



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Curso: Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto

Disciplina: Análise Espacial de Dados Geográficos (SER-301)

Professores Responsáveis: Dr. Antônio Miguel Vieira Monteiro e Dr. Eduardo G. Camargo

**APLICAÇÃO DE AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL EM
SÉRIES TEMPORAIS DE IMAGENS DE SATÉLITE PARA
ANÁLISE DA DINÂMICA DAS ÁREAS ÚMIDAS EM UM
TRECHO DA PLANÍCIE DO RIO DOS SINOS**

Thiago Bazzan

E-mail: thiago.bazzan@inpe.br

São José dos Campos, 2019

1. INTRODUÇÃO

Áreas úmidas:

Grande biodiversidade animal e vegetal;

Pulsos de inundação;

Relevância ecológica;

Processo de uso e ocupação (urbanização e agricultura);

Alteração dos processos ecológicos e hidrológicos;

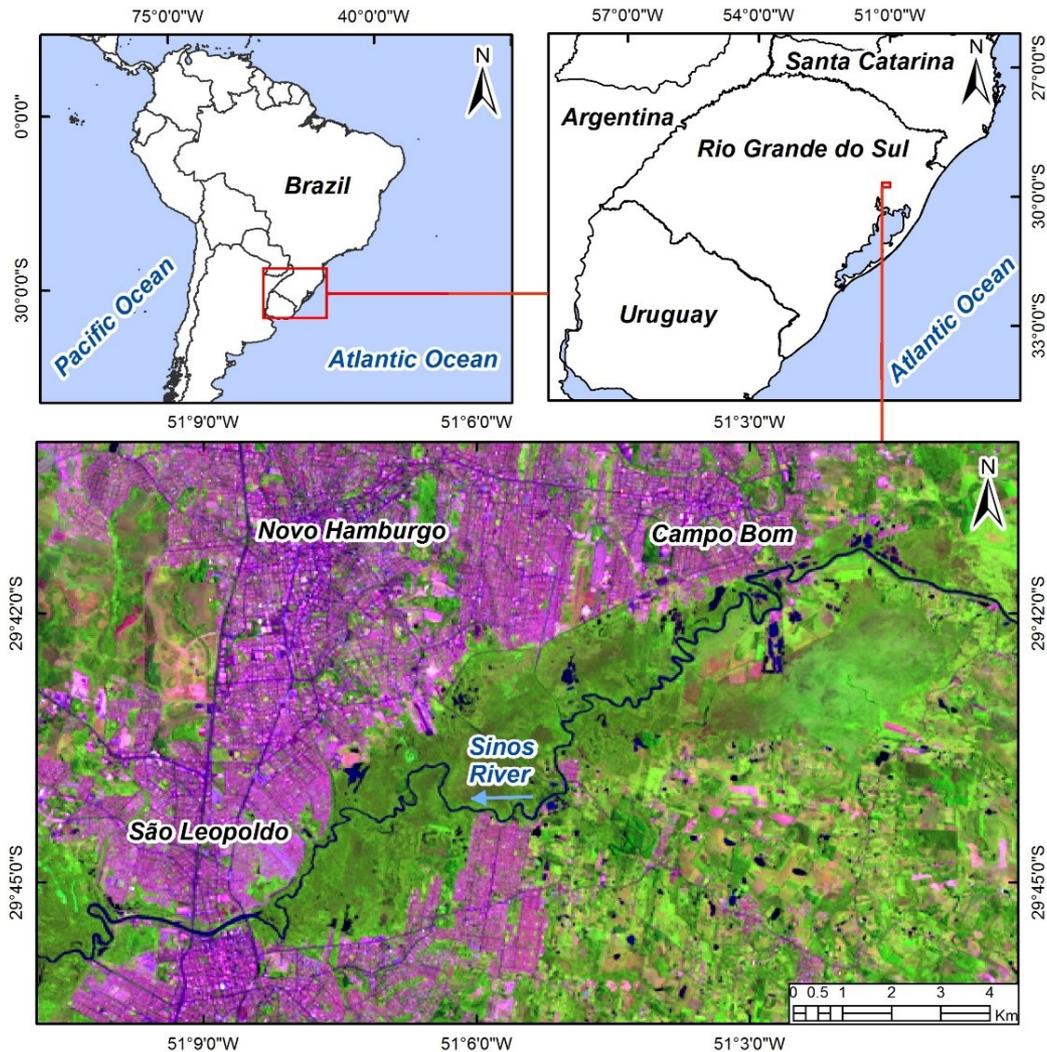
Impactos socio-econômicos das inundações.

1. INTRODUÇÃO

Objetivo:

Avaliar se o Índice Global de Moran pode explicar a dinâmica dos padrões das áreas úmidas na planície do rio dos Sinos entre 1984 e 2019 comparando seu desempenho com as métricas da paisagem e medidas hidrológicas.

