



Braskem Mineração

**Informações complementares ao Relatório Final do Teste
de Injeção de Cascalho em Cavidades Salinas**

1 - OBJETIVO

Durante inspeção realizada pelo IMA e DNPM em 30/08/2013, foram solicitadas algumas informações adicionais ao relatório final com o resultado do teste de injeção de cascalho, e assim este relatório visa atender a essas demandas, quais sejam:

- a) Descritivo do Processo de Injeção de cascalho incluindo medidas de proteção ambiental;
- b) Relatório resumido do último sonar realizado na mina #19 (anexo);
- c) Análise da água do poço situado nas imediações da mina #19, com base na Resolução de Diretoria Colegiada – RDC N°274 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

Este relatório apresenta os itens a) e b) acima, onde o item c) será apresentado até 10 de Outubro.

2 – INTRODUÇÃO

O Sal gema possui características únicas entre as substâncias minerais que favorecem o emprego das cavidades geradas em seu processo de exploração mineral para a disposição de resíduos diversos, entre esses os cascalhos de exploração de Petróleo. Essas características incluem:

- a) Ocorre apenas em bacias sedimentares com idade superior a 100 milhões de anos e tectonicamente estáveis, ou seja, não há evidências de atividade vulcânicas e tremores de terra o que garante a integridade das cavidades;
- b) Possui resistência compatível com a do concreto, apresentando propriedade visco elástica que permite que sob pressão as cavidades se expandam e se contraiam, apresentando rápido fechamento de pequenas fraturas caso venham ocorrer;
- c) Apresenta baixa porosidade conferindo elevada impermeabilidade;
- d) Por ser o sal antagônico à água, em locais com presença de camadas de sal, não há possibilidade de ocorrerem lençóis freáticos nem artesianos;
- e) Alguns sais evaporíticos, dentre os quais o sal gema vêm sendo lavrados pelo homem por longo tempo, tanto à céu aberto ou em profundidade (lavra



convencional), e por dissolução, onde foi acumulado longa experiência técnica no âmbito da geologia e mecânica das rochas;

- f) A massa de sal onde a cavidade está inserida exerce uma pressão superior àquela existente na cavidade mesmo estando esta preenchida totalmente com salmoura. Essa característica impossibilita que ocorra a migração de fluido/resíduos para além dos limites da cavidade.

A cavidade de um poço de sal desativado possui elevado volume espacial, está em grande profundidade e o sal confere a mesma característica de ser estanque, fatores estes que superam em muito as condições de disposição em superfície.

Além disso o processo construtivo de poços (minas) oferece plena garantia da proteção dos aquíferos tanto do lençol freático (superficial) quanto dos artesianos, que se encontram no intervalo de 0-280 metros.

O poço de sal #19 foi construído da seguinte forma:

1. Perfurado com broca de 26" até a profundidade de 20 metros e revestido com tudo de aço carbono de 20", e cimentado no espaço anular entre eles;
2. Perfurado o intervalo entre 20 metros e 300 metros com broca de 17 1/2" revestido com tubo com aço carbono de 13 3/8" e cimentado o espaço anular;
3. Perfurado no intervalo 300-1200 metros com broca de 12 1/4" e foi revestido com tudo de aço carbono de 9 5/8" e instalado até alguns metros abaixo do topo do sal e cimentado até a superfície.
4. Após a perfuração foram instalados tubos de produção de 7" e injeção de 4 1/2", que ficam ligados à superfície por meio de um conjunto denominado "árvore de natal".

Desta forma fica evidenciada a existência de inúmeras salvaguardas que isolam e protegem os aquíferos, prevenindo sua contaminação.

O processo de extração de sal envolve ainda outras medidas de segurança e proteção ambiental incluindo a realização periódica de sonar na mina.

O resultado do ultimo sonar realizado na mina #19 está apresentado como anexo deste relatório.

Nº Revisão: 01	Data da Revisão: 13/09/2013	Pág.: 3/10
----------------	-----------------------------	------------

3 – ETAPAS DO PROCESSO

A seguir esta apresentada a descrição da metodologia utilizada para a realização do teste de injetividade de cascalho em cavidade salina oriunda da exploração de sal por meio de poços.

3.1) Descarregamento

O cascalho proveniente das Centrais da Petrobrás foi descarregado através de caminhão basculhante no interior da unidade de armazenamento na Braskem Mineração.

