

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SALVADOR

RELATÓRIO PRELIMINAR:
ILHA DE MATARANDIBA/BAHIA
ESTADO DA BAHIA, ESCALA 1:10.000

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS



SALVADOR

2018

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

MINISTRO DE ESTADO
Wellington Moreira Franco

**SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL**
Vicente Humberto Lôbo Cruz

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

DIRETOR-PRESIDENTE
Esteves Pedro Colnago

**DIRETOR DE GEOLOGIA E RECURSOS
MINERAIS**
José Leonardo Silva Andriotti

**DIRETORIA DE INFRAESTRUTURA
GEOCIENTÍFICA**
Fernando Pereira de Carvalho

**DIRETOR DE HIDROLOGIA E GESTÃO
TERRITORIAL**
Antônio Carlos Bacelar Nunes

DIRETOR DE ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS
Juliano de Souza Oliveira

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
Lúcia Travassos da Rosa Costa

CHEFE DA DIVISÃO DE CARTOGRAFIA
Fábio Silva da Costa

**CHEFE DO DEPARTAMENTO DE RECURSOS
MINERAIS**
Marcelo Esteves Almeida

CHEFE DA DIVISÃO DE EDITORAÇÃO GERAL
Ricardo Luiz Barreiros Motta

CHEFE DA DIVISÃO DE GEOLOGIA BÁSICA
Vladimir Cruz de Medeiros

**CHEFE DO DEPARTAMENTO DE RELAÇÕES
INSTITUCIONAIS E DIVULGAÇÃO**
Valter Alvarenga Barradas

CHEFE DA DIVISÃO DE GEOPROCESSAMENTO
Hiran Silva Dias

CHEFE DA DIVISÃO DE MARKETING E DIVULGAÇÃO
Washington José Ferreira Santos

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SALVADOR

SUPERINTENDENTE REGIONAL
José Ulisses Bandeira Pinheiro

**GERENTE DE GEOLOGIA E RECURSOS
MINERAIS**
Valter Rodrigues Santos Sobrinho

**GERENTE DE HIDROLOGIA E GESTÃO
TERRITORIAL**
Miguel Anderson Santos Cidreira

**GERENTE DE INFRAESTRUTURA
GEOCIENTÍFICA**
Gustavo Carneiro da Silva

**GERENTE DE ADMINISTRAÇÃO E
FINANÇAS**
Maria da Conceição dos Santos Gonçalves

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SALVADOR

RELATÓRIO PRELIMINAR: ILHA DE MATARANDIBA/BAHIA

ESTADO DA BAHIA

Autores

José Torres Guimarães
Eduardo Moussalle Grissolia
Jean Carlos Santana Ferreira
João Luiz Matta de Souza
Paulo Machado Villar
Ricardo Santiago
Valter Santos Sobrinho

SALVADOR

2018

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	5
2.	EXEMPLOS DE ÁREAS COLAPSADAS	7
3.	HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE MINEIRA NA ILHA DE MATARANDIBA	12
4.	ASPECTOS GEOLÓGICOS REGIONAIS	14
5.	GEOLOGIA LOCAL	15
6.	COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA ILHA DE MATARANDIBA	17
7.	GEOFÍSICA	19
8.	RISCOS GEOLÓGICOS	20
9.	MODELAMENTO 3D E IMAGEAMENTO TOPOGRÁFICO COM O USO DE DRONE	21
10.	RECOMENDAÇÕES	22
	REFERÊNCIAS	23

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta o mapa fotogeológico preliminar da Ilha de Matarandiba-Bahia na escala 1:10.000 (Anexo I), elaborado a partir de mapa geológico executado pela PROSPEC S/A (1980), para a Mineração Química do Nordeste LTDA e atualizado através da utilização de fotos aéreas da Cruzeiro do Sul na escala 1:25.000, obtidas em 1959 e de ortofoto na escala 1:5.000 de 2006 cedida pela CONDER. Este mapa deverá ser consistido com dados de campo e servirá de base para trabalhos adicionais geológicos, geofísicos, hidrogeológicos, modelagens tridimensionais e de potencial de risco geológico a serem executados na região, com a finalidade de tentar esclarecer as causas que provocaram o abatimento de terreno ocorrido no mês de maio de 2018 no extremo norte dessa ilha.

A Ilha de Matarandiba integra a região da Baía de Todos os Santos e localiza-se no município de Vera Cruz – Bahia, entre a contra-costa da Ilha de Itaparica e o Continente. Tem uma área de 11,7 km², sendo 97% de propriedade da mineradora Dow Brasil. No seu extremo NW, distante 1100 metros da área colapsada, existe uma comunidade de pescadores e marisqueiras de cerca de mil habitantes (**figuras 1.1 e 1.2**).



Figura 1.1 - Mostra localização do “vazio subterrâneo”, instalações da Dow, vila e barragem.



Figura 1.2 - Mapa de situação da Ilha de Matarandiba e salmoroduto.
 Figura modificada da Dow Química.

2. EXEMPLOS DE ÁREAS COLAPSADAS

O sal-gema é uma rocha sedimentar composta por cloreto de sódio, acompanhado por cloretos de potássio e magnésio, que tem por propriedades marcantes, em relação a outras rochas: Densidade muito baixa e alta fluidez. Em alguns casos, essas propriedades favorecem a formação de domos salinos, que são resultantes da migração do sal das camadas estratificadas para cima, em direção à superfície. Eventualmente, a extração de sal-gema é feita em depósitos associados tanto aos estratos quanto aos domos salinos. No caso das extrações de sal-gema nas estruturas dômicas, a pesquisa bibliográfica realizada retornou inúmeras ocorrências de áreas colapsadas (sinkhole) direta ou indiretamente associadas à mineração. No entanto, sempre em casos em que a mineração foi feita em uma profundidade média de 200 metros. A **figura 2.1**, abaixo, apresenta um esquema com os principais elementos observados na exploração do sal-gema, que normalmente estão presentes e contribuem para a ocorrência de áreas colapsadas.