1.1. ÁREA DE ESTUDO



*As análises estatísticas foram realizadas na área correspondente ao retângulo envolvente.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Série Temporal das Imagens do Satélite Landsat

Imagens do sensor TM do satélite Landsat-5:

1984-2011

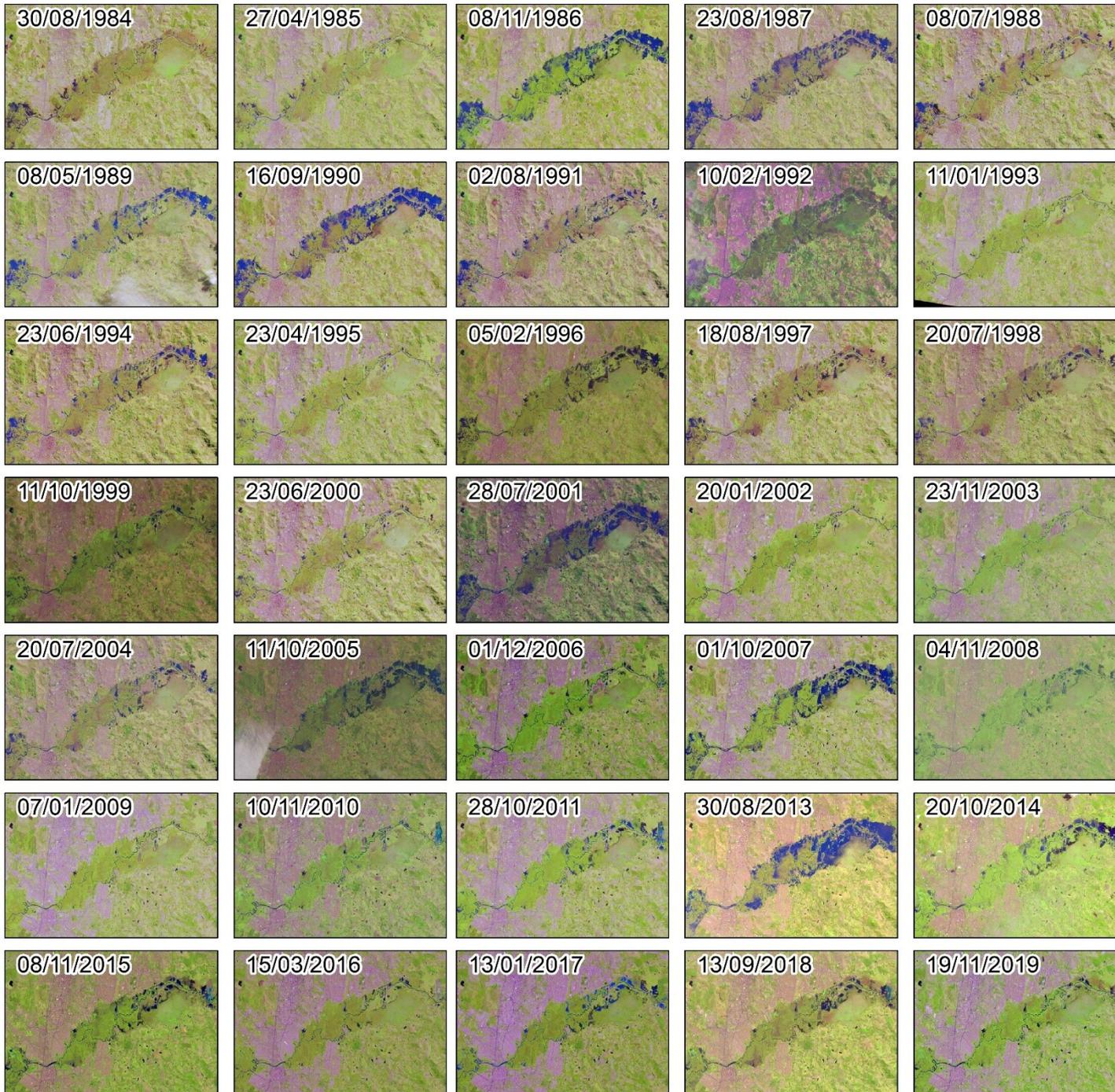
2012: sem imagens.

Imagens do sensor OLI do satélite Landsat-8:

2013-2019

Total de 35 imagens de satélite:

Imagem com maior presença de água superficial no ano.



2. MATERIAIS E MÉTODOS

Mapeamento da água

Aplicação do MNDWI em cada uma das imagens.

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR1}{Green + SWIR1}$$

Imagem com valores reais contínuos no intervalo entre -1 e 1.

Classificação a partir da limiarização dos valores:

não água (-1 a 0) para valor inteiro = 1

água (>0) para valor inteiro = 2

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Métricas da paisagem e medida hidrológica

Variáveis dependentes:

Métrica	Descrição	Unidades	Alcance
<i>Landscape proportion</i>	Abundância proporcional de fragmentos de água	%	0 a 1
<i>Edge length</i>	Comprimentos total da borda dos fragmentos de água	m	≥ 0
<i>Landscape division</i>	Probabilidade de que dois pixels escolhidos aleatoriamente na paisagem não estejam situados no mesmo fragmento	Proporção	0 a 1
Cota do rio	Elevação da água do rio em relação a uma referência	cm	≥ 0

Extração das métricas paisagem: LecoS *plugin* no QGIS.

