

Manual de mapeamento simplificado para identificação preliminar e priorização de talvegues suscetíveis à ocorrência de fluxos de detritos, visando a implantação de Barreiras SABO

2ª edição

Brasília

2026

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL

Waldez Góes – Ministro de Estado

Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – Sedec

Wolnei Wolff Barreiros – Secretário Nacional de Proteção e Defesa Civil

Paulo Roberto Farias Falcão – Diretor do Departamento de Obras de Proteção e Defesa Civil

PROJETO SABO

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (SGB-CPRM)

AGÊNCIA BRASILEIRA DE COOPERAÇÃO (ABC), DO MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES

MUNICÍPIO DE NOVA FRIBURGO/RJ

MUNICÍPIO DE TERESÓPOLIS/RJ

JICA - AGÊNCIA DE COOPERAÇÃO INTERNACIONAL DO JAPÃO





EQUIPE TÉCNICA (1ª Edição)

Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil

Rafael Pereira Machado (Coordenador)

Érico de Castro Borges

Manoel Lázaro Frazão Júnior

Pedro de Paiva Youssef

Rodrigo de Moraes Balduino Arrais de Oliveira

Prefeitura Municipal de Teresópolis

Roberta Alves de Moraes

Prefeitura Municipal de Nova Friburgo

Douglas Leite Figueira

Érica de Souza Freitas

Karinna de Aquino Paz

Pedro Santana Peregrini

Serviço Geológico do Brasil – CPRM/MME

Leandro Kuhlmann

EQUIPE TÉCNICA (2ª Edição)

Rodrigo de Moraes Balduino Arrais de Oliveira (Coordenador)

Antonio Afonso Cordeiro Junior

Giovanna Da Silva Souza

Leonardo do Rosário Bastos Ferreira

EQUIPE TÉCNICA DA JICA

Hideto Ochi

Yoshifumi Shimoda

Yosuke Nishio

Brasil. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. **Manual de mapeamento simplificado para identificação preliminar e priorização de talvegues suscetíveis à ocorrência de fluxos de detritos visando a implantação de barreiras SABO**. Projeto de Aprimoramento da Capacidade Técnica em Medidas Estruturais contra Movimentos Gravitacionais de Massa com Foco na Construção de Cidades Resilientes – Projeto SABO. Brasília /DF, 2025.

1 recurso eletrônico (53 p.) : il. color.

Inclui bibliografia, apêndice e glossário

Exigências do sistema: conexão com a Internet, World Wide Web browser e Adobe Acrobat Reader

1. Defesa civil – Brasil. 2. Desastres – Brasil. 3. Administração de risco – Brasil. 4. Administração da emergência – Brasil. 5. Políticas públicas –

Brasil. CDU 351.862(81)

APRESENTAÇÃO DA 2ª EDIÇÃO


A Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC), em parceria com a Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA) e o Serviço Geológico do Brasil (SGB), apresenta a segunda edição do “**Manual de mapeamento simplificado para identificação preliminar e priorização de talvegues suscetíveis à ocorrência de fluxos de detritos visando à implantação de barreiras SABO**”. Esta edição aperfeiçoa a metodologia originalmente adaptada da experiência japonesa e atualiza os procedimentos utilizados desde 2023, incorporando avanços técnicos, novas bases de dados geoespaciais e recomendações práticas registradas por agentes de defesa civil em todo o país.

O processo de revisão reuniu contribuições enviadas por equipes municipais e estaduais que aplicaram a primeira edição do manual, permitindo identificar pontos que exigiam maior clareza operacional, padronização metodológica e melhor integração com a realidade local dos municípios brasileiros. A presente edição responde a essas demandas ao oferecer instruções mais objetivas, fluxos de trabalho mais organizados e procedimentos mais adequados à capacidade técnica dos órgãos do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC).

Desde o Projeto GIDES até o atual Projeto SABO, o Brasil tem se beneficiado da experiência consolidada do Japão na gestão de riscos associados a movimentos gravitacionais de massa. Essa contribuição se materializa no aprimoramento das ferramentas de análise topográfica, no desenvolvimento de critérios de priorização de talvegues, na atualização de parâmetros geomorfológicos e na modernização das metodologias de implantação de barreiras SABO. A integração dessas capacidades com o contexto brasileiro fortalece a resiliência dos territórios e amplia a qualificação das ações de prevenção e mitigação.

Entre os aperfeiçoamentos desta edição, destaca-se a atualização do método de estimativa populacional, que passa a utilizar o **Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE)**, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, como base primária, substituindo procedimentos que dependiam de setores censitários ou de imagens de satélite, antes mais complexos e sujeitos a maior tempo de processamento. Outra melhoria significativa é a reorganização do fluxo metodológico, que agora apresenta uma sequência mais clara: inicia pelos conceitos básicos e análise geomorfológica; avança para a extração de drenagens e identificação de áreas suscetíveis; define os polígonos de risco; apresenta os métodos de priorização; e conclui com orientações de gestão e integração com elementos sociais e institucionais da realidade local.

A segunda edição do manual também está alinhada ao Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil (PN-PDC 2025–2035), especialmente no que diz respeito à prevenção e redução de riscos. A metodologia reforça o uso de informações técnicas confiáveis para identificar áreas suscetíveis, apoia ações preventivas antes que desastres ocorram e facilita o acesso de municípios com menor capacidade técnica a procedimentos



padronizados. Dessa forma, o manual contribui para tornar o processo de gestão de riscos mais justo, coordenado e baseado em evidências.

Além disso, o manual atende diretamente às diretrizes e objetivos centrais da PNPDEC ao padronizar métodos de análise territorial e ampliar o compartilhamento de informações técnicas de forma simples e acessível. Ele apoia a melhoria da capacidade dos municípios de mapear áreas de risco, qualifica a tomada de decisão sobre intervenções estruturais, como as barreiras SABO, e colabora para metas nacionais de ampliar mapeamentos, fortalecer capacidades locais e reduzir vulnerabilidades relacionadas a desastres geológicos e hidrológicos.

Por fim, este manual desempenha função complementar às metodologias detalhadas no Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa, desenvolvido no âmbito do Projeto GIDES. Enquanto aquele manual apresenta uma abordagem aprofundada, voltada ao diagnóstico completo de perigos e riscos, esta publicação oferece uma estratégia simplificada que permite diagnósticos rápidos, seleção preliminar de talvegues prioritários e suporte para a tomada de decisão sobre a implantação de barreiras SABO. Juntos, estes documentos formam um conjunto integrado de instrumentos que apoiam Estados e Municípios, desde a identificação inicial de suscetibilidades até a construção de análises de risco completas e alinhadas à PNPDEC.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	13
2.1 Definição da área de interesse	14
2.2 Obtenção de Modelos Digitais de Elevação (MDE) ou de Terreno (MDT)	17
2.2.1 Recorte do MDE para a área de interesse.....	21
2.2.2 Delimitação de Bacia Hidrográfica com o MDE	22
2.3 Identificação dos talwegues e áreas suscetíveis.....	23
2.3.1 Extração da rede de drenagem.....	24
2.3.2 Geração de pontos ao longo das drenagens.....	25
2.3.3 Cálculo da declividade	26
2.3.4 Extração dos valores de declividade para os pontos	27
2.3.5 Classificação dos pontos por classes de declividade	28
2.4 Delimitação dos polígonos de risco	29
2.4.1 Seleção dos pontos de maior risco.....	30
2.4.2 Geração dos polígonos de risco	32
2.5 Dimensionamento da população nas áreas de risco	36
2.5.1 Obtenção e preparação da base geoespacial – Cadastro Nacional de Endereços.....	36
2.5.2 Organização dos endereços quanto à sua tipologia	38
2.5.3 Cruzamento espacial do CNEFE com as áreas de risco	40
2.6 Priorização dos polígonos de risco	41
2.6.1 Métodos de Priorização	42
2.6.2 Análise comparativa e seleção do método mais adequado.....	45
3. SUBSÍDIOS PARA GESTÃO E TOMADA DE DECISÃO	46
3.1 Critérios para seleção dos trechos prioritários.....	46
3.2 Aplicação dos Resultados no Planejamento de Risco.....	47
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS	50
Referências Bibliográficas	50
Referências Geoespaciais	51
APÊNDICE.....	52

Lista de Figuras

Figura 1: Bloco-diagrama representando o fluxo de detritos (CPRM, 2018).	9
Figura 2: Exemplo de Barreira SABO impermeável (BRASIL, 2018).....	11
Figura 3: Exemplo de Barreira SABO permeável (BRASIL, 2018).....	11
Figura 4: Procedimentos metodológicos do Manual.....	14
Figura 5: BHO no catálogo de metadados da ANA.	16
Figura 6: Seleção dos quadrantes de interesse	20
Figura 7: Cenas obtidas do ALOS World 3D para a área de interesse.....	20
Figura 8 : Sobreposição entre limite municipal e otobacia nível 7	23
Figura 9: Drenagem em formato matricial (unique stream ids - rast)	25
Figura 10: Mapa de declividades (slope), em graus.....	27
Figura 11: Declividade atribuída aos pontos de drenagem.	27
Figura 12: Pontos de declive classificados.....	29
Figura 13: Delimitação das áreas de risco em função dos polígonos de declividade.....	30
Figura 14:Tabela de atributos dos polígonos de risco a fluxo de detritos.	32
Figura 15:Ferramenta r.to.vect.....	34
Figura 16:Preenchimento da tabela de atributos	34
Figura 17:Seleção dos pontos e criação do buffer de 50m.	35
Figura 18:Buffer dissolvido representando áreas de risco a fluxo de detritos.....	35
Figura 19: Etapas para a criação do campo “id”.	35
Figura 20: Atualização do campo “id” na tabela de atributos	36
Figura 21: Download do arquivo georreferenciado do CNEFE.....	37
Figura 22: Dicionário de dados do Censo IBGE 2022.....	39
Figura 23: Tabela de atributos do polígono de risco.	41

Lista de Tabelas

Tabela 1: Principais MDE's aplicáveis em análises de de Suscetibilidade a Fluxos de Detritos	19
--	----

1. INTRODUÇÃO

Os fluxos de detritos são um dos movimentos de massa mais perigosos e destrutivos que ocorrem no Brasil. Eles acontecem quando grandes volumes de solo, rochas, troncos, blocos e outros materiais se misturam com água, formando uma massa muito densa e veloz que desce pelas encostas e canais de drenagem. Geralmente, esses eventos começam após chuvas intensas em áreas montanhosas, onde a declividade favorece o deslocamento rápido desse material. A dinâmica do fluxo de detritos é complexa, desenvolvendo-se ao longo dos leitos fluviais, onde o material é carregado a partir de deslizamentos recentes ou da remobilização de depósitos sedimentares antigos (Figura 1).

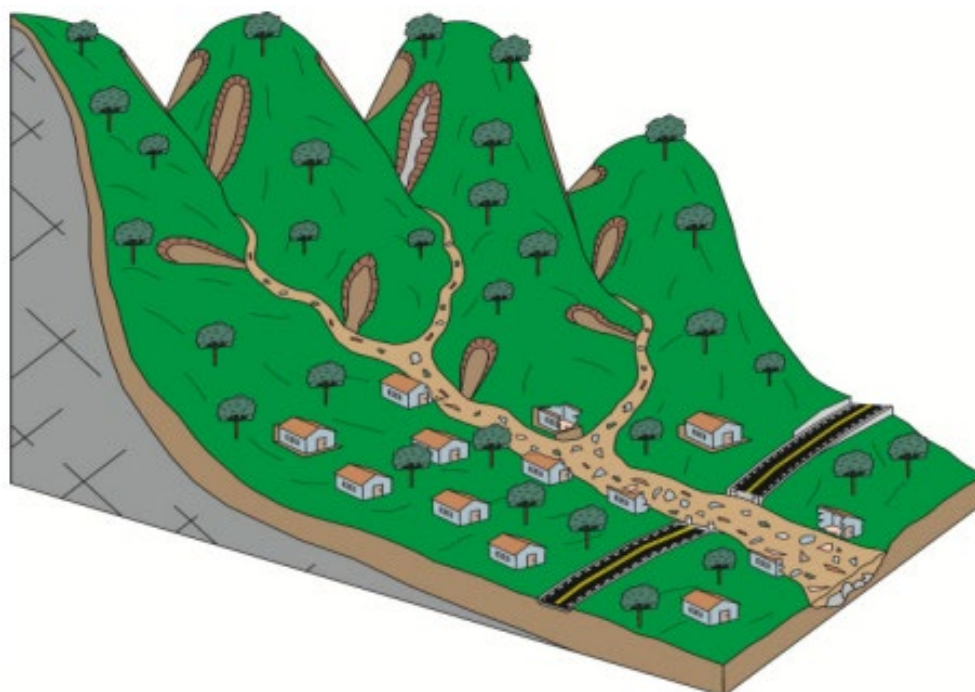



Figura 1: Bloco-diagrama representando o fluxo de detritos (CPRM, 2018).

O movimento é semelhante ao de um líquido viscoso, mas com grandes volumes de material e velocidades que variam de médias a altas. Devido à sua alta energia e ao extenso raio de alcance, mesmo em áreas de relevo mais plano (como as áreas de deposição sob a forma de leques aluviais), os fluxos de detritos são classificados como o tipo mais catastrófico de movimento de massa. Quando atingem áreas urbanas, esses fenômenos causam impactos sociais e econômicos intensos, incluindo a perda de vidas humanas. Por causa desse elevado potencial de destruição, é fundamental adotar medidas de prevenção e mitigação que reduzam a energia do fluxo, diminuam o volume de material transportado e ajudem a proteger a população e o ambiente.

Como os fluxos de detritos são classificados como o tipo mais catastrófico e destrutivo de movimento de massa, as obras de retenção representam uma medida estrutural crucial para reduzir os riscos em áreas suscetíveis. Elas atuam diretamente nos pontos onde o



fluxo se inicia, se desenvolve ou se deposita, contribuindo para reduzir a velocidade, conter a massa de detritos, estabilizar o leito do talvegue e direcionar o escoamento para áreas mais seguras.

As obras de retenção de fluxo de detritos funcionam como uma rede de segurança complexa em uma bacia hidrográfica, onde cada tipo de intervenção atua em uma etapa diferente da ameaça. Uma tipologia de estrutura de contenção é conhecida é a barreira tipo SABO – termo que deriva das palavras japonesas sedimento (Sa) e proteção (Bo).