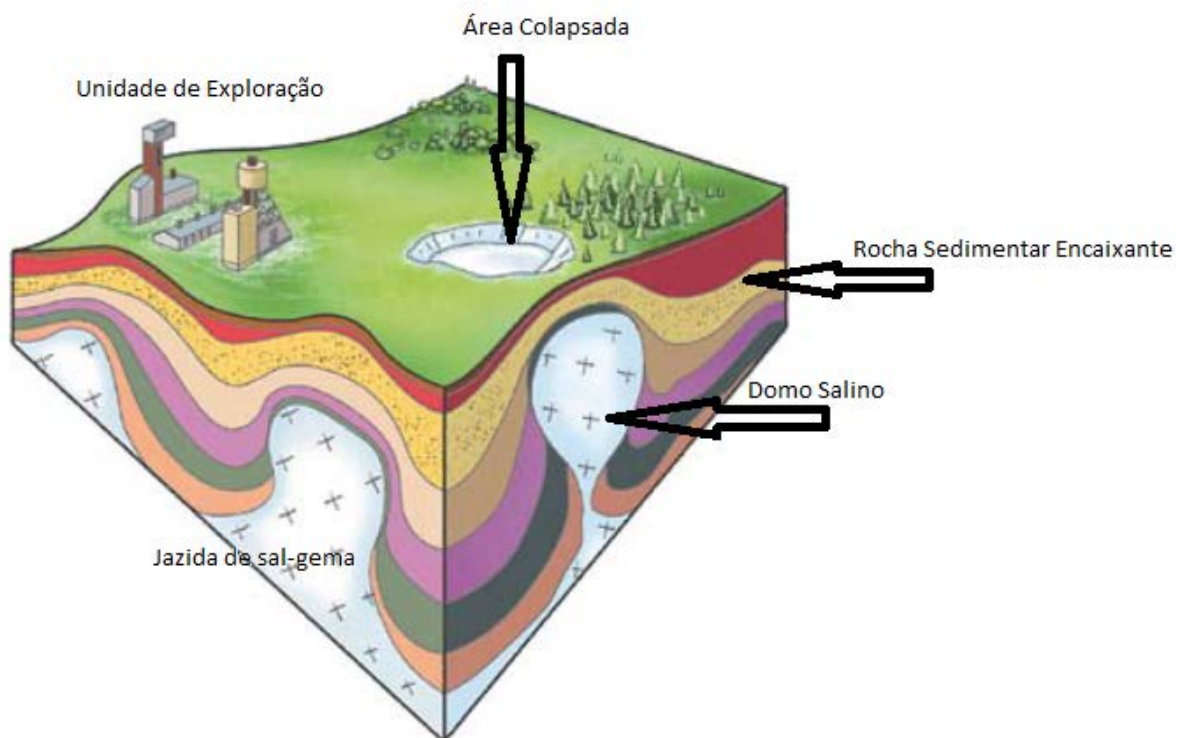


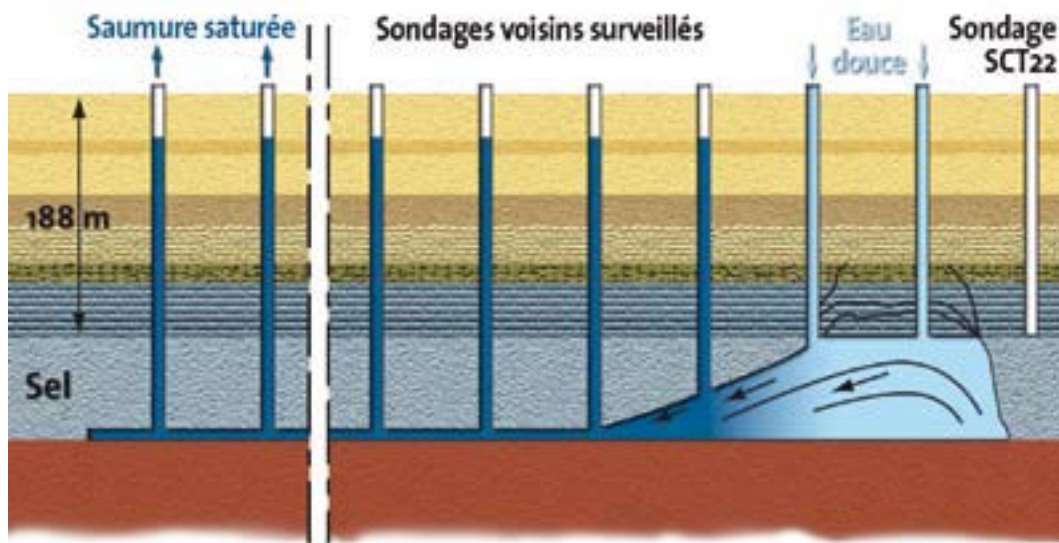
Figura 2.1 - Esquema mostrando elementos comuns à exploração de sal-gema, adaptado de Feuga (2009).

Além da formação de domos que podem contribuir para o colapso do terreno em superfície, a extração através de uma malha de poços regulares, produz ao final uma grande cavidade em subsuperfície, que pode aumentar até juntar duas ou mais áreas de extração abandonadas, o que pode favorecer o colapso na superfície. As **figuras 2.2a** e **2.2b** mostram uma seção esquemática evolutiva da exploração de sal-gema na região de Lorraine-França, que causou abertura de uma cavidade em superfície pela junção de duas cavidades abandonadas associadas à percolação de água e instabilidade das camadas superiores. Nesta região as profundidades das jazidas variam de 50m a 200m.

Durante a exploração de potássio na mina de Holle, República do Congo, onde a abertura de uma galeria encontrou um pequeno veio de água, inicialmente fortemente salgada, e que aumentou rapidamente, tornando-se incontrolável, implicando no abandono da mina. Essa

inundação se acompanhou de três colapsos no terreno, ao longo de uma extensão de 1.500m. O maior desses colapsos tem diâmetro de 150m e uma profundidade de 20m (**figura 2.3**).

A)



B)

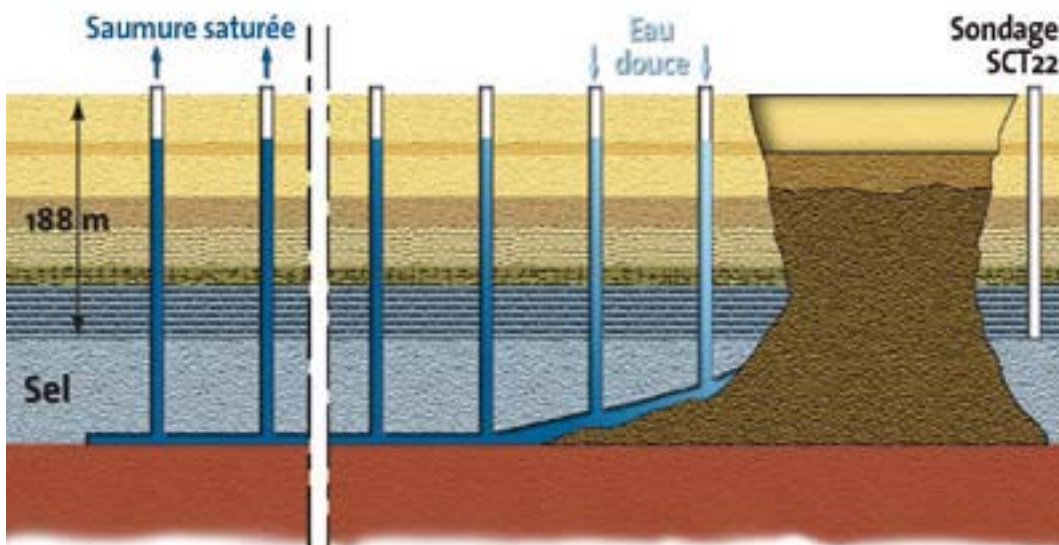


Figura 2.2 – A) e B) Seção esquemática do colapso em superfície na região de Lorraine-França.

