

ANÁLISE MORFOMÉTRICA EM SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS PARA MONITORAMENTO DO RISCO POTENCIAL A CORRIDAS DE MASSA (*DEBRIS FLOWS*) NA REGIÃO SERRANA DO RIO DE JANEIRO

Elias Ribeiro de Arruda Junior ^[1];
Eymar Silva Sampaio Lopes ^[2];

^[1] UFF – Universidade Federal Fluminense - eliasarrudajr@yahoo.com.br

^[2] INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - eymar@dpi.inpe.br

Introdução

Movimentos de massa – fenômenos naturais da dinâmica externa

Corridas de massa (*debris flows*) deflagradas pelos escorregamentos translacionais generalizados

Ocupação humana – áreas de **risco potencial**

Desastres hidrológicos (inundações e movimentos de massa)

No mundo (52,1% em 2011)

No Brasil (3^a posição no ranking mundial em n^o mortes)

Introdução

Ocorrência em paisagens montanhosas e com grande descargas hidráulicas no verão (Sudeste do Brasil)

Ultimamente uma série de eventos extremos

2011 - Região Serrana do Estado do RJ (Friburgo)

900 vítimas fatais

35.000 desabrigados

2013 - Região Serrana do Estado do RJ (Petrópolis)

34 vítimas fatais

1500 desabrigados

Introdução

A preparação para desastres naturais é um fator chave na redução do seu impacto

Recentes iniciativas internacionais estão promovendo o desenvolvimento de uma cultura de prevenção de riscos e promoção de sistemas de alerta precoce

Brasil, apesar de acordo internacional - até 2015 implantação de sistemas de alerta para reduzir o risco de desastres naturais, o sistema brasileiro revelou-se frágil...

Introdução

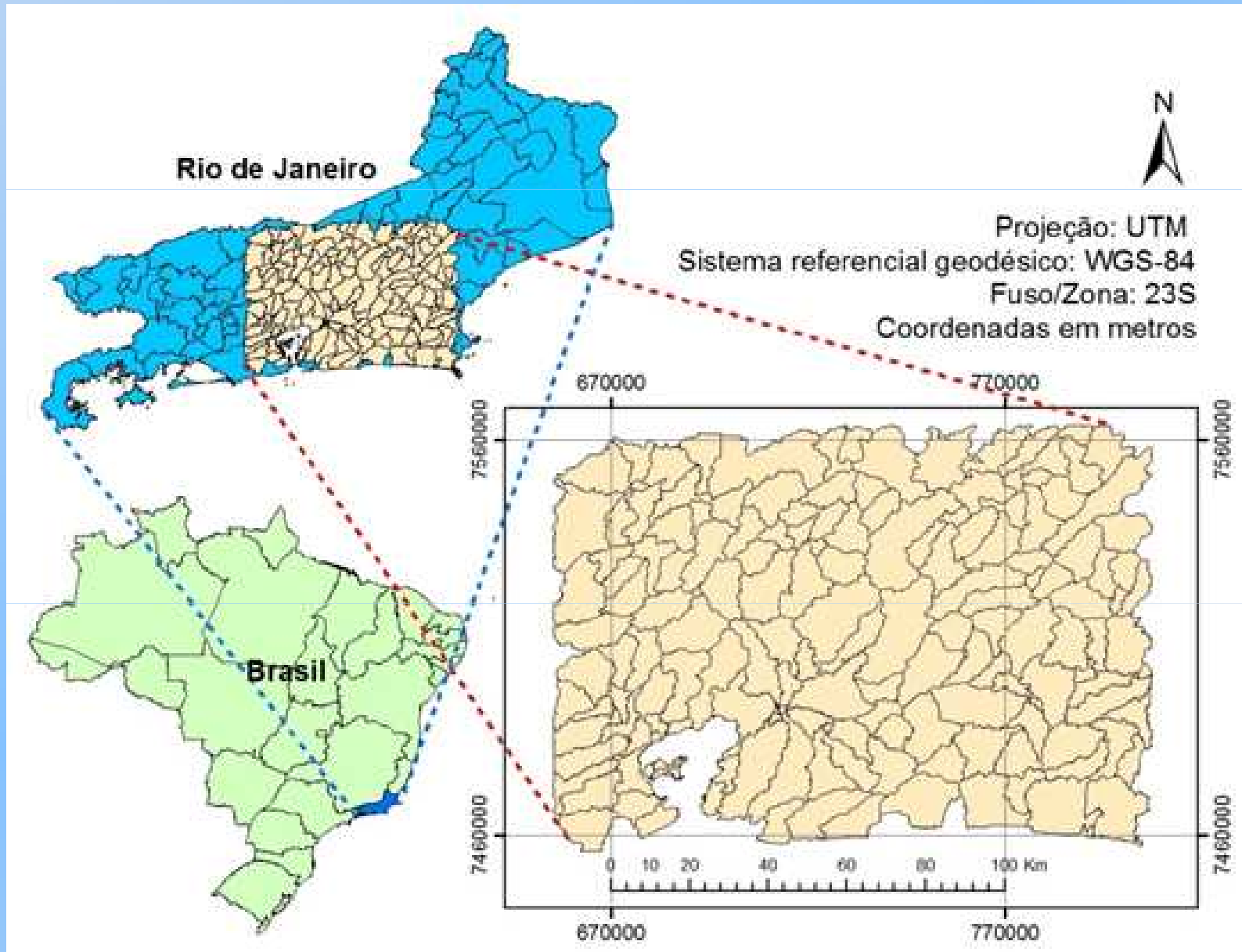
Para o desenvolvimento do sistema de monitoramento da área de estudo foi utilizada a plataforma **TerraMA²**, da Divisão de Processamento de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE),

