

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

CARTOGRAFIA DE RISCO GEOLÓGICO

ATUALIZAÇÃO DE MAPEAMENTO

MANAUS – AM

REALIZAÇÃO

**DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL
DIVISÃO DE GEOLOGIA APLICADA**

2025

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretária de Geologia, Mineração e Transformação Mineral Adjunta

Lília Mascarenhas Sant'Agostino

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Sabrina Soares de Araújo Gois

Diretor de Administração e Finanças

Rodrigo de Melo Teixeira

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues A. da Silva

Chefe da Divisão de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE MANAUS

Superintendente

Jussara Socorro Cury Maciel

Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Andre Martinelli Santos

Supervisor de Hidrogeologia e Gestão Territorial

Elton Rodrigo Andretta

Execução

Anselmo de Carvalho Pedrazzi

Antonio Gilmar Honorato de Souza

Denilson de Jesus

Elton Rodrigo Andretta

José Luiz Marmos

Julio Cesar Lana

Lucas Balsini Garcindo

Marco Antonio de Oliveira

Rene Luzardo

Estagiários

Giordano Bruno dos Santos Marquetti

Janaína Correa Mendonça Muniz

PREFEITURA MUNICIPAL DE MANAUS

Prefeito Municipal de Manaus

David Antônio Abisai Pereira de Almeida

Secretário Municipal de Segurança Pública e Defesa Social (SEMSEG)

Alberto de Siqueira Santos Barbosa Neto

Secretário Executivo de Proteção e Defesa Civil (SEPDEC)

TC PM Agnelo Batista de Lima Júnior

Diretor do Departamento de Operações (DOP)

José da Silva Mendes

Gerente de Mapeamento e Georreferenciamento (GEMAG)

Antonia Josilene Andreola de Paula

Equipe de campo

Anderson Cavalcante Souza dos Santos

Antonia Josilene Andreola de Paula

Eraldo Martins de Oliveira

Igo Renato de Souza Pereira

Jorge de Souza Parente

Renilson Marques da Silva

Rubens Gomes da Silva

Sidnei de Souza Breves

Sivanildo Teixeira de Souza

Walckmar Barbosa da Silva

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

CARTOGRAFIA DE RISCO GEOLÓGICO

ATUALIZAÇÃO DE MAPEAMENTO

Manaus – AM



Manaus
2025

Serviço Geológico do Brasil (SGB)
www.sgb.gov.br
seus@sgb.gov.br

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil (SGB)
Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte

APRESENTAÇÃO

As ações promovidas pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), no âmbito do Departamento de Gestão Territorial (DEGET), envolvem a coordenação, supervisão e execução de estudos do meio físico voltados à conservação ambiental, ordenamento territorial e prevenção de desastres.

Neste contexto, a Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP) tem papel fundamental na condução de estudos, projetos e programas, cujo foco principal é produzir instrumentos técnicos capazes de subsidiar os gestores públicos na formulação, aprimoramento e execução de políticas direcionadas à mitigação dos danos causados por eventos adversos de natureza geológica, como deslizamentos, quedas de blocos de rocha, erosões, inundações, dentre outros.

As atividades desenvolvidas pelo DEGET e pela DIGEAP incluem, ainda, ações de fomento à disseminação do conhecimento geocientífico, por meio da promoção de cursos de capacitação voltados aos agentes públicos e à sociedade em geral.

Assim, com esse espírito de inovação e com a responsabilidade de fomentar a ocupação segura e sustentável do território, o SGB-CPRM espera que as informações contidas no presente relatório possam ser empregadas em prol do bem-estar da sociedade brasileira.

Inácio Melo

Diretor-Presidente

Alice Silva de Castilho

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

RESUMO

Este documento apresenta os resultados da atualização do mapeamento de áreas de risco geológico e hidrológico executado no município de Manaus/AM, cujos trabalhos de campo transcorreram entre os meses de junho de 2024 a abril de 2025. Durante os levantamentos de campo foram identificadas 362 áreas de risco alto e 76 áreas de risco muito alto, associadas aos processos de inundação, alagamento, enxurrada, erosão, deslizamentos e erosão fluvial. Com relação ao mapeamento anterior, realizado em 2019, os resultados atuais mostram que houve uma redução em relação ao número de setores de risco geológico no município, porém houve um incremento no número de domicílios e no tamanho dos setores mapeados, o que se deve principalmente à modificação na metodologia utilizada. No ano de 2019 foram mapeadas também áreas consideradas de nível médio de risco (R2); já no trabalho aqui apresentado, as equipes cartografaram somente as áreas com risco alto (R3) e muito alto (R4), sendo que outra alteração foi na qualidade do produto e utilização de novas tecnologias, com imagens de melhor resolução e levantamentos por drones, acarretando no agrupamento de áreas contíguas, mesmo com tipologias diferentes. Os dados de chuvas mensais acumuladas, em comparação com as ocorrências cadastradas pela Defesa Civil Municipal, indicam que os meses mais chuvosos (janeiro a abril) são onde se concentra a maior parte dos registros. Todas as zonas administrativas da cidade possuem setores de risco, entretanto as zonas leste e norte se destacam pelo grande número de setores registrados e número de domicílios em área de risco. Alguns setores mapeados em 2019 foram mitigados pelo poder público nesses últimos anos, por intervenções estruturais e não-estruturais, mas o crescimento urbano desordenado contínuo, com a ocupação de áreas impróprias para habitação, e a falta de infraestrutura e novas obras de mitigação e contenção de encostas, acarretaram no surgimento de novos setores de risco ou agravamento de situações anteriormente apontadas.

Palavras-chave: risco geológico; prevenção de desastres; ordenamento territorial.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	2
2. OBJETIVOS.....	4
3. APLICABILIDADES E LIMITAÇÕES DE USO	5
4. METODOLOGIA	6
5. CONDICIONANTES FÍSICO-AMBIENTAIS.....	10
6. RESULTADOS	17
7. SUGESTÕES	5
8. CONCLUSÕES	6
CONTATO MUNICIPAL	7
REFERÊNCIAS	8

1. INTRODUÇÃO

De acordo com dados disponibilizados pelo Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD)¹, no Brasil, milhares de pessoas são afetadas anualmente por desastres provocados por eventos adversos de natureza geológica, como deslizamentos de terra, fluxo de detritos, queda de blocos de rocha, enxurradas, inundações e processos erosivos, dentre outros.

Em grande parte, os efeitos desses desastres poderiam ser mitigados, ou mesmo evitados, por ações preventivas, tais como a implementação de políticas públicas de ordenamento territorial e a instalação de sistemas de monitoramento e alerta de chuvas intensas. Ocorre que, de maneira geral, as práticas de prevenção de desastres se embasam no conhecimento prévio da localização e características das áreas de risco geológico, fato este que configura a principal motivação do presente trabalho.

Diante do cenário exposto, e procurando atender às diretrizes da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - Lei 12.608/2012 (BRASIL, 2012), desde 2012 o Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) tem contribuído para a efetividade do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil, por meio da elaboração de instrumentos cartográficos destinados a subsidiar as boas práticas de ocupação do território e de prevenção de desastres.

Nos municípios brasileiros, as áreas de risco geológico normalmente derivam de fatores antropogênicos, como as ocupações desordenadas do território, em locais naturalmente impróprios as essas ocupações, e execução de intervenções inadequadas, como escavações e aterros. Esta característica faz com que os mapeamentos de áreas de risco geológico precisem ser frequentemente atualizados.

A primeira avaliação das áreas de risco geológico executada pelo SGB-CPRM no município de Manaus ocorreu em 2001, em trabalho desenvolvido por demanda do Ministério Público do Estado do Amazonas e da Prefeitura Municipal de Manaus, que culminou com o documento intitulado *“Relatório final da comissão técnica para identificação das edificações em risco de desabamento da orla de Manaus-AM”* (CPRM, 2001).

Entre os anos de 2011 e 2012, por meio de convênio com a então Subsecretaria de Defesa Civil Municipal, o SGB-CPRM executou o projeto “Mapeamento das Áreas de Risco Geológico da Zona Urbana de Manaus (AM)” (Andretta et al., 2012). O estudo forneceu um diagnóstico detalhado das situações de risco que ameaçavam edificações e a população, identificando as áreas prioritárias para a implementação de ações de gerenciamento, mitigação, monitoramento e resposta aos eventos de risco geológico e hidrológico setorizados

Tendo como referência o mapeamento realizado em 2012, foram iniciados, em meados de 2018, os levantamentos de campo para atualização dos setores de risco, realizada paralelamente à elaboração da “Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização da Zona de Expansão Urbana de Manaus” (CPRM, 2019). Ambos os trabalhos foram concluídos e tiveram seus relatórios e mapas publicados no final do ano de 2019. Nesse estudo de atualização, além das áreas previamente indicadas pela Defesa Civil e os setores mapeados em 2012, foram realizadas vistorias em encostas com declividade superior a 11 graus e em áreas de fundo de vale, essas áreas foram

¹ Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/>

definidas utilizando SIG, com apoio de modelo digital de elevação e curvas de nível, ampliando a cobertura e a precisão do diagnóstico de risco geológico e hidrológico no município.

Neste contexto, o presente relatório apresenta os resultados da atualização da cartografia das áreas de risco geológico previamente mapeadas na cidade de Manaus, incorporando melhorias nos equipamentos e nas metodologias aplicadas. A atualização concentrou-se prioritariamente nas áreas classificadas como de risco alto e muito alto, sendo que aquelas de risco médio foram vistoriadas para avaliar se houve, desde 2019, incremento em seu grau de risco.

Os trabalhos de campo foram executados por pesquisadores do Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), com o apoio técnico e logístico da Defesa Civil do município de Manaus, no período de junho de 2024 a abril de 2025 (Quadro 1).

Quadro 1 – Profissionais do SGB-CPRM e da Defesa Civil de Manaus que participaram dos levantamentos de campo.

