



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

XI Seminário de Extensão e Inovação
XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica
08 a 12 de Novembro - Guarapuava/PR



Aplicação web para interfaceamento de métodos de interpolação

Web application for interpolation methods interfacing

Laércio Regiane Júnior *, Nelson Miguel Betzek †

RESUMO

O crescimento populacional contínuo, a escassez de recursos e a disponibilidade limitada de áreas de plantio, são assuntos relevantes e problemáticos ao se tratar de agricultura. Uma alternativa é o investimento em novas técnicas de manejo, como a agricultura de precisão (AP), que busca realizar aplicação otimizada de insumos, levando em consideração a variabilidade do solo. Para aplicação da AP é necessário uma grade amostral densa da área de cultivo, o que pode ser obtido por meio da utilização de métodos de interpolação. A adoção de novas tecnologias pode ser um fator que dificulta a prática da AP, então, este estudo objetivou desenvolver uma aplicação *web* acessível para a visualização, edição e interpolação de dados amostrais. Essa aplicação foi implementada por meio do *framework* Angular, com o uso das bibliotecas Angular *Material* e *OpenLayers*. Para os métodos de interpolação por krigagem e inverso da distância foram utilizadas as interfaces da *AgDataBox-API* por meio de protocolos *HTTP*. Como resultado, a aplicação implementada ofereceu meios de criar e editar mapas temáticos para pontos amostrais, além de executar os métodos de interpolação a partir de seletores automáticos de parâmetros.

Palavras-chave: Agricultura de precisão. Mapas temáticos. AngularJS. Software-Desenvolvimento.

ABSTRACT

The continuous populational growth, the resources shortage and the planting area's limited availability, are relevant and problematic topics concerning agriculture. An alternative is to invest in new management techniques, like the precision agriculture (PA), that seeks to optimally apply inputs, taking into account the soil variability. For the PA to be applied it's needed a consistent sample grid of the farming area, which can be obtained through interpolation methods. The adoption of new technologies may be a limiting factor for the PA's use, so, the current study aims to develop an accessible web application to visualize, edit and interpolate sampling data. The application was implemented using the Angular framework, together with Angular material and OpenLayers libraries. The AgDataBox-API's interfaces, through HTTP protocols, were used to apply the kriging and inverse distance interpolation methods. As a result, the developed application offered the resources to create and edit sampling point's thematic maps, and is also able to execute the interpolation methods with automatic parameters selectors.

Keywords: Precision agriculture. Thematic maps. AngularJS. Software-Development.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura é uma importante atividade para a sociedade, pois é responsável direta e indiretamente por grande parte dos alimentos produzidos. Entretanto, o crescimento populacional constante e a oferta limitada de áreas de cultivo impõem um obstáculo para o setor, que necessita produzir cada vez mais, porém sem aumentar

*  Curso de ciência da computação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), câmpus Medianeira;
 laercioj@alunos.utfpr.edu.br.

†  Departamento acadêmico de computação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), câmpus Medianeira;
 nmbetzek@utfpr.edu.br;  <https://orcid.org/0000-0003-0220-1693>.



drasticamente a quantidade de recursos utilizados. Para contornar esse problema, uma solução é o investimento e a criação de novas tecnologias e técnicas de manejo (EMBRAPA, 2018).

Uma das técnicas agrícolas que vem sendo pesquisada desde a década de 1980 é a agricultura de precisão (AP). Ela busca realizar o manejo e aplicação de insumos, de maneira otimizada e específica, analisando principalmente a variabilidade espacial do solo (GAVIOLI, 2017, p. 6). Para tal fim, são utilizados sensores, sistemas de irrigação de precisão, máquinas agrícolas equipadas com *Global Positioning System* (GPS) e sistemas computacionais (BAZZI; SOUZA, C. D.; BETZEK, 2015, p. 3, 17).

A variabilidade espacial do solo é caracterizada pela distribuição irregular e heterogênea, em um único campo de cultivo, das propriedades físicas do solo, como a textura (COLAÇO; MOLIN, 2017, p. 179), e também de nutrientes, como nitrogênio (PODLASEK; KODA; VAVERKOVA, 2021, p. 23). As culturas dependem desses recursos para se desenvolver, então, por meio da AP são realizados estudos que utilizam a amostragem do solo e permitem identificar as abordagens mais adequadas de manejo para cada região de plantio.

