

Tobler: um aplicativo Shiny para Econometria Espacial

Econometria Espacial é um ramo da Econometria que se destina ao estudo, análise e estimação de modelos estatísticos de dados espaciais. A econometria espacial busca estender os métodos econométricos para a análise de fenômenos econômicos de modo a incorporar efeitos espaciais. Em geral, são analisados dados e indicadores econômicos agregados para regiões, como bairros, municípios, estados ou países.

A comunidade do R oferece um dos ecossistemas de funções e pacotes mais rico para a leitura e análise de dados espaciais. A utilização destes pacotes em conjunto requer do usuário um conhecimento prévio sobre dados espaciais, técnicas de testes estatísticos e estimadores específicos para a correta escolha e utilização das funções. Este conhecimento prévio necessário se torna uma dificuldade extra em um contexto de aprendizado.

Existem alternativas de softwares comerciais, mas os pacotes espaciais do R oferecem uma maior possibilidade de aplicação dos métodos da Econometria Espacial.

Visando oferecer uma solução para o aprendizado da Econometria Espacial, o aplicativo Tobler foi criado. Seu nome é uma homenagem ao geógrafo suíço Waldo Tobler, proponente da primeira Lei da Geografia: *"Todas as coisas estão relacionadas com todas as outras, mas coisas próximas estão mais relacionadas do que coisas distantes"*.

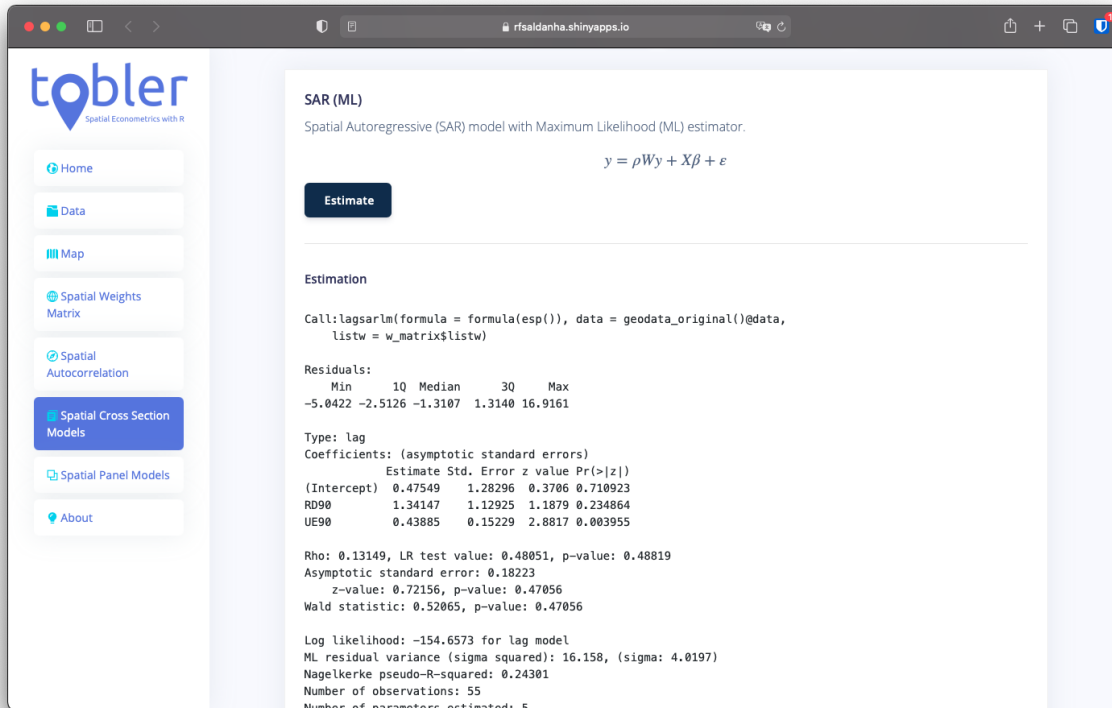
O Tobler foi criado com o pacote R *Shiny* e pode ser acessado no seguinte endereço: rfsaldanha.shinyapps.io/tobler/. Seu código fonte é disponibilizado no *GitHub*: <https://github.com/rfsaldanha/tobler>. Também é disponibilizada uma imagem Docker para deploy em outros servidores.

O aplicativo apresenta uma aba inicial com a sua descrição e objetivo. A aba "*Data*" permite o upload de dados espaciais no formato *GML* ou *Shapefile*. A aba "*Map*" oferece uma visualização rápida do arquivo enviado. Já a aba "*Spatial Weights Matrix*" permite a criação de diversos tipos de matrizes de pesos espaciais e a utilização de procedimentos para a escolha do tipo de matriz de pesos.

A aba "*Spatial autocorrelation*" apresenta o diagrama de dispersão do I de Moran e testes estatísticos de autocorrelação espacial global.

A aba "*Spatial Cross Section Model*" permite a estimação dos modelos de autocorrelação espacial em *cross section*. O usuário pode especificar o modelo, suas variáveis endógenas adicionais e instrumentos. A estimação do modelo por mínimos quadrados ordinários apresenta os resultados da regressão não espacial, resultados do teste de autocorrelação espacial dos resíduos e resultados dos testes de multiplicadores de lagrange. É possível estimar o modelo autoregressivo espacial (SAR), modelo do erro espacial (SEM), modelo

de autocorrelação espacial (SAC), modelo de defasagem espacial SLX), modelo de Durbin espacial e modelo de Durbin com erro espacial (SDEM).



Tela do Tobler, apresentando os resultados da estimação de um modelo SAR em cross section.

A aba "Spatial Panel Models" permite a aplicação dos testes estatísticos adequados a dados espaciais em painel e a estimação dos modelos espaciais em painel.

Nas abas de modelos espaciais de *cross section* e em painel, as especificações das hipóteses nulas dos testes estatísticos e das equações dos modelos espaciais são apresentadas e os resultados de todos os testes executados e modelos estimados podem ser exportados para relatórios em PDF.

Por fim, a aba "About" apresenta as referências de todos os pacotes do R utilizados.

A utilização do Tobler em sala de aula tem se mostrado válida, permitindo aos alunos de cursos de Econometria Espacial colocarem rapidamente em prática o aprendizado teórico, sem pré-requisitos iniciais de conhecimentos de programação. Ainda assim, os resultados dos testes estatísticos e modelos apresentam a função utilizada no R para gerar os resultados.

Alguns avanços no aplicativo estão previstos, como a apresentação de códigos R reproduzíveis utilizando a biblioteca *shinymeta*, incorporação de outros modelos e possibilidade de uso de dados didáticos já incorporados no próprio aplicativo.