Nome completo	Cargo ou função	Instituição
Anselmo de Carvalho Pedrazzi	Pesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil (CPRM)
Antonio Gilmar Honorato de Souza	Pesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil (CPRM)
Denilson de Jesus	Analista em Geociências	Serviço Geológico do Brasil (CPRM)
Elton Rodrigo Andretta	Pesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil (CPRM)
José Luiz Marmos	Pesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil (CPRM)
Julio Cesar Lana	Pesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil (CPRM)
Lucas Balsini Garcindo	Pesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil (CPRM)
Marco Antonio de Oliveira	Pesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil (CPRM)
Rene Luzardo	Pesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil (CPRM)
Antonia Josilene Andreola de Paula	Gerente de Mapeamento e Georreferenciamento	Prefeitura Municipal de Manaus
Igo Renato de Souza Pereira	Gerente de Análise e Fiscalização de Área de Risco	Prefeitura Municipal de Manaus
Eraldo Martins de Oliveira	Assistente Técnico	Prefeitura Municipal de Manaus
Sidnei de Souza Breves	Assistente Técnico	Prefeitura Municipal de Manaus

Jorge de Souza Parente	Assistente Técnico	Prefeitura Municipal de Manaus
Anderson Cavalcante Souza dos Santos	Agente de Campo	Prefeitura Municipal de Manaus
Rubens Gomes da Silva	Agente de Campo	Prefeitura Municipal de Manaus
Renilson Marques da Silva	Agente de Campo	Prefeitura Municipal de Manaus
Sivanildo Teixeira de Souza	Assistente Técnico	Prefeitura Municipal de Manaus
Walckmar Barbosa da Silva	Assistente Técnico	Prefeitura Municipal de Manaus

2. OBJETIVOS

O objetivo central deste trabalho consiste na identificação e caracterização das porções urbanizadas do território municipal sujeitas a sofrerem perdas ou danos causados por eventos adversos de natureza geológica, com vistas a subsidiar a tomada de decisões assertivas relacionadas às políticas de ordenamento territorial e prevenção de desastres. Além disso, destacam-se os seguintes objetivos específicos:

- Gerar informações técnicas em nível nacional com o intuito de alimentar a base de dados das instituições responsáveis pelas ações de monitoramento e alerta de desastres provocados por eventos de natureza geológica.
- Contribuir com a definição de critérios para disponibilização de recursos públicos destinados ao financiamento de obras de prevenção e resposta a desastres.
- Embasar as ações dos órgãos de fiscalização voltadas à inibição da expansão das áreas de risco.
- Indicar sugestões de intervenção, a fim de orientar a implantação de práticas voltadas à prevenção de desastres.
- Desenvolver documentos cartográficos e relatórios técnicos em linguagem acessível, com foco em alcançar o público em geral da forma mais abrangente possível.



Figura 1 - Objetivos de desenvolvimento sustentável.

Ressalta-se ainda que este estudo está em consonância com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU² (Figura 1) e com o marco pós-2015 para a redução de riscos de desastres, também conhecido como Marco de Sendai³.

3. APLICABILIDADES E LIMITAÇÕES DE USO

A cartografia de áreas de risco geológico pode ser aplicada para:

- Subsidiar o poder público na seleção das áreas prioritárias a serem contempladas por ações destinadas à prevenção dos desastres.
- Fomentar políticas públicas habitacionais e de saneamento.
- Contribuir para o desenvolvimento de projetos de intervenção estrutural em áreas de risco.
- Embasar a elaboração de planos de contingência.
- Auxiliar a construção de sistemas de monitoramento e alerta de desastres.
- Direcionar as ações da Defesa Civil.
- Fomentar ações de fiscalização, com objetivo de inibir o avanço da ocupação nas áreas de risco mapeadas e em terrenos com condições topográficas e geológicas similares.

A cartografia de áreas de risco geológico não deve ser aplicada para:

- Qualquer aplicação incompatível com sua escala cartográfica de elaboração (1:1.000-1:2.000).
- Substituir análises de estabilidade de taludes e encostas.
- Substituir projetos de engenharia destinados à correta seleção, dimensionamento e implantação de obras estruturais em áreas de risco.
- Avaliar a pertinência e eficácia de obras de engenharia de qualquer natureza.
- Substituir estudos censitários específicos para indicar o número e a característica socioeconômica dos habitantes das áreas de risco.
- Indicar quando ocorrerão eventos adversos nas áreas de risco.
- Determinar a energia, o alcance e a trajetória de movimentos de massa, enxurradas e inundações.

É de suma importância enfatizar que os resultados expostos no presente relatório representam as condições observadas no momento da visita de campo, as quais podem se alterar ao longo

² Em setembro de 2015, líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e decidiram um plano de ação para erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir que as pessoas alcancem a paz e a prosperidade: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, a qual contém o conjunto de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS. Saiba mais em: <https://odsbrasil.gov.br/>

³ Marco adotado por diversos países na Terceira Conferência Mundial sobre a Redução do Risco de Desastres, realizada de 14-18 março de 2015, em Sendai, Miyagi, no Japão. Saiba mais em: <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>

do tempo. Dessa forma, tendo em vista a dinâmica do crescimento urbano e, conseqüentemente, das áreas de risco geológico, é fundamental que o trabalho seja periodicamente atualizado.

4. METODOLOGIA

Os métodos empregados para a elaboração deste trabalho baseiam-se nos procedimentos propostos por Brasil (2007) e Lana, Jesus e Antonelli (2021), os quais utilizam a abordagem heurística para o mapeamento e classificação das áreas de risco.

A abordagem heurística consiste em uma metodologia qualitativa e sistemática, fundamentada no conhecimento técnico e na experiência de campo dos profissionais envolvidos. Ela permite a identificação e análise de áreas de risco com base em observações diretas, entrevistas com moradores e interpretação de dados geotécnicos, hidrológicos e ambientais, mesmo em contextos com informações limitadas ou de difícil acesso.

A cartografia de áreas de risco geológico é desenvolvida exclusivamente em regiões onde existem imóveis destinados à permanência humana, como casas, edifícios, hospitais, escolas, igrejas, estabelecimentos comerciais e públicos, dentre outros. Dessa forma, regiões não habitadas, como loteamentos em implantação, campos utilizados para atividade esportiva ou agropecuária, terrenos baldios, estradas, pontes, linhas férreas e túneis, não são objeto de mapeamento.

O trabalho é elaborado em quatro fases, as quais são descritas no quadro 2 e sintetizadas no fluxograma representado pela figura 2.

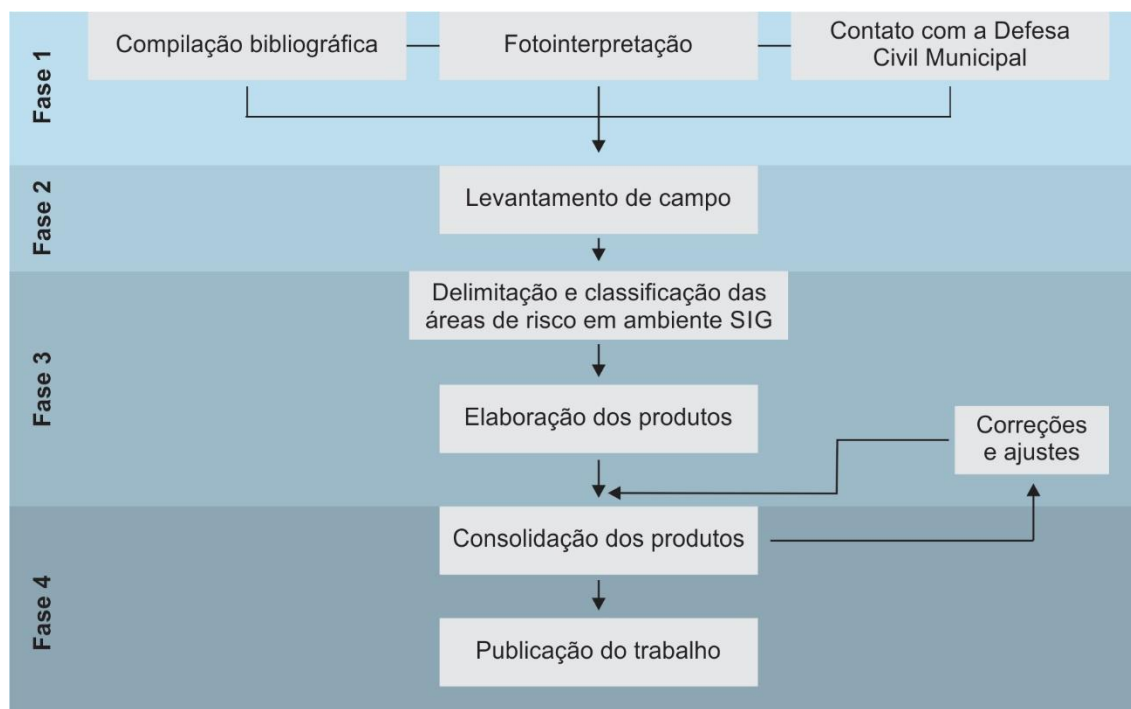


Figura 2 - Sequência de procedimentos desenvolvidos durante os trabalhos de setorizações de áreas de risco geológico.

Quadro 2 - Sequência de procedimentos desenvolvidos durante a execução dos trabalhos de setorização de risco.

Fase	Etapa	Características
1	Compilação bibliográfica	Útil para o planejamento da campanha de campo. Pode auxiliar na identificação prévia de áreas de risco.
	Fotointerpretação	
	Contato com a Defesa Civil Municipal	É feita uma breve apresentação do trabalho, bem como da importância da participação da Defesa Civil Municipal na campanha de campo, principalmente naquelas áreas onde há riscos de segurança física para a equipe técnica.
2	Levantamento de campo	Inclui somente áreas urbanizadas. Escala de referência varia entre 1:1.000 e 1:2.000. É feito por caminhamento, em conjunto com a Defesa Civil Municipal. Avaliam-se condições e indícios de risco geológico nas áreas pré-selecionadas pela equipe do SGB-CPRM e naquelas indicadas pela Defesa Civil Municipal. Não avalia eficácia ou pertinência de obras de engenharia de qualquer natureza. Não são avaliadas condições que não têm qualquer relação com processos geológicos. Utilizam-se drone, GPS, tablet e/ou máquina fotográfica para registro das estações de campo.
3	Delimitação e classificação das áreas de risco	É feita por meio da interpolação de estações de campo. Não são cartografadas áreas sem edificações de permanência humana. Utilizam-se como base as imagens orbitais Google, como <i>BaseMap</i> , as bases cartográficas e topográficas do <i>OpenStreetMap</i> , geoserviços de relevo sombreado e de curvas de nível compiladas no <i>plugin MapTiler</i> . Todos passam por um processo de fusão/realçamento visual no software QGIS para destacar as informações de relevo sobre a imagem do Google. São delimitadas e classificadas apenas as áreas de risco alto ou muito alto. As áreas de risco médio ou baixo, eventualmente, são indicadas no relatório como áreas de monitoramento.
	Elaboração dos produtos	Inclui os procedimentos de confecção dos mapas, relatório e arquivos vetoriais. Para cada setor mapeado é elaborada, por meio do software QGIS, uma prancha onde constam a delimitação do setor sobre imagem de satélite, fotografias de campo, o número de edificações no setor, uma descrição do mesmo e sugestões de intervenção ou gerenciamento do risco.
	Correções e ajustes	Etapa de adequação do material entregue pelas equipes técnicas, após serem consolidados na fase 4.
4	Consolidação dos produtos	É verificado se o trabalho não apresenta erros ou desvios metodológicos.
	Publicação do trabalho	Disponibilização do trabalho para o município, para as instituições que atuam na prevenção de desastres e para o público em geral.

