



PREFEITURA DE
CAMPOS

SECRETARIA MUNICIPAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA
E TECNOLOGIA

 **Mais
Ciência**

Diagnóstico do meio como etapa preliminar para a construção de um plano municipal de redução de riscos em Campos dos Goytacazes, RJ

Orientador: Eduardo Manuel Rosa Bulhões

Bolsista: Lara Nunes Barroso

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

2026



SUMÁRIO

RESUMO	3
INTRODUÇÃO	4
JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	6
OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
MATERIAIS E MÉTODOS	8
RESULTADOS	11
5.1. Caracterização Geológica, Geomorfológica e Pedológica	13
5.2. Mapeamento de Suscetibilidade Física e Áreas de Risco	16
5.3. Padrões Climáticos e Hidrológicos sob a Perspectiva do COBRADE	20
5.4. Dinâmica de Uso e Ocupação do Solo	22
5.5. Distribuição Populacional e Infraestrutura Exposta	24
5.5. Base Territorial e Setores Censitários do IBGE	26
5.7. O Sistema de Informação Geográfica (SIG) e a Plataforma Interativa ..	28
CONCLUSÕES	30
REFERÊNCIAS	31

RESUMO

Esta pesquisa desenvolveu um diagnóstico integrado das condições físicas, socioeconômicas e infraestruturais de Campos dos Goytacazes (RJ), como etapa preliminar para a elaboração do Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR). Foram integradas, em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), bases oficiais de geologia, geomorfologia, pedologia, hidrografia, relevo, uso e cobertura da terra, registros históricos de desastres, dados do Censo Demográfico 2022 e endereços do Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE). O processamento foi realizado em linguagem R, com padronização cartográfica, modelagem espacial e organização dos dados em uma grade hexagonal adaptativa. A distribuição dasimétrica da população, baseada na localização efetiva dos endereços, reduziu as distorções decorrentes da heterogeneidade dos setores censitários e permitiu estimar com maior precisão a população e a infraestrutura expostas. A integração entre suscetibilidade física, exposição e vulnerabilidade socioeconômica resultou na classificação das unidades territoriais em quatro níveis de atenção: Baixo, Médio, Alto e Muito Alto. Os resultados evidenciaram maior suscetibilidade a inundações nas planícies sedimentares, áreas rebaixadas e margens do rio Paraíba do Sul; potencial de alagamento nos setores urbanos densamente ocupados e impermeabilizados, especialmente nas áreas de Guarus, Travessão e adjacências; e maior propensão a enxurradas, processos erosivos e instabilidade de encostas nos setores de transição para os tabuleiros e franjas serranas. A análise também incorporou a dinâmica erosiva da orla, as marés de tempestade e o histórico de queimadas entre 1985 e 2025. Como principal produto técnico, foi desenvolvida uma plataforma Web SIG interativa, acompanhada de banco de dados georreferenciado, que permite consultar indicadores físicos, demográficos e socioeconômicos por unidade territorial, filtrar ameaças segundo a classificação COBRADE e identificar áreas prioritárias para prevenção e resposta. Os produtos gerados constituem uma base técnica auditável e atualizável para o PMRR, contribuindo para o planejamento territorial, a formulação de políticas públicas e o fortalecimento das ações municipais de proteção e defesa civil.

INTRODUÇÃO

Campos dos Goytacazes, localizado no Norte Fluminense, é o município de maior extensão territorial do estado do Rio de Janeiro (4.032 km²) e conta com uma população residente de cerca de 483 mil habitantes de acordo com dados do último Censo (IBGE, 2022). O território municipal caracteriza-se majoritariamente por extensas planícies baixas de origem sedimentar, com altitudes em torno de 5–10 metros, incluindo a planície formada pelo rio Paraíba do Sul e um amplo complexo lacustre com destaque para a Lagoa Feia.

O clima tropical de Campos dos Goytacazes, com chuvas concentradas no verão e estiagens no inverno, facilita os eventos sazonais de cheia, que afetam especialmente as planícies fluviais. Esses padrões climáticos, juntamente com o relevo predominantemente plano, contribuem para recorrentes inundações, que historicamente têm impactado as áreas urbanas construídas sobre as zonas alagadiças e brejos da planície de inundação do Paraíba do Sul (Ramalho, 2005). Essas inundações trazem desafios para o desenvolvimento urbano e rural, agravando problemas socioambientais preexistentes.

O município de Campos dos Goytacazes figura entre os 1.942 municípios brasileiros, 292 sudestinos e 65 municípios fluminenses, mais suscetíveis à ocorrência de deslizamentos, enxurradas e inundações, conforme a Nota Técnica nº 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR que apresenta a lista desses municípios, publicada pelo Governo Federal. Esta atualização em 2023 foi coordenada pela Secretaria Especial de Articulação e Monitoramento da Casa Civil da Presidência da República, baseada em registros sobre desastres naturais nos últimos anos e ancorada no contexto climático atual e futuro.

Cabe também contextualizar com o Art. 3º-A da Lei Federal 12.608/2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC, uma vez que a mesma estabelece a criação de um cadastro nacional de municípios suscetíveis a deslizamentos e inundações. Os municípios devem mapear áreas de risco, elaborar um Plano de Contingência, desenvolver um plano de obras para redução de riscos e criar mecanismos de controle para evitar construções em áreas vulneráveis. União e Estados apoiarão essas ações, e o Governo Federal publicará informações periódicas sobre as ocupações em áreas de risco.

Localmente, o Art. 4º da Lei Ordinária 9.293/2023 estabelece os objetivos da Política Municipal de Proteção e Defesa Civil em Campos dos Goytacazes, que incluem a

redução de riscos de desastres, a integração da proteção civil ao planejamento territorial, a assistência às populações afetadas e a promoção de ações de resiliência. Além disso, busca identificar e avaliar vulnerabilidades, monitorar eventos potencialmente causadores de desastres, antecipar alertas à população, orientar o uso do solo, combater ocupações em áreas de risco, promover moradia segura e desenvolver uma consciência preventiva. Também visa integrar informações para órgãos competentes e recuperar áreas afetadas por desastres.

O PMRR - Plano Municipal de Redução de Riscos é um dos produtos das ações do Governo Federal, que desde 2003 incentiva sua realização. O objetivo principal é identificar e diagnosticar riscos, bem como propor medidas estruturais (obras de engenharia) e não estruturais para sua mitigação. Este instrumento é essencial na gestão de riscos municipais, mudando o foco da reconstrução pós-impacto para a redução de riscos de desastres.

Tal instrumento está estruturado em oito fases conforme indica Alheiros (2006), inicia-se com a definição da metodologia, onde se estabelece o planejamento, os métodos, processos, e os recursos necessários, em colaboração com representantes municipais. A segunda fase envolve o mapeamento do risco, identificando e delimitando espacialmente os riscos através de métodos qualitativos e quantitativos. A terceira fase propõe ações estruturais, como obras de engenharia, para mitigar riscos em áreas onde o mesmo foi identificado como médio e alto, potencialmente com envolvimento comunitário. Seguem-se as fases de estimativa de custos e hierarquização das intervenções baseadas em custo-benefício. A sexta fase busca identificar recursos financeiros para as medidas, enquanto a sétima sugere ações não estruturais focadas em gestão e mudança comportamental. A fase final de um PMRR busca compatibilizar as ações propostas com legislações e políticas vigentes e inclui a realização de audiências públicas para engajar e informar a comunidade, garantindo uma participação efetiva na redução de riscos e fortalecimento da resiliência municipal.

Em geral, de acordo com Mendonça et al. (2023) e os Planos Municipais de Redução de Riscos (PMRRs) abordam ameaças como movimentos de massa, inundações e enxurradas, cada qual com características e impactos específicos. Movimentos de massa, definidos por Cruden e Varnes (1996) como processos geológicos exógenos, envolvem o deslocamento de solo, rochas e detritos sob a ação da gravidade. Tais eventos podem ocorrer de forma natural ou serem induzidos por atividades humanas. As inundações, por outro lado, são fenômenos hidrológicos que ocorrem quando corpos

d'água transbordam além de suas calhas secundárias, como explicado por Miguez et al. (2018). Elas podem se manifestar de forma brusca, conhecidas como enxurradas, ou de maneira mais gradual, acumulando água e causando alagamentos progressivos. Ambos os tipos de eventos requerem atenção especial nos PMRRs devido aos seus potenciais impactos disruptivos e perigosos nas áreas urbanas e rurais e são esses últimos o de maior prevalência em Campos dos Goytacazes.

JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

A formulação do PMRR de Campos dos Goytacazes é relevante para a gestão municipal, pois oferece uma abordagem preventiva para lidar com os riscos socioambientais identificados. Em vez de apenas responder reativamente a desastres após sua ocorrência, o que acarreta elevados custos sociais e econômicos, o PMRR permite antecipar cenários de risco, orientar o uso e ocupação do solo de forma segura e priorizar intervenções em infraestrutura e habitação que reduzam a exposição a ameaças. Essa iniciativa atende aos princípios do planejamento urbano sustentável, integrando a redução do risco de desastres aos instrumentos de gestão territorial. Conforme previsto na PMPDEC local, a redução de riscos deve ser incorporada nas políticas setoriais de desenvolvimento urbano, combatendo ocupações em áreas de perigo e promovendo a realocação ou adequação de moradias quando necessário.

Desta forma, o PMRR deve funcionar como instrumento orientador para políticas públicas de habitação, meio ambiente e ordenamento do território, alinhado ao dever municipal de proteger a população e assegurar o desenvolvimento inclusivo e seguro. Outro aspecto central que justifica a elaboração do PMRR é o fortalecimento da participação social e da governança local de riscos. Estudos destacam que os riscos de desastres não são apenas fenômenos naturais, mas também construções sociais – ou seja, a vulnerabilidade e os impactos dependem das decisões políticas e da inclusão das comunidades no processo.

A experiência da Defesa Civil Municipal e o conhecimento tradicional dos moradores de áreas de risco são insumos fundamentais: entender suas percepções e vivências possibilita ao poder público tomar decisões mais legítimas e eficazes. Tanto o Marco de Ação de Hyogo (2005) quanto o Quadro de Sendai (2015) ressaltam a importância de ampliar a resiliência urbana e a participação comunitária na gestão de riscos.

