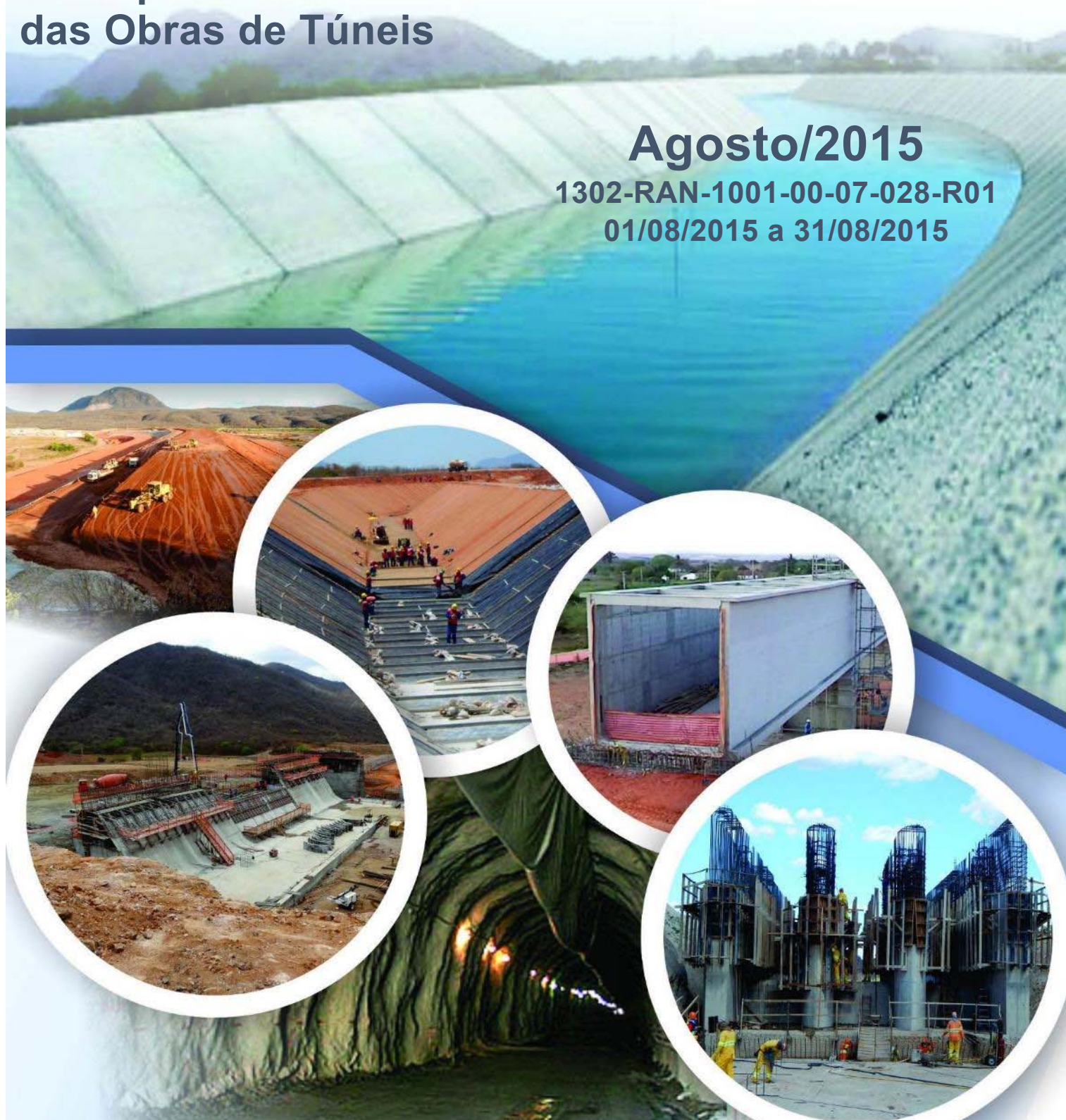


RT - Relatório de Acompanhamento Técnico das Obras de Túneis

Agosto/2015

1302-RAN-1001-00-07-028-R01

01/08/2015 a 31/08/2015



**Serviços de consultoria especializados para Supervisão,
Acompanhamento Técnico e Controle Tecnológico em obras do
Trecho II, do Projeto de Integração do Rio São Francisco com
Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional.**


