

NOTA TÉCNICA Nº 4/2022/DIGEAP/DEGET/DHT/PR/CA

**PROCESSO Nº 48035.002119/2022-60**

**INTERESSADO: DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL, DIVISÃO DE GEOLOGIA APLICADA**

**1. ASSUNTO**

1.1. A presente Nota Técnica vem apresentar manifestação acerca dos documentos recebidos pelo Serviço Geológico do Brasil - SGB/CPRM, na forma do Ofício PRAL-12OFICIO 15/06/2022, referente ao Inquérito Civil nº 1.11.000.000826/2021-72, que trata do desastre que aflige o Bairro do Pinheiro e região em Maceió-AL.

1.2. Inicialmente, a Nota Técnica trata de enfatizar questões de nomenclatura técnica, em seguida são feitas considerações sobre os estudos apresentados e devido à insuficiência dos resultados do relatório elaborado pela Defesa Civil Municipal, foi feita uma rápida análise dos resultados recentes da leitura de interferometria, que suscitam discussão sobre novos métodos de levantamento, devido a terem detectado indícios que sugerem que esteja ocorrendo subsidência em taxas muito pequenas, não detectáveis pelo método, em áreas que se estendem além daquelas consideradas pelo mapa de linhas e ações prioritárias.

**2. SUMÁRIO EXECUTIVO**

2.1. O conceito de risco vem sendo utilizado com conotações diferentes por algumas das diferentes partes envolvidas; o Capítulo 3 traz um resumo das nomenclaturas utilizadas na presente Nota Técnica. O primeiro ponto a se ressaltar é a importância da desambiguação dos termos e do constante esforço para melhoria contínua da qualidade de informação.

2.2. O Capítulo 4, por sua vez trouxe uma análise do relatório dos consultores do MUVB, que se destina a avaliação de riscos RMP. Do qual se concluiu que atinge os objetivos propostos, no sentido de avaliação de riscos RMP, mas que não adentra na questão de vinculação dos riscos à atividade da Braskem, nem tão pouco descarta tal possibilidade. Conclui-se, portanto, que esses riscos podem ocorrer mesmo sem interferência de processo de subsidência, e que a subsidência pode agravar esses processos ou mesmo deflagrar o acidente em situações que já se encontravam próximas de um limite.

2.3. O Capítulo 5 faz uma leitura do manifesto do MUVB, com considerações sobre as manifestações técnicas as quais se propões, mas também sobre as questões socioeconômicas e socioambientais que relata.

2.4. O Capítulo 6 avaliou o relatório da COMPDEC de Maceió, em aspectos técnicos. Concluindo que o relatório não atinge um nível considerado satisfatório em nenhum dos aspectos avaliados. Avaliamos que a qualidade técnica da produção regrediu em relação a produções anteriores da instituição.

2.5. Já no Capítulo 7 é feita uma análise dos dados disponíveis para aferição dos limites da área de atingimento e são discutidos os erros inerentes ao método de interferometria, bem como possíveis implicações desses erros na leitura qualitativa dos resultados. O Mapas de Linhas de Ações Prioritárias tem utilizado um limite de confiabilidade da leitura em -5 mm/ano, porém os dados sugerem ainda que não comprovem, que existe uma área muito maior que sofre subsidência em níveis muito baixos, menores que -5 mm/ano. Sendo impossível a delimitação confiável dessa área de abrangência através dos dados disponíveis. Sobre essa área, ressalta-se ainda que nessa faixa de precisão, é esperado que a própria dilatação térmica deva interferir nas medições e que a própria alternativa sugerida pelo SGB/CPRM pode ter um ganho muito pequeno de qualidade em relação à metodologia utilizada atualmente.

2.6. O Capítulo 8 traz uma síntese das conclusões de todos os capítulos, trazendo resumidamente os pontos principais observados e alguns posicionamentos do SGB/CPRM.

**3. REVISÃO CONCEITUAL E TERMINOLOGIA**

3.1. O uso da terminologia genérica do termo “risco” e de “áreas de risco”, tem provocado algumas dificuldades de comunicação entre as partes interessadas. Por esse motivo, faz-se necessário esse prólogo às considerações dos capítulos que se seguem.

3.2. O termo “risco” pode possuir diversas definições, sejam riscos em processos de trabalho, riscos de mercado financeiro, riscos ocupacionais, risco biológico, etc. O termo implica numa análise de probabilidade de concretização de determinadas hipóteses, com conotação negativa; quando a concretização de hipóteses possui conotação positiva, as palavras mais utilizadas são “chances de sucesso”, “oportunidade”, entre outros. Assim, cada

objetivo ou necessidade possui um leque de metodologias técnico científicas para avaliação e/ou zoneamento das probabilidades.

3.3. Para a grande maioria da população, em especial para as populações envolvidas em situações de vulnerabilidade, pressão e estresse, a distinção entre esses termos técnicos pode se fazer difícil ou mesmo impossível/ inviável. O Relatório Anual de Avaliação Global de 2022 do Escritório para Redução de Desastres das Nações Unidas (UNDRR, 2022) trouxe grande destaque para as dificuldades impostas pelos processos cognitivos na assimilação de informações ligadas às avaliações de risco. Mesmo no âmbito de autoridades e da academia científica podem haver distorções de entendimento.

3.4. Por esse motivo, devem ser traçadas estratégias para a desambiguação dos termos e para promover uma comunicação eficiente e transparente. No Caso do Pinheiro e bairros circunvizinhos a primeira proposta de comunicação, na primeira versão do Mapa de Linhas e Ações Prioritárias, trouxe um conjunto muito grande de informações sobrepostas, com cores referentes aos diversos tipos de risco identificados (área com risco de inundação permanente, área com risco de sinkhole, área de encosta com riscos múltiplos, área de subsidência com risco de colapso de edificações). Nas versões do mapa que vieram em sequência, houve uma simplificação da comunicação, para reduzir e minimizar o impacto dos erros de comunicação. Muito embora a avaliação de risco tenha feito parte dos critérios de elaboração desses mapas, como o próprio nome sugere, não se tratam de mapas de risco, mas de mapas de ações ordenadas conforme a prioridade de execução.

3.5. Notadamente, houveram esforços da população na compreensão e assimilação dos termos técnicos. Nesse sentido, muitas iniciativas e esforços caminharam em direções opostas; resultando em uma miscelânea de interpretações e conceitos que são colocados nos esforços da população que busca através das ferramentas que lhe são disponíveis, obter os resultados que acredita serem justos ou coerentes.

3.6. A expressão matemática do risco geralmente envolve ao menos a probabilidade de ocorrência de um evento e sua consequência:

$$R=P*C$$

Onde: R representa risco, P representa probabilidade e C representa consequência; a depender do nível de complexidade das informações disponíveis, essa representação pode englobar outros elementos como vulnerabilidade (V), grau de exposição (E), nível de perigo (H), grau de mitigação (M), entre outros:

$$R= (P*H*E*V)/M$$

3.7. Muito embora diversos autores ainda trabalhem com a terminologia de “risco iminente”, tal nomenclatura induz a interpretação de que a concretização do evento adverso ocorrerá indubitavelmente num período curto de tempo subsequente à avaliação, devido às incertezas inerentes às avaliações, as terminologias de risco baixo, médio, alto e muito alto são mais adequadas para uma classificação transparente e para a clareza da comunicação. Na cidade de Maceió, do ponto de vista dos riscos físicos que podem ameaçar a integridade física ou financeira dos habitantes, ocorrem diversos tipos de risco seguir:

**3.7.1. Risco de Movimentos Gravitacionais de Massa – RMM/N & Risco de Movimentos Gravitacionais de Massa causados ou agravados por processos decorrentes da atividade de mineração – RMM/I**

3.7.1.1. Os movimentos gravitacionais de massa ocorrem em regiões de declive, comumente deflagrados por fortes chuvas que saturam o solo. No caso das áreas com subsidência, as trincas e fissuras podem enfraquecer ainda mais os solos de uma área induzindo a deflagração de eventos.