A partir dessas premissas, um PMRR elaborado de forma participativa tende a produzir melhores resultados, pois consegue endereçar não apenas as condições físicas de risco, mas também reduzir as vulnerabilidades sociais subjacentes que agravam os desastres. Em outras palavras, o processo de construção coletiva do plano já é, em si, uma ação de redução de riscos – por disseminar informação, promover educação ambiental e empoderar os atores locais na busca de soluções. Victor e Sulaiman em Brasil (2021) destacam que ampliar a visibilidade e o debate sobre riscos “não apenas dissemina dados e informações, mas também constrói processos participativos” na sociedade.

OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo geral deste projeto é contribuir para desenvolver a etapa preliminar do PMMR para o município de Campos dos Goytacazes, focando na análise detalhada das condições ambientais, sociais e infraestruturais e no desenvolvimento de uma metodologia útil para a implementação e gestão de riscos, envolvendo a participação de representantes locais e atores relevantes.

Já os objetivos específicos são:

- Reunir informações espaciais acerca da geologia e geomorfologia do município para identificar formações do relevo, tipos de solos, e áreas susceptíveis a deslizamentos, erosão e outros processos geológicos que influenciam a vulnerabilidade à desastres;
- Estudar os padrões climáticos, especialmente a distribuição e intensidade das chuvas, e analisar a rede hidrográfica do município, incluindo rios, lagoas e áreas alagadiças;
- Avaliar o atual uso do solo e a cobertura vegetal, identificando áreas urbanas, agrícolas e unidades de conservação;
- Mapear a distribuição da população e da infraestrutura, como sistemas de transporte, saúde, e serviços de emergência, para avaliar a capacidade de resposta do município a eventos adversos e planejar melhorias.

MATERIAIS E MÉTODOS

A concepção metodológica do presente trabalho esteve centrada na integração de dados espaciais secundários, sensoriamento remoto e cartografia temática oficial, processados por meio de rotinas automatizadas em ambiente computacional. O propósito desse fluxo de trabalho foi estruturar a base geográfica do Sistema de Informações Geográficas do Plano Municipal de Redução de Riscos (SIG-PMRR) de Campos dos Goytacazes (RJ), permitindo correlacionar os aspectos físicos do território, a ocupação humana, a vulnerabilidade social e o histórico de desastres em unidades de análise geometricamente padronizadas. O fluxo metodológico foi organizado de forma integrada, englobando desde a padronização das bases espaciais até a modelagem dasimétrica da exposição e a publicação da plataforma interativa final.

Toda a etapa de tratamento, geoprocessamento e modelagem espacial foi conduzida na linguagem de programação R, recorrendo a um conjunto de pacotes especializados na manipulação de matrizes *raster* e vetores, tais como *sf*, *terra*, *raster*, *dplyr*, *tidyr*, *lubridate*, *readr*, *readxl* e *writexl*. A construção da interface cartográfica *web* e a disponibilização dos relatórios interativos apoiaram-se nas bibliotecas *leaflet*, *leaflet.extras* e *htmlwidgets*, além das ferramentas de extração de dados censitários *geobr* e *censobr*. Sob o aspecto do sistema de referência de coordenadas, as camadas foram tratadas no SIRGAS 2000 e projetadas para a Zona UTM 24S (EPSG:31984) durante as etapas de cálculo métrico, como medição de áreas, cruzamentos espaciais e determinação do comprimento de redes de drenagem. Para a renderização no ambiente interativo *web*, os arquivos foram convertidos para o sistema geográfico EPSG:4326.

A estruturação da base espacial tomou como referência os limites administrativos e cartográficos do IBGE, incluindo o contorno municipal de Campos dos Goytacazes (código 3301009), distritos, bairros e os setores censitários do Censo Demográfico 2022 obtidos via pacote *geobr*. Para contornar a fragilidade analítica decorrente das variações de tamanho e forma dos setores censitários, sobretudo na transição entre a malha urbana adensada e o extenso interior rural, incorporou-se a base de pontos do Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE/IBGE). Essa abordagem permitiu aplicar uma estimativa dasimétrica baseada no georreferenciamento individual das edificações, distribuindo os dados demográficos e

de domicílios a partir da presença real de endereços, o que evitou distorções na quantificação da exposição humana.

O levantamento dos condicionantes ambientais reuniu informações de múltiplas fontes temáticas na escala 1:250.000 ou vetorial. As bases de geologia do Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB), geomorfologia, pedologia e vegetação do IBGE, juntamente com a rede hidrográfica da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), foram recortadas para a extensão do município. O traçado hidrográfico serviu não apenas para contextualização visual, mas também para mensurar a densidade e o comprimento da drenagem (km) nas células HEX de análise. O uso e a cobertura da terra foram mapeados a partir dos dados vetoriais do MapBiomas (Coleção 2024/2025), cujas feições foram reclassificadas em categorias representativas (áreas urbanizadas, lavouras, pastagens, formações florestais, vegetação campestre, corpos d'água e zonas úmidas), permitindo determinar a classe de ocupação predominante e o percentual de impermeabilização do solo.

Na caracterização do relevo e da dinâmica hídrica, adotou-se o modelo digital de elevação HAND (*Height Above the Nearest Drainage*), de resolução espacial de 30 metros, que calcula a cota altimétrica relativa de cada ponto do terreno em comparação com o curso d'água mais próximo. Esse produto foi fatiado em intervalos operacionais, separando o espaço urbano consolidado de áreas topograficamente rebaixadas e mais suscetíveis ao acúmulo de água (cotas abaixo de 3 m e entre 3 m e 6 m). Complementarmente, a declividade do terreno foi calculada em porcentagem a partir do Modelo Digital de Elevação do MapBiomas Urbano, processado no *Google Earth Engine*. A extração de estatísticas zonais (média e mediana de inclinação) auxiliou na identificação do comportamento do escoamento superficial, diferenciando planícies sujeitas a inundações de encostas favoráveis a enxurradas. Para a faixa litorânea do município, integrou-se o mapeamento da dinâmica costeira adaptado de Luijendijk et al. (2018), categorizando os trechos praias em acreção, estabilidade e diferentes níveis de erosão conforme as taxas anuais de recuo da linha de costa.

As variáveis socioeconômicas foram extraídas dos microdados do Censo Demográfico 2022 acessados via pacote *censobr*. O rendimento nominal mensal do responsável pelo domicílio (variável V06004 da tabela *ResponsavelRenda*) foi padronizado em salários mínimos de 2022 e agrupado em faixas de renda. A vulnerabilidade socioeconômica foi consolidada ponderando-se os níveis de renda, o perfil demográfico (concentração de crianças, idosos e razão de dependência etária) e a

presença de áreas com marcadores territoriais específicos, como favelas, comunidades urbanas, terras indígenas e territórios quilombolas. A dimensão da vulnerabilidade demográfica atuou como um elemento de calibração adicional, elevando a classificação de risco apenas quando evidenciada a convergência de múltiplos fatores de fragilidade social.

Para unificar essas diferentes camadas em uma escala de análise coerente, foi gerada uma grade hexagonal adaptativa (HEX) que funcionou como unidade territorial mínima do SIG. A delimitação da zona urbana foi estabelecida cruzando a densidade de endereços, as áreas urbanizadas do uso do solo e os setores censitários urbanos. A partir dessa divisão, foram construídas células de diferentes resoluções operacionais: hexágonos de menor dimensão para o perímetro urbano, de porte intermediário para as franjas periurbanas e de maior extensão para o espaço rural. Cada hexágono recebeu um identificador exclusivo (*ID_HEX*) e agregou, por sobreposição e interseção espacial, as métricas do meio físico, a estatística de uso da terra, os indicadores demográficos e o grau de vulnerabilidade.

O cálculo da exposição populacional em cada unidade hexagonal derivou da soma ponderada dos pontos de endereços do CNEFE situados no seu interior. Ao correlacionar cada endereço com o seu setor censitário de origem, transferiram-se as frações de população e domicílios diretamente para os pontos, somando-os no interior de cada célula hexagonal. Esse procedimento eliminou a falsa atribuição de risco em áreas desabitadas ou exclusivamente agrícolas, assegurando que o nível de atenção só seja elevado onde existe ocupação humana real.

A avaliação da suscetibilidade física integrou os dados altimétricos do HAND, a presença de corpos d'água e áreas úmidas, além dos graus de declividade. Cruzando-se a suscetibilidade física com os dados de exposição (quantidade e densidade de endereços) e de vulnerabilidade social, determinou-se o Nível de Atenção de cada hexágono, categorizado em quatro classes operacionais (Baixo, Médio, Alto e Muito Alto). A matriz de decisão foi configurada de modo restritivo, exigindo a concomitância de severidade física, adensamento populacional e vulnerabilidade socioeconômica para a atribuição da classe máxima de atenção.

A definição das tipologias indicativas de risco seguiu a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE). Os processos de inundação (1.2.1.0.0) foram associados à proximidade de rios, lagoas e áreas de baixas cotas HAND; os alagamentos (1.2.3.0.0) foram vinculados às áreas urbanas planas com alta taxa de

impermeabilização e limitação de drenagem; e as enxurradas (1.2.2.0.0) foram atribuídas às células com declividade mais íngreme e drenagem de resposta rápida. Na orla marítima, aplicou-se a tipificação de erosão costeira e marés de tempestade (1.1.4.1.0 e 1.3.1.1.2). Já o componente de queimadas (1.4.1.3.2) foi incorporado através do histórico do MapBiomas Fogo (1985–2025), registrando a ocorrência efetiva de cicatrizes de incêndio e frequência acumulada na série temporal para evitar falsos diagnósticos baseados apenas no tipo de cobertura vegetal.

