

# ANÁLISE ESPACIAL DA OFERTA DE EQUIPAMENTOS E SERVIÇOS NOS BAIRROS DE SÃO BERNARDO DO CAMPO: CORRELAÇÃO E REGRESSÃO ESPACIAL

Ana Beatrice Seabra Capovilla<sup>1</sup>, Dr. Fábio Gerab<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Departamento de Matemática, Centro Universitário FEI  
 ana.beatrice.capovilla@gmail.com, prifgerab@fei.edu.br

**Resumo:** Com o uso de modelos de Estatística Espacial, foi estudada a distribuição da oferta de equipamentos e de serviços para a população residente nos bairros do município de São Bernardo do Campo. Apesar das limitações, o presente trabalho destaca-se por ter estabelecido uma metodologia de análise de distribuição de serviços que pode ser replicada. Observou-se que a distribuição dos equipamentos e serviços de São Bernardo do Campo está adequada.

## 1. Introdução

A estatística espacial é capaz de mesclar as informações existentes (em um mapa, por exemplo) e transferi-las para uma base espacial, mensurando, para cada variável, a influência de um ente espacial (bairro, cidade, estado etc.) sobre seus entes vizinhos, de maneira a medir o quanto um vizinho se assemelha a outro [1]. Já os modelos de Regressão Espacial agregam as informações de correlação espacial aos modelos preditivos, permitindo estimar valores das variáveis considerando as proximidades espaciais aos seus vizinhos [2].

A partir do banco de dados estruturado, pôde-se começar o cálculo da correlação espacial utilizando a estatística I de Moran. Buscou-se, por meio da estatística espacial, investigar a existência de correlação espacial para várias variáveis que representam a oferta de equipamentos e serviços nos bairros do município de São Bernardo do Campo. Isto é, investigar para quais destas variáveis a existência de vizinhança entre bairros torna-se relevante. Posteriormente, buscou-se construir modelos preditivos para estas ofertas capazes de identificar carências ou ofertas excessivas.

## 2. Metodologia

Visando buscar dados confiáveis e disponíveis para os bairros de São Bernardo do Campo, foram utilizados dados públicos georreferenciados disponibilizados pelo município. Assim, as variáveis analisadas foram: cultura; desenvolvimento social; desenvolvimento econômico; educação; patrimônio histórico; esporte e lazer; saneamento básico; institucional; saúde; segurança pública; transporte; servidão; turismo e utilidade pública. No total são listados 1214 equipamentos ou serviços disponibilizados nos 34 bairros do Município de São Bernardo do Campo. É importante ressaltar também que foi usada a população de 2020 de cada bairro e que os dados foram tratados tanto brutos quanto per capita, além de divididos entre entidades particulares, públicas e públicas-parceiras. Uma vez selecionadas as variáveis, buscou-se também mapas digitais abertos do município

de São Bernardo do Campo. Importou-se ambos os dados de equipamentos e mapas para o software Geoda, que se mostrou adequado à elaboração de análises espaciais, tais como confecção de gráficos adequados à espacialização, Análise de Componentes Principais, Correlação Espacial e construção de Modelos Preditivos de Regressão Espacial, dentre outros.

