



# Análise de regressão para o estudo da intensidade de degradação florestal no sudoeste do Pará

SER 301 – Análise Espacial de Dados Geográficos

Danilo Avancini Rodrigues

# INTRODUÇÃO

**Amazônia e sua importância:** biomassa, biodiversidade e ciclos biogeoquímicos;



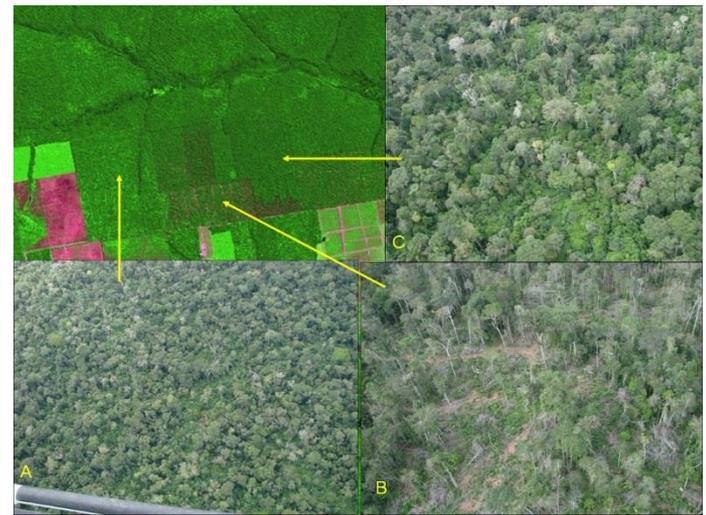
Fonte: MMA

**Mudança na cobertura da terra:** remoção da cobertura florestal;

- Desmatamento: corte raso (INPE, 2000)
- Degradação florestal: exploração seletiva de madeira e fogo florestal (INPE, 2008)



Fonte: Agência Brasil (2013)

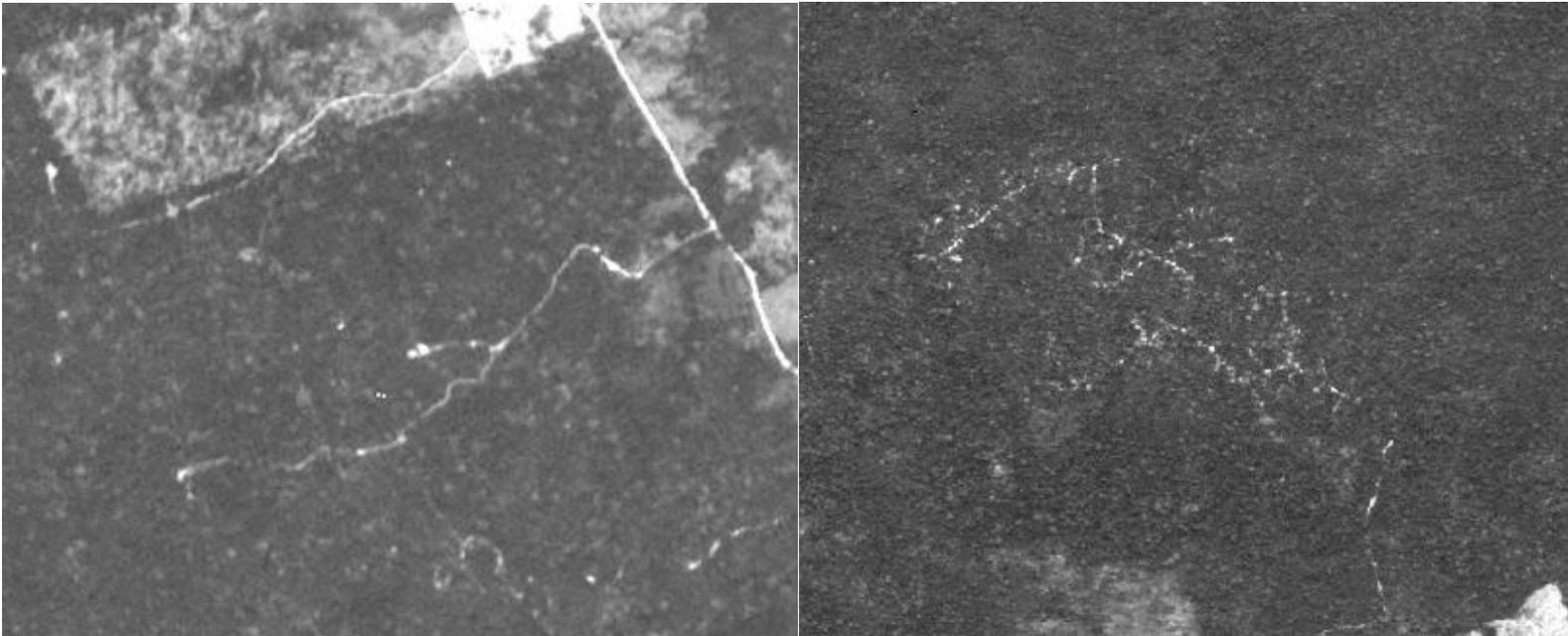


Fonte: INPE (2008)

# INTRODUÇÃO

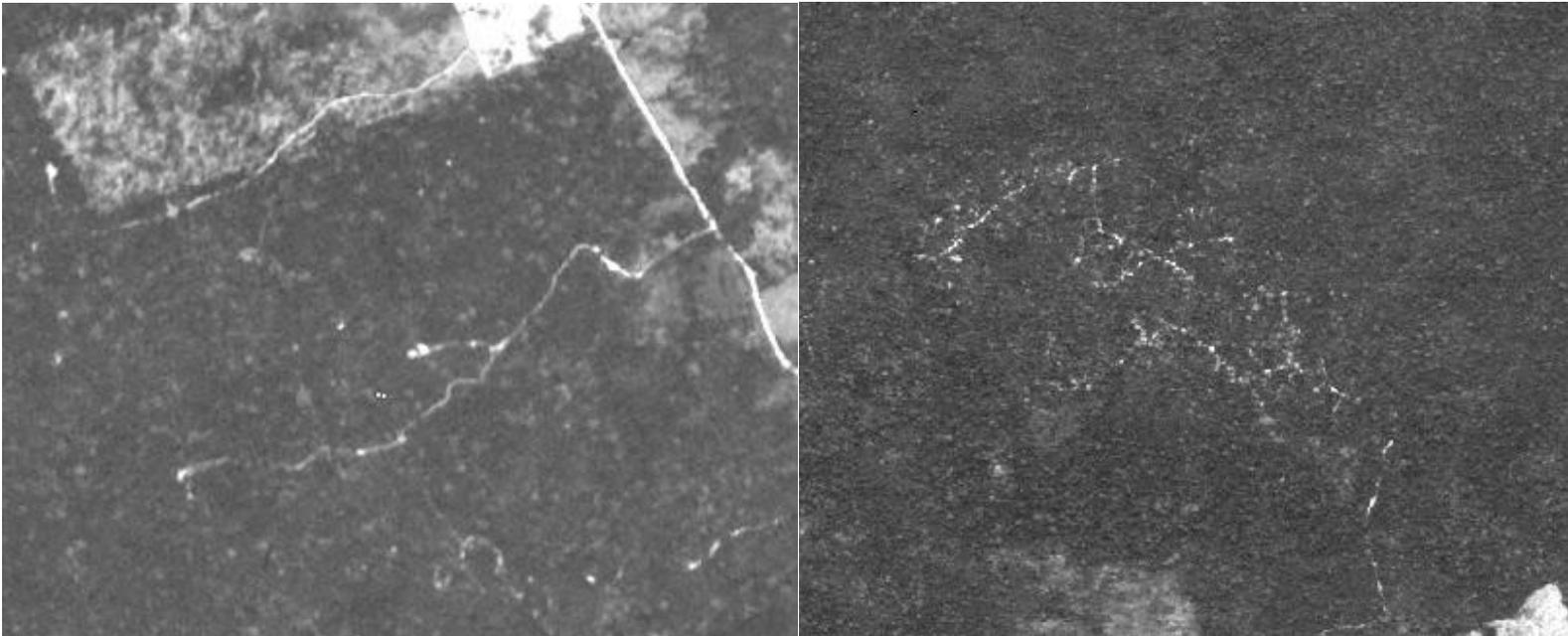
**Degradação florestal** sofre influência do desmatamento e das dinâmicas de mudança do uso do solo (BALCH et al, 2011);