As barreiras SABO são estruturas usualmente de concreto, empregadas para a captura de sedimentos e troncos oriundos de fluxos de detritos. Atuam como "redes de captura" posicionadas para segurar a onda principal de detritos; as obras de estabilização são como "*cimento preventivo*" aplicado nos pontos fracos da encosta para que o material nem comece a se mover; e os canais e diques são como "*guias reforçados*" para garantir que o que sobrar do fluxo permaneça no caminho seguro, longe da população. Essas barreiras normalmente são posicionadas à montante de áreas de risco a serem protegidas, podendo, também, ser inseridas em posições diversas na bacia hidrográfica, tendo como principal função: i) o disciplinamento do fluxo de detritos, quando de sua ocorrência; ii) a diminuição da declividade do talvegue, diminuindo a energia potencial do fluxo de detritos; iii) a captura de parte dos sedimentos e troncos mobilizados pelo fluxo de detritos diminuindo assim seu volume e permitindo a passagem de uma quantidade de sedimentos que garanta a segurança patrimonial e da vida das pessoas que habitam áreas de risco; e iv) a estabilização dos sedimentos ao longo do leito do talvegue, impedindo sua inclusão no fluxo de detritos.

As barreiras podem ser divididas em três tipos, a saber: **impermeáveis** (que fecham completamente o canal e forçam a deposição de sedimentos - Figura 2), **permeáveis** (que possuem barras metálicas para reter blocos e troncos, permitindo a passagem da água e sedimentos menores – Figura 3), e **semipermeáveis** (que mesclam características de retenção de sedimentos na parte inferior e captura de troncos e matações na parte superior). As barreiras semipermeáveis ainda não estão no escopo do Projeto SABO.




Figura 2: Exemplo de Barreira SABO impermeável (BRASIL, 2018)



Figura 3: Exemplo de Barreira SABO permeável (BRASIL, 2018)

Ao capturar os grandes volumes de sedimentos, matacões e troncos, as estruturas como as barreiras SABO disciplinam o fluxo e diminuem drasticamente seu volume e energia, permitindo que apenas uma quantidade segura de material siga para as áreas a jusante.

No contexto do ciclo de Gestão Integrada de Riscos de Desastres, a retenção se encaixa nas fases de prevenção e mitigação. A implementação de obras de retenção, especialmente em bacias onde o volume de detritos previsto pode ser integralmente contido, é um fator que permite, sob rígido controle, a ocupação segura das áreas a jusante. No entanto, é vital ressaltar que o risco é mitigado, mas nunca totalmente eliminado. Por isso, as obras de retenção (medidas estruturais) devem ser combinadas



com medidas não estruturais, como sistemas de alerta antecipado, monitoramento contínuo e planos de evacuação e treinamento da população, garantindo uma camada adicional e fundamental de segurança para as comunidades.

Além das medidas de captura (barreiras SABO), outras medidas de controle devem ser aplicadas de maneira integrada e complementar, tais como:

- **medidas de controle da geração de detritos** - que atuam na zona de iniciação do processo para prevenir a produção de sedimentos, como a estabilização de encostas e a fixação de material no leito do córrego;
- **medidas de canalização**: protegem o leito e as margens, muitas vezes revestidas, para manter o fluxo concentrado e seguro;
- **medidas para deposição**: como as lagoas ou depósitos laterais, que reduzem a velocidade e forçam o material a se assentar em uma área designada;
- **medidas de controle do trajeto**: usam diques ou anteparos para desviar o fluxo de áreas com infraestrutura vulnerável.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O mapeamento simplificado para identificar e priorizar talvegues suscetíveis a fluxos de detritos exige o uso de ferramentas capazes de integrar diferentes tipos de informação geográfica. Para isso, utilizamos um Sistema de Informações Geográficas (SIG), que funciona como um ambiente digital onde dados de várias naturezas podem ser reunidos, visualizados e analisados em conjunto. O SIG permite trabalhar com mapas, imagens, modelos digitais de elevação, dados urbanos e ambientais, além de oferecer ferramentas para medir áreas, calcular declividades, identificar padrões do relevo e produzir diagnósticos rápidos sobre o território. Sua principal força está na capacidade de transformar dados brutos em informações claras, úteis e diretamente aplicáveis à prevenção e à resposta a desastres. Para os agentes de Proteção e Defesa Civil, o SIG é um recurso essencial, pois facilita a compreensão do terreno, apoia a tomada de decisão e orienta o planejamento de ações de redução de risco.

Neste manual, o SIG é a base de todo o fluxo de trabalho. Nele são carregados os limites municipais e de bacias hidrográficas, os Modelos Digitais de Elevação ou de Terreno, as drenagens, os pontos do Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE) e as camadas de resultado, como os polígonos de risco. Toda a metodologia, desde a definição da área de interesse até a priorização final dos polígonos, é executada dentro desse ambiente.

Para aplicar a metodologia, este manual adota o QGIS como software principal. O QGIS é um SIG livre e gratuito, amplamente utilizado por órgãos públicos brasileiros. Por ser de código aberto, dispensa custos de licenciamento, facilita a auditoria dos procedimentos e permite que os projetos sejam compartilhados entre diferentes instituições.

Recomenda-se, preferencialmente, o uso da versão LTR (Long Term Release) do QGIS. A versão LTR é a edição de longo prazo, voltada à estabilidade. Ela recebe, principalmente, correções de erros e ajustes de segurança, evitando mudanças bruscas na interface e no funcionamento das ferramentas. Isso é especialmente importante para órgãos públicos e para equipes que trabalham com manuais e procedimentos padronizados, como este. Com a versão LTR, a chance de um comando deixar de existir, mudar de lugar ou de nome é menor, o que torna o passo a passo mais confiável e reduz dificuldades no dia a dia dos agentes de Proteção e Defesa Civil.

Para instalações em computadores institucionais, é importante também estar atento a possíveis restrições de rede e de segurança que possam afetar o funcionamento do QGIS, bem como de extensões como SAGA, GRASS e outros plugins necessários ao fluxo de trabalho. Recomenda-se especial cuidado com a nomenclatura adotada para produtos e subprodutos gerados (mapas, relatórios, camadas derivadas, etc.) e com a organização das pastas de dados em diretórios bem definidos e padronizados. Essas práticas contribuem para manter todos os técnicos trabalhando com a mesma versão e a mesma estrutura de arquivos, o que facilita treinamentos, o suporte técnico e a troca de projetos e bases de dados entre as equipes.

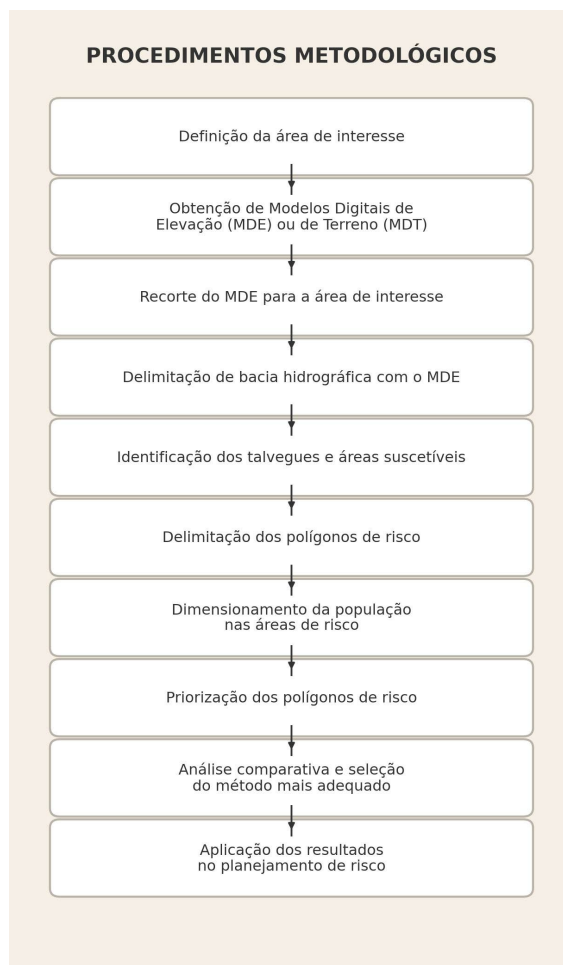


Figura 4: Procedimentos metodológicos do manual

Com essas ferramentas, o SIG se torna o ambiente central onde a metodologia é aplicada, permitindo a identificação preliminar das áreas críticas, o apoio ao planejamento de intervenções — como a instalação de barreiras SABO — e a geração dos insumos necessários para subsidiar decisões estratégicas da Defesa Civil nas diferentes esferas administrativas.

Destaca-se mais uma vez que esta é uma metodologia de mapeamento simplificado e que por isso não contempla as atividades de levantamento de campo. Neste sentido a análise de suscetibilidade obtida é baseada em modelos digitais de elevação e algoritmos de geoprocessamento. Caso haja necessidade de aprofundamento na análise, incluindo levantamentos de campo, recomendamos consultar os procedimentos descritos no próprio manual.

2.1 Definição da área de interesse

A definição da área de interesse é o primeiro passo do mapeamento simplificado. Em geral, essa escolha é uma decisão de gestão: o município precisa indicar onde pretende focar o estudo. Essa área pode ser todo o território municipal, um distrito específico, um trecho de serra, uma localidade com histórico de fluxos de detritos ou uma bacia hidrográfica de interesse.

O primeiro limite a ser inserido no QGIS deve ser o limite municipal, pois ele define o território sob responsabilidade administrativa do município. Esse limite deve ser obtido em bases oficiais, preferencialmente no site do IBGE.

Acesse os limites municipais do IBGE aqui:

<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>

Adicionar o limite municipal no QGIS

1. Faça o download dos “Limites municipais” da sua UF no site do IBGE.
2. No QGIS, clique em **Camada** → **Adicionar Camada** → **Adicionar Camada Vetorial...**
3. Em **Fonte de dados**, clique em ... e selecione o arquivo do limite municipal baixado do IBGE (formato .shp, .gpkg ou similar).
4. Confirme o sistema de referência (preferencialmente **SIRGAS 2000**) e clique em **Adicionar**.
5. Verifique se o limite aparece corretamente sobre a área de estudo no mapa.

Embora o limite municipal seja essencial para situar administrativamente as ações de gestão de risco, ele não é a melhor unidade de análise para compreender a dinâmica hidrológica e geomorfológica. Processos como fluxos de detritos, erosão e cheias acompanham a rede de drenagem, que muitas vezes ultrapassa os limites administrativos.

Por isso, a unidade de análise recomendada para ações de prevenção relacionadas a corpos d’água é a bacia hidrográfica, conforme a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. A bacia hidrográfica reúne, em uma única unidade, as nascentes, os talwegues, as encostas e a área de contribuição onde ocorrem os processos de escoamento, concentração de água e transporte de sedimentos. Dessa forma, a análise torna-se mais coerente com o funcionamento natural do sistema hídrico.

No exemplo deste manual, adotaram-se as ottobacias de nível 7 da Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO). Essas unidades são detalhadas o suficiente para representar pequenas bacias e sub-bacias em escala municipal, permitindo identificar talwegues com potencial de concentrar fluxos de detritos. A BHO organiza a rede hidrográfica em trechos unifilares entre confluências e associa cada trecho à sua respectiva ottobacia, codificada pelo método de Otto Pfafstetter.

Na prática, o técnico municipal seleciona, no QGIS, o município de interesse e as ottobacias de nível adequado que o intersectam. A partir dessa seleção, podem ser criadas novas camadas vetoriais específicas para cada bacia. Isso facilita o recorte posterior do Modelo Digital de Elevação, a execução dos algoritmos de drenagem e a organização do trabalho de campo, quando houver.

A partir desse ponto, o trabalho será conduzido sempre considerando a bacia hidrográfica como unidade principal de análise, ainda que os resultados finais sejam apresentados por município.

Acesse as Bacias Hidrográficas Ottocodificadas (Níveis Otto 1-7) aqui:

<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/b228d007-6d68-46e5-b30d-a1e191b2b21f>

Adicionar as ottobacias da ANA no QGIS

1. Faça o download das “Bacias Hidrográficas Ottocodificadas” no site da ANA.
2. No QGIS, clique em **Camada** → **Adicionar Camada** → **Adicionar Camada Vetorial...**
3. Selecione o arquivo das ottobacias (nível desejado) e clique em **Adicionar**.
4. Use a ferramenta **Identificar feições** para conferir o código Otto das bacias que intersectam o município.

Bacias Hidrográficas Ottocodificadas (Níveis Otto 1-7)

A Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) utilizada pela ANA na gestão de recursos hídricos é obtida a partir do Mapeamento Sistemático Brasileiro. A BHO é gerada a partir da cartografia digital da hidrografia do país e organizada de modo a gerar informações hidrologicamente consistentes. Para tanto, a BHO representa a rede hidrográfica em trechos entre os pontos de confluência dos cursos d'água de forma unifilar. Cada trecho é associado a uma superfície de drenagem denominada ottobacia, à qual é atribuída a codificação de bacias de Otto Pfafstetter. Uma característica essencial dessa representação é ser topologicamente consistente, isto é, representar corretamente o fluxo hidrológico dos rios, por meio de trechos conectados e com sentido de fluxo.

Esse produto é derivado da Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017 onde as bacias são unidas espacialmente tendo como critério de agrupamento a codificação de bacias hidrográficas de Otto Pfafstetter por nível de bacia, ou seja, o número de algarismos da codificação.

Data (Publicação) 2012-12-17T00:00:00

Edição Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2012

Modo de apresentação Mapa digital

Finalidade A BHO é o núcleo dos dados de hidrografia do módulo de Inteligência Geográfica do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH).

Visões gerais



visão geral

Figura 5: BHO no catálogo de metadados da ANA.

De acordo com a metodologia japonesa:

- a área da bacia deve ter pelo menos 1 hectare (10.000 m²);
- a declividade média da linha de talvegue deve ser mínimo 10°;
- deve haver uma situação de confinamento do vale de drenagem, isto é, o seu comprimento é maior que a sua largura.

Observa-se que a presença de depósitos pretéritos de fluxos de detritos são indícios de campo que confirmam a condição de perigo.

2.2 Obtenção de Modelo Digitais de Elevação (MDE) ou de Terreno (MDT)

Os Modelos Digitais de Elevação e Terreno são representações computacionais da superfície terrestre que servem como base para análises de relevo, drenagem, declividades e risco em bacias hidrográficas. O MDE (Modelo Digital de Elevação) geralmente representa a elevação da superfície observada, incluindo vegetação, edificação e demais elementos que estão sobre o solo. Já o MDT (Modelo Digital de Terreno), também chamado de “*bare-earth model*” em inglês, representa apenas o terreno natural, sem interferência de cobertura vegetal ou construções, ou seja, o solo “limpo”. Essa distinção é essencial para estudos de geodinâmica, hidrologia e riscos geológicos: as análises de fluxo de detritos, drenagem e declividade requerem que o modelo represente fielmente o relevo real, sem “falsas” elevações causadas por árvores ou construções — o que torna o MDT a opção preferencial sempre que disponível.

