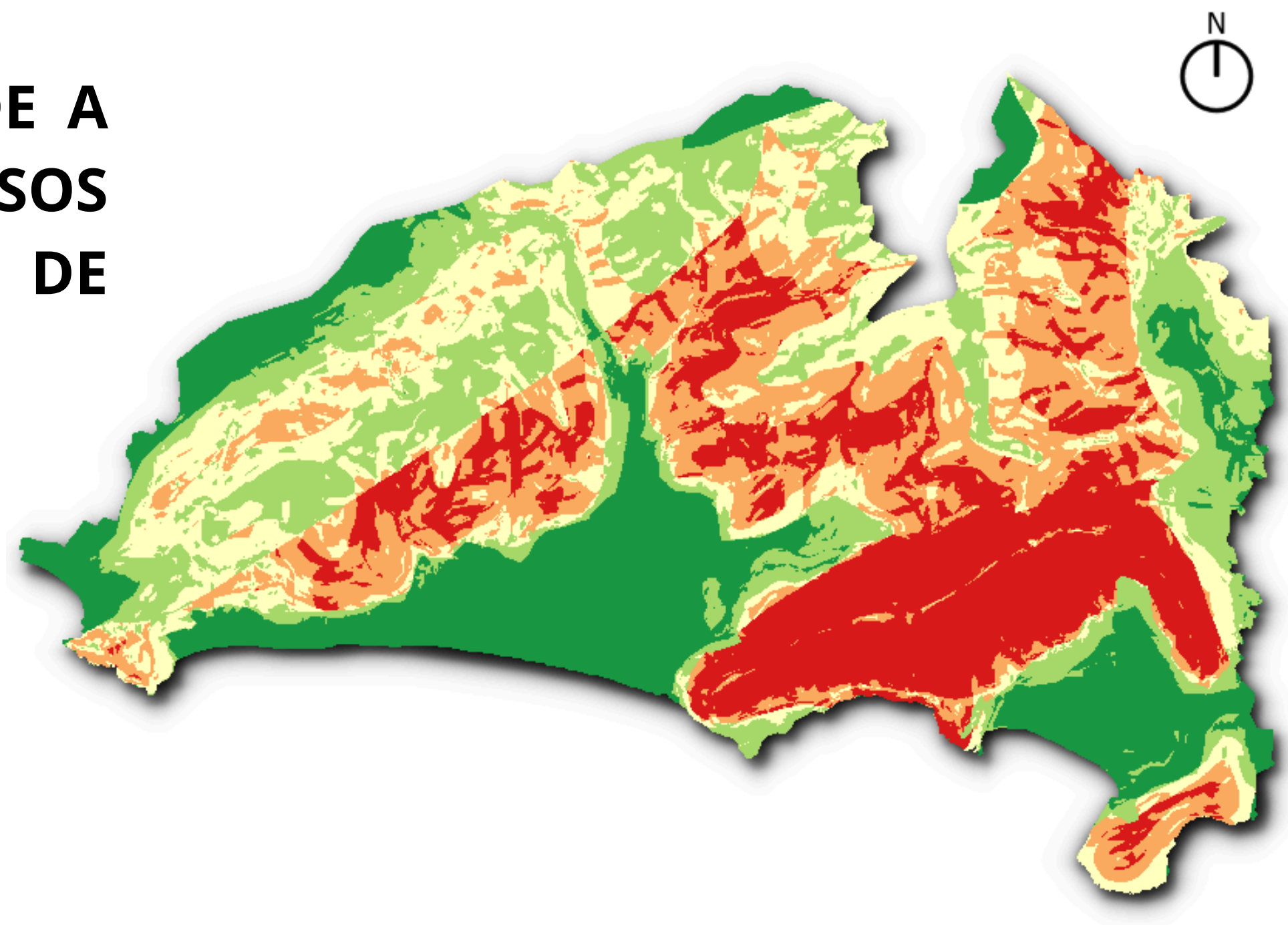




# MAPEAMENTO DA SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS DE TERRA POR PESOS DE EVIDÊNCIA (WOE): DISTRITO DE MARESIAS, SÃO SEBASTIÃO, SP.

**Introdução à Geoinformática - SER 350-3**  
**Discente: Marcos Vinícius Santos de Freitas**



## CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

- Perdas de vidas Humanas
- Custos Econômicos
- Gestão de Desastres e Riscos (Ferramenta)
- Cobrança do Poder Público (IPT - Dados desde 2018)
- Educação Ambiental (Conscientização)
- Expansão Impactos Urbanos (Crescimento de 10,28% IBGE, 2022)
- Mudanças climáticas (Chuvvas Intensas)

## PROBLEMATIZAÇÕES

- Quais locais são mais susceptíveis à ocorrência de novos deslizamentos?
- Quais os fatores apresentam maior influência e correlação espacial na suscetibilidade a novos deslizamentos?
- Qual o grau de confiabilidade e acurácia do modelo usado no mapeamento de áreas susceptíveis a novos deslizamentos?

Objetivo Geral

**MAPEAR A SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS DE TERRA NO DISTRITO DE MARESIAS, SÃO SEBASTIÃO, SP**

Governo de SP investiu mais de R\$ 1 bilhão em São Sebastião após temporal de 2023



• 18 e 19 de Fevereiro de 2024 choveu 680 mm em 24h - maior volume medido no Brasil  
<https://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2023/08/19/tragedia-no-litoral-de-sp-5-perguntas-e-respostas-seis-meses-apos-o-desastre.ghtml>

