



SER301 – Análise Espacial de Dados Geográficos

Análise espacial do tipo de colheita da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo

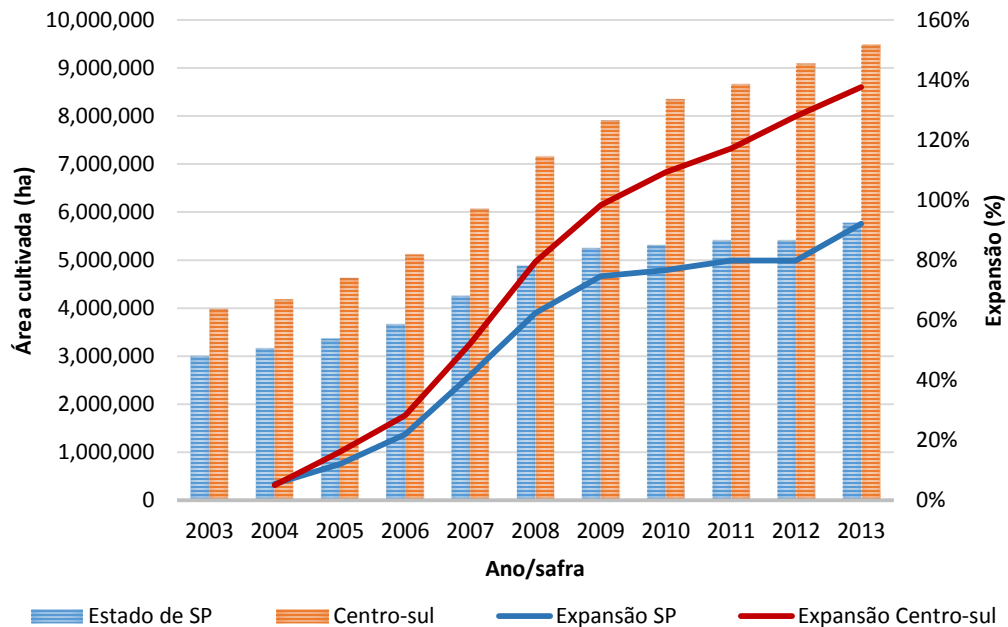
Bruno Silva Oliveira

São José dos Campos - SP
19 de dezembro de 2014

Introdução

Cana-de-açúcar

- Expansão desde 2003
- Região Centro-sul – 90% da produção nacional de etanol e 87% da produção de açúcar (ÚNICA, 2014)



Introdução

- Tipos de colheita da cana-de-açúcar
- Índice de colheita (Novaes et al.,2011)
- Novaes relaciona o I_c com fatores socioeconômicos, afirmando que é necessário considerar também **fatores topográficos e ambientais**

$$I_c = \frac{C_{crua} - C_{queima}}{C_{crua} + C_{queima}}$$

$(-1 < I_c < 1)$



Introdução



Objetivo

O objetivo do estudo é verificar a relação entre o índice de colheita e fatores topográficos e ambientais, verificando se essas variáveis podem explicar o tipo de colheita empregada.