A precisão da análise depende da resolução e qualidade do modelo. Modelos mais detalhados — isto é, com menor espaçamento entre pontos de elevação — oferecem dados mais confiáveis e permitem delimitação mais fina de bacias hidrográficas, talvegues e áreas de risco. Quando municípios dispõem de levantamentos locais recentes — por exemplo LiDAR, levantamento aerofotogramétrico ou topografia de precisão — esses dados devem ser priorizados, pois representam com maior fidelidade o terreno real. Na ausência desses insumos, os modelos públicos e gratuitos são alternativas válidas para o mapeamento preliminar, embora com limitações inerentes à escala e à representação da superfície original.

Neste manual, optou-se pelo uso do DEM ALOS-PALSAR (ALOS World 3D – 30 m), fornecido pela agência espacial japonesa JAXA. Esse modelo tem boa cobertura geográfica, resolução compatível com análises de bacias e talvegues e é adequado mesmo em regiões com vegetação densa ou cobertura complexa, o que assegura a aplicabilidade da metodologia em diferentes contextos do território nacional. A partir desse DEM serão extraídas as curvas de elevação, os mapas de declividade, as redes de drenagem e a delimitação das bacias hidrográficas — elementos essenciais para identificar zonas suscetíveis e definir polígonos de risco para a eventual implantação de barreiras SABO.

Acesse o ALOS Global Digital Surface Model "ALOS World 3D 30m (AW3D30)" aqui:

https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/dataset/aw3d30/aw3d30_e.htm

Download das cenas ALOS World 3D (AW3D30)

1. Acesse o portal da JAXA (AW3D30) e faça o cadastro de usuário, se ainda não tiver.
2. Localize a área de interesse usando as ferramentas de navegação do site (por coordenada, nome do município ou mapa interativo).
3. Identifique os quadrantes que cobrem sua área de estudo.
4. Baixe todas as cenas necessárias (arquivos raster com resolução de 30 m).

Além do site da própria JAXA, as cenas do ALOS e de outros sistemas orbitais podem ser obtidas em repositórios especializados que oferecem modelos digitais de elevação prontos para uso. Entre eles destacam-se o ASF Vertex, que fornece acesso a dados de radar de diversas missões, e o OpenTopography, que disponibiliza MDE's e levantamentos LiDAR de alta resolução quando existentes. Esses portais ampliam as possibilidades de obtenção de dados, permitindo que estudantes e agentes de Proteção e Defesa Civil utilizem diferentes fontes conforme a disponibilidade e a escala necessária ao estudo. Esses recursos tornam o processo mais acessível e fortalecem a capacidade de municípios e instituições de desenvolver diagnósticos confiáveis sobre suas áreas de risco.

Acesse o catálogo de imagens da Alaska Satellite Facility aqui:

<https://search.asf.alaska.edu/#/>

Além do ALOS, existem diversos modelos digitais de elevação gratuitos que podem ser utilizados quando disponíveis ou mais apropriados ao estudo, conforme se observa abaixo:

- ☐ SRTM (Shuttle Radar Topography Mission – NASA/USGS): modelo global obtido por radar aerotransportado, originalmente em 90 m, hoje disponível em 30 m; amplamente utilizado em estudos de relevo e bacias hidrográficas.
- ☐ TOPODATA (INPE): versão refinada do SRTM, ajustada para o território brasileiro, com correções geométricas e interpolação que melhoram a representação de encostas e drenagens. Oferece resolução espacial de 30 metros, obtida por meio de um processo de refinamento.
- ☐ ASTER GDEM (NASA/METI): modelo derivado de pares estereoscópicos ópticos, com resolução aproximada de 30 m; útil em regiões montanhosas, embora sujeito a ruídos em áreas sombreadas.
- ☐ CBERS (INPE): pares estereoscópicos dos satélites sino-brasileiros, que permitem gerar MDEs regionais a partir de imagens ópticas.
- ☐ Landsat Stereo DEM: modelos derivados de imagens ópticas estereoscópicas, adequados para análises gerais de relevo onde outras fontes são indisponíveis.

Esses modelos oferecem alternativas importantes para municípios e instituições que, por limitação regional ou especificidade da área de estudo, necessitam combinar diferentes fontes para gerar análises confiáveis.

Modelo	Origem / Agência	Sensor	Tecnologia de Aquisição	Resolução Espacial
ALOS World 3D – 30 m (AW3D30)	JAXA – Japan Aerospace Exploration Agency	PRISM (estereoscopia óptica)	Estereoscopia óptica (pares pancromáticos)	30 m

Modelo	Origem / Agência	Sensor	Tecnologia de Aquisição	Resolução Espacial
SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)	NASA / NGA, com parceria JPL–USGS	RADAR SAR (bandas C e X)	Interferometria de Radar (InSAR)	30 m (SRTM1) e 90 m (SRTM3 original)
TOPODATA	INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais	Derivado do SRTM	Interpolação + refinamento geomorfológico	30 m
ASTER GDEM	NASA / METI (Japão)	ASTER (sensor óptico VNIR)	Estereoscopia óptica (pares 3N/3B)	30 m
LiDAR Aerotransportado	Diversos	Laser scanner (Light Detection and Ranging)	Varredura laser aerotransportada (ALS)	0,5–5 m (pode chegar a 0,1 m)

Tabela 1: Principais MDE's aplicáveis em análises de suscetibilidade a fluxos de detritos

Com a definição do modelo digital de elevação a ser utilizado, o passo seguinte consiste em obter as imagens orbitais e os arquivos altimétricos associados, iniciando o processo de pré-processamento que subsidiará todas as etapas seguintes da metodologia.

A aquisição das cenas é feita diretamente nos portais oficiais — no caso do ALOS, no site da JAXA — onde o usuário realiza o cadastro, identifica o quadrante correspondente à área de estudo e faz o *download* dos arquivos necessários. Esses dados serão posteriormente importados para o QGIS, onde serão realizados procedimentos como mosaico, reprojeção cartográfica, geração de mapas de declividade e extração de drenagens, estruturando a base técnica para a priorização de talvegues susceptíveis à ocorrência de fluxos de detritos.

Voltando ao satélite ALOS, utilizado neste trabalho, o passo seguinte é realizar o cadastro e posteriormente o *download* das cenas no site da JAXA, sendo necessário o cadastro inicial do usuário junto à JAXA. Para realizar o *download* das cenas é necessário conseguir localizar espacialmente a área de interesse no índice de imagens apresentado pela JAXA (Figura 4).

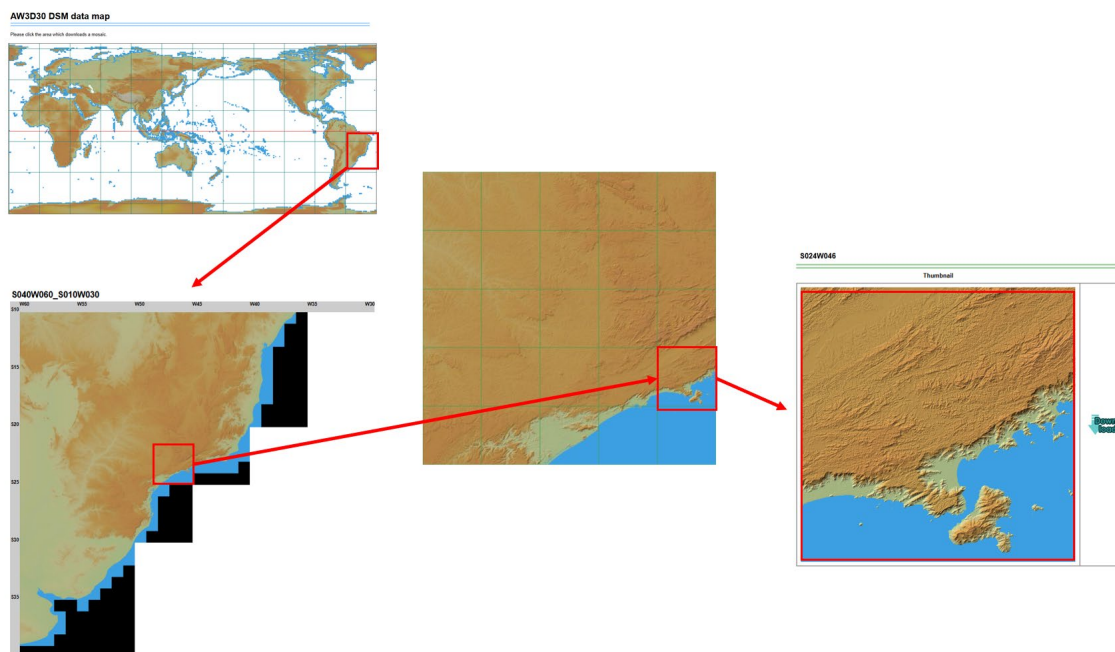


Figura 6: Seleção dos quadrantes de interesse

Destaca-se que a área de interesse pode estar dividida em mais de uma cena, sendo necessária a composição destas imagens em um único arquivo, no âmbito do QGIS. Após feito o *download* a imagem deve ser importada no QGIS



Figura 7: Cenas obtidas do ALOS World 3D para a área de interesse

É possível que a área de interesse não esteja totalmente contida em uma única cena ALOS. Nesses casos, é necessário gerar um mosaico, isto é, unir duas ou mais cenas em uma única imagem contínua.

Criar mosaico das cenas ALOS no QGIS

1. No QGIS, clique em **Raster** → **Miscelânea** → **Mosaico....**
2. Em **Camadas de entrada**, selecione todas as cenas ALOS baixadas (*.tif ou *.DSM).
3. Em **Arquivo de saída**, escolha um nome para o mosaico (por exemplo, alos_mosaico_wgs84.tif).
4. Marque a opção **Adicionar camada de resultado ao painel de camadas**.
5. Clique em **Executar** e aguarde o término do processamento.

Se o MDE utilizado estiver em um sistema de coordenadas geográficas geográfica, isto é, tendo suas unidades de medida em graus, será necessário convertê-las para um sistema projetado em metros para se obter mais precisão nos cálculos de área, distância e declividade. Esse mosaico deve ser reprojetado para um sistema de coordenadas em unidades métricas, como o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000) em projeção Universal Transversa de Mercator (UTM).

Reprojetar o mosaico ALOS para UTM no QGIS

1. Com o mosaico carregado, clique em **Raster** → **Projeções** → **Reprojetar....**
2. Em **Camada de entrada**, selecione o mosaico ALOS em WGS-84.
3. Em **Sistema de referência de coordenadas de destino (CRS)**, escolha o fuso UTM adequado, em **SIRGAS 2000 / UTM zona XXS** (substitua XX pelo fuso correspondente).
4. Em **Arquivo de saída**, informe um nome como alos_mosaico_utm.tif.
5. Marque a opção de adicionar o resultado ao projeto e clique em **Executar**.

2.2.1 Recorte do MDE para a área de interesse

Depois de reprojetar o MDE, é importante recortá-lo para a área que realmente será analisada, isto é, o conjunto de bacias hidrográficas ou o recorte municipal relevante. Esse procedimento reduz o volume de dados, agiliza o processamento e evita cálculos desnecessários.

Recortar o MDE pela camada de bacias

1. Certifique-se de que a camada de bacias de interesse (bacias_nivel7_municipio ou similar) e o mosaico reprojetado (alos_mosaico_utm.tif) estejam carregados no projeto.

2. No menu principal, clique em **Raster** → **Extrair** → **Recortar raster pela camada de extensão....**
3. Em **Camada de entrada**, selecione o mosaico reprojetado.
4. Em **Camada de recorte**, escolha a camada de bacias.
5. Em **Extensão**, clique em **Calcular a partir da camada** e confirme a camada de bacias.
6. Em **Arquivo de saída**, defina um nome como `alos_bacias_recortado.tif`.
7. Marque **Adicionar resultado ao painel de camadas**.
8. Clique em **Executar** e verifique, ao final, se o raster recortado cobre apenas a área das bacias de interesse.

Esse raster recortado será a base para a delimitação de bacias pelo algoritmo *r.watershed*, para a extração de drenagens e para o cálculo de declividade.

2.2.2 Delimitação de Bacia Hidrográfica com o MDE

Quando não houver base adequada ou quando for necessário gerar bacias específicas com base no MDE ALOS, pode-se usar o algoritmo *r.watershed*, disponível no QGIS via GRASS GIS.

O *r.watershed* calcula a direção do escoamento superficial e agrupa as células em unidades de bacia com base em um tamanho mínimo definido pelo usuário. Esse tamanho mínimo é informado em número de pixels.

Cada pixel do ALOS 30 m representa 900 m², isto é, 0,0009 km². Para descobrir quantos pixels correspondem a uma determinada área em quilômetros quadrados, usa-se a relação abaixo.

Delimitar bacias com *r.watershed* no QGIS

1. No QGIS, clique em **Processamento** → **Caixa de Ferramentas**.
2. No campo de busca da caixa de ferramentas, digite **r.watershed**.
3. Clique duas vezes em **r.watershed (GRASS)** para abrir a janela de parâmetros.
4. Em **Input elevation raster**, selecione o mosaico ALOS reprojetado para UTM.
5. Em **Minimum size of exterior watershed basin**, informe um valor em número de pixels correspondente à área mínima desejada

Cada pixel do ALOS 30 m representa 900 m², ou 0,0009 km². Para obter o valor do campo *Minimum size of exterior watershed basin* a partir de uma área desejada em km², use a relação:

$$\text{número de pixels} = \text{área (km}^2\text{)} / 0,0009.$$

Assim:

$$\bullet 0,05 \text{ km}^2 \approx 55,56 \text{ pixels};$$

- $5 \text{ km}^2 \approx 5.555,56 \text{ pixels}$;
- $10 \text{ km}^2 \approx 11.111,11 \text{ pixels}$.

6. Defina um nome para o arquivo de bacias de saída.
7. Marque a opção para adicionar os resultados ao projeto e clique em **Executar**.

Em nosso estudo de caso, para o município de Caraguatatuba, os limites municipais coincidem em grande parte com o divisor de água da otobacia nível 7 e da bacia extraída desde o MDE (Figura 8).