4.1. CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO

Os objetos de análise da cartografia de áreas de risco geológico desenvolvida pelo SGB-CPRM são as áreas de risco alto (R3) e muito alto (R4), conforme classificações propostas por Brasil (2004) e Brasil (2007), as quais são sintetizadas nos quadros 3 e 4.

As classificações supracitadas foram originalmente concebidas para serem aplicadas no mapeamento de áreas sujeitas a sofrerem perdas ou danos decorrentes da ação de deslizamentos e inundações. Todavia, apesar de apresentarem mecanismos de deflagração diferentes, outros processos, como enchentes, alagamentos, enxurradas, erosão, subsidência, solapamento ou colapso, movimentação de dunas, rastejos do solo, compartilham algumas características com os deslizamentos e inundações. Dessa forma, na prática, o mapeamento das áreas de risco geológico considera alguns atributos do meio físico que são comuns a diversos processos. Portanto, a orientação proposta para a classificação dos graus de risco (Quadro 3 e quadro 4) foi estendida a todos os processos supracitados.

Convém destacar que a classificação dos graus de risco constitui uma orientação geral e, portanto, pode não prever a ocorrência de todos os indícios observados em campo, inclusive porque a dinâmica dos processos geológicos pode variar regionalmente. Deste modo, caso a situação constatada em campo não se enquadre na proposta de classificação, a equipe responsável pelo trabalho fará a atribuição do grau de risco conforme condições verificadas *in loco*.

Quadro 3 – Orientações gerais para classificação dos graus de risco a enchentes, alagamentos, inundações e enxurradas (Modificado de BRASIL, 2004).

Grau de probabilidade	Descrição
R1 Baixo	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com BAIXO POTENCIAL DE CAUSAR DANOS e baixa frequência de ocorrência (NÃO HÁ REGISTRO DE OCORRÊNCIAS significativas nos últimos cinco anos).
R2 Médio	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com MÉDIO POTENCIAL DE CAUSAR DANOS, média frequência de ocorrência (registro de UMA OCORRÊNCIA SIGNIFICATIVA nos últimos cinco anos).
R3 Alto	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com ALTO POTENCIAL DE CAUSAR DANOS, média frequência de ocorrência (registro de UMA OCORRÊNCIA SIGNIFICATIVA nos últimos cinco anos) e envolvendo moradias de ALTA VULNERABILIDADE.
R4 Muito alto	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com ALTO POTENCIAL DE CAUSAR DANOS, principalmente sociais, alta frequência de ocorrência (pelo menos TRÊS EVENTOS SIGNIFICATIVOS nos últimos cinco anos) e envolvendo moradias de ALTA VULNERABILIDADE.

Quadro 4 - Orientações gerais para classificação dos graus de risco a movimentos de massa, erosões, subsidência, solapamento ou colapso, movimentação de dunas e rastejos
(Modificado de BRASIL, 2007).

Grau de probabilidade	Descrição
R1 Baixo	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de BAIXA OU NENHUMA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Não se observa(m) sinal/feição/evidência(s) de instabilidade. NÃO HÁ INDÍCIOS de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens. 3. Mantidas as condições existentes, NÃO SE ESPERA a ocorrência de eventos destrutivos no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
R2 Médio	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de MÉDIA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Observa-se a presença de algum(ns) sinal/feição/evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente(s). Processo de instabilização EM ESTÁGIO INICIAL de desenvolvimento. 3. Mantidas as condições existentes, é REDUZIDA A POSSIBILIDADE de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
R3 Alto	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de ALTA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Observa-se a presença de significativo(s) sinal/feição/evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Processo de instabilização em PLENO DESENVOLVIMENTO, ainda sendo possível monitorar a evolução do processo. 3. Mantidas as condições existentes, é PERFEITAMENTE POSSÍVEL a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
R4 Muito alto	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de MUITO ALTA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Os sinais/feições/evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de deslizamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação à margem de córregos, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número ou magnitude. Processo de instabilização em AVANÇADO ESTÁGIO de desenvolvimento. É a condição mais crítica, sendo impossível monitorar a evolução do processo, dado seu elevado estágio de desenvolvimento. 3. Mantidas as condições existentes, é MUITO PROVÁVEL a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.

Para facilitar o planejamento e organização do trabalho de campo, a área de estudo foi dividida em 43 quadrículas de 12 km², contidas, total ou parcialmente, na zona urbana de Manaus (Figura 3). Essas 43 quadrículas foram distribuídas entre as equipes no início de cada etapa de campo, com o objetivo de realizar o mapeamento de risco “in loco” e coletar dados primários. Nesta etapa, além das revisitas aos setores mapeados em 2019, para avaliação da situação atual, foram também realizadas vistorias nos pontos de ocorrência de desastres cadastrados pela Defesa Civil Municipal nos últimos quatro anos.

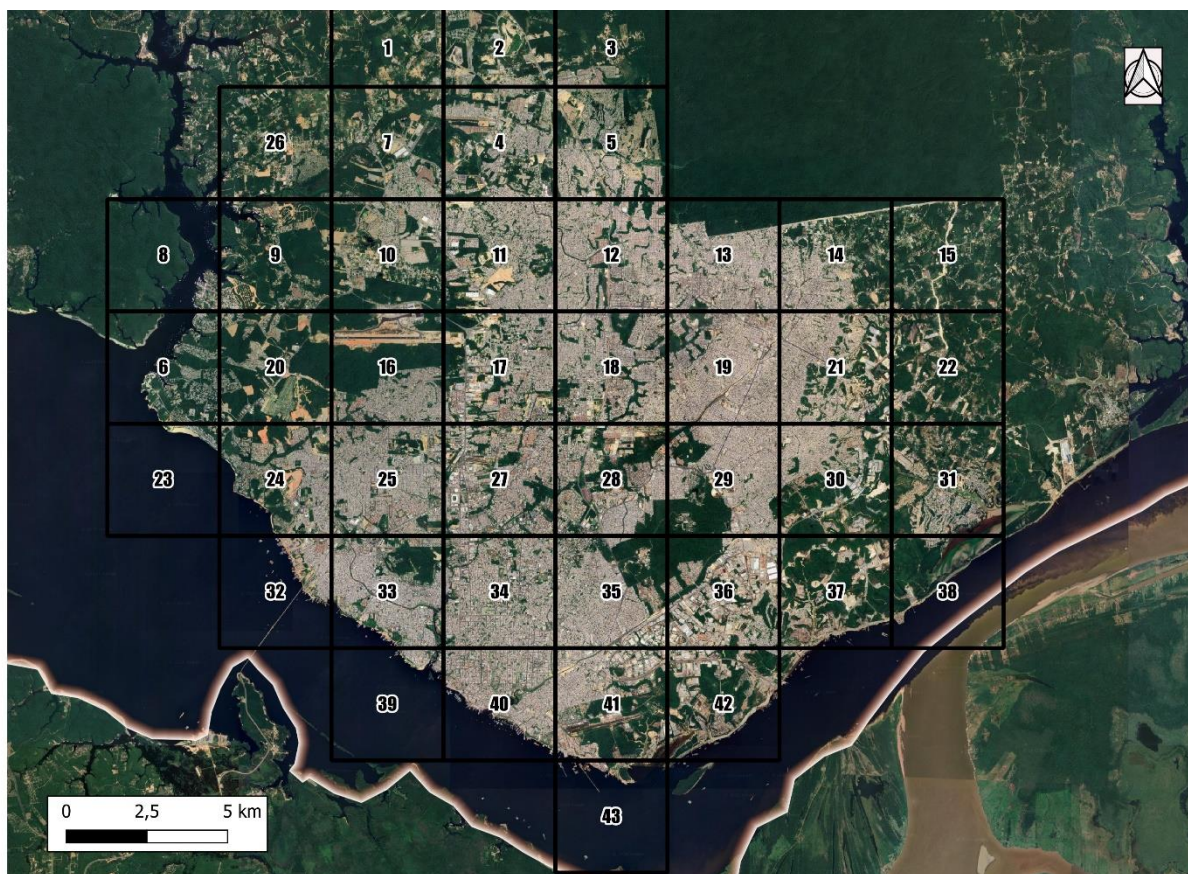


Figura 3 – Imagem de satélite (Google Earth) com divisão da zona urbana de Manaus em 43 quadrículas.

5. CONDICIONANTES FÍSICO-AMBIENTAIS

5.1. LOCALIZAÇÃO

O município de Manaus, capital do Estado do Amazonas, possui uma superfície aproximada de 11.400 km², assentada na margem esquerda do rio Negro, próxima a sua confluência com o rio Solimões. Faz divisa com os municípios de Iranduba, Careiro da Várzea, Itacoatiara, Rio Preto da Eva, Presidente Figueiredo e Novo Airão, e sua área urbana compõe 484 km², dividida em seis zonas administrativas: Oeste, Centro-Oeste, Sul, Centro-sul, Leste e Norte (Figuras 4 e 5).

