

**COORDENADORIA ESPECIAL MUNICIPAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL -  
COMPDEC/MACEIÓ**

**DEFESA CIVIL NACIONAL**

**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM/SGB**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE**

**ATUALIZAÇÃO DO MAPA DE SETORIZAÇÃO DE DANOS E DE LINHAS DE  
AÇÕES PRIORITÁRIAS**

**MAPA DE SETORIZAÇÃO DE DANOS  
E DE LINHAS DE AÇÕES PRIORITÁRIAS**

**VERSÃO 04 – DEZEMBRO 2020**

Maceió (AL), dezembro de 2020.



## **PREFEITURA DE MACEIÓ**

### **Prefeito de Maceió**

Rui Soares Palmeira

### **Secretário Municipal de Governo**

Jailton Santos Costa

## **COORDENADORIA MUNICIPAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL**

### **Coordenador Municipal de Proteção e Defesa Civil**

Dinário Augusto Lemos Junior

### **Coordenador do Centro Integrado de Monitoramento e Alerta de Defesa Civil**

Joanna Carolina Cavalcante Borba

### **Coordenador do Núcleo de Geociências do CIMADEC**

Antonioni Duarte Lins Guerrera

Walber Mendes Gama

### **Coordenador do Núcleo de Engenharia Civil do CIMADEC**

Dayvisson de Lima Rodrigues

Victor Gama Carnaúba Azevedo

### **Defesa Civil Nacional**

Paulo Roberto Farias Falcão

### **Universidade Federal de Pernambuco**

Roberto Quental Coutinho

Luís Edmundo Prado Campos

### **Serviço Geológico do Brasil**

Leandro Kuhlmann



## Sumário

1. OBJETO .....	4
2. INTRODUÇÃO.....	4
3. REVISÃO CONCEITUAL.....	6
4. DADOS E PARÂMETROS UTILIZADOS.....	8
4.1 Consideração dos relatórios técnicos entregues pela BRASKEM.....	9
5. RESULTADOS .....	12
5.2 Áreas com mudança de criticidade - de Monitoramento para realocação .....	12
5.2 Áreas que passarão a ser monitoradas.....	19
6. SUGESTÕES A RESPEITO DO MONITORAMENTO .....	22
7. MAPA DE LINHAS DE AÇÕES PRIORITÁRIAS, VERSÃO 4 - DEZEMBRO, 2020.....	23
7.1 Revisão da legenda .....	23
7.2 Mapa de linhas de ações prioritárias – versão 4.....	25
8. CONCLUSÕES .....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Áreas e pontos críticos considerados nos estudos .....	11
Figura 2 - Áreas com mudança de criticidade .....	12
Figura 3 - Edificações de nível 4 atribuídas pela Junta Técnica dentro das áreas de mudança de criticidade .....	13
Figura 4 - Valores interferométricos interpolados de Velocidade média (mm/ano) – Subsistência. ....	14
Figura 5 - Feições mapeadas para área do Setor 0 e danos causados .....	15
Figura 6 - Danos ocasionados pela movimentação do solo para Setor 0. ....	16
Figura 7 - Danos e feições em área de Encosta (Setor 1).....	17
Figura 8 - Áreas com mudança de criticidade inseridas em quase sua totalidade no limite proposto pela ACCMS. ....	18
Figura 9 - [1] Isolinhas de movimentação tendo limite considerado valores de -5mm/ano (Fonte: ACCMS, 2020). [2] Mesmas taxas de movimentação associado a Linha de limite de movimentação proposta no estudo. ....	19
Figura 10 - Danos averiguados em campo em área com taxa de subsidência <-5 mm/ano. ....	20
Figura 11 - Inserção de áreas de monitoramento (criticidade 01) nas regiões sul e norte/noroeste e residências pontuais com criticidade 00 (bairro do Farol).....	21
Figura 12 - Mudança de cores associado a criticidade visando simplificação da leitura. Verde Cítrico = realocação e Verde Escuro = Monitoramento .....	23

## 1. OBJETO

Descritivo técnico sumarizado da metodologia de avaliação do processo de verificação da causalidade entre feições de danos e o processo de instabilidade nos bairros do Pinheiro e adjacências, Maceió - AL. Estado da arte da análise do processo, sem objetivo de prover uma avaliação final devido ao caráter contínuo e mutável.

## 2. INTRODUÇÃO

A atuação das entidades integrantes do SINPDEC - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil sobre o fenômeno de instabilidade do terreno nos bairros do Pinheiro e adjacências em Maceió – Alagoas, se iniciou em março de 2018, quando um sismo de pequenas proporções afligiu a cidade de Maceió, após verificar o cenário, a Defesa Civil Municipal solicitou o apoio do Governo Federal, por meio do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres - CENAD, e apoio da CPRM/SGB Serviço Geológico do Brasil. A partir desse momento a CPRM/SGB mobilizou uma equipe de pesquisadores para atuar no local. Em maio de 2018, uma comitiva da Prefeitura de Maceió se reuniu em Brasília com representantes da CPRM/SGB e da ANM - Agência Nacional de Mineração. Em audiência ocorrida em 23 de maio de 2018, constituiu-se um grupo de trabalho multidisciplinar, envolvendo a CPRM/SGB, a ANM, o CENAD e a UFRN - Universidade Federal do Estado do Rio Grande do Norte. Em dezembro de 2018 a Prefeitura de Maceió solicitou o decreto de calamidade pública. Em janeiro de 2019, após determinação presidencial, a Portaria nº 20, de 11 de janeiro de 2019, do Ministério de Minas e Energia fixou orientações e diretrizes referentes aos trabalhos da CPRM/SGB para identificação das causas de instabilidade geológica na região do Bairro Pinheiro, Maceió – AL. Em março de 2019 foi realizada audiência pública no Senado Federal, para discussão do andamento da pesquisa. Em maio de 2019 a CPRM/SGB apresentou o resultado conclusivo dos estudos, apontando as ações de extração de sal-gema como causadora do fenômeno. Em junho de 2019 a Defesa Civil Municipal divulgou o Mapa de Linhas e Ações Prioritárias, classificando a área de acordo com tipologias de processo e nível de criticidade. Em novembro de 2019 uma audiência pública na Câmara dos Deputados trouxe novamente o debate sobre o tema. Em janeiro de 2020, o MPF - Ministério Público Federal, que acompanhou estreitamente todo o caso, fechou um acordo extrajudicial,



