

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

ESTUDOS SOBRE A INSTABILIDADE DO TERRENO NOS BAIRROS PINHEIRO, MUTANGE E BEBEDOURO, MACEIÓ (AL)

Volume II
RELATÓRIOS TÉCNICOS
A. Mapa de Feições de Instabilidade do Terreno

Rio de Janeiro, maio de 2019



 **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Alexandre Vidigal de Oliveira

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Fernando Pereira de Carvalho

Diretor de Administração e Finanças

Juliano de Souza Oliveira

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

ESTUDOS SOBRE A INSTABILIDADE DO TERRENO NOS BAIRROS PINHEIRO, MUTANGE E BEBEDOURO, MACEIÓ (AL)

Volume II **RELATÓRIOS TÉCNICOS** **A. Mapa de Feições de Instabilidade do Terreno**

Organizadores

Heródoto Goes
Sandra Fernandes da Silva
Tiago Antonelli

Autoria

Etapa 1 – Aquisição de Dados (Junho 2018)

Gilmar Pauli Dias
Heródoto Goes
Júlio Cesar Lana
Larissa Flávia Montandon Silva
Maria Adelaide Mansini Maia
Sandra Fernandes da Silva
Thiago Dutra dos Santos
Tiago Antonelli

Etapa 1 - Interpretação de Dados (Junho 2018)

Gilmar Pauli Dias
Heródoto Goes
Júlio Cesar Lana
Larissa Flávia Montandon Silva
Sandra Fernandes da Silva
Thiago Dutra dos Santos
Tiago Antonelli

Etapa 2 - Aquisição de Dados (Setembro 2018)

Larissa Flávia Montandon Silva
Luiz Fernando dos Santos
Patrícia Mara Lage Simões
Tiago Antonelli

Etapa 2 - Interpretação de Dados (Setembro 2018)

Larissa Flávia Montandon Silva

Luiz Fernando dos Santos

Patrícia Mara Lage Simões

Tiago Antonelli

Etapa 3 - Aquisição de Dados (Março 2019)

Bruno Eldorf

Gilmar Pauli Dias

Heródoto Goes

Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff

Sandra Fernandes da Silva

Tiago Antonelli

Etapa 3 - Interpretação de Dados (Março 2019)

Heródoto Goes

Sandra Fernandes da Silva

Tiago Antonelli

Rio de Janeiro, maio de 2019

COORDENAÇÃO INSTITUCIONAL

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial (DHT): Antônio Carlos Bacelar Nunes

COORDENAÇÃO TÉCNICA-EXECUTIVA

Coordenador-Geral: Thales de Queiroz Sampaio

Coordenação técnica: Maria Adelaide Mansini Maia e Jorge Pimentel, Departamento de Gestão Territorial (DEGET)

Assessoria: Helion França Moreira e Ricardo Moacyr de Vasconcellos, Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial (DHT)

Estudos de geologia aplicada: Sandra Fernandes da Silva, Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP)

Estudos de geomorfológicos e historicidade da ocupação: Marcelo Eduardo Dantas, Divisão de Gestão Territorial (DIGATE)

Estudos hidrogeológicos: Fernando Antônio Carneiro Feitosa, Departamento de Hidrologia (DEHID)

Estudos geofísicos: Lucia Maria da Costa e Silva, Gerência de Geologia e Recursos Minerais/Sup. Reg.de Belém (GEREMI/SUREG-BE), e Luiz Gustavo Rodrigues Pinto, Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica (DISEGE)

Estudos batimétricos: Hortência Assis, Divisão de Geologia Marinha (DIGEOM)

Estudos cartográficos: Fabio Costa, Divisão de Cartografia (DICART)

Modelagem geológica em ambiente 3D: Ricardo Wosniak e Eduardo Grissolia, Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória (DIEMGE)

Geoprocessamento: Denilson de Jesus, Divisão de Geoprocessamento (DIGEOP)

EQUIPE TÉCNICA

Alexandre Borba (Geólogo)

Alexandre Lago (Geólogo)

Amaro Luiz Ferreira (Geólogo)

Bruce Fabini Franco Chiba (Geofísico)

Bruno Elldorf (Geólogo)

Cipriano Gomes de Oliveira (Téc. em Geociências)

Daniel Moreira (Eng. Cartógrafo)

Dario Dias Peixoto (Geólogo)

Denilson de Jesus (Eng. Cartógrafo)

Eduardo Moussalle Grissolia (Geólogo)

Eugênio Pires Frazão (Geólogo)

Fábio Silva da Costa (Eng. Cartógrafo)

Fernando Antônio Carneiro Feitosa (Geólogo)

Fernando Lúcio Borges Cunha (Geólogo)

