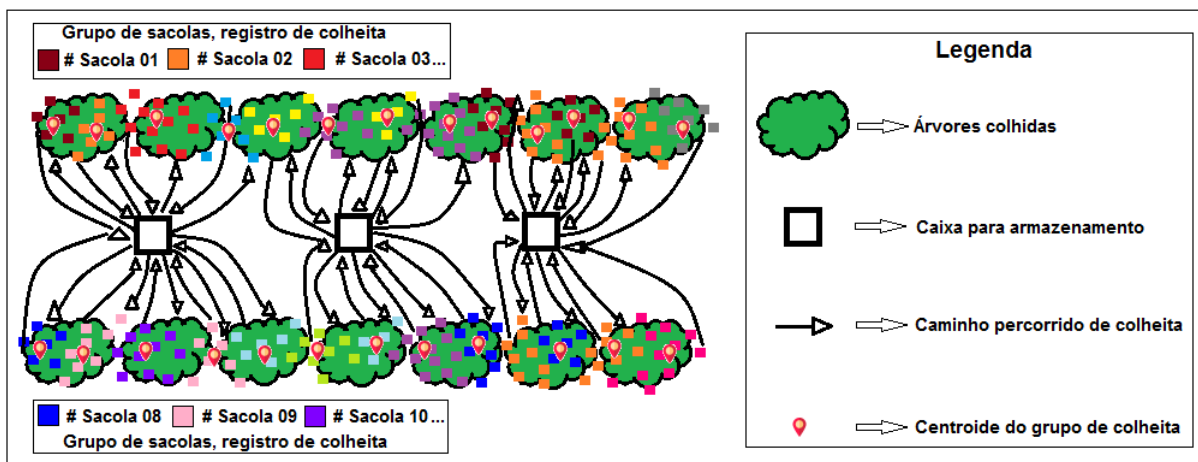


Figura 10 – Representação gráfica do funcionamento da colheita para calcular por meio do método 01 a produtividade obtida com referência às caixas de armazenamento.
Fonte: Próprio autor (2020).

Método #2: consiste na produtividade obtida com referência a uma grade amostral que representa as árvores do pomar. Neste sentido, visando simular as árvores de um pomar, este método busca criar uma grade amostral inicial e relacionar cada ponto que representa o momento da colheita a um ponto da grade amostral mais próximo da localização do mesmo. Desta forma, tem-se teoricamente qual é o número de sacolas colhidas em cada local, estimando-se assim a produtividade multiplicando-se o número de sacolas ao peso médio estipulado. A Figura 11 apresenta a forma pela qual a sequência de passos no campo é executada.

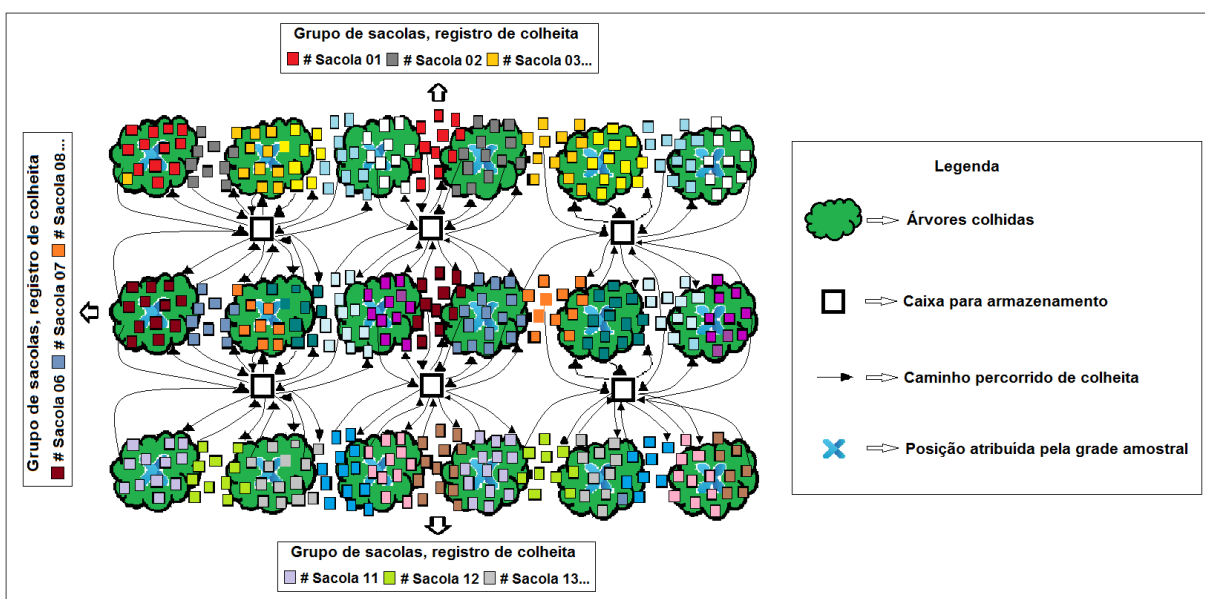


Figura 11 – Representação gráfica do funcionamento da colheita para calcular por meio do método 02 a produtividade obtida com referência a uma grade amostral que representa as árvores do pomar.

Fonte: Próprio autor (2020).

4.10 ANÁLISE GEOESTATÍSTICA

Após a execução dos métodos (#1 e #2) para estimação da produtividade respectiva a área/talhão, o usuário realiza o cadastro de análise geoestatística por meio do formulário do tipo lista disponível na interface do sistema. Para efetuar o cadastro, é necessário escolher dentre as opções disponíveis na tela do sistema, a amostra, o tipo de análise, o método de interpolação de dados (KRI ou IDW), a opção enviar pontos geográficos com ou sem quantidade atribuída, e por fim, atribuir um nome/descrição e acionar o botão salvar.

Com a análise geoestatística realizada, o usuário por meio de tela específica, possui os parâmetros definidos, como no caso da Krigagem, tamanho do pixel, número de lags, cutoff, pares, intervalo de alcance e contribuição, nome do atributo, além das opções de lags automáticos, estimador, gerar gráficos e lambda. Caso opte pelo interpolador IDW, a análise geoestatística não é obrigatória, sendo que é necessário informar apenas os parâmetros referentes ao expoente, número de

vizinhos e tamanho do pixel. Tanto o método por KRI ou IDW, permitem que o usuário do sistema altere os parâmetros, conforme sua necessidade, para realizar interpolação desejada.

Efetuada os ajustes necessários para a análise geoestatística, o usuário por meio de um botão aciona o método de interpolação de dados (KRI ou IDW) escolhido. De forma transparente, o sistema realiza o envio de uma requisição para API AgDataBox, com o conjunto de dados da amostra e parâmetros desejados, para que a API processe os dados e após finalizar, retorne os resultados parametrizados para que o sistema os apresente para o usuário.

Para o método de interpolação de dados por Krigagem Ordinária, a API realiza a criação do semivariograma experimental e realiza o ajuste dos modelos teóricos (gaussiano, exponencial e esférico) obtendo-se os parâmetros de patamar, efeito pepita, contribuição e alcance. A qualidade da estimativa dos valores para os pontos geográficos, dependem da qualidade da amostra. A API disponibiliza 3 (três) modelos (esférico, gaussiano, exponencial) e dois métodos para ajuste do semivariograma (OLS e WLS). Para definir o melhor modelo de ajuste para o semivariograma relacionado a amostra, a API efetua o cálculo do menor erro médio – EM (Equação 4), do desvio padrão do erro médio – DP_{EM} (Equação 5), sendo calculado por meio destes o índice de seleção de interpoladores – ISI (Equação 6).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema desenvolvido fazendo uso de tecnologias computacionais, é capaz de armazenar os dados de colheita de culturas perenes, coletadas por meio de um dispositivo eletrônico de rastreamento, e executar dois métodos (Figuras 10 e 11) que buscam estimar a produtividade da área/talhão. O cálculo da estimativa da produtividade é executado a partir de um conjunto de dados que representam uma amostra, referente aos dados de colheita. Por meio da integração do sistema com a API AgDataBox, é possível realizar análises geoestatísticas dos dados, bem como a geração de mapas de produtividade fazendo uso de métodos tradicionais de interpolação (KRI e IDW).

Optou-se pelo desenvolvimento de uma ferramenta que fosse de fácil uso, visando a possibilidade de avaliar e interpretar de modo visual por meio de mapas de produtividade, o desempenho do pomar em diferentes locais da área/talhão.

5.1 INTERFACE WEB E MENUS DISPONÍVEIS

Após obter acesso ao sistema por meio da tela de login, ao usuário é apresentada a interface inicial (Figura 12) que contempla um menu principal (lado direito da tela), contendo o acesso para os cadastros gerais (Pessoas e Propriedades); acesso as telas de configuração (cadastros de caixas, equipamentos, tipo de colheita e tipos de análise); e configurações de usuário.

