

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

LIGIA FRANCIELLE BORGES

**APLICAÇÃO WEB PARA CRIAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS EM
AGRICULTURA DE PRECISÃO**

DISSERTAÇÃO

Medianeira

2017

LIGIA FRANCIELLE BORGES

**APLICAÇÃO WEB PARA CRIAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS EM
AGRICULTURA DE PRECISÃO**

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

Orientador: Prof. Dr. Claudio Leones Bazzi

Medianeira

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

B732a

Borges, Ligia Franciele

Aplicação web para criação de mapas temáticos em agricultura de precisão. / Ligia Franciele Borges – 2017.

93 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Claudio Leones Bazzi

Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócios. Medianeira, 2017.

Inclui bibliografias.

1. Software. 2. Agricultura Transferência de tecnologia. 3. Computação – Dissertações. I.Bazzi, Cláudio Leones, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócios. III. Título.

CDD: 004



TERMO DE APROVAÇÃO

Aplicação web para criação de mapas temáticos em agricultura de precisão

Por

Ligia Francielle Borges

Esta dissertação foi apresentada as treze horas e trinta minutos, do dia dezessete de dois mil e dezessete, 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. Eduardo Godoy de Souza
UNIOESTE – Câmpus Cascavel

Prof. Dr. Paulo Lopes de Menezes
UTFPR – Câmpus Medianeira

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

Dedico este trabalho aos meus pais Luiz e Lori e
meu irmão Lucas, pelo amor, apoio, incentivo e
por compreenderem minhas ausências.
Ao meu noivo e companheiro de todas as horas
Fernando Nakayama, que sempre me
apoiou e acreditou em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. CLAUDIO LEONES BAZZI, pelo ensinamento, paciência, amizade, dedicação e apoio prestados durante a execução desse trabalho, MUITO OBRIGADA.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR – campus Medianeira), em especial ao Programa de Pós - Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio pela oportunidade de realizar essa formação acadêmica e à CAPES, pelo apoio concedido para o desenvolvimento desse trabalho.

À família SCHENATTO pela cessão das áreas experimentais de onde foram levantados os dados utilizados neste trabalho.

À Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI) e ao Centro Internacional de Hidroinformática (CIH), por terem proporcionado espaço físico para a realização deste estudo, especialmente ao colega EDUARDO SGANDERLA, que respondeu com paciência às minhas incansáveis perguntas, pela sua disponibilidade, auxílio e partilha de conhecimentos.

A todos os amigos e colegas de laboratório, em especial GRABRIELA e MARCELA.

A toda minha família, pela confiança e motivação, em especial, LORI E LUIZ, LUCAS, MISUE, FERNANDO, PETER E OLIVIA.

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

Por fim, agradeço a todos que, com boa intenção, colaboraram direta ou indiretamente para a realização e finalização deste trabalho.

"Se enxerguei mais longe, foi porque me apoiei sobre os ombros de gigantes."

Isaac Newton

RESUMO

BORGES, Ligia Francielle. **Aplicação web para criação de mapas temáticos em agricultura de precisão**. 2017. Dissertação (Mestre em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

A análise de mapas temáticos, no contexto da agricultura de precisão (AP), é um recurso utilizado para compreender a variabilidade espacial dos atributos do solo em áreas de cultivo, podendo trazer importantes subsídios para a realização de um manejo racional, promovendo aumento da produtividade e redução do impacto ambiental. Neste contexto, o objetivo desse trabalho foi desenvolver e disponibilizar uma ferramenta computacional em ambiente web, que permite a geração de mapas temáticos fazendo uso de métodos tradicionais de interpolação de dados sugeridos na literatura (inverso da distância elevado à uma potência, média móvel e vizinho mais próximo). O software foi testado com dados provenientes de pesquisas de AP (atributos físicos e químicos do solo e produtividade do milho) desenvolvidas em uma área agrícola de 19,8 ha localizada na região oeste do estado do Paraná. Os resultados obtidos mostraram que o uso do software permitiu que fossem gerados mapas temáticos de variáveis normalmente utilizadas em agricultura de precisão, possibilitando avaliar a distribuição de cada atributo na área a ser trabalhada e identificar possíveis causas de variação na produtividade. Por estar instalado em servidor com recursos sob demanda, o software possui desempenho satisfatório do ponto de vista funcional e pode ser acessado de qualquer ambiente web (browser).

Palavras-chave: Software; variabilidade espacial; tecnologia agrícola.

ABSTRACT

BORGES, Ligia Francielle. **Web application to create thematic maps in precision agriculture**. 2017. Dissertação (Mestre em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

The analysis of thematic maps, in the precision agriculture (AP) context, is a resource used to understand the spatial variability of soil attributes in cultivated areas, which can bring important subsidies for rational handling, improving yield and reducing environmental impact. Thus, the main goal of this research was to develop and make available a web-based software, which provides the ability to draw thematic maps according to well-known methods of data interpolation (inverse of distance weighted, moving average, nearest-neighbor). The software was tested with AP research data (physical and chemical soil attributes and corn yield) developed in a 19.8 ha agricultural area located in the western region of Parana state. The use of the software made possible generating thematic maps of variables usually used in precision agriculture, allowing to evaluate the distribution of each attribute in the area and identify possible causes of variations in yield. As the software is installed in a on-demand server, it provides good performance from a functional point of view and can be accessed from any web environment (browser).

Key-words: Software; spatial variability; agricultural technology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Pontos amostrais de P e contorno da área apresentado pelo SDUM.	23
Figura 2 – Mapa de produtividade apresentado pelo software SDUM	24
Figura 3 – Modelo arquitetural do ambiente.	36
Figura 4 – Demarcação das áreas experimentais.	38
Figura 5 – Modelo de arquivos para adicionar o contorno da área e amostras.	39
Figura 6 – Ferramenta para delimitar e editar área.	40
Figura 7 – Tela de interpolação.	42
Figura 8 – Lista de Projetos.	52
Figura 9 – Fluxograma de funcionamento do software.	52
Figura 10 – Lista de atributos.	53
Figura 11 – Módulo para o cadastro de área por arquivo de texto.	53
Figura 12 – Módulo para cadastro de amostra.	53
Figura 13 – Módulo para edição de uma amostra.	54
Figura 14 – Cadastro entidade classificadora	55
Figura 15 – Apresentação das áreas do projeto.	56
Figura 16 – Mapa temático gerado com entidade classificadora.	56
Figura 17 – Mapa temático gerado sem entidade classificadora.	56
Figura 18 – Mapa IDP1 (pixel de 5x5m).	57
Figura 19 – Mapa IDP1 (pixel 10x10m).	57
Figura 20 – Mapa IDP2 (pixel 20x20m).	57
Figura 21 – Mapa gerado no SDUM Desktop com IDP2 e pixel de 20x20m.	57
Figura 22 – Mapa IDP 2 com pixel de 5x5m.	57
Figura 23 – Mapa temático IDP1 (pixel 10x10m). Intervalo padrão.	57
Figura 24 – Mapa gerado no software SDUM.	58
Figura 25 – Mapa gerado na plataforma Web.	58
Figura 26 – Mapa de P 2014 (pixel 10x10).	58
Figura 27 – Mapa de P 2015 (pixel 10x10).	58
Figura 28 – Mapa de Ca - 2014/2015.	59
Figura 29 – Mapa de Mg - 2014/2015.	59
Figura 30 – Mapa de Cu - 2014/2015.	59
Figura 31 – Mapa de pH 2014 (pixel 10x10).	59
Figura 32 – Mapa de Fe 2014 (pixel 10x10).	59
Figura 33 – Mapa de Fe 2015 (pixel 10x10).	59
Figura 34 – Mapa V% 2014/15 (pixel 10x10).	59
Figura 35 – Mapa de V% sem entidade.	59
Figura 36 – Mapa de k 2014/15.	60
Figura 37 – Mapa Mn 2014 (pixel 5x5).	60
Figura 38 – Mapa de Prod. Milho 2014 (pixel 10x10).	60
Figura 39 – Mapa de Prod. Milho 2015.	60
Figura 40 – Mapa de Mg 2014 / 2015.	60
Figura 41 – Mapa Prod. 2014 (pixel 5x5).	60
Figura 42 – Mapa de Ca 2014 (pixel 5x5).	60
Figura 43 – Mapa de Ca 2015 (pixel 5x5).	60
Figura 44 – Mapa de K 2014/2015.	61
Figura 45 – Mapa de V% 2014/2015.	61
Figura 46 – Mapa de P 2014 (pixel 5x5).	61
Figura 47 – Mapa de P 2015 (pixel 5x5).	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatística descritiva dos atributos físicos e químicos do solo em 2014 (Talhão1).....	45
Tabela 2 - Estatística descritiva dos atributos físicos e químicos do solo em 2015 (Talhão 1).....	46
Tabela 3 – Níveis de interpretação dos atributos químicos do solo com a porcentagem encontrada dos pontos amostrais na área experimental 1 nos anos 2014 e 2015.	48
Tabela 4 - Estatística descritiva dos atributos físicos e químicos do solo em 2014 (Talhão 2).....	49
Tabela 5 - Estatística descritiva dos atributos físicos e químicos do solo em 2015 (Talhão 2).....	50
Tabela 6- Níveis de interpretação dos atributos químicos do solo com a porcentagem encontrada dos pontos amostrais na área experimental 2 nos anos 2014 e 2015....	50

LISTA DE SIGLAS

ABMR&A	Associação Brasileira de Marketing Rural & Agronegócio
AP	Agricultura de Precisão
CASE	Computer-Aided Software Engineering
CSS	Cascading Style Sheets
GPS	Sistema de Posicionamento Global
HTML	Hyper Text Markup Language
IDE	Ambiente de Desenvolvimento Integrado
IDP	Inverso da Distância a uma Potência
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
MVC	Modelo, visão, controlador
PIB	Produto Interno Bruto
SDUM	Software Definição de Unidades de Manejo
SGBD	Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SQL	Structured Query Language
TB	Terabyte
WebApp	Web Application
UML	Linguagem Unificada de Modelagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 AGRICULTURA DE PRECISÃO	16
3.2 VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DO SOLO E DAS CULTURAS.....	17
3.3 MAPAS TEMÁTICOS	18
3.4 TECNOLOGIAS UTILIZADAS EM AGRICULTURA DE PRECISÃO	21
3.4.1 Softwares para Geração de Mapas Temáticos	22
3.5 DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE	24
3.5.1 Desenvolvimento de Software para Web	26
3.5.2 Reengenharia de Software.....	29
4 MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.1 CONTEXTO E MOTIVAÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE....	32
4.2 TECNOLOGIAS	33
4.2.1 Sistema Gerenciador de Banco de Dados	33
4.2.2 Modelagem.....	33
4.2.3 Linguagem de Programação e Desenvolvimento	34
4.2.4 Hospedagem do Ambiente	35
4.2.5 OpenLayers.....	36
4.2.6 Modelo Arquitetural do Ambiente	36
4.3 AVALIAÇÃO DA PLATAFORMA.....	37
4.3.1 Testes Funcionais e de Desempenho das Funcionalidades da Plataforma	37
4.3.2 Áreas Experimentais e Dados para Realização de Testes.....	38
4.3.3 Funcionalidades do Software	38
4.3.3.1 Inclusão de dados	38
4.3.3.2 Interpolação de dados.....	40
4.4 DESCRIÇÃO DA COLETA DE DADOS	42
4.4.1 Análise Descritiva e Exploratória dos Dados.....	43
4.5 INTERPOLAÇÃO DE DADOS CADASTRADOS	43
4.6 EXIBIÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS	44
5 RESULTADO E DISCUSSÃO	45
5.1 ANALISE EXPLORATÓRIA E ESTATÍSTICA DESCRITIVA.....	45
5.2 AMBIENTE WEB PARA GERAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS	51
5.2.1 Cadastro de Projetos.....	51
5.2.2 Inserção de Dados	52
5.2.3 Geração de Mapas Temáticos	54
6 CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS	64
APÊNDICE (A) - Manual de Utilização Da APLICAÇÃO Web.....	77

1 INTRODUÇÃO

Agricultura de Precisão (AP) se refere à uma técnica avançada de gestão de produção agrícola que vem sendo utilizada principalmente em países desenvolvidos, que consiste no uso de recursos tecnológicos para mapear, avaliar e monitorar a variabilidade espacial da produção agrícola. O objetivo é conhecer as particularidades de tipo de solo, sua fertilidade, características físicas, relevo, vegetação, além de seu histórico de uso, para então tratar a área de plantio de forma heterogênea, atuando em cada região, conforme sua necessidade.

As técnicas de AP oferecem vantagens significativas, pois permitem que o produtor compreenda os atributos de sua propriedade, consiga gerenciar a quantidade necessária de insumos agrícolas, trazendo ganhos imediatos tanto na racionalização do uso de insumos como no aumento da produtividade. Busca-se realizar a correção das limitações do solo em relação as necessidades da planta propiciando desse modo um ambiente satisfatório para seu desenvolvimento. O aumento da eficiência do uso do solo e dos insumos ainda permite diminuir o impacto ambiental e os riscos de sobrecarga do solo em relação a certos nutrientes, que podem ser lixiviados para os lençóis freáticos e vir a contaminar os recursos hídricos.

O uso de práticas agrícolas com base em tecnologias de informação e os sistemas de informação geográfica (SIG), viabilizam o tratamento do expressivo volume de dados que devem ser processados para aplicar as técnicas de AP. Essas tecnologias possibilitam a geração de mapas temáticos, obtidos por meio da interpolação de dados amostrais e que auxiliam no conhecimento da variabilidade espacial dos atributos do solo e produtividade presentes nas áreas de cultivo.

Apesar de a AP ser tida como a forma ideal de cultivo, os custos envolvidos na aquisição de equipamentos, *softwares* especialistas e de análises laboratoriais, a tornam frequentemente inviável à produtores com menor capacidade financeira. Neste sentido, estudos e desenvolvimento de projetos que visem a construção e disponibilização de *softwares* e recursos tecnológicos para serem aplicados no meio agrícola se justificam do ponto de vista econômico e social, pelo potencial de viabilidade e ganho que se pode ter com o uso destes recursos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver e disponibilizar gratuitamente uma ferramenta computacional para criação de mapas temáticos que possibilitem aos produtores rurais fazerem uso de técnicas de agricultura de precisão (AP) visando o aumento da produtividade, redução de impactos ambientais e de custos de produção, realizando a gestão das áreas produtoras de forma otimizada.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Desenvolver e disponibilizar em ambiente Web, um *software* que possibilite que produtores façam uso de técnicas de agricultura de precisão por meio da utilização de mapas temáticos gerados no ambiente;
- b) Aplicar e testar as funcionalidades do ambiente em duas áreas experimentais utilizando dados reais.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 AGRICULTURA DE PRECISÃO

A agricultura de precisão (AP) pode ser definida como uma forma moderna de gerenciamento da atividade agrícola que objetiva aplicar os insumos de produção no local correto, no momento adequado e nas quantidades necessárias para áreas cada vez menores e homogêneas, tanto quanto a tecnologia e os custos envolvidos permitam manter a rentabilidade (DOBERMANN; PING, 2004), uma vez que, dentro de uma mesma lavoura é possível encontrar subáreas com valores e qualidades químicas diferenciados, o que pode ocasionar diferentes possibilidades de respostas à aplicação de insumos (AMADO et al., 2005).

Searcy (1997) considera que a ideologia por trás da AP está diretamente relacionada em conhecer as características específicas dos tipos de cultivos e cada parcela isolada do solo da lavoura, para que seja otimizado o uso de insumos de produção, como os produtos químicos, sementes e fertilizantes, aplicando-os apenas quando necessário, de modo localizado e preciso, gerando uma produção mais sustentável econômica e ambientalmente, quando comparado ao método convencional, ao qual o produtor cultiva cada lavoura como uma única unidade (utilizando taxa de aplicação média), ainda que o mesmo reconheça a possível existência da variabilidade no campo.

Para Amado (2005), é necessário obter uma análise histórica de várias safras e diferentes culturas, tendo em vista o conhecimento da variabilidade espacial da produtividade. Afinal a gestão da variabilidade da cultura e dos atributos físicos e químicos do solo, no espaço e no tempo é considerado o princípio básico para o manejo preciso e correto das áreas agrícolas (GREGO; VIEIRA, 2005). Como resultado, as práticas de manejo agrícola realizadas de forma localizada, trazem a promessa de agredir menos o meio ambiente, aumentar a produtividade e os retornos financeiros (INTARAPAPONG et al., 2003).

Segundo Jiménez (2014), a produção agrícola serve de anteparo para o resultado do Produto Interno Bruto (PIB), impulsiona o crescimento do país, fornecendo apoio a economia brasileira em meio a crises financeiras. Estes resultados

positivos são expressos pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2017), considerando que a produção de grãos estimada de para a safra 2016/17 indica um volume de 215,3 milhões de toneladas (15,3% em relação à safra anterior)(NETO, 2017).

No Brasil, apesar da importância econômica da atividade agrícola, a AP está em um processo de amadurecimento, sendo que para Fiorin (2010), acaba sendo associada como privilégios de poucos produtores capitalizados, além de que *softwares* e dispositivos destinados a AP geralmente possuem custo elevado e exigem o conhecimento específico para seu uso. Para Santi et al. (2009), os equipamentos especializados em AP nem sempre contemplam a realidade da agricultura de pequenas propriedades, entretanto é um equívoco pensar que esse sistema é voltado apenas para grandes produtores, pois o mapeamento e gerenciamento é uma necessidade de todas as propriedades agrícolas, independente do seu tamanho ou capacidade de investimento, sendo que para Bernardi et al. (2014), o uso da AP têm se mostrado uma técnica viável e aplicável mesmo em pequenas propriedades.

3.2 VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DO SOLO E DAS CULTURAS

A AP aborda a variabilidade temporal e espacial do solo e os fatores que influenciam no rendimento das culturas (TEIXEIRA et al., 2011). A variabilidade do solo é consequência de complexas interações dos fatores e processos de sua formação (ARTUR et al., 2014), porém agentes externos podem influenciar e alterar seus atributos, como por exemplo, características climáticas, irrigações, correções, práticas de manejo do solo e da cultura, sendo que para Cassel et al. (1988), as maiores variações nos teores de nutrientes no solo, são frequentemente decorrentes das práticas de manejo, devido à aplicação desuniforme de sementes, fertilizantes e corretivos. O tráfego de máquinas agrícolas, também podem influenciar nas propriedades físicas do solo principalmente em culturas não irrigadas, causando por exemplo a compactação (OLIVEIRA et al., 2003; SILVA et al., 2006; VASCONCELOS et al., 2012).

Blackmore e Larscheid (1997) abordaram a temática referente aos três tipos de variabilidade existentes que podem ocorrer dentro de uma mesma lavoura,

classificando-os como variabilidade espacial, temporal e preditiva. Para os autores, a variabilidade espacial pode ser constatada ao longo do campo com auxílio de qualquer mapa atual de produtividade ou fertilidade, já a variabilidade temporal, é observada quando se relaciona as diferentes safras, ou seja, ao comparar os mapas de produtividade de anos anteriores com o mapa de produtividade atual. A variabilidade preditiva, refere-se a diferença entre o que era esperado de determinado fator e o resultado real no campo, como por exemplo a utilização de uma nova técnica, sementes ou quantidade de insumos.

Para Grego e Vieira (2005), conhecer a variabilidade dos atributos químicos e físicos do solo, no espaço e no tempo, é atualmente considerado o principal elemento para a criação das zonas de manejo em áreas agrícolas. De acordo com Simões et al. (2006), o estudo e a avaliação da variabilidade espacial e dos atributos e manejo do solo são ferramentas importantes para criar estratégias que podem aumentar a produtividade agrícola. Entre outros fatores, os atributos físicos e químicos do solo influenciam diretamente no crescimento e desenvolvimento das culturas, ou seja, geralmente, a variabilidade da produtividade das culturas acompanha a do solo, logo é substancial conhecer quais atributos exercem as maiores influências no tipo de cultura que será utilizado.

3.3 MAPAS TEMÁTICOS

Em definição proposta pela Associação Cartográfica Internacional (2003), mapa é uma representação simbólica da realidade geográfica que apresenta aspectos e características selecionadas pelo autor e são construídos para uso quando as relações espaciais são de relevância fundamental. Para Archela e Théry (2008), os mapas possuem características específicas que classificam e representam de forma reduzida elementos selecionados de um determinado espaço geográfico fazendo uso da simbologia e projeção cartográfica.

De acordo com Fernandes (2008), a elaboração de mapas temáticos para a representação de dados quantitativos apareceram mais tardiamente que os mapas gerais, atingido “a idade do entusiasmo” por volta da metade do século XIX. Nesse sentido os mapas temáticos são compilados de uma maneira diferenciada, seu

conteúdo temático (geologia, climatologia, população, etc.) é desenhado sobre uma base cartográfica que geralmente representa uma carta topográfica simplificada ou um conjunto de camadas de dados geográficos digitais (VOZENILEK, 2016). Dessa forma, mapas temáticos são todos os mapas que representam qualquer tema, além da representação do terreno (JOLY, 2005).

A criação de um mapa temático surge da necessidade de planejar e obter uma resposta baseada na associação de informações conhecidas. Esse tipo de mapa pode ser ferramenta para auxiliar a uma tomada de decisão específica assim como constituir em recurso imprescindível ao monitoramento dos resultados de uma decisão já tomada (LOPES; LOPES, 2007).

Na AP os mapas temáticos desempenham papel de fundamental importância no processo de tomada de decisão (CÂMARA, 1995). A partir da análise de mapas temáticos que são gerados com base em amostras coletadas é possível o conhecimento da variabilidade dos diversos atributos do solo, planta e produtividade (BAZZI et al., 2015). Desse modo, por meio da confecção de mapas resultantes de amostragem georreferenciada é possível realizar o monitoramento da fertilidade do solo (SHIRATSUCHI et al., 2007) e com base na análise um mapa temático de produtividade que representa a variabilidade espacial das características da lavoura, é possível intervir na produção dos anos posteriores por meio da aplicação diferenciada de insumos (SPEZIA et al., 2012).