Permite a construção de modelos ambientais com execução em tempo real...

Objetivos

O objetivo geral deste trabalho foi realizar a análise morfométrica em sub-bacias hidrográficas para monitoramento do risco potencial a corridas de massa (*debris flows*) na Região Serrana do Rio de Janeiro, utilizando os dados das fortes chuvas de março de 2013.

Área de estudo



Sub-bacias compreendem as regiões: **Serrana, Metropolitana, Baixada Litorânea e Centro-Sul Fluminense**

Sub-bacias em diferentes domínios geomorfológicos

Material

Pesquisa desenvolvida nas instalações das **DPI** e **DSR**, na Coordenação Geral de Observação da Terra (**OBT**) do **INPE**.

Ambientes usados: **Spring**, **TerraView**, **TerraMA²**, **TerraHidro** e **ESRI ArcGis**.

Desenvolvimento das aplicações nas linguagens:

LEGAL (*Spring*) – operadores zonais; e

LUA (*TerraMA2*) – desenvolvimento do modelo de alerta.



Material

Principais insumos

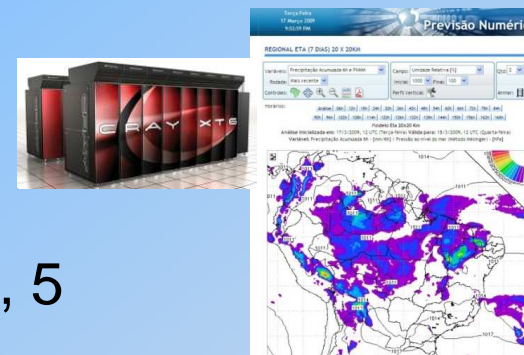
- Mapeamento topográfico do IBGE, vetores, 1:50.000
- MDE NASA/SRTM (TOPODATA/INPE), 30 x 30m



Dados Ambientais

Previsão

Estimativa de Precipitação Eta (Modelo de previsão numérica regional), 0 e 12h, 72 horas previstas (3 dias), 5 x 5 km;

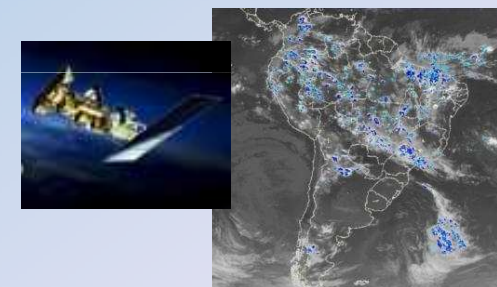


Observação

Descargas elétricas (raios) da rede RINDAT-INPE, 15 min, 4 x 4 km;



Precipitação por satélite GOES (Hidroestimador do DSA-INPE), mm/h, banda do infra-vermelho, 15 min, 4 x 4 km;



