



AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO

PARECER TÉCNICO Nº 127/2021/SEFAM-RN/GER-RN

Nº PROCESSO ADMINISTRATIVO			MUNICÍPIO DE EXTRAÇÃO		SUBSTÂNCIA MINERAL	
27225.006648/1965-86			Maceió/AL		Sal-gema	
NOME DO TITULAR		Braskem S.A				
CNPJ/CPF		42.150.391/0001-70				
ENDEREÇO		Rua Eterno - Polo Petroquímico				
CEP	42810-000	MUNICÍPIO	Camaçari	Estado	Bahia	

Referência: Processo nº. 006.648/1965 (SEI 27225.006.648/1965-86)

Interessado: BRASKEM S/A

Assunto: 23ª Reunião do GT- Acompanhamento e Análise do Plano de Fechamento de Mina - (Item 36.3 DA DECISÃO nº. 123/2019/SJVM/JFT/4ªVARA/AL - ACP Nº 0803662- 52.2019.4.05.8000)

Sr. Fernando José da Costa Bispo

Gerente Regional da ANM/AL

INTRODUÇÃO

O presente parecer é resultado das atividades do Grupo de Trabalho - GT instituído pela Portaria ANM/SEI nº. 532/2019, de 05 de julho de 2019, composto pelos engenheiros de minas Sergio Luiz Klein (Coordenador do GT), David de Barros Galo, Roger Romão Cabral, Selmar Almeida de Oliveira e geólogo Victor Muniz Alves Cruz (Membros do GT), para atendimento ao Item "36.3 c)" da Decisão nº. 123/2019/SJVM/JFT/4ªVARA/AL- ACP Nº 0803662- 52.2019.4.05.8000, realizadas no período 11 de agosto de 2021 a 07 de dezembro de 2021, em acompanhamento ao fechamento da mina de sal-gema da BRASKEM S.A em Maceió/AL.

Participaram, no período, os seguintes técnicos: engenheiros de minas Roger Romão Cabral, Selmar Almeida de Oliveira, David De Barros Galo, Sergio Luiz Klein e o novo integrante convidado geólogo Victor Muniz Alves Cruz.

Neste período, o Grupo Técnico se reuniu em 14 de setembro de 2021 na Gerência Regional da ANM em Maceió, Alagoas e participou, em 15/09/2021, de seminário de apresentação e atualização das ações da empresa Braskem S. A., realizado na "Reserva Ambiental" próxima à sede da indústria de Cloro-Soda da empresa.

Na ocasião foi feita uma apresentação por técnicos da Braskem S. A acerca da execução do plano de fechamento de mina e demais ações e estudos em andamento sob responsabilidade da empresa.

O referido evento contou com a presença de técnicos da Gerência Regional da ANM em Alagoas, de parte dos integrantes do Grupo de Trabalho e do Diretor da ANM Guilherme Santana Lopes Gomes.

Na sequência, após o encerramento das apresentações, o GT juntamente com o seu coordenador e com o diretor da ANM senhor Guilherme, o grupo realizou vistoria na área da mina, para acompanhamento das operações da planta de tratamento e distribuição do enchimento da cavidade M#07, bem como inspecionou as atividades de perfuração dos poços direcionais para acesso às frentes de lavra M#17 e M#19, e instalações de instrumentos de monitoramento no local (registro fotográfico em anexo).

Ainda em razão da pandemia da COVID19, e das medidas de distanciamento social determinadas pelo Governo Federal, a sequência das atividades do GT ocorreu na modalidade de teletrabalho.

As atividades desenvolvidas pelo GT contemplaram, além daquelas já descritas, a avaliação dos documentos técnicos juntados aos autos após a conclusão e juntada do Parecer Técnico 33 (2835220) em 09/08/2021, incluindo a documentação protocolizada até 03/12/2021, especialmente relativa aos Relatórios Consolidados Mensais de Fechamento das Frentes de Lavra referentes aos meses de julho (2862558) protocolizado em 16/08/2021, agosto (2990675) protocolizado em 15/09/2021, setembro (3114992), protocolizado em 15/10/2021 e outubro (3238831), protocolizado em 16/11/2021 e documentos protocolizados até 03/12/2021.

O GT ainda realizou reuniões técnicas virtuais em 05/10/2021, 30/11/2021, participou de reunião com a equipe da Braskem S. A. em 01/12/2021 e realizou reunião técnicas em 07/12/2021.

Apresenta ainda, de forma consolidada, os entendimentos do GT relativos aos relatórios de monitoramento dos parâmetros de acompanhamento da evolução dos movimentos, resultados das considerações e conclusões das consultoras por ela contratadas e os reflexos de tais resultados nos planos e nas atividades em execução para fechamento de todas as 35 frentes de lavra, bem como das respostas apresentadas pela Braskem S. A. em cumprimento às exigências formuladas a partir das recomendações do GT nos pareceres anteriores.

ATENDIMENTO AO ITEM 36.3 c) DA DECISÃO nº. 123/2019/SJVM/JFT/4ªVARA/AL

O Grupo Técnico vem, a partir da sua instalação, analisando os estudos relacionados aos levantamentos por meio de sonares para definir a geometria e o volume das cavidades das frentes de lavra, resultantes do processo de extração de sal-gema por dissolução, na Mina da Braskem S. A.

A empresa vem anexando aos autos, os relatórios preliminares (Field) de cada um dos levantamentos realizados e, posteriormente, por determinação do próprio GT, anexa os relatórios finais interpretados pelas empresas de consultoria envolvidas, embora não tenham sido observadas diferenças significativas entre as informações constantes nos relatórios preliminares (Field) e finais (interpretados ou consolidados).