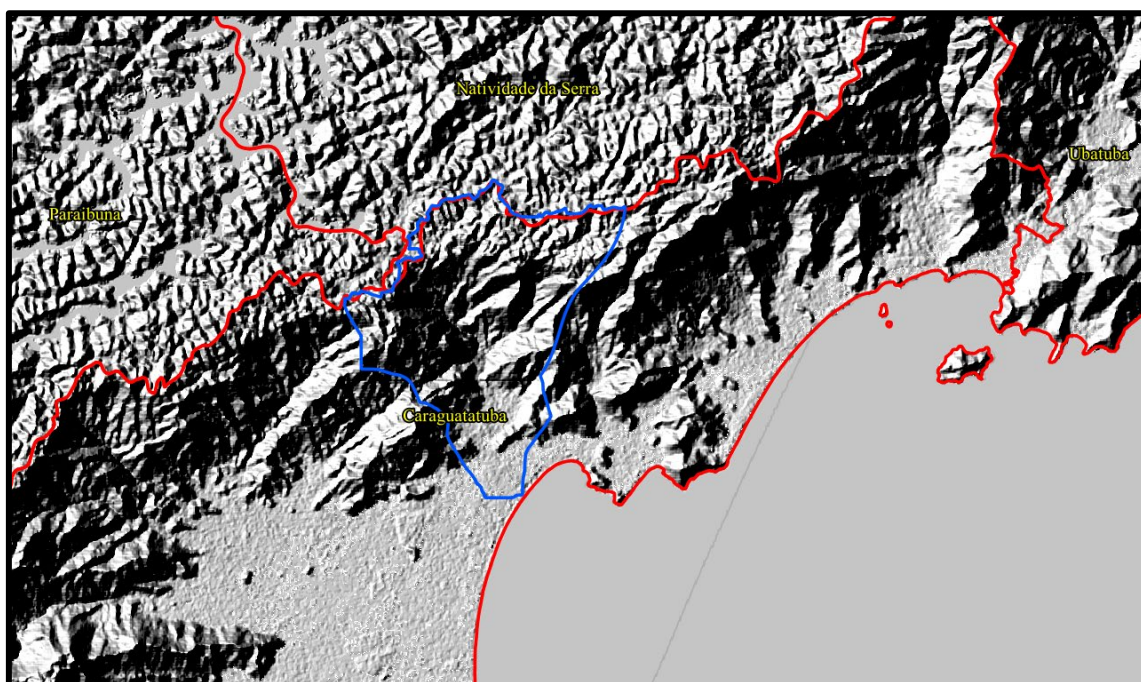


Figura 8 : Sobreposição entre limite municipal e otobacia nível 7

2.3 Identificação dos talwegues e áreas suscetíveis

Com o MDE recortado e as bacias definidas, inicia-se a etapa de **identificação dos talwegues e das áreas suscetíveis**. Essa etapa é composta por quatro partes principais:

1. **Extração da rede de drenagem;**
2. **Geração de pontos ao longo da drenagem;**
3. **Cálculo da declividade;**
4. **Classificação dos pontos por classes de declividade e extração de valores.**

Esses procedimentos combinados permitem localizar trechos de drenagem com declividade elevada e características favoráveis à ocorrência de fluxos de detritos, que serão posteriormente usados na delimitação dos polígonos de risco.

2.3.1 Extração da rede de drenagem

A extração da rede de drenagem é feita com o algoritmo *r.stream.extract*, também disponível via GRASS GIS no QGIS. Esse algoritmo utiliza o MDE para calcular a direção de fluxo e indicar quais células do raster compõem canais de drenagem, a partir de um limiar de contribuição (*threshold*) definido pelo usuário.

Esse limiar representa a área mínima de contribuição necessária para que um pixel seja considerado parte da drenagem. Valores menores produzem uma rede mais densa, com muitos talwegues e canais de pequena ordem. Valores maiores resultam em uma rede mais simplificada, formada apenas por canais mais expressivos.

Neste manual, adota-se, como exemplo, um limiar de 72 pixels, o que corresponde aproximadamente a 6,5 hectares. Esse valor é suficiente para incluir talwegues de ordem zero, que normalmente não aparecem em mapas em escala 1:50.000, mas são relevantes para a geração de fluxos de detritos.

Extrair drenagem com *r.stream.extract* no QGIS

1. Abra a **Caixa de Ferramentas em Processamento** → **Caixa de Ferramentas**.
2. No campo de busca, digite **r.stream.extract**.
3. Clique duas vezes em **r.stream.extract (GRASS)**.
4. Em **Elevation**, selecione o raster *alos_bacias_recortado.tif*.
5. Em **Threshold**, informe o valor desejado (por exemplo, 72).
6. Ative as saídas **Unique stream ids (raster)**, **Stream segments (vector)** e **Flow direction**.
7. Defina nomes claros para cada arquivo de saída, como *drenagem_ids_rast.tif*, *drenagem_segmentos.gpkg* e *direcao_fluxo.tif*.
8. Marque **Adicionar resultado ao projeto**.
9. Clique em **Executar** e, após o processamento, verifique a coerência da rede de drenagem no mapa.

Como saída do *r.stream.extract*, são disponibilizados três arquivos resultantes dos quais apenas o primeiro será utilizado nas etapas seguintes:

- ☐ **unique stream ids (rast)**, que é a representação da drenagem obtida em formato raster (Figura 9);
- ☐ **stream ids (vect)** que representa a drenagem já vetorizada e segmentada; e
- ☐ **flow direction** (direção de fluxo) que contém as direções de fluxos de drenagem.

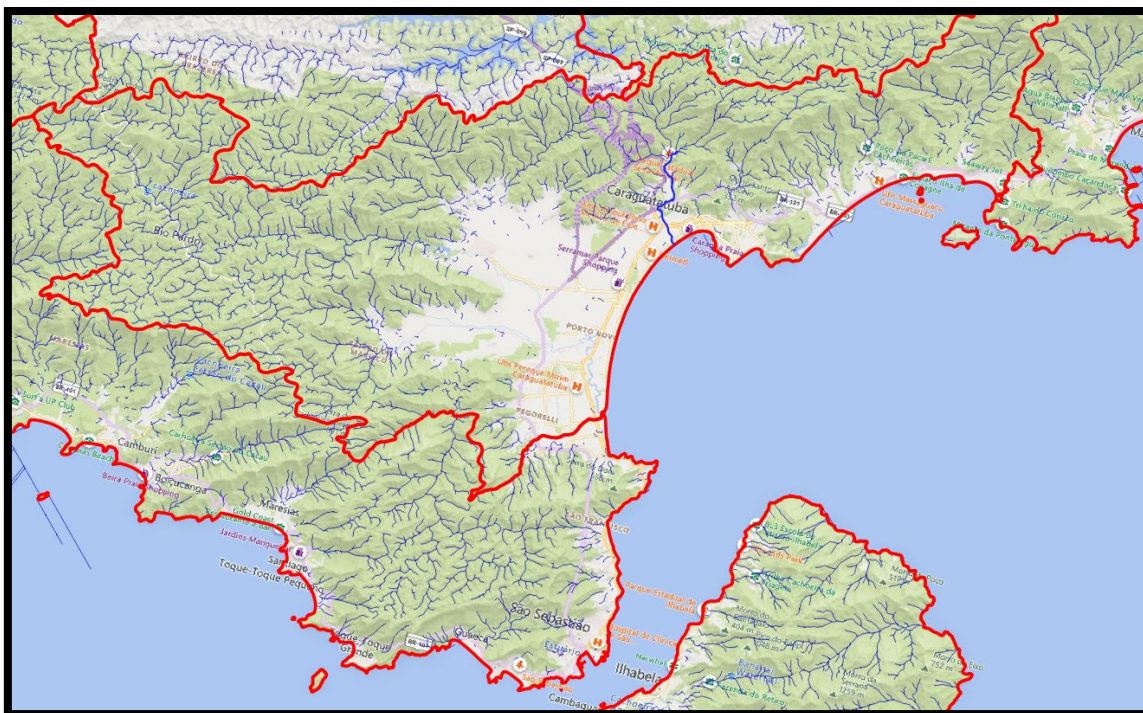


Figura 9: Drenagem em formato matricial (unique stream ids - rast)

Embora a ferramenta *r.stream.extract* não ofereça uma acumulação de fluxos como saída, ela é calculada internamente pelo método MFD (*Multiple Flow Direction*) (GRASS, 2021).

2.3.2 Geração de pontos ao longo das drenagens

Nesta etapa, as células da drenagem raster são convertidas em pontos, respeitando o espaçamento da resolução do MDE (aproximadamente 30 m). Isso permite associar a cada ponto informações de declividade e, mais adiante, aplicar os critérios de seleção de trechos suscetíveis.

Converter drenagem raster em pontos (r.to.vect)

1. Na **Caixa de Ferramentas**, pesquise por **r.to.vect**.
2. Clique em **r.to.vect (GRASS)**.
3. Em **Input raster map**, selecione o raster de drenagem **drenagem_ids_rast.tif**.
4. Em **Feature type**, escolha **point**.
5. Em **Nome da camada de saída**, informe **pontos_drenagem**.
6. Marque a opção **Adicionar resultado ao projeto**.
7. Clique em **Executar**.
8. Marque a opção de adicionar a camada resultante ao projeto e clique em **Executar**.

O resultado é uma camada de pontos espaçados de acordo com a resolução do MDE (aproximadamente 30 m no caso do ALOS). Esses pontos serão usados para receber valores de declividade e para a seleção visual de trechos prioritários.

2.3.3 Cálculo da declividade

A declividade do terreno é um dos principais parâmetros para identificar áreas com potencial de geração e transporte de fluxos de detritos. Encostas e trechos de talvegues com grande inclinação favorecem o aumento da energia do fluxo e a mobilização de material.

Calcular declividade no QGIS (r.slope.aspect)

1. Na **Caixa de Ferramentas**, pesquise por **r.slope.aspect**.
2. Clique em **r.slope.aspect (GRASS)**.
3. Em **Elevation**, selecione o raster **alos_bacias_recortado.tif**.
4. Em **Slope format**, escolha a opção **degrees** (graus).
5. Marque a saída **Slope** e defina um nome, por exemplo, **declividade.tif**.
6. Mantenha os demais parâmetros padrão, a menos que haja orientação específica em contrário.
7. Clique em **Executar**.

O resultado é um mapa raster em que cada célula contém o valor da declividade em graus. Esse raster será usado para atribuir os valores de declividade aos pontos de drenagem.

O resultado obtido pode ser observado na Figura 10, abaixo:

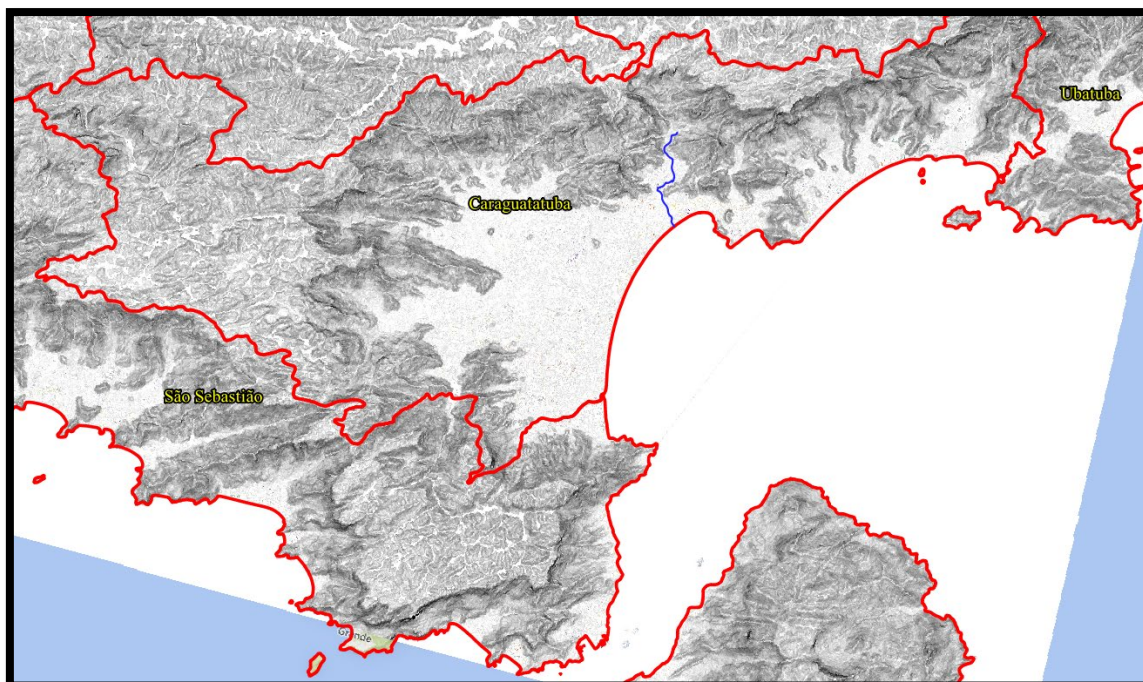


Figura 10: Mapa de declividades (slope), em graus.

2.3.4 Extração dos valores de declividade para os pontos

Com a camada de pontos de drenagem e o raster de declividade prontos, o passo seguinte é transferir o valor de declividade de cada célula do raster para o ponto correspondente. Isso é feito com a ferramenta Add raster values to points.

Atribuir declividade aos pontos (Add raster values to points)

1. Na **Caixa de Ferramentas**, pesquise por **Add raster values to points**.
2. Abra a ferramenta.
3. Em **Camada de pontos**, selecione pontos_drenagem.
4. Em **Raster(s) de entrada**, selecione o raster declividade.tif.
5. Em **Método de interpolação**, mantenha **Nearest neighbour (Vizinho mais próximo)**.
6. Defina um nome para a camada de saída, por exemplo, pontos_drenagem_declive.
7. Marque a opção para adicionar o resultado ao projeto e clique em **Executar**.

A nova camada resultante pontos_drenagem_declive terá, em sua tabela de atributos, um campo adicional contendo o valor numérico da declividade (em graus) para cada ponto.