Para a elaboração de um mapa temático é fundamental seguir as etapas de coleta de dados, análise, interpretação e representação das informações sobre um mapa base (ARCHELA; THÉRY, 2008). Na AP, os mapas temáticos de produtividade e os de atributos relacionados, são confeccionados levando em conta amostras coletadas na área de estudo (SOUZA et al., 2009). Portanto, realizar a coleta e análise laboratorial de amostras de solo, planta e produtividade, são exemplos de procedimentos que geram os dados necessários para construção de mapas temáticos.

Nessa perspectiva, com a finalidade de viabilizar o processo Bazzi et al. (2015) recomendam interpolar os dados amostrados em uma grade densa e regular, estimando os valores em locais não amostrados. Utilizar a interpolação espacial em AP traz benefícios, pois possibilita a obtenção de mapas temáticos georreferenciados, obtidos por meio da interpolação de amostras georreferenciadas e que contribui para a redução do custo (SPERANZA et al., 2010), já que locais não amostrados são

estimados à partir de amostras previamente coletadas.

Dentre os métodos de interpolação utilizados na AP têm-se: inverso da distância elevado a uma potência (IDP); krigagem; vizinho mais próximo; e média móvel. A diferença entre eles é dada pela maneira como os pesos são atribuídos às diferentes amostras (MOLIN, 2008).

No método vizinho mais próximo é estimado o valor para determinado local como sendo o valor do ponto amostral mais próximo do ponto a ser estimado. Seu uso é recomendado para se trabalhar com dados qualitativos, pois não são gerados valores intermediários, dessa maneira é possível certificar que o valor interpolado será um dos valores originais (BAZZI et al., 2015).

Na média móvel simples, os valores são calculados com base na média dos pontos amostrais selecionados pelo usuário por meio de uma distância predefinida, esse método não atribui peso às amostras, ou seja, a distância entre as amostras e o ponto ao qual se deseja interpolar não é levado em consideração (BAZZI et al., 2015).

A interpolação pelo método IDP é fundamentada no pressuposto da existência de correlação espacial positiva (BAZZI et al., 2015). No IDP a distância é o que separa o valor interpolado dos valores observados (BETZEK et al., 2014). Nesse sentido, o dado é ponderado durante a interpolação de forma que a influência de um ponto em relação ao outro decresce com a distância. O IDP é um método muito rápido para fazer gridagem e normalmente se comporta como um interpolador exato (SILVA et al., 2007), que requer pouco custo computacional (MAZZINI; SCHETTINI, 2009).

O método de interpolação por krigagem, pondera os valores vizinhos mais próximos do ponto a ser estimado, sendo um método que apresenta estimativas não tendenciosas com mínima variância (GREGO et al., 2014). Esse método de interpolação é considerado flexível e robusto, portanto, demanda mais tempo de computação para grupos de dados grandes ou complexos. Uma de suas vantagens é tentar expressar as tendências sugeridas pelos dados (CRESSIE, 1993), como por exemplo, pontos que possuem altitude elevada ao longo de uma cadeia montanhosa podem ser conectados, ao invés de gerar 'efeito mira' (MAZZINI; SCHETTINI, 2009). Entretanto, o fato das estimativas serem normalmente suavizadas fazem com que os valores de máximo da distribuição estatística dos dados tenham a tendência de serem subestimados, enquanto os valores de mínimo tendem ser superestimados (ROCHA et al., 2007) acrescenta-se ainda que esse método não deve ser utilizado se o número

de pontos for menor que 30 (número insuficiente de pares para modelar o semivariograma) e em amostras de populações diversa (CRESSIE, 1993; LANDIM, 2000).

Muitas pesquisas foram publicadas comparando diferentes métodos de interpolação para a geração de mapas temáticos, vários autores obtiveram melhores resultados no uso da krigagem em comparação com o IDP (COULIBALY; BECKER, 2007; PASINI et al., 2015; SOUZA et al., 2010). Entretanto, existem trabalhos que demonstram que o IDP é mais ou tão eficiente quanto a krigagem (Tao et al., 2009; COELHO et al., 2009; ALVES; VECCHIA, 2011; BETZEK et al., 2014).

3.4 TECNOLOGIAS UTILIZADAS EM AGRICULTURA DE PRECISÃO

De acordo com Molin (2015), existem relatos de que se trabalha com técnicas de AP desde o início do século XX, porém foi em torno de 1990 que deu-se o passo determinante para a sua implementação em razão do surgimento do GPS (*Global Positioning System* ou Sistema de Posicionamento Global).

Para Cambardella (1999), a AP está diretamente ligada ao uso de tecnologias: o GPS auxilia na localização dos vários pontos de amostragem na lavoura, o banco de dados armazena todas as informações e desenvolvimento das relações e as respostas à aplicação de insumos, além de um mecanismo para otimizar a aplicação de insumos nos locais pré-definidos.

Segundo Burrough (1986), o SIG é um conjunto de módulos computacionais destinados à aquisição, armazenamento, recuperação, transformação e saída de dados espacialmente distribuídos. Nos SIGs os dados ou informações geográficas são considerados o principal objeto de trabalho. Mendonça (2011), explica que os dados de natureza geográfica, são aqueles que possam ser associados ou referenciados a uma localização por meio de coordenadas X, Y, Z. Ou seja, são elementos que possuem localização no espaço e estão relacionados a determinados sistemas de coordenadas, como por exemplo, a Projeção de Mercator, longitude-latidade. A estes elementos podem estar associadas inúmeras características ou atributos, assim, um determinado dado espacial pode estar relacionado, por exemplo, a um tipo de rocha, solo, temperatura, porosidade,

vegetação, entre outras (SILVA, 2003).

Segundo Demattê et al. (2007), os SIGs são sistemas gerenciadores de informações referentes a dados de solos, culturas, climas e topografia. Estas informações ao serem armazenadas no sistema, são aliadas aos objetivos do usuário que gerencia e cruza dados para obter informações. Na AP, a utilização de um SIG é imprescindível para gerenciar e analisar dados georreferenciados relativos à produtividade das culturas (SRINIVASAN, 2006).

De acordo com Blackmore e Larscheid (1997), na AP o manejo da variabilidade pode ser classificado como variabilidade espacial, adotada para medir as mudanças dos atributos na área de plantio, geralmente é apresentado por meio de mapas temáticos. Para Molin (2002), o mapeamento da produtividade é uma parte essencial da agricultura de precisão, o mapa é a informação completa para se visualizar a variabilidade espacial e auxiliar no diagnóstico da lavoura, mas para que isso seja possível é necessário a utilização de equipamentos de GPS, que o produtor agrícola tenha acesso a um *software* com um banco de dados que gere relatórios, mapas de produtividade e que seja capaz entender esses mapas para uma forma que possa ser usada no controle e monitoramento do implemento, ou seja, a AP possui uma forte relação com a Tecnologia da Informação.

3.4.1 Softwares para Geração de Mapas Temáticos

Os *softwares* utilizados para auxiliar nos ciclos da AP, desde a navegação até os sistemas de controle, demandam conhecimento específico da ferramenta, uma vez que para cada marca, o formato dos arquivos, instruções de equipamentos e registro de informação são únicos. Como geralmente esses programas são desenvolvidos para uma única tarefa, existe a necessidade de utilizar ferramentas complementares. Na maioria dos casos, os *softwares* para geração de mapas temáticos não foram especificamente desenvolvidos para a AP, mas sim para manipulação de dados genéricos, o que pode tornar mais desafiador o uso deste programa no lugar de uma ferramenta dedicada para a AP (WHELAN; TAYLOR, 2013).

Com o crescente movimento tecnológico, muitas empresas viram a

oportunidade de lucrar criando novos *softwares* voltados especificamente para o agronegócio, mas geralmente essas ferramentas não são acessíveis para o pequeno produtor. Com o intuito de oferecer uma ferramenta foi disponibilizado o *Software* para Definição de Unidades de Manejo (SDUM), proposto e desenvolvido por Bazzi (2011), que possui uma interface gráfica, e que permite realizar de forma facilitada todos os procedimentos para criar e avaliar mapas temáticos e zonas de manejo.

Na Figura 1 é apresentada a interface gráfica do *software* SDUM e um exemplo referente ao seu funcionamento como a representação da localização dos pontos amostrais de potássio dentro de uma área de estudo.

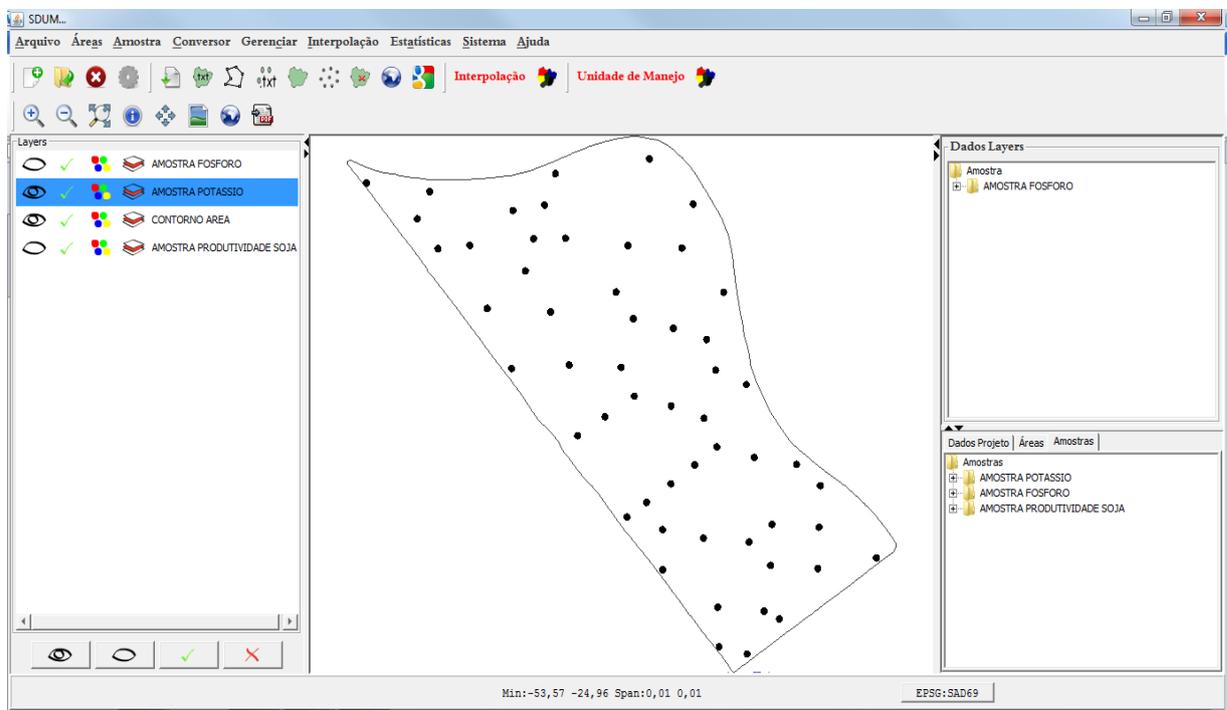


Figura 1 – Pontos amostrais de P e contorno da área apresentado pelo SDUM.
Fonte: Bazzi et al. (2015).

É possível observar o mapa (Figura 1) que contém o contorno de uma área de plantio e seus pontos de amostragem. Cada ponto no mapa já possui informações em relação ao atributo de solo, nesse exemplo representado por amostras de potássio. Para Valencia et al. (2004), o principal elemento da AP é a análise de dados dos atributos do solo e da planta, sendo fundamental a coleta de amostras de solo para análise laboratorial, ou seja, conforme recomenda a literatura, no primeiro momento devem ser criados os pontos de amostragem. Para Bazzi et al. (2015), após obter os dados referentes às amostras e adicioná-los em um SIG, é

possível gerar mapas temáticos referente aos atributos, o que permite uma visualização de forma fácil e intuitiva, auxiliando no reconhecimento da variabilidade na lavoura.

A interpolação é um procedimento de estimação do valor de atributos que são aplicados nos pontos não amostrados, para isso utiliza-se como base os dados dos pontos amostrais, permitindo gerar e visualizar os mapas criados por meio da interpolação dos dados amostrais (BAZZI et al., 2015). Na Figura 2 é apresentado um exemplo de mapa de produtividade criado no programa SDUM utilizando um método de interpolação Inverso da Distância.

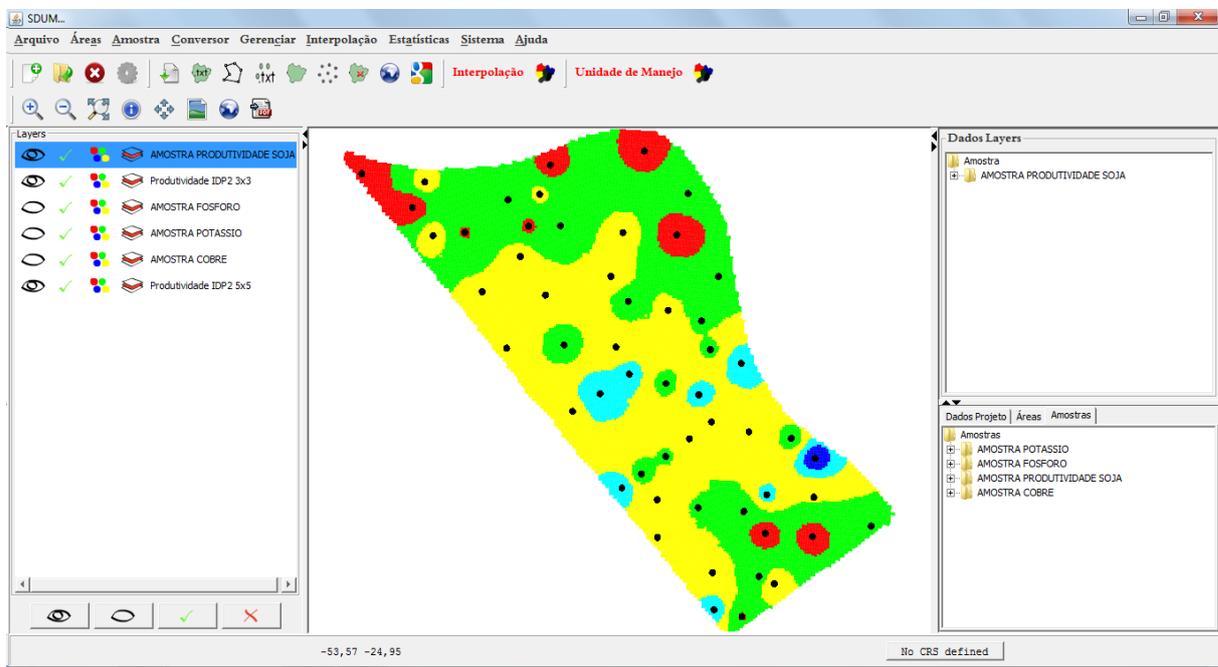


Figura 2 – Mapa de produtividade apresentado pelo software SDUM
 Fonte: Bazzi et al. (2015, p.107).

3.5 DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE

De acordo com Pressman (2011), um *software* consiste em instruções de programas de computador, que ao serem executados desempenham as características e funções desejadas pelo usuário. Um *software* manipula as informações de forma adequada a partir de sua estrutura de dados. Essas informações descritivas podem ser representadas tanto na forma impressa como na

forma virtual descrevendo a operação e o uso de programas.

A Engenharia de *Software* é a área da computação responsável pela metodologia de desenvolvimento e manutenção de sistemas modulares (REZENDE, 2005). A metodologia de desenvolvimento é composta por um conjunto de práticas recomendadas para a elaboração de *softwares* (SOMMERVILLE, 2007), que constitui um roteiro de processo dinâmico e interativo de desenvolvimento estruturado de sistemas e projetos que visa a qualidade, produtividade e efetividade de projetos.

O desenvolvimento de um *software* compreende etapas sequenciais e sistemáticas (PRESSMANN, 2011). Para Pressman e Maxim (2016), o processo incorpora cinco atividades estruturais: comunicação, planejamento, modelagem, desenvolvimento e entrega.

Para a elaboração de um *software* de qualidade, a modelagem desse sistema é a parte central de todas as atividades (BOOCH, 2000). É nessa etapa que são desenvolvidos os modelos abstratos de um sistema, sendo que cada modelo apresenta uma visão ou perspectiva, diferente desse sistema (SOMMERVILLE, 2011).

De acordo com Pressman e Maxim (2016), uma série de etapas de modelagem conduzem à especificação dos requisitos e a representação do projeto para o sistema a ser desenvolvido. Nesse sentido, a modelagem auxilia na elaboração de um *software* de qualidade, uma vez que a construção de modelos permite visualizar e controlar a arquitetura do sistema, gerenciar os riscos e compreender melhor seus requisitos (BOOCH, 2000).

Segundo Pressman e Maxim (2016), a modelagem de *software* baseada em cenários cria uma representação denominada caso de uso que, para representar uma interação específica do sistema utiliza algum tipo de notação gráfica. Para uma visão mais procedural da interação, o caso de uso pode ser complementado com vários diagramas UML (Linguagem Unificada de Modelagem) uma linguagem visual utilizada para modelar sistemas orientados a objetos que permite construir diagramas para representar diversas perspectivas de um sistema (BEZERRA, 2007).

Para Pressman e Maxim (2016), uma vantagem da construção de um modelo baseado em cenário é a possibilidade de representar o sistema sob o ponto de vista do usuário, o que torna possível compreender como o usuário interage com o *software*, revelando as principais funções e características exigida pelos envolvidos.

Um dos principais desafios da análise de sistema é lidar com a alta dinamicidade (CANFORA; DI PENTA, 2007). Para auxiliar as atividades de

engenharia de *software*, desde a análise de requisitos e modelagem até a programação e testes surgiram as ferramentas CASE - *Computer-Aided Software Engineering* ou Engenharia de *Software* Auxiliada por Computador (ISSA et al., 2007). Um dos componentes indispensáveis de uma ferramenta Case é a modelagem visual, que possibilita representar através de modelos gráficos o que está sendo definido (GUEDES et al., 2001), A maioria das ferramentas CASE (de licença livre ou proprietária) são capazes de produzir diagramas de classe (ANGYAL et al., 2006), uma representação da estrutura e relações das classes que servem de modelo para objetos.

Muitas pesquisas publicadas abordam a utilização do desenvolvimento baseado em modelo: Angyal et al. (2006) apresentam algumas metodologias de desenvolvimento baseado em modelo e citam as ferramentas CASE e suas abordagens mais relevantes; Hettel et al. (2008) concluíram que para a modelagem de desenvolvimento de sistema são necessários diferentes modelos para descrever um sistema em diferentes camadas de abstração e em diferentes perspectivas; Guedes et al. (2008) criaram um modelo para a concepção de diferentes interfaces de comunicação utilizadas para o desenvolvimento com qualidade de um sistema para o monitoramento e análise de processos na indústria do petróleo.

Atualmente, os *softwares* podem ser divididos em sete categorias: de sistema; de aplicação; científico/de engenharia; embutido; para a linha de produtos; de aplicação para Web; para inteligência artificial (PRESSMAN; MAXIM 2016).

O *software* de aplicação geralmente é desenvolvido para tecnologias que requerem um alto poder de processamento. Apesar das vantagens de processamento, alguns domínios de aplicação requerem mobilidade e ausência de necessidade da instalação e configuração do programa por parte do usuário (FIGUEIREDO et al., 2012). Para suprir essas necessidades surgiram as aplicações para Web ou as “WebApps”, que se referem a uma categoria de *software* centralizado em redes (Internet) que possui uma vasta gama de aplicações.

3.5.1 Desenvolvimento de Software para Web

As WebApps quando estão em sua forma mais simples, podem ser

pouco mais que um conjunto de hipertextos interconectados que apresentam informações em maior parte textual ou quando gráficas limitas, entretanto com o surgimento da Web 2.0, essas aplicações estão evoluindo e se transformando em sofisticados ambientes computacionais, que além de fornecer recursos especializados em funções computacionais e conteúdo para o usuário final, ainda permitem que sejam integradas a banco de dados corporativos e aplicações comerciais (PRESSMAN, 2011). Pressman e Maxim (2016) consideram que a plataforma Web é uma evolução do *software* de plataforma convencional.

Segundo Christodoulou (2005), uma aplicação de *software* Web é uma aplicação de *software* convencional, entretanto essa depende da infraestrutura Web para a sua execução e não apenas o *hardware* em que o *software* está sendo executado, como ocorre em uma aplicação *desktop*.

Para Pressman e Maxim (2016), a qualidade de uma aplicação Web em termos de usabilidade, funcionalidade, confiabilidade, eficiência, facilidade de manutenção, escalabilidade e tempo para colocação no mercado, é produzida durante o projeto para aplicação Web que abrange as seguintes etapas principais (fundamentadas nas informações obtidas durante a modelagem de requisitos): O projeto de conteúdo que é desenvolvido durante a análise e utilizado como base para o projeto de objetos de conteúdo; O projeto estético/design estabelece o *layout* que o usuário verá; O projeto da arquitetura apresenta a estrutura geral de hipermídia de todos os objetos de conteúdo e funções; O projeto de interface, define os mecanismos de *layout* e interações que definem a interface do usuário; O projeto de navegação define como o usuário navega pela estrutura de hipermídia; e o projeto de componentes que representa a estrutura interna detalhada dos elementos funcionais da aplicação Web.

Por utilizarem a infraestrutura Web, essas aplicações possuem características específicas. Segundo Fraternali e Paolini (1998), ao se definir um projeto de uma plataforma Web é necessário considerar as particularidades relacionadas às suas dimensões como a Estrutural (como as informações serão tratadas pela aplicação e seus relacionamentos), a Navegacional (se refere como as informações serão acessadas através a aplicação) e a Apresentação (como as informações e o acesso a elas serão apresentadas ao usuário final).

Nesse sentido, muitos autores alegam que o desenvolvimento Web deve seguir uma abordagem diferente das metodologias tradicionais da Engenharia de

Software (FRATERNALLI; PAOLINI, 1998; PRESSMAN, 2001; GINIGE; MURUGESAN, 2001; SOMMERVILLE, 2011; PRESSMAN; MAXIM, 2016), o termo Engenharia Web (Web Engineering) é utilizado para representar o processo utilizado para criar sistemas Web de qualidade. A Engenharia para Web é uma versão adaptada da Engenharia de *Software* que adota uma abordagem mais rigorosa para projetos de WebApps e propõe uma estrutura ágil para o desenvolvimento de aplicações e sistemas de alta qualidade baseados no ambiente Web (PRESSMAN; MAXIM, 2016).