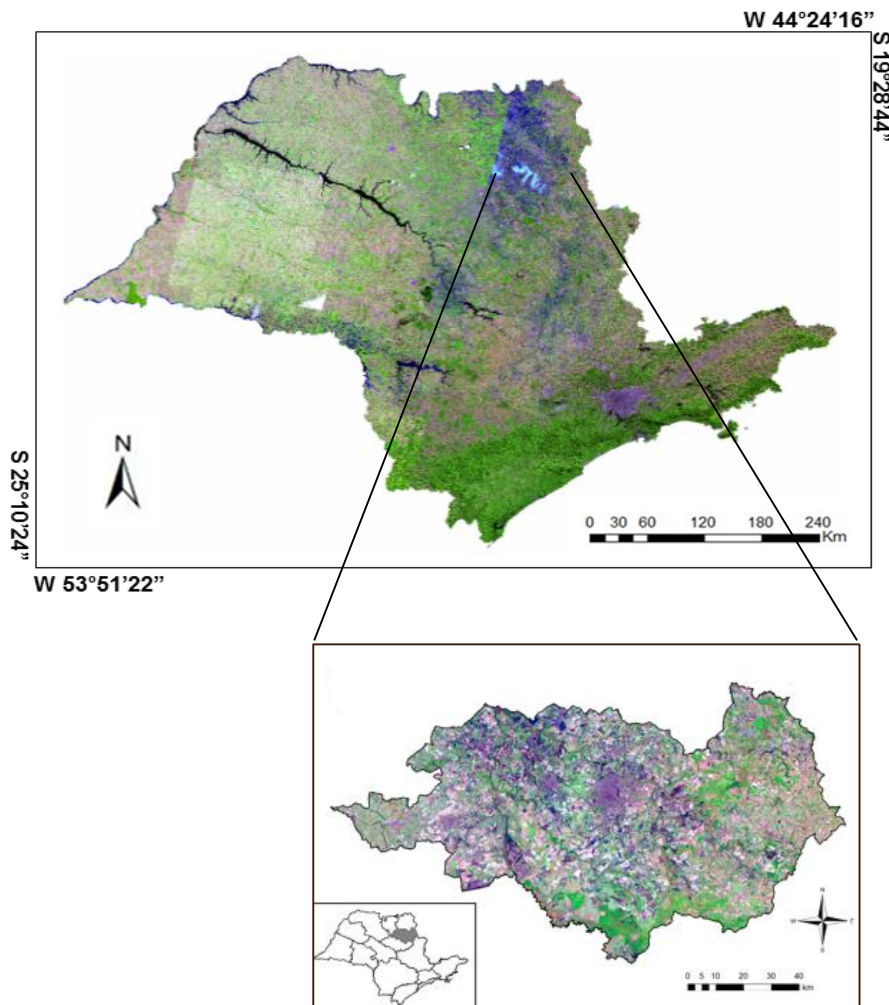
Metodologia



Metodologia

Área de estudo

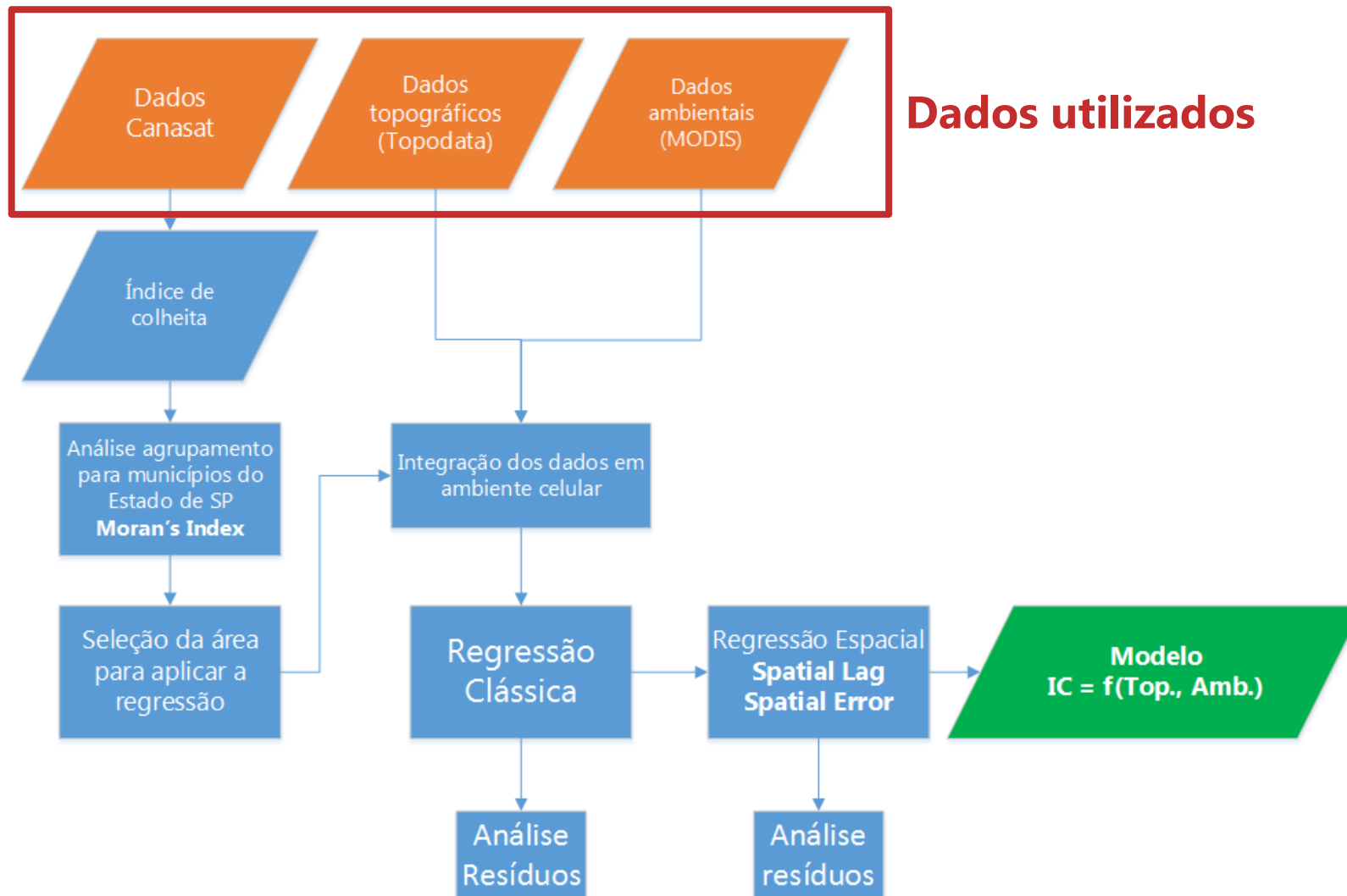
Estado de São Paulo



- Clima tropical de altitude (chuvas durante o verão e períodos secos durante o inverno)
- Temperatura média do mês mais quente acima de 22°C
- Precipitação entre 1500 e 2000 mm.ano⁻¹
- Altitude entre 200 e 800 m para áreas de cana
- RA de Ribeirão Preto
 - 10,5%, 9,14% e 8,51% da área cultivada com cana-de-açúcar em São Paulo em 2008, 2010 e 2012, respectivamente
 - ~ 50% da área da RA ocupada por cana-de-açúcar

Metodologia

Resumo das etapas da metodologia

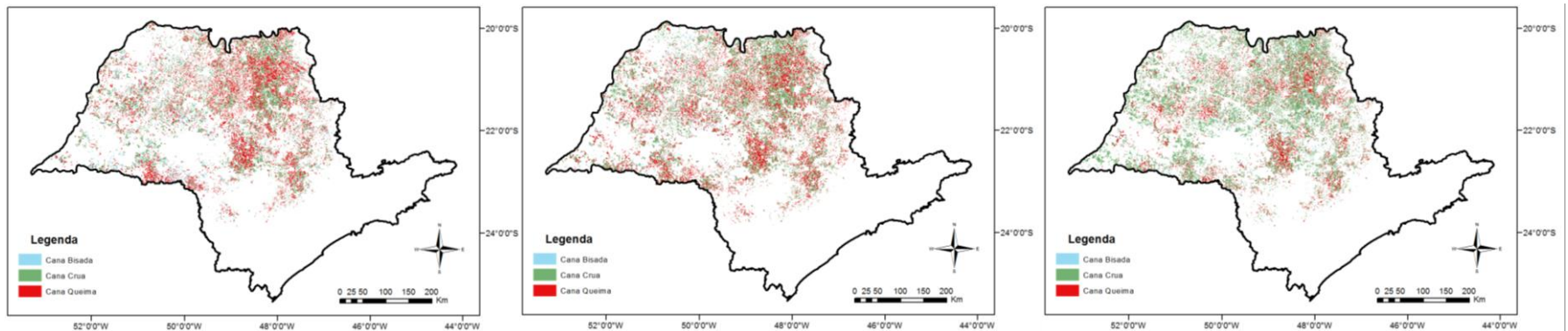


Metodologia

Dados utilizados

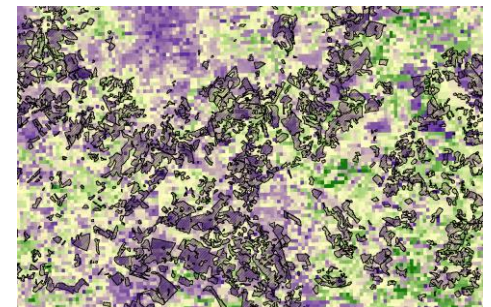
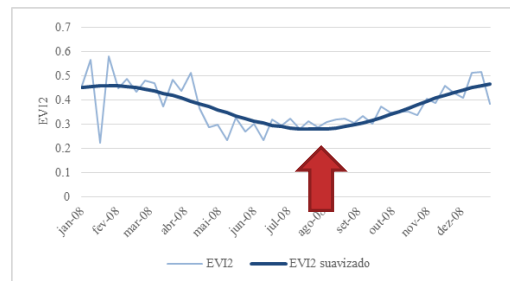
CANASAT - Mapeamento do tipo de colheita

- 2008, 2010 e 2012



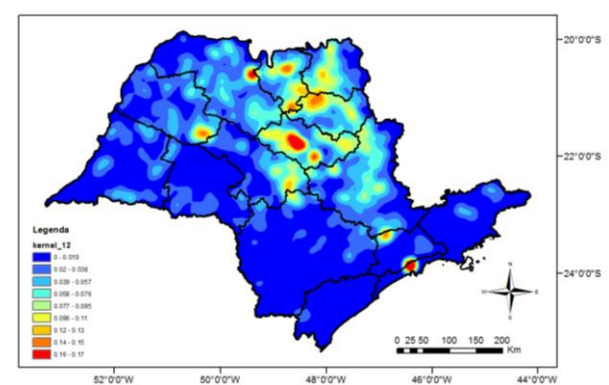
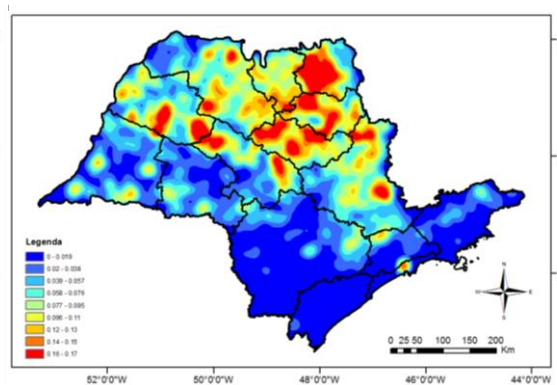
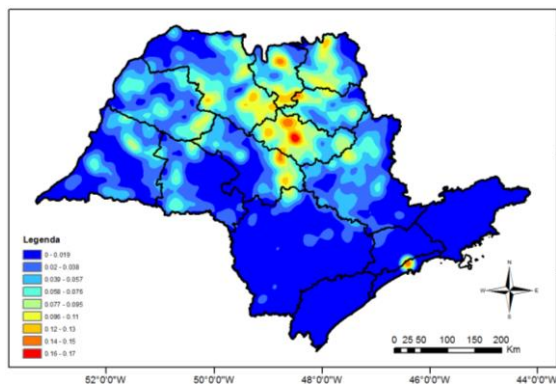
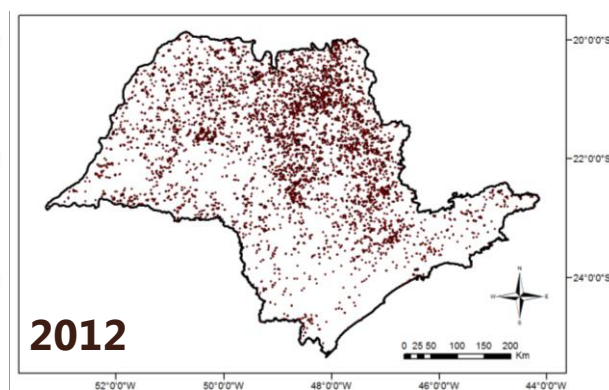
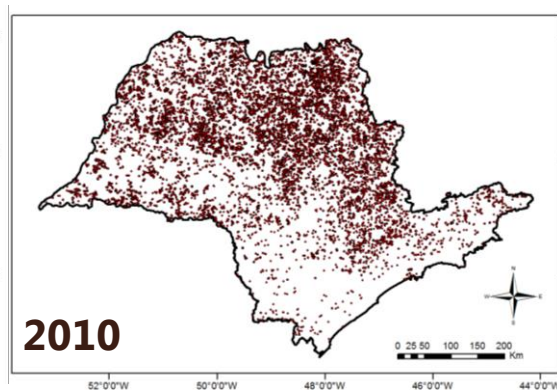
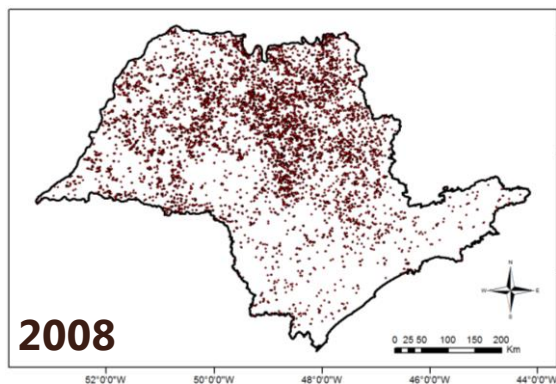
MODIS