A figura 11 exibe o resultado de uma camada de pontos que contém o atributo “declive”, obtido pela intercessão entre os pontos com a imagem (*raster*) de declividade (*slope*):

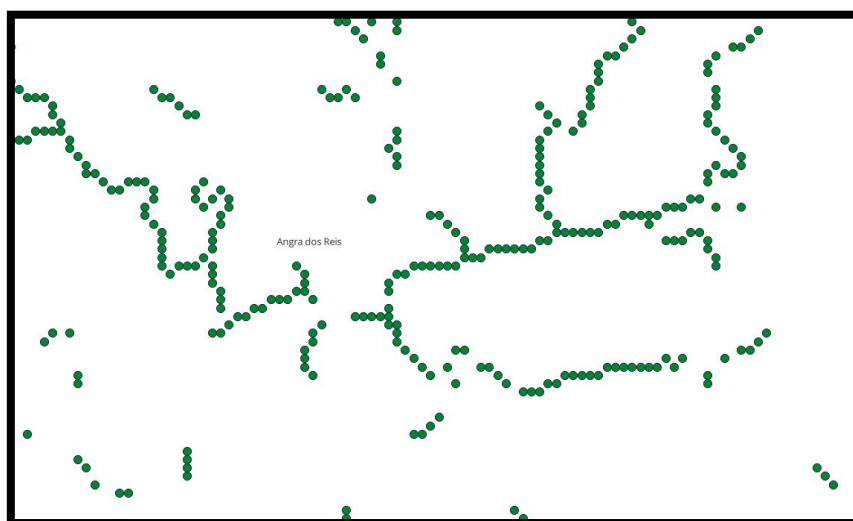


Figura 11: Declividade atribuída aos pontos de drenagem.

2.3.5 Classificação dos pontos por classes de declividade

Seguindo a proposta da metodologia japonesa, a classificação dos pontos de drenagem em classes de declividade auxilia na identificação visual dos trechos mais suscetíveis. Três classes são utilizadas:

- ☐ Declividade menor que 2° graus - **cor azul**;
- ☐ Declividade 2° e 10 ° graus - **cor verde**;
- ☐ Declividade maior que 10 ° graus - **cor vermelho**.

Classificar a simbologia dos pontos de declividade no QGIS

1. Clique com o botão direito na camada pontos_drenagem_declive e selecione **Propriedades**.
2. Na janela de propriedades, acesse a aba **Simbologia**.
3. Em **Tipo de renderização**, escolha **Graduado**.
4. Em **Coluna**, selecione o campo que armazena os valores de declividade (por exemplo, declive).
5. Clique em **Classificar** para gerar classes automáticas.
6. Ajuste manualmente os intervalos de classe para:
 1. Classe 1: $0 \leq \text{declive} < 2$;
 2. Classe 2: $2 \leq \text{declive} \leq 10$;
 3. Classe 3: $\text{declive} > 10$.
7. Atribua as cores recomendadas: azul para a Classe 1, verde para a Classe 2 e vermelho para a Classe 3.
8. Clique em **Aplicar** e depois em **OK**.

Com a classificação concluída, o mapa passa a mostrar, de forma imediata, os segmentos de drenagem com declividade mais elevada, facilitando a seleção dos trechos que serão usados na delimitação manual dos polígonos de risco.

A Figura 12 mostra o resultado obtido após a classificação dos pontos segundo a declividade.

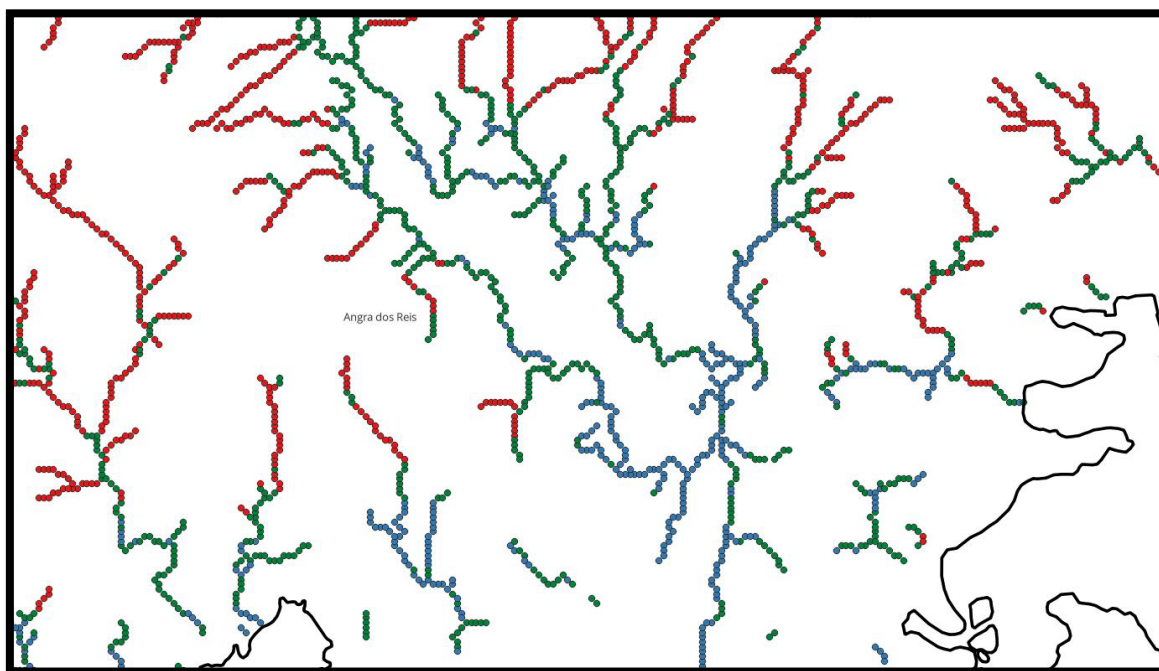


Figura 12: Pontos de declive classificados.

2.4 Delimitação dos polígonos de risco

A delimitação dos polígonos de risco é a etapa em que as informações obtidas nas fases anteriores se organizam em unidades espaciais contínuas. Esses polígonos representam, de forma aproximada, as áreas do leito do talvegue e suas margens onde há maior probabilidade de ocorrência de fluxos de detritos e, portanto, de danos a edificações e infraestrutura.

O objetivo é transformar a informação “pontual” (pontos classificados por declividade ao longo da drenagem) nos polígonos das áreas com potencial de atingimento. Para isso, considera-se a distribuição dos pontos de maior perigo, a geometria do canal e as características da bacia hidrográfica. O resultado será uma camada vetorial de polígonos, que servirá de base para o cálculo da população exposta e para a posterior priorização dos trechos.

Nessa etapa, é importante lembrar que se trata de um **mapeamento simplificado**, feito em ambiente de escritório. O polígono de risco não substitui estudos de detalhe nem vistorias de campo. Ele indica, de forma preliminar, os trechos do talvegue que merecem atenção prioritária para estudos complementares e possíveis intervenções, como as barreiras SABO.

Nota: Devido a escala do material de entrada, da variabilidade natural dos ambientes suscetíveis a fluxo de detritos e de exceções à metodologia, eventualmente, áreas

suscetíveis à ocorrência de fluxo de detritos podem ficar de fora da delimitação feita a partir dos pontos com as classes de inclinações categorizadas.

De forma resumida, o método considera como área de atingimento, para cada talvegue, buffer de 50 metros em torno dos pontos que começam do primeiro ponto verde (inclinação $> 2^\circ$ e $< 10^\circ$) após uma sequência de pontos vermelhos (inclinação $> 10^\circ$) e que seguem até a ocorrência de 3 pontos azuis consecutivos que não são incluídos (Figura 13).

Criar camada para desenhar os polígonos de risco no QGIS

1. No QGIS, acesse o menu **Camada** → **Criar Camada** → **Nova Camada GeoPackage....**
2. Em **Banco de dados**, selecione um arquivo existente do projeto ou clique em ... para criar um novo arquivo .gpkg.
3. Em **Nome da camada**, digite, por exemplo: poligonos_risco.
4. Em **Tipo de geometria**, escolha **Polígono**.
5. Confirme se o sistema de referência de coordenadas (SRC) é o mesmo das demais camadas do projeto (por exemplo, **SIRGAS 2000 / UTM**, fuso correspondente).
6. Clique em **OK**.
7. A nova camada de polígonos aparecerá na **Lista de Camadas**, pronta para edição.

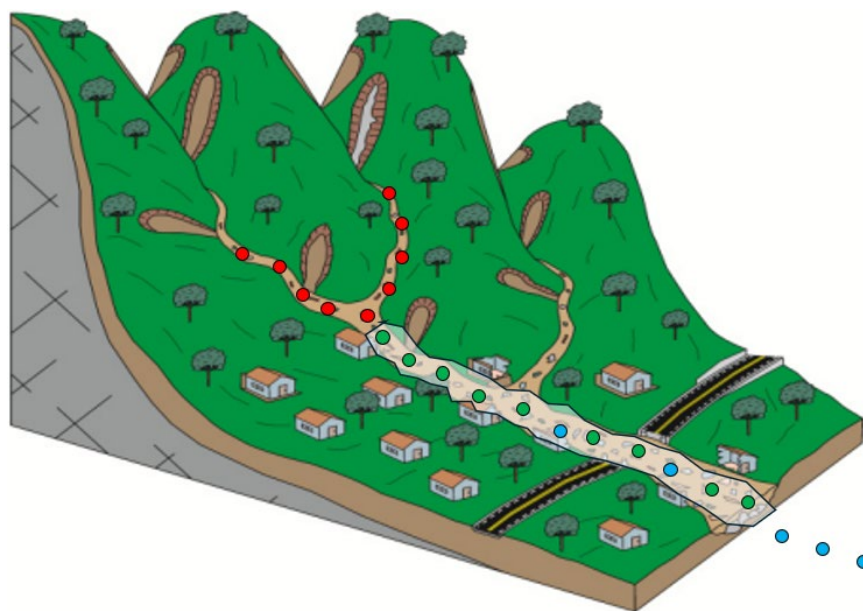



Figura 13: Delimitação das áreas de risco em função dos polígonos de declividade

2.4.1 Seleção dos pontos de maior risco



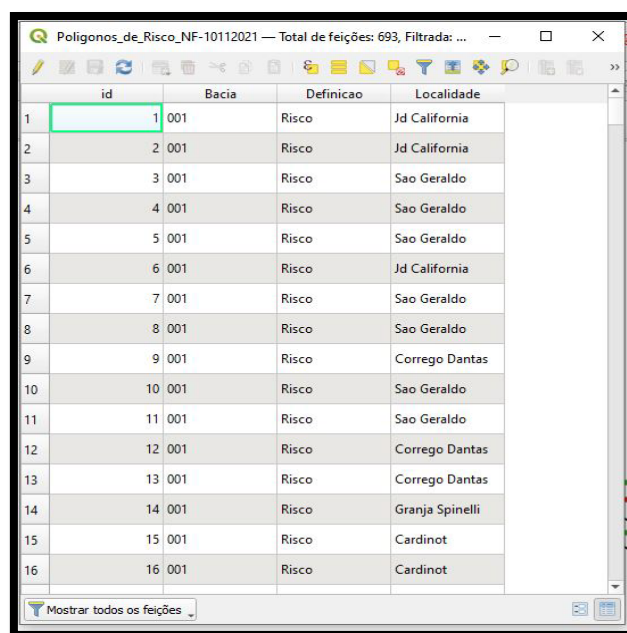
A seleção dos pontos de maior risco utiliza diretamente a camada de pontos classificada por declividade. As classes mais elevadas (por exemplo, em cores como vermelho e laranja) representam trechos mais íngremes, onde a energia do fluxo tende a ser maior e, portanto, onde há maior potencial de ocorrência de fluxos de detritos ao longo do talvegue.

O procedimento consiste em percorrer visualmente a drenagem, bacia por bacia, observando a sequência de pontos de maior declividade ao longo do canal. A partir da leitura do mapa, o técnico identifica trechos contínuos de pontos de alto risco e define, sobre cada trecho, um polígono que represente a área potencial de impacto, incluindo o leito e uma faixa lateral (margens) compatível com a escala do estudo e com o padrão observado na bacia.

É recomendável trabalhar uma bacia hidrográfica de cada vez, organizando o fluxo de trabalho para não misturar trechos de talvegues distintos. Esse controle facilita a conferência e a edição posterior dos polígonos, bem como a interpretação integrada com a realidade local.

Selecionar visualmente os pontos de maior risco

1. Certifique-se de que a camada de pontos classificados por declividade está visível no mapa, sobre a camada de drenagem.
2. No painel de camadas, ative também a visualização da **bacia hidrográfica** correspondente.
3. Use a ferramenta **Lupa de Zoom** para aproximar a área de interesse ao longo do talvegue principal.
4. Observe a sequência de pontos ao longo do canal, concentrando-se nas classes de maior risco (por exemplo, cores quentes, como vermelho e laranja).
5. Identifique trechos onde esses pontos de maior risco se repetem de forma contínua ao longo da drenagem. Esses trechos serão a base para o desenho dos polígonos de risco.



	id	Bacia	Definicao	Localidade
1	1	001	Risco	Jd California
2	2	001	Risco	Jd California
3	3	001	Risco	Sao Geraldo
4	4	001	Risco	Sao Geraldo
5	5	001	Risco	Sao Geraldo
6	6	001	Risco	Jd California
7	7	001	Risco	Sao Geraldo
8	8	001	Risco	Sao Geraldo
9	9	001	Risco	Corrego Dantas
10	10	001	Risco	Sao Geraldo
11	11	001	Risco	Sao Geraldo
12	12	001	Risco	Corrego Dantas
13	13	001	Risco	Corrego Dantas
14	14	001	Risco	Granja Spinelli
15	15	001	Risco	Cardinot
16	16	001	Risco	Cardinot

Figura 14: Tabela de atributos dos polígonos de risco a fluxo de detritos.

Com a camada criada, parte-se para a delimitação dos polígonos de risco, que se iniciam da área a montante (área de morro ou montanha), onde ocorre o primeiro ponto verde (10° - 2° de inclinação) depois de uma sequência de pontos vermelhos (inclinação $> 10^\circ$). A partir daí delimita-se, em direção a jusante (cidade) até a ocorrência de 3 pontos azuis consecutivos (que não são incluídos no polígono).

Nota: A orientação acerca da seleção de pontos é flexível, pois áreas estratégicas ou de densidade populacional elevada do município podem estar próximas de um aglomerado de pontos vermelhos, deste modo, sugere-se que para a delimitação da área de risco leve em consideração os itens supracitados no início do capítulo.

2.4.2 Geração dos polígonos de risco

Após selecionar visualmente os trechos mais críticos, inicia-se o desenho dos polígonos de risco na camada de polígonos criada para esse fim. Cada polígono deve englobar o leito do talvegue e uma faixa lateral de influência, de forma a representar a provável área atingida pelo fluxo de detritos em um evento extremo.

O desenho deve considerar:

- ☐ o traçado da drenagem;
- ☐ a distribuição dos pontos de maior declividade;
- ☐ a morfologia do vale (vales mais encaixados tendem a concentrar o fluxo em uma faixa mais estreita; vales mais abertos podem ter faixas de deposição mais largas).