RT - Relatório de Acompanhamento Técnico das Obras de Túneis

1302-RAN-1001-00-07-028-R01

**Agosto/2015
01/08/2015 a 31/08/2015**



QUADRO DE CODIFICAÇÃO DO RELATÓRIO

Código do Documento:	1302-RAN-1001-00-07-028-R01			
Título do Relatório:	RT - Relatório de Acompanhamento Técnico das Obras de Túneis			
Aprovação Inicial por:	Fernando Sperotto Brum			
Data da Aprovação Inicial:	09/11/2015			
Controle de Revisões				
<i>Revisão n.º:</i>	<i>Natureza</i>	<i>Aprovação</i>		
		<i>Data</i>	<i>Nome</i>	<i>Rubrica</i>
00	Emissão inicial	09/11/2015	Fernando Sperotto Brum	

SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE - MAGNA ENGENHARIA LTDA

ISO 9001:2008


PRÊMIO QUALIDADE RS
2007 (Medalha de Bronze)

PROGRAMAS DA QUALIDADE QUE PARTICIPA





Para outras informações sobre a MAGNA consulte o Website www.magnaeng.com.br



Título:		Número:		FOLHA																															
RT - Relatório de Acompanhamento Técnico das Obras de Túneis		1302-RAN-1001-00-07-028-R01		1/59																															
Esta folha índice indica em que revisão está cada folha na emissão citada																																			
F/Re	0	1	2	3	4	5	F/Re	0	1	2	3	4	5	F/Re	0	1	2	3	4	5	F/Re	0	1	2	3	4	5	F/Re	0	1	2	3	4	5	6
1	X	X					47	X	X					93							139						185								
2	X	X					48	X	X					94							140						186								
3	X	X					49	X	X					95							141						187								
4	X	X					50	X	X					96							142						188								
5	X	X					51	X	X					97							143						189								
6	X	X					52	X	X					98							144						190								
7	X	X					53	X	X					99							145						191								
8	X	X					54	X	X					100							146						192								
9	X	X					55	X	X					101							147						193								
10	X	X					56	X	X					102							148						194								
11	X	X					57	X	X					103							149						195								
12	X	X					58	X	X					104							150						196								
13	X	X					59	X	X					105							151						197								
14	X	X					60							106							152						198								
15	X	X					61							107							153						199								
16	X	X					62							108							154						200								
17	X	X					63							109							155						201								
18	X	X					64							110							156						202								
19	X	X					65							111							157						203								
20	X	X					66							112							158						204								
21	X	X					67							113							159						205								
22	X	X					68							114							160						206								
23	X	X					69							115							161						207								
24	X	X					70							116							162						208								
25	X	X					71							117							163						209								
26	X	X					72							118							164						210								
27	X	X					73							119							165						211								
28	X	X					74							120							166						212								
29	X	X					75							121							167						213								
30	X	X					76							122							168						214								
31	X	X					77							123							169						215								
32	X	X					78							124							170						216								
33	X	X					79							125							171						217								
34	X	X					80							126							172						218								
35	X	X					81							127							173						219								
36	X	X					82							128							174						220								
37	X	X					83							129							175						221								
38	X	X					84							130							176						222								
39	X	X					85							131							177						223								
40	X	X					86							132							178						224								
41	X	X					87							133							179						225								
42	X	X					88							134							180						226								
43	X	X					89							135							181						227								
44	X	X					90							136							182						228								
45	X	X					91							137							183						229								
46	X	X					92							138							184						230								
01	02/12/2015	Fernando Sperotto Brum		B		Revisão geral																													
00	09/11/2015	Fernando Sperotto Brum		B		Emissão Inicial																													
Rev.	Data	Por		Emissão.	Aprovação	Por																													
TIPO DA EMISSÃO																																			
(A) Preliminar				(E) Para Construção				(I) de Trabalho																											
(B) Para Aprovação				(F) Conforme Comprado				()																											
(C) Para Conhecimento				(G) Conforme Construído				()																											
(D) Para Cotação				(H) Cancelado				()																											