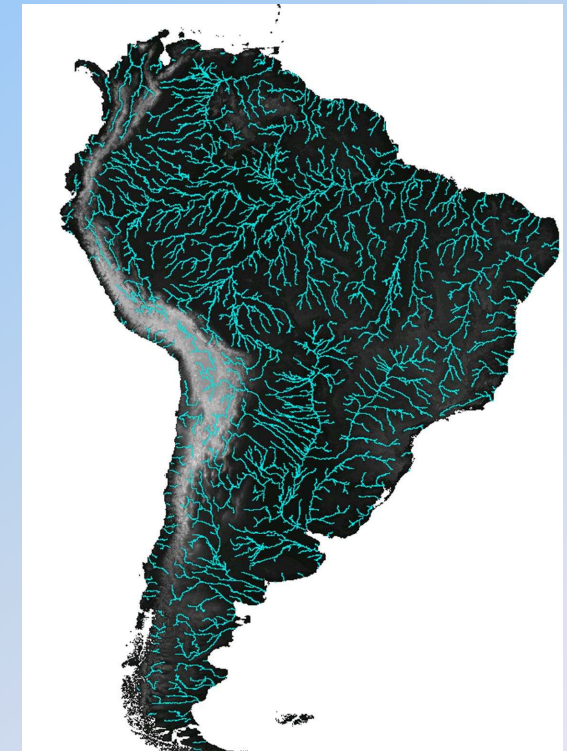
Radar meteorológico Pico do Couto – RJ, grades com valores de reflectividade. 15 min, 1 x 1 km.



Metodologia

Extração da rede de drenagem e delimitação das sub-bacias hidrográficas

- MDE SRTM/TOPODATA
- TerraHidro (Plugin de TerraView)
- Ajustes MDE (eliminação depressão)
- Direção de fluxo (8 vizinhos)
- Cálculo de fluxo acumulado e fluxo acumulado
- Delimitação da drenagem (fluxo acumulado > limiar)
- Delimitação das sub-bacias hidrográficas (utilizando direção de fluxo e rede de drenagem)



Metodologia

Definição dos parâmetros morfométricos

- Analisados vários parâmetros morfométricos das sub-bacias
- Foco nos com maior potencial em produzir material às corridas de massa através de escorregamentos generalizados
- Parâmetros morfométricos escolhidos:
 - proporção de áreas com declividades entre 25° a 50° ;
 - amplitude topográfica; e
 - circularidade das sub-bacias.

Metodologia

Definição dos parâmetros morfométricos

Proporção de áreas com declividades entre 25° a 50°

Apresentam maior probabilidade de disponibilidade de material para ocorrência de escorregamentos

Amplitude topográfica

Diferença entre o menor e maior valor altimétrico

Utilizado operadores zonais médio no *Spring*

Circularidade das sub-bacias

$$IC = \frac{4\pi A}{P^2}$$

onde, IC é o índice de circularidade (0 – 1),
A a área da bacia,
P o perímetro da bacia

Metodologia

Definição dos pesos e ponderações para áreas potenciais a geração de corridas

- Cada parâmetro morfométrico recebeu um valor de peso que variou de 0 à 1 para cada sub-bacia;
- Para definição dos pesos pela técnica **AHP** (Processo Analítico Hierárquico), realizada através de uma comparação pareada entre todos as variáveis, no *Spring*.

Metodologia

Definição dos pesos e ponderações para áreas potenciais a geração de corridas

A análise espacial no SIG:

- Transformação dos dados para o espaço de referência [0..1]
- Processados por combinação numérica, através de média ponderada.

<i>Elementos na equação</i>	<i>Parâmetro morfométrico</i>	<i>Peso (variando no intervalo de 0 à 1)</i>
a	Declividades entre 25° a 50°	0,603
b	Amplitude altimétrica	0,315
C	Circularidade da bacia	0,082

Metodologia

Definição dos pesos e ponderações para áreas potenciais a geração de corridas

O cálculo dos valores finais para o potencial a geração de corridas, para cada polígono de sub-bacia, envolvendo os parâmetros e seus respectivos pesos

$$\text{Potencial de corrida} = a * 0,603 + b * 0,315 + c * 0,082$$

Onde:

0 significa nenhum potencial para geração de corrida e

1 significa potencial máximo.