É importante manter coerência entre a escala do mapa, a resolução do MDE utilizado e a largura atribuída aos polígonos. Em bacias pequenas, polígonos muito largos podem

superestimar a área de risco; em bacias muito amplas, polígonos estreitos podem subestimar a faixa efetivamente sujeita a depósitos.

Desenhar os polígonos de risco no QGIS

1. Na **Lista de Camadas**, selecione a camada *poligonos_risco*.
2. Clique com o botão direito sobre a camada e escolha **Alternar edição** (ícone do lápis) para habilitar a edição.
3. Na barra de ferramentas de **Digitalização**, selecione **Adicionar feição de polígono**.
4. No mapa, clique ao longo do talvegue, acompanhando o trecho de pontos de maior risco identificado na etapa anterior.
 - Contorne o leito e as margens, formando um polígono que represente a área de risco.
 - Feche o polígono clicando novamente sobre o primeiro ponto.
5. Ao concluir o desenho, será aberta uma janela para preenchimento dos atributos.
 - Preencha campos básicos, como um identificador único (por exemplo, ID_POLIGONO) e o código da bacia.
6. Clique em **OK** para salvar a feição.
7. Repita o procedimento para todos os trechos considerados críticos na bacia.
8. Ao final, clique novamente em **Alternar edição** e, em seguida, em **Salvar edições** para gravar as alterações.

Como as bacias geradas anteriormente estão na forma de arquivo raster é importante transformar o arquivo para o formato vetorial. Para isso é necessário seguir o seguinte comando: menu **Processamento** → **Caixa de ferramentas (Ctrl+Alt+T)**, busque a ferramenta **r.to.vect**. Posteriormente, selecione o arquivo referente ao raster da divisão das bacias e parâmetros necessários (Figura 15). Além disso, após o processamento para uma melhor organização, sugere-se que se enumere as bacias na tabela de atributos do arquivo (Figura 16).

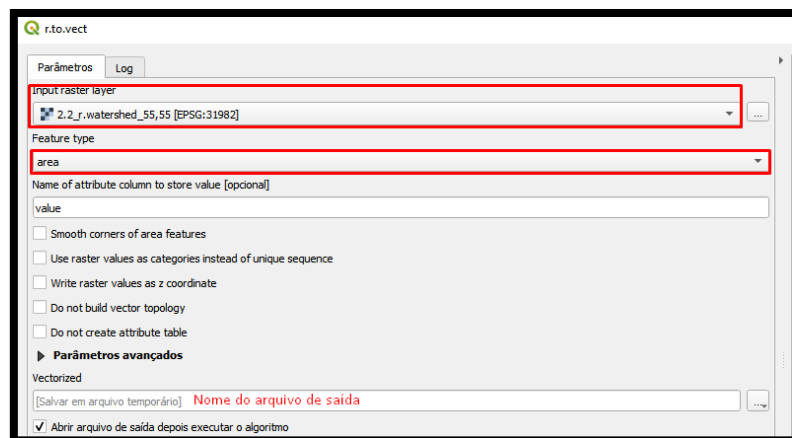


Figura 15: Ferramenta *r.to.vect*

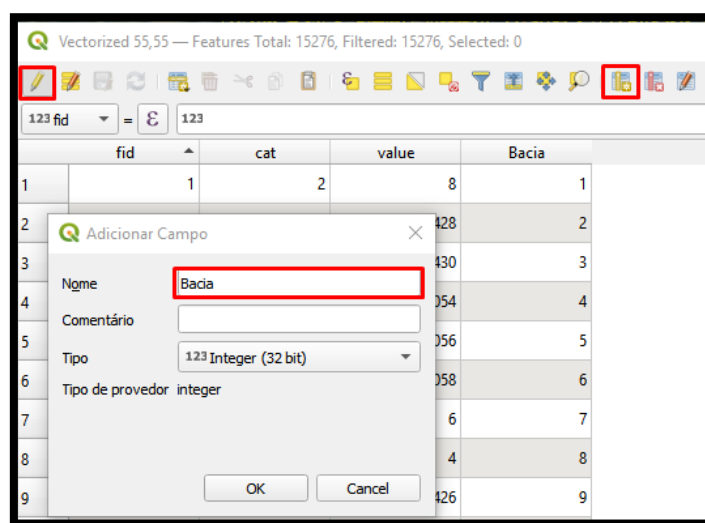


Figura 16: Preenchimento da tabela de atributos

Para enumerar a tabela de atributos da camada de bacias cria-se o campo “Bacia”, em seguida vá na calculadora de campo, marque a opção “atualiza um campo existente” e selecione o campo criado “Bacia” e por fim clique duas vezes na opção *row_number* e clique em “ok”.

Ao término da delimitação dos polígonos, é necessário realizar quatro procedimentos, na seguinte ordem: primeiro, executa-se a função **recortar**. A partir deste recorte, gera-se um **buffer** (amortecedor) de 50 metros (Figura 17), em seguida o buffer gerado é homogeneizado com a ferramenta **dissolve** e, por último, o polígono dissolvido (camada com uma única feição) é dividido (uma feição para cada polígono de risco) com a ferramenta **múltiplas partes para partes simples** (Figura 18).

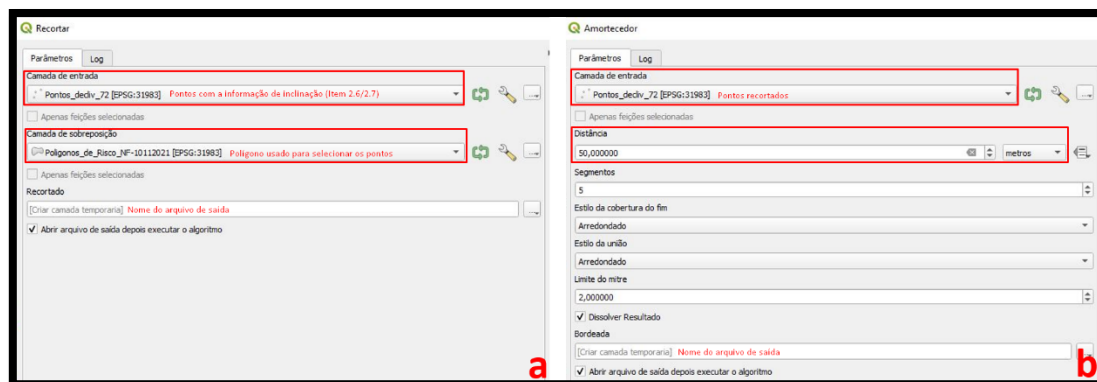


Figura 17: Seleção dos pontos e criação do buffer de 50m.

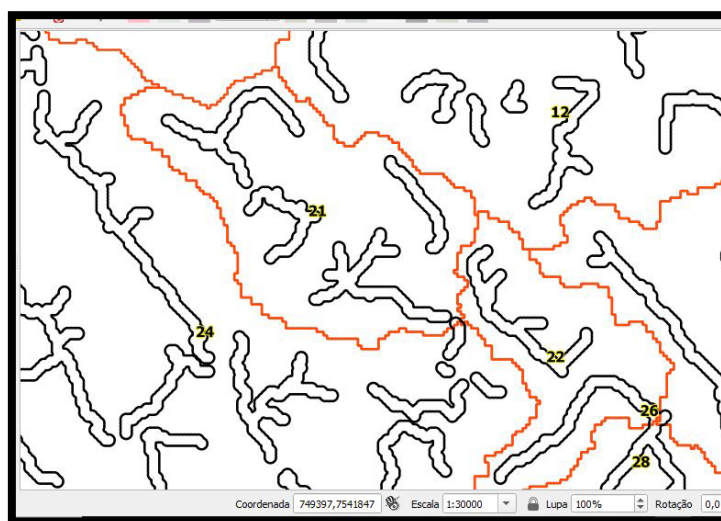


Figura 18: Buffer dissolvido representando áreas de risco a fluxo de detritos.

Em seguida verifique na tabela de atributos do arquivo gerado se o campo “id” está presente. Caso esteja ausente, ative a ferramenta de edição e crie o campo conforme indicado na figura 3.2.5.

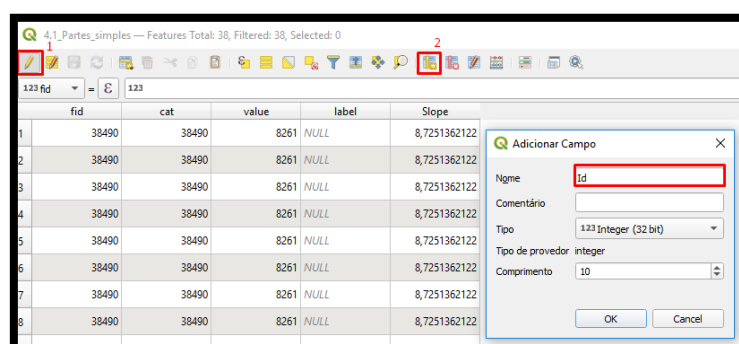


Figura 19: Etapas para a criação do campo “id”.

Nota-se que o campo “id” não apresenta dados, deste modo, é necessário abrir a calculadora de campo para atualizar o campo “id” utilizando o “row_number”. Após a atualização salve as alterações e observe que o campo “id” dispõem de uma numeração que vai de 1 até número o máximo de polígonos da camada (Figura 20).

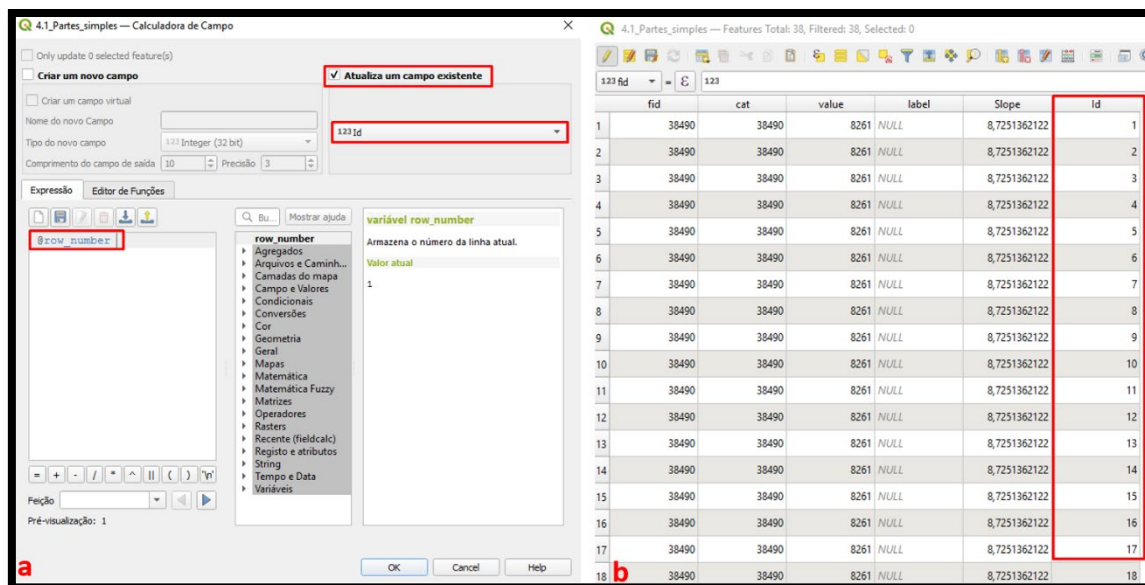


Figura 20: Atualização do campo “id” na tabela de atributos

A partir das áreas representadas pelo *buffer* de 50 metros dos pontos selecionados, segue-se para etapa de contabilização de domicílios, e demais informações disponíveis, nos polígonos de risco de fluxo de detritos.

2.5 Dimensionamento da população nas áreas de risco

Com a definição da camada de polígonos de áreas de potencial atingimento, o passo seguinte é estimar quantas pessoas podem estar expostas dentro de cada polígono. Nesta segunda edição do manual, essa estimativa utiliza o **Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE)**, produzido pelo IBGE.

O CNEFE registra endereços de domicílios e estabelecimentos, com informações que permitem identificar o tipo de uso (residencial, não residencial, misto, entre outros). A metodologia utiliza esses registros como unidade básica, contando quantos endereços estão contidos em cada polígono de risco, com foco especial nos domicílios, que representam a população residente.

Essa abordagem torna o processo mais transparente e simples. Em vez de trabalhar com setores censitários inteiros ou com estimativas indiretas baseadas em áreas urbanizadas, o técnico passa a utilizar diretamente o número de endereços dentro de cada polígono de risco, o que facilita tanto a execução quanto a atualização futura do estudo.

2.5.1 Obtenção e preparação da base geoespacial – Cadastro Nacional de Endereços

O primeiro passo é obter o CNEFE para o município de interesse, preferencialmente em formato compatível com o QGIS (por exemplo, arquivo CSV com coordenadas ou

camada vetorial georreferenciada). Em seguida, essa base deve ser organizada e conferida, garantindo que os endereços estejam posicionados corretamente no espaço e no mesmo sistema de referência das demais camadas do projeto.

Acesse os dados do Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos do IBGE aqui:

https://ftp.ibge.gov.br/Cadastro_Nacional_de_Enderecos_para_Fins_Estatisticos/

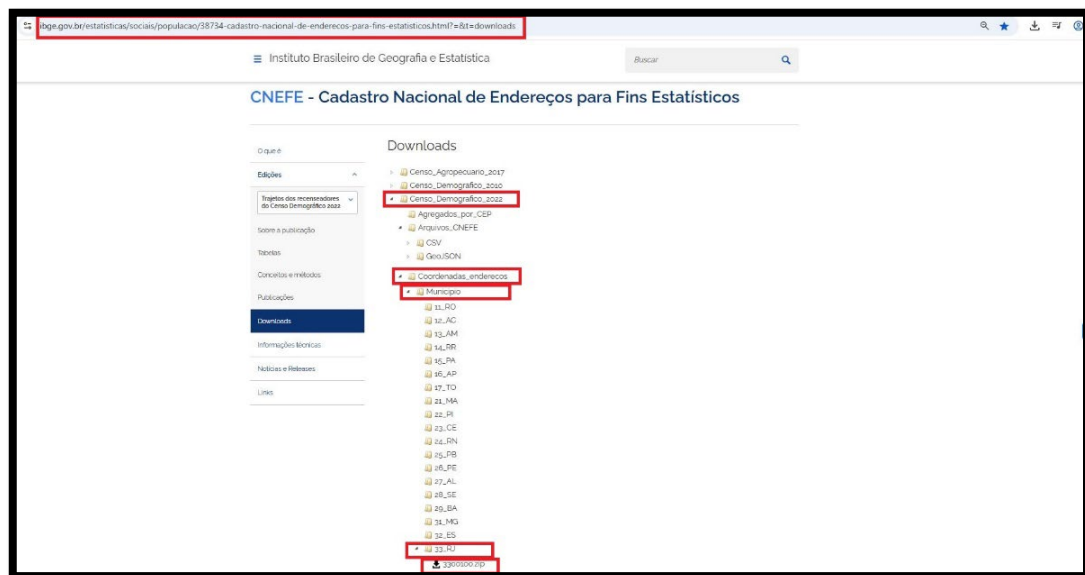


Figura 21: Download do arquivo georreferenciado do CNEFE

Caso o CNEFE seja obtido em formato tabular, será necessário verificar se há campos de coordenadas (latitude e longitude) e criar uma camada de pontos a partir dessas informações. Essa etapa é fundamental para que o cruzamento espacial com os polígonos de risco seja realizado com segurança.