**3.7.2. Risco de enchentes e inundações – REI/N & Risco de enchentes e inundações causados ou agravados por processos decorrentes da atividade de mineração – REI/I**

3.7.2.1. As enchentes e inundações ocorrem em decorrência de chuvas intensas, em áreas de acumulação. Em decorrência da subsidência causada pela mineração, estão ocorrendo áreas de inundação permanente às margens da Lagoa do Mundaú e pode ocorrer um aumento das inundações nas áreas adjacentes devido à diminuição do gradiente hidráulico e consequente redução na capacidade de escoamento.

**3.7.3. Risco de colapso de edificações – RCE/N & Risco de colapso de edificações causados ou agravados por processos decorrentes da atividade de mineração – RCE/I**

3.7.3.1. O colapso de edificações pode ocorrer em regiões com recalque de solo em argilas moles, regiões de rastejo de solo em encostas, entre outras. As deformações de terreno que ocorrem com a subsidência podem agravar os processos ou causar o colapso de edificações que não outrora não apresentariam risco.

### 3.7.4. **Risco de dolinamento por erosão – RDE/N & Risco de dolinamento por erosão causados ou agravados por processos decorrentes da atividade de mineração – RDE/I**

3.7.4.1. O surgimento de crateras de pequeno porte pode ocorrer quando sistemas de drenagem danificados se rompem e o escoamento de água erode o material em subsuperfície. A subsidência por si pode ocasionar o rompimento de galerias de drenagem e/ou fossas assépticas, bem como o surgimento de trincas, fissuras e sumidouros (aqui ocorre outro problema de terminologia, pois em Maceió é comum se referir às fossas assépticas como “sumidouros”; no entanto aqui deve ser feita a desambiguação da palavra no sentido de aberturas verticalizadas em zonas de distensão do terreno, na interface entre área estável e área com movimentação e em zonas de maior assimetria da movimentação).

### 3.7.5. **Risco de dolinamento de mina subterrânea (sinkhole) – RDM/I**

3.7.5.1. O colapso progressivo de cavidades pode fazer com que abram crateras de grande porte na região acima das minas ou em regiões próximas, no caso de desvio da direção do colapso através de planos de fraqueza.

3.7.5.2. Conforme será examinado no próximo capítulo, o relatório dos consultores do Movimento Unificado de Vítimas da Braskem - MUVB trouxe também uma avaliação de risco que, embora possa abranger elementos da RCE, se difere conceitualmente dos riscos acima citados:

### 3.7.6. **Risco ao usuário, meio ambiente e patrimônio – RMP**

3.7.6.1. A tipologia de risco ao usuário, meio ambiente e patrimônio é definida na Norma de Inspeção Predial do IBAPE – 2009 como:

*“Critério de classificação das anomalias e falhas existente na edificação, e constatadas em uma inspeção predial, considerado o risco oferecido aos usuários, ao meio ambiente e ao patrimônio, dentro dos limites da inspeção predial.”*

3.7.6.2. A classificação possui, portanto, caráter misto entre aspectos econômicos, funcionais e físicos e não adentra na questão da origem do risco, se natural ou induzido.

3.7.6.3. O Decreto nº 10.593, de 24 de dezembro de 2020 traz a definição do termo “desastre”:

*“VII - desastre - resultado de evento adverso decorrente de ação natural ou antrópica sobre cenário vulnerável que cause danos humanos, materiais ou ambientais e prejuízos econômicos e sociais;”*

3.8. Em vista do disposto em Lei, se faz necessária a classificação mais abrangente, incluindo riscos indiretos:

### 3.8.1. **Risco de prejuízos econômicos (associados indiretamente aos riscos físicos acima) – RPE**

3.8.1.1. Riscos de perdas econômicas devido à disfunção socioeconômica e dissolução de redes de relações comerciais em decorrência dos processos físicos ou das medidas de mitigação e prevenção.

### 3.8.2. **Risco de prejuízos sociais (associados indiretamente aos riscos físicos acima) - RPS**

3.8.2.1. Riscos de disfunções sociais, perturbação do meio de vida, perda dos espaços sociais, transtornos psicológicos como estresse pós traumático, entre outros.

3.9. Conforme exposto acima, com exceção do RDM, todos estes processos podem ocorrer sem a contribuição dos efeitos de mineração, mas os efeitos da mineração podem agravar condições desfavoráveis ou criar situações de risco onde antes não havia. Nos casos onde ocorre o agravamento da situação, não são conhecidos métodos para quantificar a proporção de agravamento. Assim, a definição de responsabilidade torna-se um pouco mais complexa; de modo geral.

3.10. O SGB/CPRM tem como missão institucional:

*“Gerar e disseminar conhecimento geocientífico com excelência, contribuindo para melhoria da qualidade de vida e desenvolvimento sustentável do Brasil.”*

3.11. Conhecimento geocientífico é um termo bastante abrangente e que engloba a relação da sociedade com o meio físico, notadamente, os trabalhos do Departamento de Gestão Territorial possuem um caráter interdisciplinar que engloba elementos de diversas áreas de conhecimento. No entanto, deve-se observar que em determinados campos da vasta gama de conhecimentos que engloba a gestão de desastres e governança de desastres, o SGB/CPRM não dispõe de profissionais suficientemente especializados em questões de ordem psicológica e econômica.

3.12. Assim, muito embora sejam nítidas as consequências psicológicas e econômicas do processo, devido à natureza de alta complexidade do tema, o SGB/CPRM não é capaz de mapear os impactos ou riscos psicológicos das populações que ocupam as áreas adjacentes ou próximas às áreas atingidas pelos processos físicos em si, tampouco a avaliação da abrangência dos impactos econômicos. Tal constatação não implica na inexistência de populações

expostas a riscos psicossociais, e econômicos, mas na incapacidade institucional para que sozinho o SGB/CPRM conduzisse a realização desses estudos na completude necessária no presente momento.

3.13. No decorrer dos trabalhos de avaliação de risco desse caso, o SGB/CPRM considerou os riscos instalados anteriormente às ações de mineração como vulnerabilidades frente aos perigos gerados pela mineração. Assim, uma deformação de terreno que atinge um imóvel robusto e não causa danos pode atingir um imóvel já vulnerável por outros processos e atuar como “a gota d’água” na deflagração de um colapso do imóvel, mas não são conhecidas pelo SGB/CPRM, no momento, metodologias para a definição do limiar de valor, ou seja, o valor de afundamento do terreno em milímetros, a partir do qual a subsidência é capaz de deflagrar o colapso de um imóvel que já esteja em condições vulneráveis. Por esse motivo, a área onde a subsidência foi efetivamente detectada tem sido indicada nos mapas como áreas de monitoramento, dentro das limitações dos equipamentos utilizados (notadamente a interferometria de radar - InSAR). No entanto, esse procedimento também tem gerado apreensão e temeridade na população, as populações das “áreas de monitoramento” têm se sentido pressionadas a sair, houveram iniciativas do setor privado e do Poder Público em se antecipar ao surgimento de danos e proceder com as remoções. De fato, a coleta de informações através de interferometria, ou monitoramento interferométrico é feito além dos limites da área de monitoramento. Ou seja, uma área maior do que a “área de monitoramento” é de fato monitorada.

3.14. As áreas com graves prejuízos econômicos e sociais decorrentes de ações antrópicas estão abrangidas legalmente pelas medidas determinadas em lei, notadamente no Decreto:

*“Art. 2º Para fins do disposto neste Decreto, considera-se:*

*(...) IV - ações de recuperação - medidas desenvolvidas após a ocorrência do desastre destinadas a restabelecer a normalidade social que abrangem a reconstrução de infraestrutura danificada ou destruída e a recuperação do meio ambiente e da economia;*

*(...) X - proteção e defesa civil - conjunto de ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação destinadas a:*

*a) evitar ou minimizar os efeitos decorrentes de desastre;*

*b) preservar o moral da população; e*

*c) restabelecer a normalidade social e torná-la resiliente;”*

(Grifo nosso)

3.15. Ainda:

*“Art. 26. São princípios do Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil:*

*(...) IV - estímulo à expansão da participação de organizações da sociedade civil. ”*

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC, estabelecida pela Lei 12.608/2012 define em seu artigo 2º:

*“§ 2º A incerteza quanto ao risco de desastre não constituirá óbice para a adoção das medidas preventivas e mitigadoras da situação de risco. ”*

3.16. Assim, compreendemos que a ausência de estudos de complexidade adequada sobre os impactos psicológicos, sociais e econômicos que atingem a população dos Flexais não deve ser considerada óbice para as ações de proteção e defesa civil; a participação popular, na sua melhor qualidade, já deixou clara a sua percepção de grave perturbação da normalidade e prejuízos econômicos e sociais.