**Fatores e variáveis envolvidas no processo** >> Modelagem >> Compreensão dos impactos gerados e previsões.



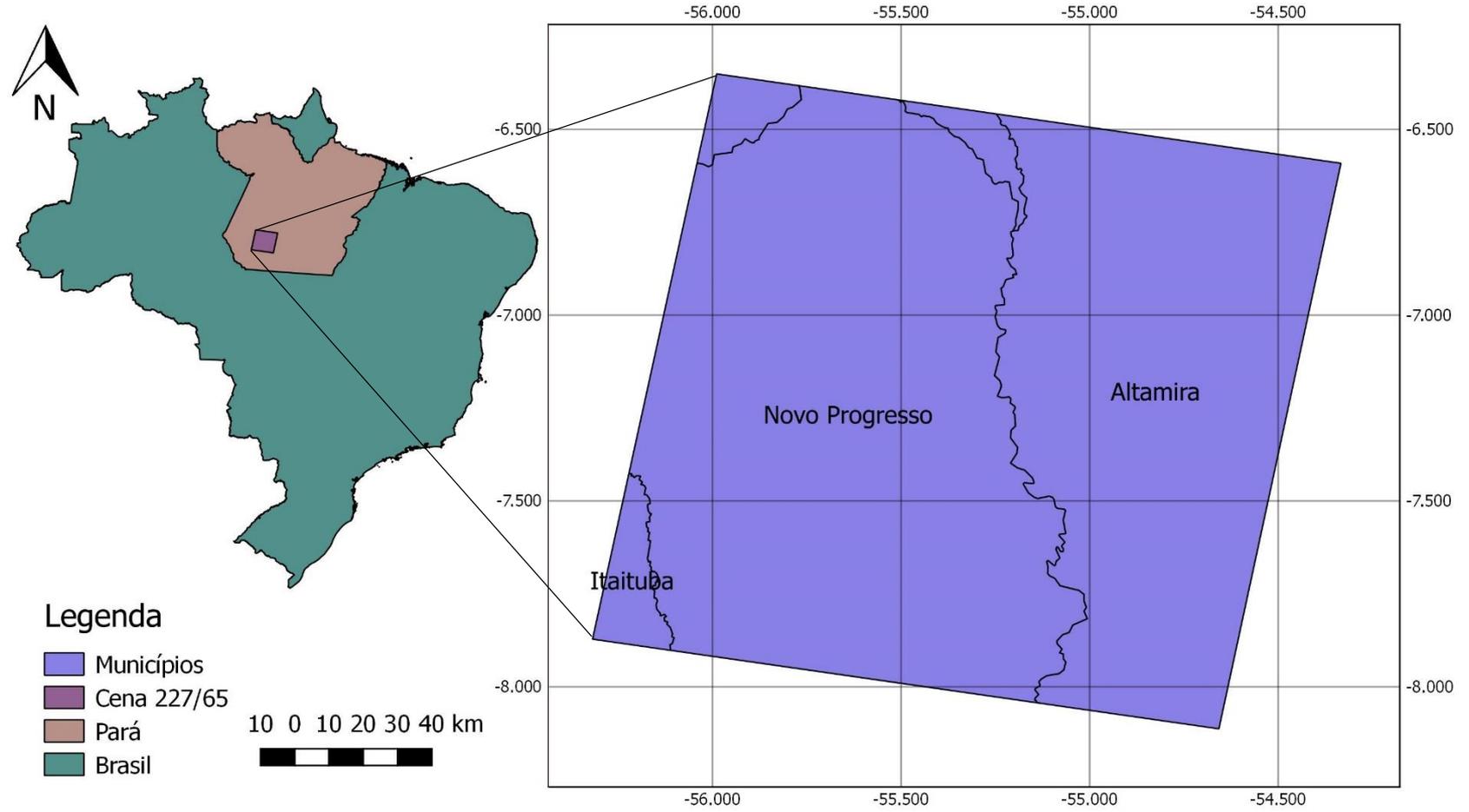
# OBJETIVO

Determinar a relação da intensidade de degradação florestal (PINHEIRO, 2015) com seus fatores determinantes, utilizando análise espacial, para a região de Novo Progresso, sudoeste do Pará.