fixando termos para tomada de ações preventivas e salvaguarda da vida da população, além de acertos financeiros; nesse acordo a Braskem S. A. aceitou se responsabilizar pelas ações de prevenção antes dos trâmites jurídicos. A partir de julho de 2020, foi implantado o Projeto Maceió: FADE – UFPE / DC Maceió / BRASKEM. Em julho de 2020, após grande volume de realocações, a Defesa Civil Municipal lançou a primeira atualização do Mapa de Linhas e Ações Prioritárias, reclassificando algumas áreas em relação aos níveis de criticidade. Em setembro de 2020 a Defesa Civil Municipal divulgou a segunda atualização do mapa, seguindo os mesmos critérios de avaliação de criticidade. Durante todo o processo, houveram intensas discussões técnicas sobre as perspectivas de avanço do processo e constatado grande nível de incerteza. Ao longo dos anos de 2019 e 2020 houveram diversas reuniões no CREA/AL – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Alagoas e no CONFEA – Conselho Nacional de Engenharia e Agronomia, em Brasília; os conselhos receberam participantes da CPRM, da Defesa Civil Municipal, da Defesa Civil Nacional e da Universidade Federal de Pernambuco, representada pelo Prof. Roberto Coutinho; a ANM – Agência Nacional de Mineração também recebeu representantes da CPRM para discussões técnicas. A partir de agosto de 2020, uma série de relatórios da própria consultoria da Braskem reportaram um novo limite da área já sob efeito do processo e também a perspectiva de aumento da área atingida; além disso, os relatórios sugerem momentos críticos para a deformação do terreno em 2020 para algumas áreas e até 2030 em outras regiões. Diante desses fatos e de novos registros de danos em superfície, formou-se grupo de trabalho em Maceió entre os dias 5 e 9/10/2020 para discutir em escritório e em campo uma ampliação da área classificada como Criticidade 01 e a definição de áreas com criticidade 00.



### 3. REVISÃO CONCEITUAL

Existem dois processos primários atuantes na região e com origem na atividade de mineração: o primeiro é o afundamento gradual do terreno, ou subsidência, essa deformação se origina de outra deformação em profundidade, a camada de sal flui para dentro dos vazios abertos e conseqüentemente diminui em espessura, o reflexo é o atingimento da área identificada com subsidência; o segundo processo primário é o colapso progressivo das cavidades, as cavidades foram abertas originalmente a cerca de 900 a 1100m de profundidade e tem colapsado ao longo de anos, sendo que a cavidade mais rasa conhecida se encontra hoje entre 500 e 600m de profundidade, isso implica risco de formação de crateras de colapso (ou “sinkholes”) nas áreas localizadas acima das cavidades; podendo atingir uma área significativamente menor do que aquela atingida pela subsidência; ou seja: nem toda área de subsidência apresenta risco de “sinkhole” por colapso progressivo. Além desses dois efeitos primários, uma série de processos secundários, decorrentes daqueles primários, ocorrem na região: danos nas estruturas de edificações e na infraestrutura, processos erosivos interligados com danos nas redes de drenagem, a fragilização do terreno em áreas de encosta de alta vulnerabilidade; o avanço da linha de costa da Lagoa do Mundaú por conta de rebaixamento do terreno; o aumento das inundações por alteração do padrão de drenagens devido ao rebaixamento do terreno, entre outros efeitos secundários.

O evento como um todo criou situações de risco para diferentes processos, o Mapa de Setorização de Danos e de Linhas de Ações Prioritárias da Defesa Civil, seguindo as diretrizes da Instrução Normativa nº 2 de 22 dezembro de 2016 do então Ministério da Integração Nacional (atual Ministério do Desenvolvimento Regional) subdividiu as áreas de acordo as divisões no COBRADE – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres: Tipologia primária de Subsidência e Colapso (COBRADE nº 1.1.3.4.0) e com tipologias secundárias de Colapso de edificações (COBRADE nº 2.4.1.0.0) no setor 0, Deslizamentos de solo e/ou rocha (COBRADE nº 1.1.3.2.1) no setor 1, Inundações (COBRADE nº 1.2.1.0.0) no setor 2, o setor 3 segue a tipologia primária.

Conforme definido pela CPRM/SGB em maio de 2019, o processo tem origem na subsidência causada pela deformação da camada geológica de sal, a cerca de



900m de profundidade, deformação esta decorrente da abertura de cavidades para extração de sal, que se tornaram instáveis. Os registros oficiais apontam colapsos de cavidades desde a década de 70, em menor proporção. Não foi evidenciada a preservação das cavidades em função do processo de fluência do sal, fenômeno de deformação da rocha de sal que é o causador do efeito de subsidência típico das minerações de sal por dissolução. O colapso progressivo das cavidades configura risco de formação de crateras, ou “sinkholes” em superfície. A CPRM sugeriu em maio de 2019 um perímetro de segurança de 3 a 5 vezes o raio das minas, enquanto que uma consultoria do IFG (*Institut für Gebirgsmechanik GmbH*), (BRASKEM 2019, 2020) propôs no segundo semestre de 2019, uma área de resguardo de 1,5 vezes a raiz cúbica do raio; onde é de conhecimento das autoridades que existe também a possibilidade de desvio dos colapsos na diagonal, o que acarretaria grandes dificuldades para uma previsão acurada.

O eventual colapso das cavidades seria um fenômeno de alto poder destrutivo, gerando também restrições de trânsito de pessoas por vias importantes, da linha férrea da CBTU e navegação na lagoa, sendo que a possibilidade de sua ocorrência já cria grave impacto psicológico sobre a comunidade. No entanto, o processo primário que de fato produziu até hoje o maior volume de danos foi, até o momento de produção dessa nota, foi a deformação gradual do terreno, que gerou o maior volume de danos, acarretando no surgimento de trincas e fissuras nas edificações e danificado vias públicas e tubulações associado a rede de drenagem e abastecimento.

A deformação de terreno é considerada mais grave em áreas de maior vulnerabilidade, seja esta por padrão construtivo inferior ou pela construção em áreas de declive elevado (encostas) onde já há certa instabilidade. A inundação permanente das áreas adjacentes à Lagoa do Mundaú e a intensificação da inundação em eventos de chuva nas áreas próximas também tem sido um processo secundário causador de grandes transtornos e risco à saúde da população.



#### 4. DADOS E PARÂMETROS UTILIZADOS

A instrumentação instalada na região dos bairros do Pinheiro e adjacências levanta uma vasta gama de informações, com sensores nas minas, perfuração de furos investigativos, aplicação de diversos métodos geofísicos, diversos meios de levantamento da deformação em superfície, monitoramento da água sub superficial entre outros. Também foram realizadas diversas etapas de campo ao longo do trabalho de revisão e acompanhamento, das quais destacam-se a atuação constante do CIMADEC, da Defesa Civil Municipal, no acompanhamento dos padrões de feições e sua evolução e também a atuação da Junta Técnica, da Defesa Civil Nacional e outros, que adquiriu vasta experiência sobre a de danificação dos imóveis. Dessa experiência decorre um melhor entendimento se essa danificação progride ao longo do tempo, desde o surgimento de feições ainda incipientes, até o desenvolvimento de graves danos estruturais, que levam à ameaça iminente à vida dos residentes. Se, de modo geral, todas informações coletadas subsidiaram o entendimento dos processos; por outro lado, apenas algumas destas informações devem ser diretamente utilizadas na atualização do mapa e revisão da área de atingimento dos processos.

As informações de deformação de superfície e o registro de danos nos imóveis foram identificados como os elementos mais adequados para essa etapa. Foram utilizadas, portanto as informações de interferometria, de DGPS, e os levantamentos de campo; interpretados conforme a compreensão dos processos, subsidiada também por todos demais dados.