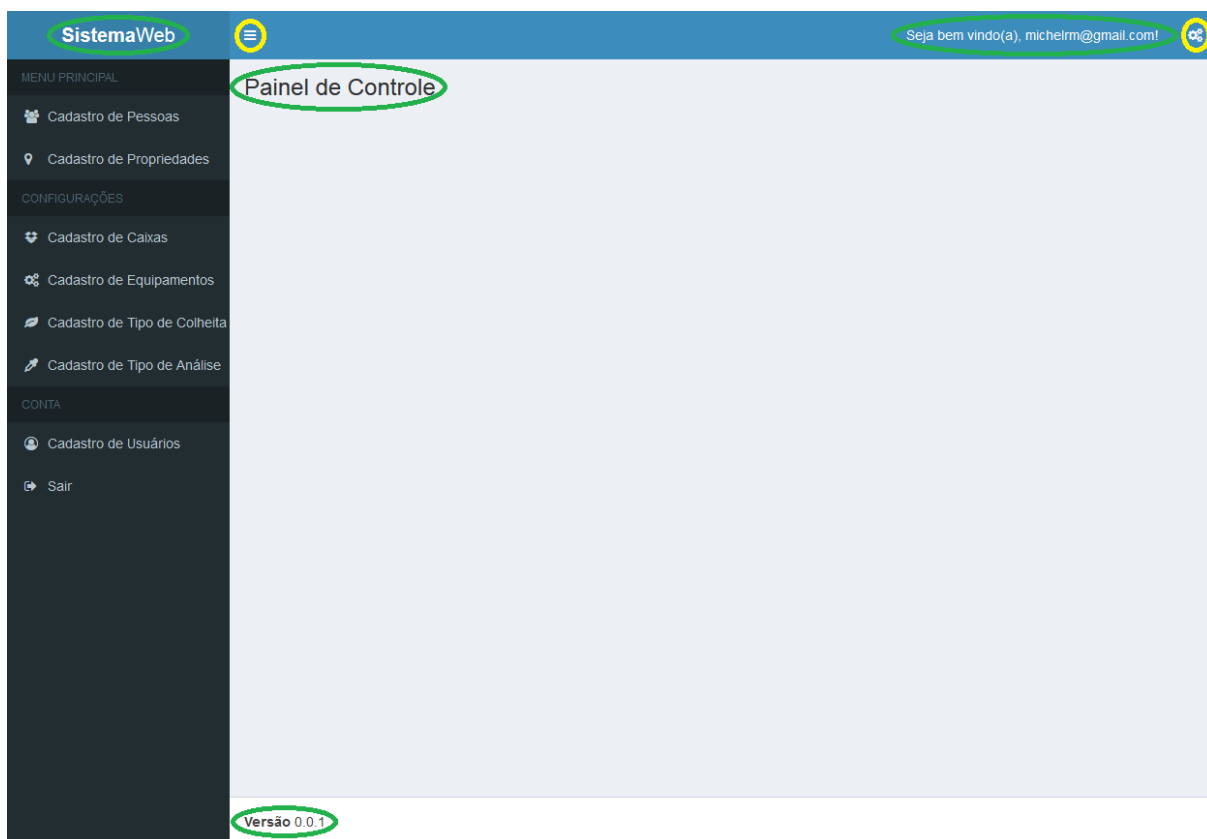


Figura 12 – Tela inicial do sistema, menu de cadastros e funcionalidades.
Fonte: Próprio autor (2020).

5.2 CADASTROS INICIAIS PARA A GERAÇÃO DA AMOSTRA

Além da necessidade inicial de cadastramento de caixas de armazenamento (tags), equipamentos (sacolas) de rastreo e dados de colheita (Apêndices A e B), é necessário realizar o cadastro da propriedade conforme descrito na Figura 13.

Novo Cadastro de Propriedade

Nome

Todos os Registros de Propriedades

Exibir registros por páginaPesquisar:

Código	Nome	Editar	Excluir
26	EFCT EMBRAPA UVA E VINHO	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>

Exibindo de 1 até 1 de 1 registros

Figura 13 – Tela do sistema para cadastro e visualização do registro de propriedade.
 Fonte: Próprio autor (2020).

Realizado o cadastro de propriedade, ao usuário é apresentado a tela que relaciona as propriedades cadastradas (Figura 14), dando-se opções de acesso para uma lista de funcionalidades (Colheitas, Áreas, Grades Amostrais, Amostras, Análises, Pessoas, Equipamentos e Equipes).

Editar Propriedade

Nome

Funcionalidades

Figura 14 – Tela do sistema da propriedade com suas respectivas funcionalidades.
 Fonte: Próprio autor (2020).

Ao realizar um registro de colheita (Apêndices D ao G), realiza-se o cadastro da mesma e insere-se o arquivo das coordenadas geográficas que representam o talhão ao qual a colheita foi realizada. Concluído o cadastro, ao usuário é apresentado a página contendo o mapa da área, com seu respectivo contorno, além dos pontos amostrais referentes a colheita realizada (Figura 9).

Com os dados obtidos, há necessidade de realizar a estimativa da produtividade da colheita, fazendo uso dos métodos de estimação, sendo: 1) método

#1, produtividade tendo como referência as caixas de armazenamento; e 2) método #2, produtividade obtida com referência a uma grade amostral que simula as árvores do pomar. Esses recursos automatizados pelo sistema, necessitando apenas de alguns parâmetros de configuração para o método #2.

5.2.1. Geração da amostra por caixa (método #1)

O cadastro da amostra por caixa, se inicia através do preenchimento da identificação da amostra, da seleção do formulário em formato de lista para a escolha da área e colheita. O sistema está parametrizado para gerar a amostra pelo método #1 (Figura 10) automaticamente. Na sequência é necessário o preenchimento da data/hora inicial e final, além do período em que ocorreu a colheita, podendo ser diário ou total (Figura 15). Estes parâmetros são necessários devido a possibilidade da colheita ser realizada em dias distintos dentro de uma janela de colheita, devido ao nível de maturação dos frutos.

Novo Cadastro de Amostra

Nome

Área

Colheita

- ⓘ Há duas formas distintas de estimar um valor médio para definição da produtividade da amostra:
- Por **caixa**, onde é gerado um centroide de sacolas a partir dos pontos de colheita dos frutos, relacionando-os a uma caixa. Para usar este método, não é necessário selecionar uma grade amostral.
 - Por **grade amostral**, onde é gerado uma grade amostral que representa as árvores do pomar, associando os pontos de colheita a uma grade amostral mais próxima. Para isso, é necessário escolher uma Grade Amostral e o Tipo de Amostra.

Grade Amostral

Tipo de Amostra

Data Inicial

Data Final

Período da Colheita

Figura 15 – Tela do sistema para cadastro, e seleção de parâmetros para gerar a amostra por caixa no Talhão (A), referente a colheita de 16 a 17 de janeiro de 2020.
 Fonte: Próprio autor (2020).

Realizado o cadastro da amostra fazendo uso do método #1, é apresentado ao usuário a tela contendo o mapa da área, com os pontos do centroide das sacolas tendo como referência a localização geográfica das caixas onde as sacolas foram descarregadas. Cada ponto geográfico que representa uma caixa, possui uma quantidade estimada de sacolas, que representa a quantidade de vezes que foi efetuado o despejo dos frutos de cada sacola, o qual pode ser visualizado na Figura 16. É possível no mesmo ambiente, realizar consultas sobre o número da caixa e dos dados geográficos de cada registro. O sistema também disponibiliza a opção de exclusão, caso o usuário deseje excluir algum registro.

Mapa de Amostras



Todos os Registros de Amostras

Exibir registros por páginaPesquisar:

Código	Caixa	Quantidade de Sacolas	Geometria	Excluir
1	1	313.0	POINT (-50.881650526315816 -28.515328380566807)	<input type="button" value="Excluir"/>
2	2	338.0	POINT (-50.88143897142856 -28.51519969795919)	<input type="button" value="Excluir"/>
3	3	326.0	POINT (-50.8812291984436 -28.515066894941615)	<input type="button" value="Excluir"/>
4	4	346.0	POINT (-50.88114286062719 -28.51501111846689)	<input type="button" value="Excluir"/>
5	5	291.0	POINT (-50.88162781893004 -28.515345580246933)	<input type="button" value="Excluir"/>
6	6	315.0	POINT (-50.88148451456312 -28.515269475728132)	<input type="button" value="Excluir"/>
7	7	301.0	POINT (-50.881255964467016 -28.515127761421322)	<input type="button" value="Excluir"/>
8	8	376.0	POINT (-50.88103923109245 -28.514994592436974)	<input type="button" value="Excluir"/>
9	9	118.0	POINT (-50.88171444660198 -28.51528845631069)	<input type="button" value="Excluir"/>
10	10	186.0	POINT (-50.88155014723926 -28.515193447852763)	<input type="button" value="Excluir"/>

Exibindo de 1 até 10 de 20 registros

Figura 16 – Tela do sistema contendo o mapa e todos os registros da amostra, gerado pelo método #1 (caixa), no talhão (A), referente a colheita de 16 a 17 de janeiro de 2020.

Fonte: Próprio autor (2020).

5.2.2. Geração da amostra por grade amostral (método #2)

Para estimação da produtividade considerando o método #2, é necessário definir o tamanho da grade amostral que representará as árvores do pomar (Apêndice H), informando o distanciamento entre plantas desejado (tanto na vertical como na horizontal) para um determinado talhão. Seguindo o método, o sistema realiza o cálculo de estimativa e apresenta para o usuário o mapa contendo os pontos amostrais, contendo a estimativa de produtividade de cada ponto (que representam as árvores).

No exemplo apresentado na Figura 17, foram definidos os parâmetros de distanciamento entre plantas de 5m x 5m que representarão a estimativa de produtividade em uma área de 25m². Para que os valores de produtividade dos pontos amostrais sejam estimados, pode-se realizar delimitação do período de colheita, podendo-se optar por apenas uma coleta ou juntar períodos de colheita em uma só análise.

Novo Cadastro de Amostra

Nome

Área

Colheita

- ⓘ Há duas formas distintas de estimar um valor médio para definição da produtividade da amostra:
- Por **caixa**, onde é gerado um centroide de sacolas a partir dos pontos de colheita dos frutos, relacionando-os a uma caixa. Para usar este método, não é necessário selecionar uma grade amostral.
 - Por **grade amostral**, onde é gerado uma grade amostral que representa as árvores do pomar, associando os pontos de colheita a uma grade amostral mais próxima. Para isso, é necessário escolher uma Grade Amostral e o Tipo de Amostra.