Também por exigência do GT, a empresa vem apresentando mensalmente até o dia 15 de cada mês, o Relatório Consolidado Mensal de Fechamento das Frentes de Lavra contemplando, a atualização das informações dos levantamentos por sonares realizados no mês anterior.

Assim, com base nos Relatórios Consolidados Mensais de Fechamento das Frentes de Lavra, Referentes aos meses de julho (2862558) juntado aos autos em 16/08/2021, agosto (2990675) juntado aos autos em 15/09/2021, setembro (3114992) juntado aos autos em 15/10/2021, e outubro (3238831), juntado aos autos em 16/11/2021. É apresentada no **Quadro 1** a situação atualizada até 06/12/2021 dos resultados de todos os levantamentos realizados nas 35 (trinta e cinco) frentes de lavra onde foi possível acessar a respectiva cavidade:

Quadro 1 – Situação atualizada das medições por sonar

Frente de Lavra	Nº de Sonares	Data Último Sonar	Relatório 3D	Dentro do Sal?	Volume Estimado (m³)
Cavidades localizadas fora da camada de Sal					
M#03	10	18/11/2021	Sim	Não	9.702

M#07	17	06/11/2021	Sim	Não	132.265
M#11	7	12/10/2021	Sim	Não	105.207
M#17	19	10/11/2021	Sim	Não	225.981
M#24D*	6	04/10/2020	Sim	Não	0 (0,84)
M#25D**	17	29/11/2021	Sim	Não	187.659
Cavidades localizadas parcialmente fora da camada de Sal					
M#04A	11	07/11/2021	Sim	Parcialmente fora do sal	110.809
M#15	8	08/09/2021	Sim	Parcialmente fora do sal. Migrou para 0,82m dentro do sal	140.643
M#20D	11	03/04/2021	Sim	Parcialmente fora do sal. Conectada com a M#21	277.165
M#21D	9	07/09/2021	Sim	Parcialmente fora do sal. Conectada com a M#20	251.106
M#29D	6	04/02/2021	Sim	Parcialmente fora do sal	221.753
M#34D	8	23/10/2021	Sim	Parcialmente fora do sal	394.129
Cavidades localizadas dentro da camada de Sal					
M#01	8	28/08/2021	Sim	Sim. 24,3m dentro do sal	137.689
M#02	6	11/05/2021	Sim	Sim. 24m dentro do sal	80.805
M#09	3	13/11/2019	Sim	Sim. 32m dentro do sal	345.551
M#10	5	11/08/2021	Sim	Sim. 20,9m dentro do sal	62.688
M#12	2	22/10/2019	Sim	Sim. 52m dentro do sal	279.394
M#13	3	24/07/2021	Sim	Sim. 76,3m dentro do sal	100.422
M#16	3	06/09/2019	Sim	Sim. 94m dentro do sal	177.901
M#18D	11	15/08/2019	Sim	Sim. 60m dentro do sal	494.425
M#19D	8	22/02/2019	Sim	Sim. 26m dentro do sal. Conectada com a M#07	7.925
M#22	7	26/03/2021	Sim	Sim. 45,5m dentro do sal	181.607
M#23	4	16/11/2019	Sim	Sim. 51,8m dentro do sal	158.329,40
M#26D	12	13/04/2021	Sim	Sim. 93,3m dentro do sal	388.516
M#27D***	3	31/10/2021	Sim	Sim. 0,7 m dentro do sal	337.269
M#28D	7	12/09/2021	Sim	Sim. 79,65m dentro do sal	315.494
M#30D	8	04/03/2020	Sim	Sim. 75m dentro do sal	469.485
M#31D	8	29/01/2020	Sim	Sim. 107m dentro do sal	523.612
M#32	5	17/03/2020	Sim	Sim. 83m dentro do sal	250.342
M#33D	1	27/09/2019	Sim	Sim. 120m dentro do sal	18.706,60
M#35D	4	06/06/2020	Sim	Sim. 94m dentro do sal	261.927
Cavidades não localizadas (confirmado o preenchimento natural)					
M#05	2	1985	Sim	Não	-
M#06	3	1989	Sim	Não	-
M#08	4	1995	Sim	Não	-
M#14	3	2000	Sim	Não	-
M#24D	6	2020	Sim	Não	0,84

As frentes de lavra foram distribuídas de acordo com as condições de localização das cavidades, classificadas segundo a inserção destas na camada salina, conforme mostrado no Quadro 1, assim como os volumes estimados de acordo com a metodologia aplicada.

Para as cavidades que não foram encontradas ou acessadas a partir dos poços de acesso originais, tampouco por novos poços auxiliares, estão sendo aplicados métodos indiretos para identificação das condições atuais, havendo indícios de que elas foram preenchidas naturalmente pelos detritos do processo de caimento do teto e acumulação do material empolado, incluindo possível fluência do sal, não havendo até o presente, conclusão definitiva.

*Com relação à Frente de Lavra M#24D, embora tenha sido categorizada como cavidade

fora da camada de sal, o volume determinado, até o momento, é muito pequeno (0,84 m3) o que demanda que essa frente também figure na categoria das não localizadas, até a confirmação do preenchimento natural.

******Para a cavidade da Frente de Lavra M#25D (agora M#25BD) foram observadas, a partir dos dados apresentados, uma elevação de mais de 10m na profundidade do teto, e um aumento significativo em seu volume (mais de 100.000 m3) no curto período de 2 meses, entre o sonar anterior e o atual. A diferença ocorreu devido ao estabelecimento de novo poço auxiliar para o acesso e realização do sonar, visando revelar possíveis zonas ocultas, o que acabou se confirmando.