Entretanto, a aplicação da AP depende de uma grande quantidade de pontos amostrais do solo, mais especificamente, de uma grade amostral contínua e densa da propriedade rural, algo difícil de se obter devido à extensão das áreas. Dessa forma, métodos de interpolação são utilizados para estimar valores para pontos não amostrados a partir de pontos já conhecidos, diminuindo consideravelmente o custo da coleta e análise (ABDELRAHMAN et al., 2021, p. 1, 1).

Vários métodos de interpolação foram desenvolvidos ao longo dos anos, diferenciando-se principalmente na maneira como modelam a variabilidade dos dados e a abordagem utilizada para os cálculos. Modelos determinísticos utilizam-se principalmente de fórmulas matemáticas, como médias e polinômios, para estimar pontos ainda não amostrados. Já os modelos estatísticos fazem uso da geoestatística para identificar a relação de covariância dos dados e como ela se comporta ao longo do espaço (ABDELRAHMAN et al., 2021).

Com as informações obtidas por meio dos métodos de interpolação, são confeccionados mapas temáticos, que além de conterem informações geográficas e espaciais, também representam informações específicas relacionadas ao cultivo, auxiliando na tomada de decisões e no estudo das lavouras (BIER; SOUZA, E. G., 2017, p. 1, 7). No caso de mapas voltados a AP, são exemplos: representações de produtividade da soja, disponibilidade de nutrientes e aplicação de nutrientes (BAZZI; SOUZA, C. D.; BETZEK, 2015, p. 9-11).

A aplicação da AP vem mostrando resultados promissores em vários estudos, com relação à diminuição dos impactos ambientais (PODLASEK; KODA; VAVERKOVA, 2021, p. 22-23) e utilização eficaz de recursos (COLAÇO; MOLIN, 2017, p. 181), entretanto, sua adoção por agricultores de pequeno e médio porte é dificultada, em algumas ocasiões, devido a necessidade da aplicação de tecnologias mais recentes (GAVIOLI, 2017, p. 6). Dessa forma, mediante a pergunta: "é possível implementar uma aplicação acessível para facilitar a adoção da AP?", este projeto busca desenvolver um *software* de arquitetura *web* para a criação, edição e interpolação de mapas temáticos, com foco na usabilidade e experiência do usuário, e, diferenciando-se do SDUM - *Software* para definição de zonas de manejo (BAZZI; SOUZA, C. D.; BETZEK, 2015) por não haver necessidade de instalação, bem como do AgData-Box Map, que exige cadastro prévio.



2 MÉTODO (OU PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DA PESQUISA)

A implementação deste projeto foi realizada por meio do *framework* Angular ¹ na versão 11.2.8. A plataforma permite criar aplicações para serem utilizadas em navegadores, dispositivos móveis e desktop. Com o uso do Angular os programas são construídos por meio de componentes reutilizáveis, cada um independente e responsável por encapsular comportamentos, rotinas e estruturas visuais. Seu código é formado pelas linguagens *CSS*, *HTML* e *TypeScript*.

O *HTML* e o *CSS* são responsáveis pela criação das interfaces visuais. A estruturação de formulários, botões e menus é realizada por meio do *HTML*, e o *CSS* é responsável pela modificação dos formatos, tamanhos, cores, posicionamentos e animações por meio de regras de estilo. O *TypeScript* ² é a linguagem utilizada para a criação das rotinas e funções dos componentes. Durante a compilação o *TypeScript* é convertido para *JavaScript*, porém, na programação, oferece estruturas fortemente tipadas e com melhor suporte para a descoberta de erros sintáticos, semânticos e de lógica. Para a implementação deste projeto foram utilizados o *CSS* ³, *HTML* ⁴ e o *TypeScript* versão 3.9.7.

Para auxiliar na criação da interface visual do projeto, foi utilizada a biblioteca Angular *material* ³ versão 11.2.13, que oferece componentes reutilizáveis seguindo os princípios *material* ⁴ de *design*, experiência do usuário e usabilidade. Menus, barras laterais, botões animados, tabelas pagináveis e telas *pop-up*, são ferramentas disponíveis ao desenvolvedor. Para empregá-los são utilizadas *tags HTML*, e seus estilos podem ser parcialmente alterados com o *CSS*, assim como sua lógica que é parcialmente personalizável por meio do *TypeScript*.