3.17. Desse modo, mesmo considerando a incompletude ou simplicidade da avaliação e por consequência incerteza do risco de desastre, a Lei não permite que tal incerteza seja óbice para a adoção das medidas pertinentes. Assim, a constatação de desastre nos termos de RPE e RPS independe da celebração de acordos entre o setor público e privado e até mesmo de uma avaliação livre de incertezas quanto ao nexo de causalidade entre os processos de impacto físico da mineração, subsidência, etc. e a disfunção social e econômica que atinge e aflige a população.

3.18. Os riscos ocasionados por condições da natureza são classificados de maneira mais ampla como “Riscos Geológicos”, enquanto que os riscos oriundos de atividade humana são classificados de maneira ampla como “Riscos Tecnológicos”. Os riscos decorrentes de maneira indireta a esses processos físicos são denominados “Riscos Indiretos”.

#### **4. ANÁLISE DO LAUDO TÉCNICO DE INSPEÇÃO - BAIRRO DO BEBEDOURO - FLEXAL DE CIMA E FLEXAL DE BAIXO - REF. MANIFESTAÇÃO 20220043062**

4.1. O Laudo Técnico de Inspeção traz uma avaliação de risco segundo as diretrizes definidas na Norma de Inspeção Predial do IBAPE – 2009 e na Norma de Manutenção em Edificações – NBR 5674 da ABNT. As normas referidas acima não trazem especificamente um critério fixo quanto ao número ou dimensão das rachaduras, trincas, etc. O laudo trata de avaliar Risco ao usuário, meio ambiente e patrimônio – RMP, fazendo avaliação única e indistinta entre risco físico, financeiro e funcional do imóvel, conforme o trecho da norma do IBAPE:

*“[RISCO CRÍTICO] - Risco de provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e do meio ambiente; perda excessiva de desempenho e funcionalidade causando possíveis paralisações; aumento excessivo de custo de manutenção e recuperação; comprometimento sensível de vida útil. ”*

4.2. Assim, o trabalho não trata de distinguir os casos onde houve um aumento excessivo dos custos de recuperação daqueles onde foi avaliada ameaça a vida ou a integridade dos ocupantes. Portanto, não pode ser confundido com a terminologia de risco que vinha sendo utilizada até o momento.

4.3. Ainda, o trabalho não faz por correlacionar os danos ou o risco ao processo de subsidência ou a outros efeitos da mineração. Assim, atende tecnicamente bem aos propósitos aos quais se prestou, mas sem permitir a simples assimilação direta dos resultados ao Mapa de Linhas e Ações Prioritárias, que abrangeu tão somente as áreas de risco que foram associadas diretamente aos reflexos da mineração.

## **5. ANÁLISE DAS DISCUSSÕES APRESENTADAS NA PETIÇÃO DO MOVIMENTO UNIFICADO DAS VÍTIMAS DA BRASKEM - REF. MANIFESTAÇÃO 20220043059**

5.1. A petição é apresentada inicialmente com uma retrospectiva histórica dos fatos e iniciativas promovidas pela organização. Em seguida, são apresentados uma série de elementos visuais e argumentações que não tratam de elementos técnicos, mas de percepções populares. Como faixas com críticas aos poderes públicos, reportagens, etc.

5.2. O documento, de modo geral, não aplica rigor no uso de terminologia técnica e, ao que interpretamos, acaba por trocar os significados e alternar sem distinção os termos “Área de risco”, “Mapa de linhas e ações prioritárias”, “programa indenizatório”, “risco geológico”, “risco indireto”, “risco geológico indireto”. Por outro lado, a manifestação também é rica em insumos para uma análise dos riscos RPE e RPS, pois traz relatos diretamente por parte dos afetados. Visto isso, cabe ressaltar que, dada a falta de rigor técnico na escrita, a leitura se torna bastante subjetiva e interpretativa sobre a real intenção do que o autor pretendia exprimir.

5.3. Os moradores relatam forte insatisfação com o esvaziamento de sua antiga área de circulação social, relatando os números de habitantes antes e após o início das consequências do desastre. Relatam o fechamento dos setores comerciais e de serviços básicos. Relatam a perda dos espaços comuns de interação social e a dissolução de núcleos de convivência que eram formados entre as pessoas que anteriormente habitavam a região, agora realocados para diferentes locais. A manifestação também traz o relato do impacto emocional na comunidade, ao circular por uma área parcialmente demolida, parcialmente desabada, repleta de desabafos e protestos escritos nos muros que sobraram.

5.4. Os capítulos II e III do manifesto tratam de apresentar suas justificativas e embasamentos legais para a criação do movimento e de tecer considerações sobre implicações jurídicas em decorrência do desastre que aflige a região. Sobre estes, consideramos que não compete ao SGB/CPRM avaliar ou comentar.

5.5. Os capítulos IV, IV.1 do manifesto trazem uma tentativa popular de fornecer uma explicação utilizando os termos técnicos que foram lidos ou ouvidos nas mais diversas oportunidades, mistura trechos de reportagens, documentos e estudos, acabando por reconstruir as ideias de maneira um pouco confusa e distante da realidade.

5.6. O capítulo V do manifesto começa com a reprodução de mensagem privada por aplicativo de telecomunicações. Seguido de trechos extraídos e reconstruídos conforme o entendimento do autor da manifestação, que é incorreto. O SGB/CPRM já prestou esclarecimentos sobre essa mensagem durante Audiência Pública na Câmara de Vereadores de Maceió em outubro de 2021, a mensagem se referia às áreas de criticidade 01, ilhadas dentro de áreas de criticidade 00. À época, as casas na área de criticidade 01 foram sendo removidas de acordo o número de trincas e fissuras de modo que alguns moradores tiveram que permanecer em suas residências isoladas dentro da área de remoção e em áreas notadamente perigosas, como na região diretamente acima das minas, vide Figura 1. A mensagem é bastante clara: “deixar imóveis ‘ilhados’ dentro de uma área de remoção” e não se refere ao Flexal, que está às margens e não dentro da área de remoção. O termo “áreas ilhadas” parece ter recebido outra definição no *Relatório de Avaliação Socioeconômica do Flexal de Cima, Flexal de Baixo e parte da Rua Marquês de Abrantes*, produzido pela Defesa Civil Municipal e ao qual o SGB/CPRM somente teve acesso ao extrato reproduzido na Manifestação do MUVB.



Figura 1. Trecho extraído do Mapa de Linhas e Ações Prioritárias de 2019, com destaque para as “áreas ilhadas” (círculo em preto) dentro da área de remoção (verde claro e rosa).

5.7. Ainda no Capítulo V, o manifesto traz o relato sobre as condições socioambientais e socioeconômicas da região do Flexal. Relatando disfunção de relações comerciais, sociais, disfunção do meio de vida urbano, disfunção dos mecanismos de relação social, perturbações psicológicas, crises identitárias, etc., muito embora o SGB/CPRM não tenha realizado levantamentos específicos no âmbito social do desastre, esses são elementos devidamente reconhecidos na comunidade científica no que tange o estudo dos desastres.

## 6. ANÁLISE DO RELATÓRIO COMPDEC

6.1. O Relatório da COMPDEC visa analisar os dados da instrumentação disponível, afim de aferir ou não a existência de processos de instabilidade do terreno na região do Flexal.

6.2. Quanto às análises da interferometria, item 2.6, o relatório afirma:

*“Para a componente vertical, os dados decompostos apresentaram uma velocidade vertical média de 1,60 mm/ano, com valores fora dos limiares de subsidência (-5 mm) evidenciando a possível não atuação do fenômeno no território estudado, sobretudo por apresentar valores positivos, não evidenciando movimentação acumulada descendente e sim ascendente.”*

6.3. Ao que apresenta em seguida o gráfico da evolução da posição média para os pontos, que em 2022 está abaixo de zero; portanto a velocidade vertical é negativa e indica subsidência. A passagem acima indica erro grave na análise da principal instrumentação utilizada para medição da área de abrangência do processo.