Grade Amostral

Tipo de Amostra

Data Inicial

Data Final

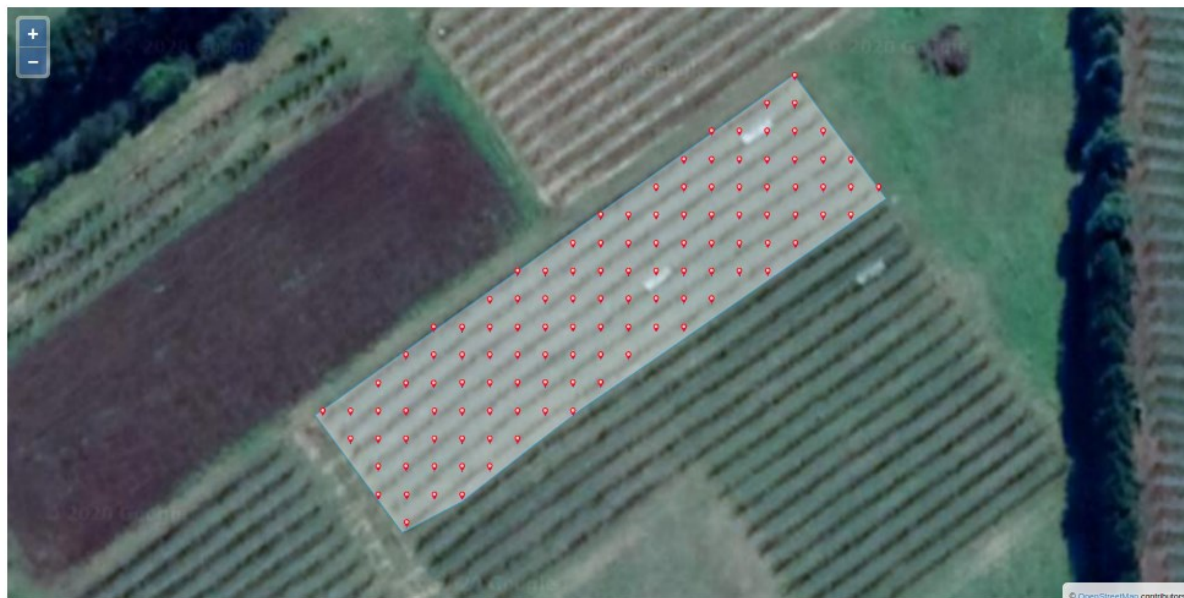
Período da Colheita

Figura 17 – Tela do sistema para cadastro, e seleção de parâmetros para gerar a amostra por grade amostral no talhão (A), referente a colheita de 16 a 17 de janeiro de 2020.

Fonte: Próprio autor (2020).

Realizado o procedimento para estimação da produtividade, é apresentado ao usuário a disposição dos pontos amostrais no mapa da área, bem como um ambiente que permite verificar os valores dos pontos amostrais e realizar a exclusão dos mesmos caso for necessário (Figura 18)

Mapa de Amostras



Todos os Registros de Amostras

Exibir registros por páginaPesquisar:

Código	Quantidade de Sacolas	Geometria	Excluir
21	1.2470046082949302	POINT (-50.881405 -28.5151)	<input type="button" value="Excluir"/>
22	1.0736308857249506	POINT (-50.88135390202089 -28.51509995539273)	<input type="button" value="Excluir"/>
23	2.467104388010794	POINT (-50.88130280404189 -28.515099910766242)	<input type="button" value="Excluir"/>
24	2.5404955928377904	POINT (-50.881251706063004 -28.51509986612054)	<input type="button" value="Excluir"/>
25	2.0929448929448955	POINT (-50.881200608084235 -28.515099821455628)	<input type="button" value="Excluir"/>
26	0.17219662058371732	POINT (-50.88145609797924 -28.51510004458805)	<input type="button" value="Excluir"/>
27	0.3238095238095237	POINT (-50.88150719595859 -28.51510008915689)	<input type="button" value="Excluir"/>
28	0.9670289855072459	POINT (-50.88155829393806 -28.515100133706518)	<input type="button" value="Excluir"/>
29	0.0	POINT (-50.88160939191764 -28.515100178236924)	<input type="button" value="Excluir"/>
30	1.1961361737677527	POINT (-50.88140505049185 -28.515054867012353)	<input type="button" value="Excluir"/>

Exibindo de 1 até 10 de 117 registros

Anterior **1** 2 3 4 5 ... 12 Seguinte

Figura 18 – Tela do sistema contendo o mapa e todos os registros da amostra, gerado pelo método 02 (grade amostral), no talhão (A), referente a colheita de 16 a 17 de janeiro de 2020.
 Fonte: Próprio autor (2020).

5.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS E GERAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS FAZENDO USO DA API AGDATABOX

5.3.1. Interpolação de dados por Krigagem Ordinária no talhão (A)

Após a estimação das produtividades e sistematização para obtenção de conjuntos de dados contendo amostras georreferenciadas, o sistema permite ao usuário realizar análises geoestatísticas, que são realizadas por meio da interação entre a aplicação e a API AgDataBox de forma transparente. Ainda, é possível por meio desta interação gerar os mapas temáticos considerando os resultados das análises geoestatísticas geradas (Figura 19).

Novo Cadastro de Análise

Nome

Amostra

Tipo de Análise

Método

Enviar Zeros?

Figura 19 – Tela do sistema para cadastro de uma nova análise, utilizando a amostra por grade amostral e interpolação de dados pelo método de Krigagem Ordinária.
Fonte: Próprio autor (2020).

Conforme apresentado na Figura 19, é importante ressaltar que o campo amostra, contém todos os atributos descritos na Figura 17. A opção tipo de análise, está disponível para descrever um grupo de análises. O campo método permite selecionar os interpoladores KRI ou IDW. A opção enviar zeros, é um recurso que permite ao usuário enviar para a análise, pontos amostrais com ou sem quantidade de sacolas, que representa o valor atribuído no momento em que foi inserido no

sistema uma amostra, conforme elencado na Figura 18. Nesse exemplo, foi definido no campo enviar zeros a opção (1 - Não). A tela de cadastro de análise, também possui a exibição de todos os registros das análises realizadas no sistema (Figura 20).

Todos os Registros de Análises Realizadas

Exibir registros por página Pesquisar:

Código	Nome	Data de Criação	Data de Retorno	Tipo de Análise	Método	Amostra	Área	Editar	Excluir
1	ANÁLISE-01	2020-02-27 16:23:17.882	2020-02-27 16:28:42.672	POR GRADE AMOSTRAL	KRI	#2 - AMOSTRA-01	TALHÃO-A		
2	ANÁLISE-01	2020-02-27 16:33:35.484	2020-02-27 16:33:53.276	POR GRADE AMOSTRAL	IDW	#2 - AMOSTRA-01	TALHÃO-A		
3	ANÁLISE-02	2020-02-27 16:40:50.913	2020-02-27 16:43:21.044	POR GRADE AMOSTRAL	KRI	#3 - AMOSTRA-02	TALHÃO-B		
4	ANÁLISE-02	2020-02-27 16:46:59.251	2020-02-27 16:47:19.418	POR GRADE AMOSTRAL	IDW	#3 - AMOSTRA-02	TALHÃO-B		

Exibindo de 1 até 4 de 4 registros Anterior **1** Seguinte

Figura 20 – Tela do sistema Web para exibição de todos os registros de análises realizadas.
Fonte: Próprio autor (2020).

Os registros apresentados (Figura 20) estão organizados no formato de uma tabela contendo um cabeçalho descritivo de cada atributo, divididos em colunas. O cabeçalho, também possui o botão editar e o botão excluir. Além disso, é exibido a data e hora de criação e de retorno da análise.

A data de retorno da análise, somente será apresentada, após o usuário enviar os dados para API AgDataBox, a mesma executar os procedimentos desejados e retornar os resultados para a tela do sistema Web. Os dados de cabeçalho, permitem e facilitam um acompanhamento cronológico para identificação das análises realizadas para consultas futuras. Com a análise efetuada, o sistema Web automaticamente redireciona o usuário para a tela, contendo os dados de edição (Figura 21).

Editar Análise

Nome

Amostra

Tipo de Análise

Método

Enviar Zeros?

Figura 21 – Tela do sistema Web que exibe o registro e a edição da análise.
Fonte: Próprio autor (2020).

Na mesma tela do sistema, ainda são exibidos os parâmetros para interpolação de dados pelo método escolhido de Krigagem Ordinária como representado na Figura 22.

Definir Parâmetros - Krigagem Ordinária (KRI)

Nº de Passos	<input type="text" value="11"/>	Percentual Máxima Distância	<input type="text" value="50"/>
Nº de Pares	<input type="text" value="10"/>	Nº Intervalo de Alcance	<input type="text" value="5"/>
Nome do Atributo	<input type="text" value="AppleView1"/>	Nº Intervalo de Contribuição	<input type="text" value="5"/>
Passos Automáticos	<input type="radio"/> Sim	Estimador	<input type="radio"/> Matheron - Classical
Gerar Gráficos	<input type="radio"/> Sim	Valor Lambda	<input type="text" value="1.0"/>
Tamanho do Pixel X		Tamanho do Pixel Y	
<input type="text" value="1"/>		<input type="text" value="1"/>	
<input type="button" value="Salvar"/>		<input type="button" value="Limpar"/>	

ⓘ Atenção!

- Para poder gerar a análise, é necessário que verifique os parâmetros de Krigagem Ordinária (KRI) e clique no botão salvar. Assim fazendo, o botão para geração da análise ficará disponível.

Figura 22 – Tela do sistema que exibe os parâmetros de definição para interpolação de dados pelo método de Krigagem Ordinária.
Fonte: Próprio autor (2020).

O processo de interpolação de dados é apresentado em duas sessões (Figuras 21 e 22), sendo a primeira a que contempla informações da análise e a segunda, permite visualizar a alterar os parâmetros da análise geoestatística e da interpolação de dados pelo método de Krigagem Ordinária. O processo automático (valores default) foi implementado para facilitar as análises efetuadas por usuários que não possuem conhecimento prévio quanto as peculiaridades específicas para efetuar uma análise geoestatística e a interpolação de dados pelo método KRI ou IDW.

Para análise geoestatística os dados da amostra e os parâmetros para cálculo do semivariograma são enviados à API AgDataBox, que após realizar o processamento e os ajustes dos modelos ao semivariograma, retorna os dados para aplicação que os armazena em um banco de dados. Após isso, é disponibilizado para o usuário a tela do sistema que contempla os semivariogramas gerados e ajustados pelos diversos modelos, bem como o melhor modelo ajustado considerando a estatística ISI (Figura 23).