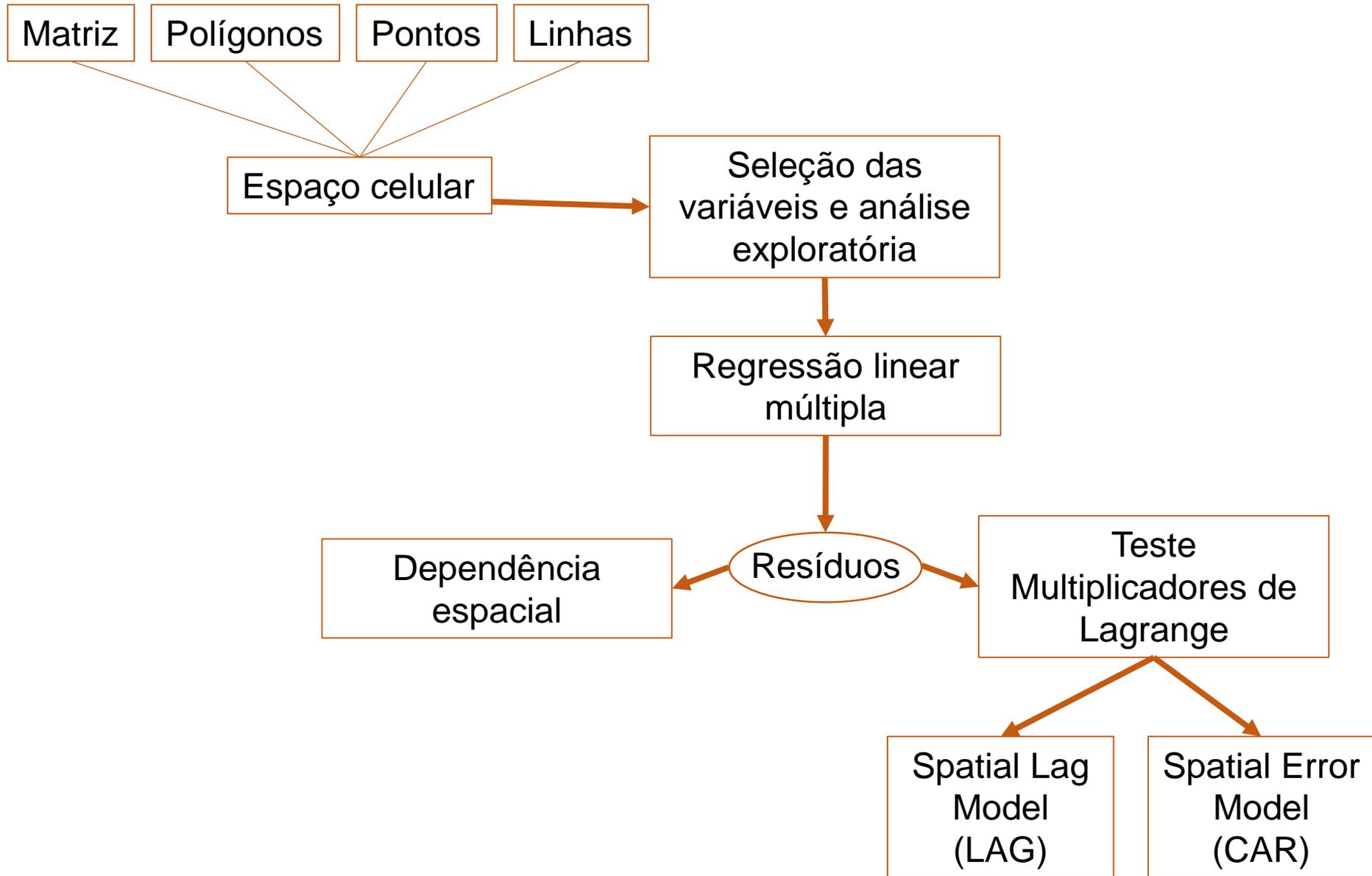


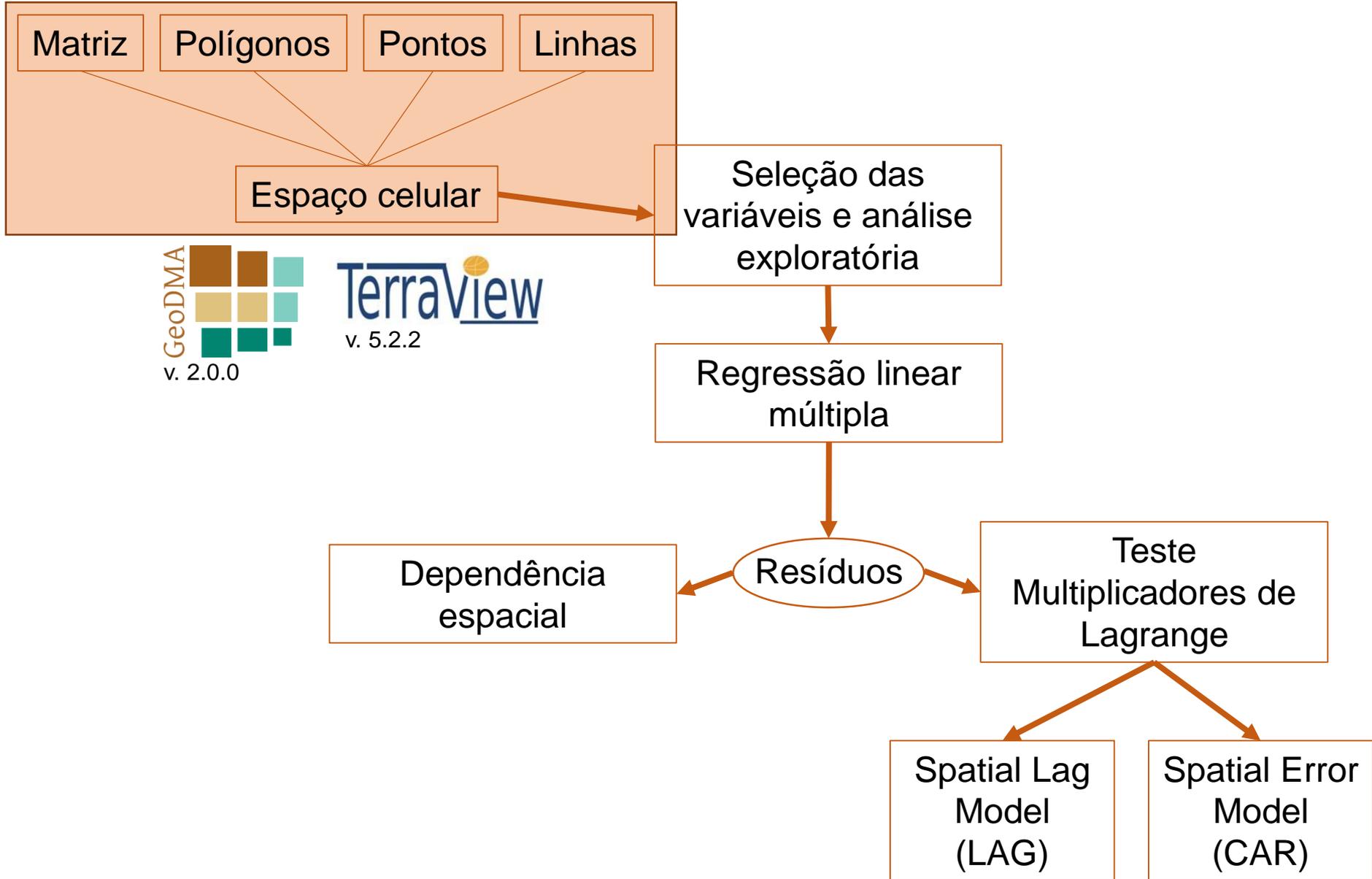
# MATERIAL E MÉTODOS

## Área de estudo



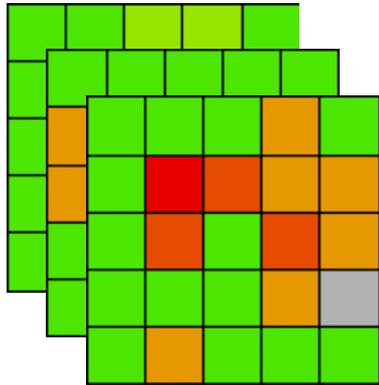
**Figura 1.** Localização da área de estudo (órbita/ponto 227/65 do sensor TM/Landsat) no sudoeste do Pará: Novo Progresso e região.