A arquitetura de *software* oferece uma visão abrangente do sistema a ser construído, representa a estrutura, a organização dos componentes do sistema, suas propriedades e as conexões entre eles (PRESSMAN; MAXIM, 2016). Nesse sentido, a arquitetura de *software* permite analisar se os requisitos do projeto são efetivamente atendidos, possibilita considerar alternativas de mudança de arquitetura e minimizar os riscos de desenvolvimento (PRESSMAN, 2011).

Segundo Sommerville (2011), o padrão de arquitetura de *software* MVC (*Model, View, Controller*) é a base do gerenciamento de interação em muitos sistemas baseados na plataforma Web. O MVC é um conceito (paradigma) de desenvolvimento e visualização que tenta separar uma aplicação em três partes distintas: *Model*: relacionada ao trabalho atual que a aplicação administrativa; *View*: possui relação com a exibição dos dados ou informações recebidas do *model*; e *Controller*: responsável por coordenar o *Model* e o *View* para gerenciar as solicitações do usuário e exibir a interface correta (GONÇALVES, 2007). Utilizar a arquitetura de *software* no padrão MVC permite alterar uma camada, sem interferir nas demais, ou seja, apenas a sua camada adjacente sofrerá alterações. Isso ocorre devido à arquitetura ser mutável e portátil (SOMMERVILLE, 2011).

Para Miletto e Bertagnolli (2014), uma aplicação Web é caracterizada por construir dinamicamente seu conteúdo a partir de dados proveniente de um banco de dados quando ocorre a interação do usuário com as páginas via navegador. Na arquitetura básica de um site, o servidor recebe uma solicitação de um cliente (computador do usuário) por meio de um navegador, o sistema procura o documento em um sistema de arquivos e envia a resposta ao navegador para ser exibida ao cliente. Para os autores, as aplicações Web são diferentes das aplicações convencionais pois apresentam um rápido aumento na quantidade de requisitos, conteúdo, funcionalidade e apresentarem muitas alterações sofridas durante seu ciclo

de vida.

Segundo Lecheta (2015), construir *Web services* e computação em nuvem são atualmente os dois pilares mais importantes no mundo do desenvolvimento de sistemas. O objetivo de um *Web services* é assegurar a capacidade de um sistema de se comunicar de forma transparente entre os sistemas escritos em diferentes linguagens de programação, desenvolvidos por fornecedores distintos e em sistemas operacionais diversos (MENG et al., 2009).

O serviço (REST), ou transferência de estado representacional é um estilo de arquitetura de *software* muito utilizado para criar serviços Web e auxiliar na integração de sistemas (LECHETA, 2015). Segundo Siécola (2016), a utilização de serviços REST é uma tendência que vem sendo muito utilizada nos últimos anos, principalmente em APIs públicas.

O termo RESTful foi criado para indicar que determinado serviço segue os princípios de operações padronizadas do REST: GET, utilizado para consulta; POST, para inserir; PUT, para atualizar; e DELETE, para apagar. Nesse sentido, se um *Web service* tiver sido construído com base nos conceitos de REST pode-se dizer que ele é um Web Service RESTful.

De acordo com O'Brien (2001), as vantagens que os sistemas oferecem são incontestáveis, principalmente quando são utilizados como fatores de solução de problemas. Para assegurar a qualidade de uma aplicação Web é recomendado a realização de testes, que servirão de anteparo para revelar a presença de possíveis erros (MYERS, 2004). Para Pressman (2011), além dos testes de conteúdo, navegação, interface e compatibilidade, devem ser desenvolvidos testes que descubram erros na comunicação entre WebApp e o banco de dados, pois podem ocorrer erros por uma solicitação de informação do lado do cliente que raramente pode ser colocado em um gerenciamento de banco de dados, ou seja também devem ser realizados testes da camada WebApp do lado do servidor para assegurar que os dados do usuário, sejam extraídos e transmitidos corretamente.

3.5.2 Reengenharia de Software

De acordo com Pressmann (2006), o *software* representa a realização

de diversas regras de negócio, sempre que essas regras se modificam, o *software* também deve ser modificado. Nessa perspectiva, a proporção que os gerentes trabalham para modificar as regras, a fim de conseguir maior eficiência e competitividade, o *software* deve acompanhar o ritmo.

Para realizar o processo de mudança de um *software*, pode ser necessário executar a etapa de reengenharia de *software*, dado que, algumas mudanças demandam migrar o sistema para uma nova plataforma ou tecnologia (SOMMERVILLE, 2011).

A reengenharia de *software* é o processo de reorganização, modificação ou reestruturação, parcial ou total de um *software* existente (SOMMERVILLE, 2000). Essa prática é considerada como uma forma de rejuvenescimento de *software* que permite melhorar a sua qualidade e aumentar seu ciclo de vida (PFLEEGER, 2004). Para esse fim, a reengenharia faz uso das informações do projeto do sistema, assim consegue preservar as funções existentes no *software* ao mesmo tempo em que adiciona novas funcionalidades (PRESSMAN, 2006).

Segundo Sommerville (2011), o processo de reengenharia possui as seguintes atividades: Tradução de código-fonte: o programa é convertido de uma linguagem de programação antiga para uma versão mais moderna da mesma linguagem ou em outra diferente; Engenharia reversa: O programa é analisado, as informações extraídas auxiliam documentar sua organização e funcionalidade; Melhoria de estrutura de programa: A estrutura de controle do programa é analisada e modificada para facilitar a leitura e o entendimento; Modularização de programa: Partes relacionadas do programa são agrupadas, e quando apropriado as redundâncias são eliminadas; Reengenharia de dados: São alterados os dados processados pelo programa para refletir as mudanças de programa. Isso pode significar a redefinição dos esquemas de banco de dados e a conversão do banco de dados existente para a nova estrutura.

Fazer uso da reengenharia para reestruturar um *software* em vez de substituí-lo apresenta as vantagens de redução dos riscos de ocorrer erros na especificação do sistema, os possíveis atrasos no início do novo *software*, longas pausas para manutenção e redução dos custos necessários na aquisição de um novo sistema. Como desvantagem, as principais mudanças de arquitetura ou a reorganização radical do sistema não podem ser feitas automaticamente, pois são muito caras e embora possa melhorar a manutenibilidade, o sistema reconstruído

provavelmente não será tão manutenível como um novo sistema construído utilizando métodos modernos de engenharia de *software* (SOMMERVILLE, 2011).

Para Miletto e Bertagnolli (2014), a Internet introduziu no cotidiano, novos hábitos de entretenimento, comportamento, comunicação e consumo. Com a evolução da computação em nuvem e a Internet, aumenta a exigência por parte dos usuários em relação a utilização de serviços em tempo real e em qualquer lugar. Contudo, ainda existe um grande número de sistemas *desktop*, que precisam ser baixados e instalados no computador local. Nesse sentido, utilizar a reengenharia de *software* pode auxiliar na migração da aplicação *desktop* para o ambiente Web disponibilizando suas funcionalidades em qualquer lugar através de um navegador (MENG et al., 2011) .

Pesquisas embasadas na ideia de reengenharia de *software* e na necessidade de distribuição de sistemas Web que apresentem uma interatividade similar as aplicações *desktop*, foram publicadas: Cagnin et al. (2014) abordaram o reuso na atividade de teste para reduzir custo e esforço de verificação, validação e teste (VV&T) no desenvolvimento e na reengenharia de *software*; Piekarski e Quinária (2000) apresentaram em sua pesquisa um embasamento sobre o processo de manutenção de *software*, mais especificamente sobre reengenharia; Nardelli et al. (2010) apresentaram os desafios gerenciais e técnicos na mudança de tecnologia e a reengenharia no processo de desenvolvimento de *software*; Meng et al.(2011) sugeriram um método de personalização para converter uma aplicação *desktop* em uma aplicação Web.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 CONTEXTO E MOTIVAÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

O presente trabalho se insere no contexto do SDUM (*Software* para Definição e Avaliação de Unidades de Manejo). Este *software* desenvolvido por Bazzi (2011) e disponibilizado gratuitamente, surgiu da proposta de se ter uma ferramenta computacional para execução de todas as etapas do processo de geração de zonas de manejo em agricultura de precisão. A ferramenta permite gerar mapas temáticos por métodos conhecidos de interpolação, geração de zonas de manejo por métodos empíricos e de agrupamento e propicia funções para avaliar as zonas de manejo geradas, a partir de métodos de redução da variância e testes de comparação de médias.

O SDUM mostrou ser uma opção adequada para se trabalhar com mapas temáticos e zonas de manejo (GAVIOLI et al., 2016; SCHENATTO et al., 2016a; SCHENATTO et al., 2016b; BAZZI et al. 2015), apesar ser disponibilizado apenas para o ambiente *desktop*, tendo-se a necessidade de instalação na máquina do usuário, sendo esta uma desvantagem em relação a divulgação, utilização, além da dificuldade no controle de usuários. Neste sentido, o presente projeto visa a construção de um ambiente que possa ser disponibilizado de forma a evitar sua instalação, com o acesso via Web de forma similar e com as funcionalidades presentes no SDUM *desktop*.

Desse modo, a proposta para o desenvolvimento de uma ferramenta online para a AP foi executada em continuidade ao atual projeto SDUM *desktop*, transportando suas funcionalidades de geração de mapas temáticos e agregando novas características que permitem uma utilização mais simplificada em navegadores Web. Para iniciar essa tarefa, foi utilizado o processo de engenharia reversa com o intuito de analisar as informações do projeto, funcionalidades e os princípios tecnológicos do atual *software* SDUM *desktop*, a fim de criar uma representação do mesmo em alto nível de abstração.

4.2 TECNOLOGIAS

Para o desenvolvimento do projeto buscou-se utilizar ferramentas livres, para viabilizar o projeto sem necessidade de custos adicionais como licenças ou suporte. Desta forma, para a implementação, foram seguidos os requisitos de linguagem e arquitetura projetados e modelados na etapa inicial. As tecnologias utilizadas para o desenvolvimento, foram selecionadas levando em consideração as que melhor se adequaram ao projeto de característica *online*, com abordagem focada na continuidade e utilização a longo prazo, a partir do emprego de ferramentas atuais, que viabilizem a integração de futuros módulos desenvolvidos e que também apresentem em sua característica a licença livre.

4.2.1 Sistema Gerenciador de Banco de Dados

O sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) PostgreSQL foi utilizado devido a sua flexibilidade e sua extensão para dados georreferenciados por sua extensão Postgis que mantém compatibilidade com linguagens de programação tradicionais e possui capacidade ilimitada para base de dados, índices por tabela e quantidades de linhas de até 1.6 TB e permite a criação de tabelas com capacidade de 32 TB (POSTGRESQL, 2016). O ambiente de gerenciamento do banco de dados PostgreSQL utilizado foi o PgAdmin III.

4.2.2 Modelagem

Para a representação das funcionalidades e geração de documentação, foi utilizada a linguagem de representação UML, a qual auxilia na visualização do desenho e a comunicação entre objetos, facilitando as atividades tanto na fase de análise como na de implementação. Para diagramação foi utilizada a ferramenta Astah Community, que corresponde a um dos *softwares* mais conceituados para a criação

de diagramas. Por meio da Astah foram criados os casos de uso de forma a contemplar todas as funcionalidades previstas, além de permitir definir todos os requisitos previstos para implementação do *software* e representa-los graficamente, possibilitando avaliar a estrutura interna da base de dados de forma gráfica.

4.2.3 Linguagem de Programação e Desenvolvimento

A linguagem de marcação HTML (*Hyper Text Markup Language*), foi utilizada na camada de estruturação de conteúdo da página Web. O HTML define um tipo de documento simples, como, por exemplo, cabeçalhos, parágrafos, listas, ilustrações e algumas possibilidades para hipertexto e multimídia em uma página de Internet (ALMEIDA, 2002).

Para a camada de apresentação que é constituída pelas folhas de estilos, foi utilizado a linguagem CSS (*Cascading Style Sheets*), que permite definir como os elementos que compõem uma página, um documento ou aplicação Web serão exibidos.

Na camada de comportamento constituída pelos *scripts*, a linguagem de programação JavaScript, foi utilizada para manipulação e processamento de dados. Essa linguagem foi criada com a finalidade de fornecer um meio de adicionar interatividade a uma página Web (SILVA, 2010). JavaScript possui programação estrutural e utiliza a metodologia de orientação a objetos.

Conforme recomendado na literatura, para o desenvolvimento da plataforma Web foi utilizado o conceito de separação de camadas de desenvolvimento (PFLEEGER, 2004; SOMMERVILLE, 2011; MILETTO; BERTAGNOLLI, 2014). Para Silva (2010), o JavaScript deve ser mantido na camada de comportamento, não ultrapassando as camadas de estruturação do conteúdo (marcação HTML) e a de apresentação (CSS).

Para a comunicação entre a linguagem de desenvolvimento e o banco de dados, foi utilizado o framework de licença livre Hibernate, que permite os desenvolvedores escrevam aplicativos com mais facilidade cujos dados sobrevivem ao processo de aplicação pois é um sistema focado na persistência. Apresenta vantagens como a escalabilidade em qualquer ambiente, a capacidade de funcionar

em um cluster de aplicativos, é considerado confiável, altamente configurável e extensível (HIBERNATE, 2016).

Para a manipulação de eventos como animações, foi utilizado a biblioteca JQuery, que é desenvolvida em JavaScript, e que é considerada rica em recursos, com uma combinação de versatilidade e capacidade de extensão. (JQUERY, 2015).

O framework brasileiro VRaptor 3, foi utilizado para o desenvolvimento de aplicações Java Web por ser considerado de fácil utilização e por proporcionar o desenvolvimento mais ágil quando comparado com métodos tradicionais. Corresponde a um framework MVC (Model View Controller) *open source* que possui suporte amplo da comunidade de desenvolvedores (VRAPTOR, 2015).

Para o desenvolvimento da aplicação foi utilizado o Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) Eclipse, que possui licença livre e que reúne características e ferramentas de apoio ao desenvolvimento de *softwares* com o objetivo de agilizar este processo. O servidor Web Java Tomcat foi utilizado em conjunto com o IDE Eclipse para compilar o programa.

4.2.4 Hospedagem do Ambiente

O sistema foi hospedado em servidor próprio, localizado no departamento de computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - campus Medianeira, disponibilizado e mantido com recursos do próprio departamento, para fins de pesquisa. O ambiente foi virtualizado e configurado a fim de que permitisse expansão dos recursos de *hardware* necessários para execução do sistema. Os requisitos mínimos de memória e processamento estão disponíveis considerando as necessidades atuais do sistema, estando disponíveis 32GB de memória RAM, 3TB de disco rígido e processador com 16 núcleos de processamento.

O servidor utilizado para armazenar o sistema teve seu desenvolvimento voltado para sistemas distribuídos com tecnologia para realizar a integração entre aplicações executadas em ambientes distintos a fim de possibilitar a integração com módulos a serem desenvolvidos futuramente por demais pesquisadores.

4.2.5 OpenLayers

As imagens de satélite exibidas no *software* e utilizadas no ambiente de desenvolvimento são de licença livre e disponibilizados pela biblioteca OpenLayers 3. Essa ferramenta, desenvolvida em linguagem JavaScript, possui integração com serviços online de mapeamento, possibilitando aos desenvolvedores a criação de aplicações geográficas para o ambiente Web com capacidade de exibir e manipular dados geoespaciais em navegadores Web.

4.2.6 Modelo Arquitetural do Ambiente

A arquitetura de *software* para geração de mapas temáticos (Figura 3), foi construída com base nos conceitos de REST (get; post; put; delete), para auxiliar na integração com diferentes sistemas utilizando a API REST (interface entre dois programas diferentes que permite a comunicação entre eles).

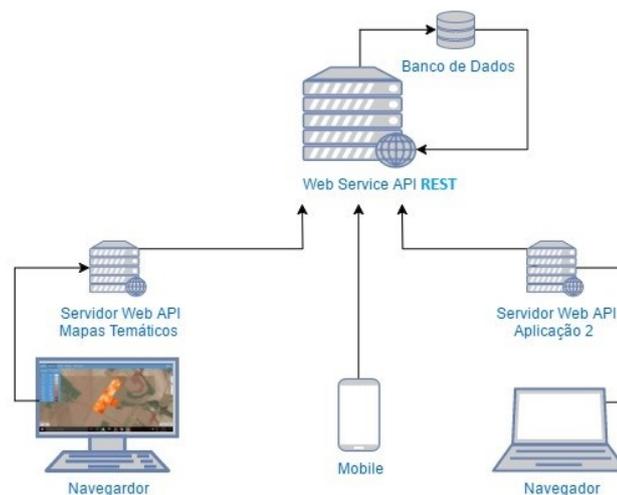


Figura 3 – Modelo arquitetural do ambiente.

Conforme pode ser observado na Figura 3, com o objetivo de construir um ambiente distribuído e escalável, a arquitetura foi distribuída em camadas. No lado do servidor, foi construído um Web Service API REST, que possui a responsabilidade

de acessar a camada de persistência de dados, gerenciar os métodos de autenticação/autorização e armazenamento de dados enviados por aplicações. No lado do cliente ficam as aplicações (subsistemas). Nessa camada está localizado o servidor Web da aplicação para geração de mapas temáticos, dessa forma, os demais sistemas desenvolvidos (representado na figura como Aplicação 2 e Mobile) também são inseridos no lado cliente. Desse modo, a comunicação entre as partes se dá por meio do uso de uma API REST disponibilizada pelo servidor.

Na arquitetura, a aplicação cliente (sistema para geração de mapas temáticos) autentica-se no servidor informando suas credenciais de acesso, a aplicação servidora (Web Service API) valida as credenciais e em caso de sucesso armazena um *token* de autorização vinculado ao cliente e responde com a mensagem de sucesso e seu *token* em anexo. O servidor verifica cada requisição checando se foi enviado um token válido. Essa estrutura permite aos usuários que possuem o mesmo *login* e senha cadastrado no lado do servidor, compartilhar seus dados em diferentes aplicações, caso o método de importação tenha sido implementado no sistema.

4.3 AVALIAÇÃO DA PLATAFORMA

4.3.1 Testes Funcionais e de Desempenho das Funcionalidades da Plataforma

Após a conclusão da etapa de programação, o *software* passou por testes de desempenho e acurácia. Para cada tela e funcionalidade específica foram realizados casos de testes visando minimizar resultados indesejados e corrigir erros. Além dos testes de conteúdo, navegação, interface e compatibilidade, foram desenvolvidos testes que permitem identificar erros na comunicação entre a WebApp e o banco de dados. Também foram realizados testes da camada WebApp do lado do servidor para assegurar que os dados do usuário, são extraídos e transmitidos corretamente.

4.3.2 Áreas Experimentais e Dados para Realização de Testes

A aplicação desenvolvida foi testada com dados experimentais de agricultura de precisão oriundos de pesquisas desenvolvidas desde 2011 em dois talhões (9,9 ha e 23,8 ha), que estão localizados em Serranópolis do Iguaçu - Paraná (Figura 4) sob coordenadas geográficas centrais 25°24'28" S e 54°00'17" O (Talhão 1) e 25°26'49" S e 54°04'59" O (Talhão 2). O solo da área é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico (EMBRAPA, 2006). As áreas são cultivadas sob sistema de plantio direto com sucessão de culturas soja e milho a pelo menos dez anos.



Figura 4 – Demarcação das áreas experimentais.

Os dados utilizados para testes referem-se aos valores de dados relacionados às características químicas do solo (C, pH, H+Al, Ca, Mg, K, Cu, Zn, Fe, Mn) e produtividade da cultura do milho. As grades amostrais para coleta de dados são distintas, e possuem uma densidade amostral de 4,24 pontos ha⁻¹ (42 amostras) para o talhão 1 e 3,06 pontos ha⁻¹ (73 amostras) no talhão 2, para cada atributo.

4.3.3 Funcionalidades do Software

4.3.3.1 Inclusão de dados

De acordo com a abordagem utilizada pelo sistema, o usuário é capaz de incluir dados referentes ao contorno da área de três formas distintas:

- a) Utilizando as coordenadas geográficas as quais podem ser obtidas por meio de um receptor GPS, e transferidas para o sistema utilizando um arquivo no formato texto (‘.txt’) que deverá conter pelo menos duas colunas, representando as coordenadas Longitude e Latitude (Figura 5), suas colunas podem ser separadas por meio dos caracteres ponto e vírgula (“;”), vírgula (“,”), pipe (“|”) ou por tabulação e as casas decimais devem ser indicadas pelo caractere ponto (“.”);
- b) O segundo método (Figura 6), permite a utilização de imagens de satélite disponíveis na plataforma Web que auxiliará o usuário na delimitação da área do talhão, a partir da utilização de ferramentas que permitem localizar a área, criar e editar um polígono contendo as coordenadas da área;
- c) A terceira opção permite a importação das áreas que foram cadastradas na API por outros sistemas.

Para a fase de importação de dados referentes aos resultados amostrais de coleta (físicos, químicos, de produtividade, entre outros) o arquivo com extensão (‘.txt’), além das coordenadas, deve conter uma terceira coluna com valores referentes ao atributo (Figura 5).

LONGITUDE	LATITUDE
-54.003644214	-25.406813811
-54.003644871	-25.406815517
-54.003642762	-25.406821901
-54.003637508	-25.406843061
-54.003634822	-25.406853051
-54.003632679	-25.406864985
-54.003631301	-25.406877835
-54.003629429	-25.406891312
-54.003633303	-25.406892014
-54.003629667	-25.406904978
-54.003627832	-25.406918327
-54.003626251	-25.406929894
-54.003623686	-25.40694233
-54.003619289	-25.406956154
-54.003615462	-25.406970592
-54.003612074	-25.406984694
-54.003605253	-25.407004415
-54.003601418	-25.407018609
-54.003598959	-25.407031721
-54.003596089	-25.407044559

LONG	LAT	P_1 2014
-54.006368	-25.408065	15.7
-54.005791	-25.40846	3.95
-54.005548	-25.408021	6.68
-54.004818	-25.408994	3.95
-54.003654	-25.40961	8.82
-54.003541	-25.409338	8.82
-54.003358	-25.409051	5.3
-54.004026	-25.40914	5.3
-54.0057	-25.407736	6.68
-54.005964	-25.40743	4.62
-54.003926	-25.408914	5.3
-54.005162	-25.406846	7.39
-54.004904	-25.40733	14.9
-54.004655	-25.407697	8.1
-54.004393	-25.408006	8.1
-54.004044	-25.408342	6.68
-54.003037	-25.408053	8.82
-54.005195	-25.406454	4.62
-54.005639	-25.406992	2.62
-54.005512	-25.406633	3.28

Figura 5 – Modelo de arquivos para adicionar o contorno da área e amostras.

