



## **Perguntas e Respostas sobre o Relatório Técnico**

### **Qual é a causa predominante da instabilidade do terreno nos bairros Pinheiro, Mutange e Bebedouro?**

O relatório é conclusivo e aponta que está ocorrendo a desestabilização das cavidades provenientes da extração de sal-gema, provocando halocinese (movimentação do sal), e criando uma situação dinâmica com reativação de estruturas geológicas antigas, subsidência (afundamento) do terreno e deformações rúpteis na superfície (trincas no solo e nas edificações) em parte dos bairros Pinheiro, Mutange e Bebedouro.

De acordo com o documento, os danos em superfície são agravados pelos efeitos erosivos provocados pelo aumento da infiltração da água de chuva em fraturas/falhas preexistentes, bem como por novas fraturas produzidas pela subsidência. Este processo erosivo é acelerado pela existência de áreas de alagamento e a falta de uma rede de drenagem pluvial e de saneamento básico adequados.

### **Quais foram os resultados obtidos para cada hipótese investigada?**

#### **Hipótese 1 - Características geotécnicas dos solos da região e forma de ocupação do bairro.**

**Premissa:** Presença de solos colapsíveis e orgânicos, forma de ocupação e métodos construtivos inadequados.

**Desenvolvimento:** Os ensaios de geotecnia não demonstraram características que explicassem os danos. O surgimento de rachaduras em imóveis de diversas idades não pode ser explicado por problemas construtivos. Entretanto, processos interligados necessitam de cuidados específicos, tais como estabilização dos processos erosivos, saneamento básico, instalação de rede de drenagem eficiente no bairro e demais obras estruturantes.

**Conclusão:** O conjunto de estudos invalida esta hipótese. É importante ressaltar que as chuvas intensificam o processo erosivo.

#### **Hipótese 2 - Presença de vazios (cavidades, cavernas) nos solos e subsolos da região decorrentes de causas naturais ou ações antrópicas**

**Premissa:** ocorrência de cavidades decorrentes da dissolução de rochas em subsuperfície ou desabamento de minas de extração de sal-gema, como constatado nas minas 7 e 19.

**Desenvolvimento:** a sismologia mostrou **sismos (tremores de terra)** coincidentes com minas de extração. A gravimetria demonstrou a existência de **anomalias negativas de massa (rochas de menor densidade ou até mesmo vazios preenchidos por água)** associadas com as cavidades produzidas pela extração do sal. O audiomagnetotélúrico mostrou a existência de **anomalias resistivas (materiais com alta resistência à condutividade eletromagnética)** em profundidade que seriam geradas por cavidades de mineração em desabamento. A interferometria indicou deformação compatível com **subsidência (afundamento do solo)** por **deformação dúctil (materiais e rochas que se deformam sem romper)** da camada de sal e concêntrica na região de poços de extração de sal-gema. As observações de campo apontam deformações compatíveis com subsidência. A análise integrada dos dados dos oito sonares em ambiente 3D permite afirmar que as atividades de extração de sal-gema, alterou o estado de tensões resultando no colapso de minas e causando os processos de subsidência no bairro Pinheiro.

**Conclusão:** Há evidências que comprovam que a deformação nas cavidades de extração de sal-gema teve papel predominante na origem dos fenômenos que estão causando danos na região estudada. Este processo está em evolução.

### **Hipótese 3 - Estruturas/Feições tectônicas ativas na região**

**Premissa:** Os danos estudados teriam origem em eventos de neotectônica.

**Desenvolvimento:** A geofísica identificou diversas falhas que já eram esperadas pelo contexto regional. A sismologia identificou padrões de sismos que não são compatíveis com movimentos de tectônica regional. A interferometria indica uma aceleração da deformação para a região dos poços de extração de sal-gema enfraquecendo a alternativa de origem tectônica.

Os trabalhos de mapeamento estrutural de campo realizado no bairro Pinheiro e em outras áreas de Maceió confirmaram as direções das descontinuidades nas direções NW/SE, NS e NE/SW que são regionais e coincidentes com as direções das fraturas e trincas que ocorrem nas moradias e ao longo do bairro e delimitadas no mapa de feições de instabilidade do terreno.

**Conclusão:** O conjunto de estudos indica que as hipóteses 2 e 3 estão associadas, sendo a hipótese 2 desencadeadora do processo. A correlação entre zonas de falha com direção NNW-SSE que ocorrem nos bairros do Mutange e Bebedouro e a localização das minas de sal indicam que o processo de extração de sal interferiu diretamente nas falhas geológicas preexistente da região e favoreceu a reativação dessas estruturas, produzindo a subsidência observada nos dados de interferometria.

### **Hipótese 4 - Exploração de água subterrânea**

**Premissa:** Os danos estudados teriam origem em subsidência causada por recalque decorrente da extração de água subterrânea.