Em termos de valores de interferometria, procurou-se verificar a área de atingimento pelo processo, associado a zonas de subsidência que se estende além da área de mineração de sal. Os pontos de medição foram interpolados para geração de uma superfície e através dela delimitou-se uma área de abrangência identificadas nos valores de -5mm/ano. Sendo verificado na interferometria que a área sofre ação do processo, buscou-se avaliar a presença de danos às residências em decorrência do mesmo e foi iniciado mapeamento das feições características, tais como alinhamento de trincas e fissuras em direção tangencial ao elipsoide formado pela subsidência, rápida evolução das trincas e fissuras, danos em imóveis de diferentes padrões construtivos, sumidouros, etc. Nas novas áreas que são incluídas na atualização já foram identificados danos bastante significativos. As áreas foram





classificadas para ações de monitoramento e acompanhamento com constante revisão, podendo ou não incorrer em realocação (criticidade 01) e áreas com necessidade de realocação dos residentes (criticidade 00).

Outro parâmetro considerado diz respeito a regiões de elevado impacto social. Dessa forma além de a atualização do mapa trazer nova classificação dos riscos diretos à população, decorrentes dos processos físicos que atingem a área, é também conhecido o relevante impacto indireto do processo em toda a região. Dentre estes cabe destaque especialmente aos impactos causadores de disfunção dos meios de vida da comunidade local, o fechamento do comércio e serviços da região e a paralisação ou alteração das vias de acesso. Entretanto, nenhum dos partícipes da elaboração desta Nota Técnica realizou até o momento nenhum levantamento específico com esse enfoque; sabemos que a região do Flexal de Baixo poderá ter a maioria dos comércios afetadas com as atualizações feitas a partir de setembro de 2020, e isso pode gerar mais uma situação de isolamento social bastante complexa para os habitantes daquela área. O CAJUFA - Centro de Apoio aos Juizes da Fazenda Pública na publicação intitulada “Diretrizes para Análise de Risco Geológico-Geotécnico em Áreas Urbanas” preceitua que: “A remoção de moradores como medida de controle de risco deve ser realizada somente quando as medidas alternativas de proteção não forem viáveis, mediante justificativa.”; desse modo, não cabe a recomendação de remoção destes por decorrência de risco à vida por parte do processo físico que ocorre na área, e sim por efeito secundário, onde em se tratando de situação extraordinária, é necessário o olhar das autoridades para o caso e considerações.

#### **4.1 Consideração dos relatórios técnicos entregues pela BRASKEM**

##### **ACCMS**

O estudo realizado por um grupo de pesquisadores denominado “Análise da Área de Influência da Subsidência” disponibilizado em setembro de 2020, tratou de abordar a delimitação do fenômeno para um tempo a médio prazo (3 a 5 anos) no chamado: “Linha limite de Movimentação”, utilizando interpretação das diferentes medidas de deslocamentos em superfície (interferometria e DGPS), pelo mapeamento das trincas e pelas potenciais linhas de fraquezas geológico-estruturais.



Tal linha envolve regiões dos quais abrange áreas que já envolvem setores que estão sendo monitorados pela Defesa Civil ou que já foram realocados. A linha também envolve regiões novas das quais o mapa da versão 3 ainda não contemplou.

Para a versão 4, que será discutido mais adiante, foi considerado quase que em sua totalidade toda a área em questão, entrando como áreas para monitoramento ou realocação (figura 01).

Um outro ponto a se considerar é que apesar do estudo ter proposto uma linha da qual *“não ocorreriam manifestações associáveis à subsidência em intervalo de tempo da ordem de 3 a 5 anos....”* já foi observado e constatado danos a estruturas das quais ultrapassam o limite proposto e que será discutido mais adiante (tópico 5.2), onde tal limite serviu como base (ou como norte) para definição das áreas que serão monitoradas ou que passaram a ser consideradas como de criticidade 0.

## **GEOAPP**

O relatório intitulado “ANÁLISE DE VELOCIDADE INVERSA DE DEFORMAÇÕES DO SOLO NA ÁREA DE MACEIÓ, POR MEIO DE DADOS DE SATÉLITE INSAR”, solicitado pela empresa BRASKEM S.A. para análise e interpretação do deslocamento de superfície usando satélite InSAR. Dessa forma, objetivando implementar o método de inversão da velocidade para previsão do tempo de falha do solo, utilizando dados e medições até o final de março de 2020.

O relatório realiza uma análise de longo e curto prazo, sendo o longo com intervalo temporal entre 2004 e 2020, enquanto o de curto prazo entre 2018 e 2020. Dentre as diversas informações constatadas, destaca-se as datas previstas para colapso em maio de 2021 e setembro de 2021 para região próxima aos poços M15 e M23, que apresentam coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para ajuste de curva alto, acima de 0,70. Observa-se também uma grande concentração de previsões entre 2022 e 2023, como também regiões que podem apresentar falhas previstas para o ano de 2030.

Ao final do documento é recomendado a atualização do método a medida que novos dados sejam adquiridos, a fim de identificar possíveis mudanças nas tendências que servirão de suporte para o sistema de alerta, recomendando assim uma atualização trimestral das análises realizadas.

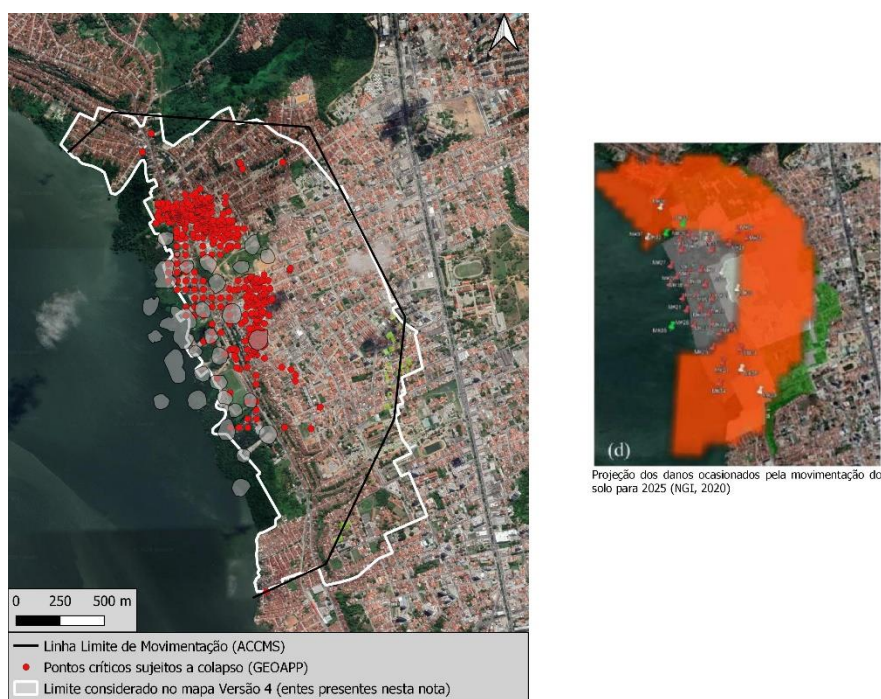


Para as áreas consideradas nesse estudo como de região crítica ou que possuem previsões em curto prazo (figura 1), as medidas de realocação já foram consideradas e contempladas no mapa de versão 3, devendo as mesmas serem realocadas. Ainda assim, a metodologia de previsão e o estudo em si, serviram e servirão como análises futuras e tomadas de decisões.