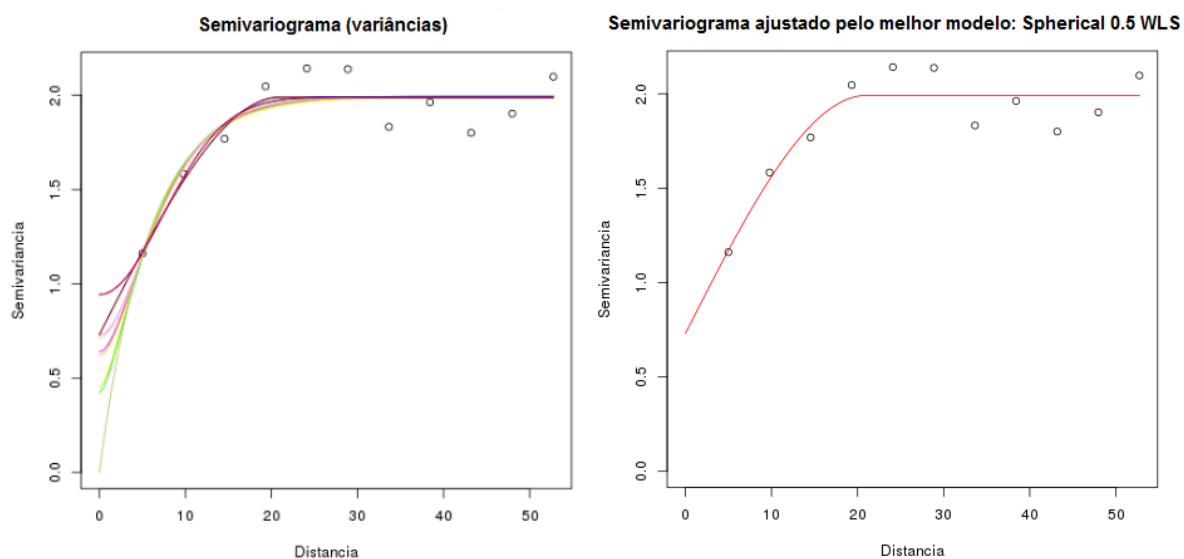


Figura 23 – Representação gráfica dos semivariogramas, realizado pela análise geoestatística, referente a colheita ocorrida nos dias 16 a 17 de janeiro de 2020 no talhão (A).
Fonte: Próprio autor (2020).

A análise geoestatística em sua essência contém como característica principal o semivariograma. Nesse sentido, a API AgDataBox processa as representações gráficas, sendo a primeira, envolvendo os 12 (doze) melhores modelos que foram selecionados durante as comparações efetuadas pela API (exponencial, esférico, gaussiano e família matern).

O sistema apresenta uma tabela contendo todos os registros das análises realizadas. Na tabela, são exibidos os 12 (doze) melhores modelos de semivariograma. No entanto, na primeira linha da tabela, o sistema realiza a classificação do menor valor ISI para o modelo ajustado, destacado na cor verde, conforme Figura 24.

Todos os Registros de Análises Geostatística Realizadas (ISI)

Exibir registros por página

Pesquisar:

Código	Modelo	Método	ICE	Contribuição	Alcance	Valor Kappa	Erro Médio	Desvio Padrão	ISI	Visualizar
10	SPHERICAL	WLS	0.999968257161285	1.16091832892326	42.8492656920316	0.5	-0.0138487669721846	1.16879681459397	0.692650939746458	Visualizar Mapa
5	SPHERICAL	OLS	0.999825022171378	1.40602531755788	23.0726815264785	0.5	-0.0138486907163581	1.16939224069635	0.693107729271718	Gerar Mapa
12	GAUSSIAN	OLS	0.999893919856041	1.16091832892326	23.0726815264785	0.5	-0.0145055475460194	1.15229578376893	0.710459926813985	Gerar Mapa
11	GAUSSIAN	WLS	0.999971312888496	1.65113230619249	13.184388443702	0.5	-0.0146035577124789	1.1525238691517	0.71542556434889	Gerar Mapa
3	MATERN	OLS	0.999841531354164	1.16091832892326	52.737557748081	2.0	-0.0180094061251342	1.14713840830187	0.876598029718142	Gerar Mapa
8	MATERN	WLS	0.999948312490867	1.40602531755788	42.8492656920316	2.0	-0.0185507944705502	1.14750524499191	0.90326351100982	Gerar Mapa
2	MATERN	OLS	0.999740192652416	1.16091832892326	42.8492656920316	1.5	-0.0187349511916836	1.14939681921044	0.9138448094151	Gerar Mapa
4	EXPONENTIAL	OLS	0.999994840996977	2.14134628346172	32.9609736092551	0.5	-0.0191227111710899	1.15706890895802	0.939279564781919	Gerar Mapa
9	EXPONENTIAL	WLS	0.99997265672344	1.16091832892326	32.9609736092551	0.5	-0.0191725813980792	1.15713177709516	0.941760732283094	Gerar Mapa
7	MATERN	WLS	0.999979393334153	1.89623929482711	23.0726815264785	1.5	-0.0193637209107781	1.15005290848594	0.945010884376081	Gerar Mapa

Exibindo de 1 até 10 de 12 registros

Anterior [1](#) [2](#) Seguinte

Figura 24 – Tela do sistema que apresenta todos os registros da análise geostatística realizada no formato de tabela, contendo os melhores valores para os doze modelos, referente a colheita ocorrida nos dias 16 e 17 de janeiro de 2020 no talhão (A).
Fonte: Próprio autor (2020).

As linhas da tabela, apresentam informações de cada análise como: código, modelo e método, contendo os valores de ICE, de contribuição, de alcance, do valor kappa, erro médio, desvio padrão e o valor da ISI, que é utilizado para verificar qual é o melhor modelo a ser classificado. Além das informações das análises, cada linha possui um botão chamado “Gerar Mapa”, que ao ser acionado, requisita a API, para gerar o mapa de produtividade, por meio da interpolação de dados pelo método de Krigagem Ordinária (Figura 25).

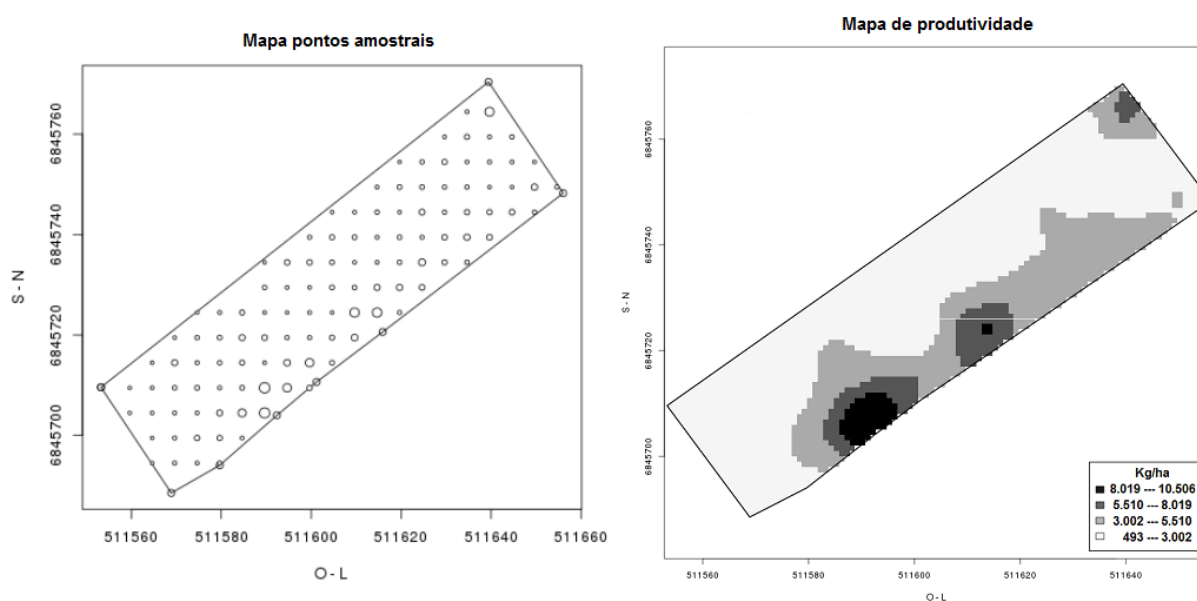


Figura 25 – Representação gráfica dos mapas de pontos amostrais e de produtividade, interpolado pelo método de Krigagem Ordinária, referente a colheita ocorrida nos dias 16 a 17 de janeiro de 2020 no talhão (A).
Fonte: Próprio autor (2020).

Na Figura 25, são apresentados da esquerda para a direita o mapa de pontos amostrais e o mapa de produtividade interpolado pelo método (KRI). O mapa temático gerado possui uma legenda, dividido em uma escala de quatro classes de cores diferentes, para representar o intervalo de valores relacionados. Essa informação é importante para facilitar na interpretação das informações, pelo usuário do sistema e/ou produtor rural.

5.3.2. Interpolação de dados pelo Inverso da Distância Elevado a uma Potência no talhão (A)

Com a finalidade de disponibilizar mais um recurso de interpolação de dados, além da análise geoestatística, o sistema também realiza a integração com a API AgDataBox, para interpolação pelo Inverso da Distância Elevado a uma Potência (IDW) (Equação 1). A tela do sistema para realizar a análise é semelhante ao apresentado na Figura 19, sendo que diferencia-se apenas pela opção de seleção do método IDW, conforme (Figura 26).

Novo Cadastro de Análise

Nome

Amostra

Tipo de Análise

Método

Enviar Zeros?

Figura 26 – Tela do sistema para cadastro de uma nova análise, pelo método Inverso da Distância Elevado a uma Potência.
Fonte: Próprio autor (2020).

Esse processo, também necessita que o operador do sistema efetue a seleção dos campos para amostra, tipo de análise, a opção enviar zeros e o preenchimento de um nome para a análise. Efetuado o registro, o operador do sistema é redirecionado para tela de edição da análise e seleção dos parâmetros da interpolação pelo método do Inverso da Distância Elevado a uma Potência (IDW). Definido os parâmetros conforme representados na Figura 27, o usuário aciona o botão salvar, sendo então direcionado para o botão “Gerar Análise”.

Editar Análise

Nome

Amostra

Tipo de Análise

Método

Enviar Zeros?

Definir Parâmetros - Inverso da Distância Elevado a uma Potência (IDW)

Expoente

Nº Vizinhos

Tamanho do Pixel para X

Tamanho do Pixel para Y

Figura 27 – Tela do sistema para edição da análise e definição dos parâmetros pelo método de interpolação de dados Inverso da Distância Elevado a uma Potência.

Fonte: Próprio autor (2020).

O mecanismo para realizar a análise é semelhante ao efetuado pela análise geoestatística. Ao acionar o botão “Gerar Análise”, o sistema Web envia uma requisição para a API AgDataBox, com todos os requisitos requeridos para efetuar a análise pelo método de interpolação de dados IDW (Figura 27). Após o consumo dos dados, a API retorna os resultados da interpolação. Na sequência o sistema armazena os dados no banco de dados e é então apresentado ao usuário o mapa de produtividade, conforme Figura 28.