Giana Grupioni Rezende (Eng. Cartógrafo)

Gilmar Pauli Dias (Geólogo)

Heródoto Goes (Geólogo)

Hiran Silva Dias (Analista de sistemas)

Hortência Maria Barboza de Assis (Geóloga)

Ítalo Prata de Menezes (Geólogo)

Ivan Soares dos Santos (Téc. em Geociências)

Jairo Jamerson Correia de Andrade (Geofísico)

João Batista Freitas de Andrade (Geólogo)

Jorge Pimentel (Geólogo)

Jose Antônio da Silva (Geólogo)

Juliana Moraes (Geóloga)

Júlio Cesar Lana (Geólogo)

Larissa Flávia Montandon Silva (Geóloga)

Leandro Galvanese Kuhlmann (Geólogo)

Loury Bastos Mello (Geóloga)

Lúcia Maria da Costa e Silva (Geóloga)

Luiz Antônio R. Almendra (Téc. em Geociências)

Luiz Gustavo Rodriguez Pinto (Geofísico)

Marcelo Ambrósio Ferrassoli (Geólogo)

Marcelo de Queiroz Jorge (Geólogo)

Marcelo Eduardo Dantas (Geógrafo)

Marcio Junger Ribeiro (Téc. em Geociências)

Márcio Martins Valle (Oceanógrafo)

Maria Adelaide Mansini Maia (Geóloga)

Marília de Araújo Costa Rodrigues (Geofísica)

Nilo Costa Pedrosa Júnior (Geólogo)

Patrícia Durringer Jacques (Geóloga)

Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff (Geólogo)

Rafael Corrêa de Melo (Geólogo)

Ricardo Cavalcanti Santiago (Geofísico)

Ricardo Duarte de Oliveira (Eng. Cartógrafo)

Ricardo Wosniak (Geólogo)

Roberto Gusmão de Oliveira (Geólogo)

Rodrigo Luiz Gallo Fernandes (Geólogo)

Ronaldo Gomes Bezerra (Geólogo)

Rubens Esteves Kenup (Eng. Cartógrafo)

Rubens Pereira Dias (Geólogo)

Sandra Fernandes da Silva (Geóloga)

Thales de Queiroz Sampaio (Geólogo)

Thiago Dutra dos Santos (Geólogo)

Tiago Antonelli (Geólogo)

Valter José Marques (Geólogo)

Vanildo Almeida Mendes (Geólogo)

Victor Augusto Hilquias Silva Alves (Geólogo)

ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO

Warley Aparecido Pereira (Jornalista)
Letícia de Barros Alves Peixoto (Jornalista)
Pedro Henrique Pereira dos Santos (Comunicador Organizacional)

ASSESSORIA JURÍDICA

Vilmar Medeiros Simões (Consultor Jurídico)

COLABORAÇÃO E AGRADECIMENTOS

Prof. Dr. Aderson Farias do Nascimento, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Prof. Dr. André Etienne Ferraz, Universidade Federal Fluminense (UFF)
Prof. Dr. André Ferrari, Universidade Federal Fluminense (UFF)
Prof. Dr. Emanuel Jardim de Sá, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Geólogo Guilherme Estrela, Ex-diretor de Exploração e Produção da Petrobras
Prof. Dr. Luiz Antônio Pierantoni Gamboa, Universidade Federal Fluminense (UFF)
Geólogo Ricardo Latgé Milwart de Azevedo, Conselho-Diretor do Clube de Eng. e Conselheiro do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio de Janeiro (CREA-RJ)
Prof. Me. Abel Galindo Marques, Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Profa. Dra. Regla Toujaguez La Rosa Massahud, Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Prof. Me. Nagib Charone, Universidade Federal do Pará (UFPA)
Governo do Estado de Alagoas
Prefeitura de Maceió
Defesa Civil Nacional
Defesa Civil do Estado de Alagoas
Defesa Civil de Maceió
59º Batalhão de Infantaria Motorizada
Equatorial Energia Alagoas
United States Geological Survey (USGS)

APOIO CPRM

Coordenação de Eventos e Cerimonial (DIG)	Divisão de Cartografia (DICART)
Departamento de Gestão Territorial (DEGET)	Divisão de Informática (DIINFO)
Departamento de Hidrologia (DEHID)	Superintendência Regional de Belém (SUREG-BE)
Departamento de Administração de Material e Patrimônio (DEAMP)	Superintendência Regional de Belo Horizonte (SUREG-BH)
Departamento de Contabilidade, Orçamento e Finanças (DECOF)	Superintendência Regional de Goiânia (SUREG-GO)
Departamento de Informações Institucionais (DEINF)	Superintendência Regional de Manaus (SUREG-MA)
Divisão de Editoração Geral (DIEDIG)	Superintendência Regional de Recife (SUREG-RE)
Divisão de Gestão Territorial (DIGATE)	Superintendência Regional de Salvador (SUREG-SA)
Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP)	Superintendência Regional de São Paulo (SUREG-SP)
Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica (DISEGE)	Residência de Fortaleza (REFO)
Divisão de Geologia Marinha (DIGEOM)	Residência de Porto Velho (REPO)
Divisão de Economia Mineral e Geologia Exploratória (DIEMGE)	Residência de Teresina (RETE)
Divisão de Geoprocessamento (DIGEOP)	Escritório do Rio de Janeiro
	Sede Administrativa Brasília/DF