A entrada de água, mesmo muito fraca, mas alimentada por um reservatório permanente, é o início de um processo para a dissolução de materiais pouco consolidados. A mina de potássio de Bereznikovsky-3 (**figura 2.4**), em Oural-Rússia, explorada através de pilares desmontáveis, provocou o colapso do teto e a entrada de água que inundou sendo a causa do abandono da mina. Porém, a evolução desse colapso e das áreas circundantes continuou com a dissolução de grandes quantidades de sal e desenvolveu vazios de grande dimensão. Os terrenos acabaram se colapsando provocando uma explosão do metano acumulado dentro dos vazios e dando surgimento a uma cratera com 80m de extensão, 40m de largura e 200m de profundidade.



Figura 2.3 – Uma das três áreas colapsadas na mina de potássio de Holle-Congo.



Figura 2.4 – Área Colapsada por exploração de potássio na mina de Berezikovskiy–Rússia.

Os trabalhos de sondagens na bacia salífera de Nancy, França provocaram um colapso em 30/12/2004. Para evitar que essa cavidade se tornasse extremamente grande e descontrolada, foram provocados pela própria empresa o aumento gradativo da cratera até a estabilização em 12/07/2005 (**figura 2.5**).

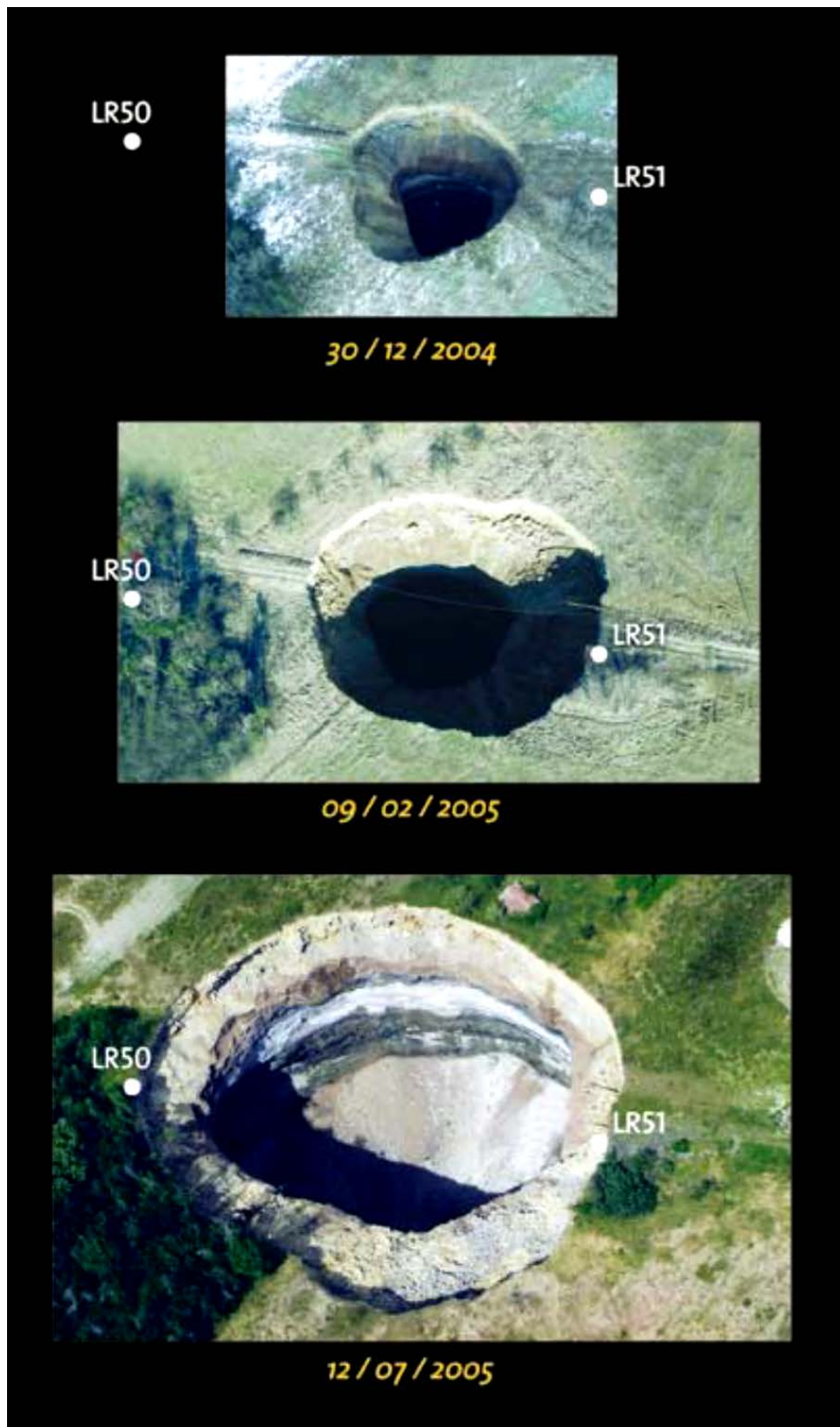


Figura 2.5 – Evolução de uma cratera provocada pela exploração de sal-gema, Nancy-França.

Durante a perfuração de um poço de petróleo na região de Wink Sink, no Texas,EUA, houve um colapso causado pelos trabalhos de perfuração associado a circulação de água entre a drenagem e o aquífero situado no subsolo (**figura 2.6**).

Outra origem a ser considerada para o surgimento de colapsos é a existência de estruturas geológicas, como falhas e fraturas, associadas ao fluxo de água, de chuva e/ou do próprio

aquífero, promovendo a desagregação ou dissolução de alguns tipos de rochas friáveis. A **figura 2.7** ilustra esta hipótese, onde a camada colapsível, ao sofrer dissolução, perde o poder de sustentação e cede ao peso da carga das camadas superiores.

Os fatores geradores das áreas colapsadas podem ser diversos, bem como, estarem associados uns aos outros, no entanto, dos casos apresentados na bibliografia, observa-se que, após o colapso inicial, de impacto mais imediato e relevante, a região colapsada sofre um desenvolvimento em direção à sua estabilidade. São a erosão das bordas da área colapsada e a deposição do material no seu fundo os mecanismos que preponderam.



Figura 2.6 – Colapso em sondagem petrolífera, Texas, USA.