- Albedo (Liang, 2000) / EVI2 – *Enhanced Vegetation Index* (Jiang et al., 2008)



Metodologia

Dados utilizados – Focos de queimada - MODIS

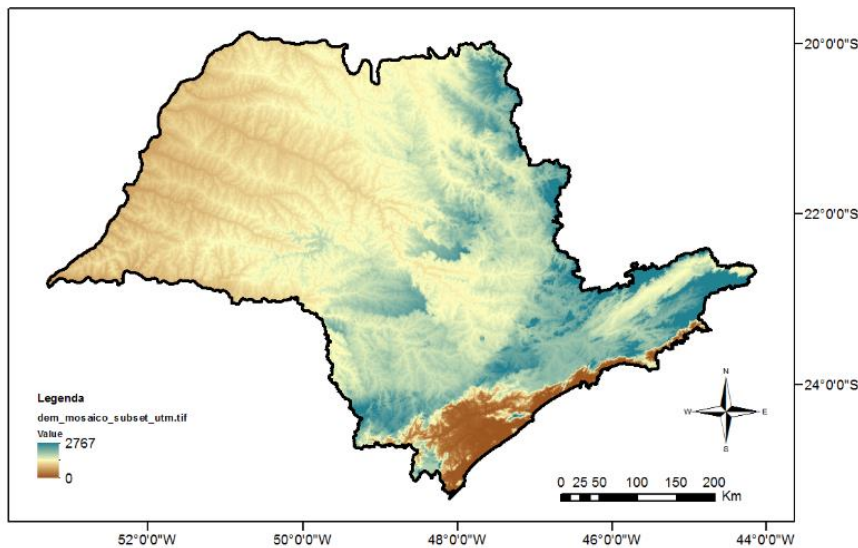


Metodologia

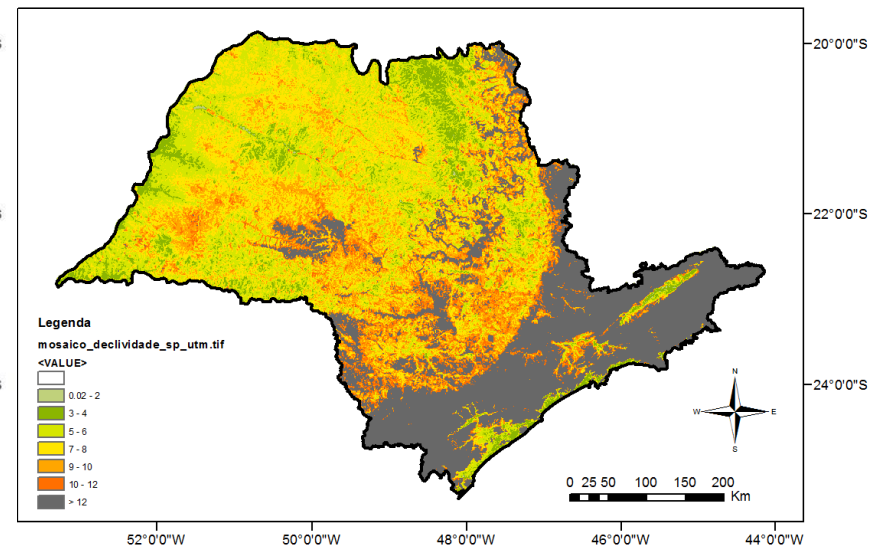
Dados utilizados

- Topodata – refinamento do SRTM (Valeriano e Rossetti, 2009)
 - Modelo digital de elevação
 - Declividade
 - Resolução espacial – 30m