## NGI

Nomeado “Estudo de Subsidência em Maceió” (*Maceió Subsidence Study*), teve como objetivo quantificar as áreas com potenciais de sofrer danos nas edificações e projetar futuras áreas passíveis de sofrerem danos. A projeção para 2025 (figura 01) também é contemplada no mapa versão 4, produto desta nota, onde teve um aumento considerado na região norte da área em questão (flexal de baixo e de cima).

*Figura 1 - Áreas e pontos críticos considerados nos estudos*



Os relatórios e estudos apresentados pelos consultores são de grande importância para a busca do entendimento do fenômeno que envolve a região, de forma que todos os trabalhos do qual temos conhecimento são analisados e contemplados juntos as avaliações e dados de campo (ou instrumentos) coletados na região.



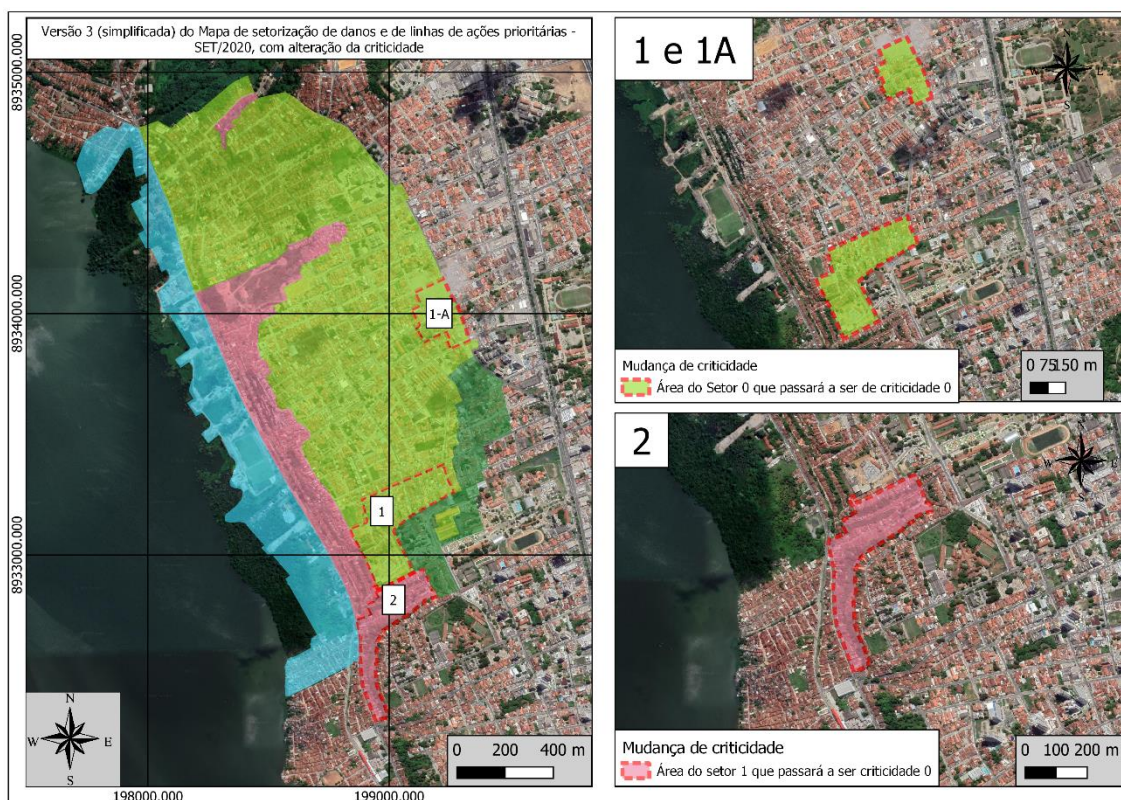
## 5. RESULTADOS

### 5.2 Áreas com mudança de criticidade - de Monitoramento para realocação

As grandes áreas consideradas que tiveram mudança de criticidade envolvem dois setores distintos. O primeiro associado ao setor 1, que envolve a encosta da área conhecida como “Gruta do Padre” (identificado na figura com o numeral “2”) e a segunda, parte do bairro do Pinheiro, região mais a sul, que envolve os quarteirões da rua Miguel Palmeira e Rua Jerusalém (rua da subestação, identificado na figura com o numeral “1”) e parte mais a leste associado ao limite do mapa (margeando a Rua Belo Horizonte, (identificado na figura com o numeral “1-A”) (figura. 2).

Além dessas grandes áreas, também tiveram mudança de criticidade aquelas edificações que tiveram como resultado, através da Junta técnica, uma avaliação de nível 4, resultando em realocações pontuais em determinadas áreas.

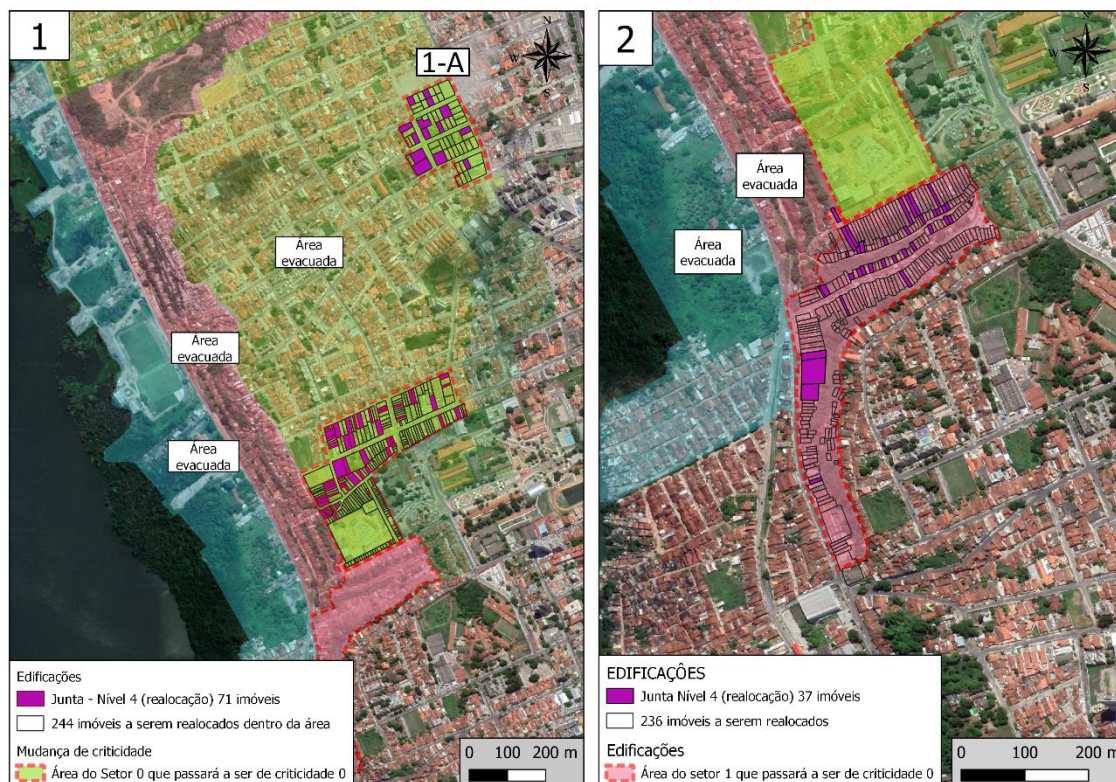
Figura 2 - Áreas com mudança de criticidade