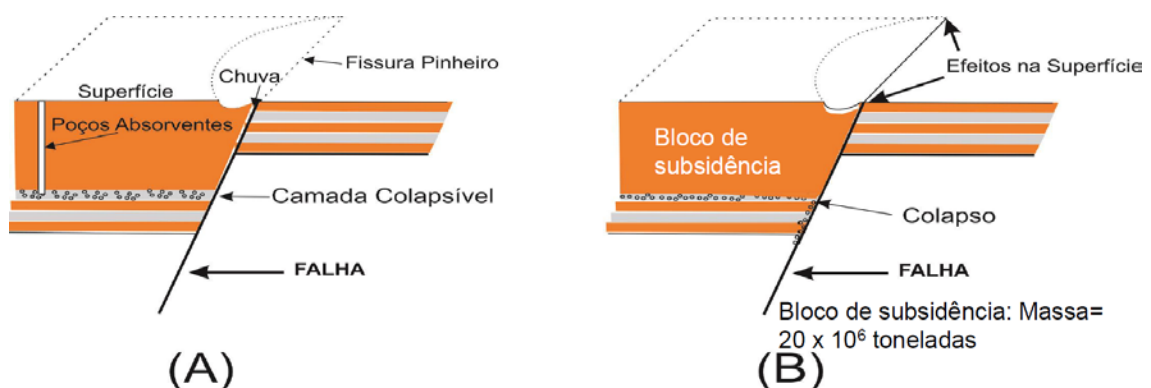


Figura 2.7 – Esquema mostrando a associação de colapso associada à desagregação de rochas em plano de fissuras por influência hídrica.

3. HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE MINEIRA NA ILHA DE MATARANDIBA

No dia 30 do mês de maio de 2018 foi identificado na Ilha de Matarandiba por funcionários da empresa Dow Brasil Indústria e Comércio de Produtos Químicos LTDA, um buraco de forma superficial elíptica situado a 200 metros das instalações administrativas da empresa, medindo no eixo maior 69,95 metros, no eixo menor 29,43 metros e com uma profundidade de 45,4 metros. Essas medidas foram repassadas à comunidade e à imprensa pela empresa Dow Química no início de junho e tomadas através da técnica de aerofotogrametria realizada com equipamento Drone. Dados de medições divulgados pela empresa no dia 31/07/2018 mostram que o eixo maior do buraco atingiu 77,9 metros e o eixo menor 33 metros, enquanto a profundidade reduziu para 44,9 metros.

A Dow Química é detentora dos direitos minerários da área há 46 anos para extração de salmoura, uma solução de água saturada de sal, usada na fabricação de cloro-soda e outros produtos industriais.

A rocha sedimentar composta essencialmente de NaCl (halita) - sal gema, da Ilha de Matarandiba foi descoberta pela Petrobras na década de 1960, que repassou a descoberta para a Dow Brasil, empresa que deu continuidade aos estudos para exploração do sal. Em 1976 foi furado o primeiro poço e a produção e transferência de salmoura através de salmoroduto ligando Matarandiba a Aratu (**figuras 1.2 e 2.1**) ocorreu em 1977. Ao longo desse tempo foram furados na ilha 51 poços, 10 dos quais estão em produção atualmente.

A Agência Nacional de Mineração-ANM, reguladora e fiscalizadora da mineração no país, notificada do aparecimento do buraco, solicitou ao Serviço Geológico do Brasil-CPRM através de ofício, a realização de estudos geológicos, geofísicos e outros que se fizerem necessários para avaliação da(s) causa (s) do referido evento geológico. Adicionalmente, a CPRM recebeu ofício da comunidade de Matarandiba expressando suas apreensões com relação ao ocorrido e solicitando apoio técnico, monitoramento e avaliação de risco geológico à vila, independentes das ações técnicas empreendidas pela empresa para esclarecer o acontecido.

Duas visitas técnicas à ilha acompanhadas de reuniões com representantes da ANM, CPRM, Defesa Civil da Bahia, INEMA, UFBA, Secretaria do Meio Ambiente do Município de Vera Cruz, Comunidade da Vila de Matarandiba e da mineradora Dow Brasil, aconteceram logo após o ocorrido, no mês de junho/2018, para uma avaliação “*in loco*” do sucedido, da sua extensão e das providências que deveriam ser tomadas, de curto e médio prazo, para esclarecer as causas do evento e evitar danos físicos aos moradores. A CPRM, atendendo aos ofícios recebidos do órgão fiscalizador e da comunidade, fez no dia 09 de julho de 2018 um trabalho inicial na área da vila e arredores de verificação de potencial de risco geológico para a comunidade.

Com relação ao depósito de cloreto de sódio, a Dow Química diz: “é uma jazida que se situa entre 1200 e 1300 metros de profundidade, na parte inferior da Formação Aliança, Membro Matarandiba. Trata-se de um depósito evaporítico de origem continental, bem estratificado, com espessura mínima de 20 metros e máxima de 60 metros, consistindo de um corpo homogêneo de 92% de NaCl (halita), de extensão desconhecida, mas que seguramente abarca toda a ilha” (**figura 3.1**).