3.2) Diluição

O cascalho recebido na etapa anterior foi misturado com salmoura. Esta operação foi realizada em um tanque agitador para mistura. O produto desta operação foi uma lama uniforme com uma proporção estimada de 20% de sólidos. Utilizou-se um tanque cilíndrico com capacidade de 20 m³, diâmetro de 2,5 m e 3,5 m de altura. Esse tanque estava equipado com misturador do tipo hélice com acionamento vertical com motor elétrico.

3.3) Injeção

A lama foi injetada por bombeamento dentro da mina, fluindo pela tubulação interna instalada exclusivamente para este fim. Ao atingir o final do poço, aproximadamente a 980 m (novecentos e oitenta metro) de profundidade, a lama é lançada no interior da caverna onde a parte sólida desta suspensão decanta rapidamente, depositando-se no fundo da caverna.

A fase líquida da suspensão, constituída de salmoura saturada tende a subir, deslocando volume equivalente de salmoura no extremo superior do poço que, fluindo pelo espaço anular, chega ao tanque de salmoura na superfície do terreno, completando assim, o circuito fechado. Esse volume foi armazenado em um tanque para posterior bombeio para utilização na unidade cloro/soda. A capacidade desse tanque é de 20 m³.

Uma segunda bomba fez o bombeamento da salmoura para o tanque de mistura.

Nº Revisão: 01	Data da Revisão: 13/09/2013	Pág.: 4/10
----------------	-----------------------------	------------

Copyright Braskem S.A. Todos os Direitos Reservados.

A vazão utilizada para o teste foi de 40 m³/h e pressão de 3kgf/cm². A bomba injetora utilizada foi do tipo Centrífuga, marca KSB, modelo LCC com revestimento de borracha. As linhas de injeção eram de aço carbono, soldadas com diâmetro de 4".

4 - CRONOLOGIA:

ITEM	ATIVIDADE	DATA
A	Autorização ambiental do IMA n. 982	Agosto/2007
B	Projeto Conceitual de Injeção de cascalho	Maior/2009
C	Termo de compromisso entre Braskem e Cetrel Lumina	Agosto/2009
D	Comissionamento da planta piloto	Setembro/2009 a Maio/2011
E	Início do teste de injeção	Junho/2011
F	Final do teste de injeção	Junho/2012
G	Desmobilização da planta piloto	Julho/2012

5 - EQUIPAMENTOS E INFRA- ESTRUTURA UTILIZADOS NO TESTE

5.1) Equipamentos

- 1 - Caçambas fechadas para o transporte interno de cascalhos;
- 2 - Carretas para transporte de equipamentos entre áreas externas;
- 3 - Pá carregadeira e ou escavadeira hidráulica;
- 4 - Balanças rodoviárias;
- 5 - Peneiras;
- 6 - Esteiras transportadoras;
- 7 - Tanques de misturas;
- 8 - Tanques de Salmoura;
- 9 - Bomba de injeção de polpa;
- 10 - Bomba centrífuga para circulação de salmoura.

5.2) Infra-estrutura:

- 1- Galpão com piso para armazenamento temporário;
- 2 - Escritório.

**6 - Conclusões:**

As informações deste relatório complementam aquelas contidas no relatório Final do Teste de Injeção de Cascalho em Cavidade Salina apresentado ao IMA em 28/08/2013, conforme processo N° 5479/2013.

ANEXO

RELATÓRIO SONAR

RESULTADO DO SONAR:

Dados Construtivos da Mina #19:

- a) Tubo Condutor de 20" cravado: 20m
- b) Tubo Revestimento 13 3/8" cimentado: 270m
- c) Tudo Revestimento 9 5/8" cimentado: 270m até 950m

De acordo com os dados da perfilagem da Mina #19 tem-se:

- a) Topo da Camada de Sal: 883m
- b) Profundidade da Tubulação de 9 5/8": 928m
- c) Topo da Caverna Salina: 907m
- d) Topo da Tubulação de 7": 939m
- e) Profundidade da Tubulação de 4 1/2": 970m
- f) Profundidade da Caverna Salina: 980m
- g) Volume Total de Sal Extraído: 495.184m³

SONARWIRE GLOBAL, LLC
Depth versus VolumeBRASKEM S.A.
MINA No. 19DMACEIO, AL
Sat, May 26, 2012