Tais áreas, além de apresentarem danos nas estruturas das edificações decorrentes da movimentação do solo, podendo gerar fraturas por subsidência ou tração do mesmo, possuem uma grande quantidade de residências que já foram evacuadas em versões anteriores do mapa ou que já se encontram em processo de

evacuação através da Junta Técnica, do qual atribuiu nível 4 de danos as edificações (figura. 3).

*Figura 3 - Edificações de nível 4 atribuídas pela Junta Técnica dentro das áreas de mudança de criticidade*



Uma das principais consequências da desocupação pontual se dá pela formação de áreas “ilhadas” ou isoladas, que possuem a característica de estar associado a alguns riscos secundários, como problemas de saúde diversos, isolamento social e insegurança.

Tal isolamento ocorre em todas as áreas, mais tem maior impacto naquela denominada na figura 3 de “1-A”, onde independente do grau ou intensidade de danos que a edificação apresente, o processo vivido por seus moradores devido à falta de circulação da população e toda a problemática ocorrida nos bairros, assim como o fechamento de estabelecimentos (Padarias, Escolas, Loja de construção, Sorveterias, Mercados, Maquinas públicas, etc) acaba por incitar medo e problemas de saúde aqueles que ali residem, como já fora comentado no tópico 4.

Já para o setor 1, soma-se o fato do mesmo está em área de encosta, já mapeada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) como de alto risco, caracterizado como “Setor de risco de deslizamentos em área urbana” o que resulta em uma



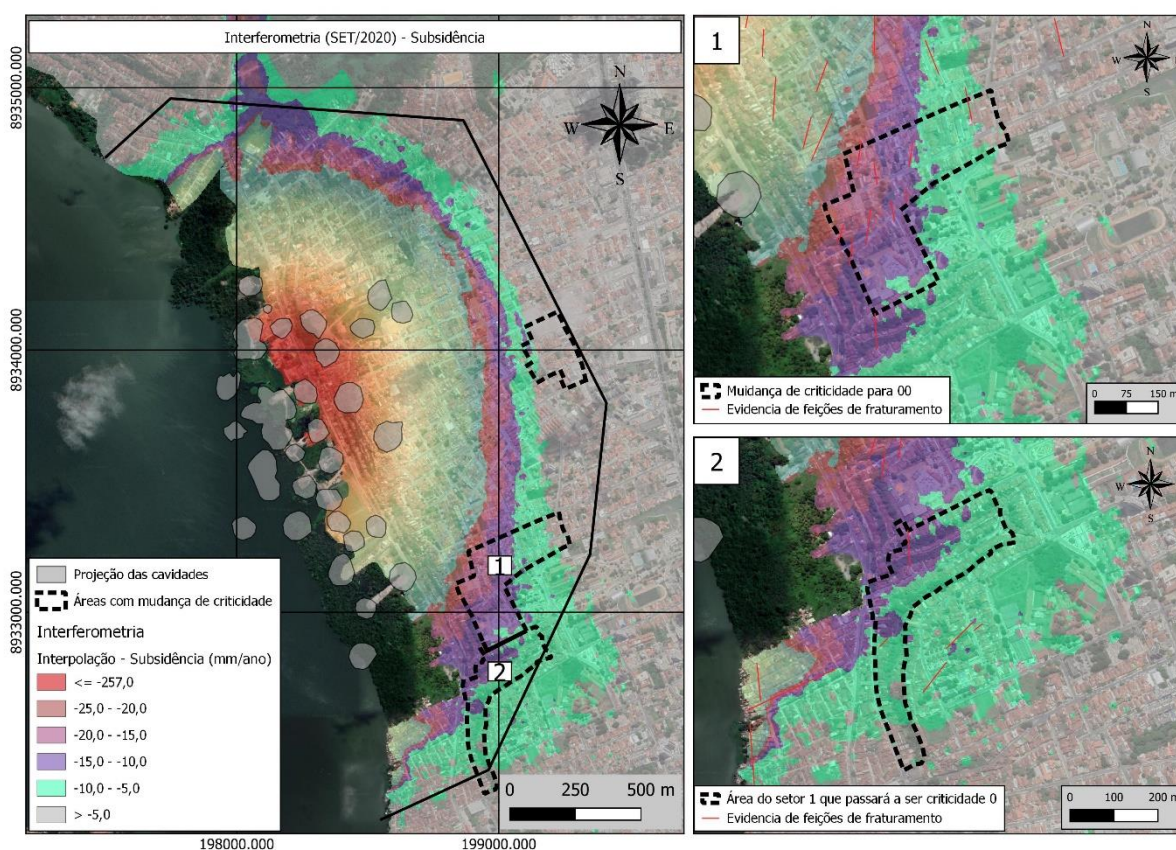
fragilidade maior quando associado ao processo de movimentação do solo que envolve toda região.

Na figura a seguir (figura 4) tem-se os valores de interferometria de subsidência interpolado associado as áreas que passarão a ser de criticidade 0, tanto para o setor 0 quanto para o setor 1.

Para a área 1, temos valores de velocidade que variam de -5 mm/ano para o lado leste até -25 mm/ano mais a oeste, sentido lagoa.

Para a área 2, os valores de velocidade média vão de -5 mm/ano a -15 mm/ano.

*Figura 4 - Valores interferométricos interpolados de Velocidade média (mm/ano) – Subsidência.*



Os processos associados a movimentação do solo acabam por gerar danos nas estruturas das edificações, o que pode ser notado nas figuras 5 e 6, dos quais estão associadas as feições de fraturamento do solo que envolvem toda a região.

Como já averiguado em diversas áreas que fazem parte do fenômeno, tais estruturas tendem a evoluir, uma vez que a movimentação do solo continua a ocorrer. Os danos podem ocorrer em linhas contínuas, gerando as feições de fraturamento, ou pontualmente, sem a percepção (ainda que inicial) de um fraturamento em linha (figura. 5).

Danos secundários também foram notados na região, principalmente associado ao rompimento constante de tubulações da rede de drenagem ou de abastecimento.

*Figura 5 - Feições mapeadas para área do Setor 0 e danos causados*





Figura 6 - Danos ocasionados pela movimentação do solo para Setor 0.