São Paulo



ALERTA CLIMÁTICO

VIVO

**TRAGÉDIA DE SÃO SEBASTIÃO COMPLETA TRÊS ANOS**

Desastre matou 64 pessoas e impulsionou ações ambientais

**CNN**  
BRASIL

11:32

OCIO DO MASTER

COM FIM DO CARNAVAL, GOVERNO RETOMA OFENSIVA

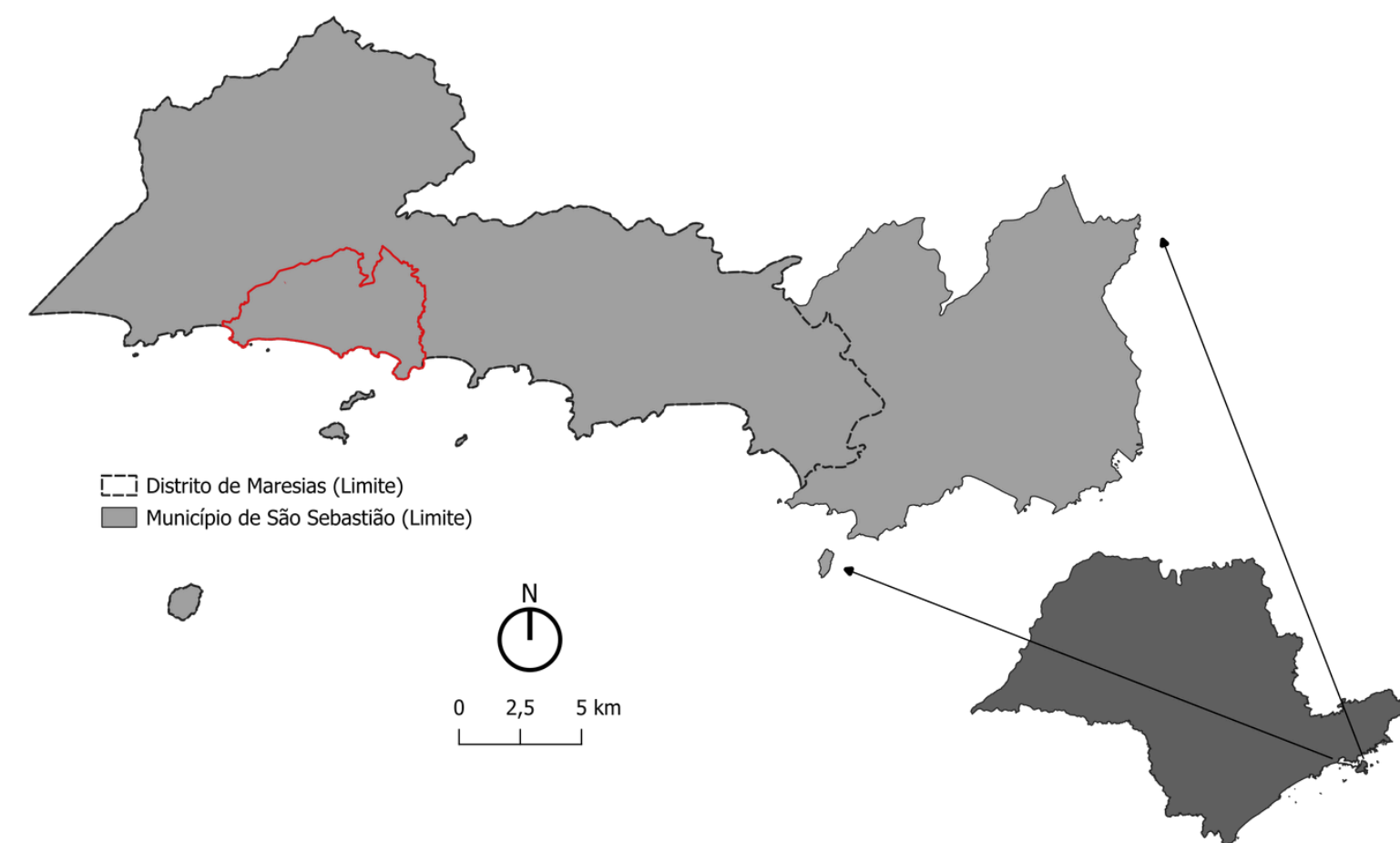
LIVE CNN

CNN

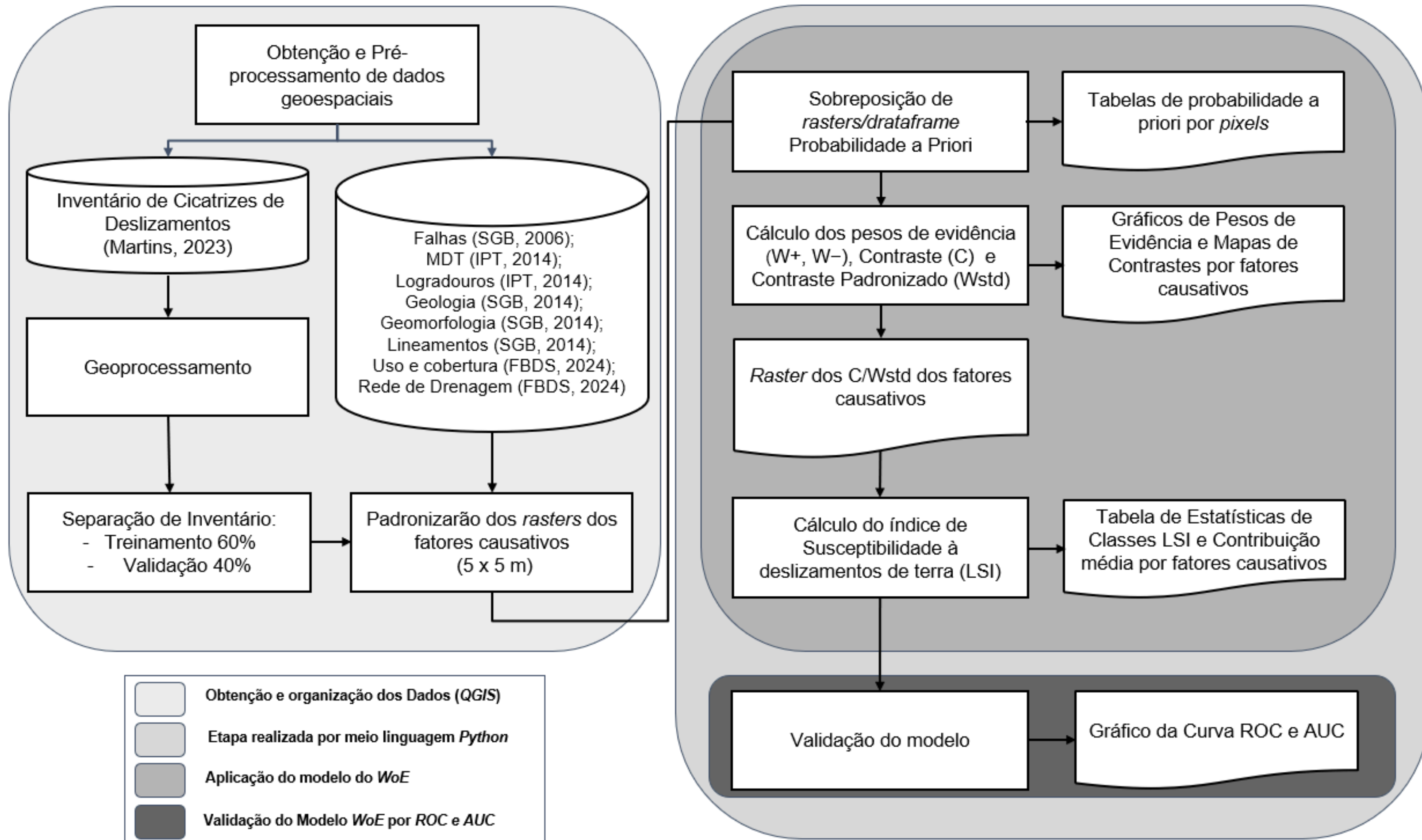
# FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E ÁREA DE ESTUDO

<b>Deslizamentos de Terra</b>	Christofolletti (1980); Guerra; Cunha, (2013)	<b>Escorregamentos translacionais – (deslizamentos) consistem na remoção gravitacional do regolito (solo e detritos) encosta abaixo deslizando de forma laminar sobre uma superfície de ruptura lisa.</b>
<b>Suscetibilidade</b>	Lima; Amorim (2022); Saito (2004)	<b>“toda a fragilidade que não diz respeito a um ser será compreendida como suscetibilidade”; “característica inerente do meio, representando a fragilidade do ambiente em relação a ocorrência de um evento”</b>
<b>Pesos de Evidência</b> <i>(Wheigt of Evidences)</i>	Bonham-Carter; Agterberg; Wright (1989); Batar; Watanabe (2021)	<b>Método estatístico quantitativo e orientado por indícios (dados e mapas preditivos), fundamentado no Teorema de Bayes e em probabilidades condicionais ( chance de um evento ocorrer, sabendo que outro evento já aconteceu)</b>
<b>ROC Curve and AUC</b>	Hanley e Mecneil (1982)	<b>Métrica de desempenho de modelos de classificação binários; Desenha a relação entre a taxa de verdadeiros positivos e a taxa de falsos positivos dentro do universo amostral</b>

- **Distrito de Maresias (Juqueí, Barra do Una e Barra do Sahy)**
- **População Residente ~ 37.459 IBGE (2022)**
- **Área Territorial de ~ 25,48 km<sup>2</sup>**
- **Atrativos Turísticos**