*******O teto da cavidade correspondente à Frente de Lavra M#27D se encontra a menos de um metro do topo da camada salina, o que, devido à reduzida espessura da cobertura de sal, sinaliza para a possibilidade de que a cavidade evolua para fora do sal em um intervalo de tempo bastante reduzido.

Acompanhamento da execução dos Planos de Fechamento para cada uma das 35 (trinta e cinco) frentes de lavra

O Plano de Fechamento de Mina originalmente apresentado, sofreu várias alterações, estando em execução o fechamento das frentes de lavra de acordo com os critérios estabelecidos pelas consultoras da titular.

O primeiro critério definido para a aplicação da metodologia de fechamento mais adequada compreende a localização da cavidade e as condições operacionais de acesso.

Para tanto, estas foram segregadas em grupos da seguinte forma:

Grupo 1: Fechamento via poço original

Grupo 2: Fechamento via poço auxiliar

Grupo 3: Enchimento

Grupo 4: Monitoramento

Grupo 5: Confirmação de status de preenchimento natural

Grupo 1: Fechamento via poço original

Neste grupo foram elencadas as cavidades que ainda estão localizadas inteiramente na camada de sal, sem indicação de ascensão para outros estratos, cujo acesso foi possível através do poço original.

Nestas, os esforços envolvidos basicamente se relacionam às características de fluência do estrato salino.

*A ação prevista no PFM para as cavidades classificadas no **Grupo 1** contempla o tamponamento do poço para pressurização da cavidade, com a inserção de piezômetros para monitoramento da pressão e temperatura.*

O fechamento via poço original (método convencional) foi planejado para um conjunto de 9 (nove) frentes de lavra, quais sejam: M#01, M#10, M#13, M#18, M#27, M#30, M#31, M#32 e M#35.

A execução das medidas previstas já está concluída nas Frentes de Lavra M#30, M#31, M#32 e M#35 com o tamponamento dos acessos, encontrando-se pendente o monitoramento da pressão nas cavidades M#30, M#32 e M#35.

Nas Frentes de Lavra M#01 e M#10 foram instalados piezômetros removíveis, prevendo-se o acompanhamento da pressão e temperatura por no mínimo um ano, para realização posterior do tamponamento definitivo dos acessos, uma vez que a movimentações do terreno causou a ruptura dos cabos de comunicação com os piezômetros inicialmente instalados.

Na Frente de Lavra M#13 encontram-se em execução as atividades de tamponamento.

As Frentes de Lavra M#18 e M#27 tiveram o tampão removido, para a avaliação da

consultoria.

Conforme relatado pela Empresa, a consultoria recomendou a alteração da classificação da Frente M#27, por não ser observada a pressurização desejada, passando a mesma para o Grupo 4 (monitoramento semestral por sonar), informando a alteração de sua classificação (**3114187**).

Grupo 2: Fechamento com poço auxiliar

Neste grupo foram inseridas as cavidades cujos acessos principais (poços originais) foram interrompidos por danos na estrutura, havendo, a necessidade da abertura de novo acesso através de um poço auxiliar. Neste grupo estavam inseridas 9 (nove) Frentes de Lavra cujos poços originais apresentam danos, são elas: M#02, M#09, M#12, M#16, M#22, M#23, M#26, M#28 e M#33).

Para o sucesso do fechamento por pressurização, torna-se necessário a interceptação do poço original (danificado) para seu tamponamento definitivo, enquanto as ações de monitoramento ocorrerão no poço auxiliar.

A cavidade da Frente de Lavra M#26 encontra-se com piezômetro instalado no poço auxiliar, aguardando a execução da interceptação do poço original.

As cavidades das Frentes de Lavra M#09, M#28 e M#33 tiveram as interceptações realizadas, estando aguardando a etapa de tamponamento.

As cavidades das Frentes de Lavra M#12, M#16, M#22 e M#23 estão aguardando a execução da interceptação.

A cavidade da Frente de lavra M#02 foi interceptada, aguardando a avaliação da consultoria.

Conforme relatado pela Empresa, a consultoria recomendou a alteração da classificação da Frente M#02, por não ser observada a pressurização desejada, passando a mesma para o Grupo 4 (monitoramento semestral por sonar), informando a alteração de sua classificação (**3033103 e 3033100**).

Grupo 3: Enchimento (Backfilling)

O **Grupo 3** envolve as cavidades que tiveram uma ascensão significativa para fora do sal, incluindo cavidades que, embora ainda estejam no sal, foram conectadas a elas. Para estas cavidades foi indicado o preenchimento com material sólido (areia) antes de seu tamponamento definitivo.

Até o momento, estão inseridas neste grupo as Frentes de Lavra M#04, M#07, M#17 e M#19).

Atualmente encontra-se em fase de execução o preenchimento das cavidades relacionadas às Frentes de Lavra M#07 e M#19 (conectadas), iniciado em 25/11/2021, atingindo, até a última atualização, cerca de 188.654 m³ de areia injetados.

Para as demais Frentes de Lavra inseridas neste grupo, a cavidade da Frente de lavra M#17 tem uma previsão de início de enchimento em dezembro/2021, e a cavidade da Frente de Lavra M#04, julho/2022.

Essas cavidades seguem sendo monitoradas de forma recorrente por sonar.

Grupo 4: Monitoramento

No **Grupo 4** estavam inseridas as cavidades correspondentes às Frentes de Lavra M#15, M#20, M#21, M#29, M#34, que estão parcialmente fora da camada de sal, e as cavidades das Frentes de Lavra M#03, M#11 e M#25, que estão totalmente fora da camada de sal, mas, de acordo com os critérios estabelecidos pelas consultoras, não representam indícios de risco de “sinkhole”.