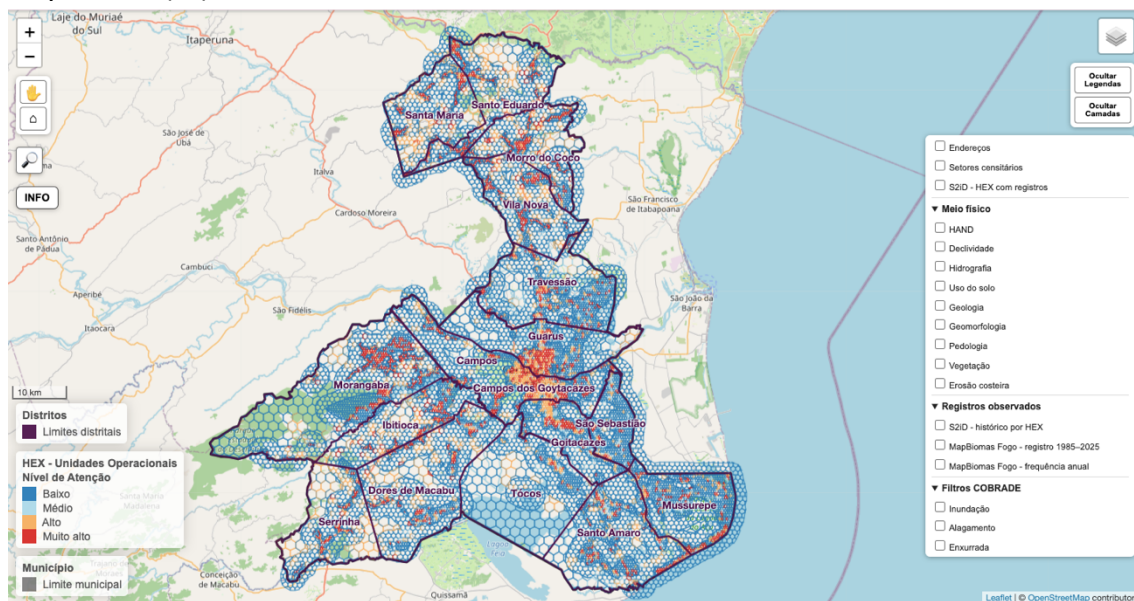
Os dados históricos do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) foram georreferenciados e associados aos setores e hexágonos correspondentes. Essa etapa permitiu mensurar a quantidade de decretos de emergência, os tipos de eventos registrados, as datas das ocorrências e os prejuízos acumulados em danos humanos e materiais, realizando-se um teste de aderência entre os registros históricos e os Níveis de Atenção calculados pelo modelo.

Como entrega final da metodologia, desenvolveu-se uma plataforma Web SIG interativa estruturada em *HTML/JavaScript* com suporte da biblioteca *Leaflet*. A aplicação permite ao usuário alternar mapas de fundo, ligar e desligar as camadas temáticas do meio físico, realizar consultas pontuais via *popups* em cada hexágono e filtrar os setores por classe de COBRADE e Nível de Atenção. Além do ambiente cartográfico web, o fluxo de scripts em R exportou um banco de dados relacional em planilha eletrônica (Excel), organizando todas as tabelas e indicadores de forma auditável e reproduzível para futuras atualizações do Plano Municipal de Redução de Riscos.

RESULTADOS

A partir da modelagem geoespacial e da estruturação do banco de dados georreferenciado em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), os resultados obtidos refletem um diagnóstico detalhado e integrado das vulnerabilidades socioambientais do município de Campos dos Goytacazes (RJ). Para viabilizar a análise e a consulta dinâmica desses dados, foi desenvolvida uma plataforma *web* SIG interativa doravante denominada SIG PMRR Campos (disponível em <https://pmrrcamposv0.netlify.app>). A visualização inicial do sistema apresenta a divisão do território municipal estruturada sob os limites distritais oficiais, conforme ilustrado na Figura 1.

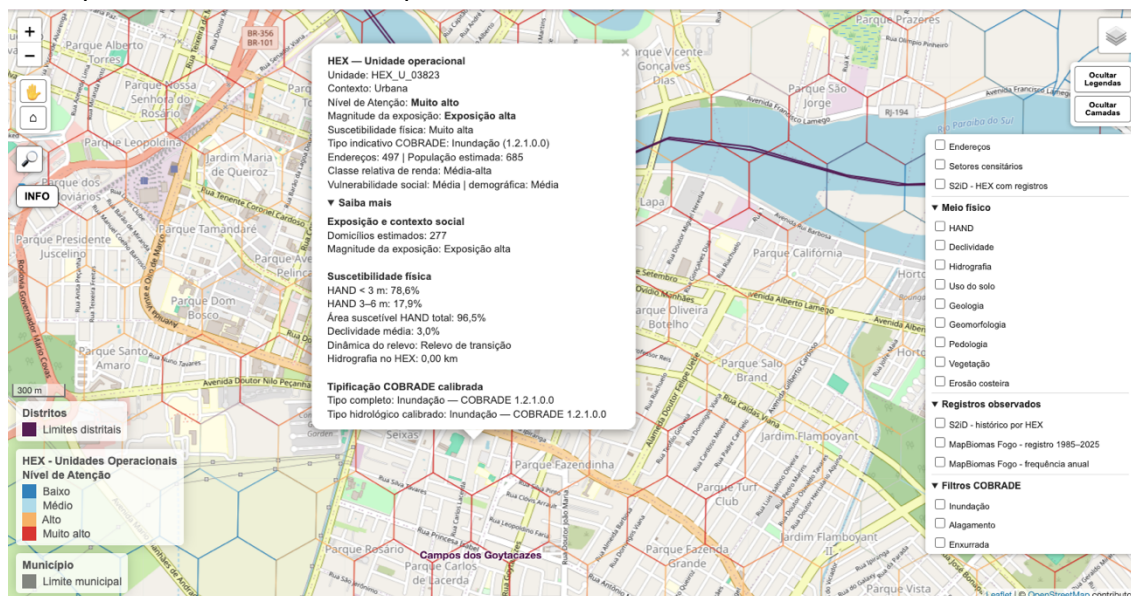
Figura 1 – Interface inicial da plataforma web SIG com a divisão distrital de Campos dos Goytacazes (RJ).



Fonte: extraído do [SIG PMRR Campos](#)

A malha espacial utilizada na pesquisa foi construída de forma a garantir a continuidade das análises territoriais. Como demonstrado na aproximação da Figura 2, o território é inteiramente subdividido em células hexagonais que funcionam como Unidades Operacionais (HEX), preparadas para receber os cruzamentos estatísticos de dados físicos, ambientais e demográficos em uma escala contínua e padronizada.

Figura 2 – Detalhamento da malha de Unidades Operacionais hexagonais (HEX) sobreposta ao arruamento na plataforma interativa.

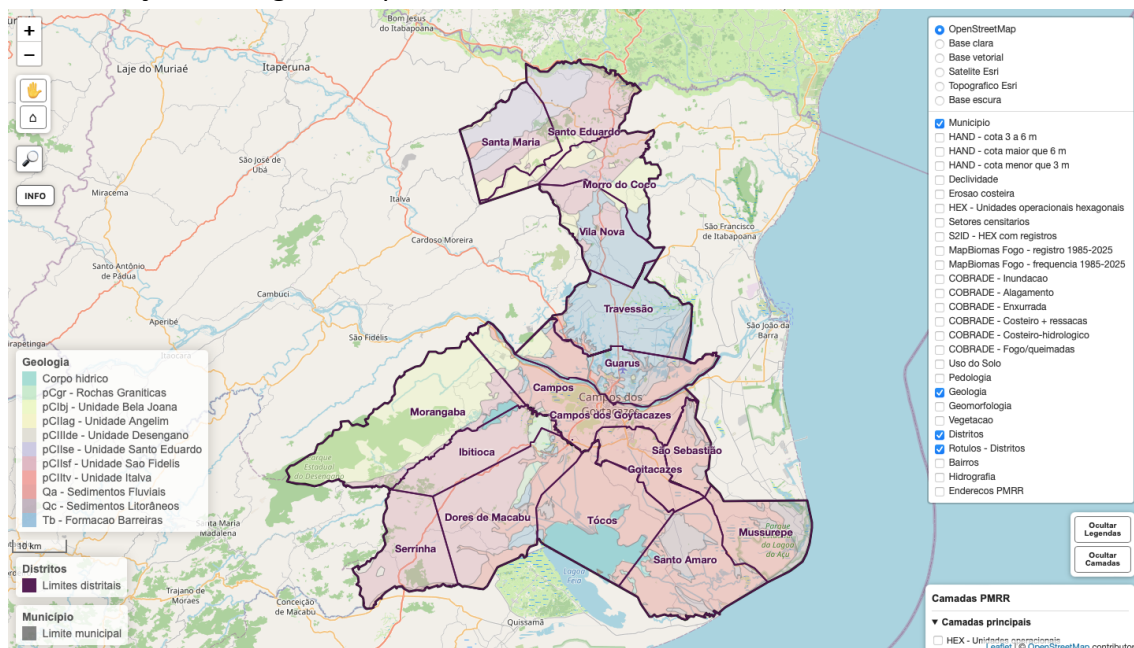


Fonte: extraído do [SIG PMRR Campos](#)

5.1. Caracterização Geológica, Geomorfológica e Pedológica

O diagnóstico do meio físico de Campos dos Goytacazes foi estruturado a partir do mapeamento geológico e geomorfológico, fatores fundamentais e determinantes na dinâmica de estabilidade das encostas e de retenção hídrica do território municipal. A integração dessas variáveis estruturais permite uma análise detalhada da litologia local. Conforme ilustrado no mapeamento geológico da Figura 3, a plataforma apresenta as diferentes formações rochosas e sedimentares, destacando desde as planícies sedimentares quaternárias até os embasamentos cristalinos localizados nas porções de maior altitude do relevo.

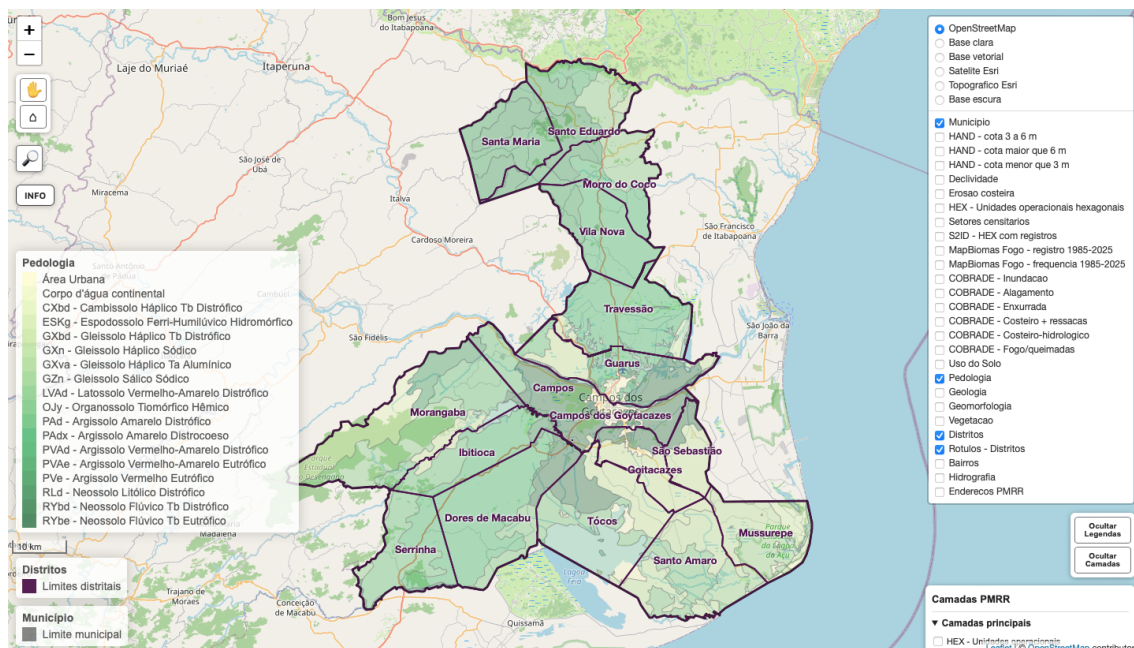
Figura 3 – Mapeamento geológico de Campos dos Goytacazes (RJ) com a espacialização das formações litológicas na plataforma web SIG.