Já para área localizada na Gruta do Padre (setor 1 - encosta), os danos em grande parte ocorrem de maneira pontual (figura 7), porém as feições já podem ser averiguadas em algumas áreas com sentido preferencial tangente aos valores de interferometria (formação de arco) (figura 4), onde o fato de ser uma área considerada de alto risco a movimentação de massa, torna toda a região mais susceptível a ocorrência de danos.



Figura 7 - Danos e feições em área de Encosta (Setor 1).



Vale ressaltar que a mudança de criticidade das áreas sugeridas encontra-se inseridas na chamada “Linha limite de Movimentação” proposta por estudo da ACCMS denominado: “Análise da Área de Influência da Subsidência” de setembro de 2020, do qual utilizou da interpretação das diferentes medidas de deslocamentos em superfície (interferometria e DGPS), pelo mapeamento das trincas e pelas potenciais linhas de fraquezas geológico-estruturais (figura 8).

Figura 8 - Áreas com mudança de criticidade inseridas em quase sua totalidade no limite proposto pela ACCMS.



Diante dos fatos, a recomendação para tais áreas é de mudança de criticidade, ou seja, deixar de ser criticidade 1 (monitoramento) para se tornar criticidade 0 (realocação).

A quantidade **estimada** de unidades habitacionais das áreas que passarão a ser consideradas criticidade 0 é de **588**, sendo 315 pertencentes ao setor 0 e 273 pertencentes ao setor 1. Desse total, **108** possuem nível 4 de criticidade atribuído pela junta técnica (ou seja, já foram ou serão realocadas), sendo 71 no setor 0 e 37 no setor 1.



## 5.2 Áreas que passarão a ser monitoradas

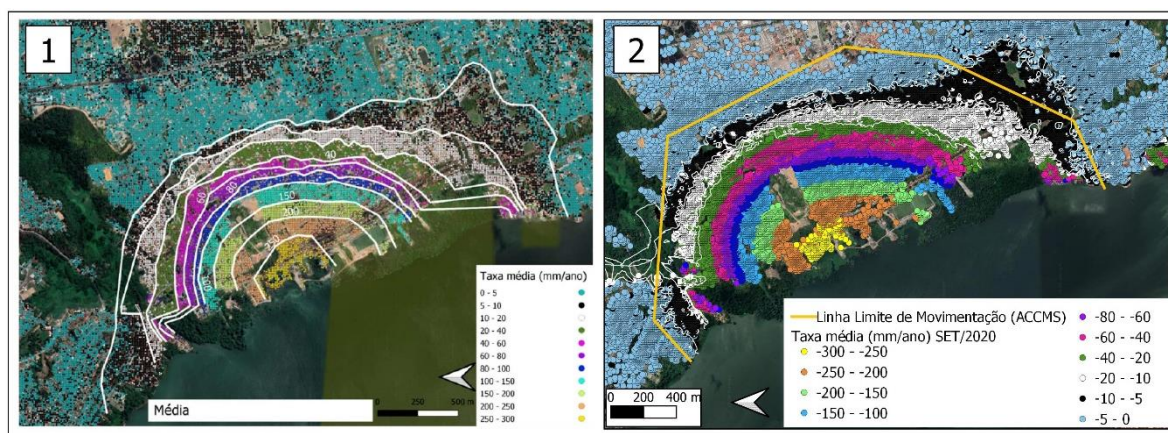
Como dito anteriormente (tópico 4.1), os estudos realizados por consultores renomados possibilitaram uma análise mais profunda de até onde o fenômeno pode atingir a médio e curto prazo, assim como análise de previsões de algum tipo de colapso em superfície e demais danos associados a movimentação do solo.

Soma-se isso as evidências de campo coletada e averiguadas pelos técnicos do CIMADEC, serão sugeridas nesse tópico a incrementação de novas áreas a serem monitoradas devido o contínuo processo que abrange os bairros em questão.

Um dos principais motivos do acréscimo dessas áreas está associado a determinados valores de velocidade média de subsidência do solo, instrumentalizado através da interferometria.

Um desses estudos (ACCMS, 2020) tratou de delimitar, a partir de diversas evidências, já explicitadas no tópico 4.1, a área de movimentação passível a gerar danos em um período a curto e médio prazo (3 a 5 anos). Uma das ferramentas analisadas para delimitar a área partiu da análise da velocidade média anual (mm/ano) dos valores de subsidência, através dos valores interferométricos, conforme figura 9, onde foi traçado isolinhas de movimentação do qual teve seu limite associado a valores abaixo de -5mm/ano, indicando uma forma mais alongada na porção sul (bairro do Farol) devido, possivelmente, a controles geológico-estruturais da região (ACCMS, 2020).

Figura 9 - [1] Isolinhas de movimentação tendo limite considerado valores de -5mm/ano (Fonte: ACCMS, 2020).  
[2] Mesmas taxas de movimentação associado a Linha de limite de movimentação proposta no estudo.