Na atualização mais recente, foram reclassificadas para este grupo as cavidades correspondentes às Frentes de Lavra M#02 e M#27, por não ter sido verificada a possibilidade de pressurização.

Para as todas as cavidades deste grupo (M#02, M#03, M#11, M#15, M#20, M#21, M#25, M#27, M#29 e M#34) está previsto o monitoramento recorrente por sonar para avaliação das condições das cavidades, estando o ciclo de monitoramento 2021 em execução. A previsão é de monitoramento por um período mínimo de 5 (cinco) anos com reavaliação após a conclusão da execução do plano de fechamento das frentes dos grupos 1, 2 e 3 previsto para 2023.

Até o presente, os dados de sonar não indicam movimentação significativa das cavidades.

Grupo 5: Confirmação de status de preenchimento natural

No Grupo 5 (cinco) foram inseridas as cavidades relacionadas à Frentes de Lavra M#05, M#06, M#08, M#14 e M#24, as quais não foram localizadas pelos acessos originais ou auxiliares.

Para as cavidades relacionadas às Frentes de Lavra mencionadas está sendo realizado um estudo envolvendo geofísica, com a aplicação de Vertical Seismic Profile (VSP) para identificação das cavidades das Frentes de lavra M#05, M#06, M#08, M#14 e M#24, cuja aquisição dos dados e interpretação foi concluída.

Foi realizado estudo com aplicação da metodologia de Tomografia sísmica cuja aquisição dos dados foi concluída para as cavidades das Frentes de Lavra M#5, M#6, M#8 e M#14, estando esses na fase de interpretação.

Ainda, deverá ser realizada a aquisição de dados para a identificação da cavidade relacionada à Frente de Lavra M#24.

Com os avanços na interpretação dos dados a empresa submeteu à ANM o Plano de Fechamento conjunto deste grupo.

ACOMPANHAMENTO COMPLEMENTAR DO GT NAS AÇÕES DE MONITORAMENTO

Além das atividades do GT previstas na Portaria ANM/SEI nº. 532/2019, de 05 de julho de 2019, o grupo passou, complementarmente, em apoio às ações de atribuição da ANM, a acompanhar os relatórios dos estudos apresentados pela Braskem S. A. produzidos pelas empresas consultoras por ela contratadas visando obter e interpretar dados relacionados à identificação das causas primárias e das eventuais consequências dos movimentos superficiais observados no sítio da mina.

Para tanto o GT vem avaliando as conclusões apresentadas nos relatórios referidos e buscando correlacionar os mesmos aos aspectos de execução do plano de fechamento com o objetivo de promover a estabilização do terreno na área.

Assim, apresenta a seguir o conjunto de ações de monitoramento em andamento, de acordo com o que foi apresentado pela Braskem S. A. nos relatórios mensais consolidados juntados aos autos do processo minerário.

- **Ações de Monitoramento**

Para dar andamento à adequação do Plano de Fechamento de Mina envolvendo as 35 (trinta e cinco) frentes de lavra, a empresa vem desenvolvendo uma série de estudos e o monitoramento dos movimentos verticais e longitudinais no sítio.

Para tanto está sendo empregado um conjunto de técnicas e metodologias cuja integração aprimorará o modelo tridimensional desenvolvido para a compreensão e o entendimento das causas e dos efeitos e a dimensão da relação destes com o processo de extração de sal durante a fase de operação da mina.

- **Estudos geomecânicos em andamento pelas empresas consultoras**

Modecom - Estudos em desenvolvimento pela empresa com a modelagem em seções 2D contínuas tendo como foco o entendimento do fenômeno e avaliação da subsidência.

NGI – Modelagem 2D e 3D contínuas com foco na avaliação da subsidência e na avaliação da

eficácia do fechamento por enchimento.

IfG – Modelagem 2D descontínua com foco na avaliação da possibilidade de efeito dominó (colapso encadeado de pilares) e 3D contínua com foco na avaliação da eficácia do plano de fechamento e 3D descontínua em fase de elaboração.

Construção de modelo geomecânico como meio mecânico contínuo (06/01/2021);

Construção de modelo Ubiquitous joint para as rochas do sobrejacente;

Construção de modelo visco-elasto-plastic strain softening, desenvolvido para representar o sal, modelo apropriado para avaliação de subsidência sobre cavernas;

Construção de modelo numérico aferido para avaliar o efeito favorável das técnicas de fechamento que estão sendo aplicadas visando demonstrar que as ações do plano de fechamento são eficientes para redução da taxa de subsidência (simulando o tamponamento de 10 cavidades e o preenchimento com areia de 4 cavidades).

O aperfeiçoamento do modelo 3D descontínuo (Modelagem 3D do IfG) foi planejamento em 2 etapas:

1) Versão 1 considerando (expectativa até dezembro/21): Interpretação atual da Geologia, medidas do estado de tensões in-situ por microfraturamento e de poro-pressões, parâmetros geomecânicos obtidos nas perfilações, dados históricos de pressurização das cavernas, interferometria e de sonares.

2) Versão 2 considerando (expectativa até maio/22): Interpretação final da Geologia, resultados dos ensaios geomecânicos das amostras extraídas do poço estratigráfico (campanhas de ensaios em andamento no IPT e no IfG), resultados da campanha de ensaios geomecânicos nos solos da formação Barreiras (contratação da empresa em andamento) e os dados de interferometria, sonares, e pressurização das cavernas disponíveis na ocasião.