## Construção da variável independente

Intensidade de degradação florestal (PINHEIRO, 2015)



Intensidade de degradação: 0.1 a 0.9

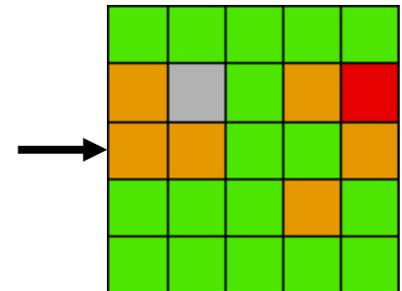
~~0.0 → Floresta não degradada~~

~~1.0 → Corte raso~~

Período: 2009 a 2011

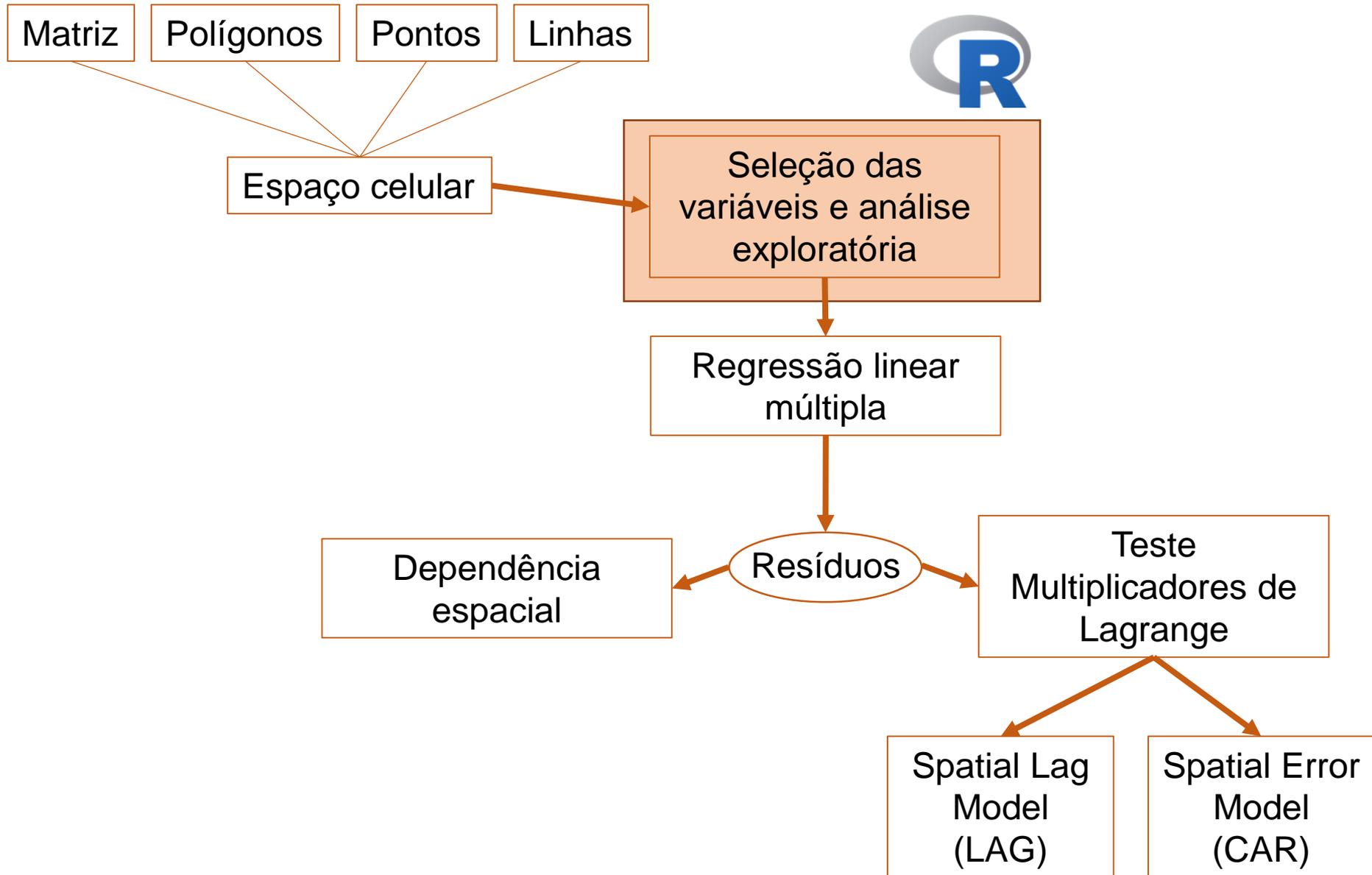
“- na região de Novo Progresso - Aproximadamente 50% da floresta degradada é convertida em corte raso no prazo de 3 anos”, (PINHEIRO, 2015)

**Operação para preenchimento de células:** Somatória das intensidades de degradação anuais de 2009 a 2011 (indicador de intensidade de degradação florestal (**deg\_int**): 0.1 a 2.7)



	Variável	Premissa	Fonte	Operação para preenchimento de células
Focos de calor	Número de focos de calor ( <b>focos_n</b> )	Células com maior número de focos de calor possuem intensidade de degradação mais alta	Programa Queimadas (INPE)	Contagem dos focos de calor dentro da célula
	Distância dos focos de calor ( <b>focos_dist</b> )	Células com menor distância aos focos de calor possuem intensidade de degradação mais alta		Menor distância euclidiana do foco à célula
	Densidade de focos de calor ( <b>focos_dens</b> )	Células com maior densidade de focos de calor possuem intensidade de degradação mais alta		Moda da densidade kernel dentro da célula
Desmatamento	Área ( <b>dsm_area</b> )	Células com maior área de desmatamento possuem intensidade de degradação mais alta	PRODES (INPE)	Somatória da área desmatada dentro da célula
	Distância ( <b>dsm_dist</b> )	Células com menor distância às áreas desmatadas possuem intensidade de degradação mais alta		Menor distância euclidiana da borda da área desmatada à célula
	Númer de fragmentos ( <b>dsm_n_frag</b> )	Células com maior número de fragmentos desmatados possuem intensidade de degradação mais alta		Somatória do número de fragmentos desmatados dentro da célula
	Total de borda ( <b>dsm_te</b> )	Células com maior número de total de borda de áreas desmatadas possuem intensidade de degradação mais alta		Somatória do comprimento das bordas dos polígonos de desmatamento dentro da célula
	Densidade de borda ( <b>dsm_ed</b> )	Células com maior número de densidade de borda de áreas desmatadas possuem intensidade de degradação mais alta		Densidade de borda dos polígonos de desmatamento dentro da célula
U. C. de uso sustentável	Distância ( <b>uc_dist</b> )	Células com maior distância às unidades de conservação possuem intensidade de degradação mais alta	MMA	Menor distância euclidiana da borda da U.C. à célula
Terras indígenas	Distância ( <b>ti_dist</b> )	Células com maior distância às terras indígenas possuem intensidade de degradação mais alta	FUNAI	Menor distância euclidiana da borda da T.I. à célula
Polos madeireiros	Distância ( <b>po_dist</b> )	Células com menor distância aos polos madeireiros possuem intensidade de degradação mais alta	MMA	Menor distância euclidiana da borda do polo madeireiro à célula
Malha viária	Distância ( <b>est_dist</b> )	Células com menor distância às estradas possuem intensidade de degradação mais alta	IBGE	Menor distância euclidiana da estrada à célula