Fonte: extraído do [SIG PMRR Campos](#)

Além da base rochosa, as propriedades do solo e do relevo são essenciais para avaliar a fragilidade ambiental. A correlação da geologia com a declividade e a compartimentação geomorfológica do município permite identificar as áreas de transição entre o relevo plano, os tabuleiros e as franjas serranas. Aliado a isso, a distribuição das classes de solos (Pedologia), apresentada na Figura 4, viabiliza a classificação da erodibilidade potencial de cada setor. Esse cruzamento indica quais tipos de solos e inclinações oferecem riscos significativos de movimentos de massa, como deslizamentos de terra, e processos erosivos lineares, servindo como subsídio técnico indispensável para o planejamento urbano e para a fiscalização preventiva de obras e cortes de terreno.

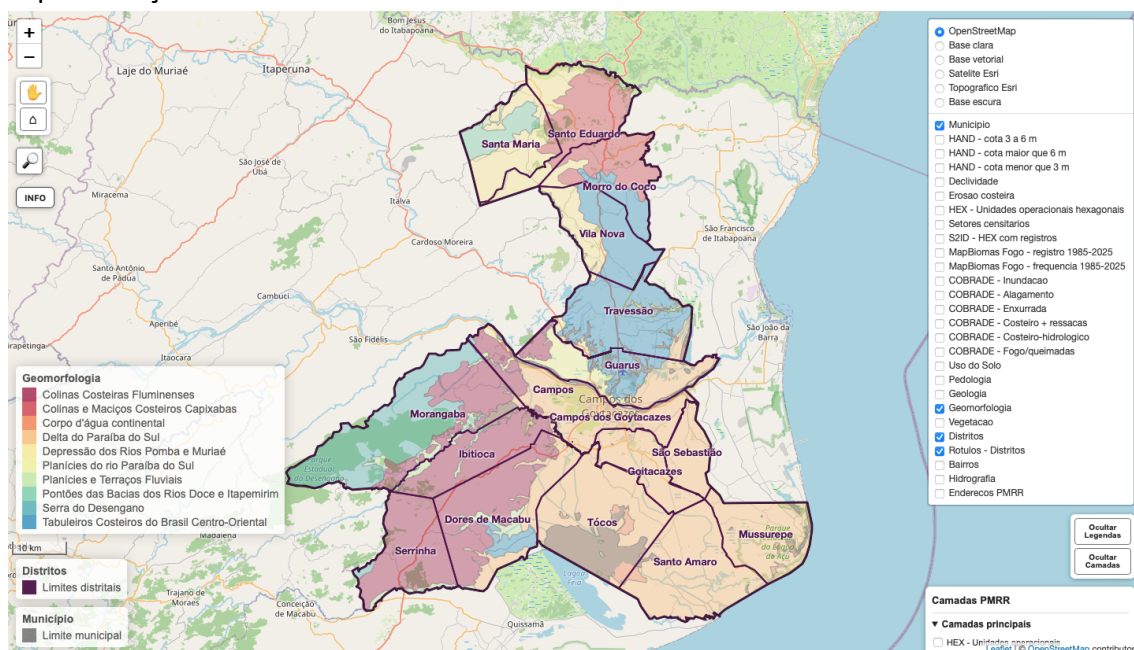
Figura 4 – Mapeamento pedológico de Campos dos Goytacazes (RJ) com a espacialização das classes de solos no sistema.



Fonte: extraído do [SIG PMRR Campos](#)

A análise do relevo é detalhada na plataforma por meio do mapeamento geomorfológico integrado. Como evidenciado no plano de informação apresentado na Figura 5, o sistema espacializa as unidades geomorfológicas do território, diferenciando as extensas planícies costeiras e aluvionares dos tabuleiros e das porções correspondentes às franjas serranas.

Figura 5 – Compartimentação geomorfológica de Campos dos Goytacazes (RJ) com a espacialização das unidades de relevo no sistema SIG.



Fonte: extraído do [SIG PMRR Campos](#)

A utilidade prática dessa integração reside na capacidade de delimitar com alta precisão os setores com maior susceptibilidade a movimentos de massa, como deslizamentos, e à ocorrência de processos erosivos lineares. A partir desse diagnóstico espacial, a plataforma indica quais compartimentos de relevo e quais frentes de encosta exigem maior rigor técnico na fiscalização de obras, cortes de terra e intervenções urbanas, servindo como uma ferramenta essencial para as tomadas de decisão preventivas da Defesa Civil.

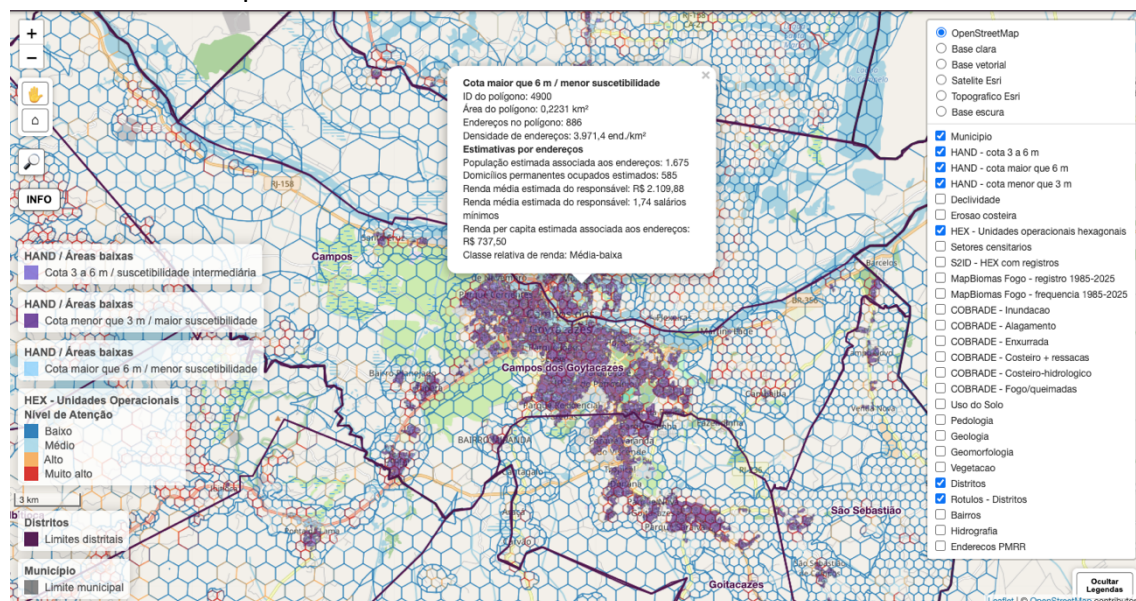
5.2. Mapeamento de Suscetibilidade Física e Áreas de Risco

A partir da integração dos dados geológicos, pedológicos e de altimetria obtidos junto ao IBGE e ao MapBiomas, a plataforma classificou o território de Campos dos Goytacazes em diferentes níveis de susceptibilidade a processos dinâmicos superficiais. Essa modelagem permite cruzar as variáveis do meio físico para identificar os setores que oferecem maior ou menor resistência natural a eventos adversos.

No que tange aos riscos de inundações e alagamentos, a aplicação do modelo

hidrológico *Height Above the Nearest Drainage* (HAND) foi fundamental para mapear a assinatura topográfica do relevo em relação à rede de drenagem. Este modelo opera calculando a diferença de altitude vertical de cada ponto do terreno em relação ao curso d'água mais próximo ao qual ele drena, revelando de forma precisa as zonas anatomicamente mais baixas e propensas ao acúmulo de água por transbordamento ou deficiência de drenagem. Como ilustrado no detalhamento da Figura 6, essa modelagem identificou as planícies sedimentares e terraços fluviais diretamente associados ao canal principal do Rio Paraíba do Sul, espacializando as faixas que apresentam maior suscetibilidade física a eventos de inundação.

Figura 6 – Detalhamento local da modelagem hidrológica HAND nas margens do Rio Paraíba do Sul na plataforma interativa.

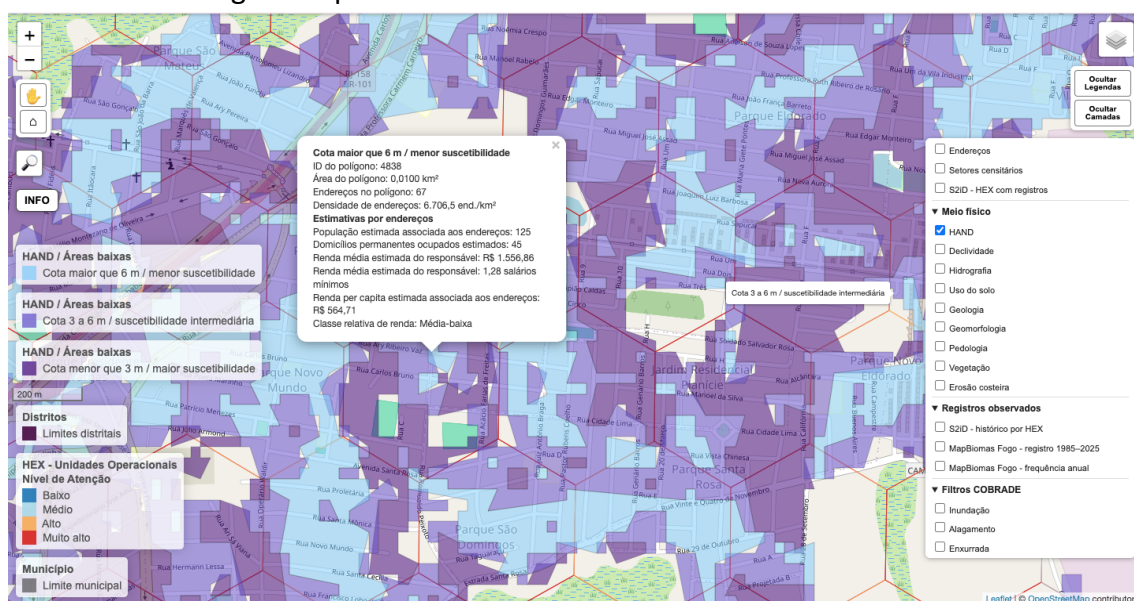


Fonte: extraído do [SIG PMRR Campos](#)

O mapeamento hidrológico integrado à plataforma oferece recursos dinâmicos para a análise de bacias hidrográficas em ambiente digital. Conforme demonstrado na visualização regionalizada da Figura 7, o sistema dispõe de ferramentas de sobreposição de camadas e ajuste de transparência que permitem espacializar e correlacionar, em tempo real, as diferentes cotas altimétricas do modelo HAND com a rede de canais secundários e drenagens do município. Essa funcionalidade de consulta interativa e cruzamento de planos de informação consolida o SIG como um ambiente de suporte à

decisão, viabilizando a identificação ágil de setores com cotas de inundação crítica e fornecendo subsídios práticos para o planejamento técnico de rotas de evacuação e planos de contingência pela Defesa Civil.