Cota do rio: plataforma *on-line* Hidroweb – 32 medidas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

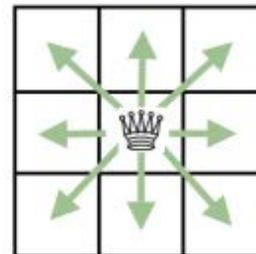
Índice de autocorrelação espacial

Variável independente: Índice Global de Moran (SAGA/QGIS e R).

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x}) (x_j - \bar{x})}{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \right) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (i \neq j)$$

Um valor de autocorrelação espacial por ano. Varia de -1 a 1.

Matriz de vizinhança (3x3): *Queen*



Se pixels forem adjacentes: $w_{ij} = 1$.

Se pixels não forem adjacentes: $w_{ij} = 0$

w_{ij} é a proximidade espacial entre i (linha) e j (coluna).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Análise exploratória

Relações gerais entre variável independente x dependente.

Análise estatística

Normalização de todas as variáveis:

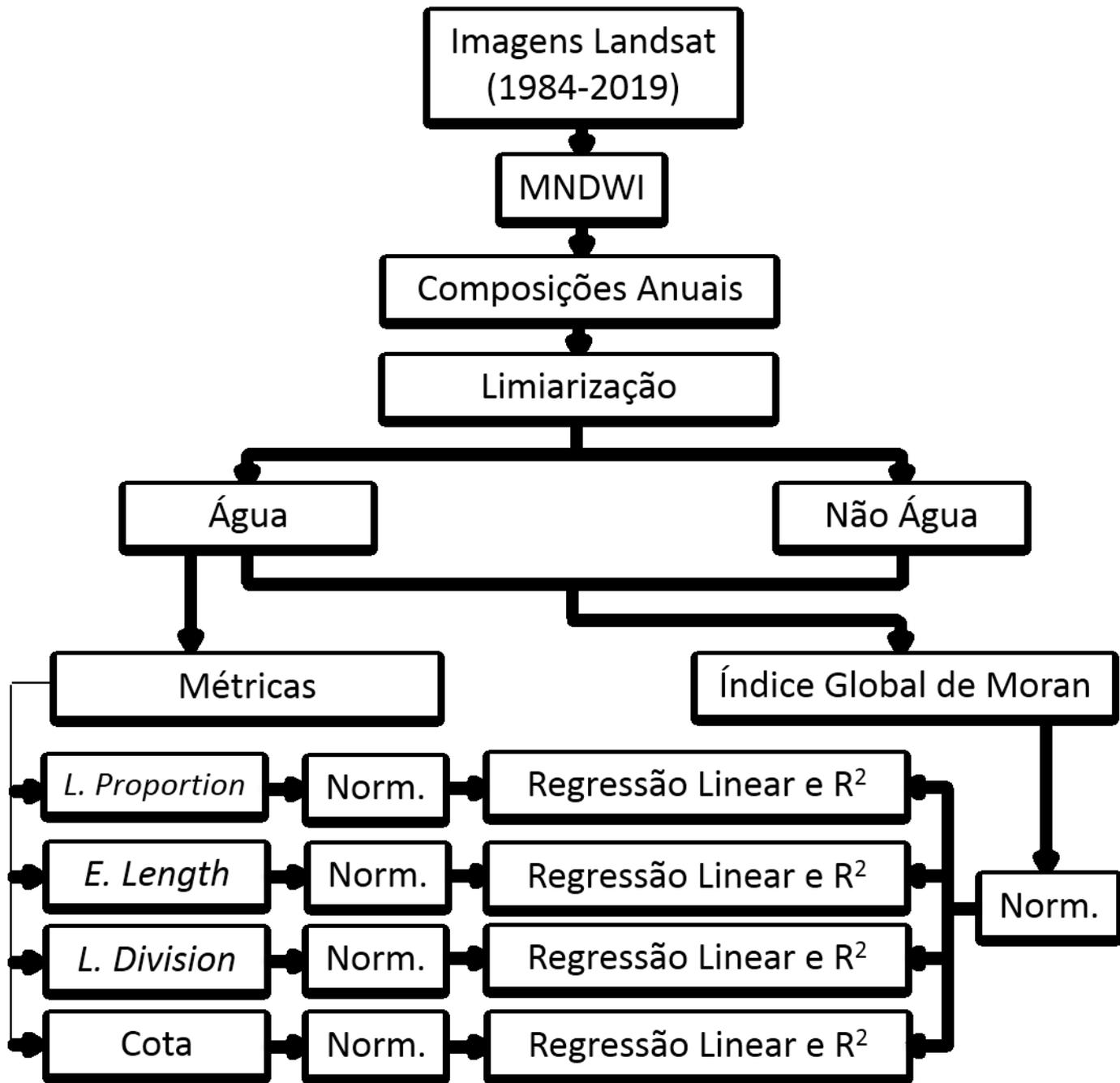
Método min-max: todos valores no intervalo entre 0 e 1.

Estatística descritiva (pacote R):

Avaliação de cada variável e relações entre variáveis.