**Tabela 1.** Resumo das variáveis independentes.





Seleção das variáveis e análise exploratória

Vár. Ind.	R <sup>2</sup>	p-valor
focos_n	0.085	4.43e-19
focos_dens	0.081	7.29e-16
focos_dist	0.076	4.21e-21
uc_area	0.038	2.95e-03
uc_dist	0.001	1.74e-23
<b>Vár. Dep.</b> deg_int		
dsm_dist	↑ 0.224 ↓	1.78e-42
dsm_area	0.038	2.68e-27
dsm_te	↑ 0.28 ↓	3.21e-35
dsm_ed	↑ 0.288 ↓	3.16e-39
dsm_n_frag	↑ 0.292 ↓	1.49e-46
dist_est	0.017	1.12e-14
dist_ti	0.012	3.74e-08
dist_polo	0.012	8.37e-17

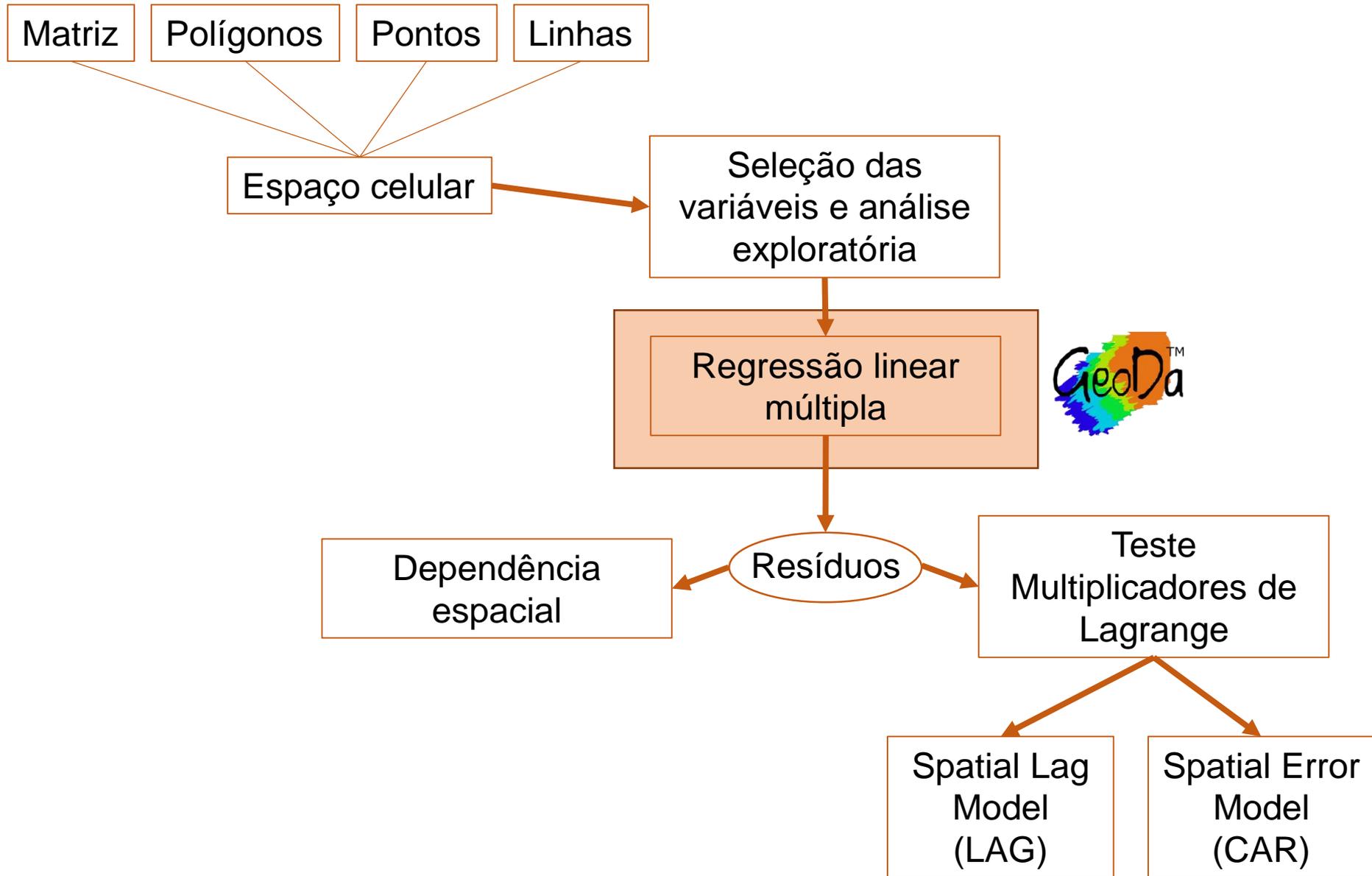
Análise de multicolinearidade (VIF)