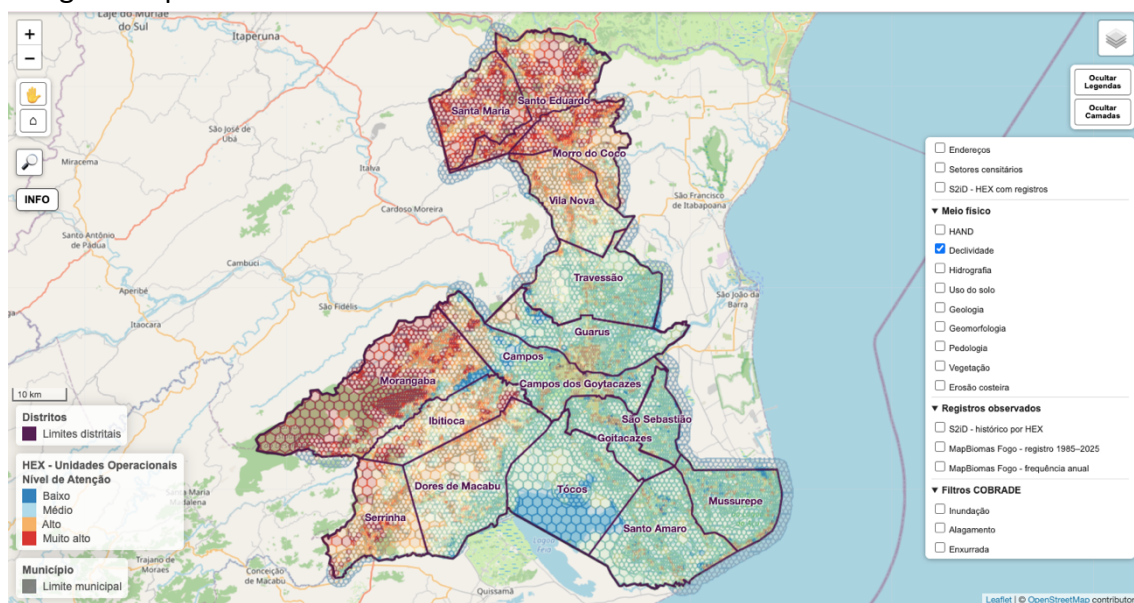
Figura 7 – Funcionalidade de visualização regional da modelagem hidrológica HAND e da rede de drenagem na plataforma web SIG.



Fonte: extraído do [SIG PMRR Campos](#)

Para além da suscetibilidade a inundações, a plataforma atua na identificação de áreas propensas a processos de dinâmica superficial decorrentes da gravidade e do escoamento superficial. Conforme apresentado no mapeamento de declividade da Figura 8, o sistema permite espacializar as variações de inclinação do relevo em toda a extensão de Campos dos Goytacazes, servindo como base crucial para delimitar as áreas com potencial para processos erosivos e instabilidade de encostas.

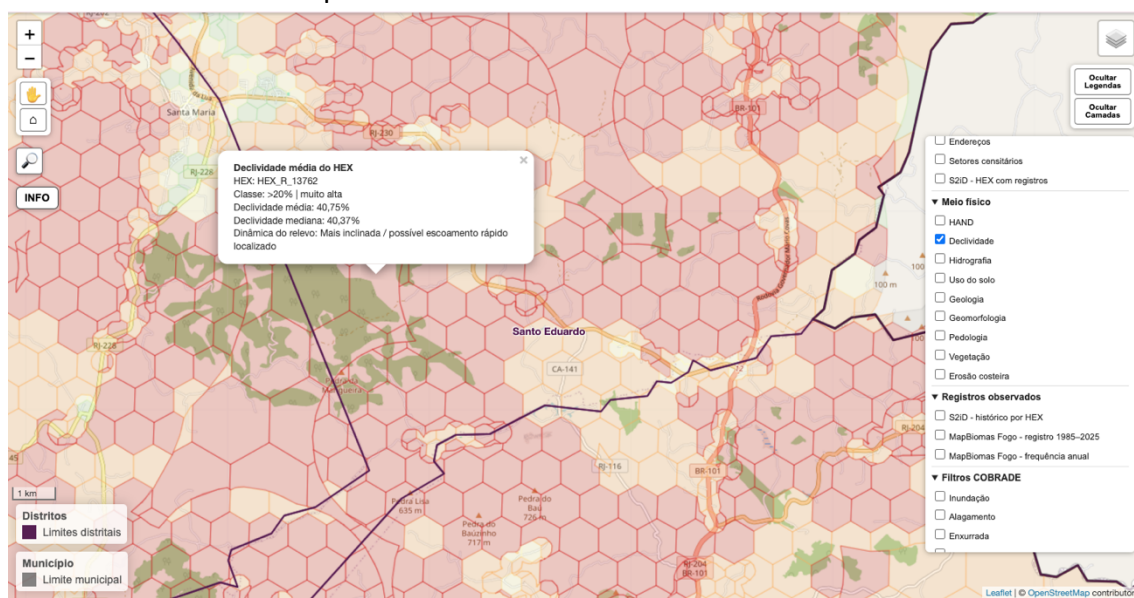
Figura 8 – Mapeamento de classes de declividade de Campos dos Goytacazes (RJ) integrado à plataforma SIG.



Fonte: extraído do [SIG PMRR Campos](#)

A investigação dessas condicionantes físicas atinge uma escala de alta resolução por meio dos recursos de aproximação e consulta individualizada das Unidades Operacionais Hexagonais (HEX). Conforme ilustrado no detalhamento da Figura 9, focado nas proximidades do distrito de Santo Eduardo, o operador do sistema consegue acessar as propriedades estatísticas de cada célula em tempo real. Essa funcionalidade revela a declividade média e mediana de encostas específicas, classificando o nível de atenção para deslizamentos de terra e processos erosivos lineares de forma a direcionar as equipes técnicas da Defesa Civil diretamente nos setores prioritários de Campos dos Goytacazes.

Figura 9 – Detalhamento de consulta de declividade média por célula operacional (HEX) em áreas de encosta na plataforma web SIG.

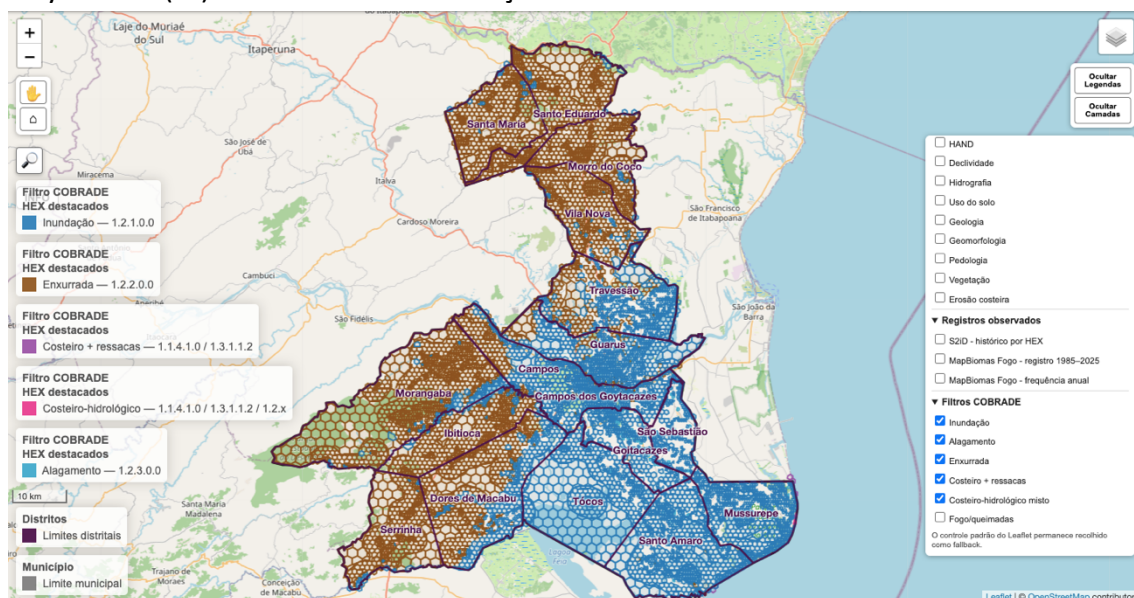


Fonte: extraído do [SIG PMRR Campos](#)

5.3. Padrões Climáticos e Hidrológicos sob a Perspectiva do COBRADE

O aperfeiçoamento do diagnóstico de riscos em Campos dos Goytacazes foi consolidado na plataforma a partir da integração de registros históricos de desastres e da análise de dados hidrológicos, ambos calibrados pela codificação oficial do COBRADE (Classificação e Codificação Brasileira de Desastres). Conforme ilustrado no mapeamento macro da Figura 10, o sistema dispõe de filtros interativos que permitem espacializar e segmentar as unidades operacionais hexagonais (HEX) de acordo com a tipologia de cada evento climático e hidrológico registrado. Essa abordagem baseada no monitoramento histórico de desastres hidrológicos, frequentemente desencadeados por eventos pluviométricos intensos, diferencia espacialmente as porções do território sujeitas a fenômenos de dinâmica lenta, como as inundações e alagamentos (destacadas em tons azulados nas planícies), daquelas vulneráveis a processos de escoamento superficial violento decorrentes de chuvas fortes, como as enxurradas (representadas em tons de marrom nos setores de transição serrana).