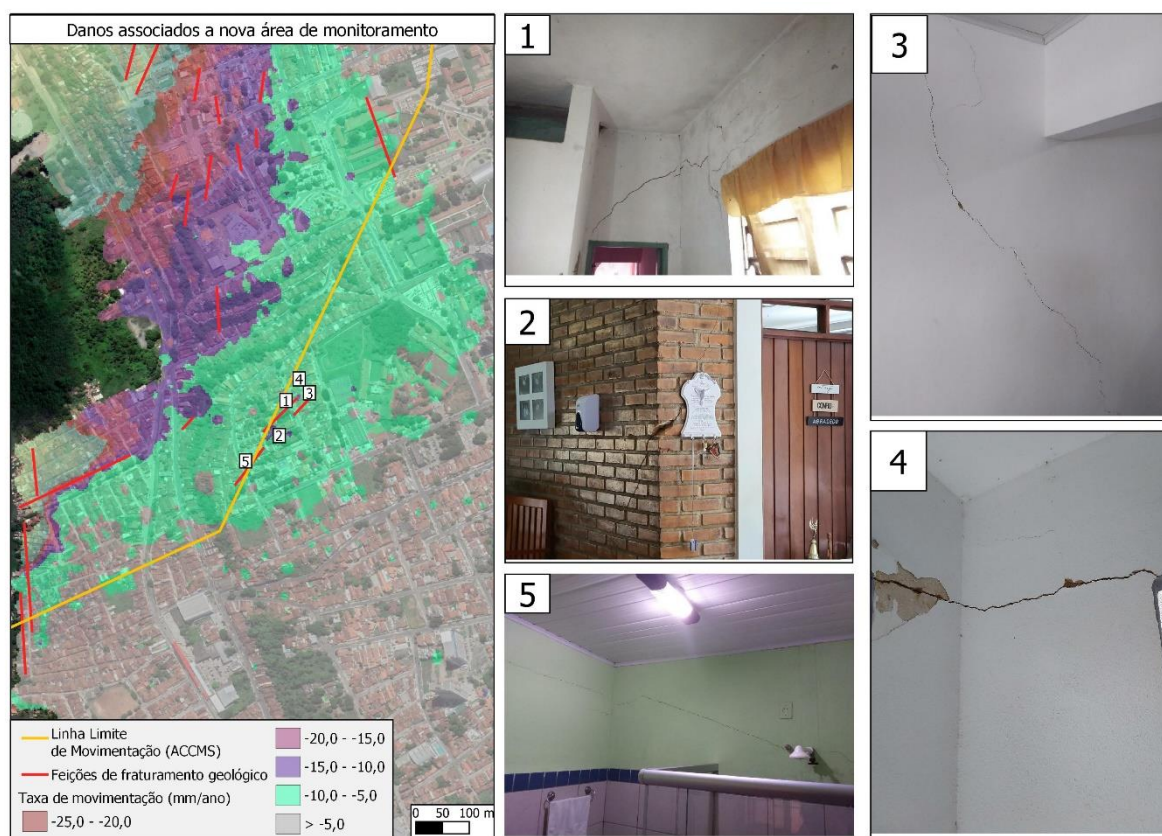


Percebe-se que a linha amarela estipulada, por hora ultrapassa os valores com taxa menores que -5 mm/ano (porção leste da área) e, por outra, não se estende para tais valores considerados (porção Sul – associado ao bairro do Farol) uma vez que o

estudo levou em consideração outros fatores para delimitação que foram além da interferometria.

Importante saber que, para esta região mais a sul, danos já foram mapeados e feições de fraturamento já foram identificadas em campo, do qual estão inseridas dentro da taxa de movimentação  $< -5$  mm/ano, porém além da linha de movimentação proposta pelos referidos consultores (figura 10).

*Figura 10 - Danos averiguados em campo em área com taxa de subsidência  $< -5$  mm/ano*



Desta forma, para vias de monitoramento e por vias de precaução, o prudente é considerar toda a área da qual já existe uma movimentação associada ( $< -5$  mm/ano), pelo fato de já se ter notado danos associados ao processo em algumas edificações e que, até o momento, nenhuma medida mitigadora foi realizada do qual vise a interrupção ou diminuição das taxas de movimentação.

A delimitação para uma área de monitoramento para a região tanto a sul do processo (que envolve parcelas dos bairros Farol e Bom parto) quanto a norte (bairro do Bebedouro que abrange região conhecida como Flexal de baixo) levaram em consideração os valores de interferometria ( $< -5$ mm/ano), danos evidenciados em campo, sugestões dos estudos feitos pelos consultores contratados pela empresa e



por fim, uma delimitação que abranja vias, com o intuito de evitar o isolamento de casas da qual teriam o limite passando por cima de sua residência.

Sendo assim, para tal região, temos a inserção de áreas de monitoramento, com o acréscimo de residências já pra serem realocadas (criticidade 00) do qual já foram identificados em campo danos severos associados ao processo (Figura 11).

*Figura 11 - Inserção de áreas de monitoramento (criticidade 01) nas regiões sul e norte/noroeste e residências pontuais com criticidade 00 (bairro do Farol).*



A quantidade de lotes que passarão a ser de criticidade 00 dentro da nova área de monitoramento é de 6 unidades. Estima-se que a quantidade de lotes que passarão a ser monitorados é de 1417, sendo 461 no Farol; 488 no Bebedouro (envolve área conhecida como flexal de baixo) e 468 no bairro do Bom Parto.

## 6. SUGESTÕES A RESPEITO DO MONITORAMENTO

É visto que os efeitos da subsidência associado aos danos nas edificações se estendeu desde de 2018, onde equipamentos e instrumentos de extrema importância foram e vêm sendo instalado ao longo do processo, à medida que os danos e consequências dessas movimentações foram sendo reconhecidas.

Em 2018, através dos “Termo de Cooperação Técnica” entre Defesa Civil e a empresa Braskem, foi possível, dentre outros aspectos, a aquisição de equipamentos denominados GNSS (*Global Navigation Satellite System*) dos quais possibilita a medição pontual das coordenadas ao longo do tempo, permitindo interpretações a respeito da movimentação da superfície. Em princípio (2018), foram adquiridos 8 equipamentos dos quais foram instalados no bairro do Pinheiro (até onde o fenômeno era conhecido no momento), já em 2019 a Defesa Civil Municipal teve acesso a mais 11 sensores localizados na região do Mutange (próximo a Lagoa Mundaú). Em 2020, devido a necessidade associado a expansão do processo, foram adquiridos mais 8 sensores dos quais foram instalados, também, nos Bairros de Bebedouro Farol.

Além dos equipamentos de GNSS, A Defesa Civil passou a ter também acesso aos dados de interferometria, do qual abrange uma área que engloba (com sobra) todo a região do processo. Uma de suas limitações abrange a **não** aquisição de dados na direção Norte-Sul o que dificulta a análise e interpretação para a movimentação de solo nessas direções. Porém, tem-se hoje um aumento de área do processo de movimentação do solo justamente para a direção Norte-Sul, o que torna necessário a instalação de equipamentos que venham dar uma resposta a respeito desta movimentação.

Dessa forma, devido a expansão do processo e a não realização de medidas mitigadoras até o presente momento, surge a necessidade de instalação de equipamentos GNSS em áreas que hoje estão carentes ou com o intuito de aumentar a malha dentro da área monitorada, onde são de extrema necessidade para um monitoramento mais preciso.

Vale a ressalva que essa necessidade de instrumentação também foi recomendada por estudos feitos por consultores da Braskem (ACCMS e NGI), onde a quantidade e a disposição geográfica dos mesmos têm que ser melhor estudada pelos entes que compõem esta nota.