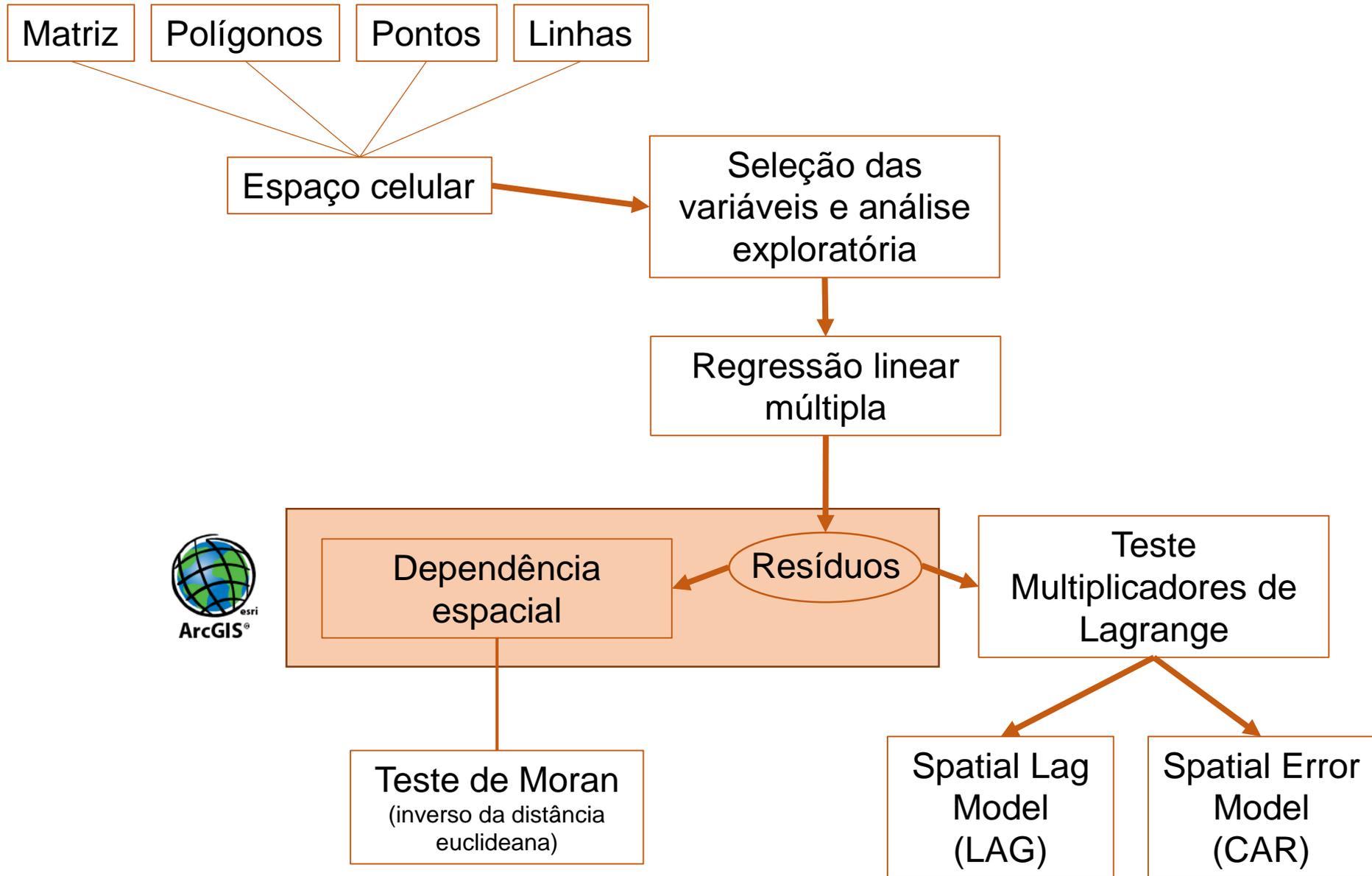
$$VIF_j = \frac{1}{1 - R_j^2}$$

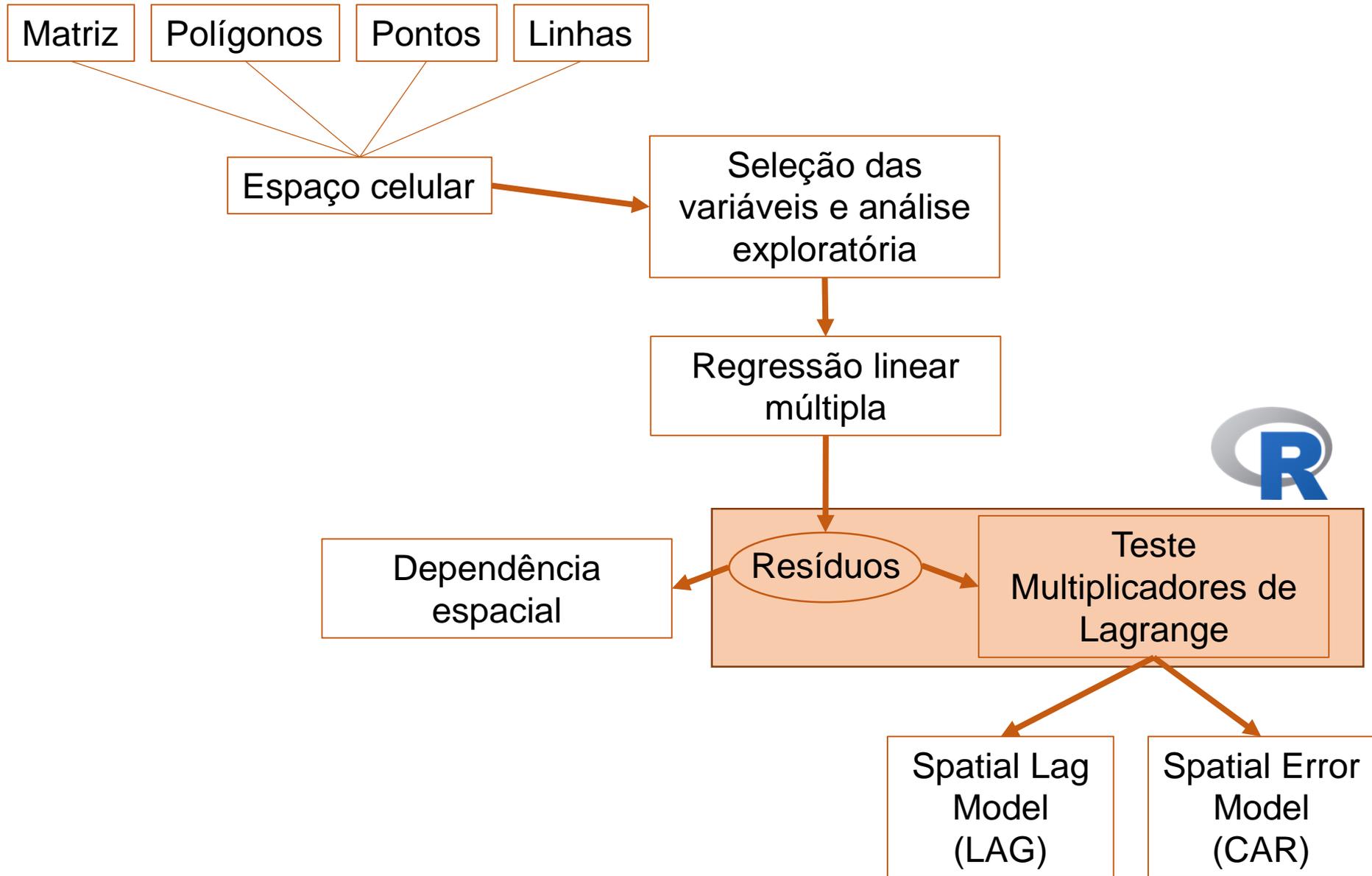
dsm\_te  
dsm\_ed  
dsm\_n\_frag

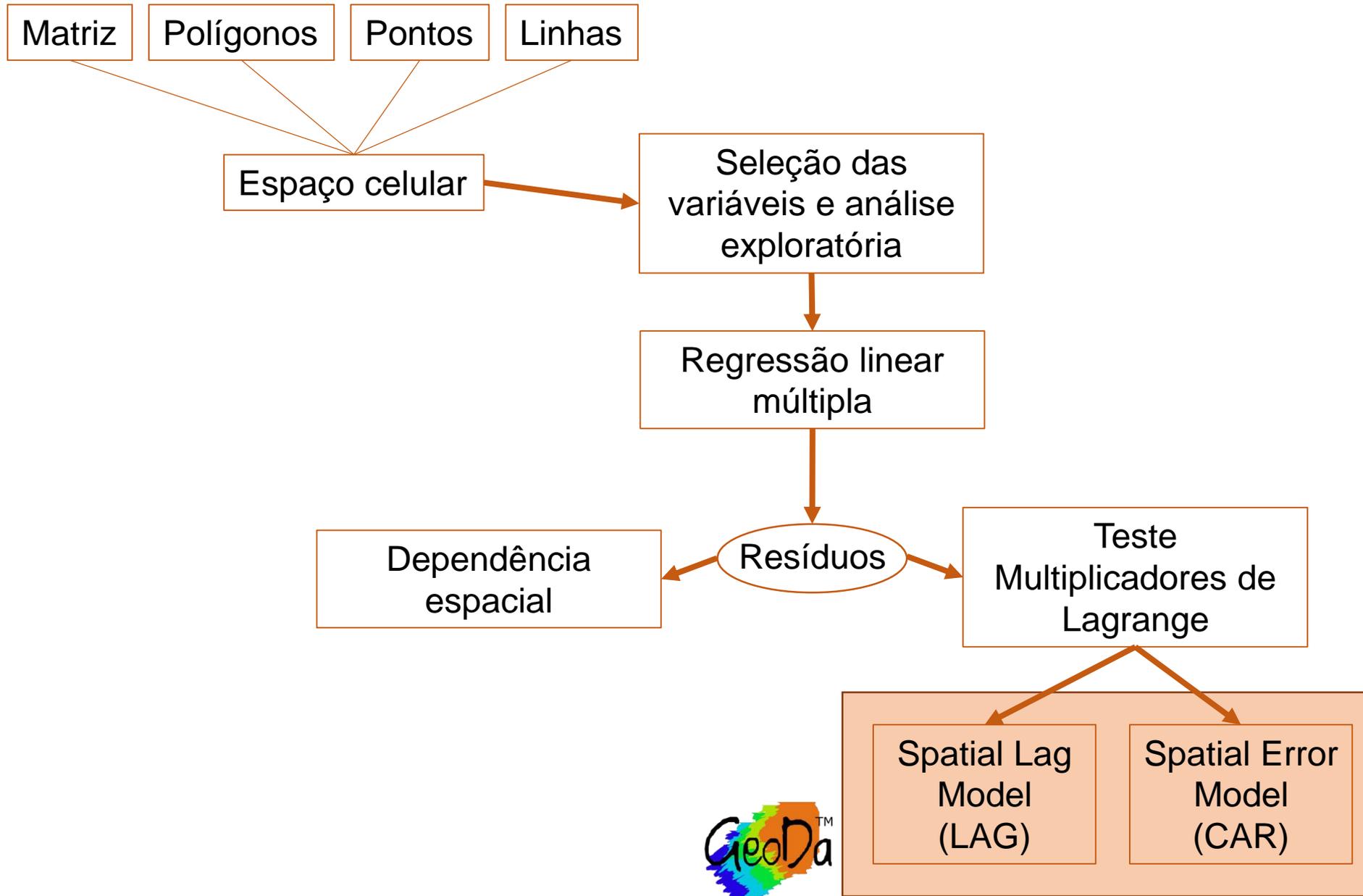
*stepwise backwards*

~~dsm\_te~~  
~~dsm\_ed~~  
~~dsm\_n\_frag~~









# RESULTADOS E DISCUSSÃO

## Regressão linear múltipla (OLS)

```

-----
SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION
Data set           : cell_dados
Dependent Variable : deg_int   Number of Observations: 415
Mean dependent var : 0.328193  Number of Variables   : 3
S.D. dependent var : 0.213633   Degrees of Freedom    : 412