Elevação

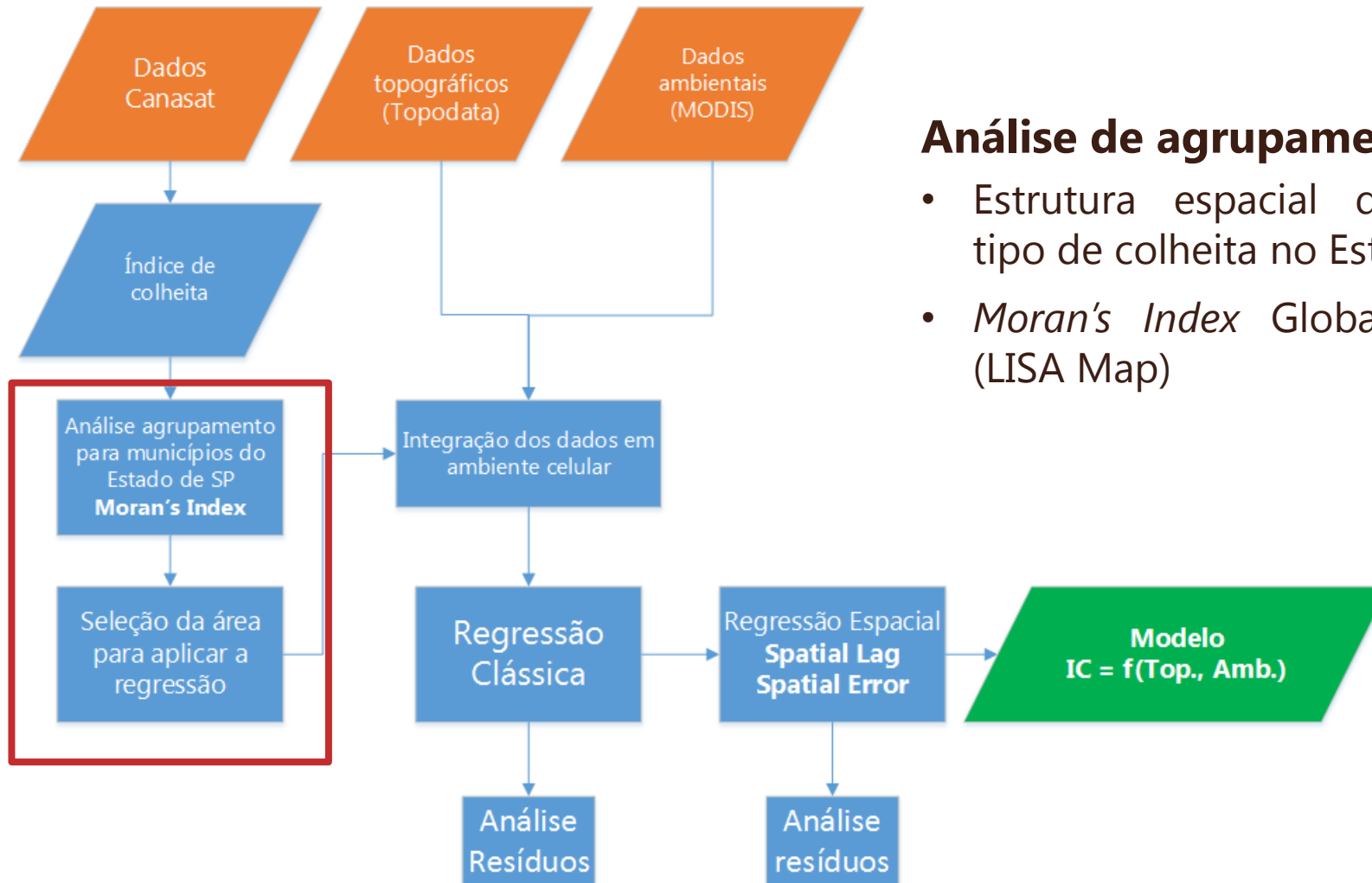


Declividade



Metodologia

Resumo das etapas da metodologia

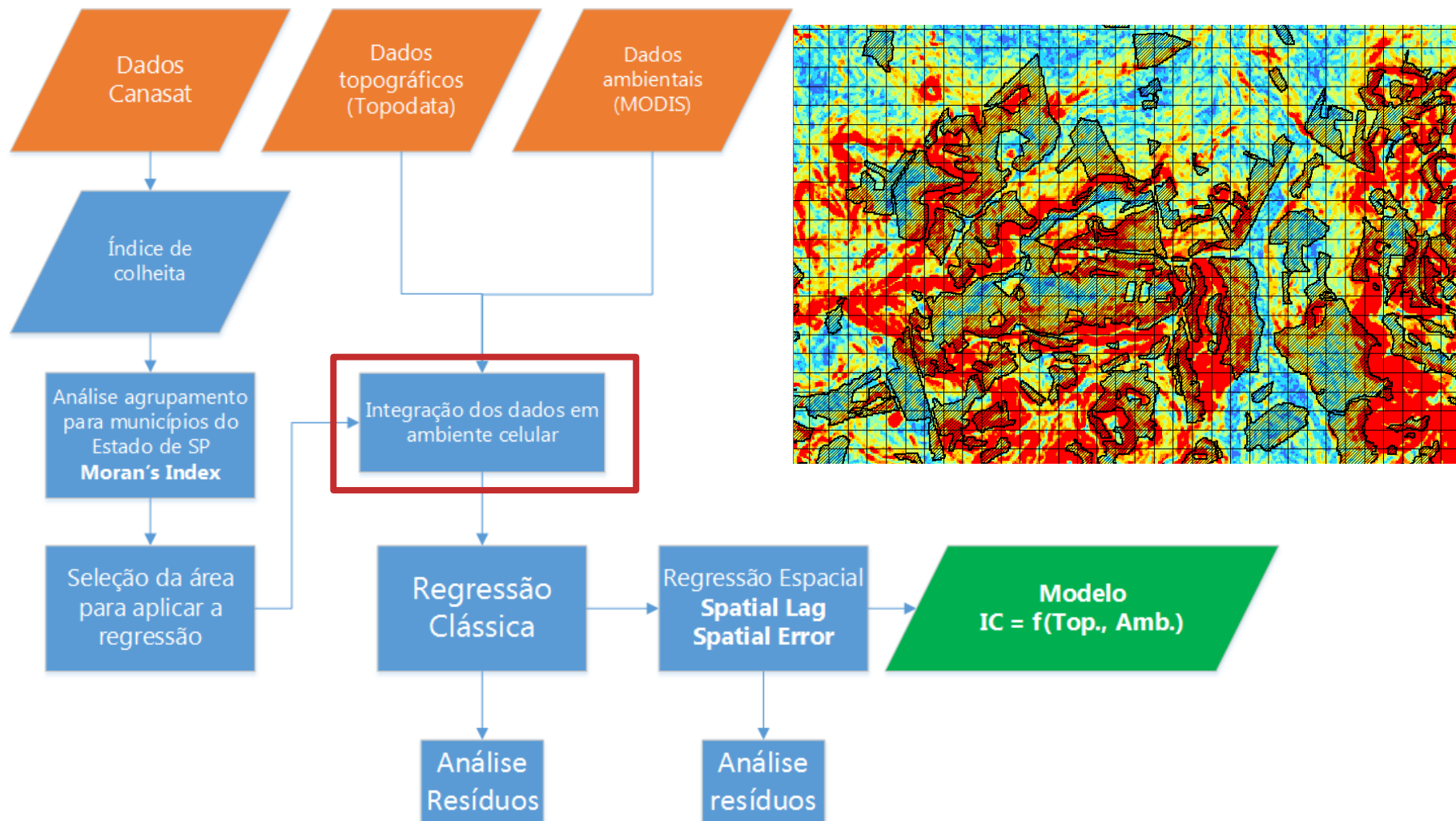


Análise de agrupamento

- Estrutura espacial quanto ao tipo de colheita no Estado de SP
- *Moran's Index* Global e Local (LISA Map)