6.4. Na continuidade da análise, para a movimentação no sentido horizontal:

*“Já para a componente Leste-Oeste foi verificada uma velocidade média de 1,89 mm/ano, tais valores positivos, representam uma possível movimentação no sentido leste, ou seja, no contra rumo da subsidência, com indícios de movimentação em direção oposta ao fenômeno. Não apresentando numericamente, possível relação entre a área e o fenômeno de subsidência.”*

6.5. A subsidência na vertical é acompanhada de um arraste de material para o centro da área com afundamento, ou seja, de maneira simplificada, com direção ortogonal à tangente do elipsóide formado pelas isolinhas de subsidência conforme ilustrado de maneira simplificada na Figura 1 e amplamente discutido na literatura científica (Whittaker, 1985; Bauer, 2013; Van Sambeek, 2014). Desse modo, a medição de deslocamento de oeste para leste é perfeitamente compatível com o esperado naquela região. Novamente ocorre, portanto, erro grave de compreensão da componente horizontal da subsidência, que se evidencia também no corpo do Ofício:

*“Subsidência é um termo geral para um movimento vertical descendente de massa, que envolve pouco ou nenhum movimento horizontal, o que a distingue do movimento de inclinação, como escorregamento por exemplo.”*

6.6. Ou seja, o autor do ofício falhou em notar que a velocidade descrita no relatório encaminhado junto ao mesmo apontou um valor escalar maior para a componente horizontal (1,89 mm/ano) do que vertical (1,60 mm/ano). Tais valores são esperados, são compatíveis com o processo e se confirmam com as diversas formas de instrumentação.

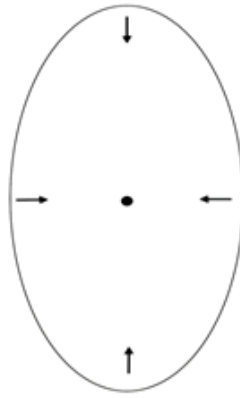


Figura 2. Movimento horizontal esperado (setas) em relação a elipse formada pela subsidência e ao centro da subsidência (ponto).

6.7. Ainda no que diz respeito a interferometria, não apenas a interpretação dos dados foi incorreta, mas o próprio método de análise parte de uma abordagem inadequada. Os gráficos produzidos diretamente no site da Altamira tiram comportamentos médios dos pontos amostrados e não são capazes de ilustrar as variações das medições na área. Por esse motivo, justamente é que o próprio CIMADEC havia passado a adotar a metodologia proposta pelo SGB/CPRM, de krigagem dos dados.

6.8. Quanto à análise sobre a direção esperada das fraturas, item 2.1, o relatório afirma:

*“As rachaduras foram analisadas e inferidas seus azimutes e contra azimutes, com a bússola, constatando que possuem direções distintas do processo de subsidência antrópica, causada pela extração de sal, que possui o sentido NNW-SSE.”*

6.9. A colocação poderia ter sido mais cuidadosa, visto que sobre as trincas associadas ao processo, espera-se que ocorram preferencialmente de maneira tangencial ao elipsóide formado pela subsidência, ou seja, a depender de seu posicionamento poderiam ter qualquer direção e ainda assim serem perfeitamente compatíveis com o processo. Ainda assim, no que diz respeito à direção das fraturas, tomando como referência as trincas desenhadas na Figura 3, de fato não se observa a direção que seria esperada de trincas associadas ao processo que seriam SW-NE aproximadamente. Em se tratando de trincas paralelas à encosta, está correto associá-las a processos de rastejo ou outros processos gravitacionais distintos da subsidência em questão.

6.10. Quanto à descrição do processo físico de rastejo em encostas, item 2.2, o relatório diz:

*“A gravidade atua com maior força no plano inclinado, e com maior impacto caso haja atrito atuando sobre o bloco”*

6.11. Na assertiva acima, também ocorre erro, pois a atração gravitacional não atua de maneira diferente em um plano inclinado, parece haver uma alusão à força resultante. Ainda, a força de atrito justamente impede ou limita a movimentação de um bloco em um plano inclinado; ao contrário do que sugere o autor.

6.12. Quanto à menção da presença de solos colapsíveis e/ou expansíveis, aventada no item 2.4, página 21 identificamos que algumas colocações são genéricas:

*“A presença de argilominerais no solo são consideradas como depósitos problemáticos para obras de infraestrutura porque podem causar danos socioeconômicos e ambientais (...)”*

e

*“Os solos, com forte porcentagem de argila, predominantemente plásticos, além de solos compactados, mostram-se passíveis de sofrer colapso.”*

6.13. Assim, ao serem genéricas as declarações acabam por perder em acuidade. De fato, existem determinados tipos de argila que podem apresentar comportamentos tais como colapsibilidade, expansividade. No entanto, a identificação desses solos não se faz por simples inspeção de campo, mas através de ensaios de laboratório, tais como os que foram realizados pelo SGB/CPRM e descritos no Volume F dos Relatórios Temáticos que acompanharam o Relatório Síntese de 2019. Os ensaios realizados pelo SGB/CPRM à época não identificaram os argilominerais nem as condições microestruturais para a ocorrência dos referidos processos.

6.14. Ainda no item 2.4, no que se refere à geologia local, diz o relatório:

*“Além dessas análises fisiográficas, estruturalmente buscou-se confirmar a inexistência de fenômenos tectônicos como os falhamentos e dobras. Verificou-se a total inexistência de tectonismo nesses sedimentos.”*

6.15. Nesse trecho são identificados três problemas, primeiramente, uma análise deve ser feita de maneira neutra, não tentando “confirmar” determinada hipótese, o que pode levar a vieses de confirmação; em segundo lugar, o autor sequer discorre sobre qual método buscou utilizar para investigação sobre a tectônica local. Por último, parece o autor desconhecer os diversos levantamentos geofísicos que foram realizados na região, identificando muitas falhas; notadamente a encosta do Mutange, que se estende também até o Flexal, foi caracterizada como uma encosta com

controle estrutural, ou seja, em região de falha geológica. Cabe ressaltar que a simples presença de falha geológica não imputa em reativação ou movimentação da mesma.

6.16. No que diz respeito às trincas nos imóveis fora da área de subsidência, evidentemente que em toda a região dos bairros afetados pela subsidência já eram observadas outras fragilidades e eventuais danos devidos ao baixo padrão construtivo de muitos imóveis, inclusive em diversos imóveis históricos; no entanto, essas características têm sido classificadas como aspectos da vulnerabilidade das residências frente ao processo de subsidência, cabendo às autoridades a sensibilidade que o tema exige. Se por um lado a ocorrência de pequenas trincas acontece por exemplo em áreas de encosta onde ocorre rastejo, uma vez que essa encosta sofre deformação pela subsidência, essas trincas passam a representar um elemento de vulnerabilidade estrutural frente a esse processo não natural.

6.17. Assim avaliamos que houve uma perda substancial da qualidade técnica dos relatórios em comparação àqueles outrora produzidos pelo próprio CIMADEC. Observamos também que, vencida a desafiadora etapa inicial de remoção dos moradores das áreas de risco, ainda carecem de engajamento efetivo as etapas naturalmente subsequentes na gestão do desastre, tal como endereçamento das necessidades da população atingida indiretamente, em especial na região dos Flexais.

## 7. AVALIAÇÃO DA ÁREA DE ATINGIMENTO DO PROCESSO

7.1. A metodologia para avaliação da área atingida pelos processos de instabilidade do terreno passou por ajustes desde a identificação inicial das áreas com danos até a obtenção dos primeiros levantamentos interferométricos e ao longo das atualizações dos mapas de linhas e ações prioritárias.