**Desenvolvimento:** A análise dos dados de hidrogeologia revelou que os níveis estáticos e dinâmicos dos aquíferos Barreiras e Marituba estão em recuperação, não existindo indícios de superexploração.

**Conclusão:** O estudo realizado invalida a hipótese.

### **A CPRM continuará realizando estudos no bairro?**

Sim. Embora o relatório síntese apresente de forma conclusiva a causa predominante de instabilidade no terreno dos bairros Pinheiro e áreas adjacentes, o Serviço Geológico do Brasil está desenvolvendo: a construção de poços de monitoramento dos aquíferos subterrâneos; monitoramento interferométrico pelos próximos dois anos; monitoramento sismológico por intermédio da Rede Sismográfica Brasileira; elaboração da Carta Geotécnica da Região de Maceió; e a capacitação dos técnicos da Defesa Civil Estadual e Municipal para dar continuidade na atualização das áreas representadas no mapa de feições de instabilidade do terreno.

### **Quais são as soluções mais viáveis para o bairro?**

Será necessário um monitoramento de médio e longo prazo para se estabelecer as tendências de comportamento do terreno, podendo se configurar na estabilização ou continuidade do processo de deformação. Para tanto, deverão ser tomadas medidas de monitoramento desses processos, entre elas a interferometria pelos próximos dois anos, ações de nivelamento topográfico e monitoramento sismológico para subsidiar a tomada de decisão quanto ao futuro uso e ocupação do bairro, além de medidas de engenharia para a consolidação e estabilização do bairro.

### **Quais são as possibilidades de ocorrência de colapso?**

As possibilidades de ocorrência de colapso são elevadas, ainda que potenciais. A desestruturação de alguma das minas de exploração de sal-gema permite estabelecer um cenário em que o colapso das próprias poderá produzir sério efeito danoso, com a geração de dolinas e também a reativação de estruturas geológicas que poderão acelerar os danos no bairro Pinheiro, Mutange, Bebedouro e outros bairros.

### **O mapa de feições será atualizado?**

Sim. O mapa de feições deve ser atualizado e integrado com outras investigações em curso, cabendo à Defesa Civil Estadual e Municipal realizar o monitoramento do bairro Pinheiro e áreas adjacentes, além de futuras atualizações.

### **A instabilidade do terreno continuará ocorrendo?**

A resposta a essa questão só será possível a partir de um monitoramento de médio prazo por meio do imageamento interferométrico e levantamentos topográficos que possibilitarão o estabelecimento de cenários e tendências de comportamento da deformação do solo como um todo. Hoje, podemos afirmar que existe subsidência (afundamento do solo) de aproximadamente 20 cm por ano, observada por intermédio de interferometria nos últimos dois anos e meio.

### **É necessário desocupar todos os imóveis localizados nos bairros Pinheiro, Mutange e Bebedouro?**

Esta decisão estará contemplada no Plano de Contingência elaborado pela Defesa Civil Estadual e Municipal.

**Levando em consideração o período chuvoso, é seguro continuar morando no bairro?**

Embora a chuva não seja o processo causador do que está ocorrendo no bairro Pinheiro, ela funciona como um fator acelerador da instabilidade e erosão.

,

**O aumento das chuvas, a falta de uma rede de captação de água pluvial e de uma rede completa de saneamento pode ajudar a agravar o problema?**

As chuvas, a falta de saneamento e a constituição geológica da região intensificam o processo erosivo, embora esses fatores não tenham sido os responsáveis pelo desencadeamento do processo. Em decorrência dos processos de deformação rúptil, existe um aumento da permeabilidade que promove a infiltração da água da chuva. Este processo devido aos seus efeitos erosivos provoca a aceleração da instabilidade do terreno.

**Existe a possibilidade de ocorrer outro sismo de magnitude igual ou maior a 2.4mR?**

Outro tremor de terra pode ser causado por desabamento parcial de cavidades de extração de sal-gema. Caso ocorram mais desabamentos parciais, eles poderão provocar sismos. Considerando que também houve a reativação de falhas geológicas, a movimentação destas podem gerar abalos sísmicos.

**Qual o resultado do monitoramento das atividades sísmicas no local da investigação?**

A Rede Sismográfica Brasileira (RSBR), por intermédio da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), responsável pelas estações sismográficas no Nordeste do Brasil, instalou seis estações sismográficas no bairro Pinheiro que entraram em funcionamento a partir de 1º de fevereiro de 2019. Foram detectados, desde então, seis eventos localizados abaixo da Lagoa Mundaú e também no subsolo do bairro Pinheiro, com profundidade inferior a mil metros.