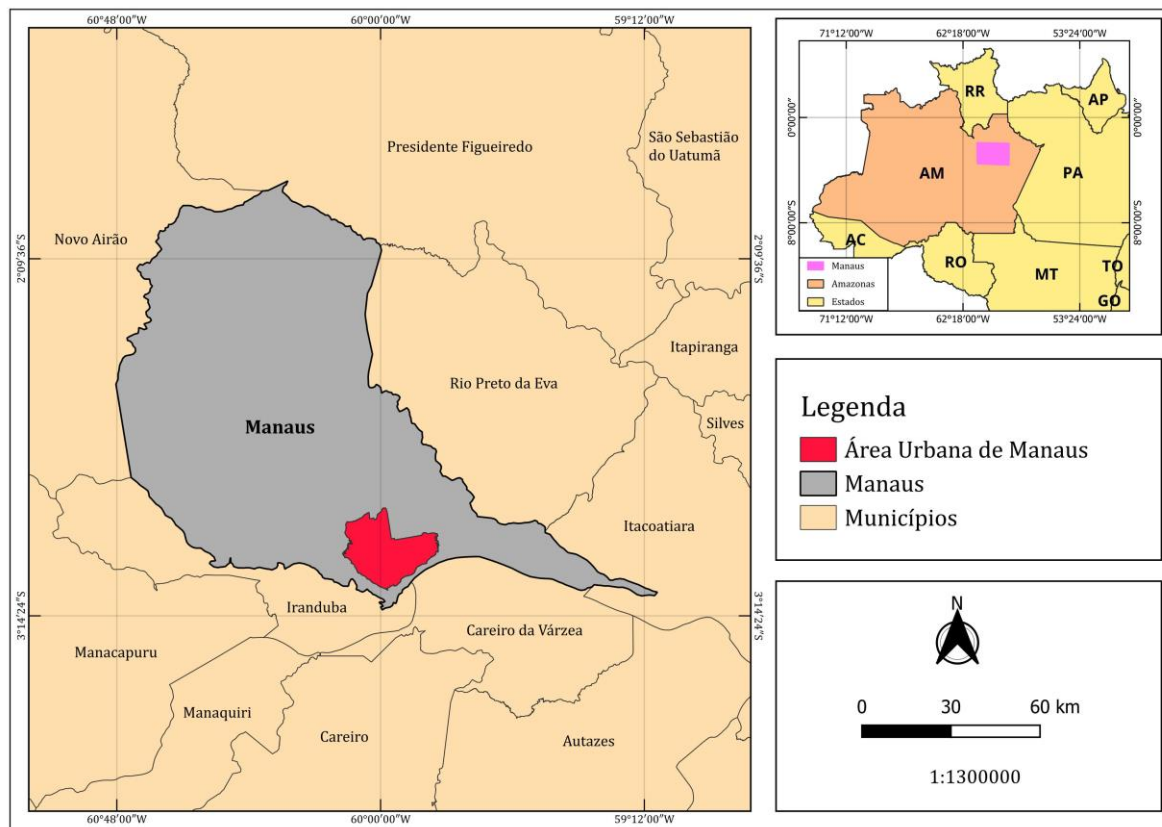


Figura 4 – Localização da zona urbana de Manaus dentro do município e do município dentro do Estado do Amazonas.

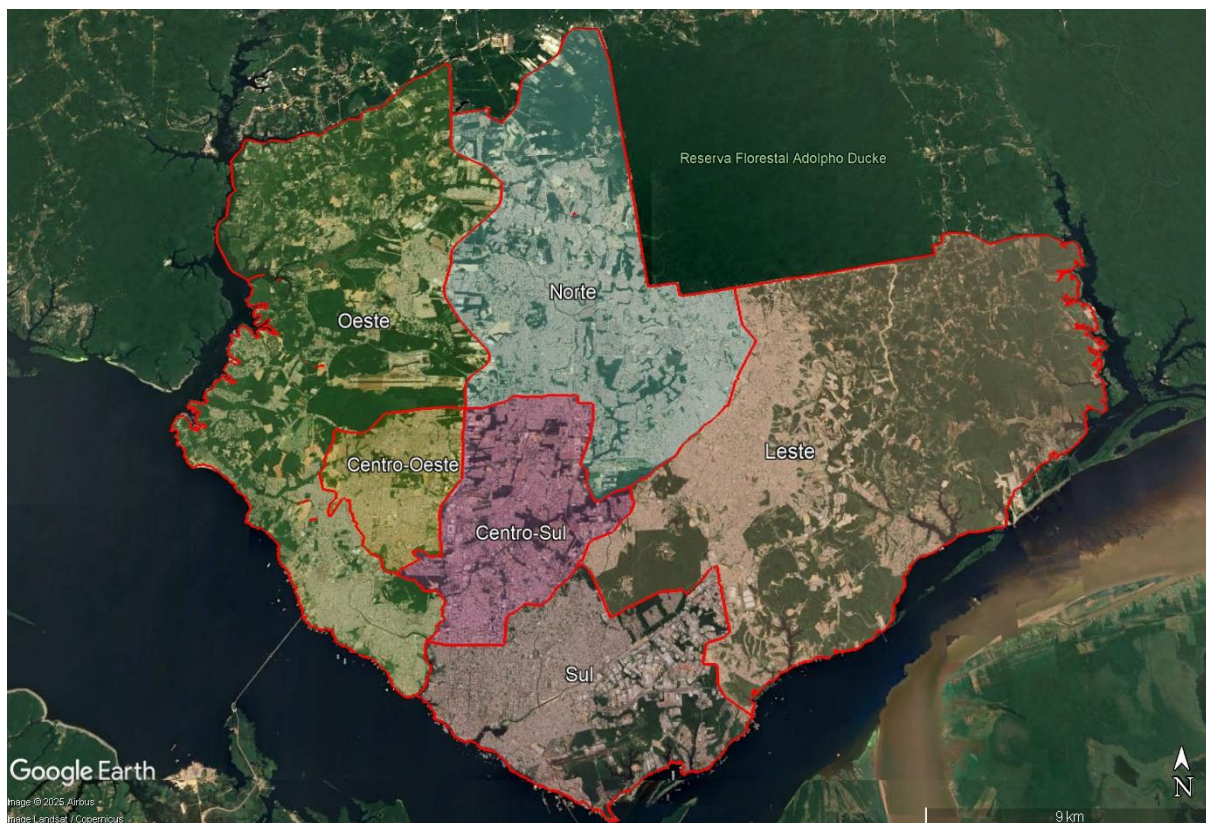


Figura 5 - Imagem de satélite (Google Earth) com divisão da cidade de Manaus em suas seis zonas administrativas.

5.2. DADOS POPULACIONAIS

A capital amazonense é a cidade mais populosa da Região Norte e ocupa a 7ª posição entre as cidades brasileiras, com uma população de 2.063.689 pessoas segundo o censo populacional de 2022, sendo que mais de 99% desse contingente vive na zona urbana (IBGE, 2022). Cerca de 54% desta população reside em comunidades urbanas precárias e somente 38% da população tem rede esgoto em suas residências (IBGE, 2022).

Num horizonte mais amplo, nos últimos 55 anos, o rápido crescimento demográfico da capital amazonense, associado à implantação no final da década de 1960 do Distrito Industrial da cidade, resultou num aumento populacional de quase seis vezes.

O rápido crescimento populacional e a brusca expansão horizontal do espaço urbano não foram acompanhados adequadamente por obras de infraestrutura e urbanização. Surgem assim as ocupações irregulares e desordenadas em áreas impróprias para assentamentos, como encostas íngremes, fundos de vales e margens de igarapés, as quais, aliadas à carência de infraestrutura básica, ao tipo de solo da região e à grande pluviosidade local, deflagram os processos de erosões aceleradas, deslizamentos, solapamentos, soterramentos, inundações e alagamentos que atingem principalmente a população mais carente que reside nessas áreas de risco.

5.3. REGISTROS DE OCORRÊNCIAS DA DEFESA CIVIL MUNICIPAL

Segundo dados disponibilizados pela Defesa Civil de Manaus, entre os anos de 2021 e 2024 foram registradas e atendidas 1.230 ocorrências relacionadas a riscos hidrológicos e geológicos no município. A zona norte concentrou o maior número de registros, com 440 ocorrências, sendo também a líder em deslizamentos de terra, totalizando 286 atendimentos (Figura 6).

Na sequência, destacam-se a zona leste, com 285 ocorrências, e a zona sul, com 282 registros. Esta última apresenta o maior número de ocorrências associadas a processos hidrológicos, com 160 casos registrados no período — fenômeno associado principalmente à cheia sazonal do rio Negro, que impacta sobretudo a orla da cidade (Figura 6).

Cabe ressaltar que o termo utilizado pela Defesa Civil como “alagação” se refere a todos os processos hidrológicos que ocorrem com frequência na cidade, como inundação, cheia do rio Negro, alagamentos e enxurradas.

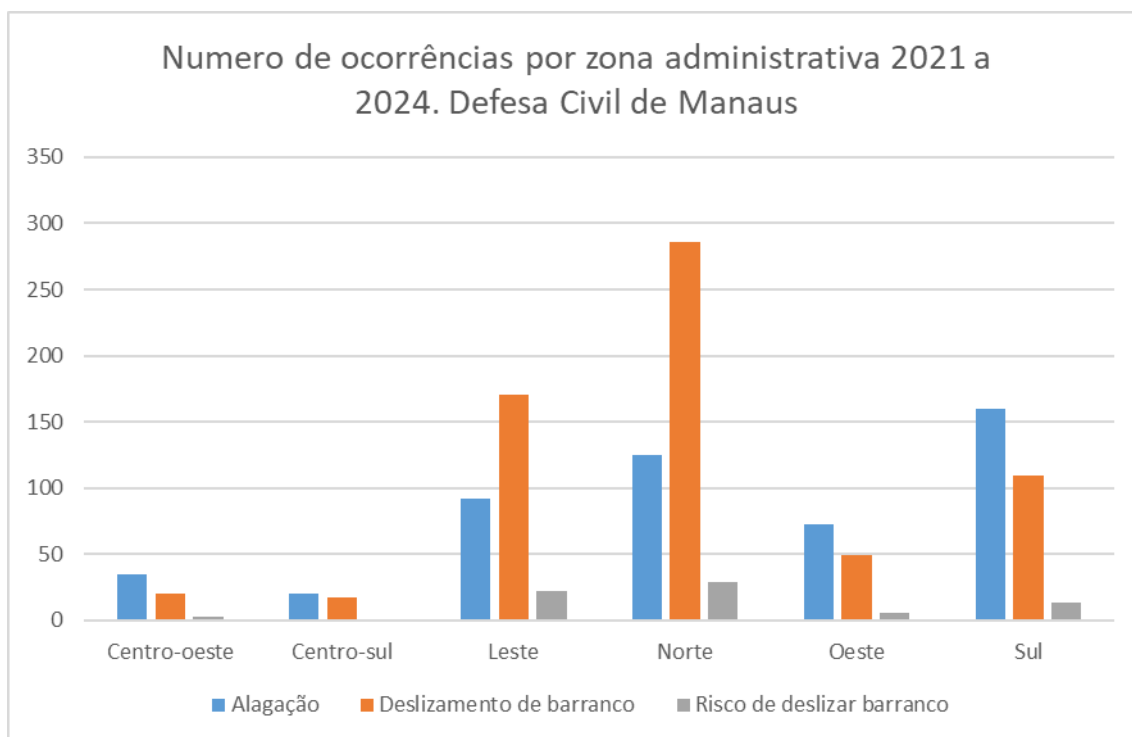


Figura 6 - Gráfico com número de ocorrências relacionadas a riscos geológicos e hidrológicos, por zona administrativa de Manaus, no período 2021-2024 (Fonte: Defesa Civil Municipal).

5.4. CLIMA

A cidade de Manaus se insere numa região que apresenta clima classificado como tropical monçônico (Am) segundo a classificação de Köppen-Geiger, que é caracterizado por temperaturas elevadas durante todo o ano, com estação chuvosa bem definida e estação seca de curta duração, embora ainda com ocorrência de chuvas acima de 50 mm mensais.