Delimitar nova área

Nome da área *
Talhão 2

Imóvel *
Imóvel Schenatto + Novo

Tipo de solo *
latossolo vermelho distroférico típico + Novo



< Voltar Cadastrar

Figura 6 – Ferramenta para delimitar e editar área.

Os procedimentos para entrada de dados espaciais podem ser obtidos no Apêndice A – Manual de utilização do *software*.

4.3.3.2 Interpolação de dados

A interpolação de dados é um procedimento necessário para a construção de mapas temáticos. Sua utilização permite estimar o valor de atributos em locais não amostrados com base nas informações obtidas em pontos próximos que tiveram seus dados coletados. Para a geração dos mapas temáticos foram implementados os métodos de interpolação referentes ao inverso da distância elevado a uma potência (IDP) (Equação 1), média móvel (MM) (Equação 2) e o vizinho mais próximo (VMP).

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{Z_i}{D_i^p} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{D_i^p} \right)} \quad (1)$$

em que,

Z – Corresponde ao valor do atributo Z para o ponto a ser interpolado;

Z_i – É o valor de Z referente ao vizinho i ;

D_i^p – Distância entre o ponto a ser interpolado (Z) e o dado amostrado;

p – Corresponde à potência que se deseja.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n (Z_i)}{n} \quad (2)$$

em que,

Z – Corresponde ao valor do atributo Z para o ponto a ser interpolado;

Z_i – É o valor de Z referente ao vizinho i ;

n – É o número de elementos amostrais utilizados para interpolação.

Segundo Bazzi et al. (2015), a interpolação IDP é baseada na presunção da existência de correlação espacial positiva e a potência é utilizada para atenuar a influência dos pontos distantes. Na média móvel os valores são estimados com base no cálculo da média dos pontos selecionados pelo usuário, utilizando uma distância predefinida e não a distância entre as amostras e o ponto ao qual se deseja interpolar. Já a técnica VMP, é o método mais simples de interpolação, sua principal característica é assegurar que o valor interpolado seja um dos valores originais. Como não gera novos valores para variável Z , é recomendado quando se trabalha com dados qualitativos.

O sistema permite que o usuário configure conforme sua necessidade os parâmetros referentes à distância máxima (raio) e/ou número de elementos amostrais utilizados na interpolação e para o interpolador IDP a potência (p) e o tamanho do pixel a ser utilizado para a geração do mapa temático (Figura 7).

Cadastrar Interpolação

Nome *
Mapa_Fósforo2014

Projeto *
Projeto_Serranópolis

Área *
Talhão 1

Amostra *
p2014

Entidade Classificadora *
Coodetec

Tipo Interpolador *
IDP (Inverso da distância elevado a uma potência)
MM (Média móvel)

Pixel(X) *
10

Pixel(Y) *
10

Raio(Metros) *
0

Cancelar Interpoliar

Figura 7 – Tela de interpolação

Os procedimentos para geração de mapas temáticos podem ser visualizados no Apêndice A – Manual de utilização do *software*.

4.4 DESCRIÇÃO DA COLETA DE DADOS

Para realização de testes e avaliação do desempenho das funcionalidades do *software*, foram utilizados os dados das áreas experimentais localizadas na região oeste do Paraná. Para a delimitação das áreas, foram utilizadas as coordenadas geográficas referentes ao contorno dos talhões 1 e 2, coletados previamente com um aparelho GPS, e adicionadas ao *software* a partir de um documento com extensão .txt. Também foram utilizadas as ferramentas que permitem criar e editar o contorno da lavoura utilizando imagens de satélite para sua localização.

A amostragem de solo foi realizada com auxílio de um trado manual e um receptor GPS para localização dos pontos amostrais que foram previamente adicionados no equipamento. Em cada ponto da grade amostral, foram coletadas a uma profundidade de 0,20 cm com oito subamostras localizadas em um raio de 3 m do seu respectivo ponto amostral (WOLLENHAUPT et al., 1994). O solo coletado foi acondicionado em sacos plásticos devidamente identificados e destinados para esse fim e enviados para análise laboratorial onde foram definidos os atributos químicos e matéria orgânica.

A amostragem da produtividade de soja foi realizada manualmente. Em cada ponto amostral da grade foram colhidas duas linhas em um percurso de 1 m, o espaçamento entre as duas linhas foi de 0,45 m, correspondendo a uma área de

aproximadamente 0,9 m².

Para realizar a amostragem de produtividade do milho foram colhidas oito espigas manualmente em cada ponto amostral da grade, os grãos foram separados por ponto amostral e pesados.

Posteriormente ao processo de colheita foi realizada a triagem manual e limpeza. Em seguida, os grãos foram pesados e a umidade medida utilizando-se um medidor de umidade eletrônico para posterior correção da produtividade para o grau de 13% de umidade, de acordo com as regras de Análise de Sementes (MAPA, 2009).

4.4.1 Análise Descritiva e Exploratória dos Dados

Para identificar e avaliar a normalidade e homogeneidade dos dados utilizados, os atributos foram analisados estatisticamente por meio da estatística exploratória, calculando-se: as medidas de posições: média, mediana, mínimo e máximo; as medidas de dispersão: desvio padrão e coeficiente de variação (CV); e medidas que indicam a forma da distribuição: coeficiente de assimetria e coeficiente de curtose e normalidade. O *software* Minitab na versão 1.7, foi utilizado para executar os testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e Anderson-Darling com a finalidade de verificar se a distribuição de probabilidade associada a cada conjunto de dados pode ser aproximada pela distribuição normal ao nível de 5% de significância. Foram considerados normais os dados que apresentaram normalidade em pelo menos um dos testes.

O coeficiente de variação (CV) foi considerado baixo (homocedasticidade) quando $CV \leq 10\%$, médio quando $10\% < CV \leq 20\%$, alto quando $20\% < CV \leq 30\%$ e muito alto (heterocedasticidade) quando $CV > 30\%$ (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002).

4.5 INTERPOLAÇÃO DE DADOS CADASTRADOS

Após a delimitação da área, e inclusão dos dados de cada ponto

amostral referentes a altitude, textura (argila, silte e areia), densidade do solo, resistência do solo à penetração (RSP), dados relacionados às características químicas do solo (C, pH, H+Al, Ca, Mg, K, Cu, Zn, Fe, Mn) e produtividade de milho, foram interpolados os dados de cada atributo para a geração de mapas temáticos utilizando o método do inverso da distância, com números de elementos igual a dez, Para o tamanho de pixel foram testados os valores 5 X 5 e 10 X 10.

4.6 EXIBIÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS

Após a interpolação dos dados, a aplicação foi utilizada para gerar a visualização dos mapas temáticos fazendo uso dos principais navegadores Web: Mozilla Firefox; Google Chrome; Internet Explorer; e Opera.

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1 ANALISE EXPLORATÓRIA E ESTATÍSTICA DESCRITIVA

A Tabela 1 apresenta as análises estatísticas para as propriedades químicas, físicas do solo e produtividade da cultura de milho no talhão 1 no ano de 2014. Somente os atributos porcentagem de saturação por bases do solo (V%), alumínio (Al) e manganês (Mn) apresentaram o coeficiente de variação (CV) como baixo (tabela 1), para os atributos pH, H+Al, cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), matéria orgânica (Mo) e produtividade o CV foi considerado médio e o potássio (K) foi o único classificado com CV alto. Os demais atributos: Fosforo (P), Zinco (Zn) e Ferro (Fe) foram classificados com o CV muito alto concordando com pesquisa realizada na área de estudo por Schenatto (2014), que encontrou valores de CV muito altos para os mesmos atributos no ano de 2012. Quanto as medidas de forma, os atributos pH, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, V% e produtividade do milho apresentaram distribuição simétrica dos dados e apenas a matéria orgânica apresentou distribuição assimétrica negativa, os demais atributos (K, P, H+Al, Cu e Al) apresentaram distribuição assimétrica positiva.

Tabela 1 - Estatística descritiva dos atributos físicos e químicos do solo em 2014 (Talhão1).

Variável	Mín.	Méd.	Mediana	Máx.	Amp	DP	CV	Assimetria	Curtose
P (mg/dm ³)	2,6	7,6	6,6	19,8	17,2	4,1	54,4(ma)	1,3(b)	1,1(c)
Acidez (pH)	4,0	5,0	5	5,6	1,3	0,2	11,1(m)	-0,1(a)	-0,1(a)
H+Al (cmol dm ³)	2,7	3,5	3,4	4,9	2,2	0,4	13,2(m)	0,9(b)	1,0(c)
Ca (cmol /dm ³)	3,5	4,9	4,9	6,7	3,2	0,8	16,1(m)	0,2(a)	-0,6(a)
Mg (cmol /dm)	0,7	1,4	1,4	2,1	1,4	0,2	18,7(m)	0,1(a)	1,1(c)
K (cmol /dm ³)	0,2	0,4	0,4	0,7	0,4	0,1	25,7(a)	25,7(b)	-0,7(a)
Cu (mg/dm ³)	4,0	9,2	9,2	13,9	9,9	1,8	19,6(m)	-0,0(a)	1,6(b)
Zn (mg/dm ³)	1,2	2,6	2,3	5,6	4,3	0,8	30,6(ma)	1,3(b)	3,7(c)
Fe (mg/dm ³)	20,2	37,1	33,3	71,9	51,7	12,7	34,2(ma)	0,8(a)	0,1(a)
Mn (cmol /dm ³)	132,1	166,1	168,9	190,3	58,1	15,8	9,56(b)	-0,2(a)	-1,0(b)
Al	0	0,06	0,05	0,3	0,34	0,0	1,15(b)	1,4(b)	3,1(c)
V%	50,3	65,3	66,8	76,2	25,8	6,2	9,7(b)	-0,5(a)	-0,5(a)
MO	21,0	38,1	39,0	48	27,0	4,8	12,5(m)	-1,0(c)	2,7(c)
Prod. (t ha ⁻¹)	6,76	10,2	10,4	13,3	6,5	1,1	10(m)	-0,3(a)	2,3(c)

DP - Desvio padrão; Simetria: Simétrica (a); Assimetria Positiva (b); Assimetria Negativa (c); Curtose: Mesocúrtica (a); Platicúrtica (b); Leptocúrtica (c); * Não normal a 5% de probabilidade; CV - Coeficiente de variação: baixo(b), médio (m), alto (a), muito alto (ma); Amp – Amplitude.

Quanto aos coeficientes de curtose dos dados, os atributos pH, Ca, K, Fe e V% foram classificados como de distribuição mesocúrtica e dentre os atributos que apresentaram a distribuição leptocúrtica estão a produtividade de milho, matéria orgânica, Al, Zn, Mg, H+Al e P. Os atributos Cu e Mn tiveram a curtose classificada como platicúrtica. Não apresentaram normalidade a 5% de probabilidade os atributos V%, fosforo, matéria orgânica e potássio.

No talhão 1 no ano de 2015 (Tabela 2), apenas os atributos pH (queda de 5,3% em relação ao ano anterior) e Al foram classificados com o CV baixo (tabela 2). Os resultados de C, H+Al, Ca, Mg, Cu, V% e Mn foram classificados com CV médio, os atributos Mn e V% obtiveram um aumento de 3,4% e 1,4% respectivamente. O potássio permaneceu classificado com o CV alto acompanhado do zinco que teve uma queda de 7,0% em relação ao ano 2014. Os demais atributos P e Fe mantiveram o CV classificado como muito alto. Quanto as medidas de forma no ano 2015, os atributos que apresentaram distribuição simétrica dos dados foram C, produtividade e pH, H+Al, Ca, K, Zn, MN e somente o manganês apresentou distribuição assimétrica negativa, os demais atributos (P, Al, Mg, Fe e Cu) apresentaram distribuição assimétrica positiva.

Tabela 2 - Estatística descritiva dos atributos físicos e químicos do solo em 2015 (Talhão 1).

Variável	Mín.	Méd.	Mediana	Máx.	Amp	D.P	C.V	Assimetria	Curtose
P (mg/dm ³)	4,6	12,7	11,8	44,7	40,1	7,6	59,8(ma)	2,3(b)	7,3(c)
C (g/dm ³)	14,1	25,3	25,2	34,5	20,4	3,2	12,8(m)	-0,3(a)	3,7(c)
Acidez (pH)	4,7	5,1	5,1	5,8	1,1	0,2	5,8(b)	0,0(a)	-0,2(a)
H+Al (cmol dm ³)	3,6	5,4	5,3	7,2	3,5	0,8	14,8(m)	0,4(a)	0,1(a)
Ca (cmol /dm ³)	3,8	5,8	5,7	7,8	3,9	1,0	17,0(m)	-0,0(a)	-0,6(a)
Al	0	0,0	0	0,2	0,2	0,0	2,01(b)	2,2(b)	5,0(c)
Mg (cmol /dm)	1,2	1,9	1,9	3,3	2,1	0,3	19,4(m)	1,2(b)	3,4(c)
K (cmol /dm ³)	0,4	0,9	1	1,1	0,6	0,2	27,4(a)	-0,6(a)	-1,1(c)
Cu (mg/dm ³)	8,6	14,3	14,4	18,2	9,5	2,0	14,4(m)	-0,6(b)	1,1(c)
Zn (mg/dm ³)	4,0	7,2	7,07	10,6	6,5	1,7	23,5(a)	0,2(a)	-0,6(a)
Fe (mg/dm ³)	34,9	59,1	57,0	149,1	114,1	19,3	32,7(ma)	2,5(b)	10,5(a)
Mn (cmol /dm ³)	207,0	316,2	313,0	400	192,9	47,9	13,0(m)	-1,8(c)	2,9(a)
V%	46,3	61,5	62,7	76,2	29,8	6,8	11,1(m)	-0,3(a)	0,0(a)
Prod. (t ha ⁻¹)	4,5	7,89	8,37	9,8	5,3	1,6	14,6(a)	-0,9(a)	0,8(a)

DP - Desvio padrão; Simetria: Simétrica (a); Assimetria Positiva (b); Assimetria Negativa (c); Curtose: Mesocúrtica (a); Platicúrtica (b); Leptocúrtica (c); * Não normal a 5% de probabilidade; CV - Coeficiente de variação: baixo(b), médio (m), alto (a), muito alto (ma); Amp – Amplitude.

Quanto aos coeficientes de curtose dos dados, os atributos pH, H+Al, Ca, Zn, Mn, produtividade, Fe e V% foram classificados como de distribuição mesocúrtica e todos os demais atributos (P, C, Al, Mg, K e Cu) apresentaram a distribuição leptocúrtica.

Não apresentaram normalidade a 5% de probabilidade os atributos potássio, produtividade e magnésio.

Na Tabela 3, são apresentados os níveis de classificação (muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto) dos teores químicos do solo proposto por Costa e Oliveira (2001), sendo calculada em cada nível de interpretação a porcentagem de cada atributo encontrado na análise química do solo no talhão 1 nos dois anos observados.

Conforme classificação apresentada (Tabela 3), no ano de 2014 os teores de P presentes no solo foram 43% classificados como médio, 36,0% como alto e 19% foram classificados como muito alto, neste período somente 2,0% dos pontos amostrais apresentaram níveis baixos de fósforo. Em 2015 houve um aumento na disponibilidade do atributo, 64,0% dos teores de P passaram a apresentar classificação muito alta e 23% como alta, os 12,0% dos pontos restantes foram classificados como médio.

Os teores dos macronutrientes magnésio, cálcio e potássio foram em sua maioria classificados como alto, 100% dos pontos amostrados tiveram o Mg e K classificado como alto em 2015, no ano anterior apenas 2,4% eram classificados como médio para o Mg e 4,8% para o K que tem grande impacto na qualidade da cultura de milho, tendo influência positiva na massa individual de grãos e número de grãos por espiga (VALDERRAMA et al., 2011). O Ca apresentou aumento de 95,3% para 97,6 dos classificados como alto, os demais pontos tiveram seus níveis classificados como médio.

Os teores dos micronutrientes cobre e manganês foram classificados como altos para 100% dos pontos amostrados nos dois anos analisados. O Ferro presente no solo apresentou valor médio em 62,0% dos pontos e alto em 38,0%. Em 2015 a disponibilidade do atributo aumentou sendo classificado como alto 88,0% dos pontos amostrados e apenas em 12,0% como médio, e em 2014 e 2015 os níveis do macronutriente Zn foram classificados como alto para 100% das amostras estudadas.

Tabela 3 – Níveis de interpretação dos atributos químicos do solo com a porcentagem encontrada dos pontos amostrais na área experimental 1 nos anos 2014 e 2015.

Atributo	Ano	Classificação – Níveis				
		Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
P (mg/dm ³)			≤ 3,0	3,1 - 6,0	6,1 - 9,0	>9,1
	2014		2%	43%	36 %	19%
	2015			12%	23,8%	64,2%
Ca (cmol /dm ³)			≤2,0	2,0 - 4,0	≥4,0	
	2014			4,7%	95,3%	
	2015			2,39%	97,61%	
Al		≤0,10	0,11 -0,50	0,51 -1,0	1,1 - 2,0	≥2,1
	2014	73,80%	26,20%			
	2015	95,23%	4,77%			
Mg (cmol /dm)		≤0,40	0,40 - 0,60	0,61-0,80	≥0,80	
	2014			2,39%	97,61%	
	2015				100%	
K (cmol /dm ³)		≤0,10	0,11- 0,20	0,21 - 0,30	≥0,31	
	2014			4,8%	95,2%	
	2015				100%	
Cu (mg/dm ³)			<0,8	0,8 -1,7	>1,7	
	2014				100%	
	2015				100%	
Zn (mg/dm ³)			<3,0	3,0 -7,0	>7,0	
	2014			66,66%	33,33%	
	2015			50%	50%	
Fe (mg/dm ³)			<15,0	15,0 - 40	>40	
	2014			62%	38%	
	2015			12%	88%	
Mn (cmol /dm ³)			≤15,0	15,0 -30,0	>30,0	
	2014				100%	
	2015				100%	
V%			<51,0	51,0 -70,0	>70,0	
	2014		2,39%	97,61%		
	2015		12%	85%	3%	

Fonte: Padrões de referência de Costa e Oliveira, 2001.

O atributo Al foi o único que apresentou em sua maioria nível de classificação muito baixo, representando 73,8% dos pontos amostrados em 2014. Em 2015 o teor de Al apresentou menor disponibilidade no solo, sendo classificado como muito baixo em 95,2% dos pontos analisados e baixo para 4,7% dos pontos. Os valores baixos presente no solo não são um fator preocupante uma vez que o alumínio é um fator que tem a sua importância associada ao efeito tóxico quando em quantidade elevada na solução o que pode afetar o crescimento da planta (SANTOS et al., 1999).

O atributo V% apresentou valores médios para a maioria dos pontos analisados, sendo 97,6% classificados como médio e apenas um ponto classificado como baixo em 2014. No ano seguinte houve uma redução passando a ser 12,0% dos pontos classificados como baixo e 88,0% dos pontos classificados como médio. Em 2015 dois pontos discrepantes apresentaram valores classificados como alto.

A Tabela 4 apresenta as análises estatísticas para as propriedades

químicas e físicas do solo e produtividade da cultura de milho no talhão 2 em 2014, sendo que os atributos do V% e pH apresentaram o CV como baixo (tabela 4). Para os atributos H+Al, Ca e produtividade do milho o CV foi considerado médio e o magnésio foi o único classificado com CV alto. Os demais (P e K) tiveram o CV classificado com muito alto.

Quanto aos resultados de medida de forma, os atributos Ca, pH, V% e produtividade do milho apresentaram distribuição simétrica dos dados e apenas o potássio apresentou distribuição assimétrica negativa, os demais atributos (P, H+Al e Mg) apresentaram distribuição assimétrica positiva.

Tabela 4 - Estatística descritiva dos atributos físicos e químicos do solo em 2014 (Talhão 2).

Variável	Mín.	Méd.	Mediana	Máx.	Amp	D.P	C.V	Assimetria	Curtose
P (mg/dm ³)	2,6	10,8	8,8	56,4	53,8	7,8	72,3(ma)	1,3(b)	16,0(c)
Acidez (pH)	4,3	4,9	4,9	5,6	1,3	0,3	7,14(b)	72,7(a)	-0,7(a)
H+Al (cmol dm ³)	2,5	3,4	3,4	5,3	2,8	0,5	16,1(m)	0,7(b)	0,8(a)
Ca (cmol /dm ³)	3,1	4,9	4,9	6,6	3,5	0,7	17,1(m)	0,0(a)	-0,4(a)
Mg (cmol /dm)	0,9	1,7	1,6	3,2	2,3	0,4	27,2(a)	0,8(b)	0,7(a)
K (cmol /dm ³)	0,1	0,3	0,3	0,7	0,5	0,1	37,2(ma)	0,7(c)	0,0(a)
V%	50,1	66,7	68,2	77,2	27,1	6,1	9,26(b)	-0,5(a)	-0,2(a)
Prod. (t ha ⁻¹)	5,2	8,3	8,4	10,7	5,5	0,8	10,8(m)	0,0(a)	1,3(a)

DP - Desvio padrão; Simetria: Simétrica (a); Assimetria Positiva (b); Assimetria Negativa (c); Curtose: Mesocúrtica (a); Platicúrtica (b); Leptocúrtica (c); * Não normal a 5% de probabilidade; CV - Coeficiente de variação: baixo(b), médio (m), alto (a), muito alto (ma); Amp – Amplitude.

Quanto aos coeficientes de curtose dos dados, os atributos pH, Ca, K, H+ Al, Mg, V% e produtividade foram classificados como de distribuição mesocúrtica e o fósforo como leptocúrtica. Não apresentaram normalidade a 5% significância os atributos potássio, magnésio e fósforo.