Data:	Elaborado:	Visto:	Data:	Verificado:	Visto:	Data:	Aprovado	Visto:
19/09/15	Eng. Willian Carreira		30/11/15	Prof. Dr. Carlos Eduardo Moreira Maffei		02/12/15	Fernando Brum	
Identificação:					Área da Empresa ou Contrato:		Revisão:	
1302-RAN-1001-00-07-028-R01					Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional		01	



ÍNDICE

1 APRESENTAÇÃO	6
1.1 Período	6
1.2 Produtos a serem produzidos	6
1.3 O Projeto	7
1.3.1 Objeto de Supervisão	7
1.3.2 Localização e Abrangência do Projeto	7
2 OBJETIVO	9
3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	12
4 HISTÓRICO DE OBRAS DOS TÚNEIS	12
4.1 WBS 1410 - Túnel Cuncas I	13
4.1.1 EMBOQUE ANTIGO	13
4.1.2 NOVO EMBOQUE	22
4.2 WBS 1420 - Túnel Cuncas II	27
5 CARACTERÍSTICAS DA OBRA	28
5.1 Cuncas I – Emboque	30
5.2 Cuncas I – Desemboque	30
5.3 Janela de Acesso (Cuncas I)	30
5.4 Cuncas I – Janela de Acesso Sentido Emboque	30
5.5 Cuncas I – Janela de Acesso Sentido Desemboque	30
5.6 Cuncas II – Emboque	30
5.7 Cuncas II – Desemboque	30
6 ANDAMENTO DAS OBRAS	30
6.1 Frentes de trabalho	30
6.1.1 Túnel Cuncas I	30
6.1.2 Túnel Cuncas II	31
6.2 Relatório Fotográfico das atividades do período	32
7 OCORRÊNCIAS	40
7.1 Fotos	41
7.1.1 Túnel Cuncas I – Emboque	41
7.1.2 Túnel Cuncas I – Desemboque	43
7.1.3 Túnel Cuncas II – Emboque	44
7.1.4 Túnel Cuncas II – Desemboque	46
8 INSTRUMENTAÇÃO	47
8.1 Resultados de instrumentação	48
8.1.1 Controle Pluviométrico	48



8.1.2 Marcos superficiais	50
8.1.3 Tassômetros	53
8.1.4 Piezômetro	53
8.1.5 Inclínômetros	55
8.2 Análise dos resultados de instrumentação	58
8.2.1 Cuncas I – Emboque	58
8.2.2 Cuncas I – Desemboque	58
8.2.3 Cuncas I – Janela sentido Emboque	58
8.2.4 Cuncas I – Janela sentido Desemboque	58
8.2.5 Cuncas II – Emboque/Desemboque	58
9 CONTROLE TECNOLÓGICO DE CONCRETO.....	59
10 CONSIDERAÇÕES FINAIS	59

Relação de Quadros

Quadro 1: Relação dos Produtos a Serem Entregues.....	6
Quadro 2- Resumo da execução das frentes de escavação.....	28
Quadro 8.1: Precipitação pluviométrica	49

Relação de Figuras

Figura 1: Esquema Simplificado das Obras do Eixo Norte - Trecho II.....	8
Figura 2: Mapa com a locação do Túnel Cuncas I e Janela de acesso.....	10
Figura 3: Mapa com a locação do Túnel Cuncas II	11
Figura 4: Solução com a relocação do eixo do canal	14
Figura 5: Implantação da contenção definitiva (Fonte - Cuncas I - emboque planta geral 1534-ATO-DES-1410-20-26-001-R01)	26
Figura 6: Planta esquemática com as frentes de escavação - Túnel Cuncas I	29
Figura 7: Planta esquemática com as frentes de escavação - Túnel Cuncas II	29
Figura 8 Locação das instrumentações.....	48



1 APRESENTAÇÃO

A **MAGNA ENGENHARIA LTDA** tem satisfação em apresentar para o Ministério da Integração Nacional o **Relatório de Acompanhamento Técnico das Obras de Túneis**, denominado **RT**, referente ao contrato administrativo 68/2012-MI, que tem como objeto a "execução dos serviços de consultoria especializada para Supervisão, Acompanhamento Técnico e Controle Tecnológico em obras do **Trecho II**, do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional", **PISF**.