Tabela 1 - Quantidades de serviços e equipamentos por bairro e sua população

ID	BAIRRO	Cult	Desv_Eco	Desv_Soc	Edu	Esp_Laz	Instit	Pat_Hist_Mun	Saude	San_Bas	Seg_Pub	Serv	Trans	Tur	Util_Pub	Pop2020
1	ALTO DA SERENA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	ALVES DIAS	0	0	5	13	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	31573
3	ANCHIETA	0	0	0	12	3	6	0	2	0	1	0	0	0	4	16010
4	ASSUNCAO	4	0	16	32	4	0	1	10	2	6	0	1	0	3	44981
5	BATEIA NEVES	4	3	5	25	12	1	1	6	3	2	0	0	0	0	54716
6	BALNEARIA	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	422
7	BATISTINI	0	0	5	16	5	0	1	2	3	2	0	0	0	0	33840
8	BOTUCURU	0	0	1	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14436
9	CAPIVARI	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1989
10	CENTRO	20	1	27	70	7	18	31	32	3	13	2	4	5	28	53223
11	COOPERATIVA	1	0	2	6	2	0	0	0	5	1	0	0	0	0	28472
12	CURUCUTU	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1804
13	DEMARCHI	0	0	1	18	7	1	1	3	5	0	0	1	1	0	28904
14	DOS ALVARÉNGA	0	0	7	24	9	1	1	6	6	2	0	0	0	1	71402
15	DOS CASAS	0	0	5	21	7	0	1	4	1	5	0	2	0	1	55646
16	DOS FINCO	0	0	3	5	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	11203
17	DOS MARQUES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
18	FERRAZDOPOLIS	2	0	4	25	4	0	1	6	6	3	1	0	0	0	47903
19	INDEPENDÊNCIA	0	0	3	14	1	1	0	1	4	1	0	0	0	0	24208
20	JORDANOPOLIS	0	0	0	11	1	0	0	1	2	1	0	0	0	0	15774
21	MONTANAHO	0	0	6	21	10	0	1	7	8	2	0	0	1	0	107951
22	NOVA PETROPOLIS	3	0	3	28	4	5	4	5	2	2	0	0	0	1	22641
23	PAULICEIA	2	0	2	20	5	2	2	5	4	5	0	0	1	2	26762
24	PURANTO	2	0	6	17	7	1	3	2	2	1	0	0	0	0	33923
25	RIO GRANDE	1	1	2	8	5	2	2	3	1	6	0	1	4	2	7267
26	RIO PEQUENO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
27	RUISE BRANCO	3	0	5	21	8	3	5	12	10	0	0	0	0	6	43865
28	SANTA CRUZ	0	0	2	2	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0	2217
29	SANTA TEREZINHA	1	0	1	8	6	0	0	1	1	1	0	0	0	0	27298
30	TANCAO	1	0	3	21	3	0	1	5	6	5	0	0	0	0	28951
31	TAGUACETUBA	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1751
32	TATÓIS	0	0	2	3	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2879
33	VARGEMINHA	0	0	0	1	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	3220
34	ZANGALIA	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	204

O software permite a incorporação de mapas digitais como posicionamento espacial (geocodificação), além da incorporação de tabelas de dados com distintos tipos de variáveis associadas aos dados espaciais, sejam eles polígonos, sejam eles pontos geocodificados.

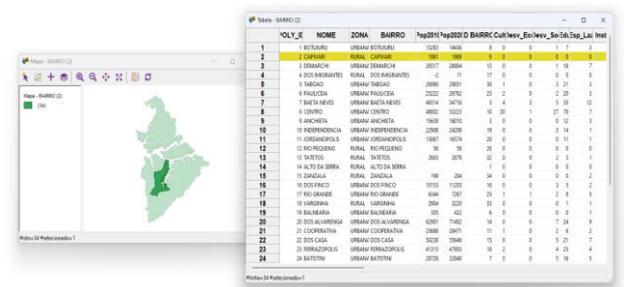


Figura 1 - Relação obtida pelo GeoDa da respectiva localização, nome e equipamentos do bairro Capivari

Foram realizados a identificação das fontes de dados socioeconômicos dos bairros; a definição de variáveis disponíveis; a sua importação para o mapa global; a análise adequada de compatibilidade para valores absolutos e per capita; a definição dos critérios de inclusão de bairros, considerando uma área territorial mínima e população mínima, bem como a existência de fronteiras e vizinhanças; a correlação espacial para estas variáveis (I de Moran); o ranqueamento das variáveis segundo o I de Moran e mapas LISA (Local Spatial

Autocorrelation); a construção de um modelo de regressão espacial utilizando as variáveis significantes e, por último, a identificação de principais influências nos padrões de desenvolvimento dos bairros do Município de São Bernardo do Campo, bem como carências regionais.

### 3. Resultados

Com os dados citados anteriormente e com a correlação entre o mapa e as tabelas inserida no Geoda, partiu-se para as análises. Aqui são exemplificados o I de Moran e Mapas LISA; métodos de análise estatística espacial que foram utilizados.

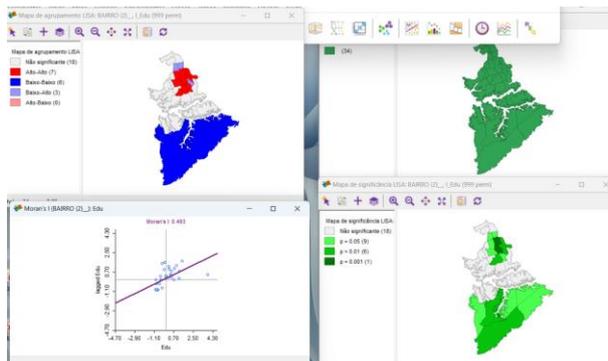


Figura 2 - Exemplificação do I de Moran e LISA para a variável educação bruta

Para determinação de quais são as variáveis mais significativas, selecionou-se apenas as 7 variáveis com maior I de Moran absoluto (quanto mais alto o índice, melhor a distribuição espacial do equipamento): educação, esporte e lazer, saneamento básico, institucional, desenvolvimento social, cultura e saúde.