Depth	Cubic m per m	Cubic m total	Barrels per m	Barrels total
897	13.3	13.3	83.5	83.5
898	35.4	48.7	222.8	306.3
899	58.2	106.9	366.1	672.4
900	81.9	188.8	515.0	1187.4
901	156.9	345.7	986.9	2174.3
902	257.7	603.4	1621.1	3795.4
903	393.0	996.4	2471.8	6267.2
904	549.8	1546.2	3458.2	9725.4
905	720.8	2267.0	4533.5	14259.0
906	881.9	3148.9	5547.0	19806.0
907	1090.3	4239.2	6858.0	26664.0
908	1442.6	5681.8	9073.5	35737.4
909	1956.5	7638.3	12305.8	48043.2
910	2497.4	10135.6	15708.1	63751.3
911	2949.3	13085.0	18550.8	82302.0
912	3306.1	16391.1	20794.8	103096.8
913	3656.2	20047.3	22996.9	126093.7
914	3943.2	23990.5	24802.3	150896.0
915	4169.5	28160.1	26225.7	177121.7
916	4385.0	32545.1	27581.0	204702.7
917	4738.3	37283.4	29803.1	234505.8
918	5022.2	42305.6	31588.5	266094.3
919	5362.2	47667.8	33727.3	299821.6
920	5830.2	53498.0	36670.9	336492.5
921	6359.5	59857.5	40000.1	376492.6
922	6865.1	66722.6	43180.2	419672.9
923	7248.9	73971.5	45594.1	465267.0
924	7572.4	81543.9	47628.9	512895.9
925	7800.0	89343.9	49060.7	561956.5
926	8070.3	97414.2	50760.9	612717.4
927	8353.0	105767.2	52538.7	665256.1
928	8647.1	114414.3	54388.8	719644.9
929	8943.5	123357.8	56252.8	775897.6
930	9175.6	132533.4	57713.0	833610.7
931	9408.3	141941.7	59176.5	892787.2
932	9690.3	151632.0	60950.0	953737.2
933	9992.1	161624.1	62848.3	1016585.5
934	10231.0	171855.1	64351.0	1080936.5
935	10345.7	182200.8	65072.8	1146009.3
936	10433.8	192634.6	65626.6	1211635.9
937	10510.5	203145.1	66109.2	1277745.1
938	10578.0	213723.1	66533.6	1344278.7
939	10645.3	224368.4	66956.9	1411235.5
940	10834.8	235203.1	68148.6	1479384.2
941	10806.6	246009.7	67971.4	1547355.5
942	10852.4	256862.1	68259.6	1615615.1
943	10895.7	267757.9	68532.2	1684147.3
944	10980.5	278738.3	69065.0	1753212.3
945	10996.3	289734.6	69164.5	1822376.8
946	10965.2	300699.8	68968.9	1891345.7
947	11081.0	311780.8	69697.5	1961043.3
948	10905.3	322686.1	68592.1	2029635.4