Regressão linear: $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \xi_i$

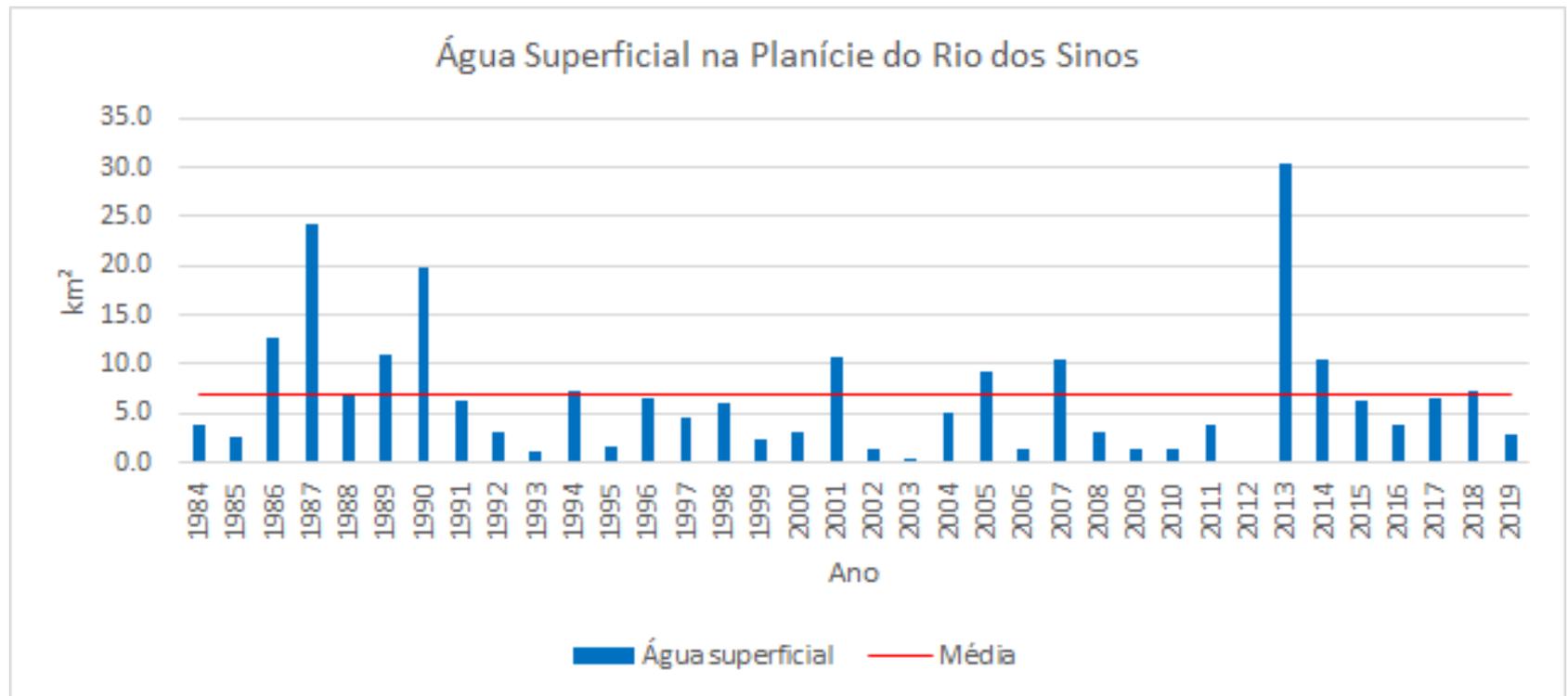
Coeficiente de determinação (R^2) e testes de normalidade.