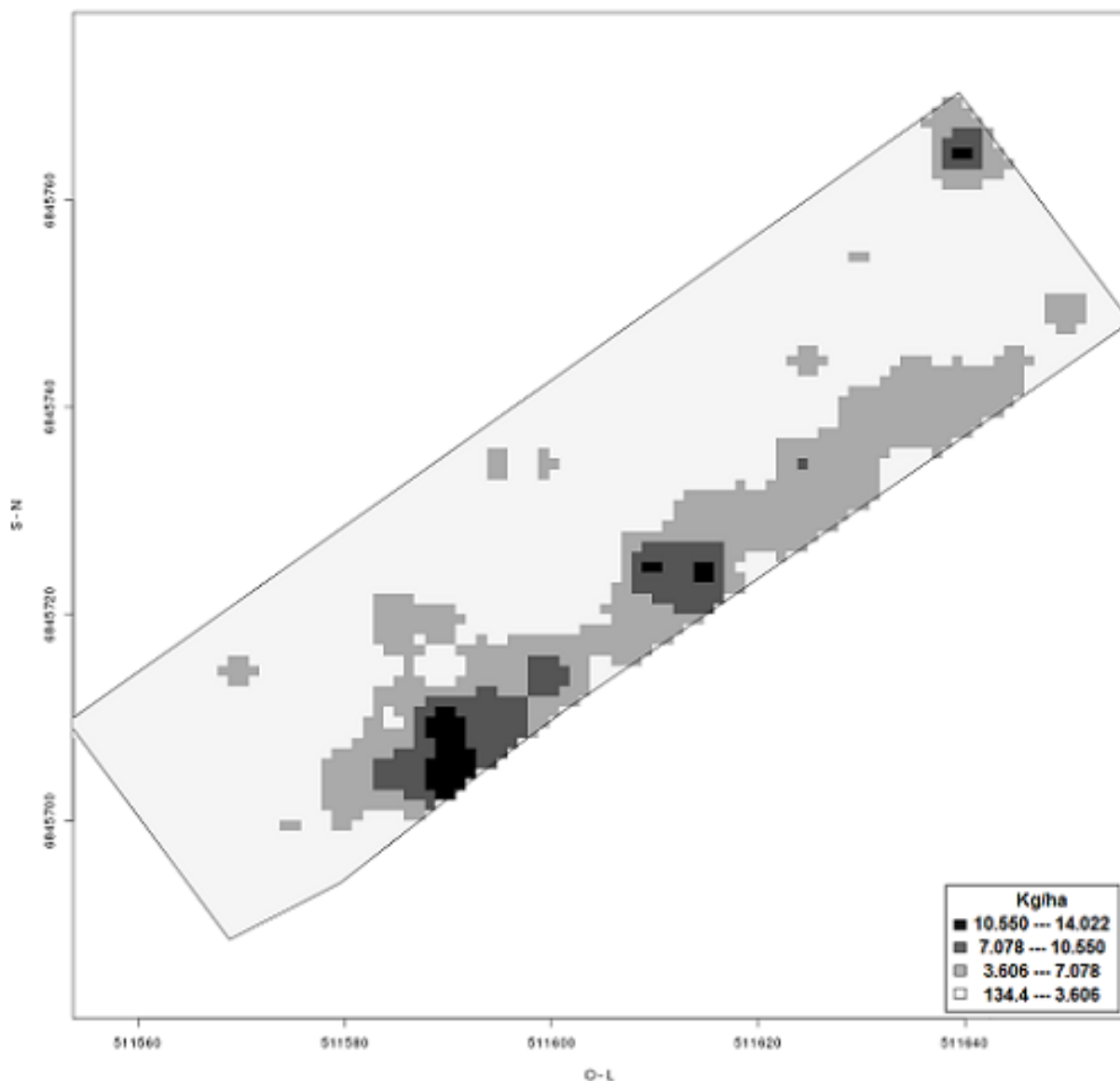


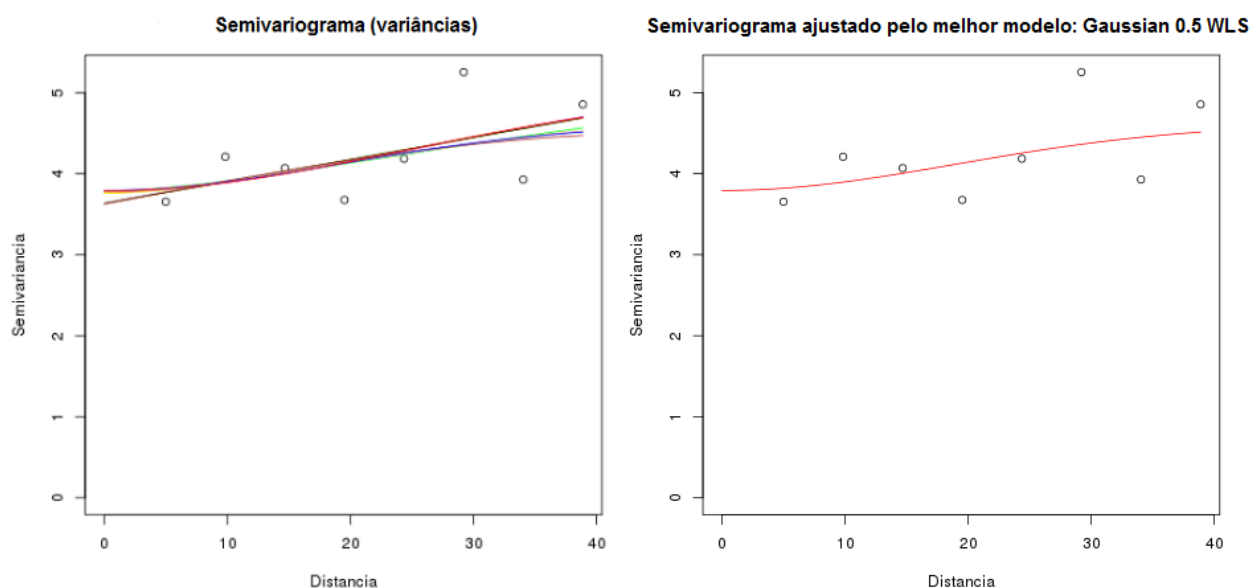
Figura 28 – Representação gráfica do mapa de produtividade interpolado pelo método Inverso da Distância Elevado a uma Potência, referente a colheita ocorrida nos dias 16 a 17 de janeiro de 2020 no talhão (A).

Fonte: Próprio autor (2020).

O mapa (Figura 28) é similar ao mapa gerado por Krigagem Ordinária. Ele está classificado em uma escala separada por quatro cores distintas e a legenda de valores para interpretação da análise gerada.

5.3.3. Interpolação de dados por Krigagem Ordinária e Inverso da Distância Elevado a uma Potência no talhão (B)

A sequência de passos para cadastrar uma análise, gerar a geoestatística e a interpolação de dados pelo método KRI e IDW, é semelhante para todas as áreas/talhões, o que diferencia uma da outra, é a escolha da amostra no campo do formulário para criar uma análise (Figura 19). Nesse sentido, para que não houvesse repetição de todos os passos para geração de uma análise, somente serão apresentados nas Figuras 29 a 32, referente ao talhão (B), o resultado da análise geoestatística, os semivariogramas e os mapas de pontos amostrais e produtividade.



**Figura 29 – Representação gráfica dos semivariogramas, realizado pela análise geoestatística referente a colheita ocorrida nos dias 16 a 17 de janeiro de 2020 no talhão (B).
Fonte: Próprio autor (2020).**

Todos os Registros de Análises Geostatística Realizadas (SI)

Exibir registros por página

Pesquisar:

Código	Modelo	Método	ICE	Contribuição	Alcance	Valor Kappa	Erro Médio	Desvio Padrão	ISI	Visualizar
23	GAUSSIAN	WLS	0.733299125441662	4.45328622392759	24.3067956036348	0.5	-0.00692210278719575	1.80057588329092	0.831300545934955	Visualizar Mapa
24	GAUSSIAN	OLS	0.999966759852196	4.0534600764278	17.0147569225444	0.5	-0.00697255104545459	1.80040259971634	0.837235208712322	Gerar Mapa
20	MATERN	WLS	0.999964737218983	3.65363392892801	38.8908729658158	2.0	-0.00707708565241323	1.80215885958046	0.850703785872618	Gerar Mapa
18	MATERN	WLS	0.970338431044403	3.65363392892801	38.8908729658158	1.0	-0.00712980274721773	1.80600570789374	0.859135646176299	Gerar Mapa
19	MATERN	WLS	0.99996820290781	3.65363392892801	17.0147569225444	1.5	-0.00717333679825945	1.80190591887437	0.862069643097121	Gerar Mapa
15	MATERN	OLS	0.999967513175686	4.0534600764278	31.5986342847253	2.0	-0.00727385011862519	1.80359165956454	0.8750184466507113	Gerar Mapa
14	MATERN	OLS	0.999876279309272	4.85311237142738	17.0147569225444	1.5	-0.00740190747777334	1.80396485157717	0.890533149942192	Gerar Mapa
22	SPHERICAL	WLS	0.716555862814861	4.45328622392759	24.3067956036348	0.5	-0.00747920165275493	1.79386115347072	0.894067695065407	Gerar Mapa
13	MATERN	OLS	0.984336092136584	4.85311237142738	31.5986342847253	1.0	-0.00764792229860501	1.80426481011868	0.920107980353957	Gerar Mapa
21	EXPONENTIAL	WLS	0.980859955646859	5.25293851892717	17.0147569225444	0.5	-0.00770791233613661	1.79952711416558	0.924655920305488	Gerar Mapa

Exibindo de 1 até 10 de 12 registros

Anterior [1](#) [2](#) Seguinte

Figura 30 – Tela do sistema que apresenta todos os registros da análise geostatística realizada no formato de tabela, contendo os melhores valores para os doze modelos, referente a colheita ocorrida nos dias 16 e 17 de janeiro de 2020 no talhão (B).
Fonte: Próprio autor (2020).