• Monitoramento dos movimentos

Foi desenvolvida pela titular com o auxílio das consultoras contratadas, uma rede de monitoramento do solo, monitoramento de deslocamento empregando campanhas de aquisição de dados de interferometria, de topografia, de DGPS com instalação de 18 sensores, inclinômetro com 4 sensores instalados, tiltímetros com 13 sensores.

Ainda, foram instalados 6 sensores de monitoramento sísmico, 6 sensores por sismógrafo de engenharia, 5 sensores superficiais.

Foi também instalada uma rede de microssísmica com apoio da Fulgro/Nanometrics, composta por 10 sensores.

O plano de monitoramento conta ainda com uma rede de monitoramento da Braskem monitoramento por DGPS, além do monitoramento sísmico, contando com 10 sensores em superfície e 6 sensores em profundidade.

Está em fase de operação o monitoramento do solo, com o emprego dos resultados de interferometria e DGPS em 14 (quatorze) áreas definidas para acompanhamento mensal pela GEOAPP com verificação da consistência entre os dados de Interferometria, correlacionados com dados de DGPS, empregando a metodologia do inverso da velocidade com o acompanhamento da média móvel de velocidade no intervalo de 12 meses, para identificação das variações de tendências dos movimentos.

ANÁLISES

Acompanhamento dos levantamentos por sonar

A análise dos resultados apresentados em relação à realização do acompanhamento da evolução das cavidades por meio de ecosonda tem demonstrado que a titular está empenhada em identificar precisamente as condições de cada cavidade para adequar o plano de fechamento com a técnica mais apropriada a cada situação específica.

As consultorias contratadas nesse processo, para responder os questionamentos propostos pelo GT, se mostram fundamentais para atingir o objetivo básico de promover o entendimento da complexidade dos fenômenos envolvidos e para a estabilização do sítio.

Acompanhamento da Execução do Plano de Fechamento de mina

O acompanhamento intensivo do GT em relação às propostas técnicas apresentadas para a execução das ações de fechamento das 35 (trinta e cinco) frentes de lavra da mina de Sal-gema da Braskem S. A., permitiram, até o presente, a indicação e a orientação de tais ações, de sorte que, a partir das exigências encaminhadas, a empresa buscasse, para as definições do fechamento de mina, o apoio de consultorias especializadas e capacitadas em nível internacional para o atendimento dos questionamentos e a aplicação das medidas propostas pelo GT.

Dessa forma, o natural ajuste do plano de fechamento, especialmente em relação à adoção de medidas específicas para cada conjunto de cavidades, de acordo com a condição em que se encontram, é fundamental em razão da alta complexidade do contexto atual da área.

Assim, com base nas orientações e indicações do GT a Braskem S. A. tem aprimorado os planos básicos apresentados e identificando eventuais situações que necessitam ajustes para obter sucesso no atingimento ao objetivo de promover a estabilidade superficial do sítio.

Acompanhamento das Ações de Monitoramento

A atuação complementar do GT no acompanhamento das ações de monitoramento e dos resultados dos estudos em desenvolvimento para compreensão dos fenômenos envolvidos no contexto da área afetada, bem como na avaliação periódica das conclusões apresentadas nos relatórios das consultorias, possibilitou o aprimoramento da construção do entendimento e das ações de fechamento da mina, buscando alcançar a estabilização da área e redução do risco da ocorrência de eventos de impacto mais abrangente.

Acompanhamento das ações de preenchimento das cavidades (backfilling)

Os dados demonstrados apresentados no **Quadro 2** foram compilados do relatório consolidado mensal de fechamento de outubro/2021 (SEI 3238831 - Tabela 33) e dos últimos 6 sonares realizados (SEI1911531; 2716760; 2804789; 2902326; 3153094 e 3253351) referentes ao preenchimento da frente de lavra M#07 e o monitoramento da cavidade.

Quadro 2 - Volume de Injeção mensal e acumulado e dados da cavidade #07 (sonar)

Período	Injetado (m³)	Acumulado (m³)	Aferições da cavidade (sonar)		
			Volumes (m³)	Teto (m)	Piso (m)
Novembro/2020	10,43	10,43	(30/10/2020) 334.137,9	710,3	818,4
Dezembro/2020	2.398,21	2408,64			
Janeiro/2021	4.331,96	6.740,60			
Fevereiro/2021	5.204,35	11.944,95			
Março/2021	6.915,63	18.860,58	(16/03/2021) 329.769,0 (- 4.363,9)	701,5	816,6
Abril/2021	7.734,34	26.594,92			
Maio/2021	15.484,25	42.079,17			
Junho/2021	28.598,50	70.677,20			
Julho/2021	21.334,49	92.001,69	(25/07/2021) 294.264,0 (- 35.505,0) Acumulado (- 9.873,9)	701,5	787,6
Agosto/2021	31.068,60	123.070,29	(12/08/2021) 280.641,0 (- 13.623,0) Acumulado (- 53.497)	698,4	785,3
Setembro/2021	31.088,9	154.159,19	(21/10/2021) 216.835 (- 63.806) Acumulado (- 117.303)	698,4	782,25
Outubro/2021	34.495,3	188.654,48	(06/11/2021) 132.265 (- 84.570)	698,4	761,3

Analisando os dados podemos verificar que, conforme foi informado pela empresa no relatório, o volume de areia injetado já está produzindo o efeito esperado, refletindo em proporção quase que direta na redução do volume da cavidade aferida pelos exames de sonar. A cavidade teve uma redução de volume acumulada de 201.873 m³ após uma injeção totalizada da ordem de 190.000 m³ de areia. A diferença na totalização, ou seja, redução de volume acumulada maior do que o volume injetado, se deve aos dados do último sonar, cuja redução de volume calculada inclui enchimento ainda não contabilizado, não descartando uma contribuição de redução natural do volume da cavidade por deformação.