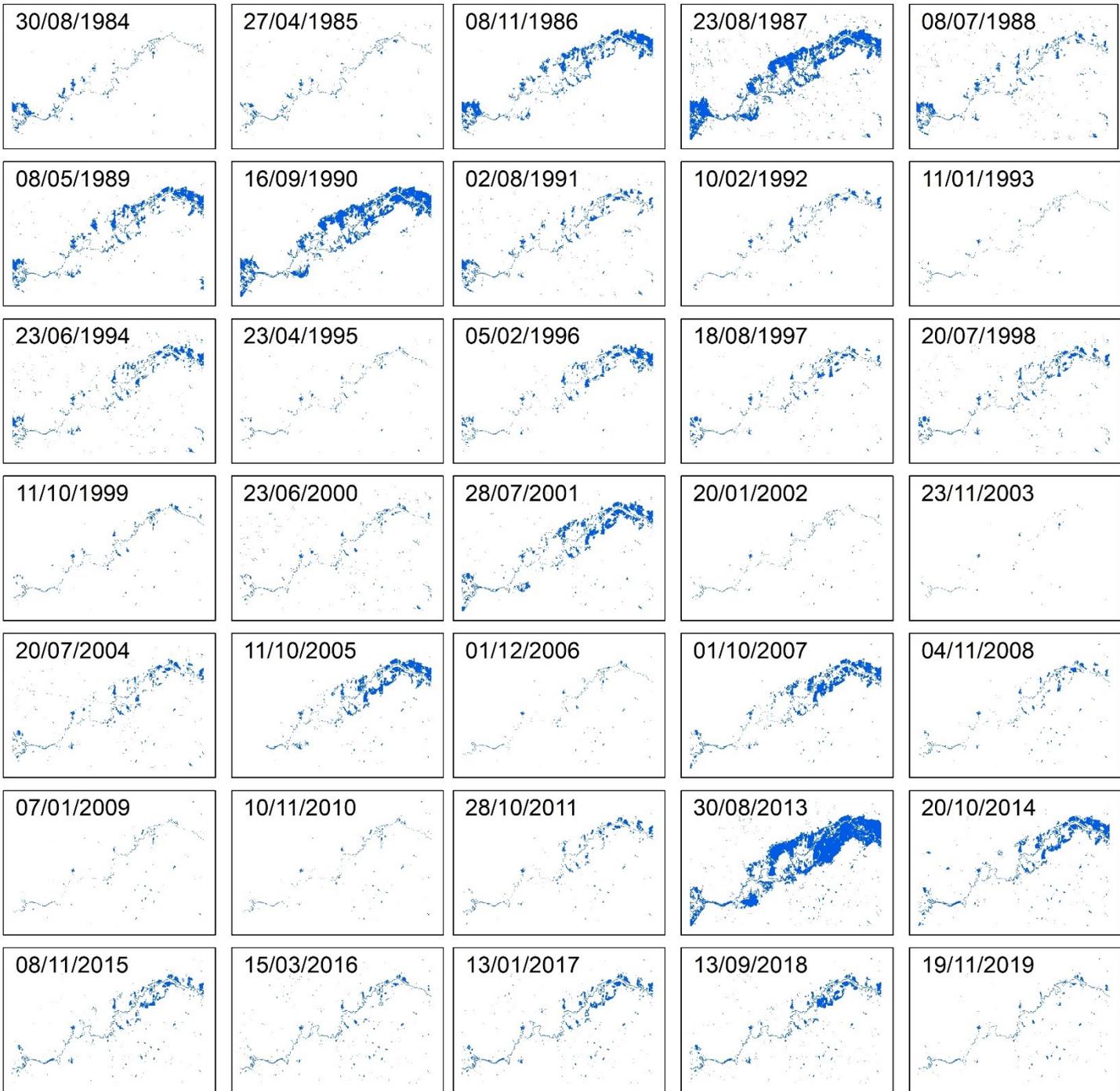


3. RESULTADOS

Análise espacial e temporal da água superficial

Aumento (expansão) e redução (retração) da água.



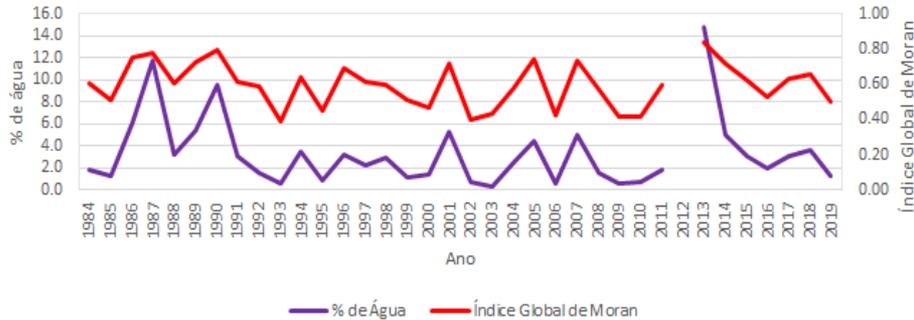


3. RESULTADOS

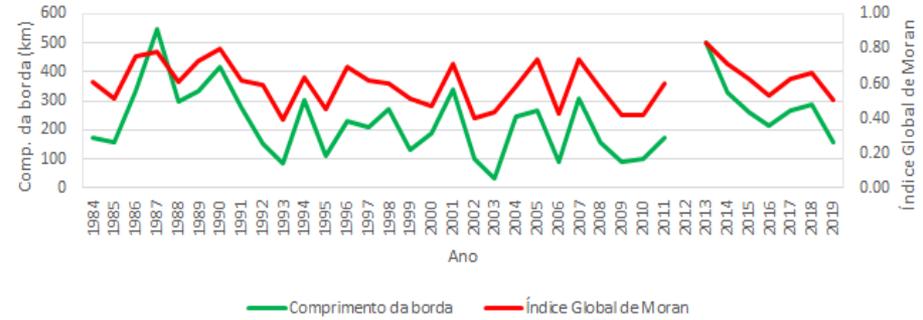
Análise exploratória

Relação entre Índice Global de Moran e variáveis dependentes.