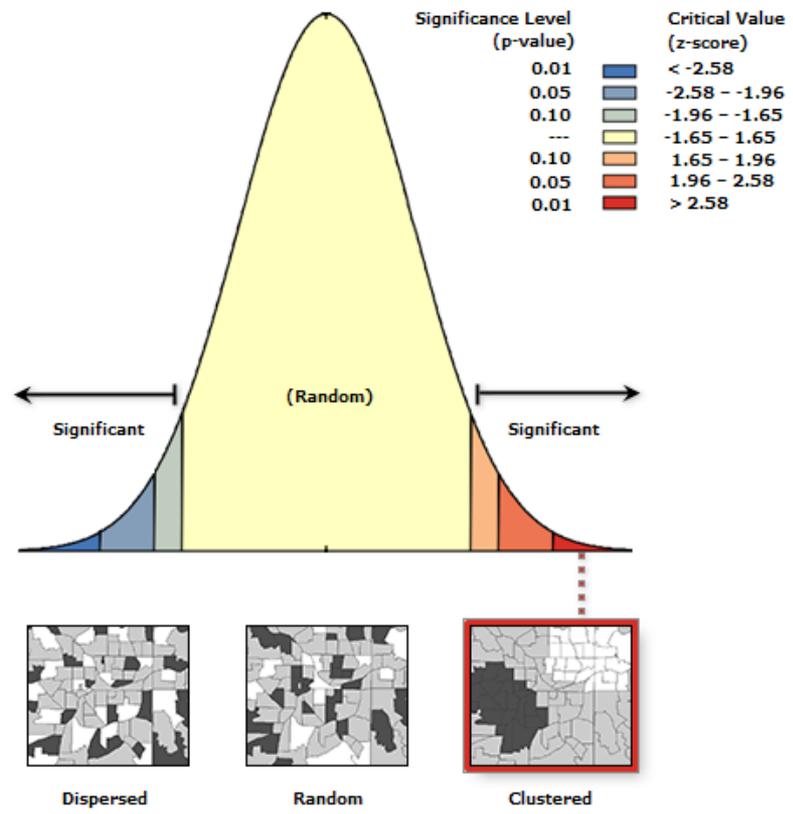
R-squared          : 0.301046   F-statistic           : 88.7262
Adjusted R-squared : 0.297653   Prob(F-statistic)    : 9.04451e-033
Sum squared residual: 15.2585   Log Likelihood        : 126.012
Sigma-square       : 0.0321318  Akaike info criterion : -246.025
S.E. of regression : 0.179253   Schwarz criterion     : -233.94
Sigma-square ML    : 0.0318995
S.E. of regression ML: 0.178604
    
```

variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	0.331157	0.012163	27.226	4.8023e-019
dsm_te	0.010200	0.824274	12.4578	0.1996e-013
dsm_dist	-1.844300	0.673641	-2.7378	1.5371e-08