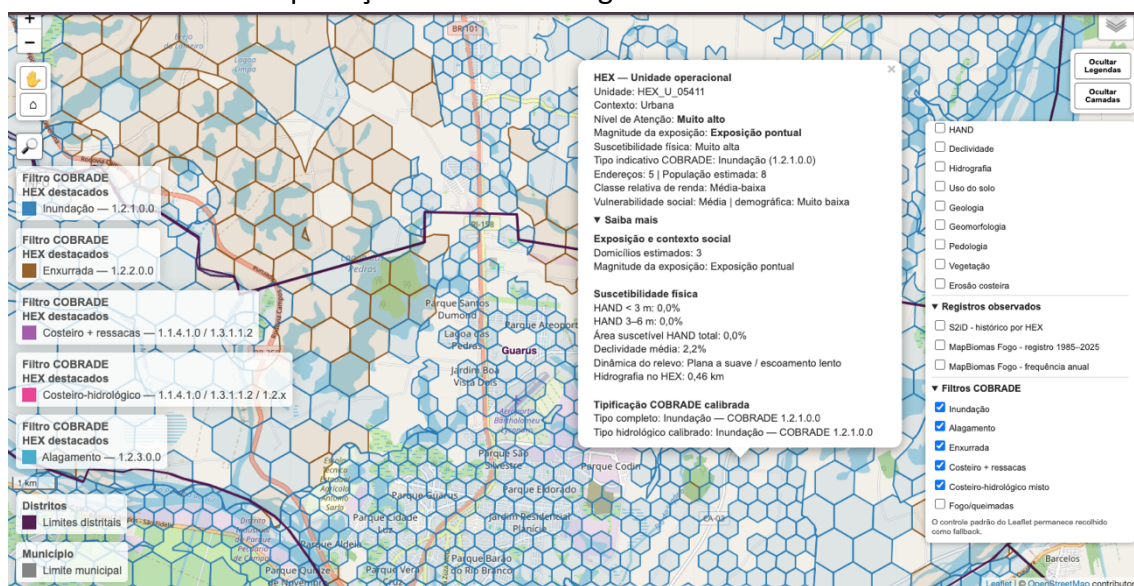
Figura 10 – Espacialização e filtragem interativa de ameaças no território de Campos dos Goytacazes (RJ) com base na classificação COBRADE.



Fonte: extraído do [SIG PMRR Campos](#)

A principal utilidade prática dessa modelagem baseada em registros hidrológicos reside na capacidade de realizar consultas detalhadas diretamente na interface do usuário para compreender o comportamento localizado das ameaças. Como demonstrado na escala de detalhe da Figura 11, ao selecionar uma célula operacional, o operador do sistema acessa instantaneamente um painel de informações que correlaciona as variáveis físicas locais, por exemplo, como a declividade média de 2,2% e a ausência de cotas restritivas do modelo HAND, com a respectiva tipificação COBRADE calibrada. Essa inteligência de dados cruza a frequência de registros com os parâmetros ambientais da área, gerando uma classificação automatizada que apoia a Defesa Civil e os gestores públicos na identificação ágil de setores prioritários para intervenções de engenharia, obras de macrodrenagem e planejamento preventivo de contingências.

Figura 11 – Interface de consulta detalhada de célula operacional (HEX) com diagnóstico de suscetibilidade e tipificação COBRADE integrada.

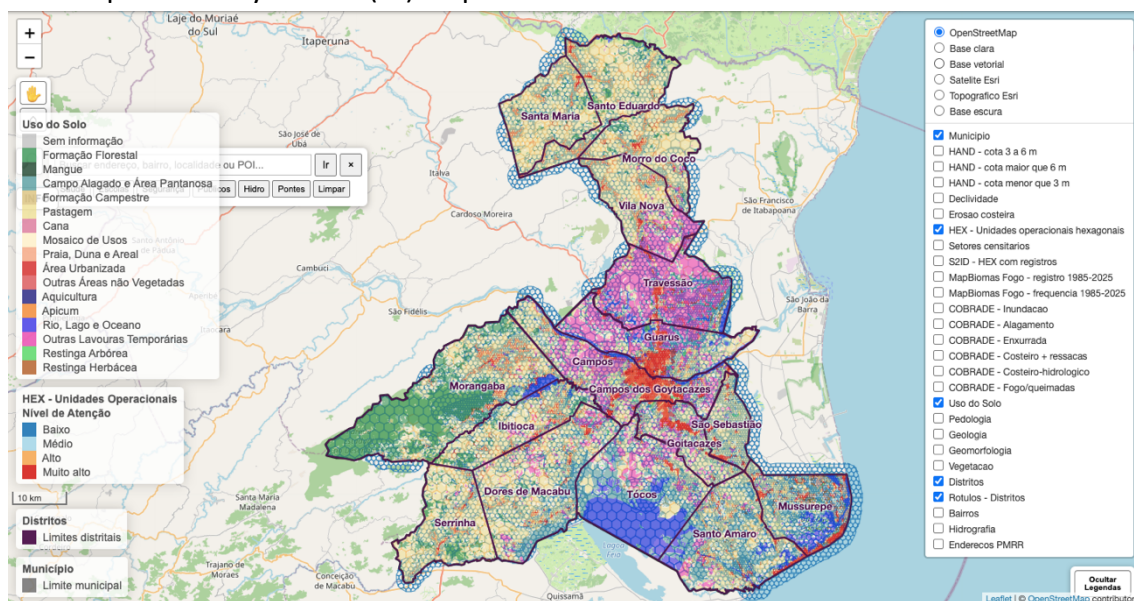


Fonte: extraído do [SIG PMRR Campos](#)

5.4. Dinâmica de Uso e Ocupação do Solo

A compreensão das pressões antrópicas sobre o meio físico é viabilizada na plataforma por meio da integração da camada de uso e cobertura da terra. Conforme apresentado na visualização regionalizada da Figura 12, o sistema espacializa de forma detalhada as diferentes classes de cobertura vegetal, atividades agrícolas e áreas antropizadas em toda a extensão de Campos dos Goytacazes. Essa ferramenta permite ao gestor identificar visualmente a distribuição de grandes monoculturas, como o cultivo de cana-de-açúcar, e o avanço de pastagens em relação às áreas de vegetação remanescentes, mapeando com precisão as transformações históricas da paisagem.

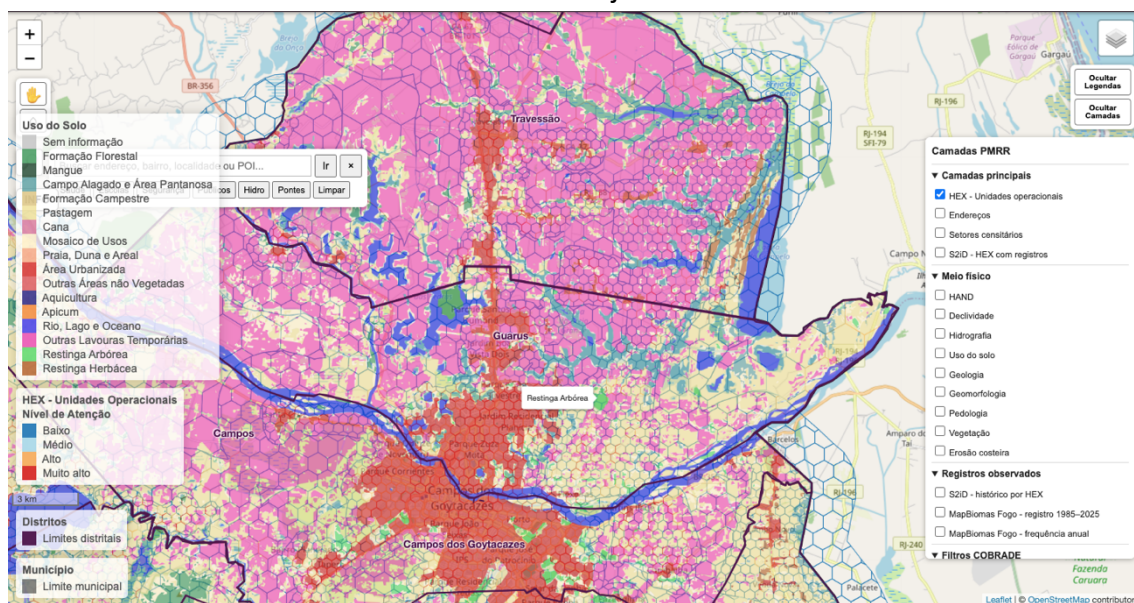
Figura 12 – Espacialização regional das classes de uso e cobertura do solo no território de Campos dos Goytacazes (RJ) na plataforma SIG.



Fonte: extraído do [SIG PMRR Campos](#)

A utilidade prática desse mapeamento detalhado é permitir a identificação imediata dos setores onde o avanço da urbanização altera a dinâmica natural de escoamento da água. Conforme demonstrado no detalhamento da Figura 13, focada na transição de setores populosos como Guarus e Travessão, o mapa serve como uma ferramenta visual rápida para cruzar a densidade das construções (destacadas em vermelho) com as áreas de baixada. Na prática, essa visualização permite estimar onde a impermeabilização do solo é mais crítica, ajudando a Defesa Civil a prever pontos de retenção de água e a mapear de forma preventiva os locais com maior potencial de alagamento urbano decorrente de chuvas intensas.

Figura 13 – Detalhamento da interface interativa evidenciando a expansão urbana e as classes de uso do solo no setor de Guarus e adjacências.