Índice Global de Moran e Porcentagem da Área de Água



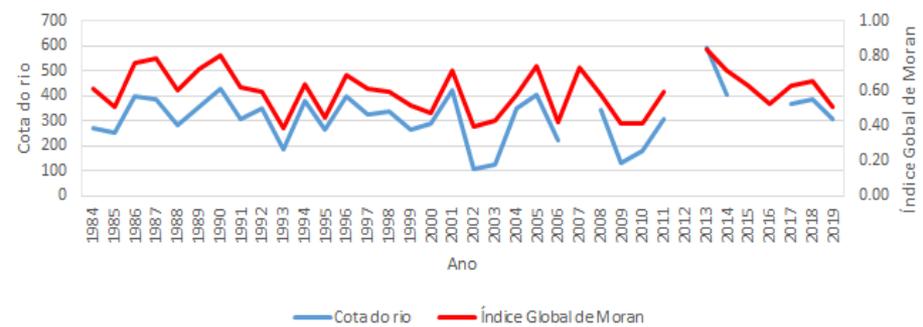
Índice Global de Moran e Comprimento da Borda



Índice Global de Moran e Divisão da Paisagem



Índice Global de Moran e Cota do Rio

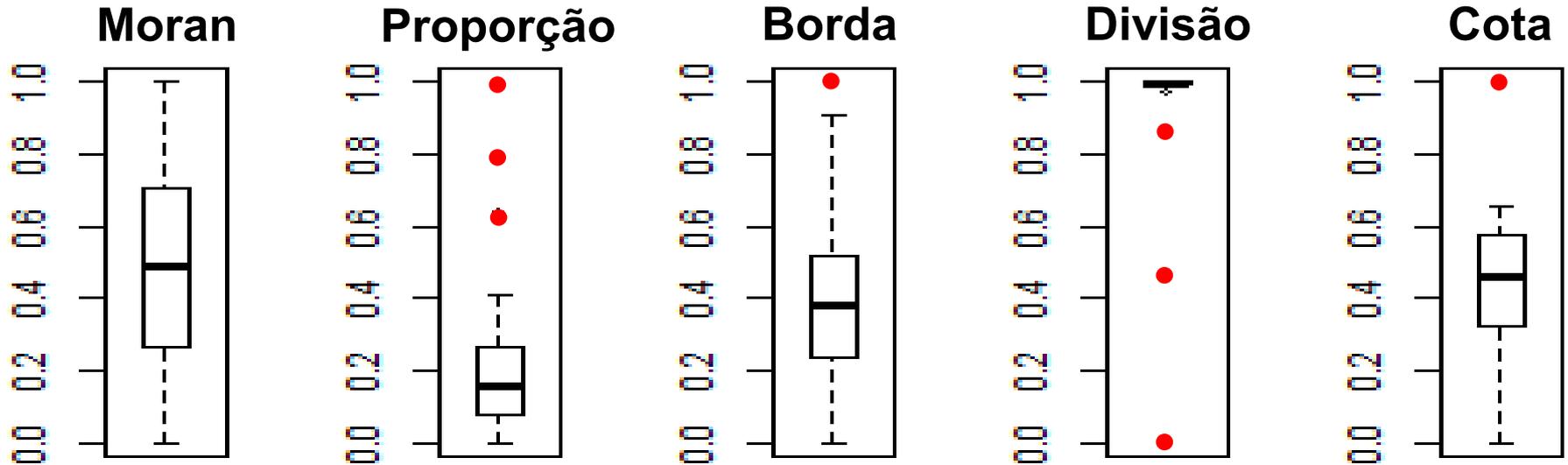


3. RESULTADOS

Estatística descritiva

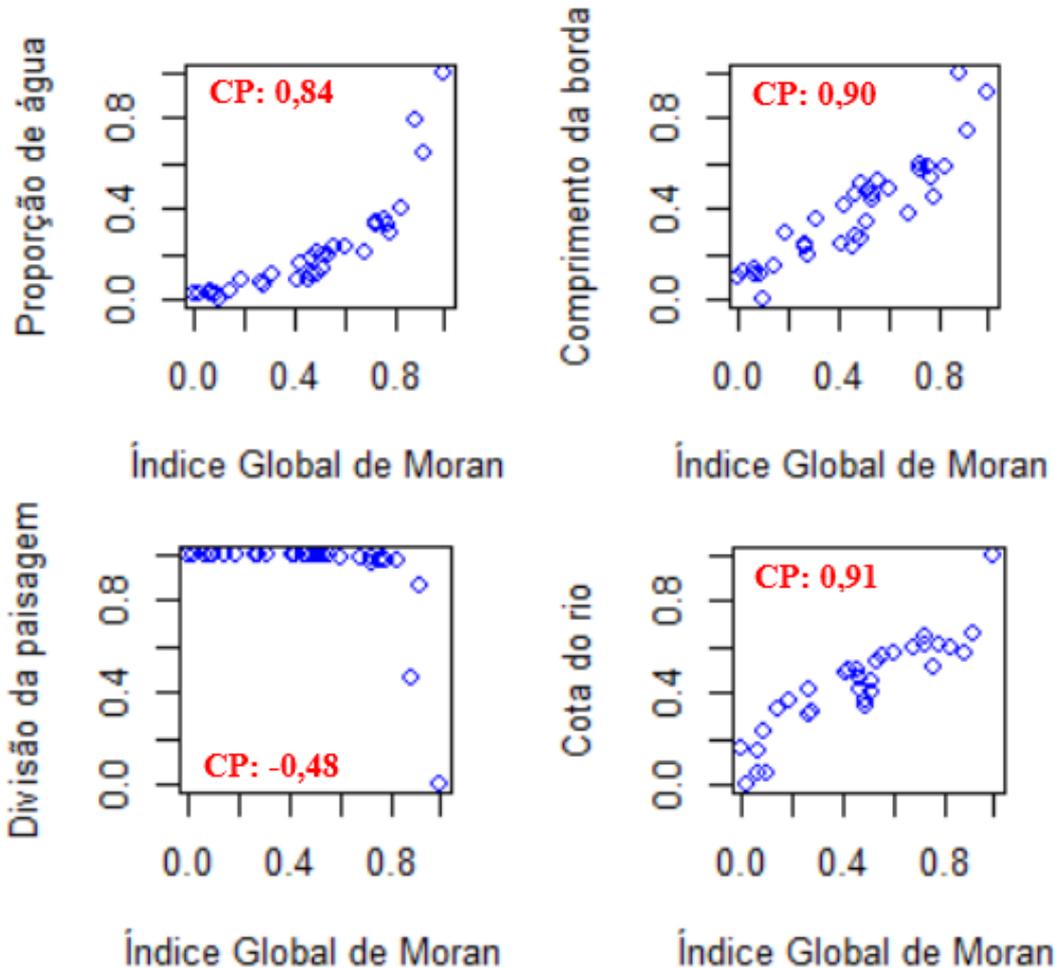
Boxplot

Dispersão das observações e *outliers*.



3. RESULTADOS

Estatística descritiva – Linearidade



3. RESULTADOS

Análise da regressão linear

	<i>Modelo Moran- Landscape proportion</i>	<i>Modelo Moran- Edge length</i>	<i>Modelo Moran- Landscape division</i>	<i>Modelo Moran- Cota do rio</i>
Intercept	-0.09646	0.04405	1.0985	0.12404
Inclinação	0.66281	0.73887	-0.3246	0.67033
Erro padrão	0.1213	0.09934	0.1684	0.08957
R²	0.7056	0.8163	0.2298	0.825
R² ajustado	0.6967	0.8107	0.2065	0.8192
valor-p	2.8e-10	1.091e-13	0.003572	6.985e-13
F	79.1	146.7	9.846	141.4