A criação e exibição dos mapas temáticos da aplicação foi feita por meio da biblioteca *OpenLayers* ⁵ versão 6.5, de código aberto e programada em *JavaScript*. Ela permite a criação de mapas com diferentes sistemas de coordenadas e projeções cartográficas, bem como pode compor o aspecto visual por *API's* (*Application Programming Interfaces*) como as do *Google* e do *Bing*. Além disso, com a programação é possível adicionar diversas camadas de símbolos e representações gráficas, fator importante para temas relacionados a AP.

As rotinas relacionadas a AP são realizadas por meio da *API AgDataBox* (BAZZI; JASSE et al., 2019, p. 4-5), cujos métodos podem ser consumidos por aplicações web, em dispositivos móveis e desktop, utilizando-se de consultas com o protocolo *HTTP* e envio de dados amostrais no formato *JSON*. Na plataforma estão implementados diversos métodos entre eles cita-se interpolação de dados (BETZEK et al., 2019, p. 60), retificação de zonas de manejo e métodos de agrupamento.

Neste trabalho, foram interfaceados dois métodos de interpolação. O primeiro deles é a krigagem ordinária, um modelo estatístico que identifica a variabilidade dos dados de forma global e local. Para isso, os pontos coletados devem ser georreferenciados e a influência deles na predição de amostras desconhecidas é estabelecida (BAZZI; SOUZA, C. D.; BETZEK, 2015).

O outro interpolador interfaceado é o inverso da distância elevado a um expoente, um modelo determinístico que analisa apenas a variação local dos dados. Nesse caso os valores não amostrados são definidos pelo inverso da distância euclidiana dos pontos conhecidos mais próximos, elevado a um expoente qualquer. Para isso, a escolha do expoente mais adequado impacta no desempenho final do método, de forma que as rotinas utilizadas também contam com um seletor automático para este parâmetro (BETZEK et al., 2019).

¹ <https://angular.io>

² <https://www.typescriptlang.org/>

³ <https://material.angular.io/>

⁴ <https://material.io/>

⁵ <https://openlayers.org/>



Para o teste da aplicação desenvolvida, foi utilizado um conjunto de pontos amostrais coletados de uma propriedade rural localizada no município de Serranópolis do Iguaçu (Paraná - Brasil), com centro geográfico $25^{\circ}24'17''S$ e $54^{\circ}00'18''O$. São 73 pontos, cada um representando uma área de $0,9 m^2$, caracterizados por um par de coordenadas e a medição da altitude em relação ao nível do mar (BETZEK et al., 2019).

Ao fim do ciclo de desenvolvimento foram empregadas entre 100 e 150 horas de implementação do projeto, que contava com apenas um programador. Entretanto é importante ressaltar que, ao considerar o tempo de pesquisa, aprendizado e adaptação às tecnologias utilizadas, a quantidade de horas despendidas é de mais de 250.

3 RESULTADOS

A aplicação *web* foi implementada por meio do *framework* Angular, o que ofereceu algumas facilidades e agilizou o ciclo de desenvolvimento. Primeiramente, o emprego de componentes permitiu a reutilização de código e o desacoplamento de suas funcionalidades, auxiliando na legibilidade e manutenção. Além disso, o *framework* oferece diversas bibliotecas próprias relacionadas a conceitos comuns entre aplicativos de navegadores, como a comunicação por protocolos *HTTP*, bem como é compatível com *API's* da *web* para leitura de arquivos, criação de eventos e renderização dos componentes visuais.

O uso do *TypeScript*, por ser uma linguagem de programação multiparadigma, proporcionou ferramentas como o encapsulamento de comportamentos em classes, herança e também a programação de eventos relacionados à interação com o usuário. Por ser fortemente tipado, o código se torna mais legível e fácil de ser depurado, porém também oferece suporte ao *JavaScript*, permitindo a adoção do *OpenLayers* para a criação de mapas temáticos de maneira simplificada, com um conjunto de funcionalidades que abrange elementos gráficos, legendas e responsividade.