Os dados demonstraram que não foi detectado avanço do teto. O piso, como esperado, vem sofrendo ascensão devido ao enchimento.

Conforme descrito anteriormente, o GT realizou uma inspeção das instalações de enchimento no dia 15/09/2021, conforme registro fotográfico em anexo.

Situação do Plano de Fechamento de Mina – PFM

A Empresa requereu, tempestivamente, em 13/08/2021 (2857211) prorrogação do prazo para o cumprimento de exigências constantes no Ofício nº 18166/2021 (2610766) para a apresentação dos planos de fechamento das Frentes de Lavra M#05; M#06; M#08; M#14 e M#24, correspondentes ao Grupo 5, que aguarda confirmação do preenchimento natural.

A solicitação de prorrogação do prazo teve sua aprovação tácita, e, o cumprimento da exigência foi apresentado em 13/10/2021 (3103727), dentro do prazo de prorrogação solicitado.

Com relação ao plano apresentado, este demonstrou o contexto da realidade do preenchimento natural, e, apresentou uma proposta de fechamento em três etapas, para um período de 4 a 5 anos, sendo os primeiros 2 anos para o planejamento e execução do descomissionamento das estruturas, seguida pela cimentação definitiva dos acessos (poços), e uma terceira (última) etapa, consistindo no isolamento da área e a continuidade do monitoramento durante 1 ou 2 anos após o descomissionamento, confirmando o estado de equilíbrio do terreno ou eventual movimentação decorrente da compactação do material que preencheu as cavidades.

Os dados de microsísmica e tomografia, aliado à experiência relacionada à perda de fluidos de perfuração, durante a busca das cavidades destas frentes de lavra, indicam fortemente a hipótese do preenchimento natural completo dessas cavidades, embora as técnicas não possam delimitar com exatidão, de modo tridimensional, os locais exatos onde houve o empolamento, ou rastrear o histórico da evolução do preenchimento natural dessas frentes de lavra.

Nesse sentido, o plano conjunto de fechamento e o cronograma propostos atenderam ao que foi solicitado pela exigência, sendo recomendada sua aprovação.

O **Quadro 3**, mostra a situação das medidas de fechamento previstas no PFM para todas as cavidades, ordenadas de acordo com a condição de execução, conforme relatórios consolidados dos meses de junho a outubro.

Quadro 3 – Situação do Plano de Fechamento de Mina

Frente	PFM Proposto	Tipo de Fechamento	Aprovado	Condição	Relatório de Execução
M#01	Não existia SEI	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Executado	Sim (SEI 2518285)
M#30D	Não existia SEI	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Executado	Sim (SEI 1303200)
M#31D	Não existia SEI	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Executado	Sim (SEI 1303201)
M#32	Não existia SEI	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Executado	Sim (SEI 1579584)
M#35D	Não existia SEI	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Executado	Sim (SEI 1677826)

M#10	Não existia SEI	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Executado	Sim (SEI 3114998)
M#02	Não existia SEI	Alterada para Monitoramento com sonar	Sim	Em execução	Não
M#09	(SEI 1237539)	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Em execução	Não
M#13	Não existia SEI	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Em execução	Não
M#18D	(SEI 1247638)	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Em execução	Não
M#26D	(SEI 1247638)	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Em execução	Não
M#27D	Não existia SEI	Alterada para Monitoramento com sonar	Sim	Em execução	Não
M#28D	(SEI 1247638)	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Em execução	Não
M#33D	(SEI 1347902)	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Em execução	Não
M#03	(SEI 1579575)	Monitoramento com sonar	Sim	Em execução	Não
M#11	(SEI 0779505)	Monitoramento com sonar	Sim	Em execução	Não
M#15	(SEI 1424718)	Monitoramento com sonar	Sim	Em execução	Não
M#20D	Não existia SEI	Monitoramento com sonar	Sim	Em execução	Não
M#21D	(SEI 1424718)	Monitoramento com sonar	Sim	Em execução	Não
M#25D	(SEI 1454072)	Monitoramento com sonar	Sim	Em execução	Não
M#29D	(SEI 1424718)	Monitoramento com sonar	Sim	Em execução	Não
M#34D	Não existia SEI	Monitoramento com sonar	Sim	Em execução	Não
M#07	Não existia SEI	Enchimento	Sim	Em execução	Não
M#19D	Não existia SEI	Enchimento	Sim	Em execução	Não
M#04A	Não existia SEI	Enchimento	Sim	Não iniciado	Não
M#05	(SEI 3103727)	Preenchimento natural / Monitoramento	Sim	Não iniciado	Não
M#06	(SEI 3103727)	Preenchimento natural / Monitoramento	Sim	Não iniciado	Não
M#08	(SEI 3103727)	Preenchimento natural / Monitoramento	Sim	Não iniciado	Não
M#12	(SEI 1237539)	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Não iniciado	Não
M#14	(SEI 3103727)	Preenchimento natural / Monitoramento	Sim	Não iniciado	Não
M#16	(SEI 1237539)	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Não iniciado	Não
M#17	Não existia SEI	Enchimento	Sim	Não iniciado	Não
M#22	(SEI 1347902)	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Não iniciado	Não
M#23	SEI (1255758)	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Não iniciado	Não
M#24D	(SEI 3103727)	Preenchimento natural / Monitoramento	Sim	Não iniciado	Não

Conforme **Quadro 3**, após a apresentação e aprovação das complementações do Plano de Fechamento de Mina para as cavidades M#05, M#06, M#08, M#14 e M#24, todos os planos de fechamento foram apresentados e aprovados, ressaltando que os planos propostos foram concebidos por Grupos de Frentes de Lavra, e, eventualmente, alguma Frente de Lavra pode ser reclassificada para outro grupo, como foi o caso das Frentes M#02 e M#27, e poderá ser o caso de outras frentes no decorrer dos trabalhos.