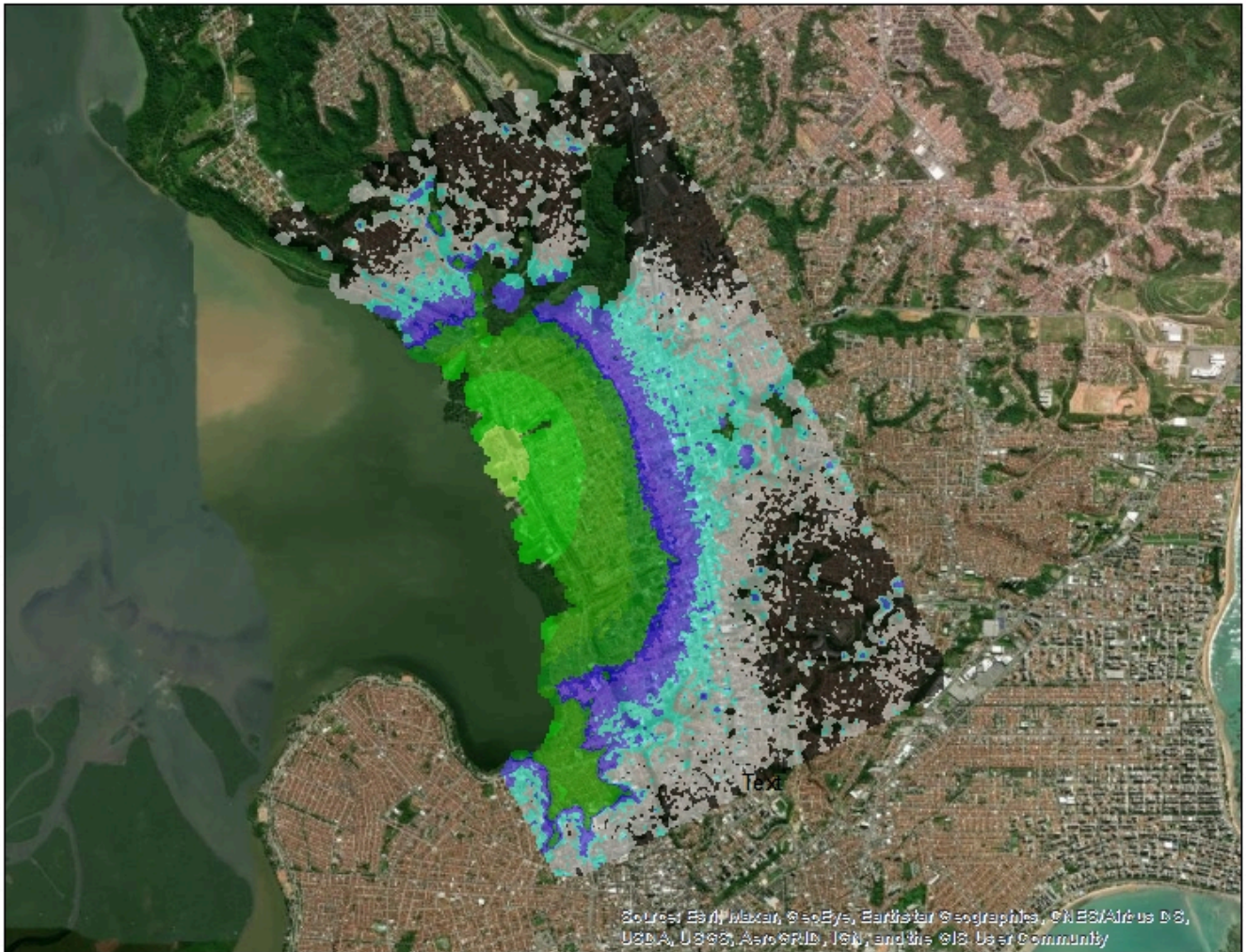
7.2. Inicialmente foram traçados polígonos que representam geograficamente as áreas onde o levantamento de campo identificou trincas e rachaduras, essas áreas à época foram denominadas como polígonos vermelhos, laranjas e amarelos, de acordo com a densidade de feições. Posteriormente, o Apêndice C do Relatório Síntese n1 de maio de 2019 trouxe uma representação gráfica das medições de interferometria, onde as escalas de cor iam do vermelho para o amarelo, verde e branco, conforme as classes de velocidade de movimentação utilizando valores a partir de -0,8 mm/mês; esse mesmo mapa trouxe também estimativas para possíveis áreas de atingimento por sinkhole. Quando da elaboração da primeira versão do Mapa de Linhas de Ações Prioritárias, já através de parceria entre o SGB/CPRM e a COMPDEC, optou-se por utilizar valores de velocidade anual de subsidência para delimitação da área de abrangência do processo, o mapa subdividiu ainda em diversas categorias como risco de sinkhole, risco de inundação permanente, etc. Posteriormente, as atualizações do Mapa de Linhas e Ações Prioritárias valeram-se de uma simplificação de comunicação, utilizando apenas as colorações verde claro e verde escuro, que correspondiam diretamente à ação prioritária, de monitoramento ou remoção.

7.3. A medição da subsidência do terreno através de levantamentos de interferometria de radar de abertura sintética faz uso de séries de medições para obtenção de um valor médio; esse método permite a redução da propagação de erros inerentes. No entanto, o método possui limitações para medir velocidades de subsidência muito pequenas, com base nas análises dos dados e nas recomendações do fornecedor, à época, optou-se pela utilização do valor de -5 mm/ano como limite do método de detecção. No entanto, já era de conhecimento que valores menores de subsidência poderiam estar atingindo uma área mais abrangente; por esse motivo, o SGB/CPRM avaliou todas as possibilidades técnicas e em 2020 propôs durante as reuniões do Plano de Ações Integradas do Governo Federal - PAI o desenvolvimento de metodologia a partir de leituras de *Laser Scanner*, um equipamento portátil que realiza medições através de raios laser, tendo entregue, em dezembro de 2020, ao Ministério do Desenvolvimento Regional uma Nota Técnica e a proposta de Termo de Execução Descentralizada. Devido aos entraves na execução financeira de recursos com dotação orçamentária de 2020, a iniciativa foi interrompida e, posteriormente, não foi retomada.

7.4. Assim, permanece a mesma limitação técnica inerente ao método de levantamento interferométrico. No entanto, apresentamos aqui novamente análise das leituras recentes, estendendo a interpretação para o campo de valores de medição onde o método já não possui precisão. As figuras 3 e 4, abaixo, trazem a representação gráfica da distribuição espacial dos valores de velocidade de movimentação obtidos a partir do levantamento da TRE Altamira, gentilmente disponibilizados pela Braskem S.A., para as imagens, a escala de cor foi ajustada para também representar valores de medição além da margem de erro.













## Resultados da Interferometria - Abril 2022



### Legenda

#### Krigagem - Abril/2022

#### Intervalos de velocidade de movimentação

	<-200
	-50 a -200
	-10 a -50
	-5 (Precisão adequada)
	-4 (Precisão baixa)
	-3 a -4
	-2 a -3
	-1 (Precisão muito baixa)
	0
	>0