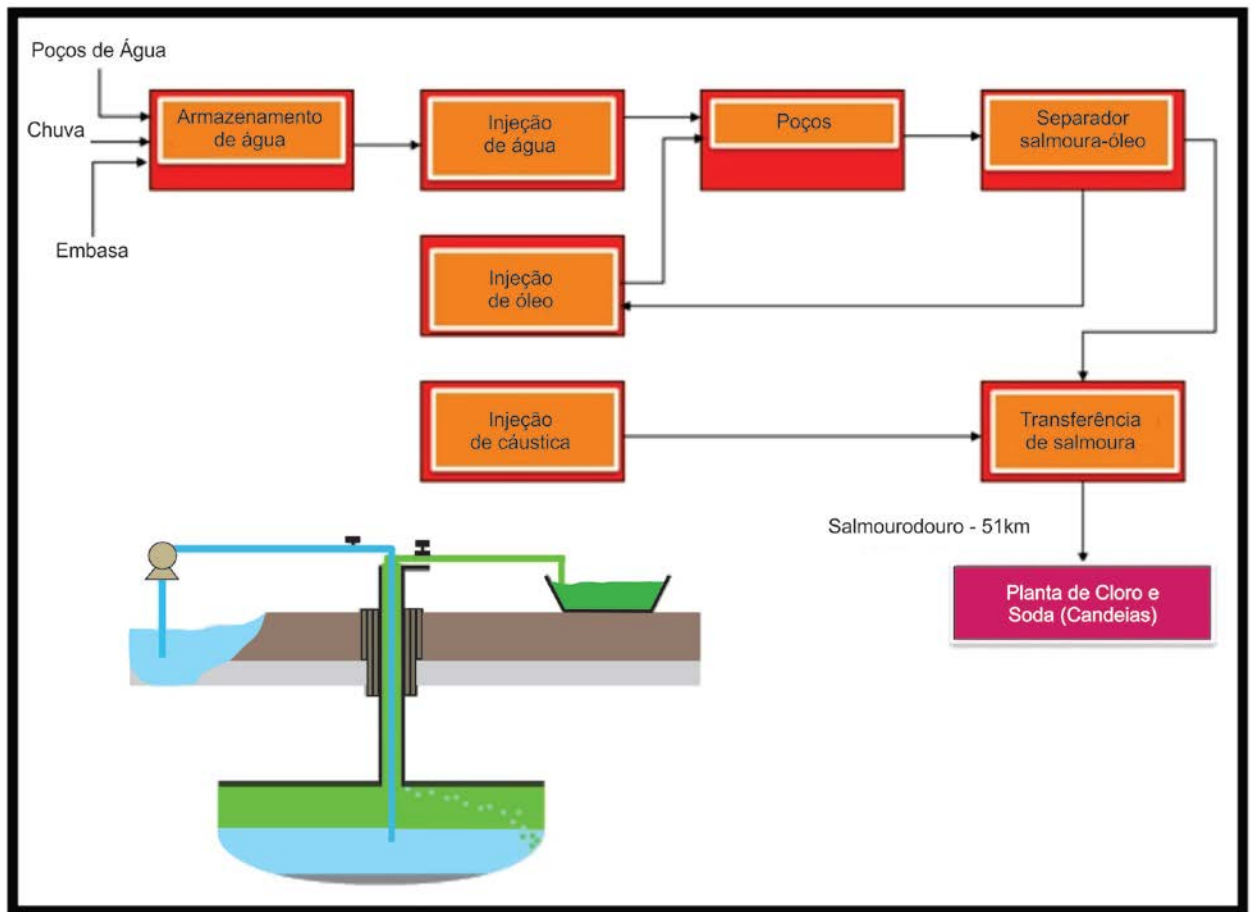


Figura 3.1 – Esquema da extração de Salmoura na Ilha de Matarandiba.

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS REGIONAIS

A Baía de Todos os Santos integra o sistema de riftes Recôncavo-Tucano-Jatobá localizado na parte leste do Estado da Bahia e sudoeste de Pernambuco, NE do Brasil. O Rifte do Recôncavo tem uma área aproximada de 11.500 km², onde se inserem os terrenos da Baía de Todos os Santos e, em particular, o pacote sedimentar da Ilha de Matarandiba; é limitado pelo Alto de Aporá a NE, pelo Rifte Tucano a N, pela faixa granulítica Itabuna-Salvador-Curaçá a W e pela margem passiva atlântica a E (figura 4.1).

A configuração estrutural da Bacia do Recôncavo relaciona-se aos esforços distensionais que resultaram na fragmentação do Supercontinente Pangea durante o Eocretáceo, promovendo a abertura do Oceano Atlântico. Sua arquitetura básica é de um meio-gráben, com falhas de borda, a leste orientada NE-SW (sistema de falhas de Salvador) e a oeste com orientação NNE-SSW (falha de Maragogipe). Zonas de transferência orientadas segundo N 40° W acomodaram taxas de extensão variáveis entre diferentes compartimentos da bacia durante sua evolução acontecida, segundo Abrahão e Warne (1990) entre o Mesojurássico e o Eocretáceo.



Figura 4.1 – Mostra mapa estrutural da Bacia do Recôncavo.

5. GEOLOGIA LOCAL

A área da Ilha de Matarandiba constitui um alto estrutural do embasamento, interno ao Rifte Recôncavo (*horst*), limitado a leste e a oeste por falhas normais orientadas segundo a direção NE-SW (**anexo I e figura 4.1**), com mergulhos gerais para SE na falha do lado leste e para NW na falha do lado oeste da ilha. Trata-se de uma região úmida e de mata fechada com muitas lagoas e planícies de inundação no seu entorno.

Conforme mapa geológico do estado da Bahia ao milionésimo, mapa geológico na escala 1:25.000, PROSPEC S/A (1980) e mapa fotogeológico preliminar (**anexo I e figura 5.1**), afloram na área da ilha unidades relacionadas, da base para o topo, às formações Sergi e Itaparica (pertencentes à fase pré-rifte do sistema de Riftes Recôncavo-Tucano-Jatobá) e ao Grupo Ilhas (pertencente à fase sinrifte desse sistema). Sobre essas unidades se instalaram depósitos quaternários inconsolidados argilo-siltosos ricos em matéria orgânica e turfa, acumulados em planícies de inundação, pântanos e lagoas, além de areias argilosas e cascalhos depositadas em vertentes e sopés de relevos mais acentuados.

As imagens da área revelam a existência de um sistema quase-ortogonal de alinhamentos estruturais (falhas e fraturas) com orientações gerais N 40° E e N 45° W. Esses alinhamentos coincidem com os eixos maior e menor do buraco formado pelo abatimento de terreno na ilha e também, parcialmente, com os eixos maior e menor da barragem existente no local, construída pela Dow para alimentar a extração de salmoura. A seguir faz-se uma descrição resumida, com base em dados de literatura, do pacote sedimentar aflorante na ilha.

Formação Sergi é constituída de arenitos impuros finos, médios e grossos, de cores variando entre branco, amarelo e raramente vermelho, será detalhada no capítulo seguinte.

Formação Itaparica é constituída de dois grandes pacotes de folhelhos sobrepostos a camadas de alguns metros de arenito quartzoso fino a médio, de cor cinza-esbranquiçada. O folhelho basal tem cor cinza-esverdeada e verde-claro quando intemperizado e contém lâminas de calcita fibrosa entre os planos de estratificação. Intercalado nesse pacote ocorrem níveis de calcário e arenito fino. O pacote de folhelho superior é semelhante ao da base diferenciando-se daquele pela presença de duas camadas interpostas de folhelho marrom, consideradas excelentes guias estratigráficos. A presença de ostracodes neste pacote superior é abundante (Gignone, 1979).

Grupo Ilhas, indiviso na área cartografada, é subdividido por Viana *et. al.* (1971) da base para o topo, nas formações Marfim, Taquipe e Pojuca. A Formação Marfim é constituída de arenitos argilosos finos a silticos e raramente grossos, cinza-claro a esverdeados, contendo fragmentos de carvão e de folhelho distribuídos erráticamente. A Formação Taquipe é composta de folhelho cinza localmente piritoso, com níveis de marga castanha e lentes de arenito muito fino com ostracodes. A Formação Pojuca consiste em arenitos, folhelhos, siltitos e calcários intercalados. Os arenitos desta formação são muito finos a médios calcíferos de cores cinza-esbranquiçada e esverdeada e amarelo-avermelhada. Os folhelhos e siltitos são cinza-esverdeados a verde-claros, localmente castanhos a negros,ossilíferos. Os calcários são castanhos, criptocristalinos, localmente oolíticos, ostracoidais, arenosos e argilosos.

