

Residentes em Área de Risco de Inundação - Indicador

Rômulo Andrade da Silva | Estatístico | Analista de Planejamento e Gestão

METODOLOGIA

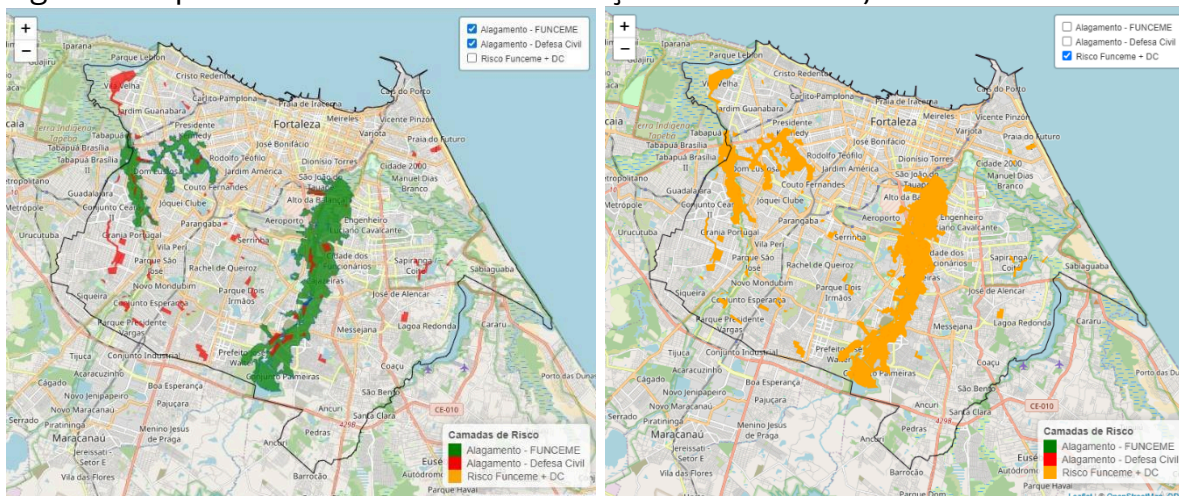
O objetivo desta metodologia é calcular o número estimado de pessoas residentes em áreas de risco de inundação no município de Fortaleza, com base em dados geoespaciais fornecidos por diferentes instituições e dados censitários do IBGE (2022). O procedimento compreende quatro etapas principais: (i) coleta e pré-processamento dos dados geográficos, (ii) definição das áreas de risco, (iii) sobreposição com setores censitários e (iv) estimativa populacional nas áreas afetadas.

1 DADOS UTILIZADOS

Foram utilizados os seguintes conjuntos de dados:

- **Áreas de risco de inundação:**
 - *Defesa Civil de Fortaleza* - Camadas de tipologia de risco (shapefile Defesa_Civil_Area_de_Riscos_2025_Atualizado.gpkg);
 - *FUNCEME* - Áreas com classificação "Alto" e "Muito Alto" para risco de alagamento (alto_muito_alto_alagamento_FUNCEME_V3.gpkg);
 - *FUNCEME - Risco de inundação no Rio Cocó* - (Risco de inundacao_Rio_coco_A_MA_v3.gpkg).
- **Limite municipal de Fortaleza:**
 - *Fortaleza em Mapas* - Limite_Administrativo_da_Cidade_de_Fortaleza.geojson).
- **Malha dos setores censitários preliminares de 2022:**
 - *IBGE - CE_Malha_Preliminar_2022.shp* (restrita ao município de Fortaleza).
 - **População por setor censitário:**
 - *IBGE - Tabela de agregados do Censo 2022* (Agregados_preliminares_por_setores_censitarios_CE.csv), contendo população residente (v0001) e número de domicílios particulares permanentes (v0007).

Figura 1: Mapa das áreas de risco de inundação – Fortaleza CE, 2025.



Fonte: Defesa Civil de Fortaleza/Funceme/Ipplan/Fortaleza em Mapas.

2 PRÉ-PROCESSAMENTO E INTEGRAÇÃO DOS DADOS

Todos os dados espaciais foram transformados para o sistema de referência geodésico WGS 84 (EPSG:4326), garantindo compatibilidade para análises espaciais e visualizações em plataformas web como o leaflet. As geometrias com dimensões Z foram simplificadas para 2D (XY) e geometrias inválidas foram corrigidas.