Segundo dados do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia a temperatura média anual em Manaus gira em torno de 26,7 °C, com variações mínimas entre 25,8 °C em abril e maio, e 27,6 °C em outubro. A pluviosidade anual é elevada, com média acima dos 2.400 mm, distribuída de forma desigual ao longo do ano: o período entre dezembro e maio é o mais chuvoso, com destaque para o mês de março, com média de 419 mm, e a estação seca vai de junho a novembro, sendo setembro, normalmente, o mês mais seco e mais quente. A umidade relativa do ar é constantemente alta, com média anual em torno de 86%, chegando a 89% nos meses mais úmidos (Quadro 5 e Figura 7).

Quadro 5 - Dados das precipitações pluviométricas de 2021 a 2024 obtidos de estação controlada pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia em Manaus (coord: 3.1°S; 60.01°W; altitude: 61,25 m).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2021	363,4	303,2	463,8	128	131,4	198,6	142,8	169	54,4	205,4	323,6	280,2	2763,8
2022	314,8	334,2	381,2	440,4	125,4	147,8	26,4	36,2	9,6	157,8	95,8	378	2447,6
2023	271,2	353,6	411,2	273,8	135	48,4	69,8	18	42,8	90,2	134,8	321	2169,8
2024	137	302,8	419,8	218,6	387,2	115,2	59,4	17	62,2	80,2	113	303,6	2216,0
Média	271,6	323,45	419,0	265,2	194,75	127,5	74,6	60,05	42,25	133,4	166,8	320,7	2399,3

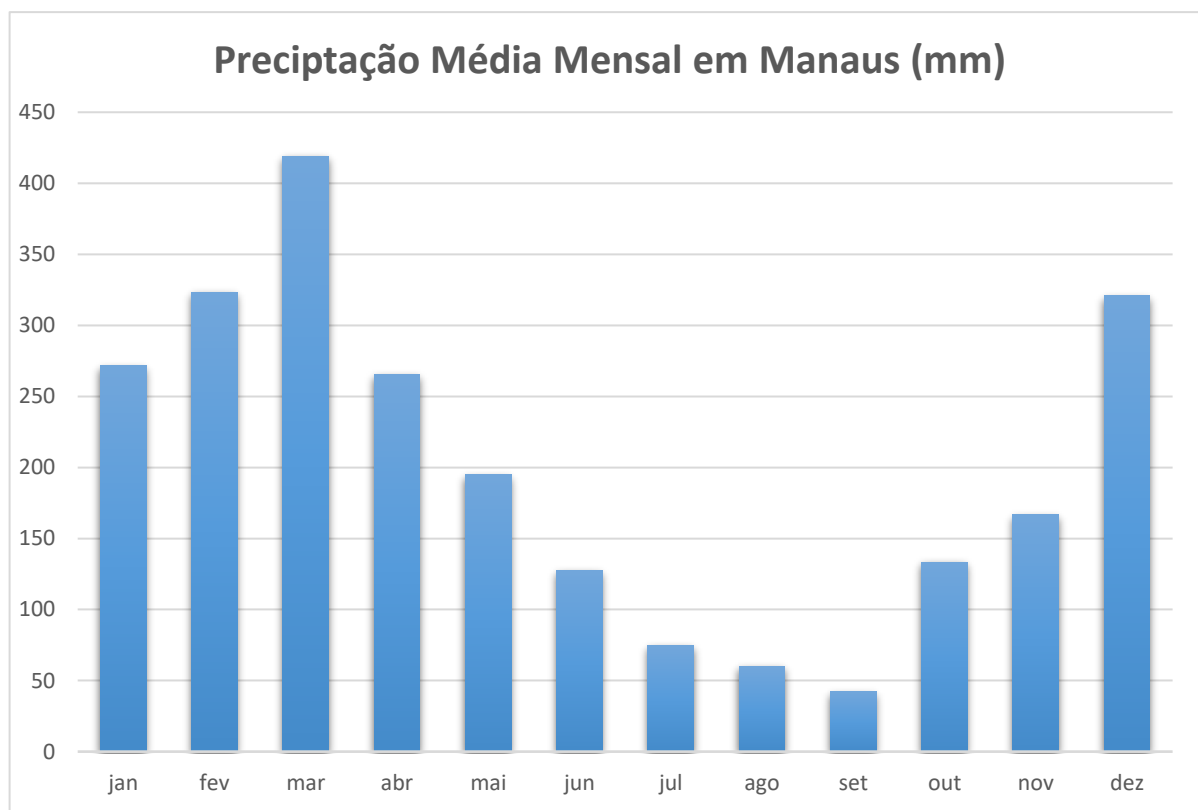


Figura 7 - Precipitação média mensal em Manaus – AM entre os anos de 2021 a 2024 de acordo com pluviômetro operado pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

Ao comparar as precipitações médias mensais (Figura 7) com o número de ocorrências relacionadas a eventos hidrológicos e geológicos atendidas pela Defesa Civil nos últimos quatro anos (Figura 8), observa-se uma correlação direta e evidente entre os dois conjuntos de dados. Os meses com maiores volumes de chuva, especialmente março e abril, coincidem com o maior número de ocorrências (Figura 8).

Essa clara correlação indica que as altas pluviosidades registradas entre janeiro e abril exercem forte influência sobre a estabilidade das encostas e a capacidade de drenagem urbana, contribuindo diretamente para a ocorrência dos eventos citados. Portanto, é possível afirmar que os impactos hidrometeorológicos decorrentes das chuvas intensas constituem um fator determinante para a elevação da demanda por atendimento emergencial nesses meses.

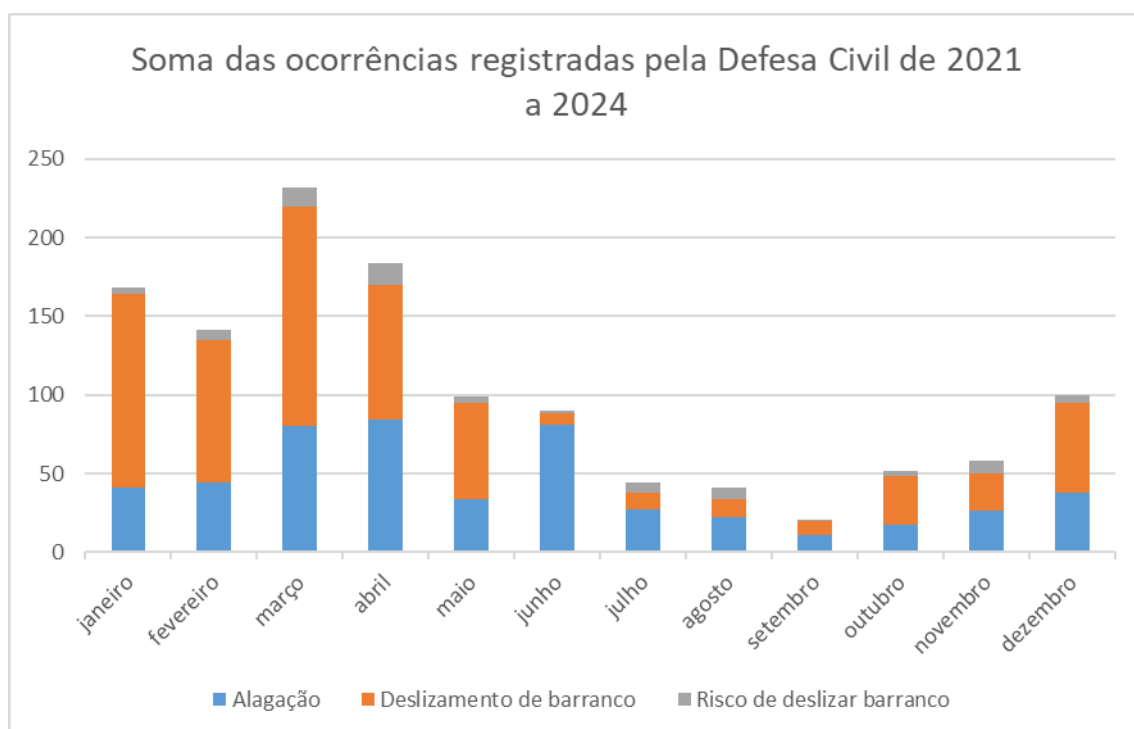


Figura 8 - Número total de ocorrências por mês atendidas pela Defesa Civil, no período de 2021 a 2024.

5.5. GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E SOLOS

O contexto geológico local controla a geografia, a geomorfologia, os solos e, por consequência, a suscetibilidade aos problemas geotécnicos que ocorrem na cidade de Manaus. Outros fatores locais importantes são as intensas chuvas e a grande variação do nível d'água do rio Negro, que entre os períodos máximos de cheia e mínimos de vazante atinge uma amplitude média de 10 a 12 metros, gerando extensas faixas de praias na vazante e afogando as desembocaduras dos igarapés. No ano de 2021, quando ocorreu a maior cheia do rio Negro já registrada, o SGB-CPRM delimitou o que se convencionou chamar de “mancha de inundação”, que atinge quatro das seis zonas administrativas da cidade e se espalha por uma área total de 12,8 km² (Souza & Marmos, 2021). Segundo o cadastro da Defesa Civil, 3.915 moradias/famílias foram atingidas na época pelas consequências dessa cheia histórica.

Os estudos referentes ao mapeamento das áreas de risco realizados pelo SGB-CPRM em 2019 (CPRM, 2019) dividiram a zona urbana de Manaus, quanto à aptidão a problemas geotécnicos e a riscos geológicos, em dois domínios: um de “terras altas e firmes” e outro de “terras baixas e alagadiças”.

As terras altas e firmes de Manaus são representadas pelos terrenos formados por solos bem desenvolvidos, classificados pela EMBRAPA (2022) como LATOSSOLO AMARELO, ARGISSOLO AMARELO ou VERMELHO-AMARELO e PLINTOSSOLO PÉTRICO (<https://geoportal.sgb.gov.br/pronasolos/>), todos derivados dos arenitos e argilitos da Formação Alter do Chão. Os Latossolos destacam-se por sua estrutura granular bem desenvolvida, que favorece a infiltração de água, a percolação e a aeração, contribuindo para uma dinâmica hidrológica mais eficiente, com menor risco de encharcamento superficial. Por outro lado, nos Argissolos, observa-se um acentuado gradiente textural, com horizonte superficial mais arenoso

sobre horizonte subsuperficial mais argiloso, o que gera descontinuidade hidráulica, dificultando a drenagem e podendo causar acúmulo de água na zona de contato entre os horizontes. Nos Plintossolos, essa limitação é agravada pela presença de horizontes com acúmulo de ferro (plintitas), que podem se endurecer sazonalmente, comprometendo ainda mais a drenagem e favorecendo o encharcamento temporário. Essas características influenciam diretamente a dinâmica hidrológica local, afetando o fluxo de água no solo e a recarga dos aquíferos. Configuram, na zona urbana de Manaus, relevo do tipo tabuliforme, definido por tabuleiros, baixos platôs e morrotes de topo plano, que constituem os interflúvios que separam os vales dos igarapés que dissecam as superfícies das camadas sedimentares expostas.