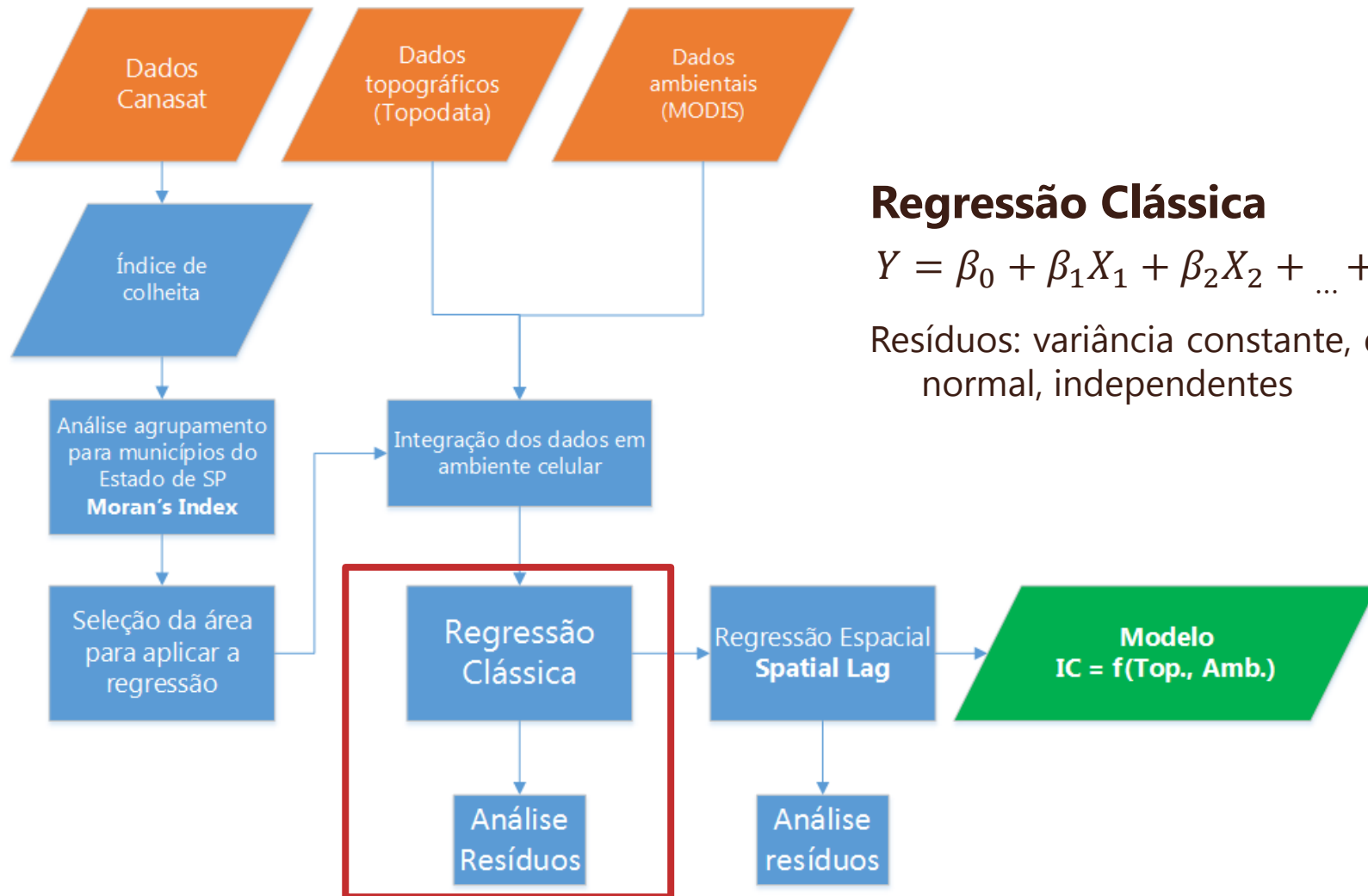
Metodologia

Resumo das etapas da metodologia



Metodologia

Resumo das etapas da metodologia



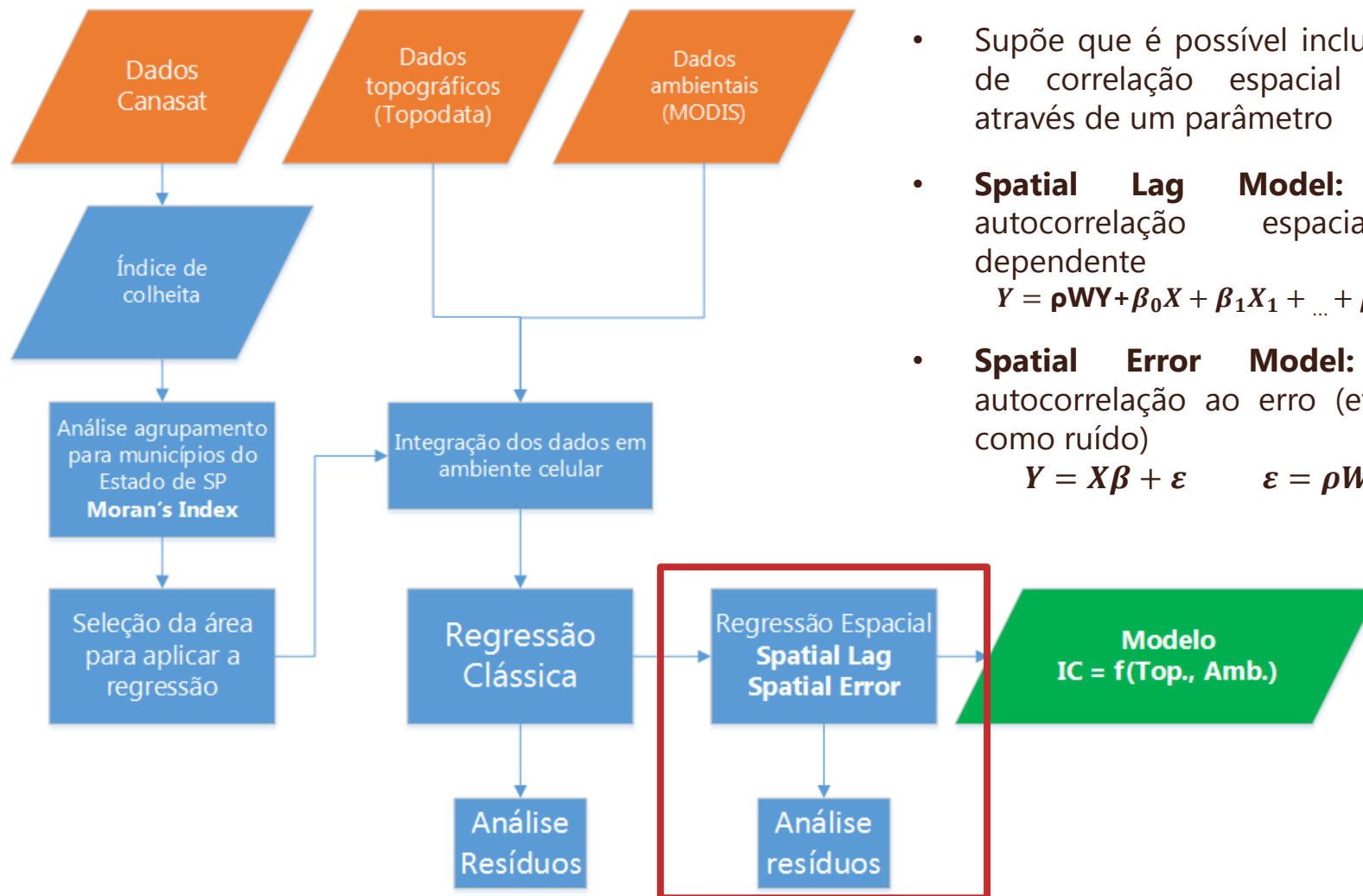
Regressão Clássica

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

Resíduos: variância constante, distribuição normal, independentes

Metodologia

Resumo das etapas da metodologia



Regressão Espacial

- Supõe que é possível incluir a estrutura de correlação espacial ao modelo através de um parâmetro

- **Spatial Lag Model:** atribui a autocorrelação espacial variável dependente

$$Y = \rho WY + \beta_0 X + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

- **Spatial Error Model:** atribui a autocorrelação ao erro (efeito espacial como ruído)

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad \varepsilon = \rho W\varepsilon + \xi$$

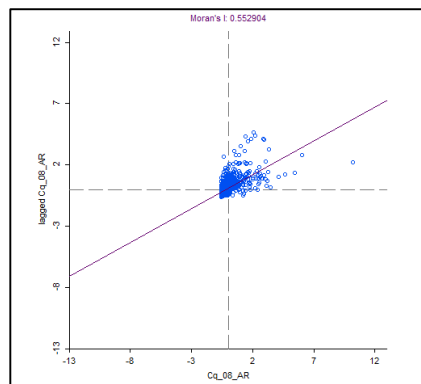
Resultados e Discussão



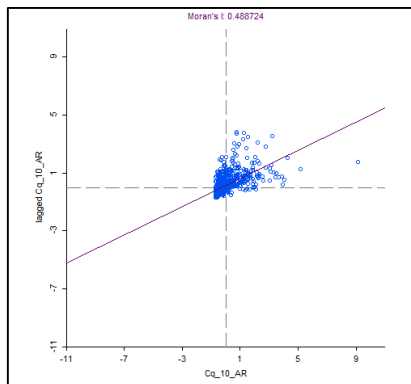
Resultados e Discussão

Análise de agrupamento no Estado de São Paulo

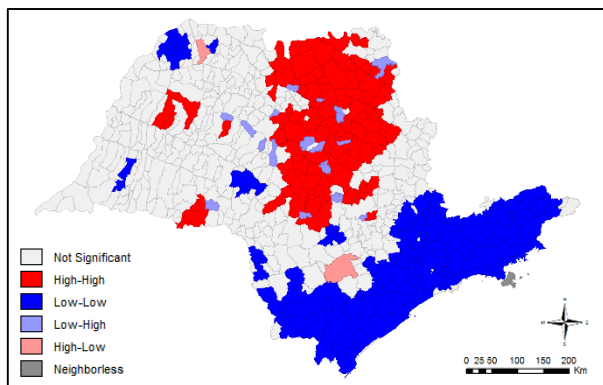
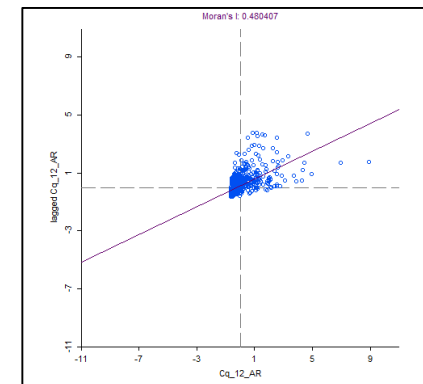
MI=0.552904
p-valor=0.01