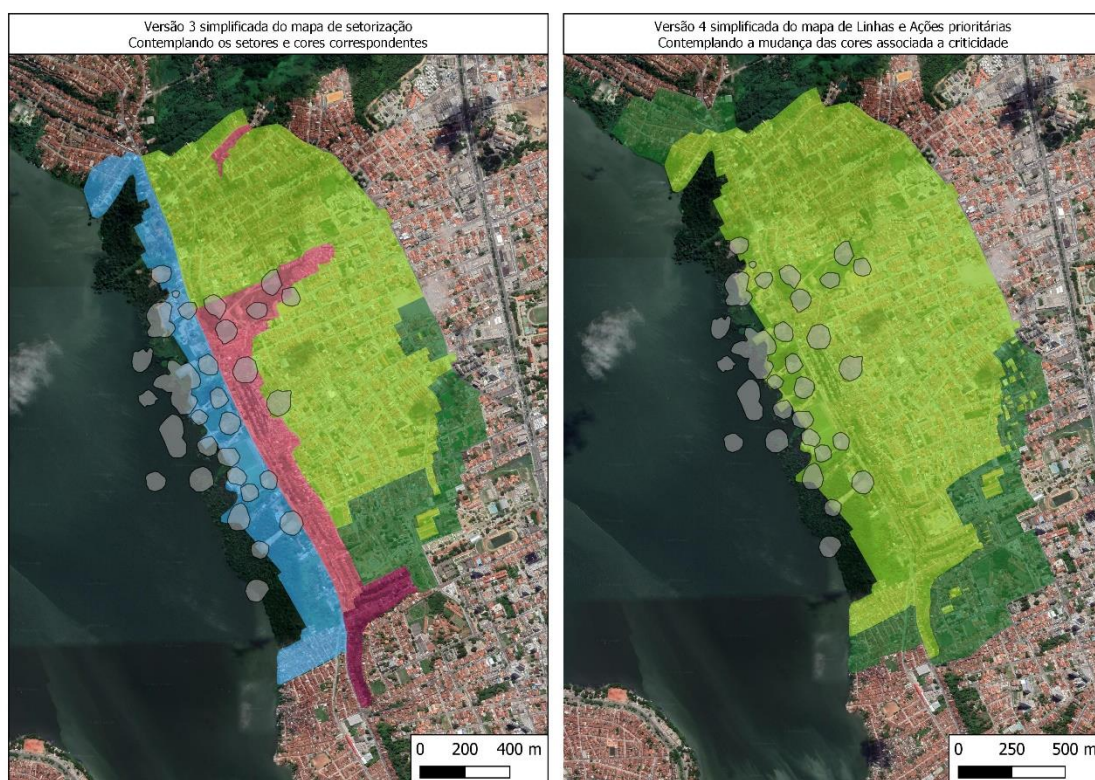


## 7. MAPA DE LINHAS DE AÇÕES PRIORITÁRIAS, VERSÃO 4 - DEZEMBRO, 2020

### 7.1 Revisão da legenda

Para o mapa em questão, houve uma alteração na legenda e consequentemente nas cores que são apresentadas. De forma geral, as legendas de cores é apresentada de maneira simplificada, para facilitar a leitura, de forma que tudo aquilo que já foi realocado na versão anterior (criticidade 00, que envolvia as cores vermelho claro, verde cítrico, azul claro) passarão a aderir apenas uma única cor (verde cítrico), assim como tudo aquilo que foi e serão considerados como de monitoramento (criticidade 01, verde escuro, vermelho escuro e azul escuro) passará a ser considerado apenas como uma única cor, verde escuro, conforme imagem abaixo (figura 12).

*Figura 12 - Mudança de cores associado a criticidade visando simplificação da leitura. Verde Cítrico = realocação e Verde Escuro = Monitoramento*



Vale ressaltar que todas as informações contidas no mapa de versão 3 e que serviram como subsídio para sua confecção, foram consideradas nessa nova versão, onde os setores antes denominados 1, 2 e 3 deixam de existir e será trabalhado



apenas as suas criticidades, seja ela 00 ou 01. Onde todos os processos que estavam associado a um setor específico (ex, setor 2 - alagamento, setor 1 - movimentação de massa, setor 0 - danos e patologias nas edificações e setor 3 -possibilidade de *sinkhole*) continua sendo considerado e passarão a estar associado apenas a sua criticidade (00 ou 01).

Em suma, temos que todos os antigos setores que possuíam criticidade 0 passaram a ter apenas uma cor (verde claro) e os setores que possuíam criticidade 01, passaram a ser verde escuro, sendo mantidas as linhas de ações prioritárias (criticidade 00 = realocação e criticidade 01 = monitoramento).

Dessa forma, mantidas todas as informações anteriores, o conteúdo em linguagem simplificada utiliza um novo padrão de cores que representa apenas a criticidade, enquanto que as demais informações estão associadas ao tipo de dano e tipologia dos processos atuantes em cada região e que continuam a ser monitorados.

O tópico a seguir refere-se ao mapa de “Linhas de ações Prioritárias” de dezembro de 2020. Sua versão em PDF e resolução adequada pode ser encontrada nos canais oficiais da Prefeitura Municipal de Maceió.





7.2 Mapa de linhas de ações prioritárias – versão 4



## 8. CONCLUSÕES

A presente atualização do mapa é apenas mais um passo de um processo de reavaliação que deve ser constante, pois a área afetada vem se expandindo. Devido ao fenômeno de instabilidade do terreno ser dinâmico, isto é, ter suas características mutáveis ao longo do tempo, não é possível fazer uma avaliação definitiva.

O monitoramento dos diferentes processos deverá ser a chave para atualizações precisas e sistemáticas. Ainda não é possível prever a duração futura desse processo, consultores externos da Braskem preveem a crise na subsidência para 2020 em algumas áreas e para 2030 em outras áreas, mas há casos no mundo que processos semelhantes perduram por décadas; portanto não há como se trabalhar com uma única previsão de desenvolvimento, mas diversos cenários de desenvolvimento futuro permanecem em aberto pois não há certeza a respeito: aumento ou não da área atingida; aceleração brusca ou manutenção da velocidade atual, duração de anos ou décadas, união de múltiplas cavernas e formação de “*sinkholes*” de dimensões desconhecidas. Vistas essas considerações, cabe continuidade às ações preventivas e de monitoramento que vem sendo realizadas na área.

Salienta-se também que as recomendações e áreas constatadas nessa nota, são decorrentes da situação atual de riscos enquanto não é realizado procedimentos que venham a solucionar e eliminar os riscos da área. Recomenda-se a realização de procedimentos para solucionar a problemática da região, realizar e dar continuidade ao monitoramento para garantia de segurança da região.





## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, Ministério da Integração Nacional (2016). Instrução Normativa Nº 2, de 20 de dezembro de 2016. Diário Oficial da União, publicado em: 22/12/2016, Edição: 245, Seção: 1, Página: 60.

BRASKEM S. A. (2019, 2020). Documentação do Processo Minerário nº 27225.006648/1965-86 junto à ANM – Agência Nacional de Mineração Disponíveis em:

[https://sei.anm.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md\\_pesq\\_processo\\_pesquisar.php?acao\\_externa=protocolo\\_pesquisar&acao\\_origem\\_externa=protocolo\\_pesquisar&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.anm.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_processo_pesquisar.php?acao_externa=protocolo_pesquisar&acao_origem_externa=protocolo_pesquisar&id_orgao_acesso_externo=0)

CAJUFA - Centro de Apoio aos Juizes da Fazenda Pública (2020). Diretrizes para Análise de Risco Geológico-Geotécnico em Áreas Urbanas. Disponível em: <https://api.tjsp.jus.br/Handlers/Handler/FileFetch.ashx?codigo=120622>

Geoapp s.r.l (2020). Análise de velocidade inversa das deformações do solo na área de Maceió, por meio de dados de satélite Insar, tradução nº 10904, 2020, Consultores especializados contratados da Braskem S.A.

Institut Für Gebirgsmechanik GmbH – IFG (2019). Opinião especializada, Campo de caverna de Maceió, recomendações. Braskem S.A.

Norwegian Geotechnical Institute - NGI (2020). Maceió subsidence study – Analysis of areas of potential building damage in the neighbourhood of the salt cavern field. Doc No 0/2020-09-14. Consultoria especializada contratada da Braskem S.A.

ACCMS (2020) Análise da área de influência da subsidência. Consultoria especializada contratada da Braskem S.A.