Analisando-se o I de Moran, juntamente com os Mapas LISA, obteve-se com mais significantes as variáveis educação e saúde.

Aplicou-se o modelo SAR (*Spatial AutoRegressive*) para determinar quais variáveis possuíam interrelação espacial. Modelou-se as variáveis saúde e educação, inicialmente com todas demais variáveis, reduzindo-se uma a uma, até que apenas as significativas restassem (*Backward Stepwise Elimination*).

```

|>-10/02/2024 18:38:14
REGRESSÃO
-----
SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL LAG MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION
Data set : BAIRRO (2)
Spatial Weight : BAIRRO (2)
Dependent Variable : Saude Number of Observations : 34
Mean dependent var : 3,44118 Number of Variables : 6
S.D. dependent var : 8,80158 Degrees of Freedom : 28
Lag coeff. (Rho) : -0,147002
-----
R-squared : 0,975555 Log likelihood : -45,0461
Sq. Correlation : -0,022547 Akaike info criterion : 102,092
Sigma-square : 0,822788 Schwarz criterion : 111,25
S.E. of regression : 0,507077
-----
Variable Coefficient Std. Error z-value Probability
-----
W_Saude -0,147002 0,0608735 -2,3967 0,00365
CONSTANT -0,022547 0,250043 -0,089037 0,92508
Dev_Eco -1,29558 0,366107 -3,53818 0,00027
Edu 0,282364 0,0227985 11,0694 0,00000
Insttit -0,3517 0,157807 -2,22868 0,02584
Util_Pub 0,808859 0,192768 4,19228 0,00000
-----
REGRESSION DIAGNOSTICS
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST DF VALUE PROB
Breusch-Pagan test 4 2,3396 0,67356
-----
DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
SPATIAL LAG DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : BAIRRO (2)
TEST DF VALUE PROB
Likelihood Ratio Test 1 7,6961 0,00556
----- END OF REPORT
    
```

Figura 3 - Relatório de Regressão com as variáveis significativas- saúde bruta

Em seguida, obteve-se as tabelas de erros que retratavam a diferença entre o número real de equipamentos e o predito pelo modelo aferido. Com essas tabelas, foram feitos os gráficos de quebras naturais para estes erros.

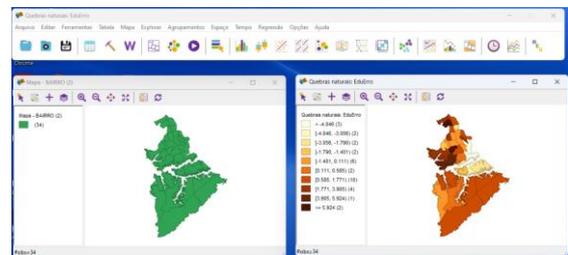


Figura 4 - Gráfico de quebras naturais para erro – educação bruta

Por último, fez-se a análise de clusters destes erros refinando-se a análise da distribuição de oferta tanto de saúde quanto de educação.

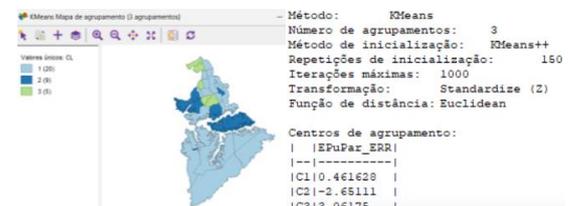


Figura 5 – Análise e separação de cluster - educação pública parceira

### 4. Conclusões

O trabalho conseguiu estabelecer, a partir de uma análise estatística, o conjunto de variáveis com impacto relevante no cenário de desenvolvimento de São Bernardo do Campo. Conclui-se também que as distribuições de equipamentos de saúde e educação estão equilibradas no município. Foi investigada a existência de concentração espacial na distribuição de faltas ou de excessos das variáveis saúde e educação em relação ao modelo ajustado. Não se verificou um padrão espacial para as demais variáveis estudadas.

Entende-se que as principais contribuições deste trabalho foram o desenvolvimento de uma metodologia que pode ser replicada e a análise e divulgação dos resultados do município de São Bernardo do Campo.

### 5. Referências

- [1] MARQUES, J. et al. A localização urbana na valorização residencial: Modelos de autocorrelação espacial. Actas do XV Encontro da APDR, 2009.
- [2] ALMEIDA, Eduardo. Econometria espacial. Campinas-SP. Alínea, v. 31, 2012.

### Agradecimentos

À instituição FEI pela oportunidade de realização do presente trabalho científico.

<sup>1</sup> Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 06/2023 a 05/2024.