# METODOLOGIA

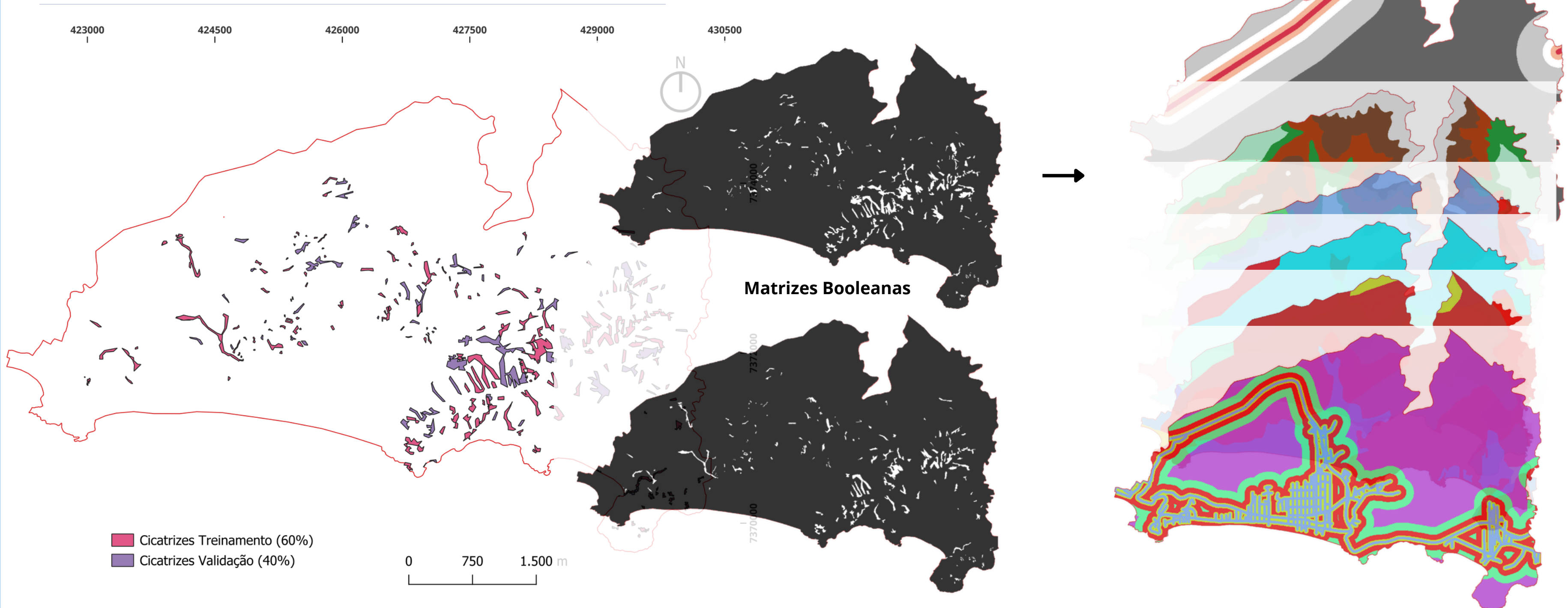


# RESULTADOS

"O passado é a chave para o futuro". Assume-se que futuros deslizamentos ocorrerão sob condições semelhantes às que causaram os eventos passados (probabilidade)

1º  $P_{prior} = \frac{\text{Área de deslizamento}}{\text{Área total}}$  →  $(N_D)$  número total de pixels com deslizamentos →  $P(B|D) = \frac{\text{Pixels de deslizamento com o fator}}{N_D}$  Prob. presença do fator e tem deslizamento  
 $(N_{\bar{D}})$  número total de pixels sem deslizamentos →  $P(B|\bar{D}) = \frac{\text{Pixels sem deslizamento com o fator}}{N_{\bar{D}}}$  Prob. presença do fator mas não há deslizamento

- razão entre o número de pixels com deslizamento e o número total de pixels na área de estudo
- Qualquer alteração na área ou no inventário altera a probab. a priori
- Valor de Base para cálculo da chance a priori e para os pesos de evidência (W+ e W-)