BRASKEM S.A
MINA No. 19DMACEIO, AL
Sat, May 26, 2012

Depth	Cubic m per m	Cubic m total	Barrels per m	Barrels total
949	10679.1	333365.1	67169.5	2096805.0
950	10423.3	343788.5	65560.9	2162365.9
951	10353.0	354141.5	65118.6	2227484.5
952	10467.8	364609.3	65840.4	2293324.8
953	10546.4	375155.7	66334.8	2359659.7
954	10729.9	385885.6	67489.3	2427149.0
955	10912.7	396798.3	68638.9	2495787.9
956	10607.3	407405.7	66718.1	2562506.0
957	9832.3	417238.0	61843.4	2624349.4
958	8882.0	426120.0	55866.1	2680215.5
959	7616.4	433736.3	47905.5	2728121.0
960	6281.2	440017.5	39507.4	2767628.4
961	5168.7	445186.2	32510.4	2800138.8
962	4625.8	449812.1	29095.7	2829234.5
963	3973.1	453785.1	24989.9	2854224.4
964	3320.4	457105.5	20884.4	2875108.8
965	3117.6	460223.1	19609.4	2894718.2
966	2961.4	463184.5	18626.6	2913344.8
967	2799.9	465984.5	17611.0	2930955.9
968	2683.7	468668.1	16879.7	2947835.6
969	2574.8	471242.9	16194.8	2964030.4
970	2449.3	473692.2	15405.8	2979436.2
971	2211.1	475903.3	13907.2	2993343.4
972	1977.6	477880.9	12438.7	3005782.1
973	1795.7	479676.6	11294.9	3017077.0
974	1753.1	481429.7	11026.7	3028103.7
975	1733.9	483163.7	10906.0	3039009.7
976	1676.0	484839.6	10541.6	3049551.4
977	1547.6	486387.2	9733.8	3059285.2
978	1417.9	487805.1	8918.3	3068203.5
979	1293.0	489098.1	8132.9	3076336.4
980	1014.4	490112.5	6380.5	3082716.9
981	838.2	490950.7	5272.2	3087989.1
982	784.2	491735.0	4932.7	3092921.8
983	696.2	492431.2	4379.1	3097300.9
984	615.2	493046.4	3869.3	3101170.2
985	552.2	493598.5	3473.0	3104643.2
986	484.4	494082.9	3046.5	3107689.8
987	404.3	494487.2	2542.7	3110232.5
988	315.3	494802.5	1983.5	3112215.9
989	216.8	495019.3	1363.4	3113579.3
990	128.2	495147.4	806.1	3114385.4
991	36.6	495184.1	230.4	3114615.8

RELATÓRIO FINAL DO TESTE DE INJEÇÃO DE CASCALHO EM CAVIDADES SALINAS

fz
DO BRASIL
ORGANIZAÇÃO ODEBRECHT



"DECLARAÇÃO DE ABRANGÊNCIA DE RESPONSABILIDADE"

O presente relatório foi elaborado pela Cetrel Lumina Engenharia e Tecnologia Ambiental Ltda. em observância das normas técnicas exigidas, boas práticas de mercado e estrita obediência aos termos da solicitação e condicionantes de contrato firmado com o cliente.

As conclusões, impressões, opiniões e/ou recomendações expressas neste documento estão circunscritas aos fatos notoriamente conhecidos pela Cetrel Lumina durante a execução deste relatório, disponibilizados ou não pelo cliente, e em dados de literatura científica amplamente aceita e mencionados no corpo do trabalho. A Cetrel Lumina não se responsabiliza pela sua precisão em razão de fatos desconhecidos, não revelados, inacuradamente revelados ou omitidos durante a preparação do documento e que, enfim, levem a infirmar as conclusões, impressões, opiniões e/ou recomendações dele constantes.

Este relatório é de natureza confidencial e destinado exclusivamente para uso interno do cliente e finalidade indicada no contrato, não devendo ser revelado, tornado público ou entregue a terceiros, ainda que no interesse do cliente, exceto se expressamente mencionado na proposta ou no corpo do documento que essa seja uma utilização autorizada. A Lumina não se responsabiliza pela sua má utilização, ainda que parcial, ou pela utilização por terceiros que venham a ter acesso a esse documento.

Nome do Relatório	Revisão	Data	Página
RELATÓRIO FINAL DO TESTE DE INJEÇÃO DE CASCALHO EM CAVIDADES SALINAS	00	20.8.13	2 de 21



SUMÁRIO EXECUTIVO

Este relatório tem por objetivo apresentar os resultados do teste de injeção de cascalho de perfuração, provenientes da Unidade de Operação de Exploração e Produção da Bahia, Ativo de Produção Norte (UO-BA/ATP-N) e da Unidade de Operação de Exploração e Produção de Sergipe e Alagoas, Ativo de Produção de Alagoas (UO-SEAL/ATP-AL), em cavidades salinas desativadas como uma alternativa de nova rota tecnológica para destinação final de cascalho de perfuração.

As cavidades salinas disponíveis encontram-se desativadas, sendo oriunda da extração de salmoura em camadas profundas de sal. A atividade exploratória é realizada pela unidade da Braskem Cloro Soda no município de Maceió/AL. Em parceria com a Braskem, após análise e autorização do órgão ambiental IMA, as mesmas foram disponibilizadas para o teste de injeção de cascalho de perfuração.