No talhão 2 no ano de 2015 (Tabela 5), apenas o atributo pH foi classificado com o CV baixo, mantendo valores próximos em relação ao ano anterior. Já os atributos H+Al, Ca, V% e produtividade do milho foram classificados com CV médio. Somente o Mg foi classificado com o CV alto e os demais atributos P e K permaneceram com o CV classificado como muito alto. Com exceção do atributo V% que apresentou um aumento de 9,2 para 14,6 no coeficiente de variação a classificação de todos os demais atributos permaneceram constantes durante os anos 2014 e 2015.

Tabela 5 - Estatística descritiva dos atributos físicos e químicos do solo em 2015 (Talhão 2).

Variável	Mín.	Méd.	Mediana	Máx.	Amp	D.P	C.V	Assimetria	Curtose
P (mg/dm ³)	4,7	12,6	11,0	33,1	28,3	5,8	46,3(ma)	1,4(b)	2,2(c)
Acidez (pH)	4,4	5,0	5,1	6	1,6	0,3	6,1(b)	0,2(a)	0,3(a)
H+Al(cmol dm ³)	3,1	5,8	5,7	9	5,8	1,0	17,9(m)	0,4(a)	0,5(a)
Ca (cmol /dm ³)	3,1	5,3	5,3	8,3	5,2	1,0	19,2(m)	0,3(a)	0,0(a)
Mg (cmol /dm)	1,1	2,1	2,0	4,1	2,9	0,4	22,2(a)	1,0(b)	3,6(c)
K (cmol /dm ³)	0,1	0,4	0,4	1,1	0,9	0,1	38,4(ma)	1,4(b)	3,0(c)
V%	34,2	57,2	58,2	79,0	44,8	8,3	14,6(m)	-0,3(a)	0,0(a)
Prod. (t ha ⁻¹)	5,9	7,8	7,8	9,7	3,7	0,7	10,9(m)	0,2(a)	-0,2(b)

DP - Desvio padrão; Simetria: Simétrica (a); Assimetria Positiva (b); Assimetria Negativa (c); Curtose: Mesocúrtica (a); Platicúrtica (b); Leptocúrtica (c); * Não normal a 5% de probabilidade; CV - Coeficiente de variação: baixo(b), médio (m), alto (a), muito alto (ma); Amp – Amplitude.

Na área de estudo não houve atributos com assimetria negativa no ano de 2014. Os atributos pH, H+Al, Ca, V% e produtividade do milho apresentaram-se com distribuição simétrica dos dados e os demais: K, P, e Mg apresentaram a distribuição assimétrica positiva. Apresentaram-se com curtose classificada como de distribuição mesocúrtica os atributos pH, H+Al, Ca e V%, como leptocúrtica Mg, k e P e somente a produtividade de milho apresentou coeficientes de curtose classificada como distribuição platicúrtica. Quanto à normalidade dos dados, os atributos P, K e H+ AL não apresentaram normalidade a 5% de probabilidade.

Na Tabela 6, são apresentados os níveis de classificação dos teores químicos do solo proposto por Costa e Oliveira (2001), sendo calculada em cada nível de interpretação a porcentagem de cada atributo do talhão 2 nos anos 2014 e 2015.

Tabela 6- Níveis de interpretação dos atributos químicos do solo com a porcentagem encontrada dos pontos amostrais na área experimental 2 nos anos 2014 e 2015.

Atributo	Ano	Classificação – Níveis				
		Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
P (mg/dm ³)			≤ 3,0	3,1 - 6,0	6,1 - 9,0	>9,1
	2014		2,35%	42,9%	35,71%	19,04%
	2015			5,40%	21,6%	73%
Ca (cmol /dm ³)			≤2,0	2,0 - 4,0	≥4,0	
	2014			11,1%	88,9%	
	2015				100%	
Mg (cmol /dm)		≤0,40	0,40 - 0,60	0,61 - 0,80	≥0,80	
	2014				100%	
	2015				100%	
K (cmol /dm ³)		≤0,10	0,11- 0,20	0,21 - 0,30	≥0,31	
	2014		15,3%	33,3%	51,4%	
	2015		1,4%	16,6%	82%	
V%			<51,0	51,0 -70,0	>70,0	
	2014		1,38%	65,75%	32,87%	
	2015		24,65%	73,97%	1,38%	

Fonte: Padrões de referência de Costa e Oliveira, 2001.

Verifica-se que os teores do macronutriente primário P no ano 2014 apresentou pontos classificados como baixo (2,3%), médio (42,9%), alto (35,7%) e muito alto (19,4%). Em 2015 a disponibilidade do fósforo aumentou na área de estudo passando a representar 73,0% dos pontos amostrados os classificados como muito alto e 21,6% como alto, os demais pontos (5,4%) apresentaram nível médio.

Os níveis dos macronutrientes secundários Mg e Ca foram classificados como alto em 100% dos pontos amostrados para o Mg nos dois anos analisados e 100% para o Ca em 2015, sendo que esse apresentou um significativo aumento em relação ao ano anterior, período em que 88,9% dos pontos eram classificados como nível alto e os demais (11,1%) classificados como médio.

O macronutriente K apresentou na maior parte dos pontos amostrados valores classificados como alto, no primeiro ano analisado foram 51,4%, os demais variam de médio (33,0%) a baixo (15,3%), em 2015 a disponibilidade do atributo no solo apresentou aumento passando a representar 82,0% dos pontos amostrados classificados como alto e 16,0% como médio, neste período um ponto discrepante foi classificado como baixo.

Os níveis de V% presente no solo apresentou valores classificados como médio para maior parte dos pontos representando o total de 65,7% das amostras em 2014 e 73,9% no ano seguinte. Sua disponibilidade apresentou uma queda de 32,8% para 1,3% dos pontos classificados como alto no segundo ano consequentemente aumentando os pontos classificados como baixo de 1,3% para 24,6%. Desta forma, verificou-se que nas áreas experimentais analisadas o solo não apresenta deficiência significativa de nenhum dos nutrientes estudados.

5.2 AMBIENTE WEB PARA GERAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS

5.2.1 Cadastro de Projetos

Seguindo a arquitetura organizacional do ambiente, foi criado um novo projeto (chamado Áreas_Serranópolis do Iguaçu) por meio da interface Lista de Projetos (Figura 10), a qual pode ser acessada por meio do menu principal utilizando

o botão . Nesta etapa foi utilizado a opção **Cadastrar Novo Projeto** e informado o nome e uma descrição para o projeto (Figura 8).

Lista de Projetos		
↓ Cadastrar Novo Projeto		
Nome	Data	Opção
Fazenda Rio Doce	24/01/2017 11:10	 Listar Áreas  Editar Projeto  Excluir Projeto
Projeto Wancher	24/01/2017 13:49	 Listar Áreas  Editar Projeto  Excluir Projeto
Projeto Área_Foz	24/01/2017 11:52	 Listar Áreas  Editar Projeto  Excluir Projeto
Projeto_área João da Silva	03/02/2017 09:15	 Listar Áreas  Editar Projeto  Excluir Projeto

Figura 8 – Lista de Projetos.

5.2.2 Inserção de Dados

A Figura 9 apresenta o fluxograma de funcionamento do ambiente para geração de mapas temáticos.

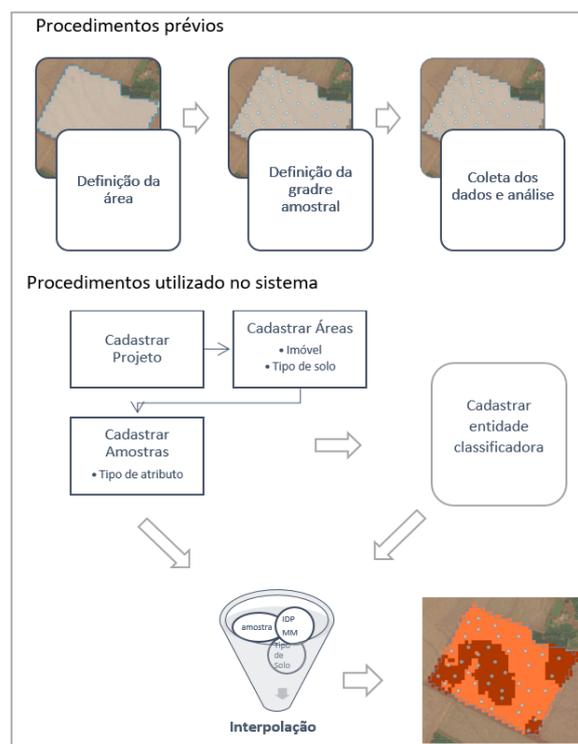


Figura 9 – Fluxograma de funcionamento do software.

Conforme fluxograma (Figura 9), após a criação do projeto foram iniciados os procedimentos de inserção das áreas de estudo e importação dos dados amostrais referentes aos atributos químicos e físicos do solo e produtividade da cultura de milho que foram coletados e analisados previamente.

Para o cadastro das áreas de estudo e amostras foram utilizados arquivos do tipo texto contendo as coordenadas geográficas do contorno da área, dos pontos amostrais e os valores dos atributos. O tipo de solo LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico foi cadastrado e selecionado no momento do cadastro das áreas (Figura 11), da mesma forma, os atributos foram previamente cadastrados (Figura 10) e selecionado no momento do cadastro da amostra (Figura 12).

Lista de Atributos

Cadastrar novo Atributo

Descrição	Sigla	Unidade de Medida	Opção
Fósforo	p	mg/dm ³	Editar Excluir
produtividade	Prod	t ha -1	Editar Excluir
Acidez (pH)	PH	.	Editar Excluir
H+Al	H+Al	cmol dm ³	Editar Excluir
Cálcio	Ca	cmol /dm ³	Editar Excluir
Alumínio	Al	.	Editar Excluir
Magnésio	Mg	cmol /dm ³	Editar Excluir
Potássio	K	cmol /dm ³	Editar Excluir
Cobre	Cu	mg/dm ³	Editar Excluir
Zinco	Zn	mg/dm ³	Editar Excluir
Ferro	Fe	mg/dm ³	Editar Excluir
Manganês	Mn	cmol /dm ³	Editar Excluir
V%	V%	%	Editar Excluir
Carbono	C	g/dm ³	Editar Excluir
Matéria orgânica	MO	.	Editar Excluir

Figura 10 – Lista de atributos.

Gerar nova área

Nome da área *

Talhão 2

Imóvel *

Imóvel - Serranópolis do Iguaçu [Novo](#)

Tipo de solo *

Latossolo Vermelho Distroférico Típico [Novo](#)

Inserir arquivo .txt *

[Escolher arquivo](#) Contorno_Area2.txt

Ordem dos dados: *

Latitude - Longitude Longitude - Latitude

[Cancelar](#) [Cadastrar](#)

Cadastrar Amostra

Área

Projeto_Serranópolis do Iguaçu

Descrição da Amostra *

[Inserir Amostra](#) [Inserir Grado](#)

Tipo de Atributo *

Fósforo [Novo](#)

Inserir arquivo .txt *

[Escolher arquivo](#) Nenhum arquivo selecionado

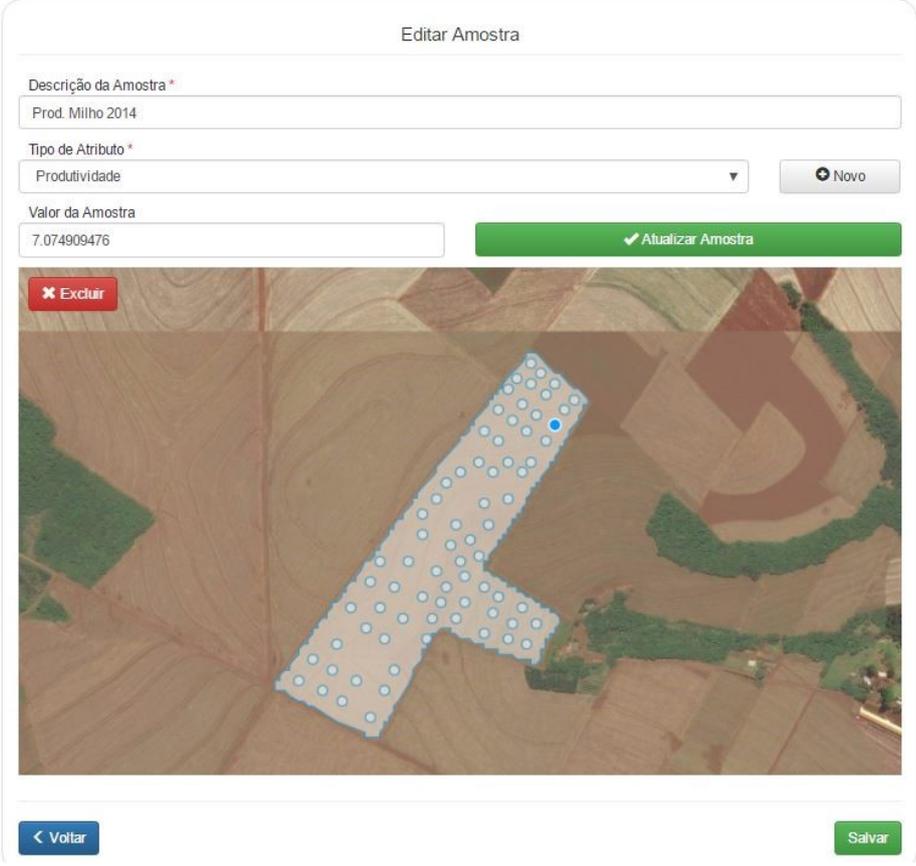
Ordem dos dados: *

Latitude - Longitude Longitude - Latitude

[Voltar](#) [Cadastrar](#)

Figura 11 – Módulo para o cadastro de área por arquivo de texto. **Figura 12 – Módulo para cadastro de amostra.**

Após cadastrar a área e seus atributos, o sistema permite a edição, do contorno da área e dos valores dos pontos amostrais, assim como sua exclusão, localização ou informações (Figura 13). Não é permitido o trabalho simultâneo de duas áreas, mas duas áreas ou amostras pode ser adicionada a mais de um projeto.



Editar Amostra

Descrição da Amostra *

Prod. Milho 2014

Tipo de Atributo *

Produtividade

Novo

Valor da Amostra

7.074909476

Atualizar Amostra

Excluir

Voltar

Salvar

Figura 13 – Módulo para edição de uma amostra.

5.2.3 Geração de Mapas Temáticos

Após os dados serem cadastrados foi possível realizar a interpolação dos dados para a geração de mapas temáticos. Para essa etapa recomenda-se primeiramente realizar o cadastro de uma entidade classificadora corresponde a uma empresa, órgão ou pesquisador de referência sobre classificações de atributos como Mg, P, Ca, Mn, Fe, etc, em forma tabelada que se pretende gerar mapas. O cadastro pode ser acessado por meio do menu principal em **Entidade Classificadora**, que permite realizar o cadastro dos intervalos e cor para cada nível de classificação

(Figura 14). Durante a execução do trabalho foram cadastrados os valores recomendados por Costa e Oliveira (2001), utilizando a descrição Coodetec. Entretanto o sistema permite gerar mapas temáticos sem a necessidade de utilização de uma entidade classificadora. Neste caso, opta-se por um número fixo de ranges, considerando os limites inferiores e superiores de um mapa a ser gerado.



De	Até	Cor	
0	2.8		
2.8	5.5		
5.5	8.1		
8.1	12.0		
12.1	35.0		

Figura 14 – Cadastro entidade classificadora

O ambiente permite a geração de mapas temáticos por meio do submenu **Gerar Mapas Interpolados** disponível no menu principal. Na tela de cadastro o usuário tem a possibilidade de configurar as opções conforme sua necessidade, considerando parâmetros referentes ao tipo de interpolador, ao tamanho do pixel do mapa (resolução espacial), os valores do expoente (somente para o IDP), número de vizinhos e raio. Um **Nome** para o mapa deve ser preenchido para que o mesmo seja gerado, sendo que recomenda-se utilizar nomes sugestivos em relação ao período e atributo que se está trabalhando. Para completar o cadastro se faz necessário selecionar a opção desejada em **Projeto**: são listados todos projetos cadastrados pelo usuário; Selecionar a **Área** desejada: apresenta as áreas cadastradas no projeto anteriormente selecionado; Selecionar a **Amostra**: exibe a lista de amostras cadastradas para essa área; e a **Entidade Classificadora**, que lista apenas as entidades cadastradas para o respectivo tipo de atributo (amostra) e tipo de solo (da área) - dessa forma, o cadastro correto do tipo de solo e tipo de atributo

é fundamental. O mapa será criado contendo o número de intervalos especificados na entidade classificadora. Entretanto, caso não seja selecionada uma entidade, o mapa será apresentado com 10 intervalos (Figura 17).

O sistema permite visualizar na tela principal os dados geográficos da área de estudo e seus respectivos pontos amostrais presente dentro de um projeto (Figura 15). Na parte superior encontra-se o menu principal que contém todas as funcionalidades de cadastro (cadastrar, editar e excluir) tais como: inserção de áreas e atributo amostral, cadastro de imóveis, tipos de solo, tipos de atributo, grade amostral, entidade classificadora e interpolação dos dados. Sobre o mapa estão presentes as funcionalidades de visualização: **Projetos e Mapas Interpolados**.

Os mapas temáticos interpolados podem ser visualizados por meio do botão **Mapas interpolados**, que exibe uma lista de todas a interpolações cadastradas, ao clicar sobre a opção desejada, o mapa temático e sua respectiva tabela são apresentados na tela principal (Figuras 16 e 17).

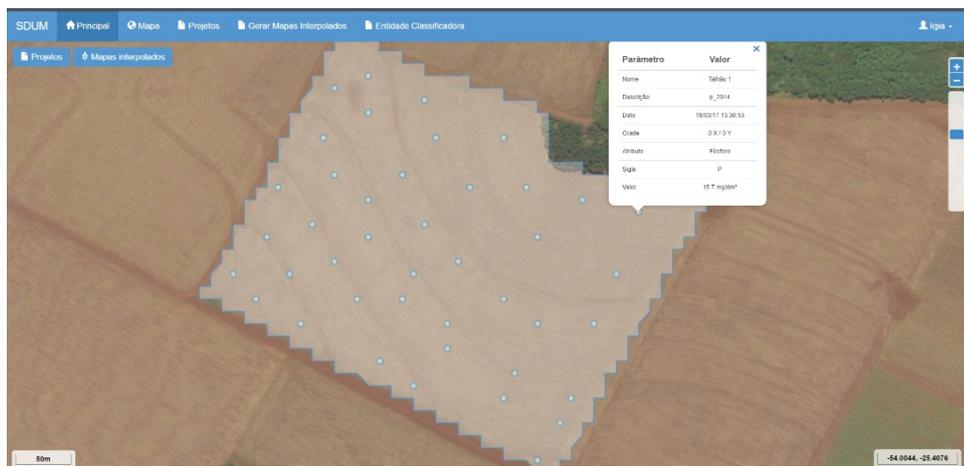


Figura 15 – Apresentação das áreas do projeto.

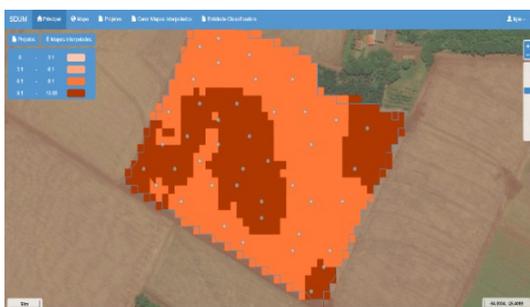


Figura 16 – Mapa temático gerado com entidade classificadora.

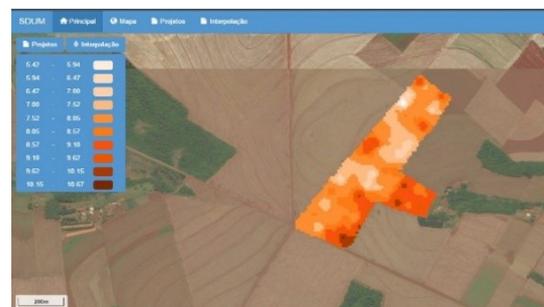


Figura 17 – Mapa temático gerado sem entidade classificadora.

Nas Figuras 18 a 23 são apresentados os mapas temáticos do atributo P, gerados com diferentes configurações. Nas Figuras 24 e 25 são apresentados os mapas gerados no software SDUM *desktop* e na plataforma Web para comparação.

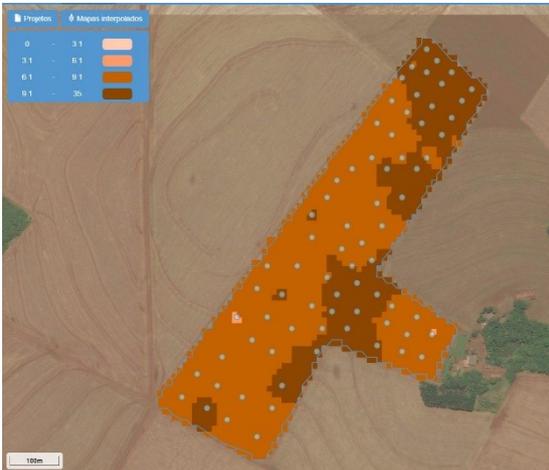


Figura 18 – Mapa IDP1 (pixel de 5x5m).



Figura 19 – Mapa IDP1 (pixel 10x10m).



Figura 20 – Mapa IDP2 (pixel 20x20m).

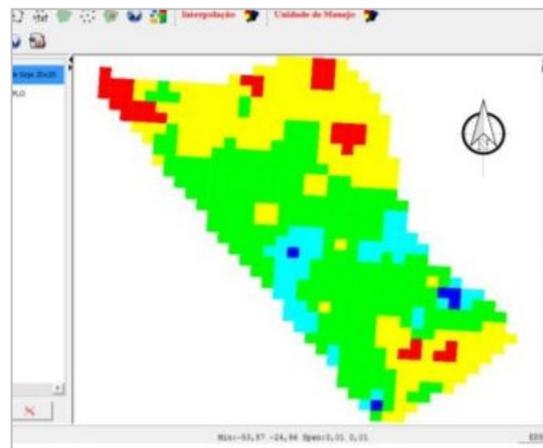


Figura 21 – Mapa gerado no SDUM Desktop com IDP2 e pixel de 20x20m.