Importar o CNEFE no QGIS

1. Obtenha a base do CNEFE para o município de interesse nos canais oficiais do IBGE.
2. Se o arquivo estiver em formato **CSV** com campos de coordenadas, salve o arquivo em uma pasta do projeto.
3. No QGIS, acesse **Camada → Adicionar Camada → Adicionar Camada de Texto Delimitado....**
4. Em **Nome do arquivo**, clique em ... e selecione o arquivo CSV do CNEFE.
5. Marque a opção **A camada contém geometria de ponto** e indique os campos de **X (longitude)** e **Y (latitude)**.
6. Verificar na seção **Amostra de Dados** se as informações estão sendo representadas de forma adequada. É importante ter atenção com os campos **Codificação** (UTF-8), **Formato de arquivo** (deve estar marcado o **Delimitador de expressão regular** e **Expressão** deve ser ;)
7. Escolha o SRC correspondente às coordenadas informadas (por exemplo, **SIRGAS 2000**).
8. Clique em **Adicionar**. A camada de pontos de endereços será exibida no mapa.
9. Se o CNEFE for fornecido diretamente como camada vetorial (por exemplo, GeoPackage ou shapefile), utilize **Camada → Adicionar Camada → Adicionar Camada Vetorial...** e carregue o arquivo normalmente.

2.5.2 Organização dos endereços quanto à sua tipologia

Depois de carregar o CNEFE, é necessário identificar quais registros representam **domicílios** e, quando relevante, outros tipos de uso (como estabelecimentos de serviço de saúde, educação ou comércio). A tipologia é utilizada para diferenciar população residente de outros tipos de ocupação, o que auxilia na interpretação dos resultados.

A base do CNEFE possui campos que indicam a espécie ou o tipo do endereço. A partir desses campos, o técnico pode filtrar domicílios, criar categorias de interesse e, se necessário, gerar camadas separadas para facilitar o cruzamento com os polígonos de risco.

Filtrar domicílios e outras tipologias no QGIS

1. Na **Lista de Camadas**, selecione a camada de pontos do CNEFE.
2. Clique com o botão direito sobre a camada e escolha **Abrir Tabela de Atributos**.
3. Localize o campo que indica a **espécie ou tipo de endereço** (por exemplo, um campo semelhante a COD_ESPECIE ou TIPO).
4. Clique no ícone **Selecionar feições usando uma expressão**.
5. Na janela de expressão, crie uma condição que selecione apenas os domicílios.
 - Exemplo genérico: "COD_ESPECIE" = 1 (ajuste o valor conforme a codificação específica do arquivo).
6. Clique em **Selecionar feições** para marcar os pontos que atendem ao critério.
7. Com os registros selecionados, clique com o botão direito sobre a camada do CNEFE e escolha **Exportar** → **Salvar feições selecionadas como....**
8. Dê um nome à nova camada, por exemplo cnefe_domicilios, e salve em formato GeoPackage ou outro formato vetorial de sua preferência.
9. Repita o procedimento, se necessário, para outros tipos de endereços relevantes (por exemplo, estabelecimentos de saúde ou educação).

VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	CATEGORIAS
COD_UF	Código da UF	
COD_MUN	Código do município	
COD_ESPECIE	Espécie de endereço	1=Domicílio particular 2=Domicílio coletivo 3=Estabelecimento agropecuário 4=Estabelecimento de ensino 5=Estabelecimento de saúde 6=Estabelecimento de outras finalidades 7=Edificação em construção 8=Estabelecimento religioso
LATITUDE	Latitude da Coordenada de Localização da Espécie do Endereço	
LONGITUDE	Longitude da Coordenada de Localização da Espécie do Endereço	
NV_GEO_COORD	Nível de geocodificação	1=Endereço - coordenada original do Censo 2022 2=Endereço - coordenada modificada (apartamentos em um mesmo número no logradouro*) 3=Endereço - coordenada estimada (endereços originalmente sem coordenadas ou coordenadas inválidas**) 4=Face de quadra 5=Localidade 6=Setor censitário

Cada registro representa uma espécie existente no endereço.

*O método utilizado para modificação de endereços de apartamentos em um mesmo número de logradouro está apresentado no documento metodológico da publicação.

**Os critérios de coordenadas inválidas estão apresentados no documento metodológico da publicação.

Figura 22: Dicionário de dados do Censo IBGE 2022

Após abrir a tabela de atributos da camada de pontos do CNEFE devem ser selecionadas as feições cuja coluna COD_ESPECIE corresponda aos valores 1 e 2.

Abra a tabela de atributos da camada de pontos do CNEFE, clique no ícone  e utilize a seguinte expressão:

"COD_ESPECIE" = 1 OR "COD_ESPECIE" = 2

Após a seleção das feições é necessário exportar o resultado (clique com o botão direito na camada → **Exportar** → **Guardar elementos selecionados como...**) e adicioná-lo ao projeto. Sugere-se que a nova camada seja nomeada como “domicilio”.

Em seguida o mesmo procedimento deve ser repetido para a camada a ser salva com o nome sugerido de “ensino”:

"COD_ESPECIE" = 4

E por último o mesmo procedimento deve ser repetido para a camada a ser salva com o nome sugerido de “saude”:

"COD_ESPECIE" = 5

2.5.3 Cruzamento espacial do CNEFE com as áreas de risco

Com os polígonos de risco e a camada de domicílios organizados, realiza-se o cruzamento espacial entre essas duas informações. O objetivo é contar quantos domicílios estão contidos em cada polígono de risco, obtendo, assim, um indicador direto de população potencialmente exposta.

O procedimento consiste em aplicar, no QGIS, uma ferramenta de contagem de pontos em polígono. O resultado é uma nova camada de polígonos de risco que possui, na sua tabela de atributos, um campo com o número de domicílios encontrados no interior de cada polígono. A partir desse número, e com base em parâmetros simples (como uma média de moradores por domicílio, quando utilizada), é possível estimar a população exposta em cada trecho.

Contar domicílios dentro de cada polígono de risco no QGIS

1. Certifique-se de que a camada poligonos_risco e a camada cnefe_domicilios estão visíveis no mapa e usam o mesmo SRC.
2. No menu principal, acesse **Vetores** → **Ferramentas de Análise** → **Contar pontos em polígonos....**
3. Em **Camada de polígonos de entrada**, selecione poligonos_risco.
4. Em **Camada de pontos de entrada**, selecione cnefe_domicilios.
5. Em **Nome do campo de contagem**, defina um nome como N_DOMIC.
6. Escolha um local e um nome para salvar a **camada de saída** (por exemplo, poligonos_risco_pop.gpkg).
7. Clique em **Executar**.
8. Ao término do processamento, abra a **Tabela de Atributos** da nova camada e verifique se o campo N_DOMIC foi criado com as contagens de domicílios.
9. Essa camada será a base para as etapas de priorização dos polígonos de risco.

Em seguida o mesmo procedimento deve ser repetido com a camada de “ensino” e depois de “saúde”. Sugere-se que o **Nome do campo de contagem** seja o mesmo nome utilizado para as camadas.

fid	cat	value	label	Rasterstop	DOM_IBGE	Num_dom_1	Num_Edu	Num_Saude
1	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	526,000000000000000	459,000000000000000	1,000000000000000
2	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	519,000000000000000	433,000000000000000	5,000000000000000
3	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	457,000000000000000	426,000000000000000	0
4	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	392,000000000000000	357,000000000000000	1,000000000000000
5	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	415,000000000000000	357,000000000000000	0
6	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	346,000000000000000	333,000000000000000	0
7	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	322,000000000000000	316,000000000000000	0
8	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	334,000000000000000	296,000000000000000	0
9	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	310,000000000000000	289,000000000000000	0
10	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	323,000000000000000	273,000000000000000	0
11	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	303,000000000000000	268,000000000000000	0
12	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	318,000000000000000	239,000000000000000	4,000000000000000
13	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	263,000000000000000	234,000000000000000	0
14	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	279,000000000000000	227,000000000000000	0
15	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	241,000000000000000	213,000000000000000	1,000000000000000
16	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	233,000000000000000	176,000000000000000	13,000000000000000
17	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	258,000000000000000	185,000000000000000	0
18	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	199,000000000000000	181,000000000000000	0
19	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	241,000000000000000	171,000000000000000	1,000000000000000
20	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	184,000000000000000	172,000000000000000	0
21	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	190,000000000000000	169,000000000000000	0
22	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	173,000000000000000	166,000000000000000	0
23	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	179,000000000000000	165,000000000000000	0
24	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	178,000000000000000	162,000000000000000	0
25	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	184,000000000000000	156,000000000000000	0
26	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	176,000000000000000	154,000000000000000	0
27	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	157,000000000000000	142,000000000000000	0
28	2	2	1739	N.L.L.	4,619866850000000	146,000000000000000	122,000000000000000	3,000000000000000

Figura 23: Tabela de atributos do polígono de risco.

Caso a camada final do polígono de risco com as informações de contagem dos alvos tenha sido criada como “camada temporária”, sugere-se que ela seja exportada para que fique salva e não seja perdida após o fechamento do projeto.

2.6 Priorização dos polígonos de risco

A etapa de priorização tem como objetivo **ordenar os polígonos de risco** segundo a sua importância relativa. Isso permite indicar, de forma clara, **quais trechos de talvegue devem ser priorizados** para estudos mais detalhados.

A priorização se baseia nos resultados obtidos nas etapas anteriores:

- ☐ o **número de domicílios** expostos em cada polígono;
- ☐ a presença de **equipamentos de saúde e de educação**;
- ☐ outros alvos de interesse do município que forem incorporados à base (por exemplo, pontes, vias estruturais ou edificações estratégicas).

Nesta fase, todos os cálculos são feitos na **tabela de atributos** da camada final de polígonos de risco, que já deve conter a contagem de domicílios e, se for o caso, de outros alvos. Para facilitar a organização, recomenda-se criar campos específicos para armazenar

o resultado de cada método de priorização, o que permite comparar os métodos e escolher aquele que melhor atende à realidade local.

Criar campos para os métodos de priorização no QGIS

1. No QGIS, clique com o botão direito na camada final de polígonos de risco (por exemplo, poligonos_risco_pop) e selecione **Abrir Tabela de Atributos**.
2. Na tabela de atributos, clique no ícone **Alternar edição** (lápiz).
3. Clique em **Novo campo**.
4. Crie, pelo menos, quatro campos do tipo **Número decimal (real)** com tamanho e precisão adequados (por exemplo, tamanho 20, precisão 4), com os seguintes nomes sugeridos:
 - Somatorio
 - Ponderacao
 - Normalizac
 - Desvio
5. Confirme a criação de cada campo.
6. Ao final, clique novamente em **Alternar edição** e **Salvar edições**.

2.6.1 Métodos de Priorização

Os métodos de priorização apresentados nesta metodologia são quatro:

1. **Somatório simples**
2. **Ponderação**
3. **Normalização**
4. **Soma do desvio**

Todos são métodos transparentes, com operações matemáticas simples. A ideia é que o agente de Proteção e Defesa Civil consiga aplicar e revisar os cálculos sem necessidade de softwares estatísticos avançados. Nada impede que o município adapte os pesos e os parâmetros.

A seguir, descrevem-se os quatro métodos, com as fórmulas já adaptadas para a **Calculadora de Campo** do QGIS.

2.6.1.1 Método 1: Somatório simples

O **somatório simples** corresponde à soma direta dos elementos de interesse em cada polígono de risco. Em sua forma básica, soma-se o número de domicílios e, se estiverem disponíveis, o número de equipamentos de saúde e de educação e outros alvos relevantes. Quanto maior o somatório, maior a prioridade daquele polígono.

Supondo que a camada de polígonos possua os seguintes campos numéricos:

- ☐ "domicilio" – número de domicílios no polígono;
- ☐ "saude" – número de equipamentos de saúde;
- ☐ "ensino" – número de equipamentos de educação;
- ☐ "outros" – número de outros alvos de interesse (se não houver, este termo pode ser retirado da expressão).

Somatório simples

1. Abra a **Tabela de Atributos** da camada poligonos_risco_pop.
2. Clique em **Alternar edição**.
3. Clique no ícone **Calculadora de Campo**.
4. Na janela da calculadora, marque a opção **Atualizar campo existente**.
5. Selecione o campo Somatorio.
6. No quadro de expressão, digite, por exemplo:

"domicilio" + "ensino" + "saude" + "outros"

Caso não exista o campo "outros", utilize apenas:

"domicilio" + "ensino" + "saude"

7. Clique em **OK**. Os valores do campo Somatorio serão atualizados.
8. Clique em **Salvar edições** e, depois, em **Alternar edição** para encerrar a edição.

2.6.1.2 Método 2: Ponderação

O **método de ponderação** considera que alguns alvos são mais relevantes que outros. Por exemplo, domicílios costumam ser mais importantes que outros tipos de construções, e estabelecimentos de saúde podem ter peso maior que estabelecimentos educacionais, a depender da realidade local.

Nesse método, atribui-se um **peso** a cada tipo de alvo. Um exemplo de pesos (que pode ser adaptado pelo município) é:

- ☐ domicílios: peso 1;
- ☐ equipamentos de educação: peso 50;
- ☐ equipamentos de saúde: peso 100;
- ☐ outros: peso 20.

Ponderação

1. Abra a **Tabela de Atributos** da camada poligonos_risco_pop.
2. Clique em **Alternar edição**.
3. Abra a **Calculadora de Campo**.
4. Marque **Atualizar campo existente** e selecione o campo Ponderacao.
5. No quadro de expressão, digite:

"domicilio" + 50* "ensino" + 100* "saude" + 20* "outros"

Se não existir o campo "outros", retire este termo da expressão.

6. Clique em **OK**.
7. Salve as edições.

Os pesos são exemplificativos, podendo variar de acordo com a situação concreta.