World Imagery

0 0,5 1 2 3 4 Km

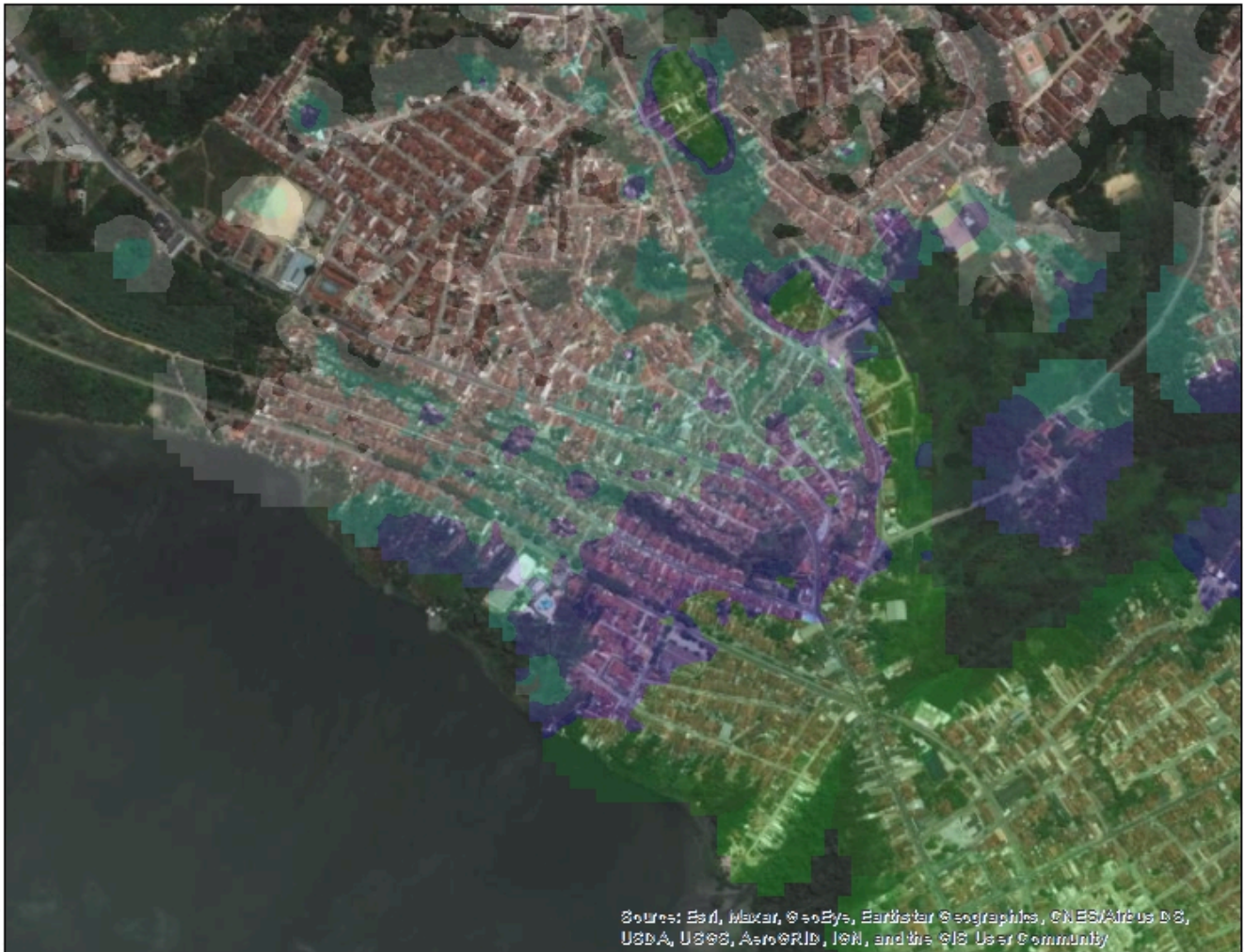


Elaboração da imagem: SGB/CPRM - Serviço Geológico do Brasil  
Levantamento interferométrico: Altamira  
Aquisição e disponibilização dos dados: Braskem S.A.



Figura 3 – Interpolação por krigagem da leitura da interferometria, incluindo valores de baixa precisão, sem confiabilidade da leitura. Fonte: TRE/Altamira – Braskem.

## Resultados da Interferometria - Abril 2022



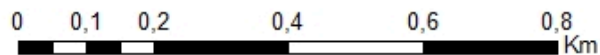
### Legenda

#### Krigagem - Abril/2022

#### Intervalos de velocidade de movimentação

<-200
-50 a -200
-10 a -50
-5 (Precisão adequada)
-4 (Precisão baixa)
-3 a -4
-2 a -3
-1 (Precisão muito baixa)
0
>0

World Imagery



Elaboração da imagem: SGB/CPRM - Serviço Geológico do Brasil  
Levantamento interferométrico: Altamira  
Aquisição e disponibilização dos dados: Braskem S.A.



Figura 4 – Detalhamento da área do Flexal. Interpolação por krigagem da leitura da interferometria, incluindo valores de baixa precisão, sem confiabilidade da leitura. Fonte: TRE/Altamira – Braskem.

7.5. Observamos, que a simetria e continuidade das leituras de taxas pequenas, onde não há precisão do método, os resultados obtidos sugerem movimentação muito sutil na região do Flexal e também em todas as outras direções, inclusive além da Av. Fernandes de Lima. Considerando então que o método não possui precisão adequada para uma interpretação direta, examinamos os resultados não só da velocidade final calculada e interpolada, mas das medições utilizadas no cálculo, conforme as figuras 5 a 10, abaixo.

## Amostragem 1 - Flexal



### Legenda

- World Imagery
- Amostragem 1 - Flexal

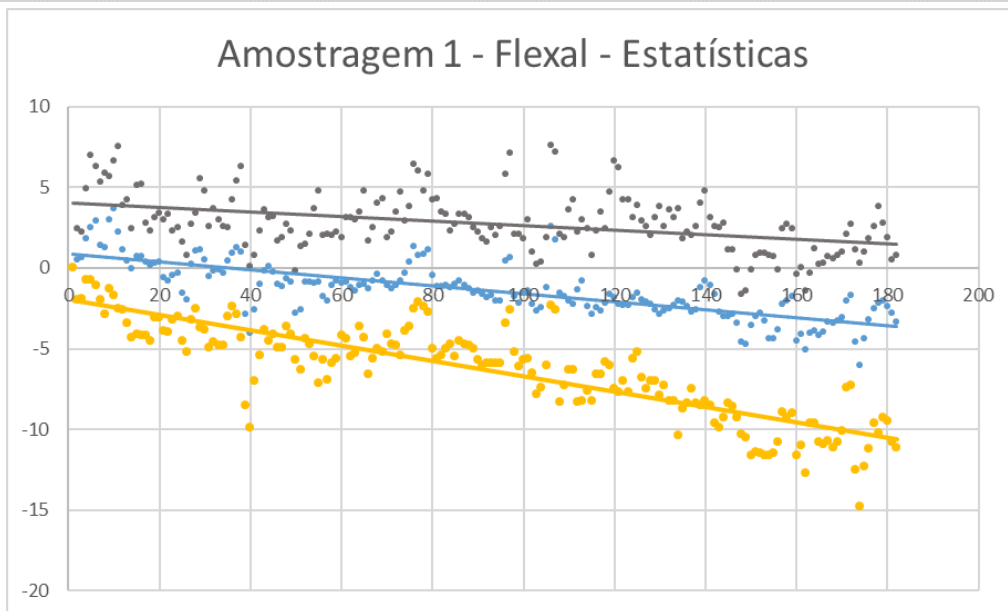
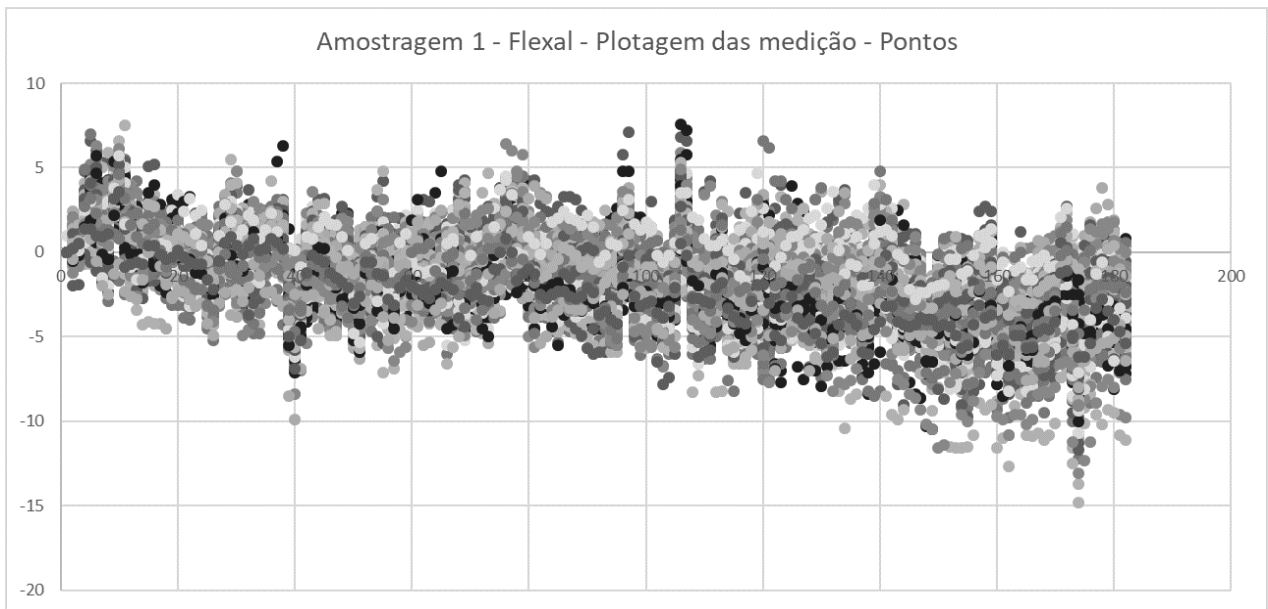
0 0,05 0,1 0,2 0,3 0,4 Km



Elaboração da imagem: SGB/CPRM - Serviço Geológico do Brasil  
Levantamento interferométrico: Altamira  
Aquisição e disponibilização dos dados: Braskem S.A.