Figura 22 – Mapa IDP 2 com pixel de 5x5m.



Figura 23 – Mapa temático IDP1 (pixel 10x10m). Intervalo padrão.

Os mapas visualizados na Figura 20 e 21 são relativos à interpolação Inverso da Distância Elevado a Potência 2 (IDP), com pixels de 20 metros. O aspecto quadriculado é em virtude do tamanho do pixel (20x20 metros), gerando um mapa de baixa resolução e com poucos detalhes de contorno. O mapa apresentado na Figura 22 é relativo à interpolação Inverso da Distância Elevado a Potência 2 (IDP), com pixels de 5x5 metros. No aspecto visual, o nível de detalhamento aumentou, sendo apresentado as curvas bem mais definidas do que as apresentadas no mapa gerado com pixels de 20x20 metros. Essa característica também é observada nos mapas gerados com o IDP 1 e tamanho do pixel 5x5m e 10x10m (Figuras 18 e 19). Na figura 23 é apresentado o mapa gerado com a mesma configuração, entretanto sem a entidade classificadora.

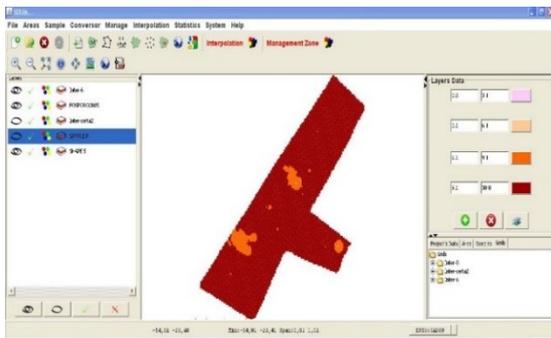


Figura 24 – Mapa gerado no software SDUM.

Figura 25 – Mapa gerado na plataforma Web.

Nas Figuras 26 a 47 são apresentados os mapas temáticos dos atributos nas áreas experimentais gerados durante o estudo.



Figura 26 – Mapa de P 2014 (pixel 10x10).



Figura 27 – Mapa de P 2015 (pixel 10x10).



Figura 28 – Mapa de Ca - 2014/2015.



Figura 29 – Mapa de Mg - 2014/2015.

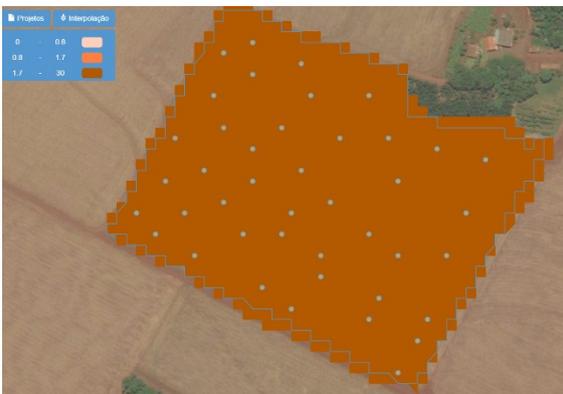


Figura 30 – Mapa de Cu - 2014/2015

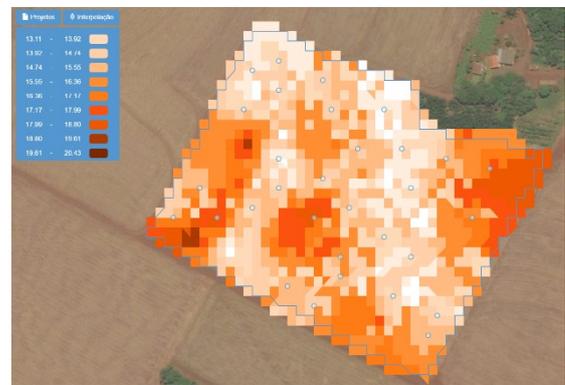


Figura 31 – Mapa de pH 2014 (pixel 10x10).



Figura 32 – Mapa de Fe 2014 (pixel 10x10).

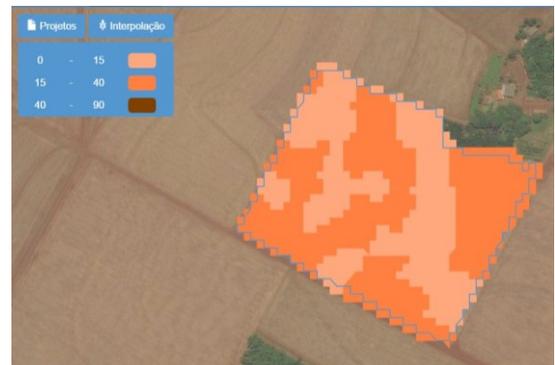


Figura 33 – Mapa de Fe 2015 (pixel 10x10).

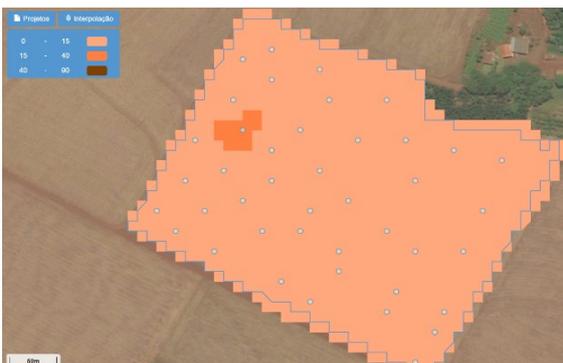


Figura 34 – Mapa V% 2014/15 (pixel 10x10).

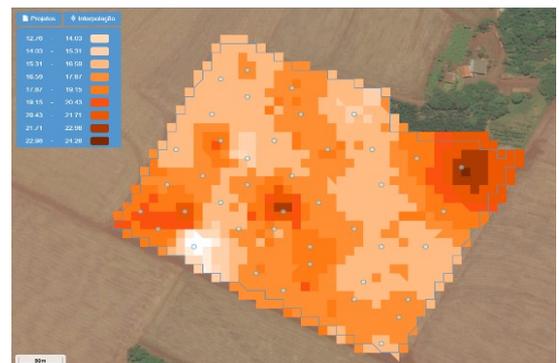


Figura 35 – Mapa de V% sem entidade.



Figura 36 – Mapa de k 2014/15



Figura 37 – Mapa Mn 2014 (pixel 5x5).



Figura 38 – Mapa de Prod. Milho 2014.

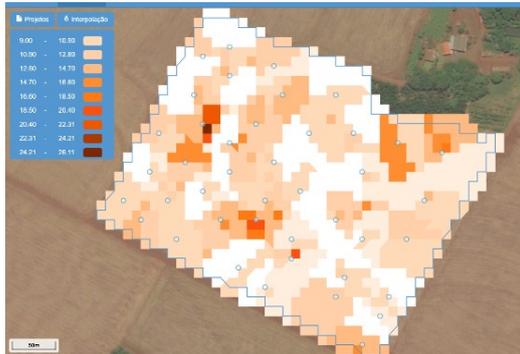


Figura 39 – Mapa de Prod. Milho 2015.

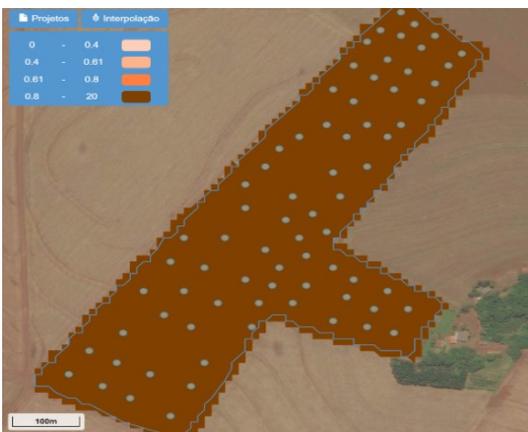


Figura 40 – Mapa de Mg 2014 / 2015.



Figura 41 – Mapa Prod. 2014 (pixel 5x5).



Figura 42 – Mapa de Ca 2014 (pixel 5x5).



Figura 43 – Mapa de Ca 2015 (pixel 5x5).



Figura 44 – Mapa de K 2014/2015.

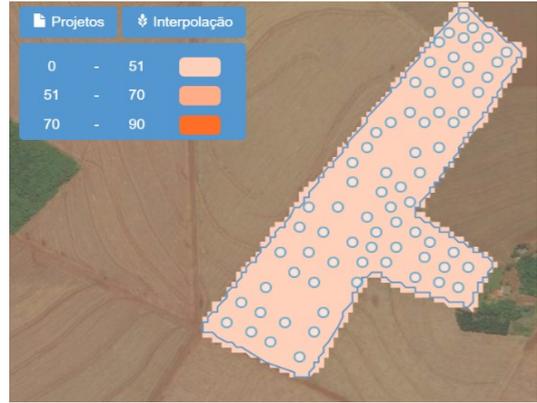


Figura 45 – Mapa de V% 2014/2015.



Figura 46 – Mapa de P 2014 (pixel 5x5).



Figura 47 – Mapa de P 2015 (pixel 5x5).

6 CONCLUSÕES

Em relação a plataforma desenvolvida pode se concluir que:

- a) O sistema se mostrou uma opção para geração de mapas temáticos, utilizando métodos de interpolação inverso da distância elevado a uma potência e média móvel;
- b) O desenvolvimento voltado para o ambiente Web, permitiu o acesso as funcionalidades do sistema via navegador, sem a necessidade de instalação do *software* por parte do usuário como também gerenciamento e possibilidade de relatório de usuários cadastrados;
- c) A comunicação entre a plataforma Web e a API Web Service, possibilitou compartilhar o *login* de cadastro entre as demais aplicações vinculadas ao servidor, assim como importar áreas de estudos geradas nestas;
- d) A reengenharia do *software* permitiu a mudança de tecnologia para disponibilizar em ambiente Web os processos utilizados na etapa de geração de mapas temáticos, ao mesmo tempo que foi possível agregar novas funcionalidades;
- e) A biblioteca OpenLayers 3, apresentou grande potencial, podendo ser uma boa alternativa gratuita para integração de serviços online de mapeamento.
- f) O sistema possui característica *freeware* (*software* gratuito), ou seja, não implica no pagamento de licenças de uso.

Em relação aos testes da plataforma desenvolvida pode se concluir que:

- a) Os mapas gerados pelos métodos de interpolação se mostraram similares aos gerados no *software* SDUM *desktop*, assim como os gerados por *softwares* proprietários como o Surfer 10;
- b) Foi possível identificar a variabilidade dos atributos estudados através da geração de mapas temáticos;
- c) Não foram constatadas alterações na plataforma ao ser acessada em diferentes navegadores (Mozilla Firefox; Google Chrome; Internet Explorer; e Opera);

- d) O *software* permitiu o gerenciamento e armazenamento de dados de forma hierárquica.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se indicar o estudo e implementação de novos métodos de interpolação como a krigagem, e a possibilidade de migrar as funcionalidades para a geração de zonas de manejo presente no *software* SDUM *desktop* para a plataforma Web para criação de mapas temáticos fazendo uso das tecnologias apresentadas durante essa pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. B. Uma introdução ao XML, sua utilização na Internet e alguns conceitos complementares. **Ci. Inf.**, v. 31, n. 2, p. 5-13, Brasília, 2002.

ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. S. Análise de diferentes métodos de interpolação para a precipitação pluvial no Estado de Goiás. **Revista Acta Scientiarum**. v. 33, n. 2, p.193 - 197, Maringá, 2011.

AMADO, T.J.C.; NICOLOSO, R.; LANZANOVA, M.; SANTI, A.L.; LOVATO, T. A compactação pode comprometer os rendimentos de áreas sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, n.89, p.34-42, Santa Maria, RS, 2005.

ANGYAL, L.; LENGYEL, L.; CHARAF, H. **An Overview of the State-of-The-Art Reverse Engineering Techniques**. 7th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence, Budapest, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MARKETING RURAL & AGRONEGÓCIO, ABMR&A **6º Onda da Pesquisa Comportamental e Hábitos de Mídia do Produtor Rural Brasileiro**. Ipsos MediaCT, 2014. Disponível em: <<http://www.abmra.org.br/pesquisa.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2016.

ASSOCIAÇÃO CARTOGRÁFICA INTERNACIONAL, **A Strategic Plan for the International Cartographic Association 2003-2011**. As adopted by the ICA General Assembly, 2003-08-16, I.C.A., 2003. Disponível em: <<http://icaci.org/>>. Acesso em: 03 marc. 2017.

ARTUR, A. G.; OLIVEIRA, D. P.; COSTA, M. C. G.; Romero, R. E.; SILVA, M. V. C.; FERREIRA, T. O. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo, v.18, n.2, p.141-149, 2014.

ARCHELA, R. S.; THÉRY, H. Orientação metodológica para construção e leitura de mapas temáticos. **Confins**, v.3, p.1-24, 2008.

BAZZI, C. L. **Software para definição e avaliação de unidades de manejo em agricultura de precisão**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2011.

BAZZI, C. L.; SOUZA, G. E.; URIBE-OPAZO, M. A. NÓBREGA, L. H. P.; ROCHA, D.

M. Management Zones Definition Using Soil Chemical and Physical Attributes in a Soybean Area. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 34, n. 5, p. 952–964, 2013.

BAZZI, C. L.; SOUZA, E.G.D.; BETZEK, N. M. **SDUM Software para definição e avaliação de unidades de manejo em agricultura de precisão**. E-book PGEAGRI, ed.1, Cascavel, 2015.

BERNARDI, A. C. D. C ; NAIME, J. D. M. ; RESENDE, A. V. D.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. **Agricultura de Precisão: Resultado de um Novo Olhar**. Embrapa, Brasília, 2014.

BEZDEK, J.C. **Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms**, Plenum Press, Nova Iorque, 1981

BETZEK, N. M., SOUZA, E. G. DE; BAZZI, C. L. ; MATTÉ, M. A.; SCHENATTO, K. Influência do método de interpolação na produtividade de soja em duas áreas amostrais. **Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão- ConBAP 2014**, 14 a SP, Brasil, 14 a 17 de set. 2014.

BEZERRA, Eduardo. **Princípios de análise e projeto de sistemas com UML**. ed.2, Rio de Janeiro: Campus, 2007.

BLACKMORE, B.S.; LARSCHEID, G. STRATEGIES FOR MANAGING VARIABILITY. IN: **EUROPE AN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE**, Warwick, Proceedings... London: BIOS Scientific, p.851-859, 1997.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. **UML. Guia do usuário**. ed. 8, Rio de Janeiro: Campus, 2000.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resource assessment**. Oxford University Press, p. 531, New York, 1986.

CAGNIN, M. I.; MALDONADO, J.C.; CHAN, A.; PENTEADO, R. GERMANO, F. **Reuso na Atividade de Teste para Reduzir Custo e Esforço de VV&T no Desenvolvimento e na Reengenharia de Software**. In 18º Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software Brasília, 2014.

CÂMARA, G. **Modelos, linguagens e arquiteturas para banco de dados geográficos**. São José dos Campos, 1995. Tese (Doutorado em Geoprocessamento) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

CAMBARDELLA, C. A.; KARLEN, D. L. Spatial analysis of soil fertility parameters. **Precision Agriculture**, Madison, v.96, p. 5-14, 1999.

CANFORA, G.; DI PENTA, M. New frontiers of reverse engineering. Future of Software Engineering. **IEEE Computer Society**, Washington, DC, v.7, p. 326 - 341, 2007.

CASSEL, D. K.; UPCHURCH, D. R.; ANDERSON, S. H. Using Regionalized Variables to Estimate Field Variability of Corn Yield for Four Tillage Regimes. **Soil Science Society of America Journal**, v. 52, n.1, p. 222-8, 1988.

CRESSIE, N. A. **Statistics for spatial data**. New York: John Wiley & Sons, p. 900 1993.

CHRISTODOULOU, S. P. **Web Engineering: Principles and Techniques: Web Engineering resources Portal Web**. Idea Group, p.31-40, Estados Unidos, 2005.

COSTA, J. M.; OLIVEIRA, E. F. de. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas: Culturas soja-milho-trigo-algodão-feijão**. 2 ed. Campo Mourão: COAMO, Cascavel COODETEC, p.93, 2001.

COULIBALY, M.; BECKER, S. Interpolation of annual precipitation in South Africa. Comparison and Evaluation of Methods. **Water International**, v. 32, n. 3, p. 494-502, 2007.

COELHO, E. C.; SOUZA, E. G. de; URIBE-OPAZO, M. A.; PINHEIRO, N. R. Influência da densidade amostral e do tipo de interpolador na elaboração de mapas temáticos. **Acta Sci., Agron.** vol.31, n.1, p.165-174, 2009.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Monitoramento agrícola – Safra bras. grãos, 2016/17. v.4, 2017. Disponível em: <www.conab.gov.br> Acesso em fev. 2017.

DEMATTE, J.A.M.; GALDOS, M.V.; GUIMARÃES, R.; GENÚ, A.M.; NANNI, M.R.; ZULLO J, J. Quantification of tropical soil attributes from ETM+/Landsat-7 data. **International Journal of Remote Sensing**, v.28, n.17, p.3813-3829, 2007.

DOBERMANN, A.; PING, J.L. Geostatistical integrativon of yield monitor data and remote sensing improves yield maps. **Agronomy Journal**, v.96, p.285-297, 2004.

DUNN, J.C. **A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Its Use in Detecting Compact Well-Separated Clusters**. Cybernetics and Systems, vol. 3, p. 32 – 57. 1973.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solo. Rio de Janeiro: CNPSO, p. 412, 2006.

FERNANDES, M. G. **Cartografia**. Relatório: programa, conteúdos e métodos de ensino. FLUP, cap.4, p. 58, Portugal, 2008.

FIGUEIREDO, L.; SOUZA, P.; SIMÕES, F.; VERO R. R. **Interação Natural a partir de Rastreamento de Mãos**. XIV Simpósio Realidade virtual e argumentada, Rio de Janeiro, 2012.

FIORIN, J.E.; TELMO, J. C.; SHNELL, A.; ALBAP. J. **Projeto APcoop nas Cooperativas Agrícolas do Rio Grande do Sul**. Revista Plantio Direto, edição 115, Aldeia Norte Editora, Passo Fundo, RS. 2010.

FRATERNALLI, P.; PAOLINI, P. **A Conceptual Model and a Tool Environment for Developing More Scalable, Dynamic, and Customizable Web Applications**. EDBT 98, p. 421- 435, Espanha, 1998.

FRIDGEN, J.J.; KITCHEN, N.R. ; SUDDUTH, K.A.; DRUMMOND, S.T. WIEBOLD, W.J.; FRAISSE, C.W. **Management zone analyst (MZA): software for subfield management zone delineation**. *Agronomy Journal*. p. 96. 100-108, 2004.

GAVIOLI, A.; SOUZA, E. G.; BAZZI, C. L.; GUEDES, L.P.C.; SCHENATTO, K. Optimization of management zone delineation by using spatial principal components. **Computers and Electronics in Agriculture** v.127 p.302-310, 2016.

GINIGE, A., MURUGESAN, S. Web Engineering – An Introduction, **IEEE Multimedia**, v.18, ed.1, 2001.

GONÇALVES, E. Desenvolvendo aplicações web com JSP, Servlet, Java Server Faces, Hibernate, EJB3 persistence, Ajax. **Ciência Moderna**, Rio de Janeiro, 2007

GONZAGA, J. L. **Dominando o PostgreSQL**. Ciência Moderna cap.1 p.4, Rio de Janeiro, 2007.

GUEDES, T. A. **UML – Uma abordagem prática**. São Paulo: Novatec, 2001.

GUEDES, L. A.; BEZERRA, C.; FEIJÓ, R.; EIDELWEIN, M.E.; CUNHA, D. M.; COSTA, B.; SOUZA, A. **Ambiente computacional para desenvolvimento de aplicações de monitoramento e análise de processos na indústria do petróleo.** Rio Oil & Gas Expo and Conference. Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis – IBP Rio de Janeiro, 2008.

GREGO, C.R.; VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.29, p.169- 177, 2005.

GREGO, C. R.; OLIVEIRA, R. P. de; VIEIRA, S. R. Geoestatística aplicada a agricultura de precisão. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar.** Brasília, Embrapa, cap. 5, p. 74-83, 2014.

HEATWOLE, C. D. **Introduction to Geographic Information Systems.** In: ASAE Anual Internacional Meeting. Phoenix. Continuing Education.1996.

Hettel, T.; Lawley, M.; Raymond, K. **Model synchronisation: Definitions for round-trip engineering.** In Proceedings of the 1st international conference on Theory and Practice of Model Transformations. ICMT. Springer-Verlag, v8, p.31-45, Berlin, Heidelberg. 2008.

HIBERNATE. **Hibernate Tools.** 2016. Disponível em: <<http://hibernate.org/>> acesso em fev. 2017.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Em 2015, PIB cai 3,8% e totaliza R\$ 5,9 trilhões. IBGE Comunicação Social.** 2016. Disponível em: <<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias.html?view=noticia&id=1&idnoticia=3111&busca=1&t=2015-pib-cai-3-8-totaliza-r-5-9-trilhoes>> Acesso em fev. 2017.

ISSA, L.; PÁDUA, C. I. P. S.; Resende, R. F.; Viveiros, S.; de Alcântara dos Santos Neto, P. **Desenvolvimento de interface com usuário dirigida por modelos com geração automática de código.** In X conferencia Iberoamericana de Software Engineering. **CibSE**, p. 341-354, Venezuela 2007.

INTARAPAPONG, W.; HITE, D.; REINSCHMIEDT, L. Water quality impacts of conservation agricultural practices in the Mississippi Delta. **J. Am. Water Resources Assoc.**, 38, pp. 507–515, 2003.

JIMÉNEZ, C.; CANINI, F.; ROSAS, F. **A agricultura salva novamente a economia brasileira.** 2014. Disponível em <http://brasil.elpais.com/brasil/2014/02/27/economia/1393516233_642071.html>.

Acesso em: 01 Ago. 2015.

JOLY, F. **A Cartografia**. Editora Papirus, São Paulo, v.8, p. 75, 2005.