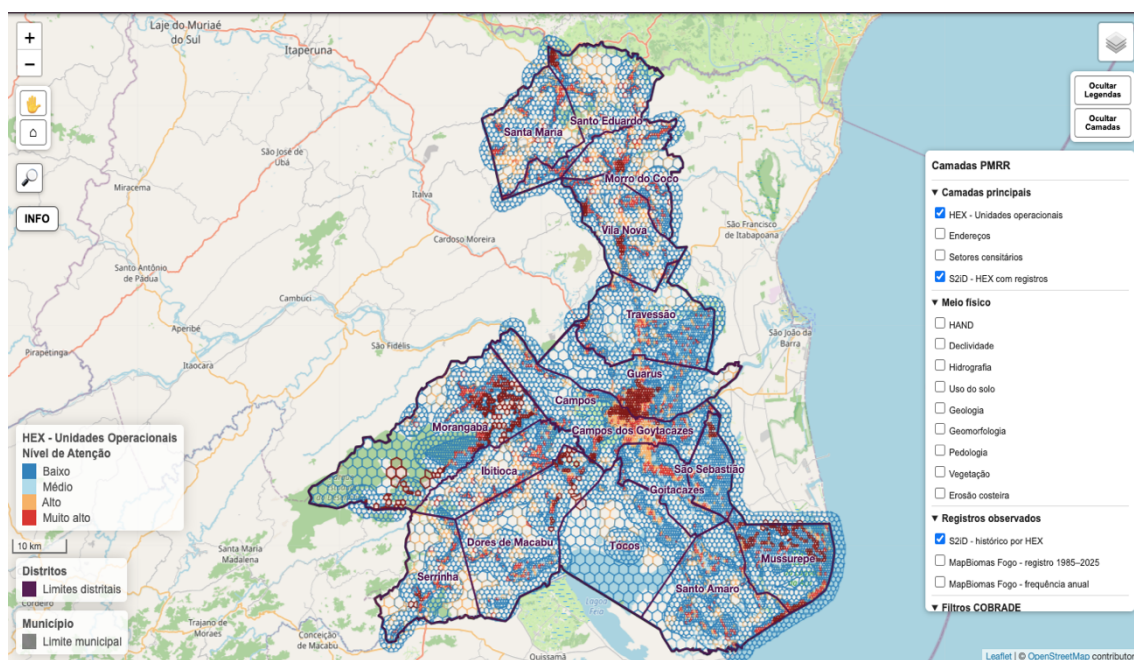


Fonte: extraído do [SIG PMRR Campos](#)

5.5. Distribuição Populacional e Infraestrutura Exposta

A análise de riscos em Campos dos Goytacazes é enriquecida na plataforma pela integração de dados demográficos e socioeconômicos provenientes dos setores censitários do IBGE. Conforme apresentado no mapeamento geral da Figura 14, o sistema realiza o cruzamento dessas bases estatísticas com os registros históricos do S2ID, espacializando os diferentes níveis de atenção diretamente nas Unidades Operacionais hexagonais (HEX). Essa abordagem macro permite identificar com rapidez quais porções do território concentram maior pressão populacional e maior frequência de eventos adversos, convertendo dados geográficos complexos em um mapa de prioridades visuais de fácil leitura para a gestão de emergências.

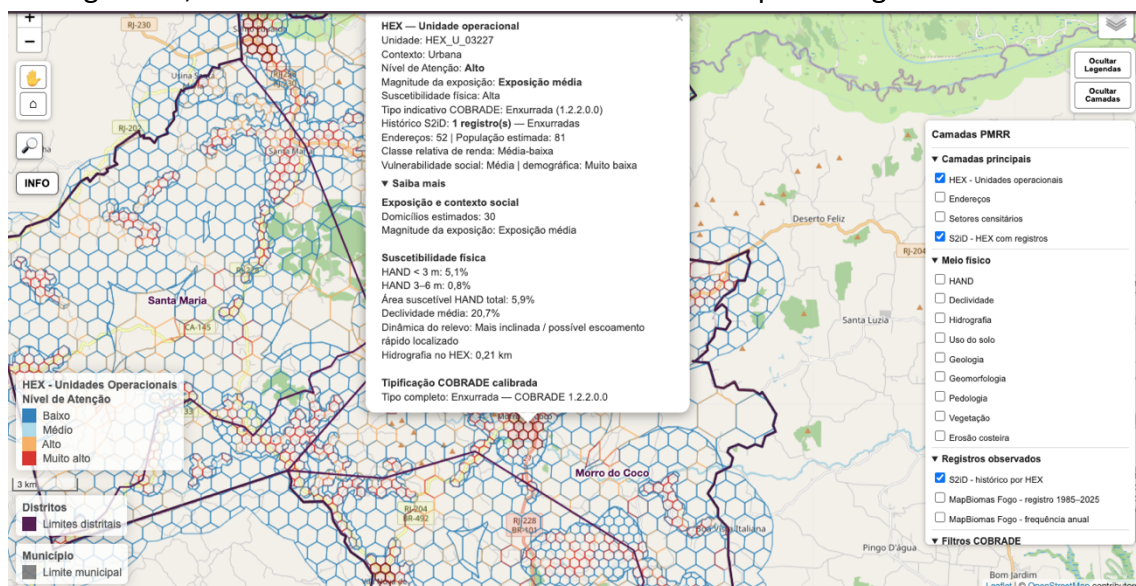
Figura 14 – Espacialização municipal dos níveis de atenção integrando dados populacionais e registros históricos do S2ID na plataforma SIG.



Fonte: extraído do [SIG PMRR Campos](#)

A utilidade analítica desse cruzamento ganha precisão no nível de detalhe de cada célula operacional. Como demonstrado na aproximação da Figura 15, ao selecionar um hexágono sob nível de atenção alto, o usuário tem acesso a um diagnóstico quantitativo imediato sobre a população e a infraestrutura expostas. O painel interativo revela variáveis importantes como a população estimada residente (neste caso, 81 habitantes distribuídos em 52 endereços), a classe relativa de renda (média-baixa) e o índice de vulnerabilidade social. No dia a dia, essa ferramenta permite que a Defesa Civil estime o tamanho do contingente populacional exposto a ameaças como enxurradas em áreas de declividade acentuada, servindo como um guia para planejar rotas de evacuação e dimensionar abrigos temporários em cenários de contingência.

Figura 15 – Detalhamento da interface de consulta com cruzamento de dados demográficos, vulnerabilidade social e indicadores físicos por hexágono.

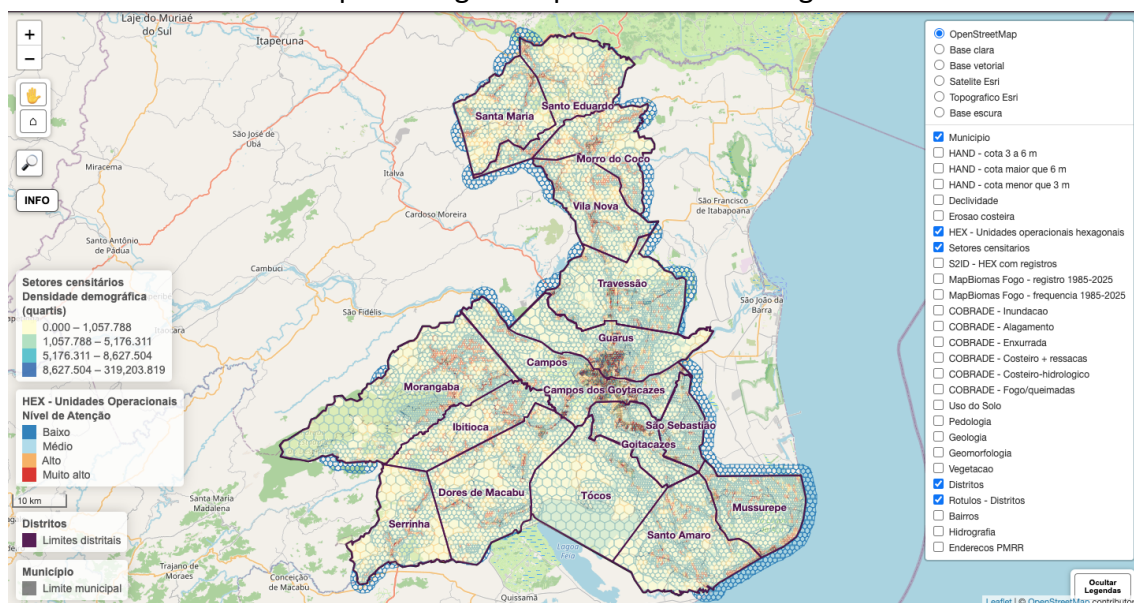


Fonte: extraído do [SIG PMRR Campos](#)

5.5. Base Territorial e Setores Censitários do IBGE

A modelagem de vulnerabilidade social e demográfica na plataforma toma como ponto de partida a malha oficial de setores censitários do IBGE, atualizada com dados do Censo Demográfico 2022. Como as delimitações originais desses setores apresentam dimensões e formatos altamente heterogêneos entre as áreas rurais e urbanas, a plataforma executa uma compatibilização espacial automatizada para padronizar as análises. Por meio de algoritmos de desagregação espacial, os dados populacionais e socioeconômicos brutos são distribuídos de forma proporcional para a grade de hexágonos regulares. Conforme ilustrado na visualização municipal da Figura 16, esse procedimento resulta em um gradiente contínuo e geometricamente uniforme de densidade demográfica, eliminando distorções de escala e permitindo comparações diretas entre diferentes regiões do território.

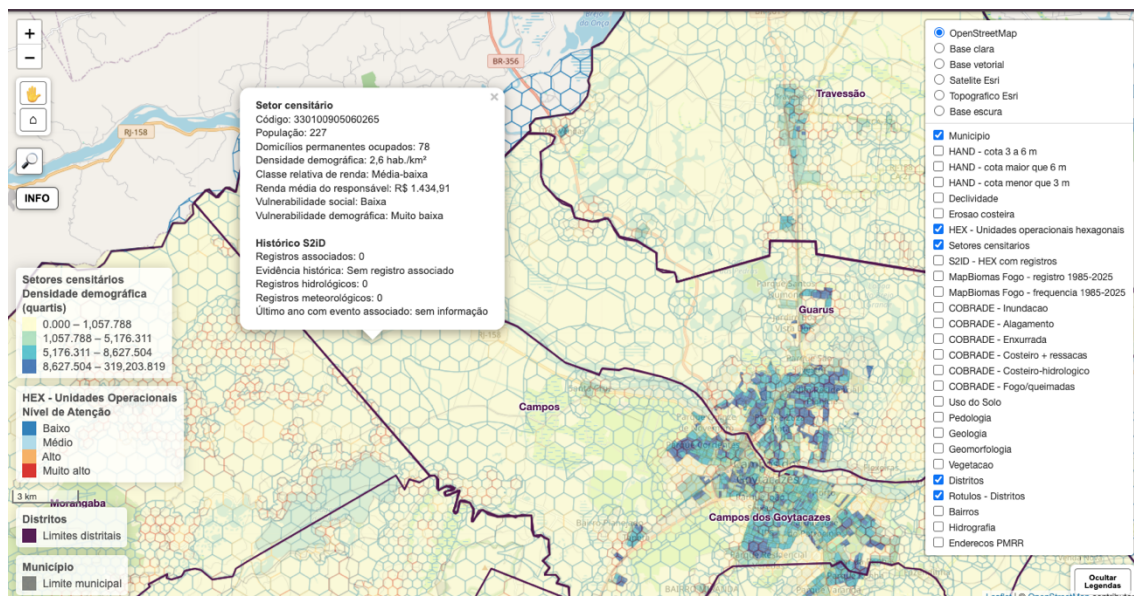
Figura 16 – Espacialização da densidade demográfica por quartis com base nos setores censitários do IBGE sobrepostos à grade operacional de hexágonos.