As áreas de risco foram divididas em dois grandes grupos:

- **Áreas da FUNCEME:** união das camadas alto_muito_alto_alagamento_FUNCEME_V3 e Risco de inundacao_Rio_coco_A_MA_v3.
- **Áreas da Defesa Civil:** filtradas para incluir apenas as tipologias associadas à **inundação e alagamento**, excluindo riscos como *deslizamento* ou *erosão marítima*.

As camadas resultantes foram fundidas formando a camada unificada de áreas de risco de inundação, denominada `riscos_funceme_DC`.

3 INTERSEÇÃO COM SETORES CENSITÁRIOS

A malha censitária do município foi unida à base de dados populacionais a partir do código do setor (CD_SETOR). Em seguida, foi calculada a área total de cada setor em metros quadrados.

Utilizou-se operações de geoprocessamento para identificar setores censitários que interceptam as áreas de risco. Posteriormente, a interseção espacial exata foi realizada, gerando polígonos correspondentes apenas às porções de setores sobrepostas a áreas de risco.

Para cada setor intersectado, foi calculada:

- a área de interseção em m² (area_inter_m2);
- a razão entre a área de interseção e a área total do setor (perc_area);
- a população estimada exposta (est_pessoas = perc_area × população_total);
- o número estimado de domicílios expostos (est_domic = perc_area × total de domicílios).

4 CÁLCULO DO INDICADOR

A soma dos valores estimados para cada setor resultou no número total de **pessoas residentes em áreas de risco de inundação**:

$$\% \text{ Pessoas em áreas de risco (alagamento)} = \frac{\Sigma \text{população estimada exposta}}{\Sigma \text{População total do município}}$$

De forma análoga, foi calculada a **proporção de domicílios em risco**:

$$\% \text{ domicílios em áreas de risco (alagamento)} = \frac{\Sigma \text{domicílios estimados expostos}}{\Sigma \text{domicílios do município}}$$

As estimativas finais foram extraídas dos objetos unificado_sf_pop (com agregações por setor) e malha_setor (com totais municipais). O processo considera a proporcionalidade de área como proxy para a distribuição populacional nos setores afetados.

5 EXEMPLIFICAÇÃO

Figura 2: Exemplo cálculo com a área de risco inserida no setor 230440005230103P.



Fonte: Ipplan/Diobs.

Exemplificando o cálculo do indicador de residentes em áreas de risco para o setor 230440005230103P, conforme a Figura 2. Tem-se que: a área total do setor é de 317.916 m², a área de interseção com risco é de 21.002 m², o percentual de área em risco é de 66% e o total de pessoas no setor (v001) é 500. Aplicando a fórmula aos dados, estima-se que aproximadamente 330 pessoas desse setor vivem em área de risco, conforme a sobreposição espacial entre o setor censitário e as áreas mapeadas como risco pela FUNCEME e pela Defesa Civil. Em alguns casos, quando todo o setor está inserido na área de risco, considera-se, no entanto, que toda sua população se encontra exposta ao risco.

6 CONCLUSÃO

A metodologia aplicada permitiu estimar a população residente em áreas de risco de alagamento por meio da interseção espacial entre os setores censitários e as áreas mapeadas como suscetíveis a alagamentos pela FUNCEME e pela Defesa Civil.

Para o setor censitário 230440005230103P, como exemplo, verificou-se que aproximadamente 66% de sua área se sobrepõe às áreas de risco, resultando na estimativa de 330 pessoas expostas, de um total de 500 habitantes. Esse tipo de análise possibilita mensurar de forma mais precisa a vulnerabilidade territorial de diferentes regiões da cidade.

Ao considerar o total estimado para o município analisado é possível observar que **cerca de 10,02% da população reside em áreas de risco de**

alagamento e que aproximadamente **9,78% dos domicílios também estão localizados nessas áreas vulneráveis.**

Esses resultados reforçam a importância do uso de dados geoespaciais integrados a informações sociodemográficas para o planejamento urbano, definição de prioridades de intervenção e formulação de políticas públicas voltadas à redução da vulnerabilidade socioambiental. Além disso, destacam a necessidade de monitoramento contínuo e ações estruturais e não estruturais para mitigar os efeitos de eventos extremos, especialmente nas áreas mais suscetíveis a alagamentos.