KITCHEN, N.R.; DRUMMOND, S.T.; SUDDUTH, K.A.; MYERS, D. B.; HONGS, Y. Applications of Apparent Soil Electrical Conductivity in Precision Agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture**, Volume 46, Issues 1–3, p. 285, 2005.

JQUERY. **Contributing to jQuery Foundation Documentation**. 2015. Disponível em:
<<http://contribute.jquery.org/documentation/>> acesso em fev. 2017.

LECHETA, R. R. **Criar web services RESTful em java na nuvem**. Editora Novatec, São Paulo, 2015.

LANDIM, P.M.B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas**. Rio Claro: UNESP, p.20 2000. Disponível no formato PDF em <<http://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariaAmbiental/robertowlourenco/dicas-surfer-01.pdf>> (Texto Didático 02). Acesso em 06 marc. 2017.

LARSCHEID, G.; BLACKMORE, B.S. **Interactions Between Farm Managers and Information Systems with Respect to Yield Mapping**. In: 3 rd International Conference on Precision Agriculture. ASAE, ASPRS, Univ. p1153-1163, 1996.

LOPES, L. H. A.; LOPES, E. A. Mapas temáticos. Expressão gráfica para análise de resultados de pesquisas envolvendo espaço e tempo. **Graphica**, Curitiba, 2007.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: Mapa/ACS, p.399, 2009.

MAZZINI, P. L. F.; SCHETTINI, C. A. F. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase-sinóticos. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, v. 13, n. 1, p. 53–64, 2009.

MENDONÇA, A. Confusões comuns no mundo das geotecnologias. **Revista FOSSGIS Brasil**, Ano 1, ed.1, p. 27-32, Março 2011.

MENG, J.; MEI, S.; YAN, Z. **Restful web services: A solution for distributed data**

integration. In: Computational Intelligence and Software Engineering. CiSE 2009. International Conference on, p.1-4, China, 2009.

MENG, X.; SONG, C. SHI, J.; WANG, L; H LIU, H.; LI, X. Patent application publication. customizing system and method for publication classification converting desktop application into web application. **Assignment** China, 2011.

MILANI, L.; SOUZA E. G.; URIBE-OPAZO, M. A.; GABRIEL FILHO, A.; JOHANN, J. A.; PEREIRA J. O. Unidades de manejo a partir de dados de produtividade. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 591-598, 2006.

MILETTO, E. E.; BERTAGNOLLI S.DE C. **Desenvolvimento de software II: introdução ao desenvolvimento web com html, css, javascript e php.** ed.1, Bookman, SÉRIE TEKNE, Porto Alegre, 2014.

MINASNY, B.; MC BRATNEY, A.B. **Fuz ME Version 3.0.** Australian Centre for Precision Agriculture The University of Sydney, NSW, Australia, 2006.

MYERS, G.; WILEY, J. **A arte do software.** ed. 2, Nova Jérsei, 2004.

MOLIN, J. P. Agricultura de Precisão: O gerenciamento da variabilidade. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 83-92, 2002.

MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão. O gerenciamento da variabilidade.** Piracicaba, 2008.

MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão: boletim técnico**, 2013. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/Boletim%20tecnico.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2015.

MOLIN, J.P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. **Agricultura de precisão.** 1 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

MORAL, F.J.; TERRÓN, J.M.; SILVA, J.R.M. Delineation of management zones using mobile measurements of soil apparent electrical conductivity and multivariate geostatistical techniques. **Elselvier Soil & Tillage Research** 106, 335–343, 2010.

NARDELLI, C.; ALEXANDRINI, F. VII SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. **Software livre educacional.** RJ, 2010.

NETO, A. A.de O. Apresentação do 3ª Levantamento da Safra. Conab, Brasília, 2016. Acomp. safra bras. grãos, v. 4 Safra 2016/17, **Jornal valor econômico**, p. 1-16, Brasília, 2017.

O'BRIEN, J. A. **Sistemas de informação e as decisões gerenciais na era da internet**. São Paulo: Saraiva, 2001.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesq. Agropec. Bras.**, n.38, p.291-299, 2003.

PASINI, M. P. B.; LÚCIO, A. DAL'COL; FRONZA, D.; WEBER, L.de S. Krigagem ordinária e inverso da distância ponderada aplicados na espacialização da população da mosca-do-figo Agrária - **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.10, n.3, p.452-459, Recife, PE, 2015.

PETILIO, A.; PEREIRA, M.; PERÃO, G.; TAMAE, R. Y. Um breve estudo da viabilidade de aplicação de técnicas de agricultura de precisão. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**. FAEF, São Paulo, Ano VI, n.11, 2007.

PEDROSO, M; TAYLOR, J.; TISSEYRE, B.; CHARNOMORDIC, B.; GUILLAUME, S. Um algoritmo de segmentação para o delineamento de zonas de manejo agrícola. **Computadores e Eletrônica na Agricultura**, V.70, n.1, p.199-208, Holanda, 2010.

PIEKARSKI, A. E. T; QUINÁIA, M. Q. **Reengenharia de software: o que, por quê e como Introdução**. Revista Ciências Exatas e Naturais, Ano 1, no. 2, Jan/Jun 2000.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística Aplicada a Experimentos Agronômicos e Florestais**. Piracicaba: FEALQ, v. 11, p. 309, 2002.

PRESSMAN, R.S. **Engenharia de Software: uma abordagem profissional**. Ed. 5 Editora McGraw-Hill, São Paulo, 2001.

PRESSMAN, R.S. **Engenharia de software**. Autor, Roger S. Pressman. Ed. 6, Editora McGraw-Hill, 2006.

PRESSMAN, R.S. **Engenharia de Software: uma abordagem profissional**. AMGH Ed. 7, São Paulo, 2011.

PRESSMAN, R. S.; MAXIM, R. B. **Engenharia de Software uma abordagem profissional**. ed. 8, Nova Iorque: McGraw-Hill, 2016.

PFLIEGER, S. L. **Engenharia de software: teoria e prática**. Ed.2, Prentice Hall, 2004.

POSTGRESQL. **Featureful and Standards Compliant, 2016**. Disponível em <<https://www.postgresql.org/about/>> Acesso em: 29 dez. 2016.

QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C.; ZANDONADI, R. S.; EMERICH, I. N.; SENA JÚNIOR, D. G. **Uso de técnicas de agricultura de precisão para a cafeicultura de montanha**. In: Zambolim, L. **Efeitos da irrigação sobre a qualidade e produtividade do café**. Viçosa: Editora UFV. Cap.3, p.77-108, 2004.

QUEIROZ, G. R.; FERREIRA, K. R. **SGBDs com extensões espaciais - Bancos de Dados Geográficos**. Editora: MundoGEO, cap. 8, p. 267-303, Curitiba, 2005.

REZENDE, D. A. **Engenharia de software e sistemas de informação**. Ed.3, BRASPORT LIVROS E Multimídia Ltda., Curitiba, 2005.

ROCHA, M. M. DA; LOURENÇO, D. A.; LEITE, C. B. B. Aplicação de Krigagem com Correção do Efeito de Suavização em Dados de Potenciometria da Cidade de Pereira Barreto - SP. **Geologia USP Série Científica**, v. 7, n. 2, p. 37-48, São Paulo, 2007.

SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; FLORA, L. P. D.; SMANIOTTO, R. F. F. É chegada a hora da integração do conhecimento. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 129, n. 1, p. 24-30, 2009.

SANTOS, C. H. D.; GRASSI, F. H.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. d. Níveis de alumínio e o desenvolvimento de porta-enxertos cítricos em cultivo hidropônico: I. Parâmetros biométricos. **Scientia Agricola**, n.4, v.56, 1999.

SEARCY, S.W. **Precisionfarming: A new approach to crop management**. The Texas A&M University System, p.1- 4, 1997. Disponível em <http://lubbock.tamu.edu/files/2011/10/precisionfarm_1.pdf>. Acesso em: 01 set. 2015.

SIÉCOLA, P. **Google app engine: construindo serviços na nuvem**. Editora Casa do Código, 18 de mar de 2016.

SIMÕES, W. L.; SILVA, E. L.; LIMA, D. M.; OLIVEIRA, M. S. **Variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférrico, submetido a diferentes manejos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.30, n.6, p.1061-1068, 2006.

SILVA, A. D. B. **Sistemas de Informações Geo-Referenciadas Conceitos e Fundamentos**. Ed. UNICAMP, cap.1, p.30, Campinas, SP, 2003.

SILVA, A.R.; DIAS JUNIOR, M.S.; GUIMARÃES, P.T.G.; ARAUJO JUNIOR, C.F. Modelagem da capacidade de suporte de carga e quantificação dos efeitos das operações mecanizadas em um Latossolo Amarelo cultivado com cafeeiros. **R. Bras. Ci. Solo**, 30:207-216, 2006.

SILVA, C. R.; QUINTAS M.C. L.; CENTENO, J. A. S. Estudo do método de interpolação do inverso da distância a uma potência. p. 057-062 **V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas Presidente Prudente** - SP, p. 24-27 de julho de 2007.

SILVA, M. S. **JavaScript: Guia do Programador**. Editora Novatec, São Paulo, 2010.

SCHENATTO, K. **Utilização de métodos de interpolação e agrupamento para definição de unidades de manejo em agricultura de precisão**. 2014 Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2014.

SCHENATTO, K.; SOUZA, E.G.; BAZZI, C.L.; BIER, V.A.; BETZEK, N.M.; GAVIOLI, A. Data interpolation in the definition of management zones. **Acta Scientiarum**. v.38, p.31-40, 2016a.

SCHENATTO, K.; SOUZA, E.G.; BAZZI, C.L.; BETZEK, N.M.; GAVIOLI, A. Two approach comparison to define crop management zones (MZs). **African Journal of Agricultural Research**. v.11, n.38, p. 3680-3689, África, 2016b.

SHIRATSUCHI, L. S.; MARCHÃO, R. L.; JERKE, C.; RESENDE, A. V.; FONTES, J. R. A.; OLIVEIRA, C. M. de; VILELA, M. de F.; de SÁ, M. A. C.; JUNIOR, J.de D. G. de S.; HURTADO, S. M. C. **Geração mapas multitemáticos agricultura de precisão**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n.181 EMBRAPA, Planaltina - DF, 2007.
SHEKHAR, S.; CHAWLA, S. **Spatial Databases: A Tour**. Ed. Prentice Hall, Inc., Upper Saddle River, cap.3, USA, 2003.

SOUZA, G. S. de; LIMA, J. S. de S.; XAVIER, A. C.; ROCHA, W. S. D. da. Krigagem

ordinária e inverso do quadrado da distância aplicados na espacialização de atributos químicos de um argissolo. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 73-81, 2010.

SOUZA, E. G. de; BAZZI, C. L.; STIEHL, D. Índice de suavidade de mapas temáticos. **X Congresso Argentino de Ingeniería Rural y II del MERCOSUR**, 1- 4 Set. CADIR, Rosário Argentina, 2009.

SOMMERVILLE, I. **Software Engineering**, ed.6, Pearson Prentice Hall, cap.28, Nova Iorque, 2000.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. ed. 8, São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2007.

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

SPERANZA, E. A; TORRE-NETO, A.; RODRIGUES, E. L. L.; GREGO, C. L. Métodos e ferramentas de interpolação para geração de mapas georreferenciados para irrigação de precisão. **Congresso brasileiro de agricultura de precisão**, ConBAP, Ribeirão Preto, 27-29 set. 2010.

SPEZIA, G. R. SOUZA, E. G. DE; NÓBREGA, L. H. P.; URIBE-OPAZO, M. A.; MILAN, M.; BAZZI, C. L. Model to estimate the sampling density for establishment of yield mapping. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** vol.16, n.4, pp.449-457, 2012.

SRINIVASAN, A., ed. 2006. **Hand book of precision agriculture: principles and applications**. Haworth Press, cap.1, New York. 2006.

SWINDELL, j. **Mapping the spatial variability in the yield potential of arable land through GIS analysis of sequential yield maps**. In: 1st European Conference on Precision Agriculture. BIOS Scientific, p. 827-834. Warwick – UK. 1997.

TAO, T.; CHOCAT, B.; LIU, S.; XIN, K. Uncertainty analysis of interpolation methods in rainfall spatial distribution. A case of small catchment in Lyon. **Journal Water Resource and Protection**, v. 1, n. 2, p. 136-144, 2009.

TEIXEIRA, L. A. J.; QUAGGIO, J. A.; MELLIS, E. V. Ganhos de eficiência fertilizante em bananeira sob irrigação e fertirrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 33(1): 272-278, 2011.

VALENCIA, L. I. O.; MEIRELLES, M. S. P.; BETTINI, C. **Geoestatística aplicada à agricultura de precisão**. Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo no plantio direto. Rio de Janeiro, Embrapa, p.37-92, 2004.

VALDERRAMA, M.; SALATIÉR, B.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e Doses de NPK em Milho Irrigado Sob Plantio Direto. **esq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, abr./jun. 2011.

VASCONCELOS, R. F. B. D.; CANTALICE, J. R. B.; MOURA, G. B. D. A.; ROLIM, M. M.; MONTENEGRO, C. E. D. V. Compactabilidade de um Latossolo Amarelo distrocoeso dos tabuleiros costeiros de Alagoas sob diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. v.36, n.2, p.537-545, 2012.

VOZENILEK, V. **International Map Year 2015–2016**. Editores: F. Ormeling e B. Rystedt - ICA e os autores associação internacional de cartografia Viena, cap. 4, p.19-28, 2016.

VRAPTOR. **Documentação**. 2015. Disponível em:
<<http://www.vraptor.org/pt/docs/guia-de-1-minuto/>> acesso em fev. 2017.

WEBSTER, R.; OLIVER, M.A. **Statistical methods in soil and land resource survey**. Oxford: Oxford University Press, p.316, 1990.

WHELAN, B.; TAYLOR, J. **Precision Agriculture for Grain Production Systems**. Collingwood, Australia: CSIRO Publishing Determination of management zones for a tobacco field based on soil fertility, 2013.

WOLLENHAUPT, N. C.; WOLKOWSKI, R.P; CLAYTON, M. K. Mapping Soil Test Phosphorus and Potassium for Variable-Rate Fertilizer Application. **Journal. Prod. Agric.** v7, n4, p.6 - 9, 1994.

XIANG, L.; YU-CHUN, P.; ZHONG-QUIANG, G.; CHUN-JIANG, Z. Delineation and Scale Effect of Precision Agriculture Management Zones Using Yield Monitor Data Over Four Years. **Agriculture Sciences**, Maryland, v. 6, n. 2, p. 180-188, China, 2007.

APÊNDICE A - Manual de Utilização da Aplicação Web

APÊNDICE (A) - MANUAL DE UTILIZAÇÃO DA APLICAÇÃO WEB

A1 GERENCIADOR DE PROJETOS

A plataforma desenvolvida teve sua estrutura voltada para o gerenciamento de projetos por usuário, no módulo projeto é possível criar e editar diferentes projetos, cada um deles permite o registro de distintas áreas, as quais recebem suas respectivas amostras (K, N, Mg, Mn, P, entre outras). Com base em todas as informações necessárias cadastradas no projeto, a plataforma permite gerar e visualizar mapas temáticos. Será apresentado neste apêndice o ambiente para o gerenciamento de projetos e as operações que podem ser executadas neste módulo após o realizar o login ou o cadastro na tela principal. Após clicar no botão **Projeto** do menu inicial , é apresentada a opção para cadastrar um novo projeto (Figura 1).



Figura 1 - Projetos.

Após clicar no botão **Cadastrar Novo Projeto**, é apresentada a tela de cadastro (Figura 2). Nesse momento, deve-se informar um nome para o projeto e sua descrição. Para salvar o projeto com os dados informados clica-se em **cadastrar**.

A captura de tela mostra a interface 'Novo Projeto'. Há dois campos de entrada: 'Nome *' e 'Descrição *'. Abaixo dos campos, há um botão verde 'Cadastrar'.

Figura 2 – Cadastro de projeto.

Após o cadastro, a página é redirecionada automaticamente para a **Lista de Projetos**. Nesta página, o novo projeto cadastrado é adicionado à lista, o campo “Data” apresenta a data e hora em que o projeto foi criado. Cada novo projeto recebe os botões do campo “Opção”: Listar Áreas; Editar Projeto; Excluir Projeto. Um alerta na cor verde indica a confirmação positiva do cadastro.



Figura 3 – Lista de Projetos Cadastrados

Na página Lista de Projetos, é possível editar o projeto cadastrado utilizando o botão **Editar Projeto**, essa opção permite alterar o nome e/ou descrição.

Para excluir um projeto permanentemente clica-se em **Excluir Projeto**, essa opção apresentará uma tela de confirmação contendo o nome do projeto a ser excluído (Figura 4).



Figura 4 - Confirmação de Exclusão.

O botão **Listar Áreas** permite que seja aberto o projeto salvo anteriormente e gerenciar as áreas.

A2 GERENCIAR DE ÁREAS

Na página **Lista de Áreas**, são exibidas todas as áreas cadastradas em seu respectivo projeto. Nesse módulo é possível cadastrar novas áreas de estudo utilizando os botões **Buscar áreas – Servidor**, **Gerar área por .TXT** e **Delimitar área – Mapa** (Figura 5).



Figura 5 – Lista de Áreas

A2.1 Cadastrar Área por Arquivo TXT

Após clicar no botão **Gerar área por .TXT**, é apresentada a tela *modal* de cadastro, neste momento deve-se informar os dados da nova área, os quais compreendem o nome para sua identificação, imóvel e tipo de solo, os dois últimos podem ser cadastrados utilizando o botão **Novo**, os itens cadastrados nessa opção serão adicionados e exibidos na lista independentemente do projeto, desse modo não é necessário o recadastro.

O botão  localizado ao lado direito do campo **Imóvel**, abre o módulo gerenciador que permite cadastrar as informações referentes a uma propriedade rural, a qual se deseja relacionar a área a ser cadastrada. Essa opção exibe a janela **Lista de Imóveis** que compreende as funcionalidades: Cadastrar Imóvel; Editar imóvel; e Excluir imóvel, conforme pode ser verificado na Figura 6.



Figura 6 – Gerenciador de imóveis

O botão localizado ao lado direito do campo **Tipo de Solo**, exibe o assistente gerenciador que permite cadastrar o tipo de solo, essa opção apresenta a tela **Lista de Solos** (Figura 7) que compreende as funcionalidades: Cadastrar Novo Solo; Editar solo; e Excluir solo.



Figura 7 – Gerenciador de Solos

Para completar o cadastro é necessário adicionar o arquivo no formato texto, o qual contém as coordenadas geográficas referentes ao polígono da área de estudo (Figura 8). Os dados do documento podem ser apresentados no formato Longitude/Latitude ou Latitude/Longitude, separados em duas colunas utilizando o Datum padrão WGS84. O botão abre uma janela que exibe os arquivos presentes na pasta “Meus Documentos” do computador do usuário, essa opção permite navegar sobre as pastas e possibilita ao usuário localizar e selecionar manualmente o documento. Por fim é necessário marcar a opção referente a ordem dos dados de acordo com o documento selecionado, **Latitude – Longitude** ou **Longitude – Latitude**. Para salvar clica-se em **Cadastrar**.

Gerar nova área

Nome da área *

Talhão 2

Imóvel *

Imóvel - Serranópolis do Iguaçu

Tipo de solo *

Latossolo Vermelho Distrófico Típico

Inserir arquivo .txt *

Escolher arquivo Contorno_Area2.txt

Ordem dos dados: *

Latitude - Longitude Longitude - Latitude

Cancelar Cadastrar

Figura 8 - Gerar área por arquivo.txt

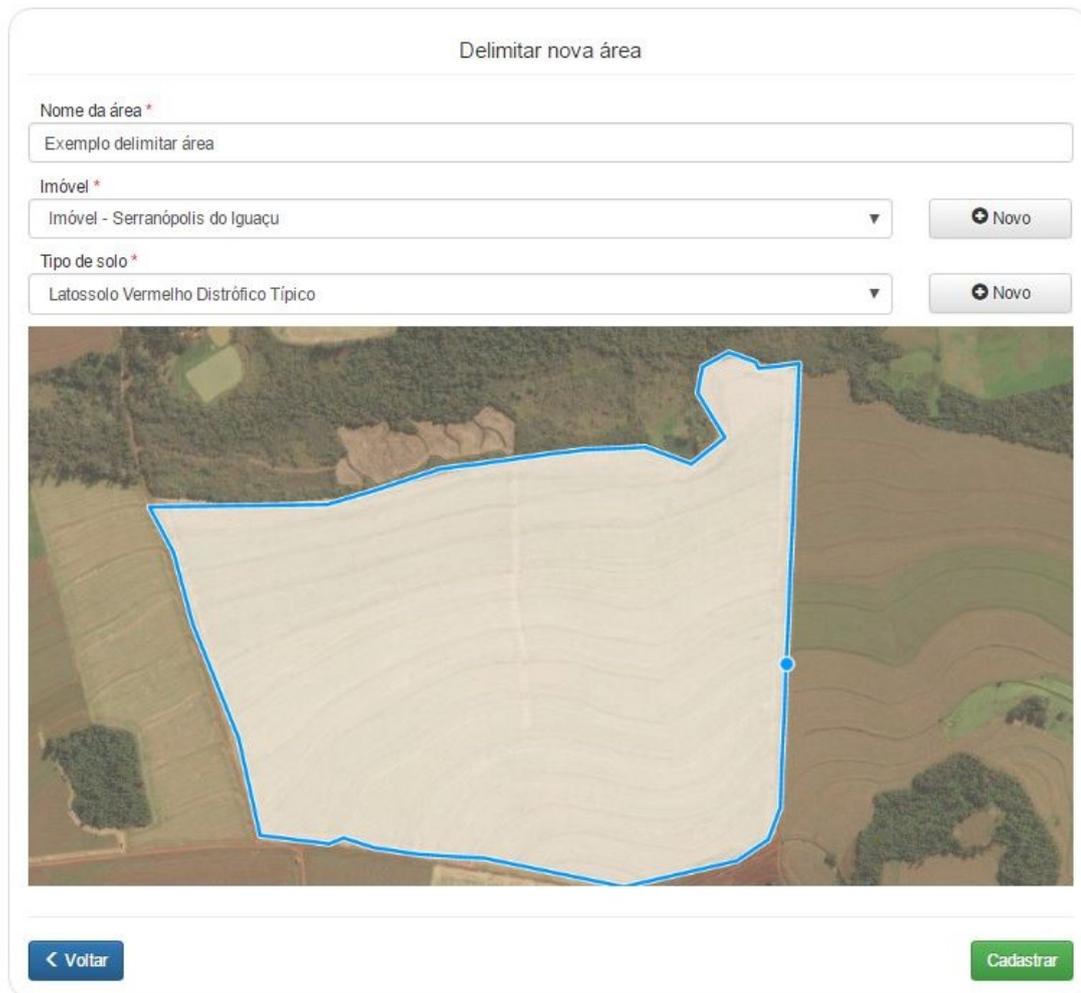
A2.2 Delimitar Área - Mapa

Ao clicar no botão **Delimitar área – Mapa**, é apresentada uma nova janela que permite delimitar a área de estudo fazendo uso de imagens de satélite (Figura 9). Primeiramente deve-se informar nome, tipo de solo e imóvel para a área. Para auxiliar na localização da nova área a ser delimitada, o mapa apresenta nomes de países, estados, capitais, municípios e principais rodovias.