Metodologia

Implementação dos modelos de análise na TerraMA²

Análises escritas na linguagem LUA para sobreposição das sub-bacias com os dados hidrometeorológicos (precipitação).

Realizadas análises utilizando o hidroestimador e o radar meteorológico de forma isolada, utilizando operadores para cálculo de valores instantâneos e acumulados.

Análises combinadas com hidroestimador e modelo de previsão ETA, com o objetivo de alertas antecipados em função da chuva acumulada pelo hidroestimador e prevista pelo modelo ETA. As mesmas análises foram realizadas considerando o potencial de corrida calculado acima.

Plataforma para Monitoramento, Análise e Alerta a Extremos Ambientais

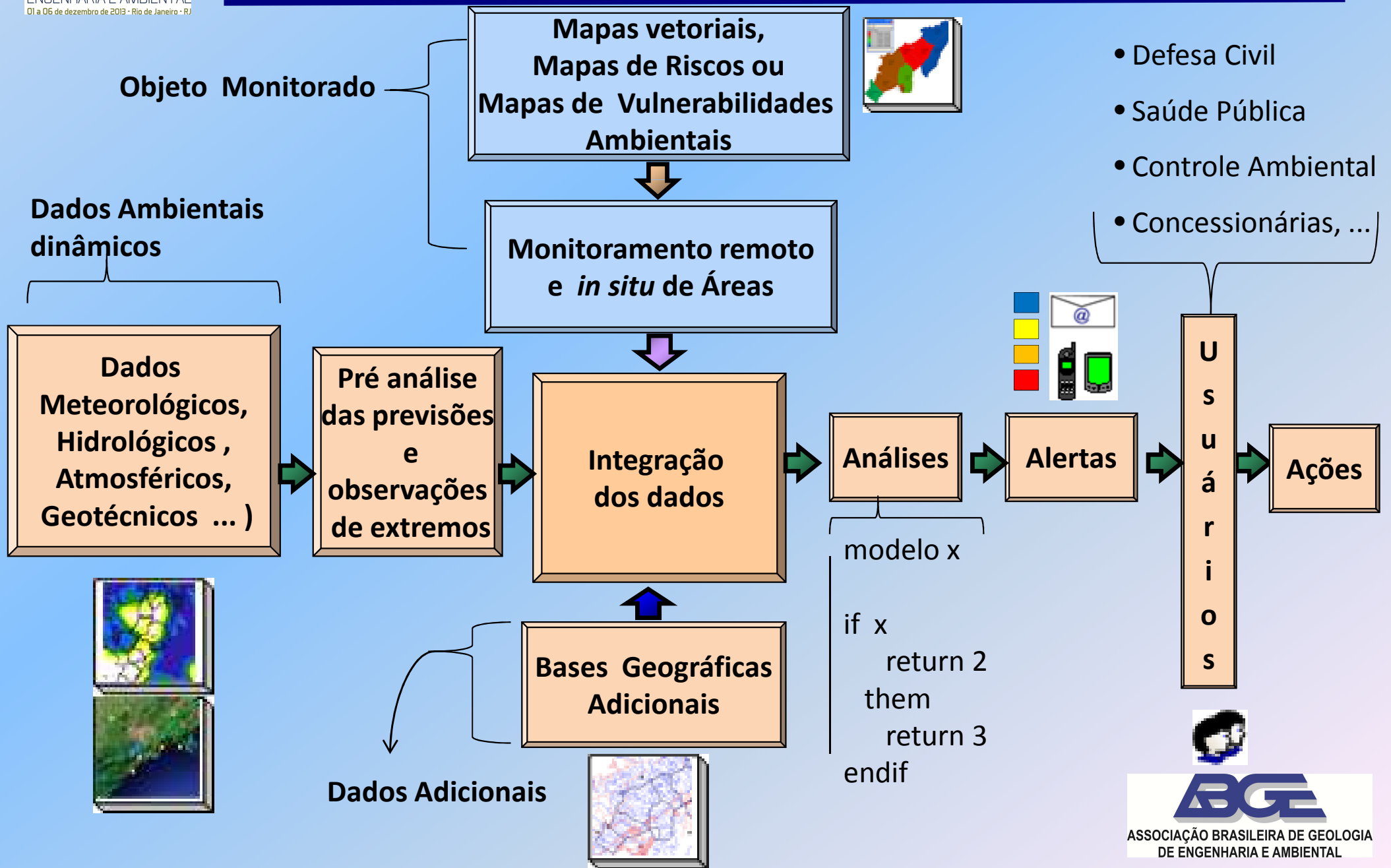
TerraMA² é um produto de software, um sistema computacional, baseado em uma arquitetura de serviços, aberta, que provê a infraestrutura tecnológica necessária ao desenvolvimento de sistemas operacionais para monitoramento de alertas de riscos ambientais.