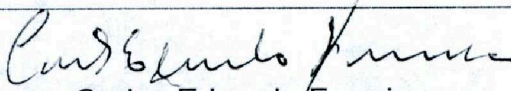
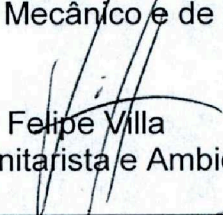
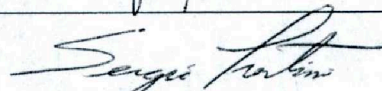
O teste de injeção foi precedido de uma vasta pesquisa sobre o assunto: análise dos resíduos (cascalho) oriundos da produção de petróleo, estudo de viabilidade e rotas tecnológicas, visitas técnicas nos Estados Unidos para conhecimento da tecnologia de injeção de resíduos em minas de sal desativadas, construção da planta-teste e teste de injeção de cascalho.

O teste constatou a viabilidade técnica do uso das cavidades desativadas na unidade da Braskem Cloro Soda em Maceió-AL e, conforme estudo anteriores, não trouxe nenhum impacto ambiental. No total, ao longo do teste, foram injetadas 1.549 toneladas de cascalho de perfuração em cavidade salina.

Nome do Relatório	Revisão	Data	Página
RELATÓRIO FINAL DO TESTE DE INJEÇÃO DE CASCALHO EM CAVIDADES SALINAS	00	20.8.13	3 de 21



REGISTRO DE RELATÓRIOS

Serviço:	Serviços técnicos de injeção de cascalho de perfuração em cavidades salinas em Maceió/AL.
Elaborado por:	 Carlos Eduardo Ferreira Engenheiro Mecânico e de Petróleo  Felipe Villa Eng. Sanitarista e Ambiental
Aprovado por:	 Sergio Trentini Geólogo
Data de Aprovação:	20/08/2013

Nome do Relatório	Revisão	Data	Página
RELATÓRIO FINAL DO TESTE DE INJEÇÃO DE CASCALHO EM CAVIDADES SALINAS	00	20.8.13	4 de 21



EQUIPE TÉCNICA BÁSICA

A equipe de desenvolvimento e operacionalização do teste de injeção de cascalho de perfuração é composta pelos seguintes profissionais:

Diretor: Sérgio Trentini.

Gerente do Segmento Óleo e Gás: Geólogo Edson Fabel. Responsável pela coordenação estratégica das atividades do setor de óleo e gás.

Coordenador de Contratos: Engenheiro Sanitarista e Ambiental Felipe Villa. Responsável pela gestão comercial do contrato, interface com o cliente e apresentação dos resultados.

Consultor Especializado: Engenheiro Mecânico e de Petróleo Carlos Eduardo Gomes Ferreira (SOLUÇÃO ENERGIA LTDA).

Nome do Relatório	Revisão	Data	Página
RELATÓRIO FINAL DO TESTE DE INJEÇÃO DE CASCALHO EM CAVIDADES SALINAS	00	20.8.13	5 de 21



ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	8
2. HISTÓRICO	9
3. TESTE DE INJEÇÃO DE CASCALHO	11
3.1 PROJETO CONCEITUAL	12
3.2 DETALHAMENTO DO PROJETO	14
3.3 OBRAS	14
3.4 COMISSIONAMENTO	14
3.5 OPERAÇÃO	14
4. CONCLUSÃO	16
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
6. REFERÊNCIAS	18
7. ANEXO	19
7.1 ANEXO 1 – Ofício Nº 315/2007 – GDP/IMA/AL	19
7.2 ANEXO 2 – CLASSIFICAÇÃO DO RESÍDUO - PETROBRAS	20
7.3 ANEXO 3 – LAUDO DE ANÁLISE DO RESÍDUO - CETREL	21

Nome do Relatório	Revisão	Data	Página
RELATÓRIO FINAL DO TESTE DE INJEÇÃO DE CASCALHO EM CAVIDADES SALINAS	00	20.8.13	6 de 21



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Localização poço de injeção – Maceió/AL.....	9
Figura 2 - Cronograma.....	11
Figura 3 - Estrutura das cavernas.....	12
Figura 4 – Estrutura de esteiras e peneiras	13

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Toneladas Injetadas.....	16
--------------------------------------	----

Nome do Relatório	Revisão	Data	Página
RELATÓRIO FINAL DO TESTE DE INJEÇÃO DE CASCALHO EM CAVIDADES SALINAS	00	20.8.13	7 de 21



1. INTRODUÇÃO

O presente relatório visa apresentar o histórico e os resultados referentes ao teste do processo de injeção de cascalho oriundo da perfuração de poços de petróleo em cavidades salinas desativadas, pertencentes a Mineração Braskem, em Maceió, Alagoas.