# RESULTADOS

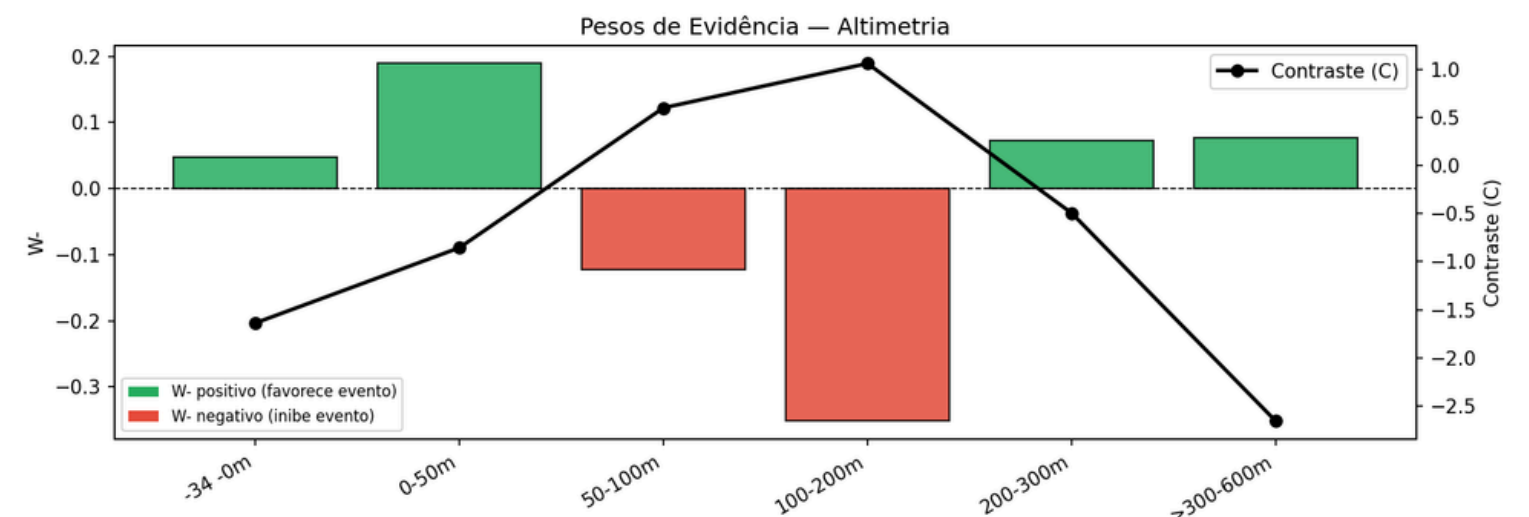
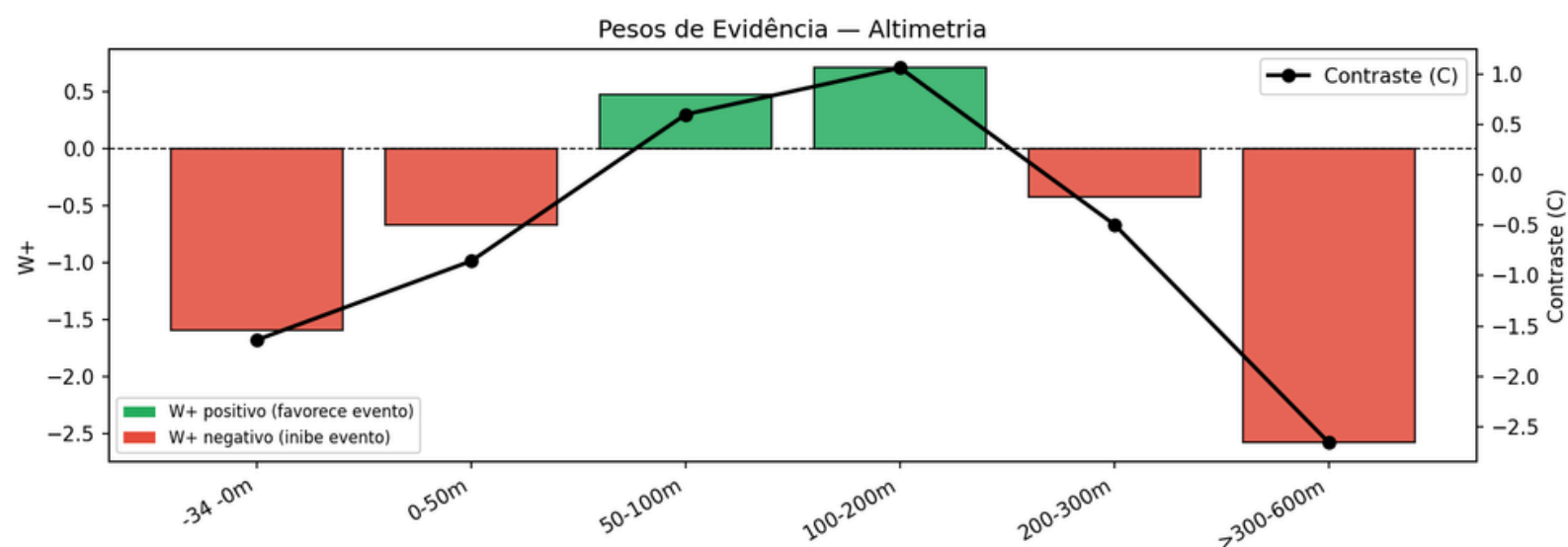
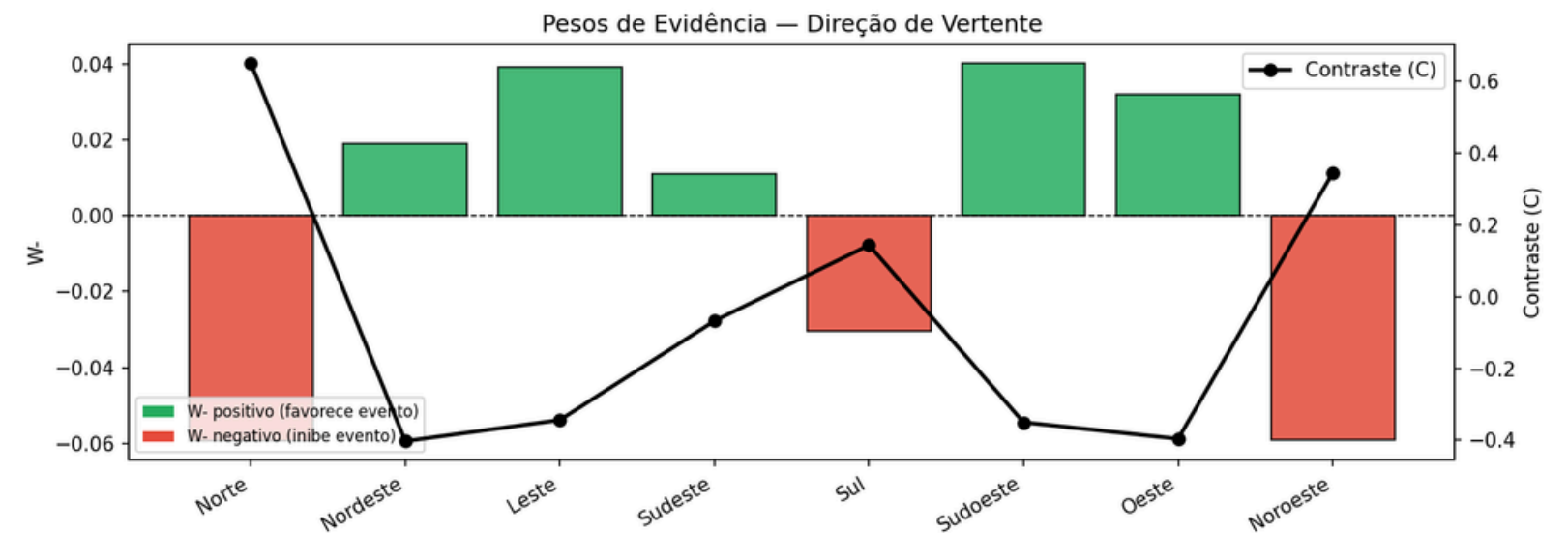
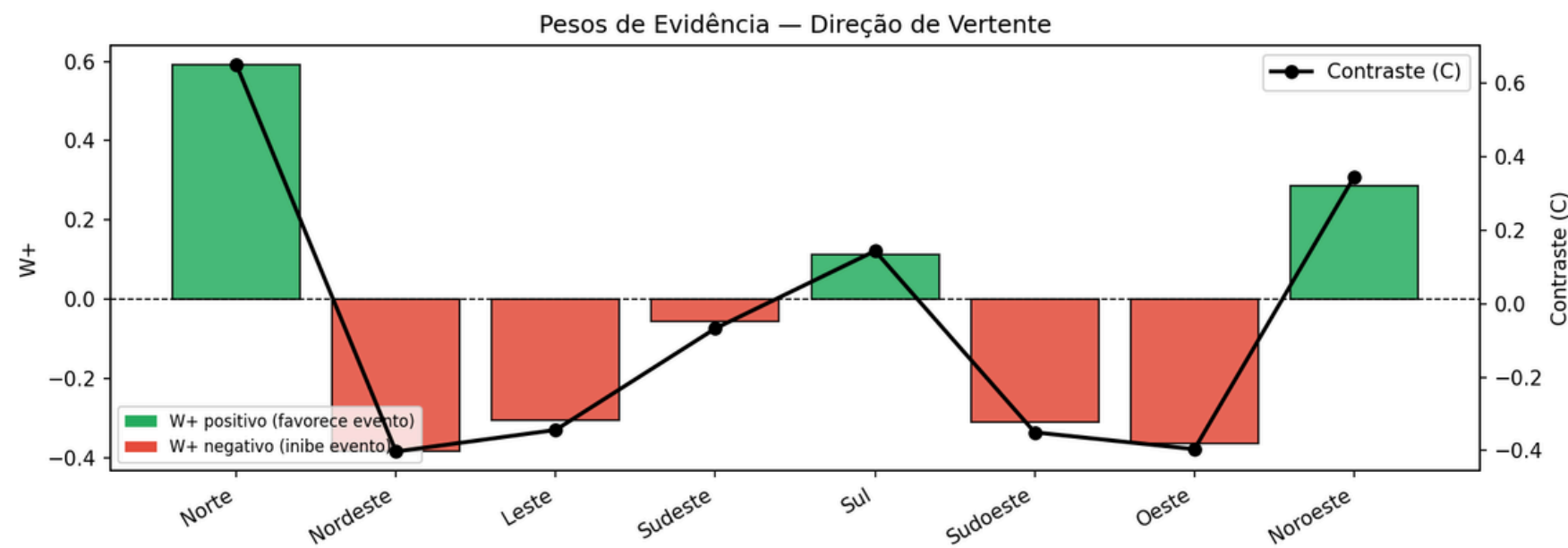
Atribuição pesos a cada classe de um fator com base na presença ou ausência de deslizamentos naquela área

$$2^{\circ} \quad W^+ = \ln \frac{P(B|D)}{P(B|\bar{D})}$$

- Associação entre a presença de uma classe do fator (B) e a ocorrência de deslizamentos (D)
- Positivo, a presença favorece o deslizamento
- Negativo, a presença da classe inibe o deslizamento

$$3^{\circ} \quad W^- = \ln \frac{P(\bar{B}|D)}{P(\bar{B}|\bar{D})}$$

- Associação entre a ausência de uma classe do fator ( $B^-$ ) e a ocorrência de deslizamentos (D)
- Positivo, a ausência favorece o deslizamento
- Negativo, a ausência desfavorece o deslizamento