3. RESULTADOS

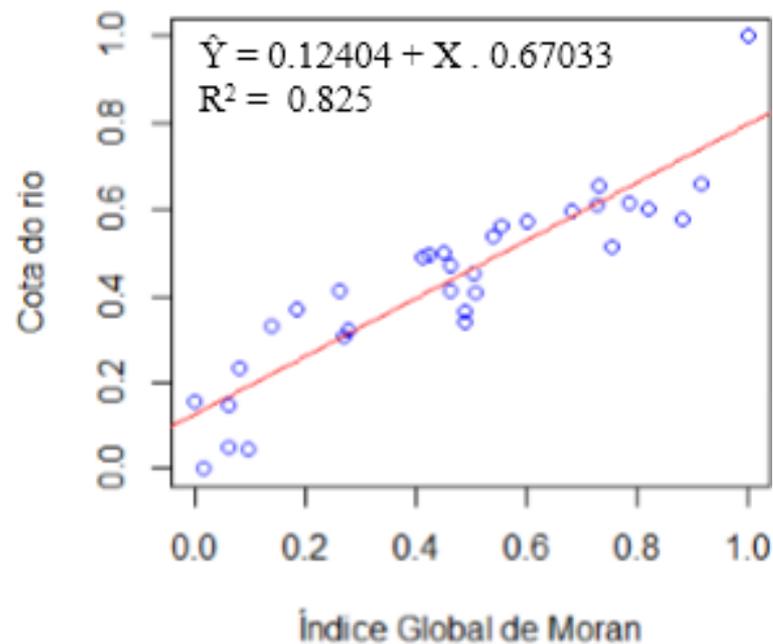
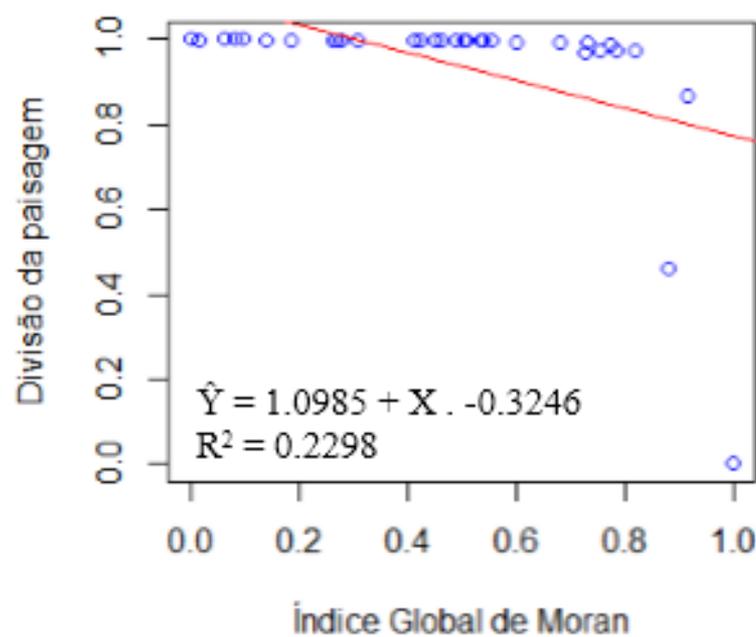
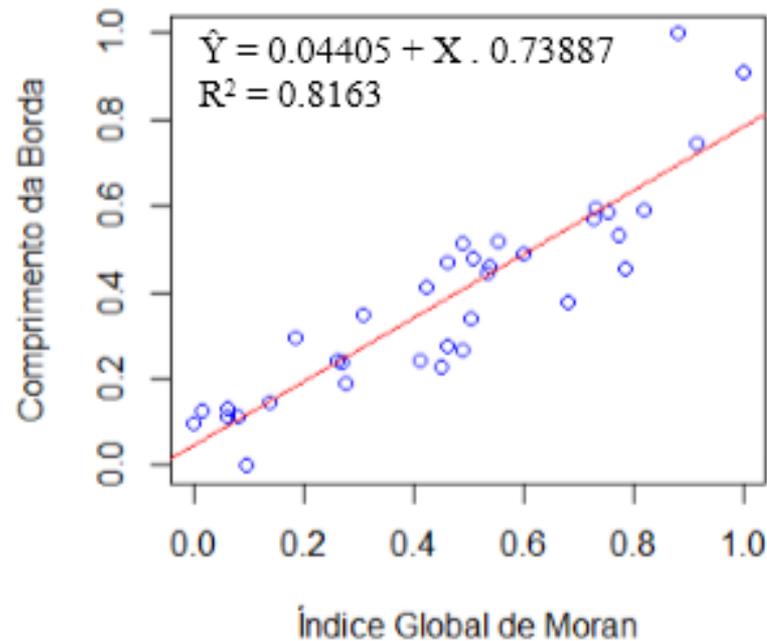
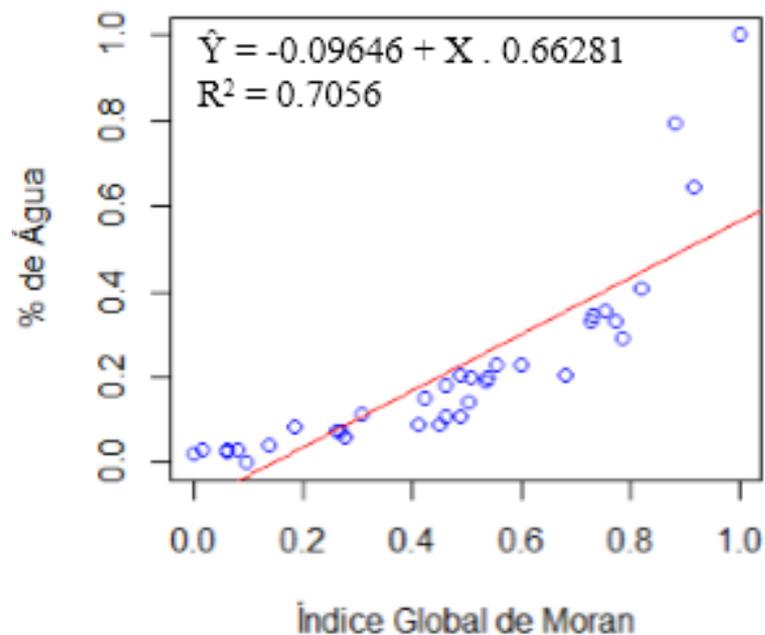
Análise da regressão linear

Confiabilidade do modelo:

Normalidade: resíduos normalmente distribuídos ($p > 0,05$).

Homocedasticidade: variância constante ($p > 0,05$).

	<i>Modelo Moran- Landscape proportion</i>	<i>Modelo Moran- Edge length</i>	<i>Modelo Moran- Landscape division</i>	<i>Modelo Moran- Cota do rio</i>
Teste Jarque-Bera	6.715e-10	0.2106	< 2.2e-16	0.7554
Teste Shapiro-Wilk	0.000103	0.09681	6.429e-08	0.4899
Teste Breusch-Pagan	0.009359	0.05041	0.01631	0.5513



4. CONCLUSÕES

MNDWI:

Bom desempenho para mapeamento da água.

Série temporal das imagens de satélite:

Variabilidade espacial e temporal nas ocorrência de áreas úmidas.

Métricas da paisagem e medida hidrológica:

Caracterização da dinâmica e quantificação das áreas úmidas.

Índice Global de Moran:

Bom desempenho	Baixo desempenho
Perímetro total das áreas úmidas	Fragmentação das áreas úmidas
Elevação do nível da água do rio	Variabilidade espacial das áreas úmidas

4. CONCLUSÕES

Considerações finais e recomendações:

Aumentar amostragem: maior número de imagens por ano.

Utilizar limiares diferentes para extração da água do MNDWI.

Eliminar pequenos pixels ou fragmentos.

Foi considerado apenas o Índice Global de Moran.

Considerar outros índices de autocorrelação espacial.

Avaliar outras métricas da paisagem e medidas hidrológicas.