2.6.1.3 Método 3: Normalização

O objetivo da normalização é atribuir aos dados anteriormente trabalhados valores de 0 a 10, sem distorcer as diferenças nos intervalos de valores nem perder informações obtidas até o momento.

Os pesos abaixo foram utilizados como exemplo e não são fixos. Esses valores podem variar de acordo com a avaliação de cada município. Além disso, a administração local pode adicionar outros elementos a esta equação:

Soma normalizada (NS): $4*N_{\text{domicilios}} + 3*N_{\text{saude}} + 2*N_{\text{ensino}} + 1*N_{\text{outros}}$

Esses são números normalizados calculados a partir de $Xn = \left(\frac{Xi - Xmin}{Xmax - Xmin} \right)$, onde: Xi é o valor correspondente a primeira área de perigo; Xmin é o menor valor dentro de todas as áreas de perigo; e Xmax é o maior valor de todas as áreas de perigo.

A expressão a ser utilizada na calculadora de campo:

$4*((\text{"domicilio"} - \text{minimum}(\text{"domicilio"}))/(\text{maximum}(\text{"domicilio"}) - \text{minimum}(\text{"domicilio"})))$
 $+ 3*((\text{"saude"} - \text{minimum}(\text{"saude"}))/(\text{maximum}(\text{"saude"}) - \text{minimum}(\text{"saude"}))) + 2*((\text{"ensino"} -$
 $\text{minimum}(\text{"ensino"}))/(\text{maximum}(\text{"ensino"}) - \text{minimum}(\text{"ensino"}))) + 1*((\text{"outros"} -$
 $\text{minimum}(\text{"outros"}))/(\text{maximum}(\text{"outros"}) - \text{minimum}(\text{"outros"})))$

2.6.1.4 Método 4: Soma do desvio

A soma dos desvios é realizada para observar a uniformidade dos dados. Para se obter a soma do desvio, segundo a metodologia do Japão, deve ser utilizada a seguinte equação:

$$SD = D_domicilio + D_saude + D_ensino + D_outros$$

$$Xd = \left(\frac{10 \cdot (Xi - \mu x)}{\sigma x} \right) + 50, \text{ onde:}$$

Xi corresponde ao valor da primeira área de perigo;

μx é o valor médio; e

σx é o desvio padrão para todas as áreas de perigo.

A expressão a ser utilizada na calculadora de campo:

```
((10* "domicilio" - mean ("domicilio"))/(stdev("domicilio"))+ 50 +((10*"saude"-
mean("saude"))/(stdev("saude")))+ 50 + (10*"ensino"-mean("ensino"))/(stdev ("ensino"))) +
50 + ((10*"outros"-mean("outros"))/(stdev ("outros"))) + 50
```

2.6.2 Análise comparativa e seleção do método mais adequado

Após calcular os quatro índices (Somatorio, Ponderacao, Normalizac e Desvio), o técnico dispõe de **quatro listas de priorização** possíveis para os mesmos polígonos de risco. Cada método produz uma ordenação ligeiramente distinta, pois enfatiza aspectos diferentes dos dados.

O procedimento recomendado é:

1. **Ordenar a tabela** por cada campo de método, em separado, da maior pontuação para a menor.
2. **Comparar as primeiras posições** de cada lista, verificando quais polígonos aparecem com alta prioridade em mais de um método.
3. **Registrar essas convergências**, pois elas podem indicar trechos que, independentemente do método, tendem a ser considerados mais importantes.
4. **Discutir os resultados com a equipe técnica e com a gestão municipal**, apresentando mapas temáticos com a classificação de prioridade para facilitar a interpretação.

No QGIS, a ordenação pode ser feita diretamente na tabela de atributos:

Ordenar a tabela de atributos por um índice de prioridade

1. Abra a **Tabela de Atributos** da camada poligonos_risco_pop.
2. Clique no cabeçalho do campo que deseja usar para ordenar (por exemplo, Desvio).
3. Selecione a opção **Classificar em ordem decrescente**.
4. Observe os primeiros registros da lista e anote os identificadores dos polígonos (por exemplo, ID_POLIGONO).
5. Repita o procedimento para os campos Somatorio, Ponderacao e Normalizac.

A escolha do **método principal** de priorização deve considerar a adequação aos objetivos do município (por exemplo, dar mais peso à população residente ou a infraestruturas críticas). Os métodos apresentados são apenas exemplos e o município pode fazer ajustes ou definir métodos alternativos.

3. SUBSÍDIOS PARA GESTÃO E TOMADA DE DECISÃO

As etapas descritas até aqui produzem uma **lista de polígonos de risco priorizados**, associada a um conjunto de mapas e tabelas que podem apoiar a tomada de decisão no nível municipal, estadual ou federal. Essa lista não define, por si só, **onde a barreira SABO deve ser instalada**. Ela indica, porém, quais trechos de talvegue merecem atenção especial na fase seguinte de estudos detalhados e de planejamento de intervenções estruturais e não estruturais.

A decisão final sobre o local de implantação de uma barreira, a escolha do tipo de obra e a definição da solução mais adequada exigem estudos complementares, como investigações geotécnicas, modelagem hidrológica e hidráulica, análise de estabilidade de encostas e vistorias de campo realizadas por equipes especializadas.

3.1 Critérios para seleção dos trechos prioritários

A metodologia apresentada tem como propósito oferecer **subsídios iniciais** para a gestão do risco de fluxos de detritos. Ela organiza informações disponíveis em bases públicas e em registros locais, produzindo um **retrato sistematizado das áreas mais críticas**. A partir dessa base, cabe ao município e aos demais órgãos envolvidos definir quais trechos serão objeto de estudos complementares e de projetos de intervenção.

Entre os critérios que podem ser considerados para a seleção dos trechos prioritários, destacam-se:

- ☐ **Número de domicílios expostos** e, sempre que possível, estimativas da população residente;

- ❑ **Presença de equipamentos sensíveis**, como escolas, hospitais, unidades básicas de saúde, postos de atendimento e abrigos temporários;
- ❑ **Histórico de ocorrências** registrado em boletins da Defesa Civil, em bancos de dados estaduais e federais ou em relatos da população;
- ❑ **Condições de acesso** para equipes de resposta e para equipamentos de obras, considerando estradas, pontes e limitações físicas;
- ❑ **Situação fundiária e uso do solo**, incluindo ocupações irregulares, áreas de preservação permanente, áreas públicas e privadas;
- ❑ **Tendência de expansão urbana** e de adensamento populacional, com base em planos diretores, leis de uso e ocupação do solo e projetos de infraestrutura em curso.


É recomendável que o município estabeleça um **grupo de trabalho** ou uma **comissão** responsável por analisar os resultados da priorização. Esse grupo pode incluir representantes da Defesa Civil, das secretarias de Planejamento, Obras, Meio Ambiente, Habitação, Saúde, Educação e, quando possível, de órgãos estaduais e federais que atuam na região. A participação de universidades e de instituições de pesquisa também é desejável, especialmente em municípios com maior complexidade de risco.

3.2 Aplicação dos Resultados no Planejamento de Risco

É importante reforçar que a metodologia de mapeamento simplificado apresentada neste manual é um **ponto de partida**, e não um ponto de chegada. Ela permite identificar, com relativa rapidez e baixo custo, os trechos de talvegue com maior potencial para a ocorrência de fluxos de detritos e para a exposição de pessoas e bens.

Os próximos passos incluem:

- ❑ realizar **vistorias de campo** nos trechos priorizados, registrando fotografias, croquis, perfis de encosta e informações sobre o uso do solo e a ocupação das margens dos cursos d'água;
- ❑ promover **reuniões com a comunidade local**, para coletar informações sobre eventos passados, sinais prévios de instabilidade (rachaduras, tombamento de árvores, surgimento de nascentes) e rotas de fuga tradicionais;
- ❑ articular-se com instituições especializadas, como universidades, o Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM), órgãos estaduais de recursos hídricos, agências reguladoras e empresas de saneamento, para aprofundar os estudos de perigo e de risco;
- ❑ utilizar os resultados do mapeamento para **alimentar planos municipais** de redução de risco de desastre, planos diretores, planos de drenagem urbana e outros instrumentos de planejamento;
- ❑ buscar, junto aos órgãos estaduais e federais competentes, apoio técnico e financeiro para a elaboração de projetos executivos de obras de contenção e de



proteção, incluindo as barreiras SABO quando recomendadas pelos estudos específicos.

Por fim, é fundamental destacar que o mapeamento simplificado **não substitui** estudos técnicos detalhados, laudos geológicos e geotécnicos ou projetos de engenharia. Ele serve como instrumento de apoio à tomada de decisão, ajudando a **priorizar esforços** e a direcionar recursos limitados para as áreas que, com base nas informações disponíveis, apresentam maior probabilidade de danos em caso de fluxos de detritos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este manual apresentou uma metodologia de mapeamento simplificado para identificação preliminar e priorização de talvegues suscetíveis a fluxos de detritos, com foco em apoiar a tomada de decisão das Defesas Cíveis municipais. Desde a introdução, o objetivo foi aproximar as geotecnologias da prática cotidiana, oferecendo um roteiro passo a passo, claro e reproduzível, em conformidade com a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. A sequência de etapas proposta — da definição da área de interesse à priorização dos polígonos de risco — constrói um fio condutor entre a apresentação do problema e a geração de produtos concretos para a gestão de risco.

A metodologia integra diferentes insumos: limites municipais e bacias hidrográficas, Modelos Digitais de Elevação ou de Terreno (como o ALOS World 3D), extração da rede de drenagem, identificação de talvegues, delimitação de polígonos de risco e dimensionamento da população exposta a partir do Cadastro Nacional de Endereços. O uso do QGIS, preferencialmente em sua versão de Suporte a Longo Prazo (LTR), e de dados públicos e gratuitos reduz barreiras de entrada, permitindo que mesmo municípios com equipes reduzidas e poucos recursos iniciem a sistematização de suas áreas prioritárias. Os mapas e tabelas gerados podem ser incorporados a planos de contingência, planos municipais de redução de risco e instrumentos de ordenamento territorial.

Ao mesmo tempo, é essencial reconhecer que se trata de um mapeamento simplificado, baseado em dados secundários e em modelos com resolução compatível com a escala municipal, mas que não substituem estudos de detalhe nem vistorias de campo. A qualidade do MDE, as generalizações inerentes à resolução utilizada, as escolhas de parâmetros e limiares e a ausência de investigações geotécnicas específicas limitam o grau de precisão dos resultados. Assim, os produtos gerados não devem ser interpretados como mapas oficiais de perigo ou laudos conclusivos para definição de obras, e sim como indicativos de trechos que merecem ser estudados com maior profundidade.

Dessa forma, os resultados deste manual devem ser entendidos como um ponto de partida organizado para processos mais amplos de gestão de risco. A partir da identificação e da priorização dos talvegues e polígonos de risco, cabe aos gestores e equipes técnicas direcionar vistorias, articular parcerias com instituições especializadas, refinar critérios, atualizar dados e envolver a população na discussão das prioridades. A principal contribuição da metodologia é justamente servir de ponte entre o conhecimento técnico acumulado e a realidade concreta dos municípios, oferecendo um instrumento simples, transparente e adaptável para orientar ações em favor da proteção da vida, do patrimônio e do território.

REFERÊNCIAS

Referências Bibliográficas

- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB). **Volume 1 – Manual Técnico para Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa**. Projeto GIDES. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2018. Disponível em: https://www.jica.go.jp/portuguese/overseas/brazil/publications/_icsFiles/afieldfile/2025/03/21/volume1.pdf
- CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS (CEMADEN). **Volume 2 – Manual Técnico para Elaboração, Transmissão e Uso de Alertas de Risco de Movimento de Massa**. Projeto GIDES. São José dos Campos: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2018. Disponível em: https://www.jica.go.jp/portuguese/overseas/brazil/publications/_icsFiles/afieldfile/2025/03/21/volume2.pdf
- BRASIL. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. **Volume 3 – Manual Técnico para Planos de Contingência para Desastres de Movimento de Massa**. Projeto GIDES. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2018. Disponível em: https://www.jica.go.jp/portuguese/overseas/brazil/publications/_icsFiles/afieldfile/2025/03/21/volume3.pdf
- BRASIL. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. **Volume 4 – Manual Técnico para Intervenções Estruturais para Fluxo de Detritos**. Projeto SABO/GIDES. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2018. Disponível em: https://www.jica.go.jp/portuguese/overseas/brazil/publications/_icsFiles/afieldfile/2025/03/21/volume4.pdf
- BRASIL. Secretaria Nacional de Desenvolvimento Urbano. **Volume 5 – Manual Técnico para Plano de Intervenção de Ruptura de Encosta**. Projeto GIDES. Brasília: Ministério das Cidades, 2018. Disponível em <https://www.defesacivil.se.gov.br/wp-content/uploads/2019/05/Manual-Ruptura-de-Encostas.pdf>
- BRASIL. Secretaria Nacional de Desenvolvimento Urbano. **Volume 6 – Manual Técnico para Redução de Riscos de Desastres Aplicado ao Planejamento Urbano – Movimento de Massa**. Projeto GIDES. Brasília: Ministério das Cidades, 2018. Disponível em: https://www.jica.go.jp/portuguese/overseas/brazil/publications/_icsFiles/afieldfile/2025/03/21/volume6.pdf
- SILVA JÚNIOR, Juarez Antônio da; SILVA JÚNIOR, Ubiratan Joaquim da; PACHECO, Admilson da Penha; SANTOS, Alan Gabriel Araújo dos. **Análise de acurácia altimétrica para dados ALOS PALSAR e ASTER GDEM para o município do Recife-PE**. Revista Brasileira de Geomática, Curitiba, v. 10, n. 2, p. 117-139, abr./jun. 2022. DOI: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>

Referências Geoespaciais

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Bacias Hidrográficas Ottocodificadas – Níveis Otto 1 a 7**. [recurso digital geoespacial]. Brasília: ANA; INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais, 2021. Disponível em: <https://metadados.inde.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/b228d007-6d68-46e5-b30d-a1e191b2b21f> . Acesso em: 25 nov. 2025.

JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY (JAXA). ALOS World 3D – **ALOS Global Digital Surface Model (AW3D30)**. Recurso digital. Disponível em: https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/dataset/aw3d30/aw3d30_e.htm . Acesso em: 25 nov. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **TOPODATA – Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**. São José dos Campos: INPE, [s.d.]. Recurso digital. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/> . Acesso em: 25 nov. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos – CNEFE. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Recurso digital. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/38734-cadastro-nacional-de-enderecos-para-fins-estatisticos.html?=&t=downloads> . Acesso em: 25 nov. 2025.

APÊNDICE

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