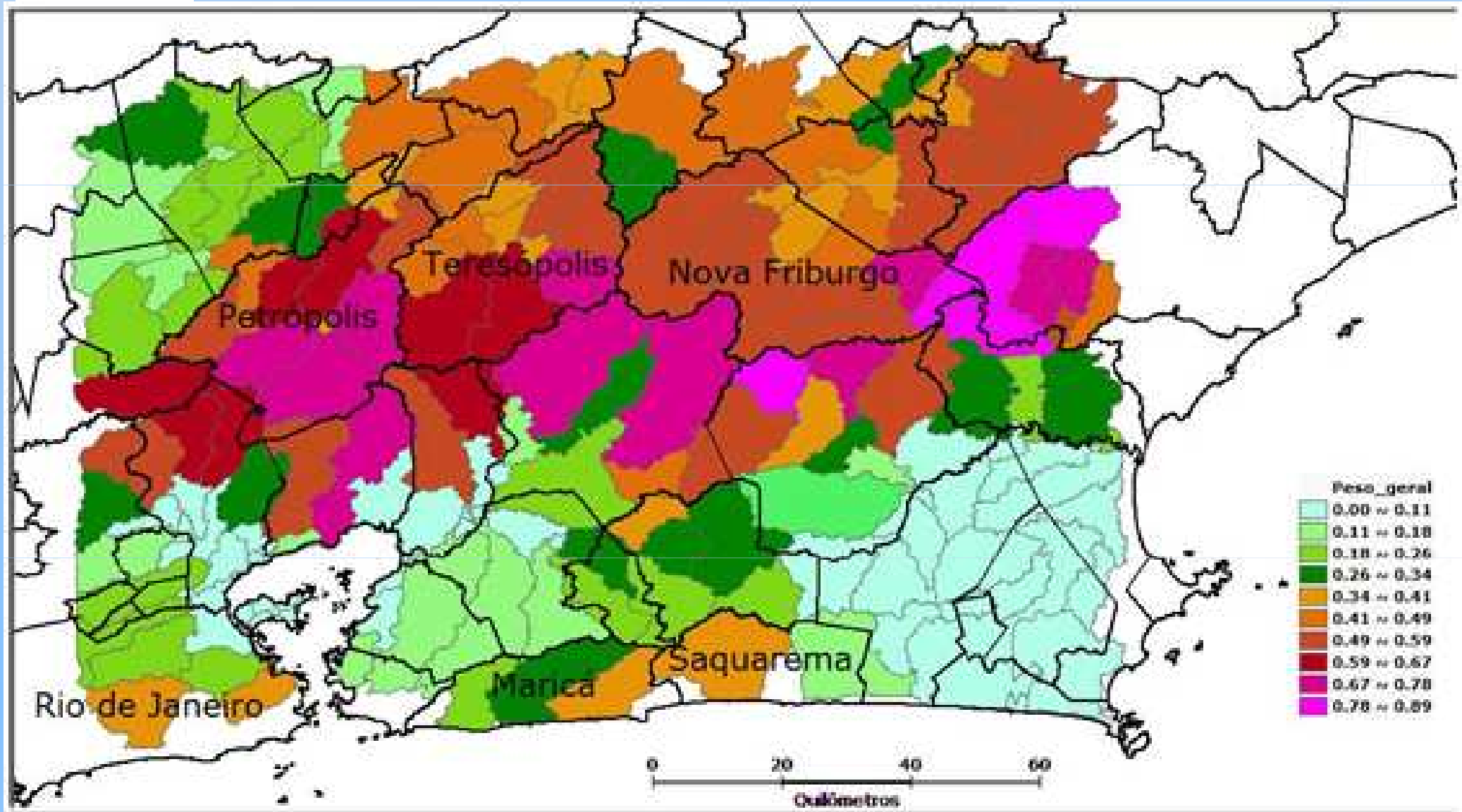
Desenvolvida através da biblioteca **TerraLib** da **DPI/INPE**