APRESENTAÇÃO

Historicamente, o bairro Pinheiro, localizado no município de Maceió (AL), vem apresentando inúmeras fissuras, trincas, rachaduras e afundamentos em moradias e vias públicas. O fenômeno se intensificou com a forte chuva de verão de 15 fevereiro de 2018 e o evento sísmico de magnitude regional igual a 2,4 de 3 de março de 2018 ocorridos na região, que levaram inclusive à interdição de diversas moradias.

Em decorrência, foi solicitada a presença de técnicos do Serviço Geológico do Brasil - CPRM por meio dos ofícios nº 044/2018 – CEDEC-AL e nº 34/2018 – PJC/MPE/AL para auxiliar na investigação das causas do fenômeno responsável pelos danos gerados a alguns imóveis e vias públicas localizados no bairro Pinheiro, posteriormente identificados também nos bairros vizinhos do Mutange e Bebedouro, o que levou à extensão da investigação.

Os resultados obtidos até a presente data pelos diversos métodos investigativos utilizados pela CPRM no período de junho de 2018 a abril de 2019 estão organizados nos seguintes três volumes, com pormenores sobre a metodologia utilizada, de modo a responder a portaria MME nº 20 de 11 de janeiro de 2019, que se refere à designação do Serviço Geológico do Brasil para elucidar as causas do fenômeno.

➤ **Volume I – Estudos sobre a instabilidade do terreno nos bairros Pinheiro, Mutange e Bebedouro, Maceió (AL): relatório síntese dos resultados nº 1.**

Apresenta os principais resultados obtidos nas investigações de forma resumida e adequada ao público não especialista.

➤ **Volume II – Relatórios Técnicos**

Compreende os seguintes relatórios que embasaram o volume I, que poderão sofrer seja atualização, seja aprofundamento, com o avanço dos trabalhos ou aquisição de novas informações:

- A. Mapa de feições de instabilidade do terreno
- B. Levantamento interferométrico
- C. Levantamento cartográfico
- D. Aspecto geológico e estrutural
- E. Aspecto geomorfológico e do histórico de ocupação do bairro
- F. Caracterização geológico-geotécnica
- G. Geofísica – Radar de Penetração do Solo (GPR) em residências e em vias públicas
- H. Geofísica – Batimetria na lagoa Mundaú
- I. Geofísica – Eletrorresistividade

- J. Geofísica – Gravimetria
- K. Geofísica – Audiomagnetotelúrico (AMT)
- L. Geofísica – Sismologia
- M. Hidrogeologia
- N. Integração de dados geológicos e de extração de sal em ambiente 3D

➤ **Volume III – Sistema de Informações Geográficas**

Reúne as informações vetoriais e matriciais georreferenciadas (geoinformação) utilizadas ou geradas pelo presente estudo, organizadas no Sistema de Informação Geográfica (SIG), para uso em *softwares* de geoprocessamento. Os dados estão no formato *shapefile*, com projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM) 25S, Datum SIRGAS2000.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	8
METODOLOGIA	10
RESULTADOS.....	13
SUGESTÕES	20
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	21

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Em atendimento aos ofícios nº 044/2018 – CEDEC-AL e nº 34/2018 – PJC/MPE/A, o SGB-CPRM realizou nos dias 12 e 13 de março de 2018 reuniões e vistorias as áreas possivelmente afetadas pelo evento. Em 15 de maio de 2018, por meio do ofício nº 082/2018 – GSA/SAEDEC foi solicitada audiência com o Diretor-Presidente do SGB-CPRM para tratar de assuntos relacionados à instabilidade do terreno do Bairro Pinheiro. Nessa audiência, ocorrida no dia 23 de maio de 2018, foi instituído um grupo de trabalho constituído pela Prefeitura Municipal de Maceió e instituições do Governo Federal, como o Serviço Geológico do Brasil, Agência Nacional de Mineração, Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD-MI) e Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

No dia 7 de junho de 2018, o grupo de trabalho esteve reunido na Prefeitura de Maceió, quando foi então apresentada uma versão preliminar do Plano de Trabalho para investigação e diagnóstico da instabilidade do terreno do Bairro Pinheiro, bem como uma expedita visita ao local afetado. Ao término dessa reunião, ficou clara a necessidade de uma avaliação superficial criteriosa das evidências de instabilidade presentes na área de estudo.