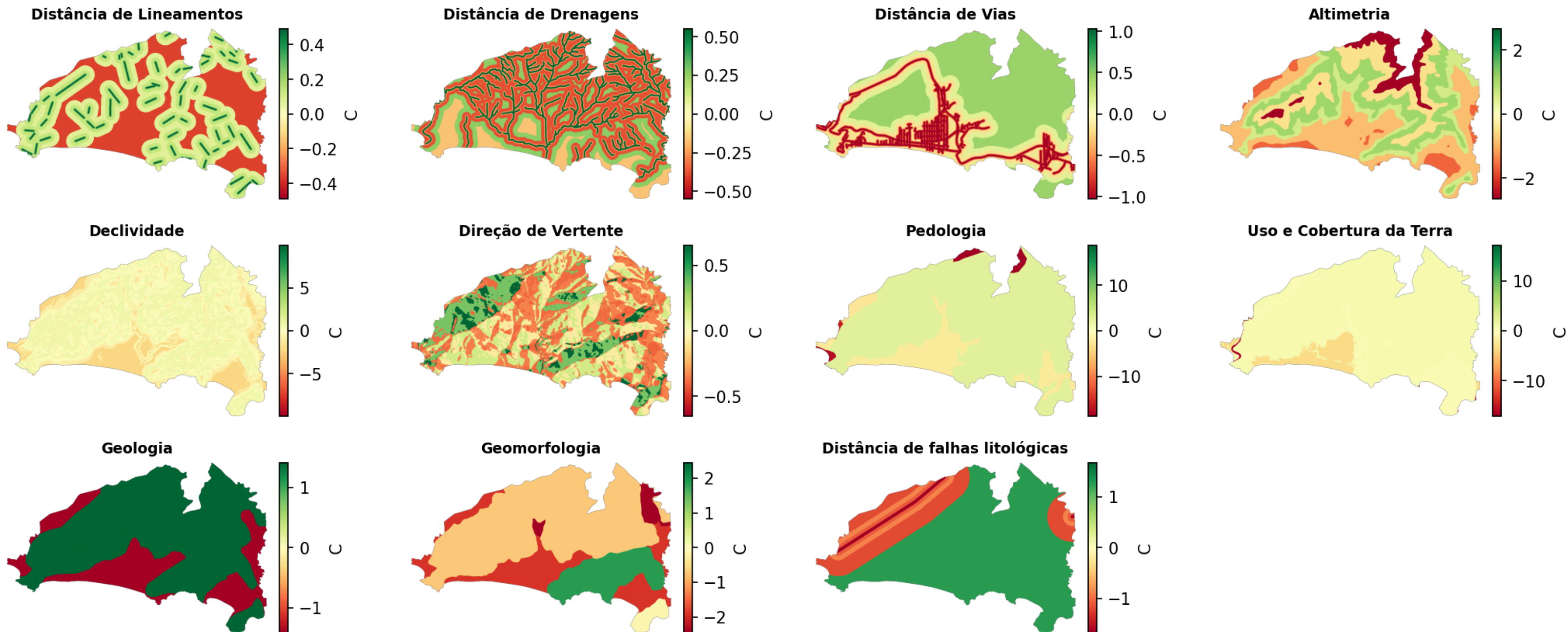
# RESULTADOS

Contraste de Peso

$$4^{\circ} \quad C = W^+ - W^-$$

- Maximizar a evidência fornecida por um fator (Contraste)
- Força da associação espacial total
- C + : a classe é favorável ao deslizamento
- C - : a classe é desfavorável
- C próximo de zero, a classe tem pouca relação com a distribuição dos deslizamentos

## Mapas de Contraste (C) por Fator Causativo



# RESULTADOS

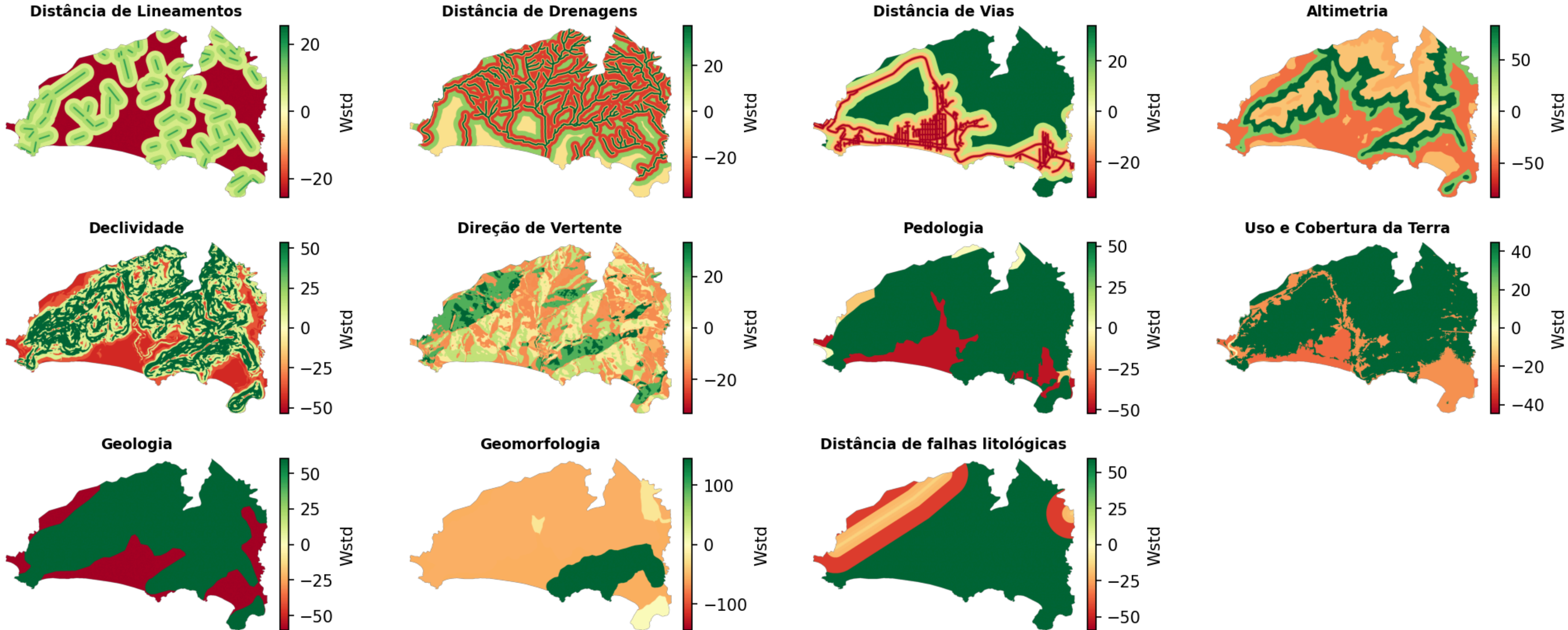
Contraste Padronizado

5°

$$W_{std} = \frac{C}{S(C)}$$

- Mede a confiabilidade da associação (estatisticamente significativa?)
- Diminui valores ruidosos (classes os os dados são escassos)
- Wstd maior que  $|1,96|$  rejeita-se a hipótese de que o fato não tem relação com deslizamentos
- Alguns trabalhos utilizam o Contraste (C)