Figura 5 – Área 1 de amostragem de medições – Região do Flexal de Baixo.



Figuras 6 e 7 – Evolução das medições na Área 1 de amostragem.

## Amostragem 2 - BIMtz



### Legenda

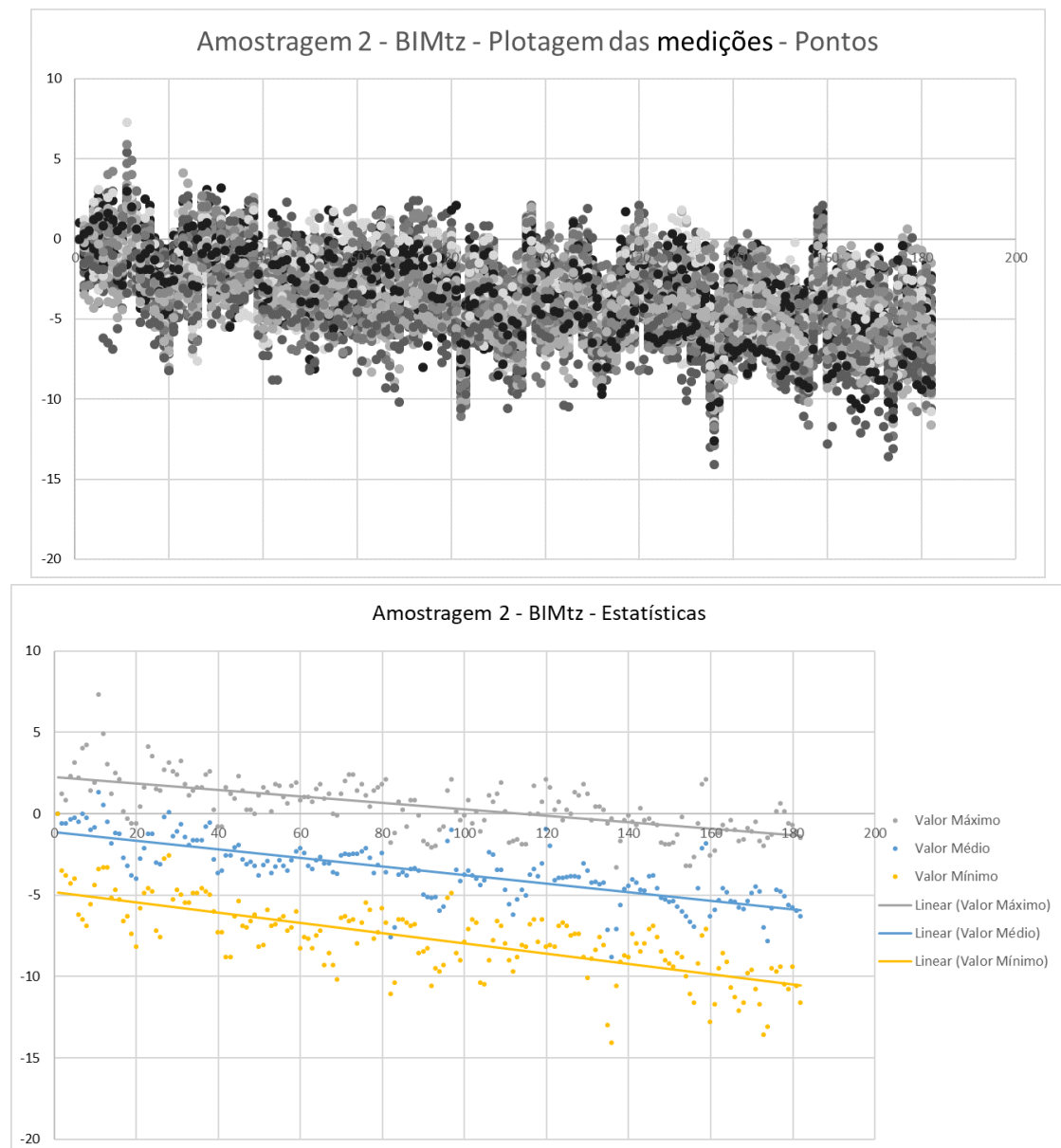
- World Imagery
- Amostragem 2 - BIMtz

0 0,05 0,1 0,2 0,3 0,4 Km



Elaboração da imagem: SGB/CPRM - Serviço Geológico do Brasil  
Levantamento interferométrico: Altamira  
Aquisição e disponibilização dos dados: Braskem S.A.

Figura 8 - Área 2 de amostragem de medições – Região do Flexal de Baixo.



Figuras 9 e 10 – Evolução das medições na Área 1 de amostragem.

7.6. Conforme observamos nos gráficos das figuras 5 a 10, as medições apresentam variabilidade de cerca de 10mm para mais ou para menos, que representam a margem de erro de 5mm para mais ou para menos em relação à média. Ainda assim, as linhas de tendência sugerem, inconclusivamente, subsidência em pequenas velocidades nas duas áreas de amostragem.

7.7. Para aferição dos valores e refinamento dos limites de ocorrência de pequenas taxas de subsidência, seria necessária a utilização de método de maior precisão, a exemplo dos levantamentos por laser scanner.

7.8. Novamente, a mera constatação de subsidência a baixos valores não implica em necessidade de pânico ou de remoção e realocação das moradias. Recomendamos o refinamento dos estudos sobre a relação entre pequenos valores de subsidência e ocorrência de danos em imóveis e recomendamos cuidado e clareza na comunicação com a população.

## 8. CONCLUSÃO

8.1. Em Maceió uma extensa área foi afetada por subsidência de terreno causada pela extração de sal em subsuperfície. A população que residia nas áreas com grave ameaça à vida foi realocada em praticamente sua totalidade.

8.2. As áreas adjacentes aos processos físicos causadores dos riscos RMM, REI, RCE, RDE e RDM sofrem diversos tipos de impactos econômicos e sociais. Tais impactos econômicos e sociais podem ser considerados como elementos de desastre, conforme preceitua a Lei, portanto a probabilidade de ocorrência ou manutenção destes efeitos pode ser expressa como um dos tipos de risco de desastres, no presente relatório referidos como RPS e RPE.

8.3. O estudo integrado dos desastres é considerado extremamente desafiador, importantes e renomados pesquisadores da área consideram que uma pesquisa científica holística e integrada dos desastres, com verdadeira

incorporação e integração dos aspectos físicos, econômicos, sociais, da filosofia e do direito requer uma verdadeira mudança no paradigma da pesquisa científica; para assim permitir transcender da pesquisa interdisciplinar para uma verdadeira pesquisa transdisciplinar (Ismail-Zadeh, A. T.; Cutter, S. L.; Takeuchi, K.; Paton, D. , 2017). Assim, ainda que os estudos nesse campo, no que diz respeito ao desastre do Bairro do Pinheiro e arredores, ainda deixem dúvidas e incertezas, essa é uma situação natural em frente a complexidade do caso e a própria complexidade da gestão de desastres. Acreditamos que existe prerrogativa legal e que seria razoável a tomada de decisão mesmo frente a tais incertezas de análise (Lei 12.608/2012 Art.2º “§ 2º”).