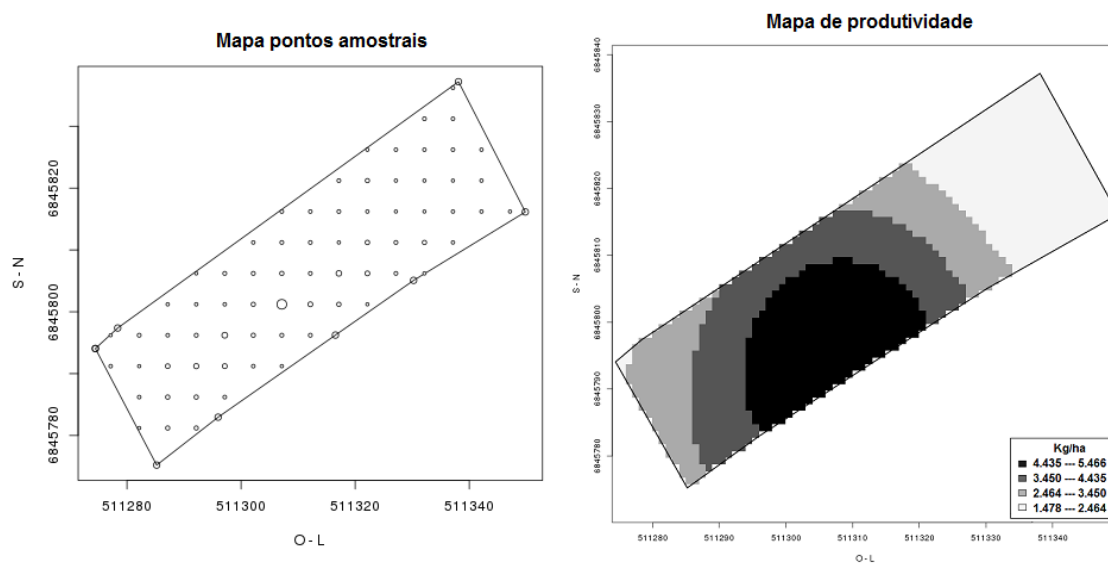


Figura 31 – Representação gráfica dos mapas de pontos amostrais e de produtividade, interpolado pelo método de Krigagem Ordinária, referente a colheita ocorrida nos dias 16 a 17 de janeiro de 2020 no talhão (B).
Fonte: Próprio autor (2020).

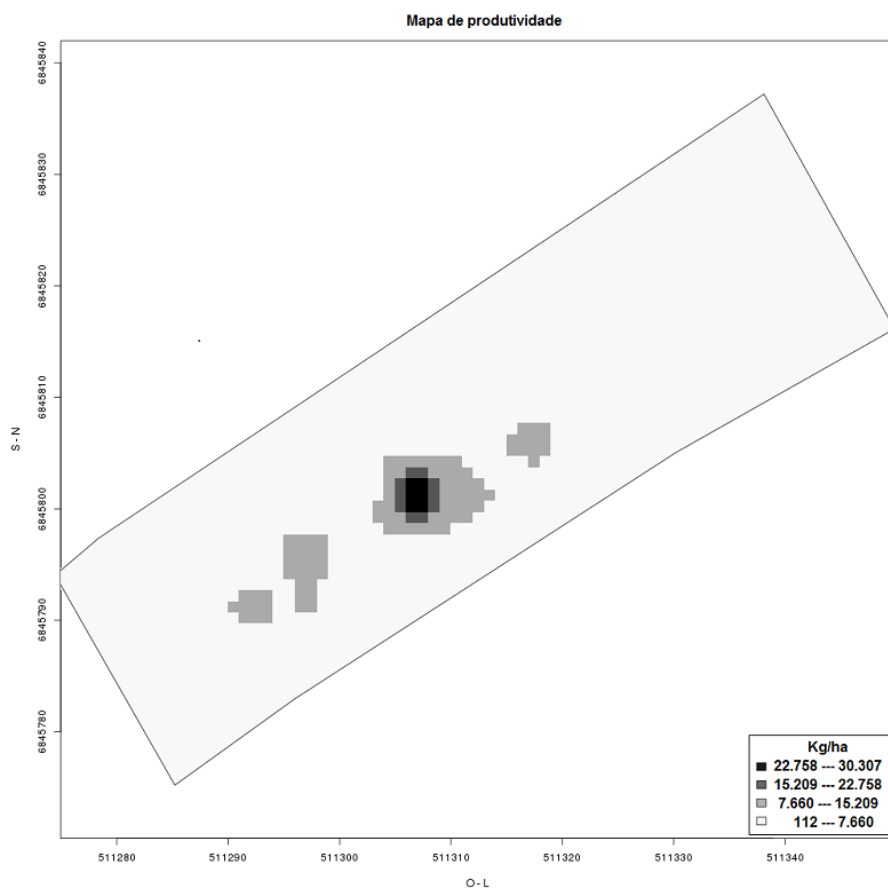


Figura 32 – Representação gráfica do mapa de produtividade interpolado pelo método Inverso da Distância Elevado a uma Potência, referente a colheita ocorrida nos dias 16 a 17 de janeiro de 2020 no talhão (B).
Fonte: Próprio autor (2020).

6 CONCLUSÃO

O sistema Web permitiu realizar o processo de importação, armazenamento, análise geoestatística e interpolação de dados para a geração de mapas temáticos referentes a produtividade de culturas perenes. Isso foi possível, por meio da construção e teste de um dispositivo eletrônico de rastreamento hardware em sacolas de colheita de frutas, visando obter a produtividade de culturas perenes em diferentes locais da área/talhão.

Além disso, resultou em um software capaz de prover e facilitar o processo de geração de mapas temáticos de produtividade de determinada área/talhão, a partir de dados coletados durante a fase de colheita, por meio de um dispositivo eletrônico de rastreamento, instalado em sacolas de colheita de frutas.

Ainda, a interface do software se mostrou de fácil utilização, além de automatizar processos em relação a produtividade de culturas perenes (pomares de maçã), que até então não possuíam. Nesse sentido, o software se mostrou eficaz, suprimindo essa carência, porém ainda não possui, todas as rotinas necessárias, como por exemplo a geração de relatórios.

Também, novas funcionalidades ou novos projetos para o sistema Web são esperados, tais como, geração de mapas em zonas de contribuição de cada caixa; em camadas para comparação entre colheitas na mesma área e/ou talhão, bem como, na elaboração de um produto final voltado para comercialização. Com isso, visando ampliar ainda mais o leque de gerenciamento para aprimorar a atividade do campo.

Finalizando, o sistema Web é capaz de auxiliar os produtores (fruticultores) a identificar qual área/região do talhão é mais produtiva, bem como, auxiliar na tomada de decisão quanto ao manejo do pomar, de insumos, de recursos humanos, além de diminuir custos, aumentar a produtividade e conseqüentemente, melhorar sua lucratividade. Além disso, e considerando todo o exposto, será realizado pedido de registro de patente para o sistema Web.

REFERÊNCIAS

- ABPM. **Associação Brasileira de Produtores de Maçã**. Disponível em: <<http://www.abpm.org.br>>. Acesso em: 14 nov. 2018.
- ADMINLTE. **About AdminLTE**. Disponível em: <<https://adminlte.io/>>. Acesso em: 28 nov. 2019.
- AMPATZIDIS, Y. et al. Cloud-based harvest management information system for hand-harvested specialty crops. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 122, p. 161–167, 1 mar. 2016.
- ANDRADE, T. F. DE. **Java EE 7 com JSF, PrimeFaces e CDI**. 2ª Edição ed. [s.l.] AlgaWorks Softwares, 2015.
- BASSOI, L. H. et al. Agricultura de precisão em fruticultura. In: **Agricultura de precisão: Resultados de um novo olhar**. [s.l: s.n.]. p. 350–360.
- BAZZI, C. L.; SOUZA, E. G. DE; BETZEK, N. M. **SDUM: Software para Definição de Unidades de Manejo - Teoria e Prática**. 1. ed. Medianeira: UTFPR, 2015.
- BETZEK, N. M. Módulos computacionais de análise geoestatística e retificação de zonas de manejo. **Universidade Estadual do Oeste do Paraná**, p. 101 f., 2017.
- BIER, V. A. et al. **Índice de Seleção de Interpoladores Determinísticos e Estocásticos**. Anais do IV Simpósio de Geoestatística Aplicada em Ciências Agrárias. **Anais...** Botucatu, São Paulo, Brasil: FCA/UNESP, 2015 Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.12702/IV-SGEA-a62>>. Acesso em: 20 nov. 2019
- BITTENCOURT, C. C. et al. A cadeia produtiva da maçã em Santa Catarina: competitividade segundo produção e packing house. **Revista de Administração Pública**, v. 45, n. 4, p. 1199–1221, 2011.
- CÂMARA, G. et al. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001.
- CAMARGO, E. C. G. Geoestatística: fundamentos e aplicações. In: **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**. 2. ed. São José dos Campos: INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1998. p. 36.
- CAMBARDELLA, C. A. et al. Field-Scale Variability of Soil Properties in Central Iowa Soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, n. 5, p. 1501, 1994.
- CAMBRIDGE. **Cambridge Dictionary**. Disponível em: <<https://dictionary.cambridge.org/pt/>>. Acesso em: 29 nov. 2019.
- CARDOSO, R. C.; AUGUSTO, C. H.; SANCHEZ, N. C. **Mapeamento de Produtividade da Laranja em Ambiente de Colheita Manual**. Anais do IV Simpósio de Geoestatística Aplicada em Ciências Agrárias. **Anais...** Botucatu, São Paulo, Brasil: FCA/UNESP, 2015 Disponível em: <<http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013->

02-07-03-02-35/simposios/919-sgea-2015/agricultura-de-precisao/8381-mapeamento-de-produtividade-da-laranja-em-ambiente-de-colheita-manual.html>

CASTRO FRANCO, M. et al. Comparison of spatial interpolation techniques to predict soil properties in the colombian piedmont eastern plains. **Tecnura**, v. 21, n. 53, p. 78–95, 2017.

CAVALCANTI, L. **VRaptor: Desenvolvimento Ágil para Web com Java**. São Paulo: Casa do Código, 2013. v. 1

ECLIPSE. **About the Eclipse Foundation**. Disponível em: <<https://www.eclipse.org/org/>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: <<https://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

EMBRAPA UVA E VINHO. **Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado (EFCT)**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/estacao-experimental-de-fruticultura-de-clima-temperado>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

ESRI. **About ArcGIS**. Disponível em: <<https://www.esri.com/en-us/arcgis/about-arcgis/overview>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

FAO. **World Food and Agriculture Statistical Pocketbook 2018**. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/CA1796EN/ca1796en.pdf>>. Acesso em: 9 abr. 2019.