Nome do Relatório	Revisão	Data	Página
RELATÓRIO FINAL DO TESTE DE INJEÇÃO DE CASCALHO EM CAVIDADES SALINAS	00	20.8.13	8 de 21

2. HISTÓRICO

O início do desenvolvimento do projeto para uso da tecnologia de injeção de cascalho em cavidades salinas ocorreu em 2007, quando a equipe da Cetrel Lumina contactou a equipe técnica da Braskem - Mineração sobre a possibilidade da utilização de cavernas salinas desativadas para injeção de cascalho oriundo de poços de perfuração de petróleo (resíduo) não perigosos como acontece em outras localidades no mundo.,

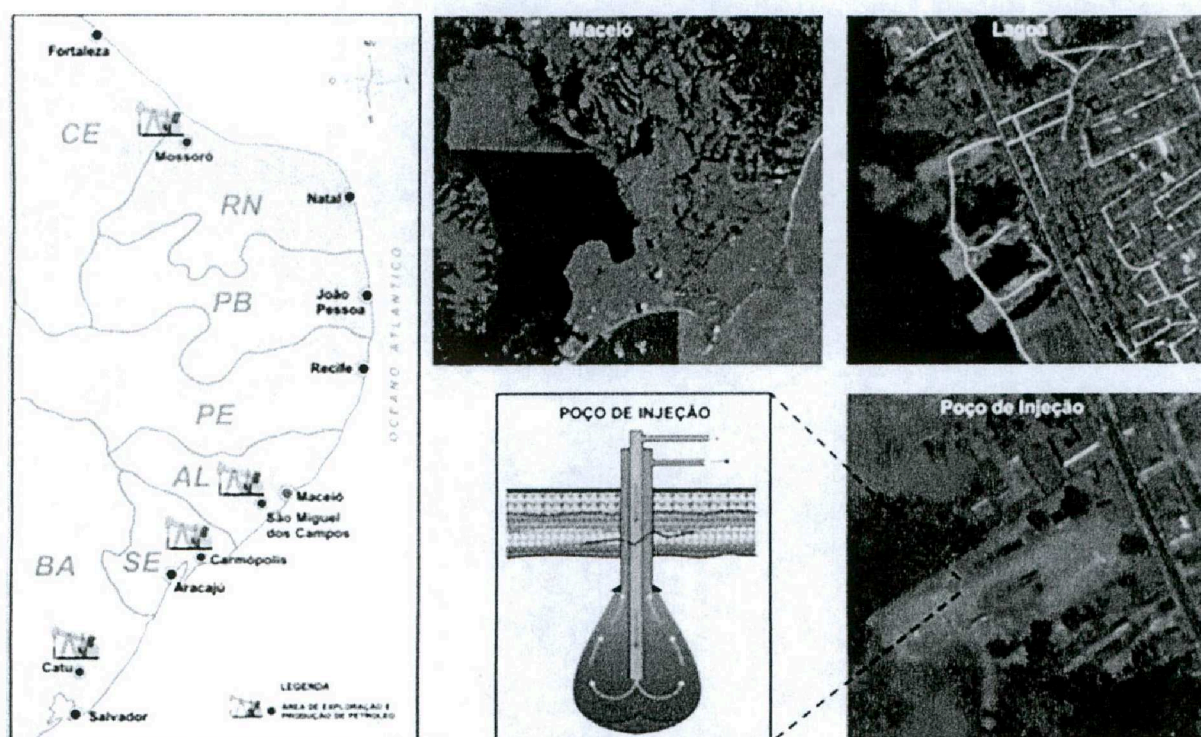


Figura 1 - Localização poço de injeção – Maceió/AL.

A destinação final de cascalho proveniente da perfuração de poços de petróleo tem sido usualmente feito via tecnologia de coprocessamento de resíduos. Esta rota tecnológica consiste em utilizar o resíduo como material energético ou como matéria-prima na produção de cimento durante a queima do clínquer.

Nome do Relatório	Revisão	Data	Página
RELATÓRIO FINAL DO TESTE DE INJEÇÃO DE CASCALHO EM CAVIDADES SALINAS	00	20.8.13	9 de 21