O mapa exibido nessa janela apresenta um zoom sobre a América do Sul, para exibir outras localidades é necessário manter botão esquerdo do mouse pressionado e mover na direção desejada (direita, esquerda, para cima ou para baixo) o botão *scroll* do mouse permite aumentar e diminuir o zoom na direção em que está o cursor. Após localizar a área, para desenhar o polígono que representa a área de estudo, é necessário um clique com botão esquerdo do mouse sobre o contorno da área e mover o mouse na direção desejada, sempre que for necessário mudar a direção da linha é necessário um novo clique para salvar parte do desenho, esse procedimento deve ser realizado até fechar o contorno do polígono.

O sistema permite a edição da área delimitada, para executar essa tarefa é necessário um clique no botão esquerdo do mouse sobre qualquer parte da área que o contorno será apresentado numa tonalidade mais acentuada e um cursor que percorre todo o contorno será adicionado ao desenho. Para alterar o formato é

necessário manter o botão esquerdo do mouse pressionado, arrastar até o local desejado e soltar. Para salvar clica-se em **Cadastrar**, após essa execução a página é redirecionada automaticamente para a Lista de Áreas.



The screenshot shows a web form titled "Delimitar nova área". It contains the following fields and elements:

- Nome da área ***: A text input field containing "Exemplo delimitar área".
- Imóvel ***: A dropdown menu showing "Imóvel - Serranópolis do Iguaçu" and a "Novo" button.
- Tipo de solo ***: A dropdown menu showing "Latossolo Vermelho Distrófico Típico" and a "Novo" button.
- Satellite Image**: A large image showing a satellite view of a field with a blue outline indicating the delimitated area.
- Navigation**: A blue button labeled "< Voltar" and a green button labeled "Cadastrar".

Figura 9 – Exemplo delimitação de área utilizando imagens de satélite.

A2.3 Importar Áreas – Servidor

O servidor utilizado para armazenar o sistema teve seu desenvolvimento voltado para sistemas distribuídos com tecnologia para realizar a integração entre aplicações diversas que estarão rodando em plataformas distintas a fim de possibilitar a integração com módulos a serem desenvolvidos futuramente por demais pesquisadores. O *login* de cadastro é compartilhado, desse modo, um usuário

que possui áreas cadastradas em outras ferramentas poderá importar essas áreas e utilizar todos os recursos disponíveis no presente sistema.

Para importar áreas por usuário, clica-se em **Buscar áreas – Servidor** na página Lista de Áreas, essa opção exibe uma janela *modal* que contém a lista de áreas (Figura 10), um clique com o botão esquerdo do mouse sobre a caixa de opção possibilita a seleção, o botão **Importar** permite importar e salvar as áreas selecionadas no respectivo projeto que a operação foi realizada.

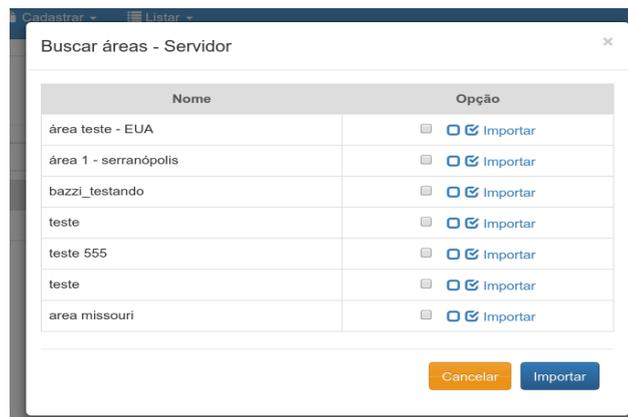


Figura 10 - Listar áreas do servidor.

A 2.2 Lista de Áreas Cadastras

Após cadastrar uma nova área utilizando qualquer uma das três opções apresentadas anteriormente, o usuário é redirecionado automaticamente para a Lista de Áreas, nesse momento um alerta na cor verde confirma o cadastro e a nova área cadastrada é inserida na lista (Figura 11).



Figura 11 – Lista de áreas cadastradas

Cada nova área recebe as seguintes funcionalidades: Editar Área; Excluir Área; Lista de Amostras. A opção **Editar Área**, apresenta um mapa com a área delimitada e as informações referente a ela. Essa opção permite alterar todas as informações assim como o formato da área, para salvar as alterações é necessário clicar em **Cadastrar**, a operação pode ser cancelada a qualquer momento utilizando o botão **Voltar**. Para excluir a área permanentemente clica-se em **Excluir Área**, essa opção apresenta uma janela contendo o nome da área e o pedido de confirmação de exclusão. A opção **Lista de Amostras** permite gerenciar amostras por área cadastrada.

A3 GERENCIAR DE AMOSTRAS

Na página **Lista de Amostras** (Figura 12), são apresentadas todas as amostras cadastradas em sua respectiva área.

Lista de Amostras		
↓ Cadastrar Amostra/Grade Amostral		
Descrição	Data	Opção
Produtividade milho 2014	24/01/2017	✎ Editar Amostra 🗑 Excluir Amostra

< Voltar

Figura 12 - Lista de amostras

A3.1 Cadastrar Amostras

Para o cadastro utiliza-se o botão **Cadastrar Amostra / Grade Amostral**, essa opção exibe o assistente que permite cadastrar os dados de amostragens coletadas em campo (Figura 13). Primeiramente faz-se necessário preencher o campo **Descrição** para sua identificação e selecionar a opção **Inserir**

Amostra, para facilitar o cadastro o primeiro item do formulário, campo **Área** exibe informações da área a qual será relacionada a nova amostra, o próximo passo é selecionar na lista o **Tipo de Atributo**, os quais podem ser químicos, físicos ou biológicos, para atributos não cadastrados, clica-se em para abrir o assistente gerenciador de tipo de atributos (as funcionalidades desse módulo são apresentado no seguinte capítulo). O próximo passo é utilizar o botão para informar o local onde se encontra o arquivo com os dados da amostra, o qual deve conter as coordenadas geográficas de cada ponto amostral e o valor do atributo amostral. Os dados do documento devem ser apresentados em três colunas, as duas primeiras devem apresentar as coordenadas do ponto utilizando o padrão WGS84 como Datum, estas podem ser apresentadas no formato Longitude/Latitude ou Latitude/Longitude, a terceira coluna deve conter o valor do atributo do ponto amostral. Por fim é necessário marcar a opção referente a ordem dos dados das duas primeiras colunas de acordo com o documento selecionado, **Latitude – Longitude** ou **Longitude – Latitude**. Para salvar clica-se em **Cadastrar**. A operação pode ser cancelada a qualquer momento através do botão **Voltar**.

Cadastrar Amostra

Área
Projeto Serranópolis do Iguaçu

Descrição da Amostra *
Produtividade Milho 2014

Tipo de Atributo *
Produtividade

Inserir arquivo .txt *
 milho_2014_areaA.txt

Ordem dos dados: *
 Latitude - Longitude Longitude - Latitude

Figura 13 – Cadastro de Amostra

A3.2 Gerenciar Tipo de Atributos

Ao clicar na opção  localizada ao lado direito do campo Tipo de Atributo em Cadastro de Amostras, é apresentada a página Lista de Atributos. Neste módulo é possível visualizar e gerenciar a lista de atributos que será exibida em todos os projetos. Para o cadastro deve-se clicar na opção **Cadastrar Novo Atributo** e informar os seguintes dados: **Descrição** do atributo com no mínimo quatro caracteres alfanuméricos; **Sigla** do atributo completa o máximo de 10 caracteres alfanumérico; e **Unidade de Medida**. Após o preenchimento, a confirmação do cadastramento é realizada pela opção **Cadastrar**, que redireciona a página para a Lista de Atributos e insere na lista o novo dado cadastrado, cada novo atributo recebe as funcionalidades: **Excluir**, que exibe uma nova janela de confirmação de exclusão contendo a descrição do atributo e permite apagá-lo permanentemente desde que não esteja relacionado a outra tabela do banco de dados; e **Editar** que permite alterar um ou mais dados do atributo (Figura 14).

Lista de Atributos			
Cadastrar novo Atributo			
Descrição	Sigla	Unidade de Medida	Opção
Argila	argila	%	 
Produtividade	pt	%	 
Potassio	K	cmol /dm ³	 
Fósforo	P	mg/dm ³	 
Areia	areia	%	 
Manganês	Mg	cmol /dm ³	 
Ferro	Fe	mg/dm ³	 
Cálcio	ca	cmol /dm ³	 
Silte	silte	%	 
Boro	B	mg/dm ³	 
pH	pH	%	 
Alumínio	Al	cmol /dm ³	 

Figura 14 - Lista de atributos

A3.3 Editar Amostra

O sistema permite ao usuário editar a amostra cadastradas através do botão **Editar Amostra** (Figura 12), essa execução apresenta a janela que contém todos os dados referente a amostra e o mapa contendo a representação geográfica da área de estudo e cada ponto amostral (Figura 15), nesse módulo é possível alterar o texto da descrição no campo **Descrição da Amostra** ou selecionar outro **Tipo de Atributo**. Para alterar o valor do atributo do ponto amostral, é necessário um clique sobre o ponto com o botão esquerdo do mouse para realizar a seleção, o ponto selecionado se distingue dos demais pela coloração azul, o valor do atributo do ponto selecionado é apresentado no campo **Valor da Amostra**, o qual permite sua edição, após digitar o valor desejado utiliza-se o botão **Atualizar Amostra** para salvar temporariamente o novo valor digitado. A confirmação da edição é realizada pela opção **Salvar**, que redireciona a página para a Lista de amostras. A operação pode ser cancelada a qualquer momento utilizando o botão **Voltar**.

Editar Amostra

Descrição da Amostra *

Prod. Milho 2014

Tipo de Atributo *

Produtividade

Novo

Valor da Amostra

7.074909476

Atualizar Amostra

Excluir

Voltar

Salvar

Figura 15 - Editar amostra.

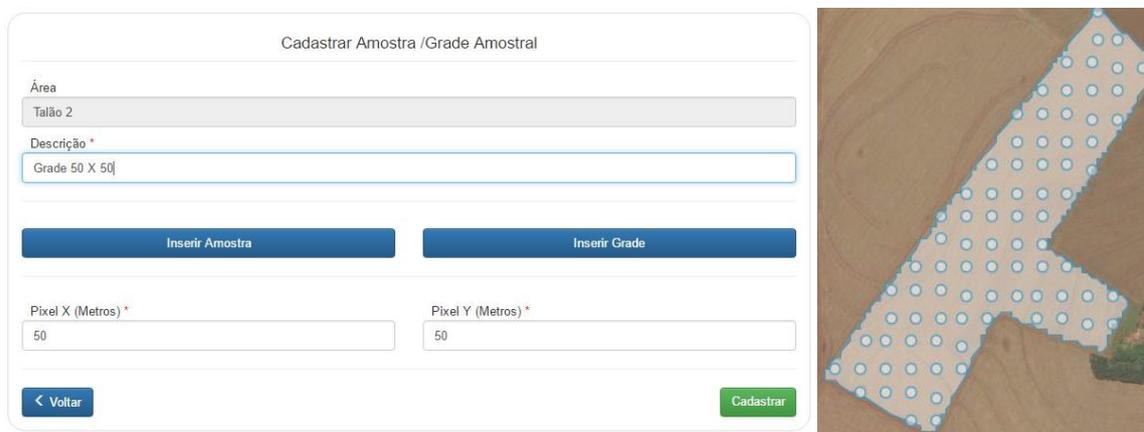
Durante a edição, o sistema também permite alterar o local do ponto amostral no mapa, sendo necessário apenas selecionar e arrastar até o local desejado e salvar.

Além da edição dos dados é possível excluir um ponto amostral através do botão **✖ Excluir** localizado no canto superior esquerdo do mapa da tela de edição (Figura 15), para realizar essa tarefa é necessário selecionar o ponto amostral com o botão esquerdo do mouse e clicar em excluir, a operação é confirmada através do botão **Salvar**.

A3.4 Grade Amostral

A grade amostral é utilizada para a definição dos pontos amostrais que serão utilizados para realizar a coleta de amostras em novas áreas de estudo. Para a definição de amostragem de solo em grade por ponto, o sistema permite dividir o campo em polígonos regulares, dentro de cada polígono é gerado um ponto amostral, as coordenadas geográficas de cada ponto permitem a sua localização na área de cultivo no momento da coleta. As grades amostrais geradas serão adicionada ao banco de dados com todos requisitos de uma amostra, desse modo, é possível adicionar os valores dos atributos através da sua edição fazendo uso dos mesmos procedimentos utilizados na opção **Editar Amostra**.

A Figura 16 apresenta a tela de cadastro de uma grade amostral e a exibição da grade gerada com a configuração determinada no cadastro.



The image shows a web interface for registering a sampling grid. On the left is a form titled 'Cadastrar Amostra /Grade Amostral'. The form has the following fields and buttons:

- Área:** A text input field containing 'Talão 2'.
- Descrição *:** A text input field containing 'Grade 50 X 50'.
- Buttons:** Two blue buttons labeled 'Inserir Amostra' and 'Inserir Grade'.
- Pixel X (Metros) *:** A text input field containing '50'.
- Pixel Y (Metros) *:** A text input field containing '50'.
- Buttons:** A blue button labeled 'Voltar' and a green button labeled 'Cadastrar'.

On the right is a satellite map showing a brown field with a light blue grid overlay. The grid consists of small circles representing sampling points, arranged in a regular pattern within a specific polygonal area of the field.

Figura 16 – Tela de cadastro de grade amostral e apresentação da grade gerada.

Para gerar uma nova grade amostral deve-se clicar na opção **Cadastrar Amostra / Grade Amostral** da área desejada, essa opção exibirá a tela de cadastro, o próximo passo é selecionar a opção **Inserir Grade** e informar com que distância os pontos amostrais deverão ser definidos e uma descrição para sua identificação. A operação é concluída através da opção **Cadastrar**.

A3.4 Lista de Amostras

A figura 17 apresenta a **Lista de Amostras** cadastradas, nessa janela é possível editar uma amostra utilizando os procedimentos anteriormente apresentados ou excluí-las desde que, não estejam vinculadas a uma interpolação.



Figura 17 – Tela para gerenciar lista de amostras.

A3.5 Cadastrar Entidade Classificadora

A Entidade Classificadora corresponde a uma empresa, órgão ou pesquisador de referência sobre classificações de atributos como Mg, P, Ca, Mn, Fe, etc, em forma tabelada. Ao clicar no botão entidade classificadora no menu principal, é apresentada a tela de gerenciamento **Lista de Entidades Classificadoras** (Figura 18). Essa tela exibe todas as entidades cadastradas e permite sua exclusão ou cadastrar uma nova entidade utilizando o botão **Cadastrar Entidade**, essa operação apresenta a tela de cadastro (Figura 19).

Lista de Entidades Classificadoras			
↓ Cadastrar Entidade			
Nome	Atributo	Solo	Opção
Coodetec	fósforo	Argiloso	
Coodetec	fósforo	latossolo vermelho distroférrico típico	

Figura 18 – Gerenciar lista entidade classificadora

Para cadastrar uma nova entidade é necessário informar um nome para sua identificação. Os campos **Atributos** e **Solo**, exibem em sua lista os dados cadastrados anteriormente, basta selecioná-los. O último passo é realizar o cadastro de intervalos proposto pela entidade. O botão  cria um intervalo a cada clique, para excluir um intervalo, clica-se no botão  que aparece na frente do intervalo que se deseja apagar. O intervalo deve ser cadastrado nos campos **De/Até**, utilizando ponto (.) para separar as casas decimais, conforme pode ser observado na Figura 19. Na frente de cada intervalo é possível selecionar a **cor** para sua representação. Para finalizar a operação clica-se em **Cadastrar**, ou **Voltar** para cancelar.

etos Gerar Mapas Interpolados Entidade Classificadora

Cadastrar Entidade Classificadora

Nome *

Atributo *

Solo *

De	Até	Cor	
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="2.8"/>		
<input type="text" value="2.8"/>	<input type="text" value="5.5"/>		
<input type="text" value="5.5"/>	<input type="text" value="8.1"/>		
<input type="text" value="8.1"/>	<input type="text" value="12.0"/>		
<input type="text" value="12.1"/>	<input type="text" value="35.0"/>		

[< Voltar](#)
[Cadastrar](#)

Figura 19 – Tela de cadastro de entidade classificadora.

A3.6 Gerar Mapas Interpolados

Para gerar um mapa temático, se faz necessário executar a interpolação. Para esse processo clica-se em **Gerar Mapas Interpolados** (menu principal) para apresentar a tela **Lista de Interpolações** (Figura 20). Nesse módulo, são listadas as interpolações cadastradas com sua respectiva configuração e a opção **Excluir** ao final de cada. O botão **Cadastrar Interpolação** apresenta a tela de cadastro (Figura 21).

Lista de Interpolações							
Cadastrar Interpolação							
Nome	Data	Interpolador	X / Y	Área	Amostra	Classificador	Opção
Mapa de produtividade	13/03/2017 00:00	IDP	5.0 / 5.0	Talhão 1	prod. milho 2014		Excluir
Mapa_Fósforo2014	13/03/2017 00:00	IDP	10.0 / 10.0	Talhão 2	p2014	Coodetec	Excluir

Figura 20 – Tela lista de interpolações

Na tela de cadastro deve-se informar: um **Nome** para o mapa; Nome do **Projeto**: são listados todos projetos cadastrados pelo usuário; a **Área** desejada: apresenta as áreas cadastradas no projeto anteriormente selecionado; uma **Amostra**: exibe a lista de amostras cadastradas para essa área; e a **Entidade Classificadora**, que filtra lista apenas as entidades cadastradas para o respectivo tipo de atributo (amostra) e tipo de solo (da área). O mapa será criado contendo o número de intervalos especificados na entidade classificadora. Entretanto, caso não seja selecionada uma entidade, o mapa será apresentado com 10 intervalos.

Cadastrar Interpolação					
Nome *					
Mapa_Fósforo2014					
Projeto *	Área *	Amostra *	Entidade Classificadora *		
Projeto_Serranópolis	Talhão 1	p2014	Coodetec		
Tipo Interpolador *		Pixel(X) *	Pixel(Y) *		
IDP (Inverso da distância elevado a uma potência)		10	10		
MM (Média móvel)			Raio(Metros) *		
1		10	0		
Cancelar			Interpolar		

Figura 21 – Cadastrar interpolação

Para realizar a interpolação pelo método VMP, pode-se utilizar o interpolador IDP, com limitados parâmetros de distância, assim como expoente = 1 e número de vizinhos = 1. Para os interpoladores IDP e MM, a plataforma Web apresenta a configuração dos parâmetros referentes ao expoente = 1 (somente para o IDP), distância máxima e/ou número de elementos amostrais para interpolação = 10 e o Raio = 0. Entretanto, esses valores podem ser ajustados conforme a necessidade do usuário, basta apagá-los e adicionar o novo valor desejado. Nos campos **Pixel X** e **Pixel Y**, é permitido ao usuário configurar o tamanho de pixel a ser utilizado para geração do mapa temático. Após selecionados os parâmetros a operação é concluída através do botão **Interpolar**.

A3.7 Visualizar Áreas do Projeto e Mapas Temáticos

O botão **Mapa** do menu principal, exibe em tela cheia uma imagem de satélite que contém todos os continentes e as seguintes opções: **Projetos e Mapas Interpolados**, a primeira opção apresenta uma lista de projetos cadastrados, ao clicar no projeto desejado, é apresentado na tela o contorno da área e seus pontos amostrais (Figura 22). A segunda opção exibe a lista de interpolações cadastradas pelo usuário, ao clicar na interpolação desejada, o mapa temático referente a ela é apresentado na tela (Figura 23).

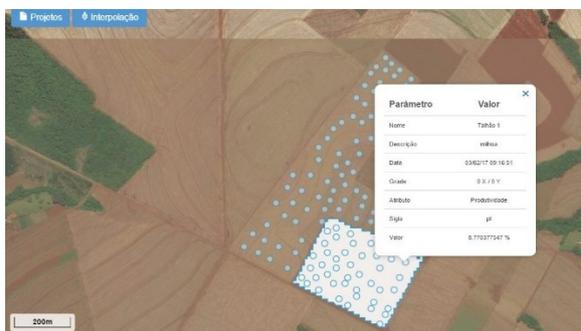


Figura 22 – Exibição das áreas do projeto

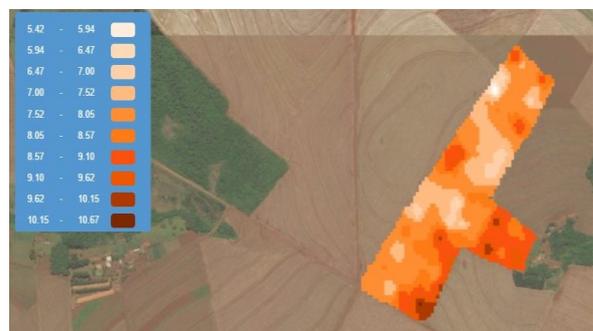


Figura 23 – Apresentação do mapa temático