Dessa forma, tendo em vista o contexto apresentado, o SGB-CPRM expõe no presente relatório os resultados provenientes dos levantamentos das feições de instabilidade existentes, principalmente no Bairro Pinheiro, incluindo também, o Mutange e os bairros do Bebedouro e Farol, cujos objetivos são:

- Identificar as principais características e áreas de influência do processo de instabilidade do terreno do Bairro Pinheiro;
- Identificar áreas de maior intensidade das feições de instabilidade;
- Apontar as áreas prioritárias para avaliação da equipe de engenharia sobre as condições estruturais das edificações;
- Subsidiar a elaboração de um Plano de Contingência;
- Subsidiar a escolha e locação das futuras investigações.

A primeira etapa desta avaliação superficial ocorreu entre 19 e 25 de junho de 2018, com o acompanhamento da equipe da Defesa Civil Municipal, e resultou na elaboração do Mapa de Feições de Instabilidade do Terreno (Versão 1), bem como da primeira versão do presente Relatório Técnico. No período compreendido entre os dias 24 e 26 de setembro de 2018, o SGB-CPRM realizou juntamente com a Defesa Civil Municipal a segunda etapa de vistorias técnicas no bairro do Pinheiro e bairros adjacentes, para identificação e análise de feições de instabilidade que não haviam sido cartografadas em junho. A terceira campanha para

atualização do Mapa de Feições ocorreu nos meses de fevereiro e março de 2019. Nesta etapa foram vistoriadas áreas dos bairros Pinheiro, Farol, Bebedouro e Mutange com acompanhamento da Defesa Civil Municipal de Maceió.

METODOLOGIA

A figura 1 apresenta as etapas do trabalho desenvolvido.



Figura 1. Etapas de trabalho.

No dia 24 de junho foi realizada uma reunião com os integrantes da Defesa Civil Dinário Lemos e Arthur Rodas durante a qual foram complementadas as informações pré-existentes sobre o evento do Bairro Pinheiro e definida a logística para os levantamentos de campo.

A coleta de dados foi baseada em um formulário de evidências (Fig. 2), cujos campos de preenchimento se dividem em:

- Localização
- Caracterização das trincas no terreno
- Caracterização das trincas nas paredes e muros das construções
- Medidas
- Construções
- Tipo de ocupação
- Danos
- Descrição
- Qualificação
- Registro fotográfico.



Formulário de Evidências

FID

Localização

Código do Setor

Zona UTM-E

UTM-N

Data da avaliação

Pesquisador 1

Pesquisador 2

Trincas [Terreno]

<input type="checkbox"/> Ausente	<input type="checkbox"/> Abertura Menor que 1 cm	<input type="checkbox"/> Persistência Menor que 10 cm	<input type="checkbox"/> Quantidade 1
<input type="checkbox"/> Presente	<input type="checkbox"/> Entre 1 - 3 cm	<input type="checkbox"/> Entre 10-50 cm	<input type="checkbox"/> 2
<input type="checkbox"/> Marcante [Quantidade] <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Maior que 3 cm	<input type="checkbox"/> Entre 50 cm - 1 m	<input type="checkbox"/> 3
<input type="checkbox"/> Marcante [Dimensão] <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Outros <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Maior que 1 m	<input type="checkbox"/> 4
			<input type="checkbox"/> 5
			<input type="checkbox"/> 6
			<input type="checkbox"/> 7
			<input type="checkbox"/> 8
			<input type="checkbox"/> 9
			<input type="checkbox"/> 10
			<input type="checkbox"/> 15
			<input type="checkbox"/> 20

Trincas [Paredes & Muros]

<input type="checkbox"/> Ausente	<input type="checkbox"/> Abertura Menor que 1 cm	<input type="checkbox"/> Persistência Menor que 10 cm	<input type="checkbox"/> Quantidade 1
<input type="checkbox"/> Presente	<input type="checkbox"/> Entre 1 - 3 cm	<input type="checkbox"/> Entre 10-50 cm	<input type="checkbox"/> 2
<input type="checkbox"/> Marcante [Quantidade] <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Maior que 3 cm	<input type="checkbox"/> Entre 50 cm - 1 m	<input type="checkbox"/> 3
<input type="checkbox"/> Marcante [Dimensão] <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Outros <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Maior que 1 m	<input type="checkbox"/> 4
			<input type="checkbox"/> 5
			<input type="checkbox"/> 6
			<input type="checkbox"/> 7
			<input type="checkbox"/> 8
			<input type="checkbox"/> 9
			<input type="checkbox"/> 10
			<input type="checkbox"/> 15
			<input type="checkbox"/> 20