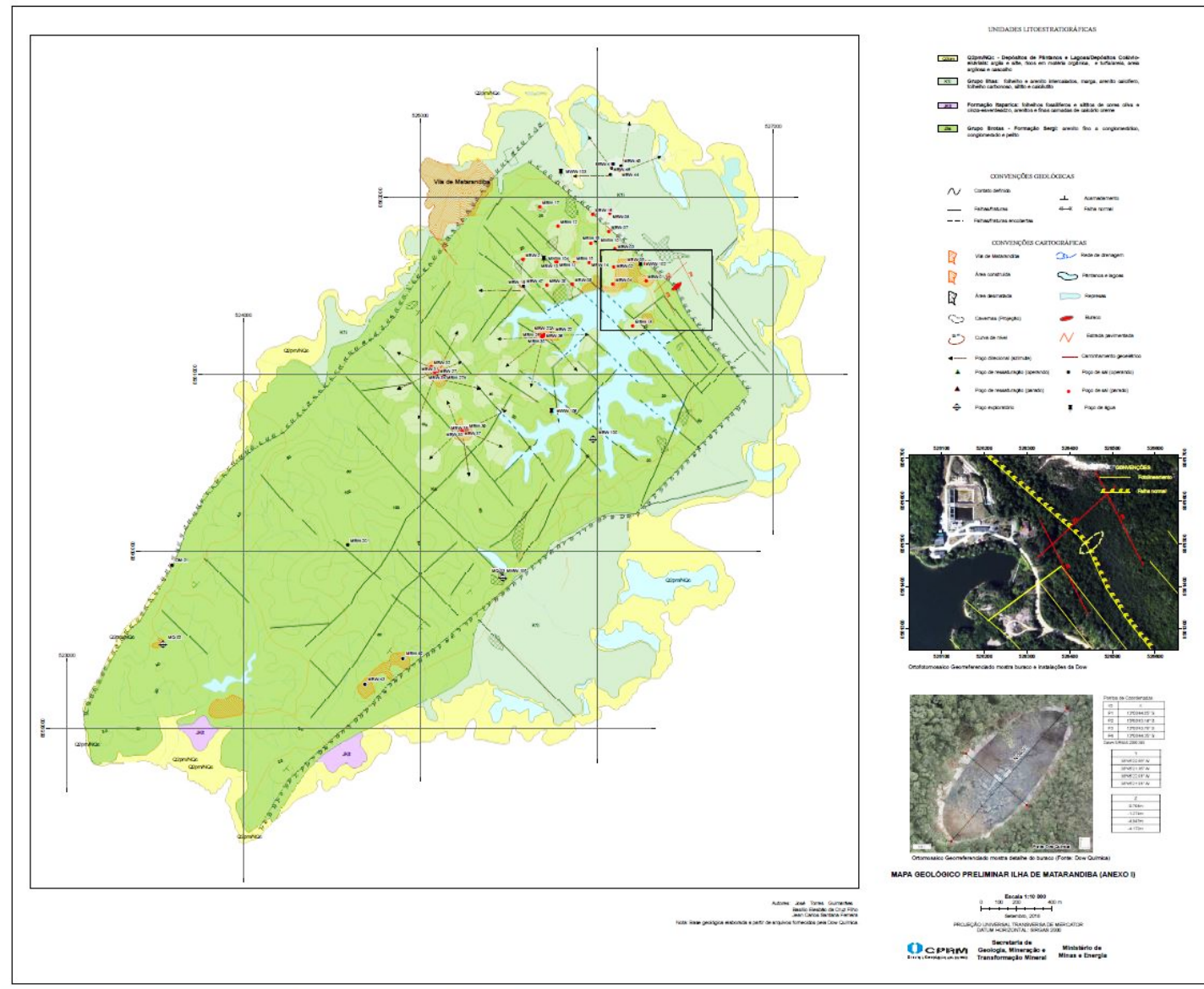


Figura 5.1 – Mapa geológico preliminar da Ilha de Matarandiba. (Anexo I).

6. COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA ILHA DE MATARANDIBA

A análise de perfis de poços cedidos pela Dow Química indica a existência, na Ilha de Matarandiba, de um pacote de rochas sedimentares com 1.365 metros de espessura, relacionado ao sistema de riftes do leste da Bahia, assentado em discordância erosiva e angular em rochas do embasamento Arqueano/Paleoproterozoico. Esse pacote tem natureza essencialmente siliciclástica, contendo camadas subordinadas de evaporitos, com ênfase para halita e anidrita. A coluna estratigráfica desse conjunto compreende da base para o topo, unidades sedimentares relacionadas à Formação Afligidos (membros Pedrão e Cazumba) e ao Grupo Brotas subdividido nas formações Aliança (membros Boipeba e Capianga) e Sergi. A **figura 6.1** mostra a coluna estratigráfica da Bacia do Recôncavo.

A Formação Afligidos representa conforme Da Silva *et. al.* (2007), uma unidade sedimentar depositada em uma bacia intracratônica sob paleoclima árido. Seu contato com o Membro Boipeba da Formação Aliança é discordante na maior parte da Bacia do Recôncavo. As associações faciológicas presentes na formação permitem caracterizar uma sedimentação marinha rasa a marginal em ambiente de *sabkha* continental, transicionando para o topo a sistemas lacustres (Aguiar e Mato, 1990). Esse padrão induz a uma tendência geral regressiva para a unidade. O Membro Pedrão, com 103 metros de espessura máxima, é caracterizado nos perfis estratigráficos dos poços perfurados na área por pelito com intercalações de camadas de evaporito (halita, anidrita, silvita e carnalita), calcário, arenito e conglomerado, interpretados como depositados em mar restrito a marginal. O Membro Cazumba, com 372 metros de espessura máxima, compreende pelito vermelho lacustre com intercalações de arenito, calcário e anidrita muito subordinada e nódulos de anidrita na base da seção. No Membro Pedrão está localizada a camada de salgema explorada pela Dow Química..

Dados palinológicos atribuem uma idade permiana ao Membro Pedrão, enquanto a idade do Membro Cazumba é ainda discutível, podendo se estender ao Triássico, isso devido à pobreza do registro fóssilífero no mesmo.