8.4. Muito embora a remoção de moradores de áreas de risco seja considerada um último recurso (Carvalho, 2020), os próprios representantes locais, através de organização espontânea, já manifestaram tal vontade popular. A participação popular na tomada de decisão é considerada de suma importância na gestão de desastres (Toshihisa 2021, Kaneko 2016), sendo recomendável a avaliação do poder público sobre a possibilidade de incorporação das demandas populares sempre que economicamente e tecnicamente possíveis, independente se por estabelecimento de acordo ou de iniciativa direta do Poder Público.

8.5. O mapeamento da extensão do fenômeno de subsidência tem sido feito com uso de medições por interferometria de radar de abertura sintética, com precisão milimétrica. Ainda assim, para as regiões com movimentações muito pequenas, entre -1 e -5 milímetros por ano de afundamento o método não atende com segurança. A simples constatação de subsidência em valores muito pequenos não implica necessariamente em causalidade com transtornos e com patologias que possam ser observadas em imóveis.

## 9. RESPOSTA AOS QUESTIONAMENTOS DO MPF

9.1. **Qual a natureza dos estudos apresentados pelo MUVB, se seguiram metodologia adequada para avaliar o risco geológico da região e se com base nas informações constantes deles é possível concluir que a região do Flexal fora do mapa de risco (em sua última versão) também seria afetada pelo movimento de subsidência;**

9.1.1. O Laudo Técnico de Inspeção - Bairro do Bebedouro - Flexal de Cima e Flexal de Baixo - Ref. Manifestação 20220043062, apresenta método adequado para avaliação de risco ao usuário, meio ambiente e patrimônio; mas não relaciona os danos com processo de subsidência ligada à mineração. A distinção entre os tipos de classificação de risco é muito importante, conforme enfatizado no capítulo 3.

9.1.2. A manifestação do Movimento Unificado das Vítimas da Braskem - Ref. Manifestação 20220043059 por sua vez é uma manifestação popular e não pode ser considerada um trabalho técnico científico. A elaboração direta por parte dos atingidos por si só já suscitaria questões de conflito de interesse. Ainda assim, provém insumos para uma análise dos problemas socioambientais e pode ser incorporada como um elemento de participação popular. Em especial no tocante à percepção da população quanto a pertinência de um processo de revitalização.

9.2. **Se os relatórios/estudos apresentados demonstram a necessidade de se produzir algum estudo técnico adicional para compreender a situação do Flexal face ao mapa de risco da defesa civil municipal;**

9.2.1. O caso do desastre de Maceió é considerado de alta complexidade, portanto, é improvável que se esgotem os estudos tanto no campo de vista das simulações matemáticas e previsões de desenvolvimento, quanto no campo das ciências socioeconômicas e socioambientais. Visto isso, toda e qualquer tomada de decisão deve ser feita com base nas melhores informações disponíveis, sem prejuízo da continuidade dos estudos.

9.2.2. Os estudos apresentados demonstram necessidade de levantamentos topográficos com maior precisão, em relação ao levantamento de interferometria. Não é mais possível afirmar categoricamente que não haja subsidência na região do Flexal, ainda que em taxas muito baixas que podem não possuir relação com as trincas e fissuras observadas.

9.2.3. Existe também a necessidade de estudos econômicos e socioambientais do problema, é comum que ocorram transtornos como stress pós-traumático em vítimas de desastres e a população atingida indiretamente pode se enquadrar nessa categoria.

9.3. **Se prevalecem as conclusões anteriormente firmadas sobre a não inclusão do Flexal no mapa de risco da defesa civil municipal.**

9.3.1. A manifestação popular reclama a inclusão no mapa de risco, mas aparentemente o faz de maneira indistinta entre os termos de risco geológico, risco indireto e direito à indenização.

9.3.2. No ponto de vista de risco físico e ameaça à vida da população, caberia à Defesa Civil inspecionar individualmente cada imóvel, como deve fazer em toda e qualquer local do Município, isso independe de processo indenizatório e cabe ao município estabelecer estratégias para a gestão do risco. A instrumentação atual sugere que pode haver subsidência em baixas taxas no Flexal, mas devido à margem de erro do método, não é possível afirmar

categoricamente. A incidência de taxas de subsidência muito baixas não implica necessariamente em associação com danos e patologias construtivas.

9.3.3. Do ponto de vista de atingimento indireto pelo processo, no que diz respeito à danos psicológicos, disfunção social, disfunção econômica, etc. é evidente que a região sofre tais danos em razão da evacuação e demolição parcial dos bairros do Pinheiro e arredores. Não bastasse a própria mobilização espontânea da população, conforme indicado no documento de manifestação, a própria Defesa Civil Municipal já constatou tais danos no *Relatório de Avaliação Socioeconômica do Flexal de Cima, Flexal de Baixo e parte da Rua Marquês de Abrantes*. Conforme revisado no capítulo 5, parece haver embasamento legal para classificação de tal situação como o que aqui chamamos de Risco de prejuízos econômicos – RPE e Risco de prejuízos sociais – RPS. Desse modo, caberia à Defesa Civil Municipal optar ou não por alterar a metodologia de elaboração do Mapa de Linhas e Ações Prioritárias e incluir essa categoria de risco.

9.3.4. Conforme examinado também no Capítulo 3 se a “A incerteza quanto ao risco de desastre não constituirá óbice para a adoção das medidas preventivas e mitigadoras da situação de risco.” ( Lei 12.608/2012 Art.2º “§ 2º), ainda que incerta a medida e extensão dos prejuízos do RPE e RPS, tal incerteza não deve refrear medidas intempestivas para a gestão do desastre. Ainda, mesmo que a doutrina jurídica tradicionalmente avalie a realocação como último recurso em gestão de risco (Carvalho, 2020), em se tratando de demanda popular e prevendo a Lei a participação popular na tomada de decisão (Decreto nº 10.593 Art. 26 IV), seria uma opção aceitável dentre as opções de gestão a serem adotadas pelo Poder Público Municipal. Reiterando que tais medidas podem ser tomadas havendo ou não incorporação ao acordo extrajudicial.

## 10. REFERÊNCIAS

- 10.1. Bauer, R.(2013). Mine subsidence in Illinois: Facts for Homeowners. Illinois State Geological Survey.
- 10.2. Carvalho, C. S. et. Al (2020). CAJUFA 2020: diretrizes para análise de risco geológico-geotécnico em áreas urbanas. São Paulo, Editora Europa. Disponível em: <https://ibape-sp.org.br/adm/upload/uploads/1605042573-Cajufa%202020.pdf>
- 10.3. Ismail-Zadeh, A. T.; Cutter, S. L.; Takeuchi, K.; Paton, D. (2017). Forging a paradigm shift in disaster science. *Nat Hazards* (2017) 86:969–988 DOI 10.1007/s11069-016-2726-x.
- 10.4. Kaneko, Y.; Matsuoka, K.; Toyoda, T. (2016). *Asian Law in Disasters: Toward a Human-Centered Recovery*. ISBN 9780815361480. Editora Routledge, 348 p.
- 10.5. Toshihisa Toyoda, Jianping Wang, Yuka Kaneko (2021). *Build Back Better: Challenges in Disaster Law*. ISBN 9789811659782. Editora Springer, 214p.
- 10.6. United Nations Office for Disaster Risk Reduction - UNDRR (2022). *Global Assessment Report*. Disponível em: <https://www.undrr.org/gar2022-our-world-risk>.
- 10.7. Van Sambeek, L. L. (2014). *Basic Mechanisms In Surface Subsidence Directly Induced by Salt Caverns*.
- 10.8. Whittaker, Reddish & Fitzpatrick (1985). *Normal Mining Induced Movements above an Extracted Area*.



Documento assinado eletronicamente por **LEANDRO GALVANESE KUHLMANN, Pesquisador(a) em Geociências**, em 05/07/2022, às 10:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **DIOGO RODRIGUES A DA SILVA, Chefe do Departamento de Gestão Territorial**, em 05/07/2022, às 13:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [sei.sgb.gov.br/autenticidade](http://sei.sgb.gov.br/autenticidade), informando o código verificador **1050162** e o código CRC **27F48AB2**.