## Mapas de Contraste Padronizado (SC) por Fator Causativo



# RESULTADOS

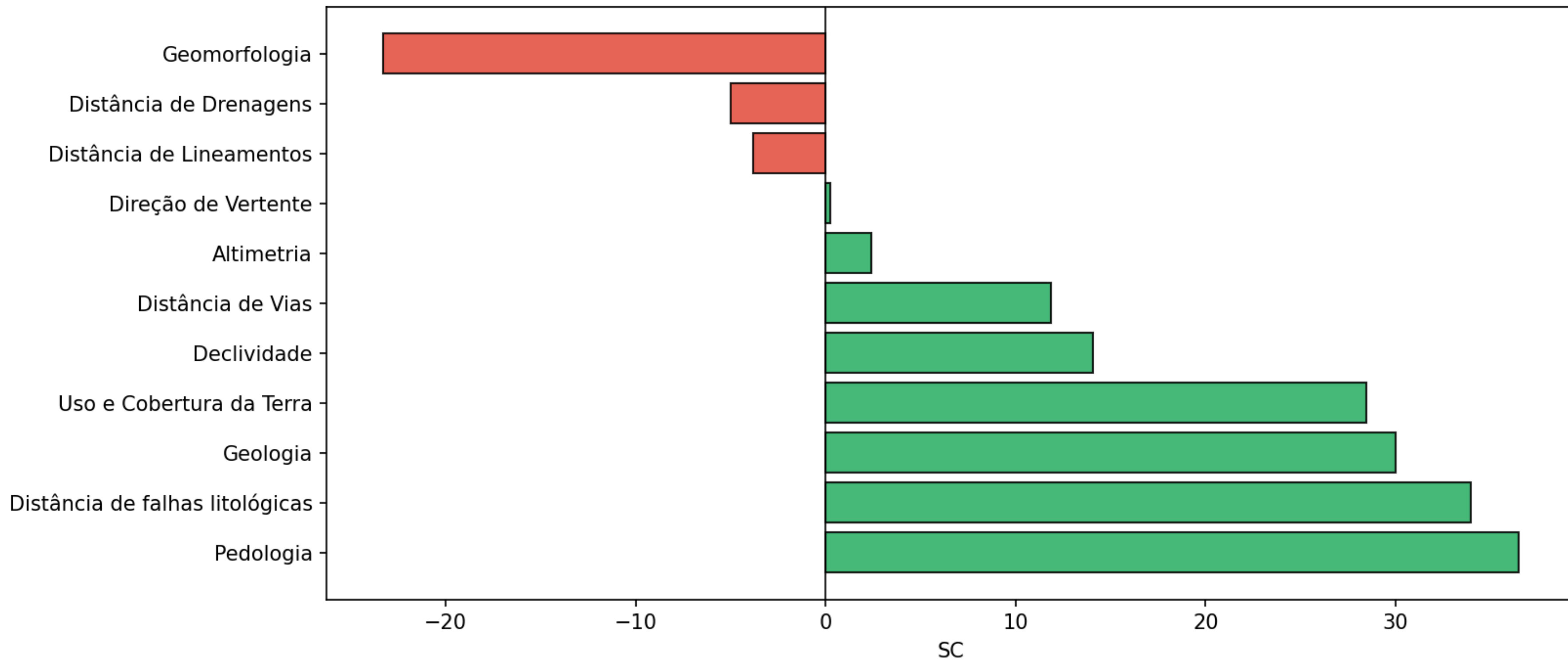
Contraste Padronizado

5°

$$W_{std} = \frac{C}{S(C)}$$

- Mede a confiabilidade da associação (estatisticamente significativa?)
- Diminui valores ruidosos (classes os os dados são escassos)
- Wstd maior que |1,96| rejeita-se a hipótese de que o fato não tem relação com deslizamentos
- Alguns trabalhos utilizam o Contraste (C)

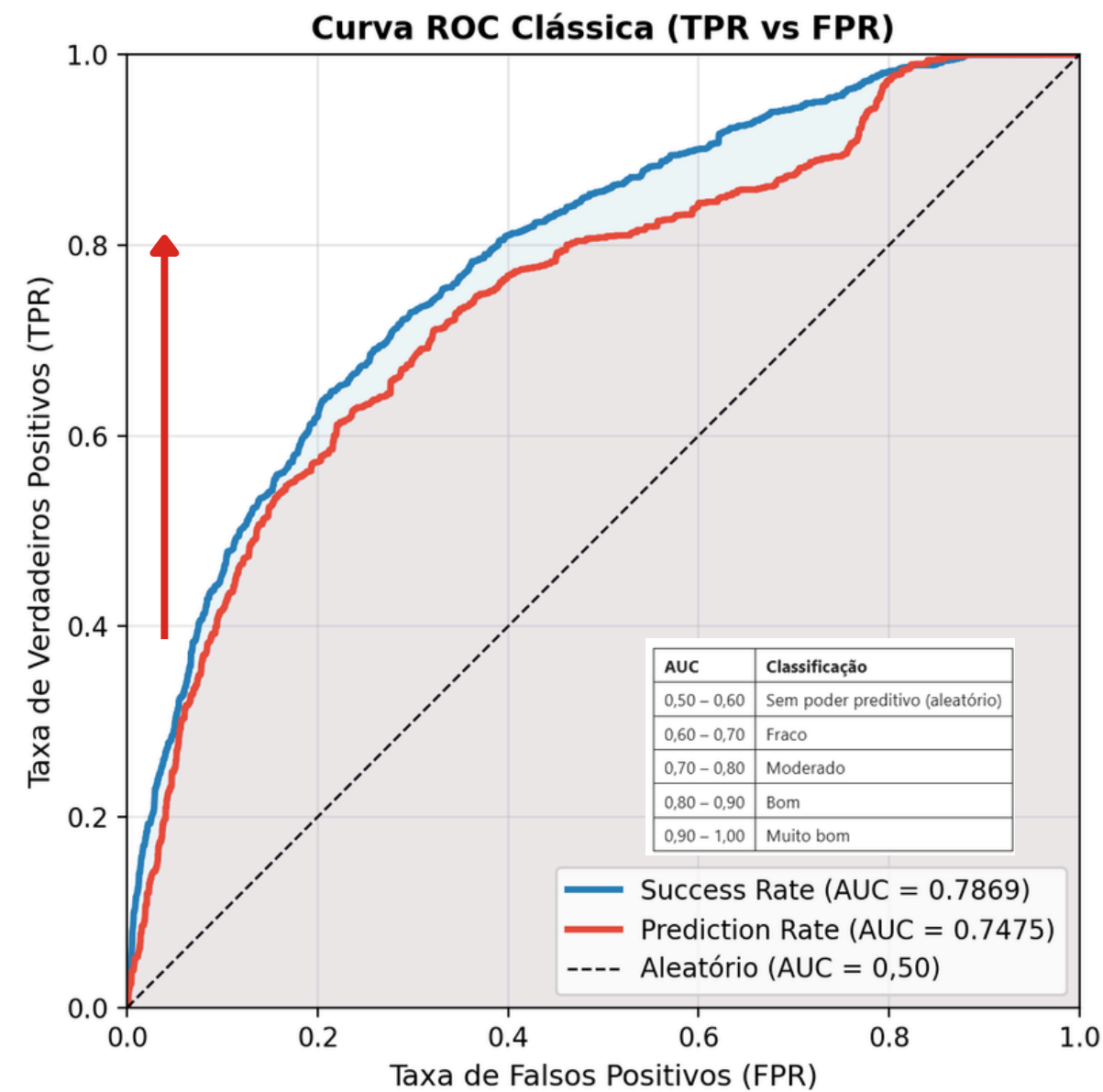
### Contribuição Média de Cada Fator para o SI