A Formação Aliança marca o início da sedimentação do sistema de riftes Recôncavo-Tucano-Jatobá, acontecido no Neojurássico/Eocretáceo. Essa fase designada pré-rifte é caracterizada por uma flexura da crosta em resposta aos esforços distensionais que originaram o sistema de riftes subsequente do Eocretáceo. Essa sedimentação engloba três grandes ciclos flúvio-eólicos representados, da base para o topo, pelo Membro Boipeba da Formação Aliança e pelas formações Sergi e Água Grande. Transgressões lacustres de caráter regional separam esses ciclos e são expressas pela sedimentação predominantemente pelítica que caracteriza o Membro Capianga da Formação Aliança e a Formação Itaparica (Da Silva *et. al.*, 2007). O Membro Boipeba tem espessura máxima de 300 metros e é constituído de arenitos com intercalações de pelitos, conglomerado e calcário. O Membro Capianga com 58 metros de espessura máxima compreende argilito com intercalações de arenitos.

A Formação Sergi, com 531 metros de espessura máxima na área, compreende uma unidade sedimentar constituída de arenitos impuros finos, médios e grossos, de cores variando entre branco, amarelo e raramente vermelho, horizontalizados e muito intemperizados quando aflorantes, com intercalações esparsas de argilito e níveis de conglomerado e calcário muito subordinados. A Formação Água Grande não foi identificada nos poços descritos.

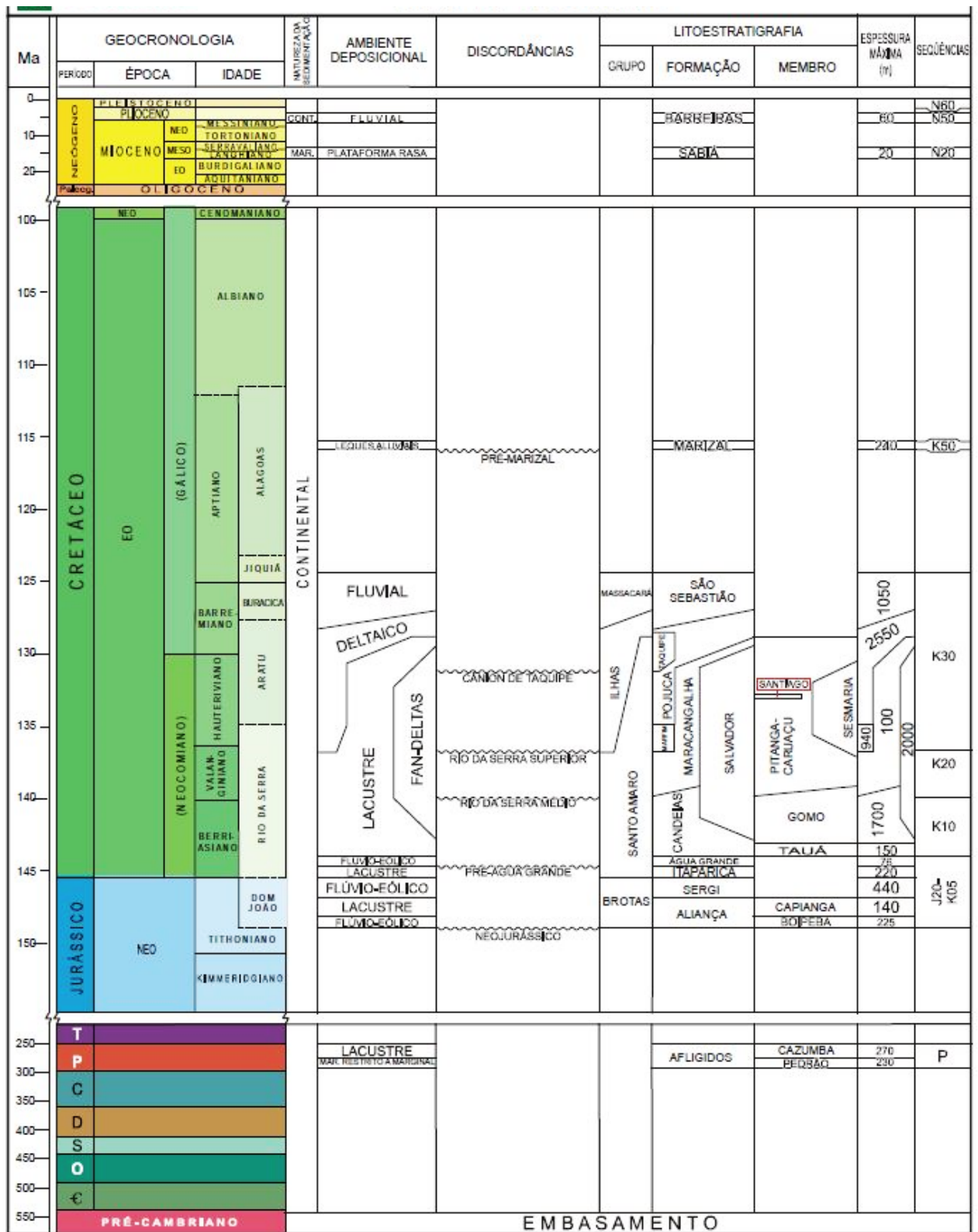


Figura 6.1 – Coluna estratigráfica da Bacia do Recôncavo segundo Da Silva, et al. (2007).

7. GEOFÍSICA

Estudos geofísicos terrestres são fundamentais nas áreas em torno da cavidade e na Vila de Matarandiba para ajudar a esclarecer a origem do evento geológico, com o objetivo de:

(i) Estabelecer a possibilidade de uma relação com percolação de fluidos oriundos da barragem existente no local através de zonas de fraqueza;

(ii) Associar aos espaços vazios (cavernas) deixados com a retirada de salmoura da zona mineralizada a 1200 metros de profundidade;

(iii) Definir outra causa ainda não identificada, assim também, como a possibilidade de risco geológico para a comunidade.

Inicialmente está se propondo caminhamentos elétricos (método de eletrorresistividade) nas áreas da vila e da cavidade com as seguintes características: arranjo dipolo-dipolo, espaçamento de 25m, extensão dos caminhamentos de 250 metros e profundidade de investigação estimada de 100m. As localizações dos caminhamentos estão marcadas no Anexo I e foram escolhidas para poder identificar em subsuperfície as estruturas assinaladas no mapa fotogeológico e a possível relação entre as estruturas e o buraco.

8. RISCOS GEOLÓGICOS

A avaliação de riscos geológicos tem por finalidade a identificação, delimitação e a caracterização de áreas sujeitas ou submetidas à ocorrência de processos destrutivos de movimentos de massa, enchentes de alta energia e inundações.