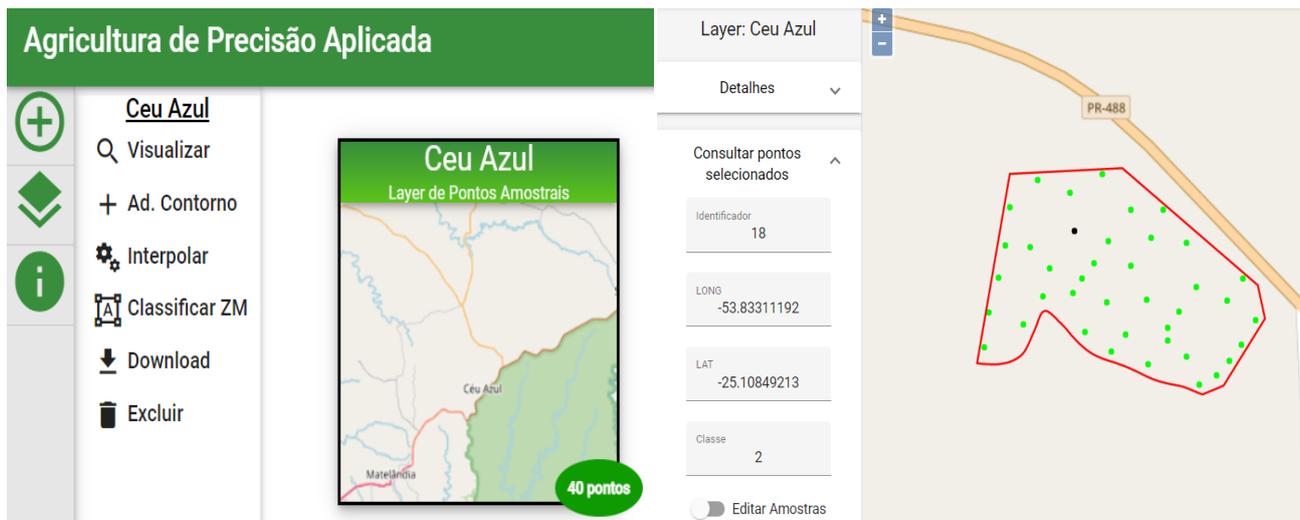
A utilização do Angular *material* possibilitou a implementação de interfaces visuais com poucas linhas de código, ao mesmo tempo que deu ao projeto uma estética padronizada. A personalização de seus componentes, embora limitada, permitiu sua adequação a algumas necessidades específicas da aplicação, como a criação de paginadores para tabelas extensas.

O programa foi estruturado por meio de módulos, responsáveis pela inserção, visualização e edição dos pontos amostrais que compõem os mapas temáticos, além de uma seção para aplicar os métodos da AP. No módulo principal, conjuntos de pontos são inseridos por meio de arquivos *.txt* ou *.csv*, sendo exibidos na forma de cartões (Fig. 1a), com pré-visualização de suas representações cartográficas, de onde são acessadas as demais funcionalidades do sistema.

Para cada conjunto amostral é possível atribuir um contorno, também por meio de arquivos *.csv* ou *.txt*. Os contornos formam uma sequência de coordenadas que estabelecem os limites da propriedade estudada e são essenciais para a execução de métodos de interpolação.

Para visualizar o conteúdo dos arquivos, são apresentados mapas temáticos (Fig. 1b). Neles, cada amostra é representada como círculos, posicionados de acordo com suas coordenadas, já o contorno é renderizado na forma de linhas, sendo que ambos podem ter sua coloração alterada com base na escala *RGB* a partir de um componente *pop-up*. Esses círculos são selecionáveis, mudando sua cor para preto, exibindo assim seu valor de amostra, a latitude e a longitude na barra lateral da tela, junto de dados da *layer*, como nome do arquivo original e características do método de interpolação empregado.

Nessa interface, é possível alterar o valor das amostras diretamente no campo em que o dado é exibido. Essas alterações podem ser sobrescritas no conjunto atual de pontos ou pode-se criar uma nova *layer* para que as



(a) Menu principal da aplicação

Fonte Autoria própria (2021).

(b) Módulo de visualização de mapas temáticos

Fonte Autoria própria (2021).

informações sejam mantidas.

Com os conjuntos de pontos amostrais e seus contornos devidamente inseridos no software, o próximo passo é a utilização do módulo de agricultura de precisão. Para executar a interpolação por krigagem são necessárias duas consultas *HTTP*. Primeiramente é preenchido o formulário, com dados como a quantidade de *lags*, o *cutoff*, *range* e a quantidade de pares, para calcular os melhores parâmetros da krigagem.

O retorno para a consulta de melhores parâmetros são várias configurações de modelos (*matern*, *gaussian*. . .) e métodos, bem como valores para *range* e *partial sill*. Essas configurações são ordenadas do menor para o maior Índice de Seleção de Interpolador (ISI), na qual aquelas com menor valor apresentam a melhor descrição da correlação espacial dos dados (BIER; SOUZA, E. G., 2017, p. 208). Definidos os melhores valores, o usuário é encaminhado para o segundo formulário para inserir o tamanho dos *pixels* e então realizar a consulta *HTTP* para o método de interpolação.