Em 15/10/2021 foi apresentado o relatório do fechamento da Frente de Lavra M#10 (3114998), consistindo no tamponamento definitivo do poço original e tamponamento de poço auxiliar com instalação de piezômetro para o monitoramento da pressurização. O relatório foi considerado satisfatório.

De acordo com informações da titular, o enchimento da frente M#07 atingiu, ao final de outubro de 2021, um volume acumulado de superior a 188 mil m³ de areia injetada.

Observa-se um atraso no cronograma do enchimento proposto anteriormente. Tal fato foi agravado pela paralisação das atividades em consequência do sismo de baixa intensidade detectado em 05/11/2021, que resultou, inclusive, no embargo temporário das licenças de operação das atividades de enchimento.

Com relação ao sismo, foi realizada reunião remota entre a Braskem e a ANM, no dia 01/12/2021, onde foram apresentados os dados referentes ao ocorrido e as ações futuras. O sistema de monitoramento mostrou-se eficiente na detecção do evento. A avaliação dos possíveis reflexos do mesmo, até o momento, não apontou nenhum dano ou aumento do risco associados à subsidência ou formação de “sinkhole”, conforme o relatório sobre o evento anexado aos autos (3259857).

CONCLUSÕES

Com base nos aspectos abordados, o Grupo de Trabalho, considerando a ação de remoção, em larga escala, dos residentes na área afetada, o isolamento de todo o perímetro da área considerada de risco, e as medidas que têm sido adotadas, conclui que:

- 1. A empresa promoveu relevante redução do risco de ocorrência acidentes com vítimas na área;*
- 2. As atividades de fechamento da mina estavam sendo executadas de acordo com o cronograma apresentado até o momento da paralisação (sismo), o que demandará em um cronograma atualizado a ser apresentado quando da retomada das atividades paralisadas.*
- 3. Diante do atual cenário, as etapas e respectivas medidas para fechamento da mina, considerando a complexidade da situação, têm se mostrado satisfatórias;*
- 4. A rede de monitoramento, em execução, tem potencial de fornecer dados importantes para o entendimento do fenômeno e aprimorar os modelos de previsão de aceleração ou redução da velocidade dos movimentos, como também, para estabilização do sítio, e mostrou-se eficiente na detecção dos eventos microssísmicos locais;*
- 5. O monitoramento contínuo de longo prazo é fator importante para o acompanhamento do comportamento do maciço e da efetividade das medidas adotadas para o fechamento das cavidades;*
- 6. Não há uma estimativa segura em relação ao prazo para eventual estabilização do terreno, bem como para a identificação precisa dos efeitos das medidas adotadas e previstas para os próximos meses.*
- 7. Pela avaliação dos resultados e conclusões dos relatórios técnicos apresentados, não se identificou evidências da possibilidade de ocorrência de eventos catastróficos na área como “sinkholes”, mesmo após o microssismo identificado;*
- 8. O plano de fechamento conjunto das Frentes de Lavra M#05; M#06; M#08; M#14 e M#24, correspondentes ao Grupo 5, apresentado em cumprimento às exigências constantes no Ofício nº 18166/2021 (2610766) foi considerado satisfatório, sendo recomendada sua aprovação.*
- 9. A complexidade do cenário implica na possibilidade de reavaliações periódicas da classificação das cavidades e eventuais alterações das medidas inicialmente previstas para o fechamento de cada frente de lavra.*

RECOMENDAÇÕES

Diante das conclusões apresentadas, em relação ao atual cenário do sítio e, considerando os fenômenos envolvidos, de acordo relatórios consolidados, não tem sofrido alterações significativas, o GT propõe encaminhar à Braskem S. A. as seguintes recomendações:

- Manter a execução de todas as medidas de monitoramento relatadas, bem como, a execução das ações previstas;*
- Apresentar um cronograma atualizado, tão logo as atividades paralisadas puderem ser retomadas;*
- Comunicar à empresa acerca da aprovação do Plano de Fechamento das Frentes de Lavra pertencentes ao Grupo 5.*

O GT propõe, ainda, dispensar a empresa da apresentação de relatórios mensais, exigindo que esta apresente relatórios consolidados trimestralmente, indicando claramente eventuais alterações no plano de fechamento ou na execução deste e informando as medidas alternativas

propostas e as razões e justificativas para eventuais alterações, bem como, de eventuais reclassificações de frentes de lavra para grupos diferentes, de acordo com o fluxograma de decisão (2990681) aprovado pela ANM.

Considerando que as medidas atualmente em execução para o fechamento da mina foram planejadas com a anuência da ANM, que dependem de condições operacionais para sua implantação e que estas vem ocorrendo de maneira satisfatória e ainda, que os relatórios apresentados não têm indicado alterações significativas ao longo dos últimos meses, o GT propõe encaminhar à PFE, para avaliação, sugestão de petição ao juízo, solicitando o relaxamento da obrigação de apresentar relatórios de acompanhamento da execução das medidas efetivadas a cada 30 (trinta) dias, propondo-se a apresentação de relatórios semestrais, sem prejuízo da necessidade de manifestação do GT em casos excepcionais.

Brasília, 07 de dezembro de 2021.