Vertical

Horizontal

Inclínada

Escalonada Horizontal

Escalonada Vertical

Escalonada Inclínada

Escalonada Descontínua

Escalonada Cisalhante

MEDIDAS

Orientação Principal	Tipo	Azimute	Mergulho	Persistência	Abertura	OBS
<input type="checkbox"/> N-NE <input type="checkbox"/> S-SW <input type="checkbox"/> NE-E <input type="checkbox"/> SW-W <input type="checkbox"/> E-SE <input type="checkbox"/> W-NW <input type="checkbox"/> SE-S <input type="checkbox"/> NW-N						

CONSTRUÇÕES

 Madeira
 Mistas
 Alvenaria
 Com fundação estrutural
 Sem fundação estrutural
 1 Pavimento
 2 Pavimentos
 3 ou mais Pavimentos

OCUPAÇÃO

 Residencial
 Industrial
 Hospital
 Escola
 Descarte de água inadequado
 Obras de drenagem
 Corte e Aterro
 Aterro e Lixões

DANOS

 Óbitos
 Feridos
 Danos parciais
 Danos totais
 Via interdita
 Via destruída
 Via com evidências

DESCRIÇÃO DO SETOR

INTENSIDADE

 Muito Intenso Intenso Moderado Não evidente

Figura 2. Formulário de evidências.

O termo trinca foi empregado de forma genérica para caracterizar as rupturas observadas no terreno, nas paredes e muros das construções, sem classificá-las em função de sua abertura.

A qualificação do grau de intensidade das evidências foi realizada considerando-se a quantidade, abertura e persistência das trincas levantadas em campo, de acordo com os parâmetros relacionados na ficha de campo (Fig. 2).

Nas etapas 1 e 2, realizadas em junho e setembro de 2018, o caminhamento no Bairro Pinheiro foi realizado a partir das indicações da Defesa Civil Municipal acerca das edificações que apresentavam ocorrências de trincas ou demais indícios de instabilidade. Foi realizado caminhamento nas áreas adjacentes às edificações mapeadas para averiguação de possível continuidade dos sinais de instabilização, mesmo que em menor intensidade

Os trabalhos de vistoria executados na etapa 3 (fevereiro a março de 2019) foram embasados nos resultados do estudo de Interferometria realizado pela TELESPAZIO (período de 2016 a 2018). O caminhamento foi estendido para regiões a norte e sul do Bairro Pinheiro, com intuito de verificar a existência de feições de instabilidades nas adjacências do mesmo. Importante destacar que alguns locais não foram vistoriados, por recomendação da Defesa Civil Municipal, em decorrência de situação de violência existente em comunidades sociais.

A área de avaliação no Bairro foi estendida nas etapas 2 e 3 com objetivo de melhor compreender a abrangência das feições de instabilidade do terreno (Fig. 3).

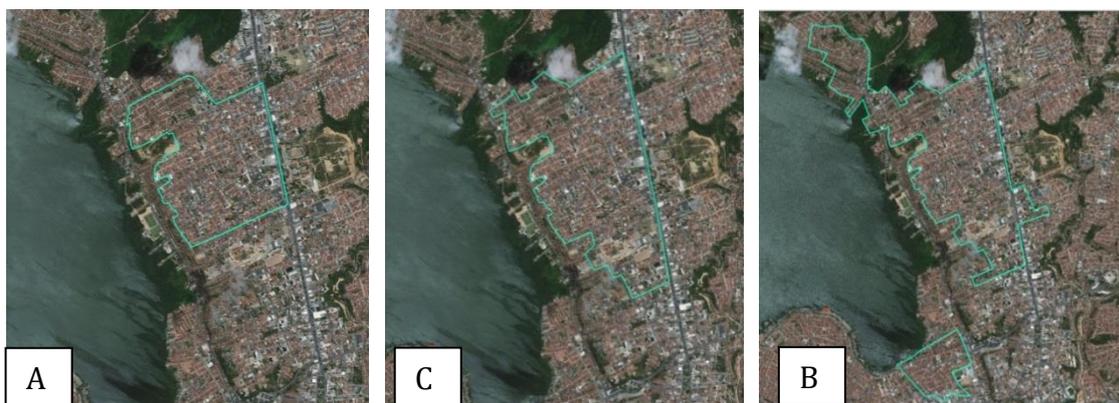


Figura 3. Limites das áreas vistoriadas para verificação evidências de instabilidade do terreno. A) Área vistoriada em junho/2018. B) Área vistoriada em setembro/2018. C) Área vistoriada entre fevereiro e março/2019.