Fonte: extraído do [SIG PMRR Campos](#)

A utilidade analítica dessa compatibilização integrada manifesta-se diretamente nas consultas detalhadas em nível local. Como demonstrado na aproximação da Figura 17, ao interagir com a plataforma e selecionar uma unidade espacial específica, o analista tem acesso a um painel consolidado que reúne dados demográficos e históricos de desastres de forma imediata. O sistema calcula em tempo real atributos fundamentais para a gestão de riscos, tais como a população residente no setor selecionado (neste exemplo, 227 habitantes em 78 domicílios permanentemente ocupados), a densidade demográfica local (2,6 hab./km²), o rendimento médio do responsável e os índices de vulnerabilidade demográfica e social. Ao centralizar essas variáveis em uma única interface interativa, a ferramenta fornece diagnósticos rápidos para orientar planos de contingência e dimensionar com precisão o impacto social de potenciais eventos extremos.

Figura 17 – Detalhamento da interface interativa apresentando o cruzamento de indicadores socioeconômicos do Censo e histórico de ocorrências por setor censitário individual.

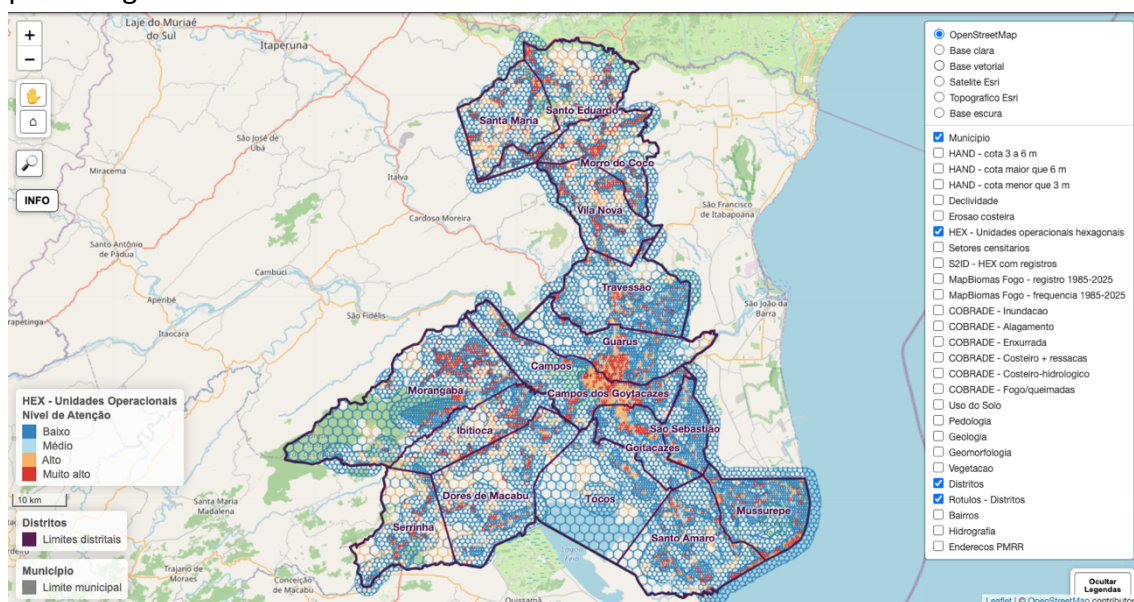


Fonte: extraído do [SIG PMRR Campos](#)

5.7. O Sistema de Informação Geográfica (SIG) e a Plataforma Interativa

Como já mencionado, o principal produto técnico deste trabalho, foi desenvolvida uma plataforma de Sistema de Informação Geográfica (Web SIG) interativa, denominada SIG PMRR CAMPOS projetada para servir como o centro de inteligência e suporte à decisão da Defesa Civil. Conforme ilustrado na interface geral apresentada na Figura 18, o sistema organiza o território municipal através de camadas estruturadas de informação (*layers*), permitindo que o utilizador sobreponha dinamicamente as variáveis do meio físico, tais como o modelo HAND, declividade, hidrografia, geologia e pedologia, aos dados de vulnerabilidade socioeconômica e infraestrutura exposta.

Figura 18 – Interface geral da plataforma Web SIG interativa evidenciando o painel de camadas operacionais, filtros COBRADE e a distribuição espacial dos níveis de atenção por hexágonos.



Fonte: extraído do [SIG PMRR Campos](#)

A inovação prática da ferramenta reside na sua capacidade de realizar consultas dinâmicas bidirecionais. Ao interagir diretamente com o mapa e selecionar qualquer Unidade Operacional hexagonal (HEX), o gestor público ou pesquisador obtém um diagnóstico completo e individualizado daquela célula. Num único painel integrado, a plataforma consolida o contexto de inserção territorial (urbano ou rural), a magnitude de exposição ao risco, o nível de atenção calibrado, a tipificação do desastre segundo a codificação do COBRADE e os dados demográficos detalhados provenientes do Censo 2022. Esta arquitetura tecnológica transforma o mapeamento estático num instrumento vivo e de rápida consulta, otimizando o tempo de resposta em situações de emergência e fornecendo subsídios para o planejamento urbano preventivo.

CONCLUSÕES

O diagnóstico desenvolvido permitiu integrar, para a base territorial municipal, os principais condicionantes físicos, ambientais, demográficos e socioeconômicos relacionados aos riscos de desastres em Campos dos Goytacazes. Os resultados evidenciaram que esses riscos se distribuem de forma heterogênea no município: as planícies sedimentares, as áreas topograficamente rebaixadas e as margens do rio Paraíba do Sul apresentam maior suscetibilidade a inundações; os setores urbanos densamente ocupados e impermeabilizados concentram condições favoráveis a alagamentos; e as áreas de maior declividade, especialmente nas transições para os tabuleiros e franjas serranas, demandam atenção quanto à ocorrência de enxurradas, processos erosivos e instabilidade de encostas.

A adoção de uma grade hexagonal adaptativa e da distribuição dasimétrica da população a partir dos endereços do CNEFE possibilitou representar com boa precisão a exposição humana e reduzir as distorções associadas às diferenças de dimensão entre os setores censitários urbanos e rurais. O cruzamento entre suscetibilidade física, exposição, vulnerabilidade socioeconômica e registros históricos de desastres para o município permitiu classificar o território em níveis de atenção e associar as ameaças às tipologias oficiais da COBRADE, estabelecendo uma base objetiva para a identificação de áreas prioritárias.

Como principal produto técnico, a pesquisa estruturou um banco de dados georreferenciado e uma plataforma Web SIG interativa, capazes de reunir, consultar e atualizar informações sobre o meio físico, a população exposta, a infraestrutura, a vulnerabilidade social e o histórico de ocorrências. Essas ferramentas ampliam a capacidade de análise da Defesa Civil e dos demais órgãos municipais, facilitando o planejamento de ações preventivas, planos de contingência, rotas de evacuação, intervenções de drenagem e medidas de redução da exposição.

Dessa forma, o diagnóstico cumpre o papel de etapa preliminar e base técnica para a elaboração do Plano Municipal de Redução de Riscos de Campos dos Goytacazes. Seus resultados também podem subsidiar a revisão do Plano Diretor, o ordenamento do uso e ocupação do solo, as políticas de habitação de interesse social, a definição de obras prioritárias e, quando tecnicamente necessário, ações de mitigação ou reassentamento de populações expostas.

Por se apoiar predominantemente em bases secundárias e procedimentos de

modelagem espacial, o diagnóstico não substitui o mapeamento de risco em escala de detalhe, as vistorias de campo e a validação participativa junto às comunidades e equipes municipais. Essas atividades deverão compor as etapas seguintes do PMRR, permitindo verificar e calibrar as classificações produzidas. A organização dos dados e das rotinas de processamento em uma estrutura auditável e reproduzível possibilitará atualização periódica, contribuindo para consolidar uma gestão municipal de riscos contínua, preventiva e fundamentada em evidências.

REFERÊNCIAS

ALHEIROS, M.M. O Plano Municipal de Redução de Risco. In: CARVALHO, C.S.; GALVÃO, T. (eds.). Prevenção de riscos de deslizamentos em encostas: guia para elaboração de políticas municipais. Brasília: Ministério das Cidades, 2006.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010, nº 10.257, de 10 de julho de 2001, e nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 abr. 2012. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Caderno GIRD+10: Gestão Integrada de Riscos e Desastres. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec>.

BRASIL. Ministério das Cidades. Guia para Planos Municipais de Redução de Riscos. Brasília, DF, 2024.

CAMPOS DOS GOYTACAZES (Município). Lei Ordinária nº 9.293 de 10 de abril de 2023. Institui a Política Municipal de Proteção e Defesa Civil (PMPDEC), o Sistema Municipal de Proteção e Defesa Civil (SIMPDEC) e o Centro de Monitoramento de

Desastres (CEMOD) e dá outras providências.

CRUDEN, D.M.; VARNES, D.J. Landslides: investigation and mitigation. Transportation research board special report. Washington, n. 247, 1996

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Manual técnico de geomorfologia. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p. (Manuais técnicos em geociências, n. 5). Inclui bibliografia. ISBN 978-85-240-4110-5.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2022: resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

MENDONÇA, M.B.; DI GREGORIO, L.T.; ALFRADIQUE, C.O.S. Diagnóstico e discussão sobre Planos Municipais de Redução de Riscos no Brasil. Ambiente & Sociedade, v. 26, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20210207r1vu2023L2AO>

MIGUEZ, M.; VERÓL, A.; DI GREGORIO, L.T. Gestão de riscos e desastres hidrológicos. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2018.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Casa Civil. Secretaria Especial de Articulação e Monitoramento. Nota Técnica nº 1/2023. Brasília, DF: PR, 2023.

RAMALHO, R. de S. Diagnóstico do Meio Físico como Contribuição ao Planejamento do Uso da Terra do Município de Campos dos Goytacazes. Campos dos Goytacazes-RJ: UENF, 2005. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.