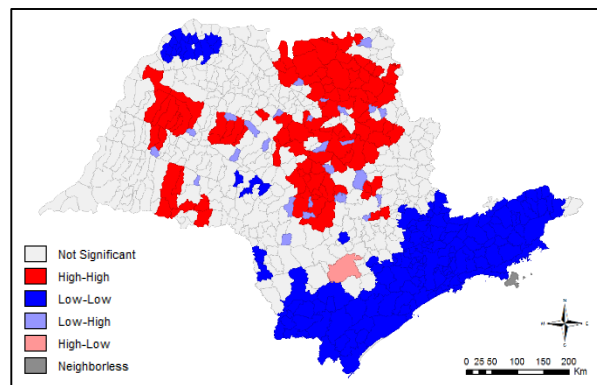
MI=0.488724
p-valor=0.01



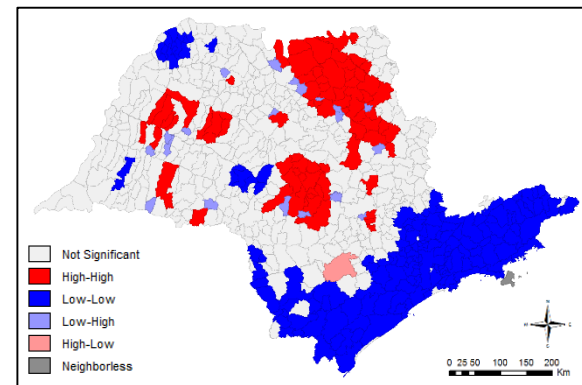
MI=0.480407
p-valor=0.01



2008



2010

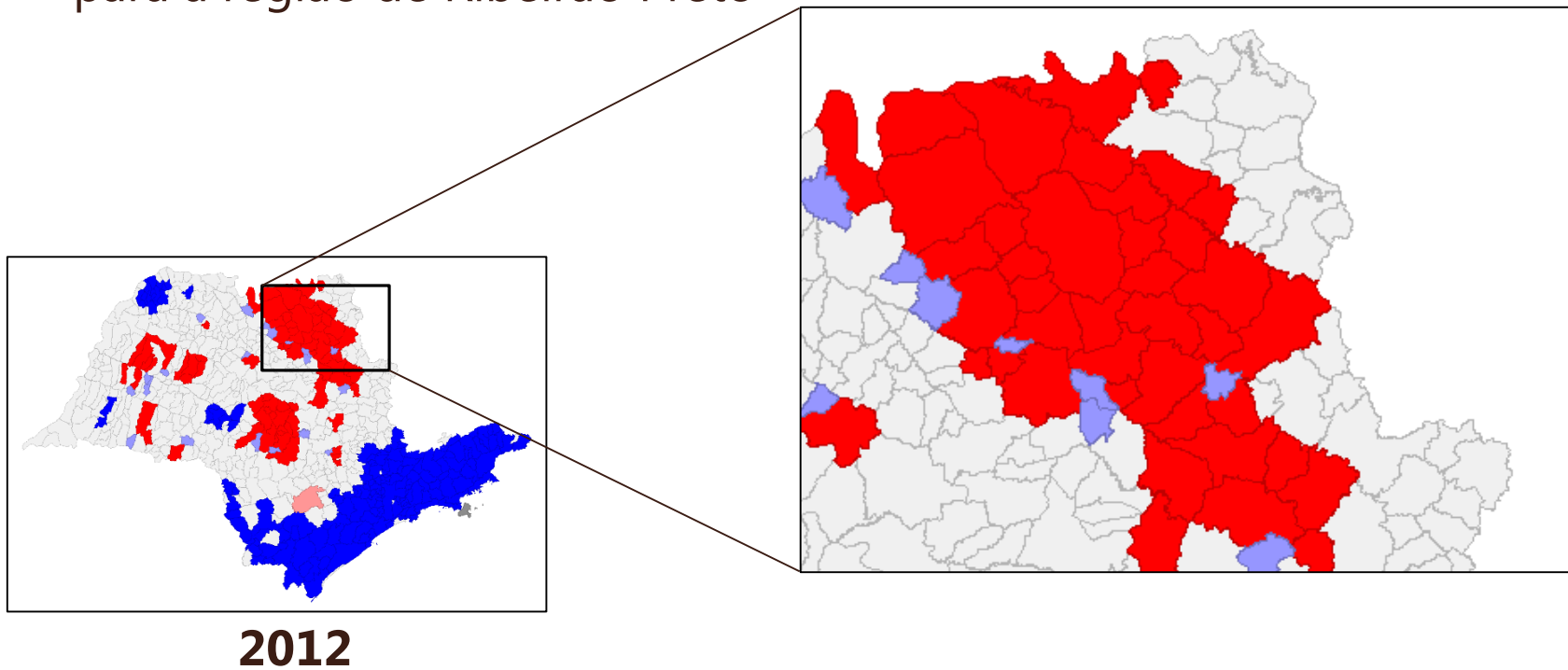


2012

Resultados e Discussão

Agrupamento

- Maior concentração de área plantada da cana-de-açúcar
- Concentração de colheita com queima
- Considerando esse comportamento, aplicou-se a análise de regressão para a região de Ribeirão Preto

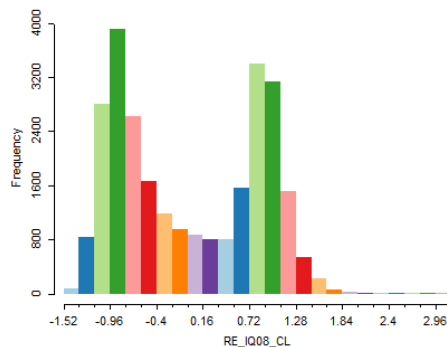


Resultados e Discussão

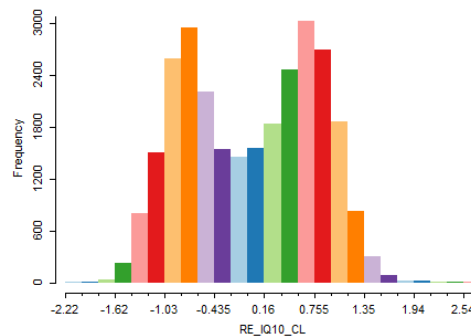
Regressão Clássica

	R ²	Multicolinearidade	Normalidade Jarque-Bera	Heteroced. Breusch-Pagan test	Log likelihood	Akaike	Schwarz crit.
2008	0.09	19.90	2578 prob=0.0000	Valor=46 prob= 0.0000	-33915	67842	67891
2010	0.20	19.63	1633 prob=0.0000	Valor= 568 prob=0.0000	-32734	65480	65529
2012	0.09	19.63	2506 prob=0.0000	Valor= 436 prob=0.0000	-32780	65572	65621

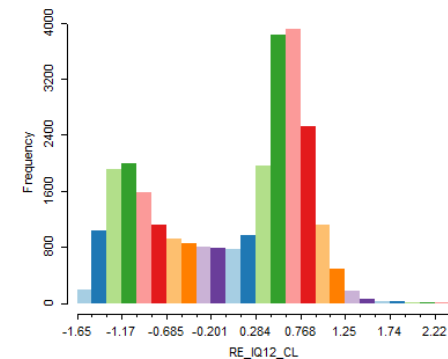
Histograma dos resíduos



2008



2010



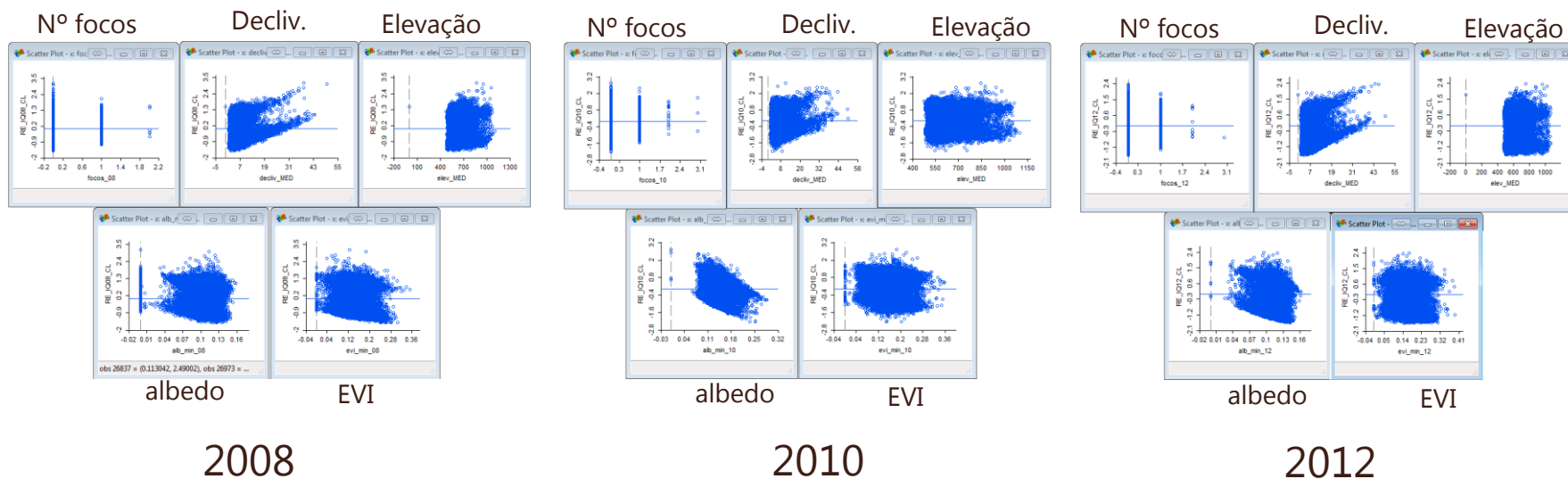
2012

Resultados e Discussão

Regressão Clássica

	R ²	Multicolinearidade	Normalidade Jarque-Bera	Heteroced. Breusch-Pagan test	Log likelihood	Akaike	Schwarz crit.
2008	0.09	19.90	2578 prob=0.0000	Valor=46 prob= 0.0000	-33915	67842	67891
2010	0.20	19.63	1633 prob=0.0000	Valor= 568 prob=0.0000	-32734	65480	65529
2012	0.09	19.63	2506 prob=0.0000	Valor= 436 prob=0.0000	-32780	65572	65621

Dispersão dos resíduos x variáveis

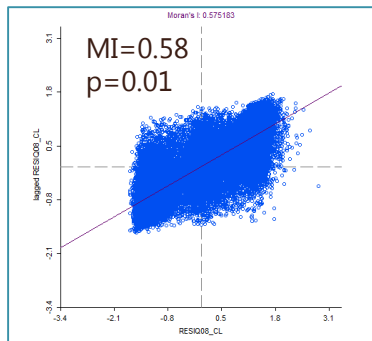


Resultados e Discussão

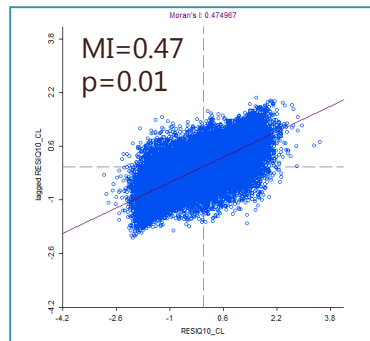
Regressão Clássica

	R ²	Multicolinearidade	Normalidade Jarque-Bera	Heteroced. Breusch-Pagan test	Log likelihood	Akaike	Schwarz crit.
2008	0.09	19.90	2578 prob=0.0000	Valor=46 prob= 0.0000	-33915	67842	67891
2010	0.20	19.63	1633 prob=0.0000	Valor= 568 prob=0.0000	-32734	65480	65529
2012	0.09	19.63	2506 prob=0.0000	Valor= 436 prob=0.0000	-32780	65572	65621