RESULTADOS

Como resultado dos caminhamentos executados nas etapas 1, 2 e 3 três classes de feições que caracterizam o grau de instabilidade do terreno foram identificadas pelo trabalho. As características de cada classe são descritas a seguir.

Alta intensidade de feições de instabilidade do terreno

As áreas delimitadas e indicadas pela cor vermelha no Mapa de Feições de Instabilidade do Terreno (**APÊNDICE B - VOLUME I**), de alto grau de intensidade de feições de instabilização, são aquelas em que ocorre maior expressividade nas evidências, tanto pela quantidade de fissuras, trincas e rachaduras encontradas, como também pela maior abertura e persistência observadas, além da presença de sumidouros (Fig. 4). Caracterizam-se pela ocorrência de trincas e rachaduras com direção NNW-SSE, ora em faixas largas com dezenas de evidências, ora em ocorrências mais estreitas, sempre com trincas alinhadas, persistentes e repetitivas na rua, calçada, pisos, muros e paredes das construções. Na porção mais ao sul, as trincas principais passam a apresentar a direção N-S predominantemente, direção que coincide com a fenda que surgiu em 2010 nesse local. Há ainda várias trincas secundárias com direção NE-SW que são observadas de forma mais localizada em algumas porções da área. Há várias edificações com trincas e rachaduras consideráveis no piso, paredes, lajes, além de algumas construções com interdições parciais e totais efetuadas pela Defesa Civil.

Média intensidade de feições de instabilidade do terreno

As áreas delimitadas e indicadas pela cor laranja, de médio grau de intensidade de feições de instabilização do terreno, são caracterizadas pela presença de fissuras e trincas com direção principal NNW-SSE e direção N-S. De maneira subordinada à direção principal ocorre também a direção NE-SW. As fissuras e trincas estão presentes nas paredes e muros, apresentam persistência de mais de 1 metro de comprimento e abertura milimétrica. As feições observadas no piso são frequentemente pouco significativas, com persistência menor que 0,8 metros e fechadas. Nas proximidades com as áreas vermelhas, as trincas no piso e teto tornam-se mais persistentes e comumente aproveitam as zonas de fraqueza da construção, tais como rejuntas e emendas de paredes e piso para se propagarem (Fig. 5).



Figura 4. Características das trincas que retratam a área de alta instabilidade no terreno

Baixa intensidade de feições de instabilidade do terreno

As áreas delimitadas e indicadas pela cor amarela, de baixo grau de intensidade de feições de instabilização do terreno, são caracterizadas por fissuras e trincas com direção principal NNW-SSE. As fissuras e trincas verticais presentes nos muros e paredes normalmente são coincidentes nos dois lados da rua e se repetem em faixa de aproximadamente 50 metros ao longo dos quarteirões. Apresentam persistência maior que 1 metro e abertura milimétrica. É comum a ocorrência de trincas horizontais nas paredes, também com persistência maior que 1 metro e fechadas. Quando observadas no piso, as fissuras comumente são pouco persistentes e fechadas (Fig.5).



Figura 5. Características das trincas que retratam a área de média instabilidade no terreno



Figura 6. Características das trincas que retratam a área de baixa instabilidade no terreno

A linha em azul do Mapa de Feições de Instabilidade do Terreno (Fig. 3) representa a área vistoriada pelo SGB-CPRM em todas as campanhas de campo realizadas com apoio da Defesa Civil de Maceió. As áreas não demarcadas em amarelo, laranja ou vermelho possuem

baixa intensidade ou ausência de feições de instabilidade do terreno. É recomendado que esta área seja monitorada com frequência para avaliação do possível surgimento, evolução, continuidade ou extensão dos sinais de instabilização, para atualização das áreas de baixa, média e alta intensidade desses sinais.

A análise das orientações das rupturas encontradas em campo permite diferenciar pelo menos três orientações preferenciais das trincas. A orientação principal ocorre com direção NNW-SSE, secundariamente aparecem às direções N-S e NE-SW (Fig. 7).



Figura 7. Trincas com orientações distintas, principal (NNW-SSE) e secundária (NE-SW). (para identificação dos padrões regionais, levou-se em conta apenas aquelas direções espacialmente persistentes)

É importante destacar que alguns moradores realizaram obras preventivas com objetivo de estabilizar a estrutura das construções. Entretanto, em sua maioria, o processo de abertura continua ativo (Fig. 8).



Figura 8. Feições indicativas que o processo de abertura continua ativo.

Moradores relataram diversos pontos de afundamento do terreno, formando buracos e erosões de pequeno a médio porte (Fig. 9).



Figura 9. Surgimento de buracos e erosões de pequeno a médio porte nas vias (fotos retiradas do relatório preliminar da Defesa Civil de Alagoas).