FERNANDES, B. C. Desenvolvimento histórico da citricultura. **Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Letras de Araraquara**, v. 1 CD-ROM, p. 49, 2010.

FERREIRA CORDEIRO, B. E.; BAZZI, C. L. **Dispositivo de coleta e armazenamento de dados de colheitas manuais para geração de mapas de colheita**. Pato Branco - PR: 2019 Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br//sei/sei2019>>

FERREIRA, I. O. et al. IN BATHYMETRIC SURFACES: IDW OR KRIGING? **Boletim de Ciências Geodesicas**, v. 23, n. 3, p. 493–508, set. 2017.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FREIRE, C. J. DA S. et al. **A cultura da maçã**. 19. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994.

FRIGHETTO, J. M. et al. Spatial and temporal distribution of South American fruit fly in vineyards. **Revista Ceres**, v. 66, n. 4, p. 287–296, 2019.

GVGIS, A. **Sobre gvGIS**. Disponível em: <<http://www.gvsig.com/pt/produtos>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

HIBERNATE. **About Hibernate**. Disponível em: <<https://hibernate.org/orm/>>. Acesso em: 28 nov. 2019.

HIBERNATE SPATIAL. **About Hibernate Spatial**. Disponível em: <<http://www.hibernate-spatial.org/>>. Acesso em: 28 nov. 2019.

IBGE. **PAM: Produção Agrícola Municipal - Informações sobre culturas permanentes**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 3 mar. 2020a.

IBGE. **Atlas Geográfico Escolar**. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101627>>. Acesso em: 21 nov. 2019b.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An Introduction to Applied Geostatistics**. Nova Iorque: Oxford University Press, 1989.

KIST, B. B. **Anuário brasileiro da fruticultura 2018**. Santa Cruz do Sul: Editora gazeta Santa Cruz, 2018.

LANDIM, P. M. B. Sobre Geoestatística e mapas. **Terrae Didactica**, v. 2, n. 1, p. 19, 30 jun. 2015.

LGPL. **About LGPL**. Disponível em: <<https://www.gnu.org/gnu/gnu.html>>. Acesso em: 29 nov. 2019.

LUCAS, T. P. B. et al. Identificação De Interpoladores Adequados a Dados De Chuva a Partir De Parâmetros Estatísticos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 13, p. 7–21, 2014.

MAPA. **AGROSTAT - Estatísticas de comércio exterior do agronegócio brasileiro**. Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>>. Acesso em: 3 mar. 2020.

MATHERON, G. Principles of geostatistics. **Economic Geology**, v. 58, p. 1246–1266, 1963.

MCCLURE, K. A. et al. Genomics: A potential panacea for the perennial problem. **American Journal of Botany**, v. 101, n. 10, p. 1780–1790, 2014.

MEDEIROS, A. **O Geoprocessamento e Suas Tecnologias**. Disponível em: <<http://www.andersonmedeiros.com/geotecnologias-parte1/>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

MELLO, C. R. et al. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 5, p. 925–933, out. 2003.

MENEGATTI, L. A. A.; MOLIN, J. P. Remoção de erros em mapas de produtividade via filtragem de dados brutos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 126–134, abr. 2004.

MICHAELIS. **Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa**. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br>>. Acesso em: 3 mar. 2020.

MOLIN, J. P.; MASCARIN, L. S. Colheita de citros e obtenção de dados para mapeamento da produtividade. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 1, p. 259–266, abr. 2007.

NOETZOLD, R. et al. Variabilidade espacial de *Colletotrichum truncatum* em campo de soja sob três níveis de sanidade de sementes. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 1, p. 16–23, mar. 2014.

OLIVER, M. A. **Geostatistical Applications for Precision Agriculture**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2010.

OPENLAYERS. **About OpenLayers**. Disponível em: <<https://openlayers.org/>>. Acesso em: 29 nov. 2019.

OPENSTREETMAPS. **About Open Street Maps**. Disponível em: <<https://www.openstreetmap.org/about>>. Acesso em: 3 dez. 2019.

PINHEIRO, A. G. et al. Rainfall pattern and erosion potential in the physiographic regions of the state of Pernambuco, Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 12, p. 849–853, dez. 2018.

PPAT. **Parana Precision Agriculture Team**. Disponível em: <<http://ppat.md.utfpr.edu.br/about>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

QGIS. **About QGIS**. Disponível em: <https://www.qgis.org/pt_BR/site/about/>. Acesso em: 17 nov. 2018.

RAUBER, L. A.; FERREIRA CORDEIRO, B. E.; BAZZI, C. L. **Desenvolvimento de um protótipo para monitorar e armazenar dados em colheitas manuais de frutos**. Apucarana - PR: 2018 Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br//sei/sei2018>>. Acesso em: 24 mar. 2020

ROY, P. et al. Vision-based preharvest yield mapping for apple orchards. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 164, n. June, p. 104897, 2019.

SANTI, A. L. et al. **Agricultura de Precisão no Rio Grande do Sul**. 1. ed. Santa Maria: CESPOL Publicações, 2016.

SCOGNAMIGLIO, H. **Agromundi: Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo**. Disponível em: <<http://www.agromundi.com.br/noticias/brasil-e-o-terceiro-maior-produtor-de-frutas-do-mundo-agromundi/>>. Acesso em: 4 abr. 2019.

SILVA, J. DA et al. **Bancos de Dados Geográficos**. Curitiba: Mundogeo, 2005.

SILVA, S. DE A. et al. AVALIAÇÃO DE INTERPOLADORES ESTATÍSTICOS E DETERMINÍSTICOS NA ESTIMATIVA DE ATRIBUTOS DO SOLO EM AGRICULTURA DE PRECISÃO. **Idesia (Arica)**, v. 26, n. 2, p. 75–81, 2008.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

SPRING. **About Spring Boot**. Disponível em: <<https://spring.io/>>. Acesso em: 27 nov.

2019.

STURARO, J. R. Apostila de geoestatística básica. **UNESP: Departamento de Geologia Aplicada - IGCE**, p. 26, 2015.

VICTORIA, D. D. C.; OLIVEIRA, B. P. DE; SILVA, G. B. Geoprocessamento. In: **Geotecnologias e Geoinformação**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 13.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TELA DO SISTEMA PARA CADASTRO DE CAIXA (TAG)

Novo Cadastro de Caixa

Código

Todos os Registros de Caixas

Exibir registros por página

Pesquisar:

Código	Código da Caixa	Editar	Excluir
1	1	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>

Editar Caixa

Código da Caixa

Novo Cadastro de Tag

Código

Todos os Registros de Tags desta Caixa

Exibir registros por página

Pesquisar:

Código	Código da Tag	Editar	Excluir
1	1	<input type="button" value="Editar"/>	

Exibindo de 1 até 1 de 1 registros

Anterior Seguinte

Figura 33 – Tela do sistema para cadastro, consulta e edição do registro da caixa, além do cadastro e consulta dos registros da tag.

Fonte: Próprio autor (2020).

APÊNDICE B – TELA DO SISTEMA PARA CADASTRO DE EQUIPAMENTO (SACOLA)

Novo Cadastro de Equipamento

Código

Todos os Registros de Equipamentos

 Exibir registros por página

 Pesquisar:

Código	Código do Equipamento	Editar	Excluir
1	1	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>
2	2	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>
3	3	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>

Figura 34 – Tela do sistema para cadastro e consulta dos registros de equipamento (sacola).
 Fonte: Próprio autor (2020).

APÊNDICE C – TELA DO SISTEMA PARA EFETUAR LOGIN

SistemaWeb

Logue-se para Acessar o Sistema

Lembrar-me!

Figura 35 – Tela do sistema para efetuar login.
 Fonte: Próprio autor (2020).

APÊNDICE D – TELA DO SISTEMA PARA CADASTRO DE COLHEITA

Novo Cadastro de Colheita

Nome

Tipo de Colheita

Todos os Registros de Colheitas

 Exibir registros por página

 Pesquisar:

Código	Nome	Tipo de Colheita	Editar	Excluir
1	COLHEITA_JAN-2020_TALHÃO-A	MAÇÃ	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>
2	COLHEITA_JAN-2020_TALHÃO-B	MAÇÃ	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>

Exibindo de 1 até 2 de 2 registros

Figura 36 – Tela do sistema para cadastro e consulta dos registros de colheita.
Fonte: Próprio autor (2020).

APÊNDICE E – TELA DO SISTEMA PARA CADASTRAR UMA COLHEITA

Editar Colheita

Nome

Tipo de Colheita

Enviar o Arquivo de Texto, Contendo os Registros de Colheita com as Coordenadas Geográficas X (Longitude) e Y (Latitude).

Tipo de Coordenada

Enviar Arquivo

 No file selected.

Atenção!

- Extensão de arquivo permitido: (.TXT). O arquivo de texto deverá estar separado por pipe (|), um por linha e com um título. Exemplo: (ID_EQUIPAMENTO | ID_CAIXA | DATA | HORA | LONGITUDE | LATITUDE).

Figura 37 – Tela do sistema para editar e enviar o arquivo com os dados da colheita, ocorrida nos dias 16 a 17 de janeiro de 2020 no talhão (A).
Fonte: Próprio autor (2020).

APÊNDICE F – ARQUIVO PARA CONTORNO DE UMA ÁREA

```

1  LONGITUDE | LATITUDE
2  -50.88192 | -28.51528
3  -50.88105 | -28.51472
4  -50.88062 | -28.51528
5  -50.88094 | -28.51548
6  -50.88114 | -28.51517
7  -50.88119 | -28.51520
8  -50.88122 | -28.51515
9  -50.88175 | -28.51549
10 -50.88192 | -28.51528

```

Figura 38 – Formato do arquivo de texto contendo as coordenadas X (Longitude) e Y (Latitude) para contorno de área.

Fonte: Próprio autor (2020).