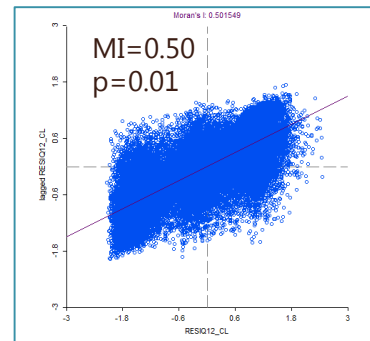
Moran's Index para os resíduos



2008



2010



2012

- Modelo explica pouco da correlação
- Não confiável para fazer inferências para o IC
- Autocorrelação espacial (H_0 rejeitada)

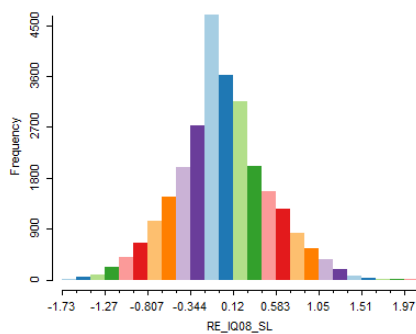
Resultados e Discussão

Regressão Espacial – Spatial Lag

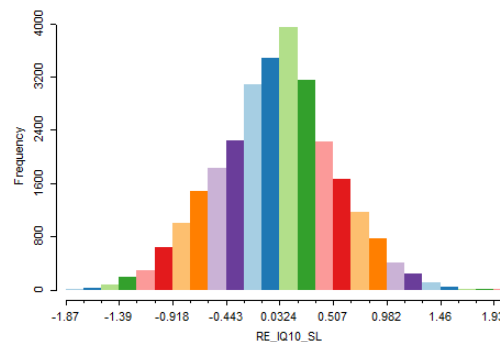
$$Y = \rho WY + \beta_0 X + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

	R ²	Heteroced. Breusch-Pagan test	Log likelihood	Akaike	Schwarz crit.
2008	0.69	Valor=79 prob: 0.0000	-21748	43511	43568
2010	0.64	Valor: 319 prob:0.0000	-23475	46964	47021
2012	0.62	Valor: 308 prob:0.0000	-23067	46149	46207

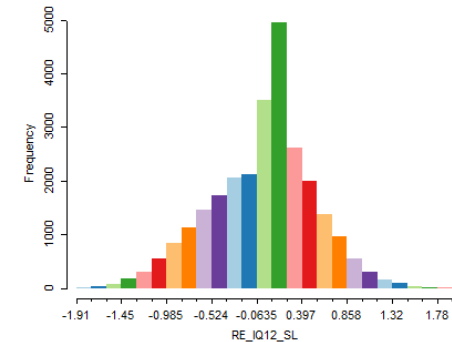
Histograma dos resíduos



2008



2010



2012

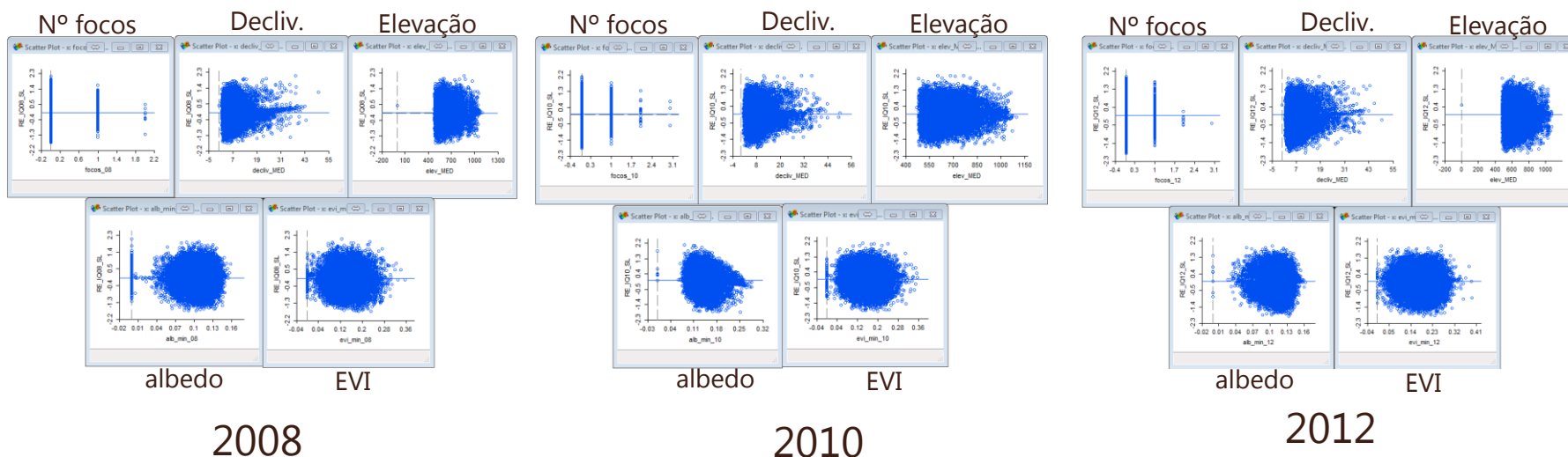
Resultados e Discussão

Regressão Espacial – Spatial Lag

$$Y = \rho WY + \beta_0 X + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

	R ²	Heteroced. Breusch-Pagan test	Log likelihood	Akaike	Schwarz crit.
2008	0.69	Valor=79 prob: 0.0000	-21748	43511	43568
2010	0.64	Valor: 319 prob:0.0000	-23475	46964	47021
2012	0.62	Valor: 308 prob:0.0000	-23067	46149	46207

Dispersão dos resíduos x variáveis



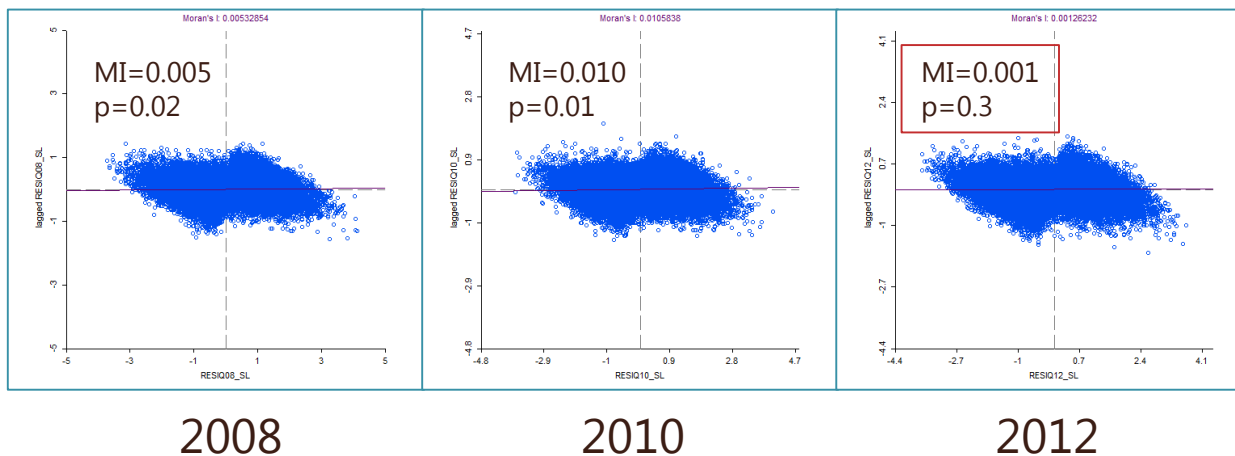
Resultados e Discussão

Regressão Espacial – Spatial Lag

$$Y = \rho WY + \beta_0 X + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

	R ²	Heteroced. Breusch-Pagan test	Log likelihood	Akaike	Schwarz crit.
2008	0.69	Valor=79 prob: 0.0000	-21748	43511	43568
2010	0.64	Valor: 319 prob:0.0000	-23475	46964	47021
2012	0.62	Valor: 308 prob:0.0000	-23067	46149	46207