# RESULTADOS

6° 
$$LSI = \sum_{i=1}^n W std_i$$

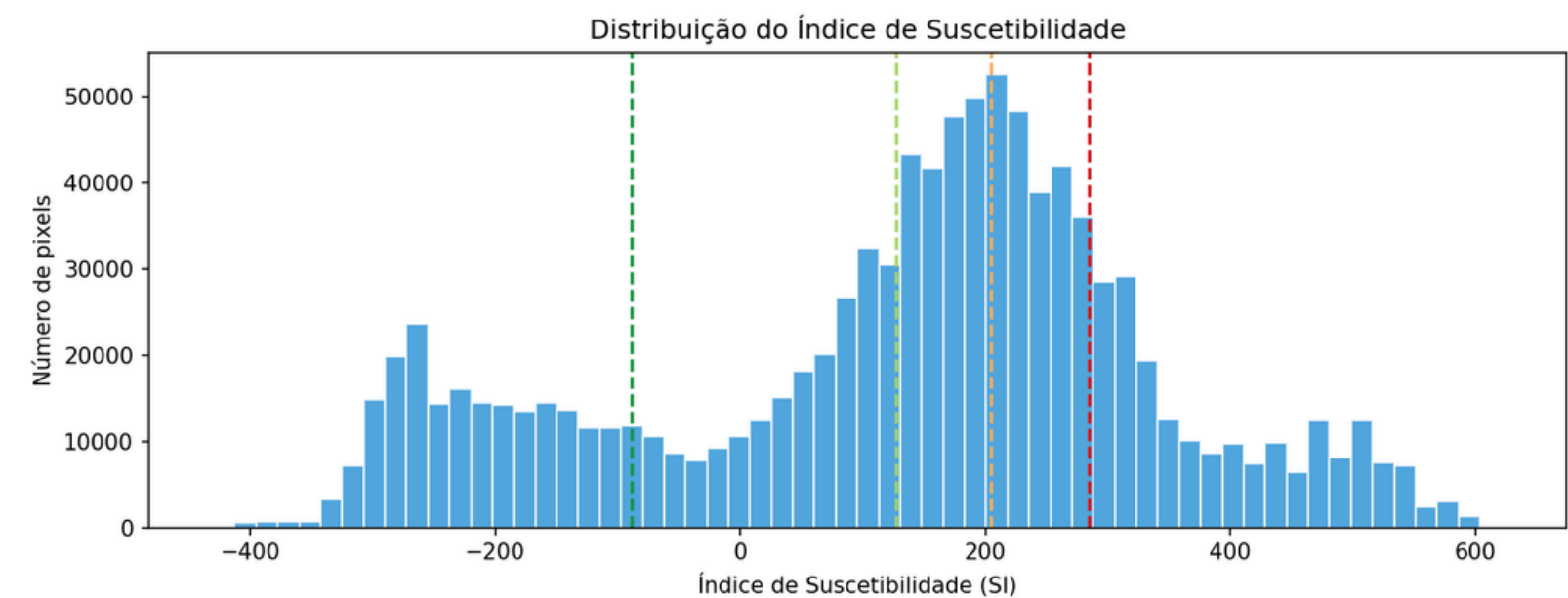
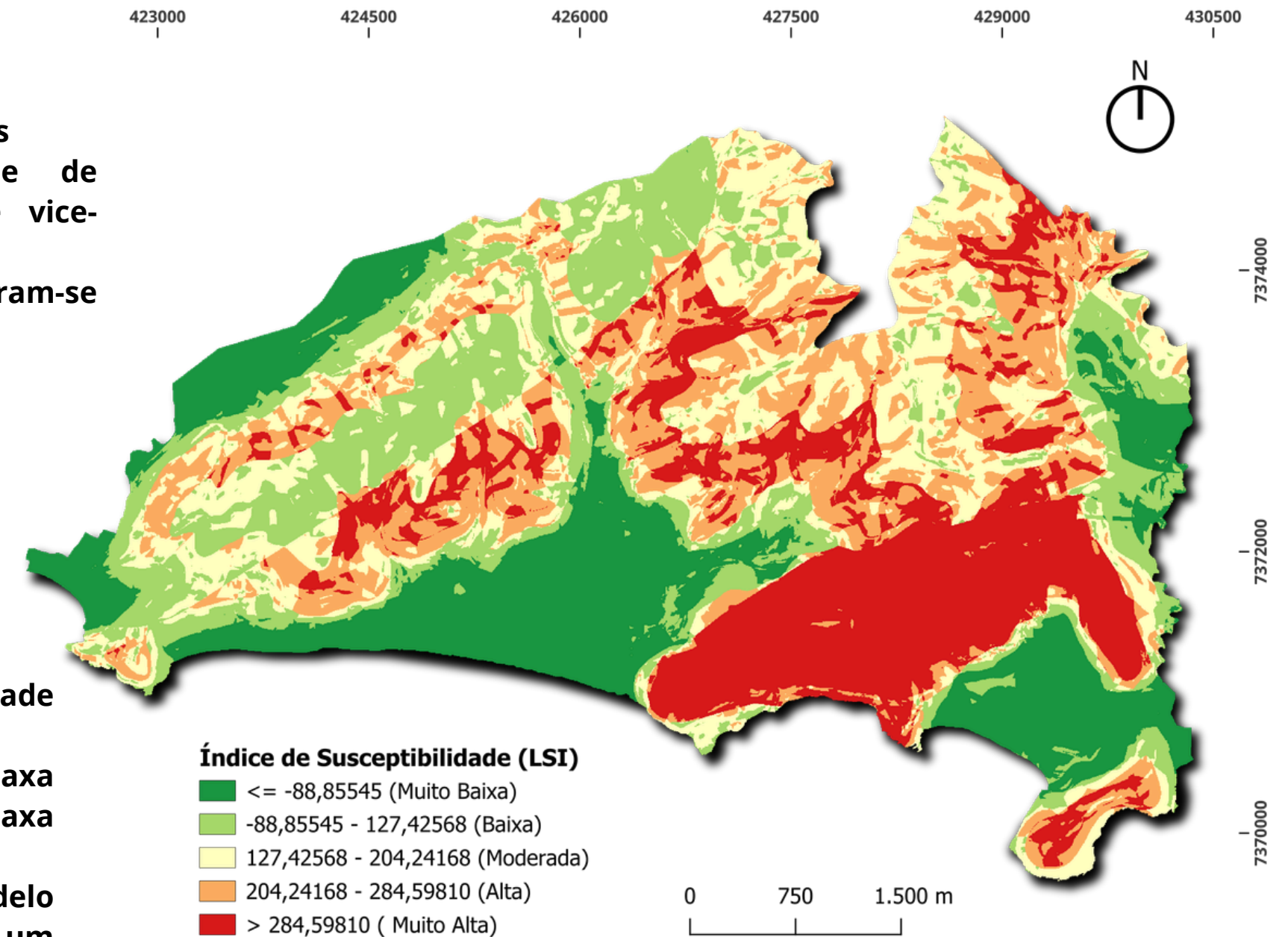
- Soma dos contrastes padronizados
- LSI Alto maior probabilidade de ocorrência de deslizamentos e vice-versa
- Maior número de pixels concentram-se nas classes "Moderada" e "Alta"