O mapa atualizado na etapa 3 com a identificação das áreas classificadas por grau de intensidade dos sinais de instabilidade, suas direções e a localização dos pontos de campo é apresentado na figura 10, de maneira simplificada, bem como, no **APÊNDICE B - VOLUME I**.

Destaques importantes

Durante a segunda etapa de campo, o SGB-CPRM vistoriou dois pontos nos quais a Defesa Civil de Maceió constatou evolução das feições de instabilidade do terreno no período entre junho e setembro. As vistorias realizadas não resultaram em alteração do grau de instabilidade do terreno, nem na expansão (em área) da classe identificada na primeira etapa (1).

Na terceira etapa de campo, o SGB-CPRM não revisitou nenhuma área. Foram priorizadas as vistorias em novas áreas.

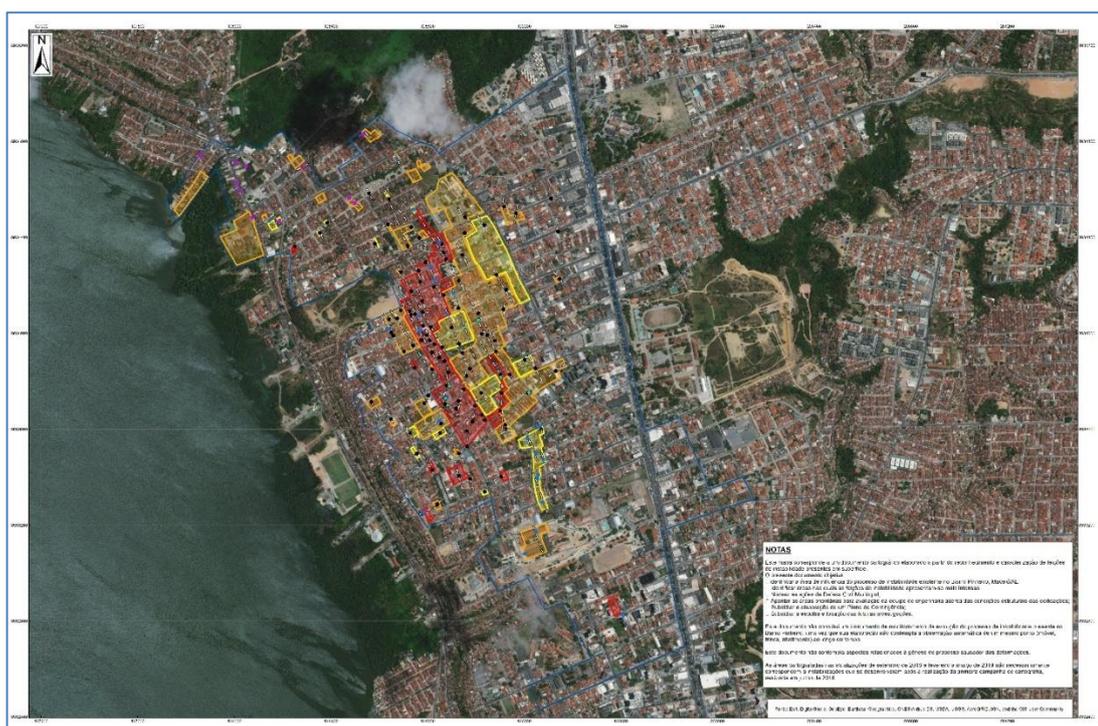


Figura10. Mapa simplificado de feições de instabilidade do terreno do Bairro Pinheiro.

Interação do mapa de feições de Instabilidade com outras investigações

Neotectônica e geologia estrutural

Os trabalhos de campo realizados para os estudos de geologia estrutural e neotectônica possibilitaram a confirmação das direções das feições, representadas por trincas e rachaduras nas direções NNW-SSE, N-S e NE-SW, como sendo estruturas com orientações regionais, isto é, ocorrem de forma amplamente distribuídas nas rochas da região. Os estudos possibilitaram, também, estabelecer a correlação entre os processos erosivos que ocorrem no bairro Pinheiro nas áreas mais afetadas, com as estruturas principalmente de direção NS e mergulho vertical. Ao longo dessas estruturas, que são penetrativas nas rochas sedimentares do Grupo Barreiras, ocorre a infiltração e percolação das águas provenientes das chuvas, dos "sumidouros", das fossas e de rupturas nas tubulações de fornecimento de água, que atuarão no desenvolvimento de processos erosivos de *piping* e ravinas, que poderão evoluir para voçorocas.