Concepção da Plataforma TerraMA²

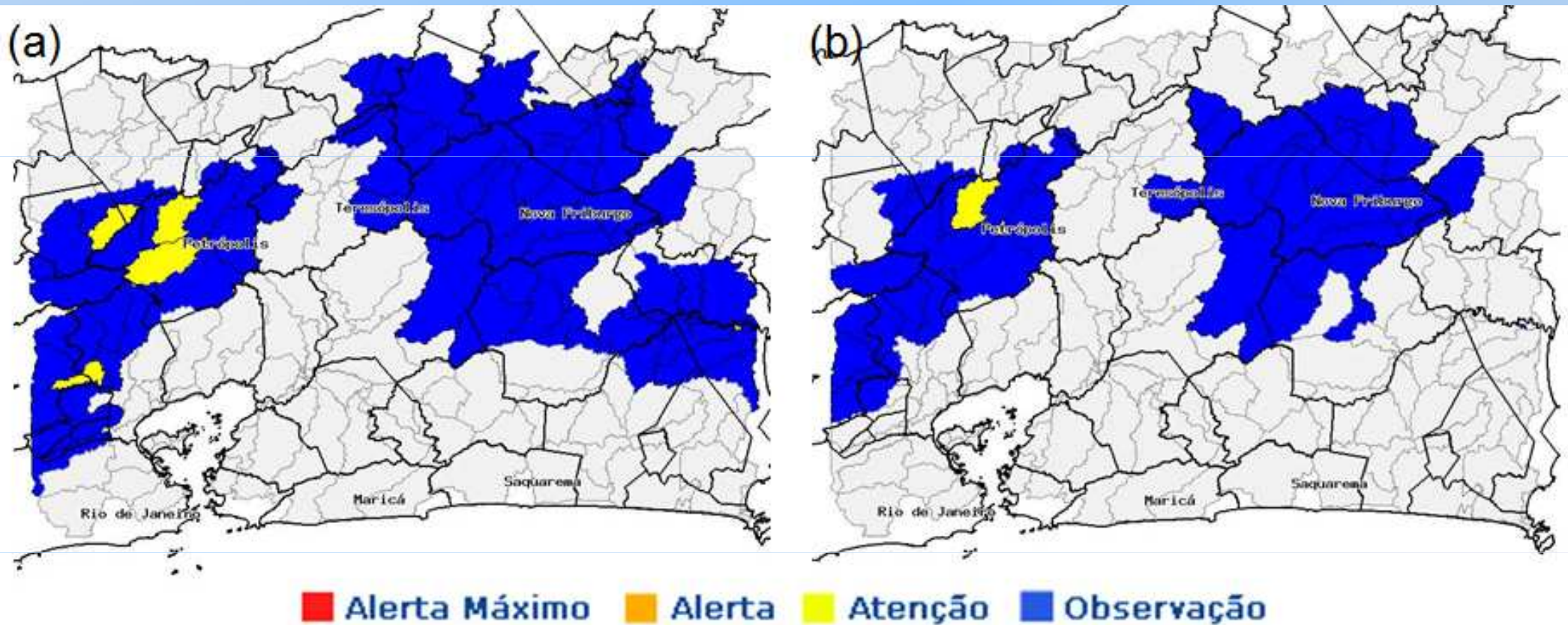


Resultados e discussão



Peso geral para o potencial de corrida, contemplando os três parâmetros morfométricos calculados anteriormente