APÊNDICE G – TELA DO SISTEMA PARA CADASTRAR UMA ÁREA

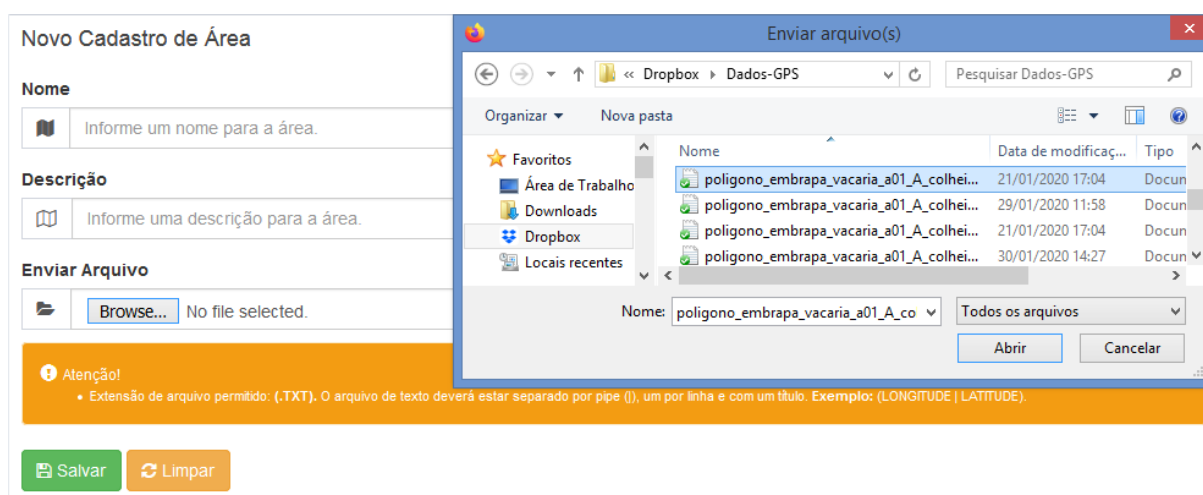


Figura 39 – Tela do sistema para cadastro e envio do arquivo no formato de texto, contendo o contorno do talhão (A).

Fonte: Próprio autor (2020).

APÊNDICE H – TELA DO SISTEMA PARA CADASTRO DA GRADE AMOSTRAL

Novo Cadastro de Grade Amostral

Nome

Distância X (Metros)

Distância Y (Metros)

Área

Salvar

Limpar

Figura 40 – Tela do sistema para efetuar o cadastro da grade amostral.
Fonte: Próprio autor (2020).

APÊNDICE I – TELA DO SISTEMA COM O MAPA DA GRADE AMOSTRAL

Mapa da Grade Amostral

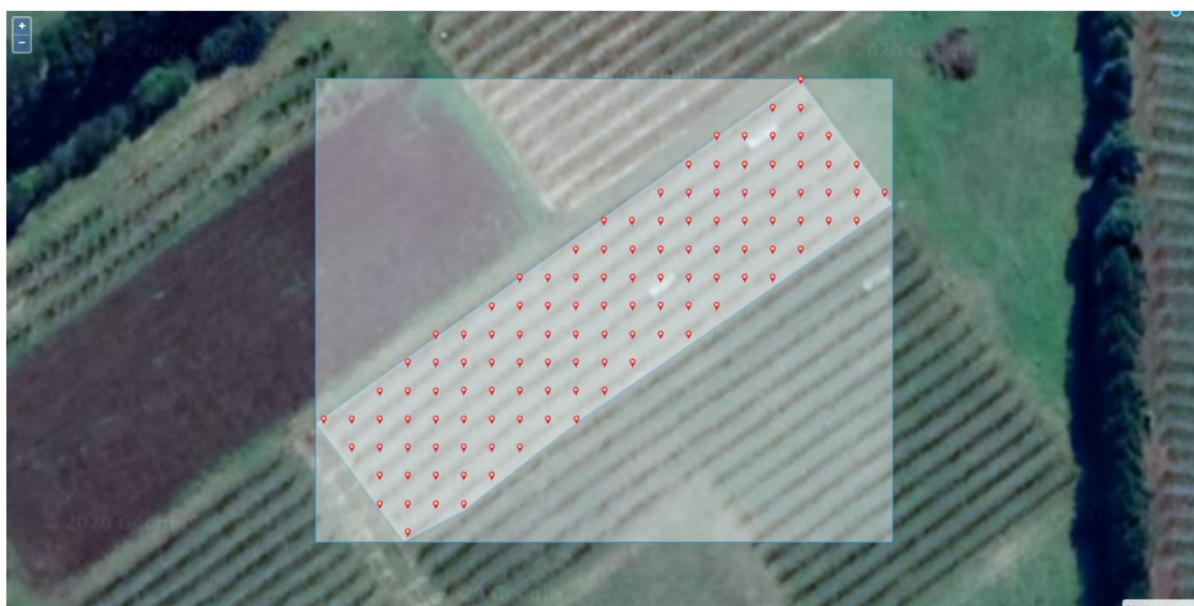


Figura 41 – Tela do sistema contendo o mapa gerado pela grade amostral regular para as coordenadas X Longitude e Y Latitude, referente ao talhão (A).
Fonte: Próprio autor (2020).

APÊNDICE J – TELA DO SISTEMA PARA CADASTRO DE PESSOA (CONTATO)

Novo Cadastro de Pessoa

Nome

Sexo

Data de Nascimento

Tipo de Pessoa

CPF/CNPJ

Editar Pessoa

Nome

Sexo

Data de Nascimento

Tipo de Pessoa

CPF/CNPJ

Novo Vínculo de Contato

Tipo de Contato

Contato

Figura 42 – Tela do sistema para cadastro e edição do registro de pessoa, além do cadastro e consulta do registro de vínculo para o contato.

Fonte: Próprio autor (2020).

APÊNDICE K – TELA DO SISTEMA PARA CADASTRO DE EQUIPES E VÍNCULO DE PESSOAS

Novo Cadastro de Equipe

Nome

 Informe um nome para a equipe.

 Salvar

 Limpar

Todos os Registros de Equipes

Exibir registros por página

Pesquisar:

Código	Nome	Editar	Excluir
1	ALFA		

Exibindo de 1 até 1 de 1 registros

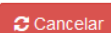
Anterior **1** Seguinte

Editar Equipe

Nome

 ALFA

 Salvar

 Cancelar

Novo Vínculo de Pessoa

Pessoa

 --[Escolha uma opção.]--

 Salvar

 Limpar

Todos os Registros de Vínculo de Pessoas | Equipes

Exibir registros por página

Pesquisar:

Código	Nome	Excluir
1	MICHEL ROSIN MARTINS	

Exibindo de 1 até 1 de 1 registros

Anterior **1** Seguinte

Figura 43 – Tela do sistema para cadastro, consulta e edição do registro de equipe, além do cadastro e consulta do registro para vínculo de pessoa.
 Fonte: Próprio autor (2020).

APÊNDICE L – TELA DO SISTEMA PARA CADASTRO E VÍNCULO DE PESSOA COM O EQUIPAMENTO

Novo Vínculo de Pessoa com Equipamento

Pessoa

Equipamento

Horário de Retirada do Equipamento

Horário de Devolução do Equipamento

 Vínculos Pendentes

 Vínculos Finalizados

Vínculos de Equipamentos Pendentes

 Exibir registros por página

 Pesquisar:

Código	Pessoa	Equipamento	Data e Hora de Retirada	Editar	Excluir
2	MICHEL ROSIN MARTINS	1	11/03/2020 13:37	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>

Exibindo de 1 até 1 de 1 registros

 Vínculos Pendentes

 Vínculos Finalizados

Vínculos de Equipamentos Finalizados

 Exibir registros por página

 Pesquisar:

Código	Pessoa	Equipamento	Data e Hora de Retirada	Data e Hora de Entrega	Editar	Excluir
2	MICHEL ROSIN MARTINS	1	16/01/2020 00:00	16/01/2020 23:59	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>

Exibindo de 1 até 1 de 1 registros

Figura 44 – Tela do sistema para cadastro e vínculo de pessoa com o equipamento, vínculos pendentes e finalizados.

Fonte: Próprio autor (2020).

APÊNDICE M – TELA DO SISTEMA PARA CADASTRO E VÍNCULO DO TIPO DE PESSOA

Novo Vínculo de Pessoa

Pessoa

Tipo de Vínculo

Todos os Registros de Vínculos de Pessoas

 Exibir registros por página

 Pesquisar:

Código	Pessoa	Vínculo	Editar	Excluir
2	MICHEL ROSIN MARTINS	Funcionário	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>

Exibindo de 1 até 1 de 1 registros

Figura 45 – Tela do sistema para cadastro e vínculo do tipo de pessoa, relacionado com a propriedade.

Fonte: Próprio autor (2020).

APÊNDICE N – TELA DO SISTEMA PARA CADASTRO DE USUÁRIO

Novo Cadastro de Usuário

Nome

Login

Senha

Todos os Registros de Usuários

 Exibir registros por página

 Pesquisar:

Código	Nome	Login	Editar	Excluir
3	MICHEL ROSIN MARTINS	michelrm@gmail.com	<input type="button" value="Editar"/>	<input type="button" value="Excluir"/>

Exibindo de 1 até 1 de 1 registros

Figura 46 – Tela do sistema para cadastro e consulta do registro de usuário.

Fonte: Próprio autor (2020).

APÊNDICE O – TELA DO SISTEMA PARA CADASTRO DE TIPO DE COLHEITA

Novo Cadastro de Tipo de Colheita

Nome

Salvar

Limpar

Todos os Registros de Tipo de Colheita

Exibir registros por página

Pesquisar:

Código	Nome	Editar	Excluir
1	MAÇÃ	Editar	Excluir
2	PERA	Editar	Excluir
3	UVA	Editar	Excluir

Exibindo de 1 até 3 de 3 registros

Anterior **1** Seguinte

Figura 47 – Tela do sistema para cadastro e consulta dos registros de tipo de colheita.

Fonte: Próprio autor (2020).

APÊNDICE P – TELA DO SISTEMA PARA CADASTRO DE TIPO DE ANÁLISE

Novo Cadastro de Tipo de Análise

Nome

Salvar

Limpar

Todos os Registros de Tipo de Análise

Exibir registros por página

Pesquisar:

Código	Nome	Editar	Excluir
1	POR CAIXA	Editar	Excluir
2	POR GRADE AMOSTRAL	Editar	Excluir

Exibindo de 1 até 2 de 2 registros

Anterior **1** Seguinte

Figura 48 - Tela do sistema para cadastro e consulta dos registros de tipo de análise.

Fonte: Próprio autor (2020).