Já as terras baixas e alagadiças correspondem às áreas de várzea ou planícies de inundação associadas à rede de drenagem natural, incluindo fundos de vales e baixios com altitudes inferiores a 30 metros. Os solos predominantes neste domínio são jovens e pouco evoluídos, classificados pela EMBRAPA (2022) como NEOSSOLO FLÚVICO e NEOSSOLO QUARTZARÊNICO HIDROMÓRFICO (<https://geoportal.sgb.gov.br/pronasolos/>). Eles se originam de depósitos aluvionares cenozóicos inconsolidados, que formam terraços baixos, compostos por camadas e lentes de areia fina, lama (mistura de silte e argila) e material orgânico, como folhas e galhos de árvores. Esses depósitos recobrem as rochas sedimentares da Formação Alter do Chão, frequentemente expostas nas encostas dos vales. Devido à posição topográfica rebaixada, à alternância de materiais com diferentes texturas e à proximidade do nível freático, tais solos apresentam condições de má drenagem, sendo normalmente sujeitos ao encharcamento e à saturação hídrica prolongada. Além disso, ambos os tipos de Neossolo possuem estrutura pouco desenvolvida ou ausente e apresentam baixa coesão, especialmente quando dominados por frações arenosas, o que os torna fisicamente instáveis e suscetíveis à erosão. Essa limitação é ainda mais pronunciada nos Neossolos Quartzarênicos, cuja composição essencialmente arenosa resulta em elevada porosidade e baixa capacidade de retenção de água.

6. RESULTADOS

Todas as áreas de risco alto e muito alto anteriormente cartografadas pelo SGB-CPRM em Manaus no ano de 2019 foram reavaliadas durante a execução deste trabalho e os resultados quantitativos, comparados com os dados pretéritos, estão sumarizados no Quadro 6.

Quadro 6 - Síntese comparativa dos resultados da setorização de áreas de risco geológico em 2019 e 2025.

Grau de risco	Ano de 2019				Situação atual			
	Número de setores de risco geológico mapeados	Número aprox. de domicílios em áreas de risco	Número aprox. de pessoas em áreas de risco	KM²	Número de setores de risco geológico mapeados	Número aprox. de domicílios em áreas de risco ⁴	Número aprox. de pessoas em áreas de risco	KM²
Alto	513	16.090	64.360	4,09	362	25.191	100.764	6,24
Muito alto	121	2.274	9.096	0,62	76	2.835	11.340	0,88

Com base no Quadro 6, observa-se uma redução no número de setores de risco alto (R3) e muito alto (R4) em relação ao mapeamento anterior. Entretanto, houve um aumento considerável no tamanho em km², no número aproximado de domicílios e, por consequência, de pessoas morando em áreas de risco.

Essa variação decorre da aplicação de metodologias e tecnologias mais precisas e atualizadas no levantamento mais recente. Foram utilizados tablets com imagens de alta resolução para o reconhecimento em campo, sobrevoos com drones que permitiram análises mais detalhadas da morfologia e ocupação das encostas, além da base de dados domiciliar do Censo IBGE 2022, que proporcionou maior precisão na estimativa populacional. Também foram agrupados setores contíguos quando identificada continuidade física e proximidade dos mesmos, assim como houve algumas intervenções estruturais e urbanísticas ocorridas desde o último mapeamento, que possibilitou o rebaixamento do grau de risco em alguns setores.

O mapa de risco atualizado identificou um total de 438 setores em áreas de risco geológico na cidade de Manaus, sendo 362 classificados com risco alto (R3) e 76 com risco muito alto (R4). Esses setores abrangem mais de 28 mil domicílios e aproximadamente 112 mil pessoas expostas, o que representa cerca de 5,4% da população total do município (Quadro 7 e Figura 9). Quando somadas as demais edificações presentes, incluindo comércios, igrejas, escolas, unidades de saúde e outras estruturas não residenciais, o total de imóveis ultrapassa as 33 mil construções (Figura 11).

Ao analisar a distribuição dos setores de risco por zona administrativa (Quadro 7), observa-se que as zonas Leste e Norte concentram a maior quantidade de áreas identificadas com risco geológico, totalizando 130 e 198 setores, respectivamente, números significativamente

⁴ Dados obtidos do Censo 2022 ou, na falta destes, estimados com base em imagens orbitais.

superiores aos das demais zonas da cidade. Esse mesmo padrão foi identificado nos mapeamentos anteriores, demonstrando uma tendência persistente (Figuras 9 e 11).

Em relação ao número de domicílios situados em setores de risco, as zonas Leste e Norte também se destacam. A primeira possui 11.798 domicílios em setores de risco alto e muito alto, enquanto a zona Norte contabiliza cerca de 9.025 domicílios, o que reforça a concentração populacional em áreas vulneráveis (Quadro 7 e Figura 10).

Quadro 7 - Resultado da setorização de áreas de risco geológico por Zona Administrativa.

ZONA ADMINISTRATIVA	SETORES			DOMICÍLIOS PARTICULARES		
	Alto	Muito Alto	Total	Alto	Muito Alto	Total
Centro-Oeste	17	4	21	2.653	59	2.712
Centro-Sul	23	0	23	1.239	0	1.239
Leste	101	29	130	10.191	1.607	11.798
Norte	167	31	198	8.117	908	9.025
Oeste	28	3	31	1.552	52	1.604
Sul	26	9	35	1.439	209	1.648
Total	362	76	438	25.191	2.835	28.026

Essas duas zonas, Leste e Norte, são as de maior expansão urbana do município e as mais populosas, com cerca de 50% da população total (IBGE, 2022), marcadas por um crescimento acelerado, geralmente por meio de ocupações irregulares e desordenadas. Tratam-se de regiões predominantemente habitadas por populações de baixa renda, que, em busca de moradia, acabam construindo em locais impróprios, como planícies de inundação e encostas declivosas, sem qualquer tipo de estudo prévio do terreno ou da viabilidade da obra. Nessas áreas, são comuns a utilização de materiais de baixa qualidade e a ausência de infraestrutura urbana básica, o que acentua ainda mais a vulnerabilidade e a insegurança habitacional dessas comunidades.

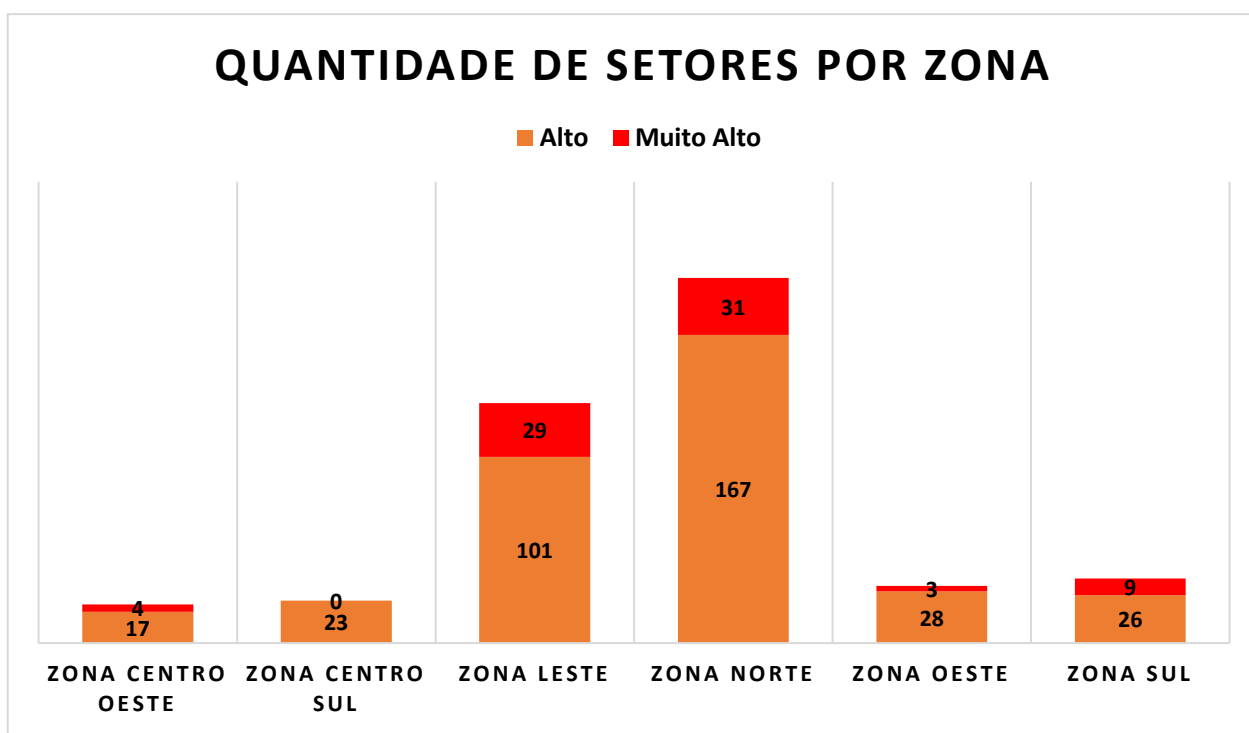


Figura 9 - Número de setores de risco Alto e Muito Alto por Zona Administrativa.