Resultados e discussão

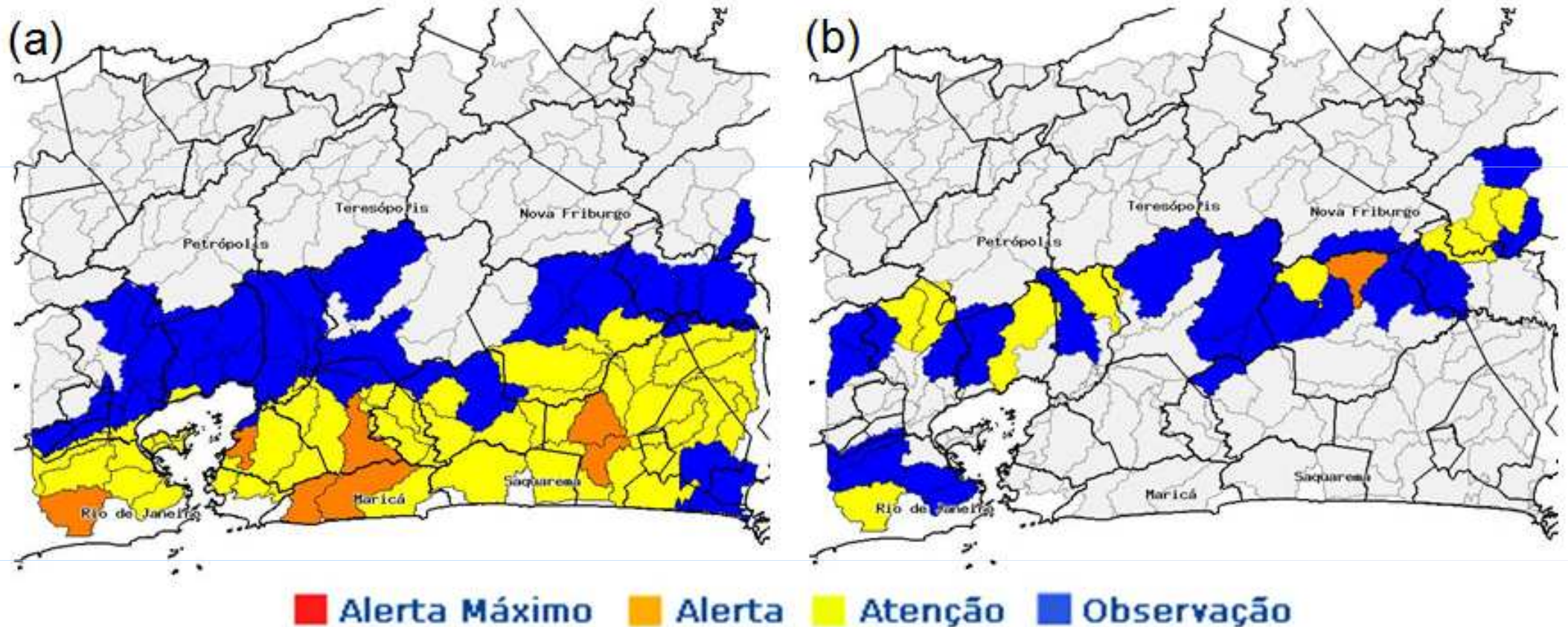


Análise das sub-bacias sobre imagens do radar meteorológico.

(a) quando analisado somente com imagem do radar;

(b) quando analisada imagem do radar multiplicado pelo peso do potencial de corrida

Resultados e discussão



Análise das sub-bacias sobre imagens do hidroestimador (24h) e modelo de previsão Eta (12h).

- (a) quando analisado somente com imagem do hidroestimador e Eta;
- (b) quando analisada imagem do hidroestimador e Eta multiplicado pelo peso do potencial de corrida.

Conclusões

Parâmetros morfométricos das sub-bacias são importantes para diagnosticar quais bacias são mais ou menos susceptíveis a geração de material para corridas de massa.

É importante avaliar que diferentes tecnologias de aquisição de dados de chuva podem produzir resultados diferentes para sistemas de monitoramento.

Para uma tomada de decisão a partir dos alertas emitidos para as sub-bacias, voltados para a questão de fontes geradoras de material para corridas, quando as análises consideram o peso do potencial de corrida produz resultados mais adequados do que só utilizados dados de chuva.

Recomendações

Como recomendações, sugere-se que outros parâmetros morfométricos não abordados nesse estudo serão alvo de estudos por técnicas de Análise de Componentes Principais (ACP) para eliminar redundância entre parâmetros com alto grau de correlação.

Salientando que as análises foram realizadas somente a intensidade de chuva dentro das bacias e/ou os pesos atribuídos dentro de cada bacia. Não foi considerada a dependência de cada bacia em relação as bacias que estão a montante da bacia em questão. Esta dependência entre as bacias será alvo de estudos futuros.