A análise da sismologia mostrou sismos coincidentes com as minas de extração de sal-gema, entre outros localizados no fundo da Lagoa Mundaú e nas áreas mais afetadas do bairro Pinheiro. Pela presença majoritária de energia sísmica em forma de ondas de superfície, os pesquisadores constataram que a fonte sísmica está próxima à superfície e não se trata de um evento tectônico causado por uma falha geológica profunda. A energia identificada nesses sismogramas também comprova a origem rasa desses tremores de terra, pois a energia é inferior aos sismos de origem tectônica. Sendo mais próxima da energia liberada em explosões, colapsos ou desabamentos.

### **O que está acontecendo neste momento com as cavidades nas quais há ou houve no passado atividade de extração de sal-gema?**

A equipe técnica analisou também dados de sonares que foram integrados com informações geológicas e de extração de sal em ambiente 3D. O resultado mostra que há indícios de que a atividade de extração de sal-gema alterou o estado de tensão in situ (natural ou normal) de todas as unidades geológicas, gerando colapso de algumas cavidades e aumentando a instabilidade das unidades.

Foram detectadas evidências de desabamento parcial em profundidade na região das minas 7 e 19. A ocorrência de desabamentos em outras minas não pode ser descartada, haja vista a ausência de dados recentes de 27 das 35 cavidades.

### **Em que profundidade estão localizadas as cavidades e a camada de sal?**

A camada de sal está localizada entre 900 e 1.200 m de profundidade. Já as cavidades registradas nos sonares de 2019 indicam que algumas delas sofreram deslocamentos e estão em camadas superiores, fora da zona do sal-gema. Um exemplo é a mina 7, que estava a 900 m e, por conta da desestabilização, se deslocou para a profundidade de 750 m.

### **É possível que tenha ocorrido a junção de dois ou mais poços de exploração da sal-gema?**

De acordo com os relatórios existentes da Agência Nacional de Mineração, pelo menos seis minas se juntaram duas a duas, formando assim três grandes cavidades.

### **As atividades de extração de sal-gema em Maceió devem ser interrompidas?**

Essa é uma decisão que cabe à Agência Nacional de Mineração (ANM).

### **Quando o Serviço Geológico do Brasil – CPRM foi chamado para ajudar na investigação do fenômeno e quais as providências tomadas?**

Historicamente, o bairro Pinheiro, localizado no município de Maceió (AL), vem apresentando surgimentos de inúmeras fissuras e afundamentos em moradias e vias públicas. Esses fenômenos se intensificaram após as fortes chuvas de verão, ocorridas em 15 fevereiro de 2018, e o abalo sísmico (tremor de terra) de magnitude 2,4 mR (escala de magnitude regional para o Brasil), no dia 3 de março de 2018, nesta região.

De 12 a 14 de março de 2018, o Serviço Geológico do Brasil – CPRM realizou visita técnica por solicitação da Defesa Civil de Maceió. Em maio do mesmo ano, houve a formação de grupo de trabalho envolvendo CPRM, Agência Nacional de Mineração, Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres - CENAD e Universidade Federal do Rio Grande do Norte. No mês seguinte, foi apresentado o primeiro relatório sobre o fenômeno, após vistoria realizada no local afetado. O trabalho se intensificou entre os meses de setembro e dezembro.

Em 11 de janeiro de 2019, os ministros de Minas e Energia e do Desenvolvimento Regional publicaram portarias com as novas diretrizes para a atuação do Serviço Geológico do Brasil - CPRM e da Agência Nacional de Mineração - ANM, dentro de suas competências, para a identificação de instabilidade geológica na região.

Em 30 de abril deste ano, o Serviço Geológico do Brasil concluiu os estudos sobre as causas do aparecimento de fissuras no solo e de rachaduras em imóveis no local.

**A CPRM vai delimitar o percentual da área afetada nos bairros Pinheiro, Mutange e Bebedouro?**

Os estudos da CPRM vão possibilitar a delimitação e o cálculo do percentual da área em subsidência nos bairros Pinheiro, Mutange e Bebedouro para que as autoridades tomem as providências cabíveis.

**A CPRM vai reforçar a distinção das ações preventivas necessárias para cada área (vermelha, laranja e amarela)?**

O Mapa de Integração de Processos de Instabilidade do Terreno foi elaborado para subsidiar as diferentes ações preventivas do Plano de Contingência para garantir a segurança da população. Este produto cartográfico integra os provenientes do mapa de feições de instabilidade do terreno, dados interferométricos, de setorização de riscos de deslizamento do Mutange (2017) e mapa de subsidências de minas de extração de sal-gema.

**Há possibilidade de avanço da Lagoa Mundaú e alagamento parcial ou total de imóveis e ruas nos terrenos que margeiam a lagoa em Bebedouro, Mutange, Bom Parto e Levada?**

De acordo com os estudos, existem evidências da possibilidade de ocorrer a subsidência do terreno, resultando no rebaixamento da margem da lagoa. Esse processo cuja velocidade ainda está sendo investigada poderá continuar e afetar uma área maior. E deverá ser continuamente monitorada.