Levantamento interferométrico

O levantamento interferométrico contribuiu para o entendimento de diversos aspectos relacionados ao processo de rupturas no bairro do Pinheiro. A interferometria possibilitou, também, o melhor entendimento da distribuição espacial das faixas de intensidade de feições caracterizadas como alta (vermelho), média (laranja) e baixa (amarela), pois a ocorrência dessas faixas localiza-se exatamente na faixa de transição entre áreas que não estão sob acelerações expressivas (consideradas estáveis - verdes na interferometria) e aquelas que estão acelerando e deformando (pontos laranjas e vermelhos na interferometria).

SUGESTÕES

Com base nas avaliações realizadas e expostas no presente relatório, cabe apontar a título de sugestão:

- Implantar Plano de Contingência Municipal contemplando, especialmente, as especificidades do Bairro Pinheiro,
- Implantar núcleos de apoio comunitário, a fim de facilitar a comunicação entre população e Defesa Civil;
- Desenvolver estudos de vulnerabilidade estrutural nas áreas de influência do processo, preferencialmente realizados por técnico especializado e habilitado - Engenheiro Civil;
- Desenvolver estudos de vulnerabilidade social nas áreas de influência do processo;
- Desenvolver e implementar projetos de drenagem urbana e canalização do esgotamento sanitário, com objetivo de minimizar a infiltração de efluentes no terreno e, conseqüentemente, sua saturação;
- Desenvolver estudos hidrogeológicos, com intuito de entender as características do aquífero existente na região, bem como suas possíveis influências no processo instalado;
- Implantar e intensificar o monitoramento da evolução do processo, por meio de:
 - ✓ Instalação de réguas nas trincas existentes, bem como a leitura e registro diário das medições, a fim de caracterizar a evolução do processo das diferentes áreas do bairro, com o cuidado de padronizar as réguas e sua colocação, além da forma de leitura e do registro das informações;
 - ✓ Instalação e adensamento da rede de monitoramento sísmico na região, especialmente nas imediações do Bairro Pinheiro;
 - ✓ Ampliar o período de monitoramento interferométrico abrangendo anos anteriores a 2016 e ampliando o imageamento para os anos de 2019 e 2020;
 - ✓ Dar continuidade ao monitoramento da evolução do processo com a atualização constante do mapa de feições de instabilidade a ser executado por agentes da Defesa Civil Estadual e Municipal, principalmente, incluindo também alunos de pós-graduação da UFAL;
 - ✓ Estruturar a Defesa Civil Estadual e Municipal, especialmente por meio da capacitação de técnicos ministrado pelo Serviço Geológico do Brasil para a execução dos trabalhos de vistoria e atualização do mapa de feições de instabilidade e outras ações de monitoramento e prevenção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os levantamentos efetuados em campo e a integração dos dados em escritório permitiram a caracterização de três zonas distintas na área afetada de acordo com a intensidade de atingimento, dado pela quantidade, abertura e persistência das trincas mapeadas.

As três zonas foram distinguidas em alto, médio e baixo grau de intensidade e estão representadas no mapa de feições de instabilidade do terreno (**APÊNDICE B - VOLUME I**), com as devidas atualizações provenientes da terceira etapa de campo (fevereiro e março de 2019). Esse mapa tem o intuito de embasar a continuidade dos estudos que busquem a identificação das causas desse fenômeno e também de nortear os trabalhos de Defesa Civil, tais como, campanhas de esclarecimento, monitoramento e até interdições.

Em comparação ao mapeamento realizado em setembro de 2018, foram observadas novas áreas com sinais de instabilidade do terreno (deformação em imóveis). Entretanto, cabe ressaltar que não é possível afirmar com segurança se as feições de instabilidade cartografadas nessa etapa se desenvolveram posteriormente às campanhas anteriormente realizadas.

É de suma importância ressaltar que o levantamento apresentado não pode ser considerado um mapeamento de áreas de risco geológico. Tampouco foi realizada a avaliação da vulnerabilidade das edificações.

O Mapa de Feições de Instabilidade do Terreno do Bairro Pinheiro constitui um documento cartográfico elaborado a partir do reconhecimento de feições de instabilidade em superfície e não constitui um instrumento de monitoramento, uma vez que sua metodologia não contempla a observação sistemática de um mesmo ponto ou feição (casa, trinca, abatimento) ao longo do tempo.

Cabe por fim esclarecer que, conforme depoimentos colhidos dos moradores locais e relatos da própria Defesa Civil Municipal, a existência dos indícios de instabilidade no terreno do Bairro Pinheiro é muito anterior aos intensos eventos pluviométricos e abalo sísmico ocorridos em 2018. Foi relatada por moradores a ocorrência de trincas nas edificações há 2, 5 e até 10 anos, o que aponta para condição de processo de deformação ativa por um período igual ou superior a 10 anos.