A interpolação pelo inverso da distância, assim como a krigagem, também possui dois formulários, porém um deles é opcional. Inicialmente o usuário informa o tamanho dos *pixels*, o expoente e a área, no caso do último item, é utilizado para determinar o número de vizinhos considerados no cálculo preditivo. Há a possibilidade, entretanto, de definir o expoente, com o segundo formulário, por meio do seletor automático.

4 CONCLUSÕES

O *software* desenvolvido neste projeto oferece uma plataforma para a edição e visualização de pontos amostrais, por meio da renderização de mapas temáticos e tabelas interativas. A partir desses dados também são disponibilizados serviços para a interpolação pelo método de krigagem e do inverso da distância.

As interfaces foram criadas com base em conceitos de usabilidade, tornando assim o *software* acessível para usuários que não pertencem ao meio acadêmico. De forma análoga, o interfaceamento das rotinas de seleção automática dos melhores parâmetros para a krigagem e do melhor expoente trouxe maior facilidade para a execução dos métodos de interpolação de maneira otimizada e ágil. A utilização sem cadastros prévios e o acesso por meio de navegadores *web* tornou a aplicação mais acessível em comparação aos estudos anteriores.



O *software* em seu estado atual pode ser utilizado por acadêmicos, técnicos, agricultores e usuários em geral como uma alternativa gratuita, de fácil acesso, devido a arquitetura web, e com desempenho satisfatório, auxiliando, portanto, a adoção da agricultura de precisão. Porém, melhorias e adições podem ser realizadas por meio de trabalhos futuros. Dentre elas a implementação de outras rotinas de interpolação, o suporte para métodos de agrupamento e geração de zonas de manejo, bem como a possibilidade de armazenamento dos dados utilizados.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a UTFPR, a Fundação Araucária e ao CNPQ por possibilitarem o desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço também ao meu orientador pela paciência e atenção durante o andamento do projeto.

REFERÊNCIAS

- ABDELRAHMAN, M. A. E. et al. Deciphering soil spatial variability through geostatistics and interpolation techniques. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 1, p. 1–13, 2021. ISSN 20711050. DOI: [10.3390/su13010194](https://doi.org/10.3390/su13010194).
- BAZZI, C. L.; SOUZA, C. D.; BETZEK, N. M. **Software para Definição de Unidades de Manejo: Teoria e Prática**. [S.l.]: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) - Câmpus Cascavel, 2015. ISBN 978-85-919593-0-3.
- BAZZI, Claudio Leones; JASSE, Erminio Pita et al. AgDataBox API – Integration of data and software in precision agriculture. **SoftwareX**, Elsevier B.V., v. 10, 2019. ISSN 23527110. DOI: [10.1016/j.softx.2019.100327](https://doi.org/10.1016/j.softx.2019.100327).
- BETZEK, N. M. et al. Computational routines for the automatic selection of the best parameters used by interpolation methods to create thematic maps. **Computers and Electronics in Agriculture**, Elsevier, v. 157, November 2018, p. 49–62, 2019. ISSN 01681699. DOI: [10.1016/j.compag.2018.12.004](https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.004).
- BIER, V. A.; SOUZA, E. G. Interpolation selection index for delineation of thematic maps. **Computers and Electronics in Agriculture**, Elsevier B.V., v. 136, p. 202–209, 2017. ISSN 01681699. DOI: [10.1016/j.compag.2017.03.008](https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.03.008).
- COLAÇO, A. F.; MOLIN, J. P. Variable rate fertilization in citrus: a long term study. **Precision Agriculture**, v. 18, n. 2, p. 169–191, 2017. ISSN 15731618. DOI: [10.1007/s11119-016-9454-9](https://doi.org/10.1007/s11119-016-9454-9).
- EMBRAPA. **Visão 2030: O Futuro da Agricultura Brasileira**. [S.l.]: Embrapa, 2018.
- GAVIOLI, Alan. **Módulos Computacionais para a seleção de variáveis e análise de agrupamento para a definição de zonas de manejo**. 2017. Doutorado – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel - Paraná - Brasil.
- PODLASEK, A.; KODA, E.; VAVERKOVA, M. D. The variability of nitrogen forms in soils due to traditional and precision agriculture: Case studies in poland. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 2, p. 1–28, 2021. ISSN 16604601. DOI: [10.3390/ijerph18020465](https://doi.org/10.3390/ijerph18020465).