Moran's Index para os resíduos



*Pseudo -
significância
999 permutações

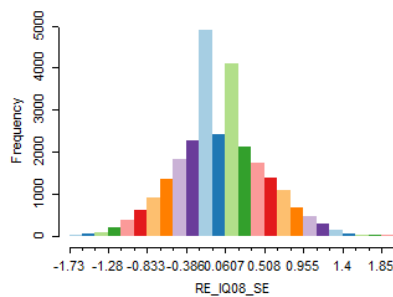
Resultados e Discussão

Regressão Espacial – Spatial Error

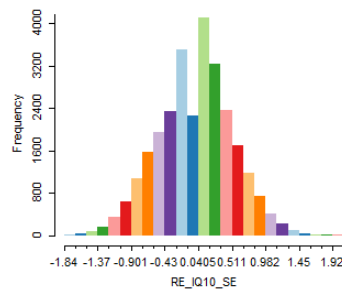
$$Y = X\beta + \varepsilon \quad \varepsilon = \rho W\varepsilon + \xi$$

	R ²	Heteroced. Breusch-Pagan test	Log likelihood	Akaike	Schwarz crit.
2008	0.69	Valor=77 prob: 0.0000	-21901	43815	43864
2010	0.64	Valor: 335 prob:0.0000	-23761	47534	47584
2012	0.62	Valor: 303 prob:0.0000	-23211	46435	46484

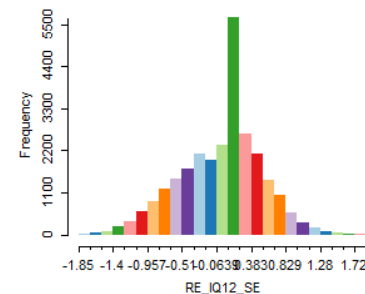
Histograma dos resíduos



2008



2010



2012

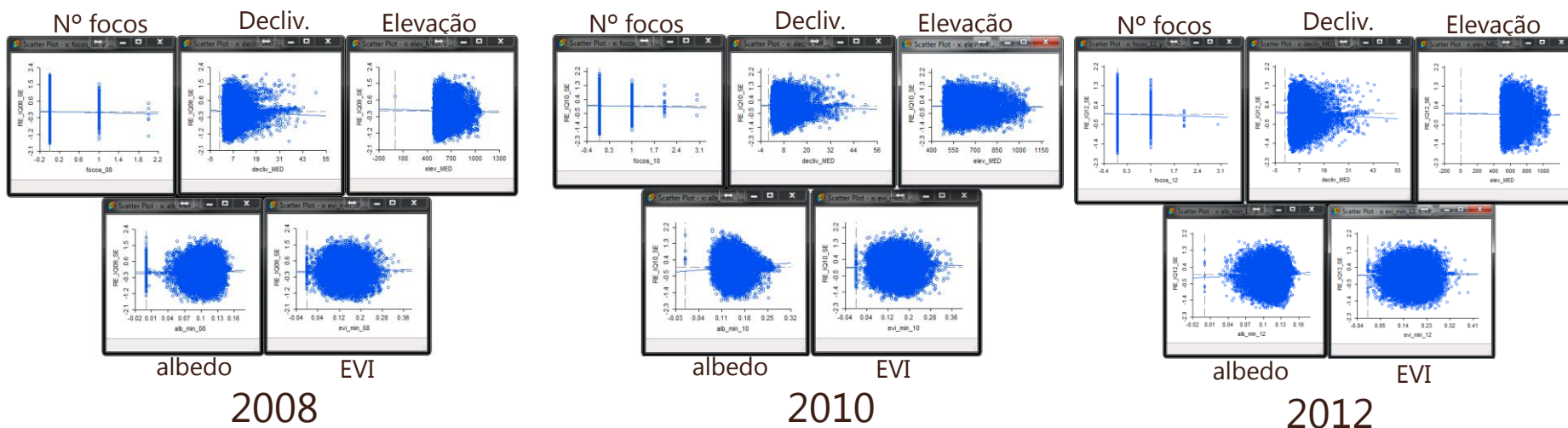
Resultados e Discussão

Regressão Espacial – Spatial Error

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad \varepsilon = \rho W\varepsilon + \xi$$

	R ²	Heteroced. Breusch-Pagan test	Log likelihood	Akaike	Schwarz crit.
2008	0.69	Valor=77 prob: 0.0000	-21901	43815	43864
2010	0.64	Valor: 335 prob:0.0000	-23761	47534	47584
2012	0.62	Valor: 303 prob:0.0000	-23211	46435	46484

Dispersão dos resíduos x variáveis



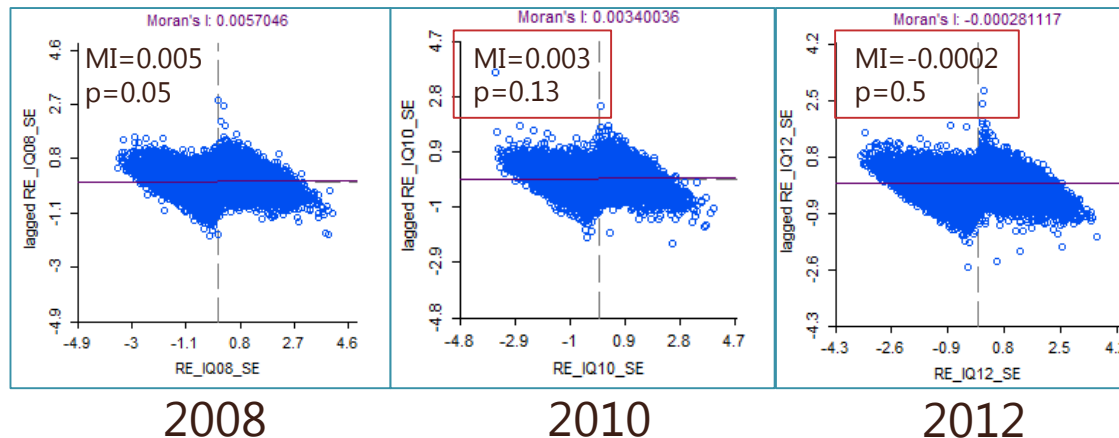
Resultados e Discussão

Regressão Espacial – Spatial Error

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad \varepsilon = \rho W\varepsilon + \xi$$

	R ²	Heteroced. Breusch-Pagan test	Log likelihood	Akaike	Schwarz crit.
2008	0.69	Valor=77 prob: 0.0000	-21901	43815	43864
2010	0.64	Valor: 335 prob:0.0000	-23761	47534	47584
2012	0.62	Valor: 303 prob:0.0000	-23211	46435	46484

Moran's Index para os resíduos



*Pseudo -
significância
999 permutações

Resultados e Discussão

Análise de Regressão – Comparando...

	2008				2010				2012			
	R ²	Akaike	Log likel.	I.Moran Resíd.	R ²	Akaike	Log likel	I.Moran Resíd.	R ²	Akaike	Log likel	I.Moran Resíd.
Reg. Clássica	0.09	67842	-33915	0.58 p=0.01	0.20	65480	-32734	0.47 p=0.01	0.09	65572	-32780	0.50 p=0.01
Spatial Lag	0.69	43511	-21748	0.005 p=0.02	0.64	46964	-23475	0.010 p=0.01	0.62	46149	-23067	0.001 p=0.3
Spatial Error	0.69	43815	-21901	0.005 p=0.05	0.64	47534	-23761	0.003 p=0.13	0.62	46435	-23211	0.0002 p=0.5

Resultados e Discussão

Coeficientes para a Regressão Espacial – Spatial Lag

	2008	2010	2012
W	0.8707267	0.8180957	0.8331319
β_0	-0.2766547	-0.5039933	-0.3379003
β_1	-0.04566439	-0.01496748	0.04744849
β_2	-0.01256708	-0.009844173	-0.01356491
β_3	8.450e-005	-1.3027e-005	0.0001582646
β_4	1.632627	3.739235	2.749045
β_5	0.9549892	0.3361142	0.3934478

$$Ic = \rho \cdot W \cdot Ic + \beta_0 + \beta_1 \cdot n^{\circ} \text{ focos} + \beta_2 \cdot \text{declividade} + \beta_3 \cdot \text{elevação} + \beta_4 \cdot \text{albedo} + \beta_5 \cdot \text{EVI}$$

Resultados e Discussão

Conclusões

- Foi verificado que a inclusão dos efeitos de dependência espacial nos modelos de regressão é importante, visto que o resultado obtido para a regressão espacial foi melhor
 - Ic apresenta correlação espacial com as variáveis explicativas
 - Porém os resíduos não são homocedásticos
- Resultados similares para 2008, 2010 e 2012 na área selecionada
- Abordagem variando o tamanho da célula ou por município
- Empregar outras variáveis pode levar a melhores resultados



SER301 – Análise Espacial de Dados Geográficos

Muito obrigado!

bruno.so@dss.inpe.br