Fez-se na Vila de Matarandiba uma avaliação preliminar de risco geológico no início do mês de Julho de 2018. Essa avaliação constou:

(i) Reuniões com representantes da comunidade, que fizeram um relato do histórico local em relação à ocorrência de eventos naturais ocorridos nos últimos cinco anos, incluindo enchentes e inundações;

(ii) Atividades de campo na vila e arredores que incluíram visitas a residências com rachaduras em paredes, pisos e muros e análise da natureza do substrato rochoso, do manto de intemperismo na área e da geomorfologia do terreno. A atividade de campo teve ainda reconhecimento do tipo de vegetação da área e observação das condições de aterros, escoamento de águas pluviais, de águas servidas, de feições erosivas e de lixões.

O mapeamento preliminar de risco geológico realizado na comunidade de Matarandiba descarta, no momento, a existência de feições de instabilidade na vila associadas ao abatimento de terreno ocorrido na região. As patologias construtivas identificadas nas residências estão provavelmente associadas a defeitos estruturais e recalques diferenciais das fundações, localizadas em um terreno predominantemente arenoso e susceptível à erosão, principalmente diante da ausência de drenagem pluvial e de despejo inadequado de águas servidas na área. Isto é corroborado principalmente pelo baixo número de casas danificadas, bem como pela ausência de feições de instabilidade nos pavimentos e ruas da vila. Para uma avaliação mais criteriosa e definitiva do “risco geológico”, recomenda-se o monitoramento das fissuras diagnosticadas para caracterizar seus estados de evolução e possíveis danos estruturais futuros das residências.

9. MODELAMENTO 3D E IMAGEAMENTO TOPOGRÁFICO COM O USO DE DRONE

A modelagem geológica tridimensional da ilha será gerada a partir de informações de perfis de furos de sondagem com a utilização do software *DATAMINE Strat 3D*, ferramenta específica para modelos geológicos estratigráficos. O modelo geológico 3D da área permitirá a visualização da distribuição das unidades litoestratigráficas em subsuperfície, assim como dos espaços vazios (cavernas) existentes devido à extração de sal. Além disso, o modelo 3D fornecerá subsídios para o melhor entendimento do arranjo estrutural no contexto da área, auxiliando na compreensão dos motivos para o colapso registrado e na identificação de outras áreas susceptíveis a novos desabamentos.

Juntamente com a modelagem geológica tridimensional, propõe-se um estudo de análise temporal da evolução de abertura da cratera, a partir de técnicas de imageamento topográfico com o uso de VANT/drone. Através da superfície topográfica digital obtida, é possível o cálculo do volume de material colapsado, tendo como base a superfície do entorno da cratera. Uma vez calculado este valor, deverão ser realizadas novas campanhas de levantamento aerotopográfico, com espaço de tempo a ser determinado pela equipe técnica, visando uma comparação dos resultados com os anteriores e, desta forma, obter-se uma taxa média de erosão ou colapsamento da cratera.

10. RECOMENDAÇÕES

O abatimento de terreno ocorrido em maio/2018 na Ilha de Matarandiba situa-se em uma área onde existe uma mineração implantada há mais de quatro décadas, que extrai salmoura para ser utilizada na indústria química. O depósito de sal-gema, segundo informações da Dow Química que explora o bem mineral, localiza-se entre 1200 e 1300 metros abaixo da superfície, em uma camada evaporítica com 92% de NaCl (halita), estratificada, contínua e horizontalizada, com espessura variando de 20 a 60 metros. 51 poços furados para a extração da salmoura geraram no corpo de sal-gema um número igual de cavernas, algumas interconectadas como mostra o mapa do anexo I, com diâmetro da ordem de 150 metros em cada poço.

Existem quatro poços de água na área de vazão e consumo desconhecidos, utilizados para alimentar o sistema de extração do sal, além de uma represa, construída pela empresa, que ocupa grande parte da ilha e sua água também é usada para a recuperação do sal. É importante ter-se conhecimento da vazão dos poços de água e da quantidade de água bombeada/dia, se existem surgências de água da cratera até a costa, se há perda de água da represa para o substrato e principalmente, fazer análises químicas para caracterização de isótopos estáveis das águas da barragem, de poços e de surgências localizados a jusante da barragem. Pode-se utilizar ainda, traçadores solúveis na água que podem ser detectados por colorimetria ou fluorescência. O substrato da represa compreende uma camada de até 6 metros de manto areno-argiloso derivado do intemperismo da rocha subjacente arenítica/arceseana relacionada à Formação Sergi.

A análise de fotos aéreas, ortofoto e de imagens mostra a existência de um sistema de falhas e fraturas distribuídas segundo as direções gerais NE-SW e NW-SE, que controla parcialmente o padrão de drenagem da ilha e a própria conformação da represa.

O aparecimento do buraco na Ilha de Matarandiba, quando examinado sob a ótica geocientífica e levando em consideração os dados elencados acima e no corpo deste relatório, permitem as seguintes recomendações iniciais de caráter técnico para se tentar chegar a(s) causa(s) do acontecido:

- (1) Elaborar mapa geológico/tectônico da área da ilha em escala apropriada (1:25.000); (tarefa concluída parcialmente, anexo I deste documento, faltam dados de campo);
- (2) Executar estudos geofísicos de eletrorresistividade nas áreas da vila e do buraco;
- (3) Executar estudos hidrogeológicos;
- (4) Executar modelamento 3D da área da ilha com apoio de dados de poços (tarefa em execução);
- (5) Executar monitoramento periódico da área com VANT/drone;
- (6) Executar estudos de riscos geológicos (tarefa executada parcialmente, necessita outra visita à área para coleta de novos dados).

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, D.; WARME, J. E. Lacustrine and associated deposits in a rifted continental margin-Lower Cretaceous Lagoa Feia Formation, Campos Basin, offshore Brazil. In: Katz, B. J. (Ed.) Lacustrine basin exploration: case studies and modern analogs. Tulsa: *The American Association of Petroleum Geologists*, 1990. p. 287-305. (AAPG. Special Publication, 50).

AGUIAR, G. A.; MATO, L. F. Definição e relações estratigráficas da Formação Afligidos nas bacias do Recôncavo, Tucano Sul e Camamu, Bahia, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1990, Natal. Anais. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1990. v. 1, p. 157-170.

DA SILVA, O. B. ET. AL. Bacia do Recôncavo. *Boletim de Geociências da Petrobras*-v. 15, n. 2 – maio/nov. 2007.

FEUGA, B. Les effondrements dus à l'exploitation du sel. Geosciences, *Hal - archives-ouvertes*, 2009. pp.85-95.

GHIGNONE, J. I. Geologia dos sedimentos fanerozoicos do Estado da Bahia. In: Inda, H. A. V. (Ed.) *Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia: textos básicos*. Salvador: Secretaria das Minas e Energia, 1979. v. 1, p. 24-117.

VIANA, C. F.; ET. AL. Revisão estratigráfica da Bacia do Recôncavo/Tucano. *Boletim Técnico da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3-4, p. 157-192, 1971.