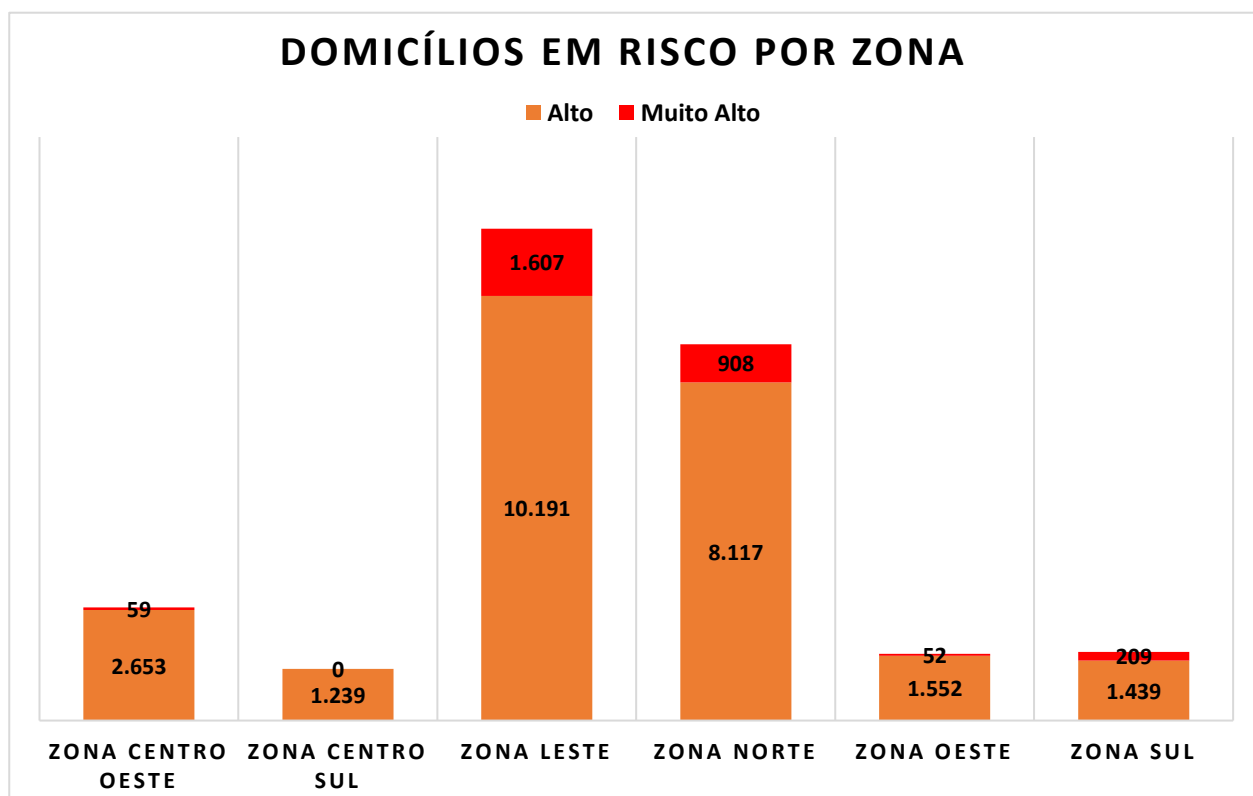


Figura 10 - Número de edificações dentro dos setores de risco Alto e Muito Alto.

Dentre os bairros, os que mais se destacam pelo número de moradias em risco registrados são: Jorge Teixeira, Cidade Nova, Gilberto Mestrinho, Alvorada, Mauazinho e Nova Cidade. Juntos, esses seis bairros concentram 194 setores de risco alto e muito alto, abrangendo mais de 13 mil domicílios e aproximadamente 52 mil pessoas vulneráveis aos processos geológicos e hidrológicos identificados (Quadro 8 e Figura 11).

Quadro 8 – Lista dos 6 bairros com maior número de domicílios e setores de risco em Manaus – AM.

BAIRRO	DOMICÍLIOS PARTICULARES			SETORES DE RISCO		
	Risco Alto	Risco Muito Alto	TOTAL	Risco Alto	Risco Muito Alto	TOTAL
JORGE TEIXEIRA	3451	1146	4597	23	15	38
CIDADE NOVA	1659	445	2104	34	8	42
GILBERTO MESTRINHO	1892	190	2082	21	4	25
ALVORADA	1603	17	1620	5	1	6
MAUAZINHO	1224	337	1561	22	12	34
NOVA CIDADE	1046	29	1075	45	4	49

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)
CARTOGRAFIA DE RISCO GEOLÓGICO

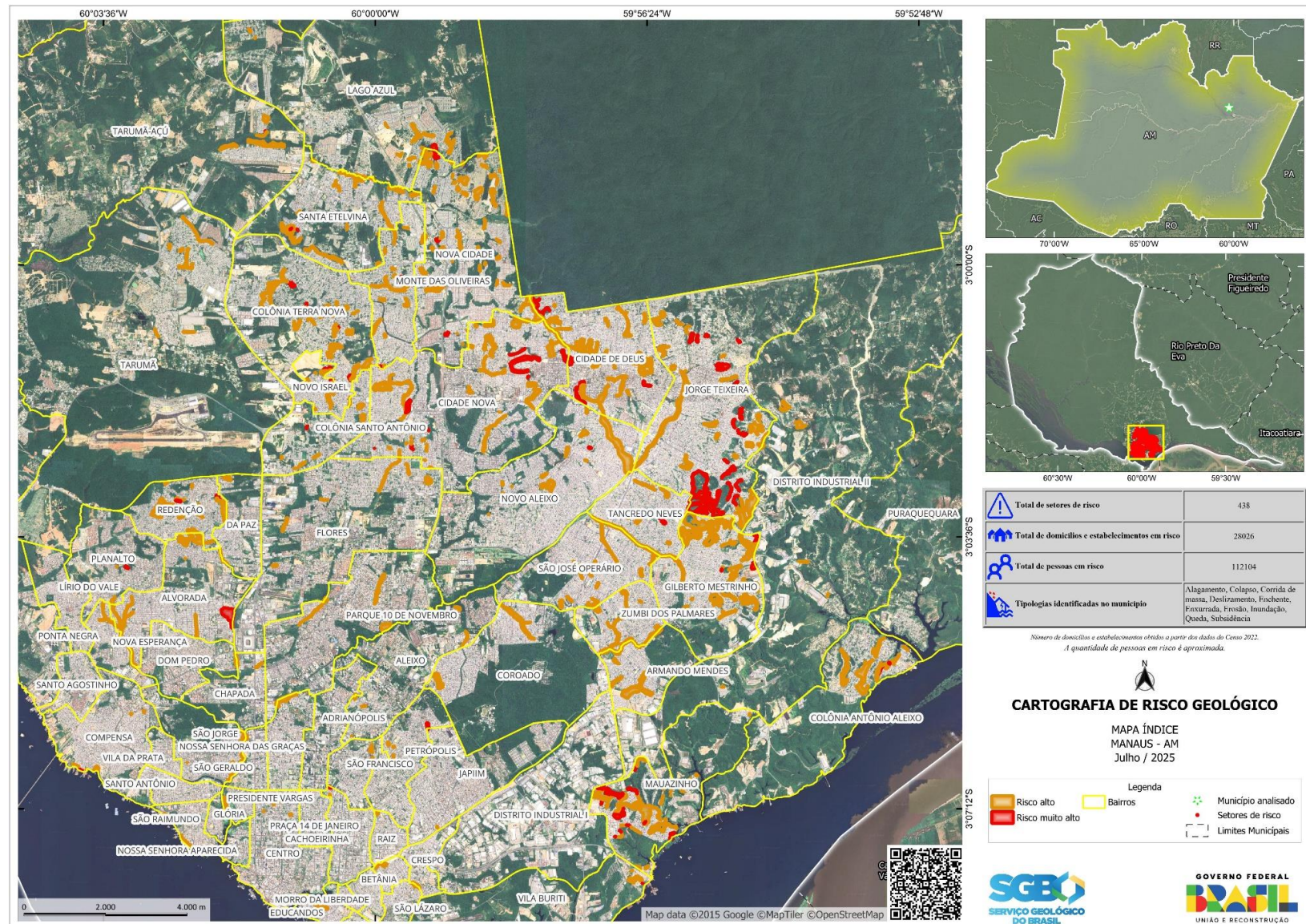


Figura 11 – Mapa dos setores de Risco alto e muito alto (R3 e R4) identificados em Manaus – AM.

6.1. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO ASSOCIADAS A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA

Na cidade de Manaus, os principais eventos relacionados a movimentos gravitacionais de massa são os deslizamentos de terra. A partir de declividades acima de 11 graus, a depender do tipo de solo, cobertura vegetal e condições de drenagem, começa a haver movimentação do terreno, sendo os sinais mais comuns identificados postes, cerca e árvores inclinados, como também muros embarrigados, trincas, rachadura e degraus de abatimento no terreno e na estrutura das moradias, além de cicatrizes de deslizamentos antigos (Figuras 12 e 13).

Esses processos ocorrem via de regra nas encostas declivosas e são intensificados pelas ocupações irregulares, que são promovidas com desmatamento intenso, cortes e aterros sem estudo ou avaliação do terreno, sem o devido destino para as águas pluviais e servidas, acúmulo de resíduos sólidos descartados diretamente na encosta e a construção de fossas negras na meia encosta (Figuras 14 e 15).



Figura 12- Muro e residência com rachadura, sinal de movimentação no terreno. (Autores)



Figura 13 - Cicatriz de deslizamento antigo e sinais de movimentação no terreno. (Autores)



Figura 14- Vista de encosta parcialmente desmatada com ocupações irregulares, em corte e aterros, com cicatriz de deslizamento na base. (Autores)



Figura 15- Lançamento de resíduos sólidos e águas pluviais e servida diretamente sobre o talude com cicatrizes de deslizamentos. (Autores)

6.2. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO ASSOCIADAS A PROCESSOS HIDROLÓGICOS

As áreas passíveis de serem atingidas pelas cheias sazonais do rio Negro (denominadas informalmente de “mancha de Inundação”), situadas na orla da cidade e em suas proximidades, foram delimitadas utilizando-se imagens de alta resolução, com dados de cota centimétricas.

No que diz respeito aos riscos associados aos processos hidrológicos, uma característica marcante em Manaus é a alta frequência das ocorrências de chuvas intensas, acima de 60 mm, que são registradas principalmente no bimestre mais chuvoso da região, março-abril, mas que podem ocorrer também em setembro, mês com média abaixo de 100 mm de precipitações.

As chuvas intensas são a principal causa das inundações, enchentes e enxurradas da zona urbana de Manaus, especialmente ao longo dos igarapés, que na maioria das vezes estão assoreados e têm suas planícies de inundação ocupadas, o que compromete a capacidade de escoamento das águas pluviais e aumenta significativamente a possibilidade de ocorrência desses eventos, elevando o grau de risco para as famílias que ali vivem, com perdas recorrentes de móveis e eletrodomésticos.

A ocupação irregular das margens causa desmatamento, reduzindo a infiltração da água no solo; moradias sobre o leito dos igarapés, além de canalização e pontes mal dimensionadas, restringem o fluxo das drenagens, barrando as águas e assim aumentando a intensidade e extensão das inundações e enchentes (Figuras 16 e 17).