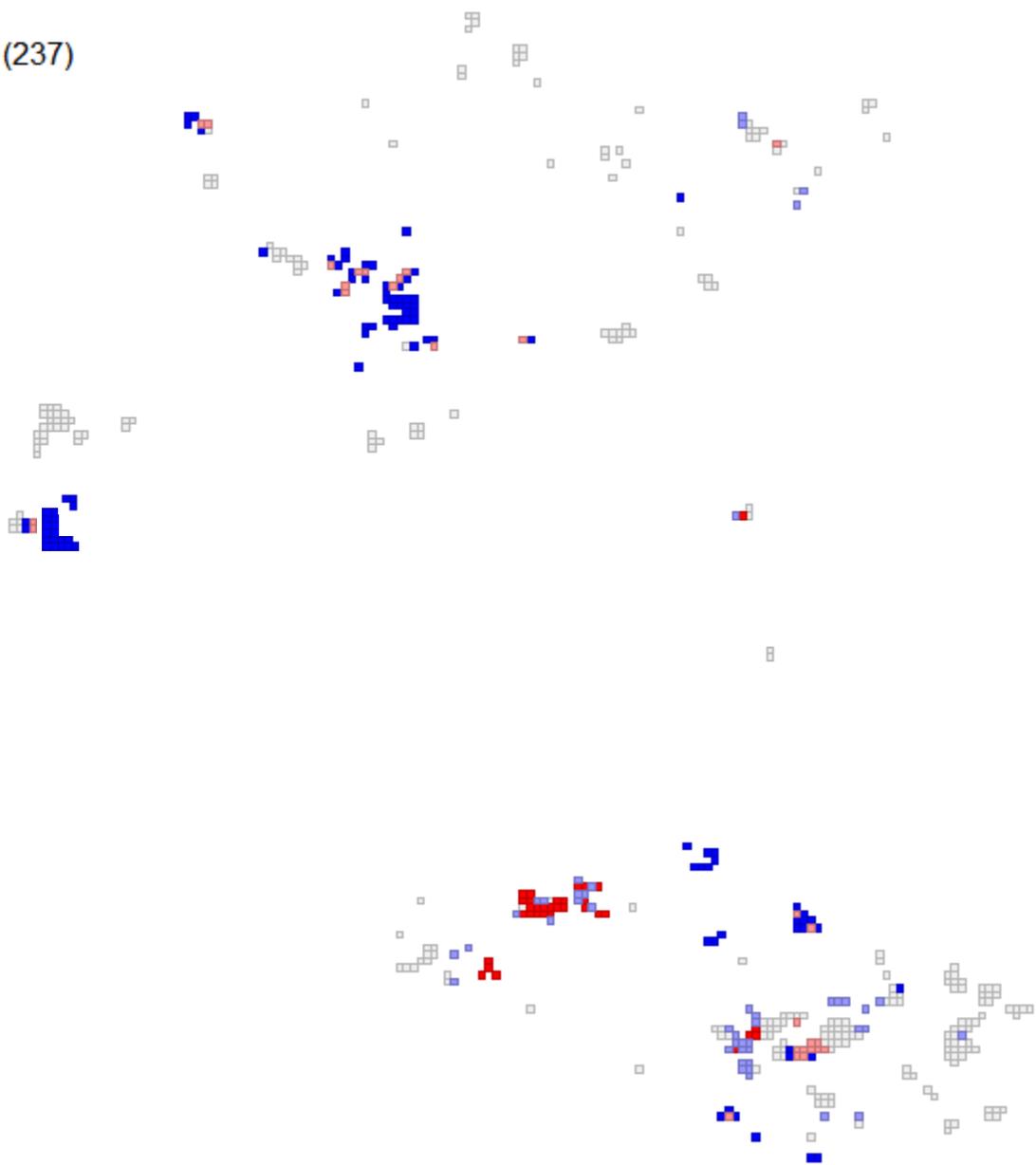
# Dependência espacial

## Análise dos resíduos (Moran I)

Moran's Index: 0.24348  
z-score: 9.91304 ■  
p-valor: 0.000000 ■



LISA Cluster Map  
Not Significant (237)  
High-High (44)  
Low-Low (75)  
Low-High (33)  
High-Low (26)



## Teste Multiplicadores de Lagrange (LM)

		p-valor
LMerro	1279.3	2.2E-16
RLMerro	0.619	0.2776
LMlag	1782.4	2.2E-16
RLMlag	338.5	2.2E-16

**Tabela 3.** Resultados do teste Multiplicadores de Lagrange (LM) e Multiplicadores de Lagrange Robusto (RLM) para a escolha do modelo de regressão espacial melhor ajustado aos dados.

## Resultado do modelo de regressão espacial LAG

```

-----
SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL LAG MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION
Data set      : cell_dados
Spatial weight : viz_nova
Dependent Variable : deg_int   Number of Observations: 415
Mean dependent var : 0.328193  Number of Variables   : 4
S.D. dependent var : 0.213633   Degrees of Freedom    : 411
Lag coeff. (Rho)  : 0.311901

R-squared      : 0.409209   Log likelihood        : 153.839
Sq. Correlation : -          Akaike info criterion : -299.679
Sigma-square   : 0.026963  Schwarz criterion     : -283.566
S.E of regression : 0.164204
    
```

variable	Coefficient	Std. Error	z-value	Probability
w_deg_int	0.311901	0.0392708	7.9423	0.00000
CONSTANT	0.233818	0.0166345	14.0562	0.00000
dsm_te	0.896903	7.67182e-006	11.6909	0.00000
dsm_dist	-0.695729	6.19521e-006	-2.53905	0.00000

$$\text{deg\_int} = 0.31 * w\_deg\_int + 0.89 * dsm\_te - 0.69 * dsm\_dist + 0.23$$

	Regressão Linear Múltipla	Regressão Espacial (lag)
R <sup>2</sup> Ajustado	0.297	0.409
Log Vizinhaça	126.012	153.839
AIC	-246.025	-299.679
SC	-233.94	-283.566

# CONCLUSÃO

Para o período de análise,  
na região de Novo Progresso...

... as regiões de floresta mais próximas de áreas desmatadas estão mais propensas a sofrerem degradação de mais elevada intensidade;

... regiões com a paisagem florestal mais fragmentada (aqui representadas pelo total de borda de área desmatada) estão mais propensas a sofrerem degradação de mais elevada intensidade;

... há sinergia entre desmatamento e degradação florestal;

# PERSPECTIVAS FUTURAS

Dado que **apenas** 40% do fenômeno analisado foi explicado pelo modelo de regressão, sugere-se:

futuramente considerar outras variáveis relacionadas, por exemplo, com as áreas de pastagem, centros urbanos e projetos de colonização;

trazer novas abordagens para a ocorrência de incêndios florestais, dado que este fenômeno é comumente relacionado com degradação florestal (análise de áreas queimadas mapeadas pelo PRODES);

conciliar o período de estudo com momentos importantes para a região, como as etapas da colonização e planos de controle e combate o desmatamento e incêndios florestais.



Análise de regressão para o estudo da intensidade de degradação florestal no sudoeste do Pará

**OBRIGADO!!**

Danilo Avancini Rodrigues