Sergio Luiz Klein
SIAPE nº. 1246478
Eng. de Minas
Coordenador

David de Barros Galo
SIAPE nº. 1815130
Eng. de Minas
Membro

Roger Romão Cabral
SIAPE nº. 453040
Eng. de Minas
Membro

Selmar Almeida de Oliveira
SIAPE nº. 1816069
Eng. de Minas
Membro

Victor Muniz Alves Cruz
SIAPE nº. 1227426
Geólogo
Membro



Documento assinado eletronicamente por **Sérgio Luiz Klein, Especialista em Recursos Minerais** (art. 1º da Lei 11.046/2004), em 07/12/2021, às 19:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Selmar Almeida de Oliveira, Especialista em Recursos Minerais (art. 1º da Lei 11.046/2004)**, em 07/12/2021, às 19:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Victor Muniz Alves Cruz, Servidor público (movimentação, Portaria MPOG nº 193/2018)**, em 08/12/2021, às 12:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Roger Romão Cabral, Superintendente de Produção Mineral**, em 08/12/2021, às 15:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **David de Barros Galo, Especialista em Recursos Minerais (art. 1º da Lei 11.046/2004)**, em 09/12/2021, às 04:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site www.gov.br/anm/pt-br/autenticidade, informando o código verificador **3353499** e o código CRC **09013F67**.

ANEXO - Registro fotográfico de inspeção das instalações da Braskem em 15/09/2021

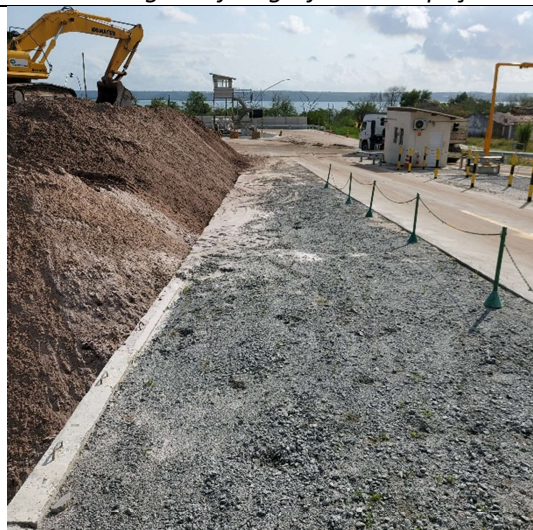


Figura 1

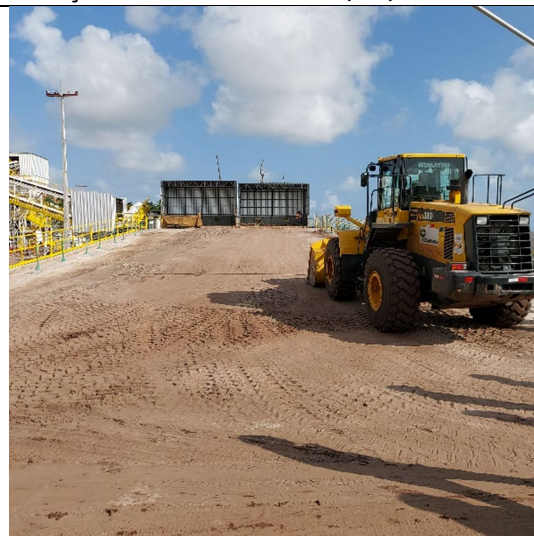


Figura 2



Figura 3



Figura 4



Figura 5



Figura 6



Figura 7



Figura 8



Figura 9



Figura 10

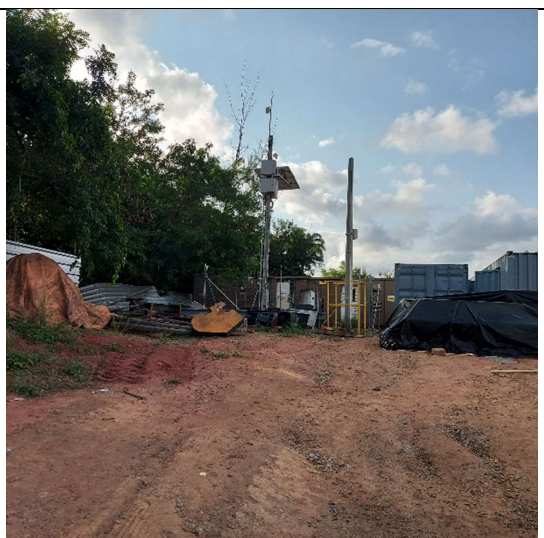


Figura 11



Figura 12

Figura 1: Depósito de estocagem de areia para preparação da polpa destinada ao enchimento das cavidades correspondentes às frentes de lavra M#07 / M#19;

Figura 2: Rampa para transporte da areia estocada até as grelhas de peneiramento;

Figura 3: Detalhe das grelhas principais de peneiramento para separação dos resíduos indesejáveis contidos na areia (“oversizes”) tais como pedregulhos e madeiras;

Figura 4: Detalhe da grelha auxiliar;

Figura 5: Correias transportam a areia classificada para a unidade de mistura com salmoura para formação da polpa a ser bombeada para o poço de enchimento das cavidades;

Figura 6: Linhas de injeção de polpa e respectivas motobombas;

Figura 7: Duto destinado à injeção da polpa na cabeça do poço de entrada;

Figura 8: Estocagem e tratamento da salmoura que extravasa pelo poço de saída;

Figura 9: Colar do poço da sondagem estratigráfica executada;

Figura 10: Instalações de monitoramento: DGPS;

Figura 11: Instalações de monitoramento: inclinômetros / tiltímetros;

Figura 12: Perfuração de poço para o enchimento das cavidades da frente de lavra M#17.