- Medir a qualidade e a capacidade preditiva do modelo
- Curva ROC: Relação entre a taxa de verdadeiros positivos e a taxa de falsos positivos
- AUC: O quão bem o modelo classifica corretamente um evento que realmente aconteceu



Cicatrizes de Validação

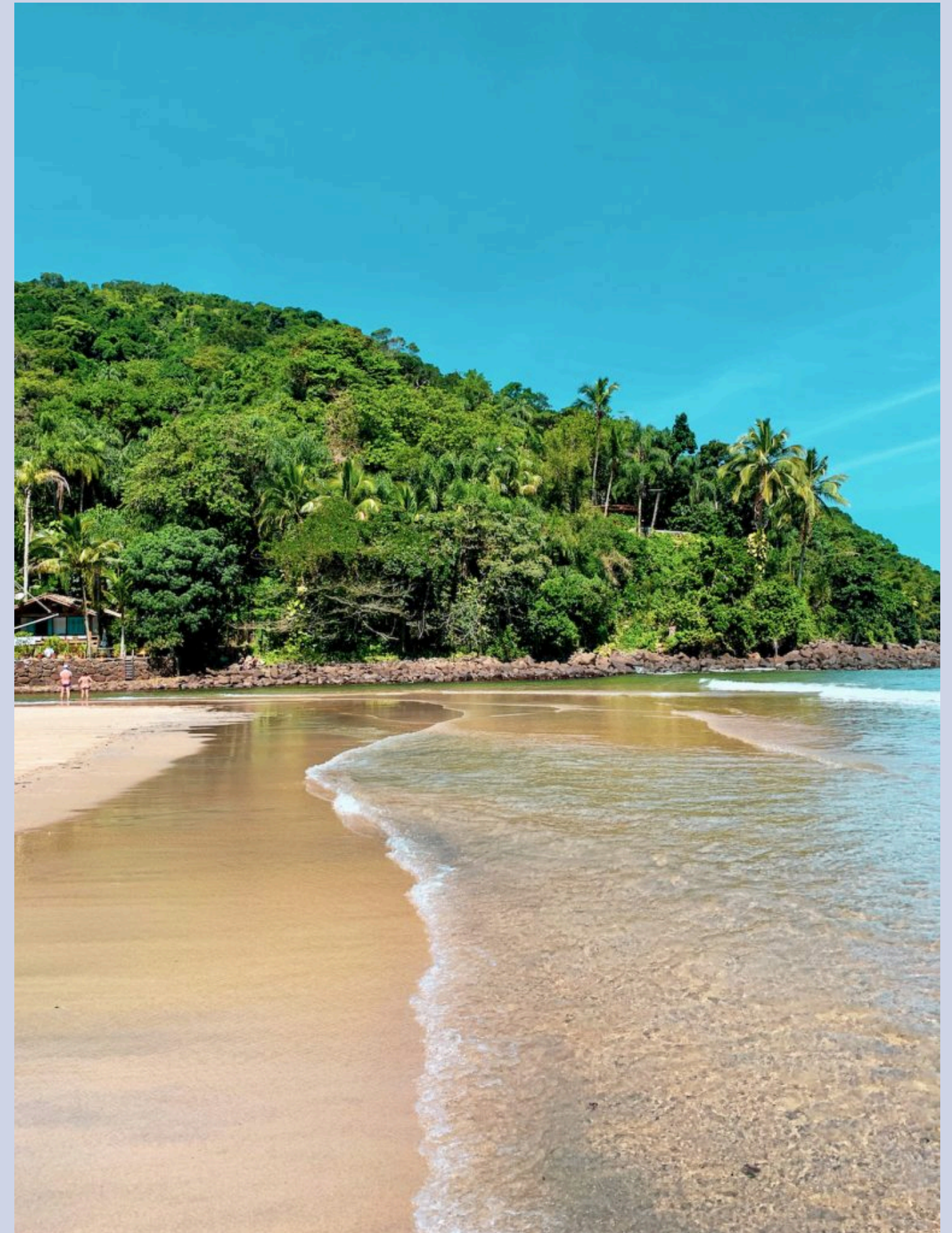


Curva	Amostras	O que mede
Success Rate	Cicatrizes de <b>treinamento</b>	Quão bem o modelo se ajusta aos dados que o calibraram
Prediction Rate	Cicatrizes de <b>validação</b>	Quão bem o modelo prediz dados <b>novos e independentes</b>

(Pradhan & Lee, 2010; Reichenbach et al., 2018)

# CONCLUSÕES

- **Elevada capacidade preditiva para redução da subjetividade se comparada com métodos heurísticos como AHP**
- **Flexibilidade e Integração de dados de diversos fatores socio-econômicos e físico Naturais**
- **Problemas com o tamanho da área de estudo (dataframe) - fontes de dados diversas**
- **O modelo assume que os fatores causativos são condicionalmente independentes entre si em relação aos deslizamentos**
- **Dependência Amostral**
- **Os valores de peso calculados para uma região não são diretamente comparáveis com os de outra área**



# REFERÊNCIAS

BATAR, A. K.; WATANABE, T. Landslide Susceptibility Mapping and Assessment Using Geospatial Platforms and Weights of Evidence (WoE) Method in the Indian Himalayan Region: Recent Developments, Gaps, and Future Directions. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 10, n. 3, p. 114, 27 fev. 2021.

Bonham-Carter, G.F.; Agterberg, F.P.; Wright, D.F. Weights of evidence modelling: A new approach to mapping mineral potential. **Stat. Appl. Earth Sci.**, n. 89, 1989 171–183p.  
CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188p.

Chung, C. F.; Fabbri, A. G.. Validation of spatial prediction models for landslide hazard mapping. **Natural Hazards**, n. 30, 2003, 451–472p

GUERRA, A. J. T. ; CUNHA, S. B. Impactos Ambientais urbanos no Brasil. 10ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2013. 418 p.

Hanley, J. A.; McNeil, B. J. The meaning and use of the area under a ROC curve. **Radiology**, n.143, 1982, 29–36p.

LIMA, G. S.; AMORIM, R. R. Suscetibilidade e Vulnerabilidade: Um Impasse Conceitual Que Dificulta a Responsabilização pelo Desastre. **ANAIS DO EVENTO EM COMEMORAÇÃO AOS 20 ANOS DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA (IG-UNICAMP)**, v.1, n.1, 2023.

Pradhan, B.; Lee, S. Landslide susceptibility assessment. **Environmental Modelling & Software**, n. 25(6), 2010, 747–759.

Reichenbach, P. et al. A review of statistically-based landslide susceptibility models. **Earth-Science Reviews**, n. 180, 2018, 60–91p.

SAITO, S. Estudo analítico da suscetibilidade a escorregamentos e quedas de blocos no maciço central de Florianópolis-SC. Dissertação (Mestrado) - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Departamento de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, p. 132. 2004

# OBRIGADO!