Figura 16 – Igarapé com ocupações irregulares em sua planície de inundação, assoreado e com restrição de fluxo por obra mal dimensionada. (Autores)



Figura 17 – Moradias instaladas sobre igarapé local, restringindo fluxo e com risco a inundações. (Autores)

6.3. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO ASSOCIADAS A PROCESSOS EROSIVOS

De modo geral, os solos que sustentam o relevo de Manaus, notadamente aqueles presentes no domínio das terras altas e firmes, são suscetíveis à erosão hídrica concentrada. Esses processos erosivos são mais intensos próximos a cabeceiras de igarapés e taludes de encostas, nas zonas leste e norte, onde as diferenças de cotas e declividades são maiores e as ocupações irregulares mais frequentes.

A falta de infraestrutura adequada, com obras de disciplinamento e controle das águas pluviais e de águas servidas, que reduziriam o impacto dessas sobre as encostas, juntamente com o modelo construtivo dos arruamentos em direção ortogonal à encosta, aliado ao desmatamento generalizado das encostas, à falta de esgotamento sanitário e impermeabilização dos terrenos, que aumenta o fluxo e a velocidade do escoamento das águas, são os principais aceleradores dos processos erosivos, que conduzem à formação das ravinas e voçorocas de grandes proporções encontradas neste mapeamento (Figuras 18 e 19).



Figura 18- Voçoroca ocasionada pelo fluxo concentrado de águas em direção à encosta. (Autores)



Figura 19- Erosão ocasionada pela concentração das águas pluviais e servidas pela tubulação. (Autores)

6.4. ÁREAS A SEREM MONITORADAS

As áreas setorizadas em 2019 como de risco médio (R2) não foram contempladas neste mapeamento de atualização. Foram, todavia, vistoriadas para verificar se houve mudanças no grau de risco das mesmas desde o mapeamento anterior. Em alguns casos, principalmente naquelas áreas associadas a processos hidrológicos, tendo em vista a alta frequência dos eventos de inundação/enchentes e alagamento e a vulnerabilidade das moradias instaladas nas margens e no leito dos igarapés, foi elevado o grau de risco para R3 nesses setores.

As demais áreas, em que se manteve o grau médio, devem ser monitoradas e acompanhadas pela Defesa Civil Municipal. Havendo alterações ou processos que influenciem no aumento de risco no local, a própria Defesa Civil pode realizar o cadastro da nova área no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres na base do governo federal.

É importante ressaltar que, de acordo com a metodologia adotada por este estudo, a identificação dos riscos deve se restringir à região habitada atualmente. Entretanto, isso não significa que as áreas de planície de inundação ou encostas adjacentes à área identificada não sejam suscetíveis a serem atingidas por eventos de inundação, erosão ou movimentação de massa. Assim, áreas atualmente sem moradias, caso venham a ser ocupadas, podem apresentar risco à população, principalmente se essa ocupação ocorrer de maneira inadequada.

7. SUGESTÕES

Neste capítulo são apresentadas sugestões baseadas nas situações verificadas durante a realização do presente trabalho. É de suma importância esclarecer que as recomendações listadas a seguir têm caráter exclusivamente orientativo e, no caso das intervenções estruturais, não dispensam, em nenhuma hipótese, a realização de estudos e projetos de engenharia específicos, a serem desenvolvidos sob a inteira responsabilidade dos gestores municipais, devidamente amparados por profissionais habilitados para tal, e com a devida Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), nos termos das Leis 5.194/1966 e 6.496/1977.

1. Constituição de quadro permanente da Defesa Civil Municipal, preferencialmente embasado por legislação municipal e por meio da promoção de concurso público, evitando a substituição dos integrantes por motivação exclusivamente política, especialmente durante as transições de governo;
2. Avaliar possibilidade de remover e realocar temporariamente em locais seguros os moradores que se encontram nas áreas de risco durante o período de chuvas e cheias extremas do rio Negro;
3. Executar manutenção das drenagens pluviais e canais de córregos, a fim de evitar que o acúmulo de resíduos impeça o perfeito escoamento das águas;
4. Realizar plano urbanístico de ocupação das margens dos igarapés com área de lazer e parques lineares;
5. Desenvolver estudos de adequação do sistema de drenagem pluvial e de águas servidas a fim de evitar que o fluxo seja direcionado sobre a face dos taludes ou encostas;
6. Verificar e reparar os pontos de vazamento de água em encanamentos;
7. Fiscalizar e proibir a construção em áreas protegidas pela legislação vigente;
8. Instalar sistema de alerta para as áreas de risco, através de meios de veiculação pública (mídia, sirenes, celulares), permitindo a remoção eficaz dos moradores em caso de alertas de chuvas intensas ou contínuas;
9. Realizar programas de educação ambiental voltados para as crianças em idade escolar e para os adultos em seus centros comunitários, ensinando-os a evitar a ocupação de áreas impróprias para construção;
10. Elaborar plano de contingência que envolva a zona rural e urbana, para aumentar a capacidade de resposta e prevenção a desastres no município;
11. Fiscalizar e exigir que novos loteamentos apresentem projetos urbanísticos respaldados por profissionais habilitados para tal;
12. Agir de modo preventivo nos períodos de seca, aproveitando a baixa no número de ocorrências para percorrer e vistoriar todas as áreas de risco conhecidas e adotar as medidas preventivas cabíveis;
13. Remover resíduos sólidos, entulhos e restos vegetais lançados no interior das voçorocas;
14. Adequar os projetos de engenharia às condições geológicas e topográficas locais, evitando realizar escavações e aterros de grande porte.

8. CONCLUSÕES

A atualização da cartografia de risco geológico da cidade de Manaus/AM, conduzida entre junho de 2024 e abril de 2025, demonstrou que, apesar da redução no número de setores classificados como de risco alto (R3) e muito alto (R4), houve um aumento significativo no tamanho dos setores, no número de domicílios e quantidade de pessoas expostas a riscos. Essa aparente contradição se explica, sobretudo, pela adoção de metodologias mais precisas, uso de novas tecnologias (como drones e imagens de alta resolução), a junção de setores e atualização da base populacional com os dados do Censo IBGE 2022.

Os resultados indicam que 438 setores atualmente configuram áreas de risco geológico alto e muito alto na cidade, abrangendo mais de 28 mil domicílios e aproximadamente 112 mil pessoas. As zonas Leste e Norte concentram a maioria desses setores, refletindo tanto a dinâmica de expansão urbana desordenada quanto a predominância de ocupações em áreas suscetíveis a inundações, deslizamentos e processos erosivos. Tais ocupações são em grande parte motivadas pela carência habitacional e ausência de planejamento urbano adequado.

Foram identificados três tipos principais de processos geológicos atuantes: os movimentos gravitacionais de massa, os processos hidrológicos e os processos erosivos. Em todos os casos, observa-se que a ocupação irregular, o desmatamento, a ausência de infraestrutura básica, o lançamento inadequado de águas pluviais e servidas, e a má gestão dos resíduos sólidos agravam sobremaneira os efeitos dos eventos naturais.

As chuvas intensas — concentradas entre janeiro e abril — coincidem com o período de maior número de ocorrências registradas pela Defesa Civil, o que comprova a influência direta da sazonalidade pluviométrica sobre a deflagração de desastres. A conjunção entre vulnerabilidade social, fragilidade ambiental e recorrência de eventos extremos coloca parte significativa da população em condição de risco.

Destaca-se ainda a importância do acompanhamento contínuo das áreas classificadas anteriormente como de risco médio (R2), sobretudo aquelas localizadas em fundos de vale e próximas a corpos d'água, que podem sofrer rápida degradação diante de eventos pluviométricos intensos ou da ocupação urbana desordenada.

Por fim, o estudo reforça a necessidade de atualização periódica do mapeamento, dada a dinâmica urbana e a evolução das áreas de risco, além de destacar a importância da articulação entre os órgãos públicos nas esferas municipal, estadual e federal para que as informações produzidas sirvam de base à formulação de políticas públicas eficazes de prevenção, mitigação e resposta a desastres geológicos.

Com foco no futuro, recomenda-se a realização de estudos técnicos complementares nas áreas de risco muito alto (R4), com indicação das intervenções mais adequadas e estimativas de custo para cada setor, visando embasar projetos de engenharia e captação de recursos. Paralelamente, é essencial fortalecer a gestão das áreas de risco existentes e integrar a cartografia de risco ao planejamento urbano do município, de forma a inibir novas ocupações irregulares e reduzir a proliferação de setores vulneráveis. Essas ações são estratégicas para promover uma ocupação mais segura e sustentável do território de Manaus.

CONTATO MUNICIPAL

Prefeito: David Almeida

e-mail: gvprotta@gmail.com; casacivilmanausam@gmail.com; ascomcasamilitar@gmail.com

Secretário Executivo de Proteção e Defesa Civil: TC PM Agnelo Batista de Lima Júnior

e-mail: sepdec@manaus.am.gov.br

REFERÊNCIAS

- ANDRETTA, E.R.; LADEIRA, L.F.B.; LUZARDO, R.; MARMOS J.L.; SOUZA, A.G.H. Mapeamento das Áreas de Risco Geológico da zona Urbana de Manaus (AM). Manaus: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012. 93p.
- 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 [...]. Brasília, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm. Acesso em: 17 mar. 2023.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Treinamento de técnicos municipais para o mapeamento e gerenciamento de áreas urbanas com risco de escorregamentos, enchentes e inundações. Apostila de treinamento. Brasília, 2004, 73p.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT. Mapeamento de riscos em encostas e margem dos rios. Brasília, 2007. 176 p.
- CPRM. Relatório Final da comissão técnica para identificação das edificações em risco de desabamento da orla de Manaus – AM, Manaus: CPRM, 2001.
- CPRM. Cartografia geotécnica de aptidão à urbanização da zona de expansão de da zona de baixa ocupação da cidade de Manaus – AM. 2019. 50p.
- CPRM. Mapeamento das áreas de risco geológico da zona urbana de Manaus – AM. 2019. 57p.
- EMBRAPA. Programa Nacional de Solos do Brasil - PronaSolos. Brasília, 2022. Disponível em: <https://geoportal.sgb.gov.br/pronasolos/>. Acesso em: 03 jun. 2025.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Sinopse do Censo demográfico 2022. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2022/universo-populacao-e-domicilios-situacao-urbana-ou-rural>. Acessado em: 07 mai. 2025
- LANA, J.; JESUS, D.; ANTONELLI, T. Guia de procedimentos técnicos do Departamento de Gestão Territorial: setorização de áreas de risco geológico. Brasília: CPRM, 2021. v. 3. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22262>. Acesso em: 10 set. 2022.
- SOUZA, A.G.H.; MARMOS, J.L. Nota Explicativa da Delimitação da Mancha de Inundação do Rio Negro na Zona Urbana de Manaus (AM). Manaus: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2021. 17p.