1.1 Período

O Relatório é referente ao mês de **Agosto/2015**, considerando o período de **01/08/2015** a **31/08/2015** e apresenta uma síntese das atividades realizadas pela Consultora, no que abrange o **RT**.

1.2 Produtos a serem produzidos

Conforme apresenta o Edital de Licitação da Concorrência Pública nº 01/2012, que deu origem a este contrato de Supervisão, os produtos serão elaborados mensalmente sob a forma de **relatórios**, referente ao respectivo Trecho contratado, enfocando individualmente cada Lote de Obra.

No Quadro a seguir estão relacionados os **Relatórios** que serão apresentados ao longo do desenvolvimento do contrato, destacando o produto que está sendo apresentado.

Quadro 1: Relação dos Produtos a Serem Entregues

R0	Relatório de Avaliação da Documentação Existente no Projeto
R1	Relatório de Evolução das Obras (histórico, fornecimentos, interface projeto e obra e "as built").
R2	Relatório de Planejamento, Medições, Controle Físico-Financeiro e Geométrico.
R3	Relatório de Controle Tecnológico
R4	Relatório de Montagens de Equipamentos
R5	Relatório Ambiental e de Segurança e Saúde Ocupacional
RE	Relatório Especial
RT	Relatório de Acompanhamento Técnico das Obras de Túneis
RF	Relatório Final
RESN	Relatório Especial de Supervisão de Trabalhos Noturnos
REATO I	Relatório de Acompanhamento Técnico de Obras
REATO II	Relatório de Acompanhamento Técnico de Obras

Cabe lembrar que, com base na descrição das atividades que constam no Edital de contratação, no qual foi baseado o planejamento das atividades e a mobilização da equipe realizada, o R1, R2, R3, R4, R5, **RT**, RESN e REATO's são considerados efetivamente os **relatórios mensais**, e deverão ser emitidos todos os meses do Contrato, independentemente da situação encontrada nos Lotes. Vale lembrar que o **RT**, apesar de mensal, será um produto exclusivo para as atividades de **Supervisão em Túneis**, portanto, será emitido apenas quando estas atividades estiverem ocorrendo.

1.3 O Projeto

A seguir será apresentada uma visão geral do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF).

1.3.1 Objeto de Supervisão

A função precípua do PISF é de minimizar os déficits hídricos existentes assegurando a oferta de água através de um fornecimento garantido para uso múltiplo urbano e rural, e promover a sustentabilidade ambiental, por um lado, observando todas as suas condicionantes e potencialidades, e, por outro, a sustentabilidade da produção através da criação de polos de agricultura irrigada e incremento da agricultura difusa capaz de assegurar níveis de vida adequados às populações locais. Sua concepção geral prevê basicamente a implantação de conjuntos de obras e estações de bombeamento, canais adutores, túneis, barramentos e obras complementares, denominados Eixo Norte e Eixo Leste.

1.3.2 Localização e Abrangência do Projeto

Os Eixos Norte e Leste do Projeto de Transposição do Rio São Francisco abrangem a porção setentrional da Região Nordeste, compreendendo, no âmbito do Eixo Norte, partes dos Estados do Ceará e do Rio Grande do Norte, e partes da Paraíba e de Pernambuco no tocante ao seu Eixo Leste, conforme figura ao lado.

Em termos das bacias hidrográficas beneficiadas em cada um dos estados citados, listam-se, no Estado do Ceará, as bacias do rio Jaguaribe e da Região Metropolitana de Fortaleza, e as bacias dos rios Apodi e Piranhas-Açu no Rio Grande do Norte, no âmbito do Eixo Norte, que ainda contempla a sub-bacia do rio Brígida, em Pernambuco, pertencente ao próprio rio São Francisco.



Já o Eixo Leste atende as bacias dos rios Paraíba e Piranhas, ambas na Paraíba, e as bacias do rio Ipojuca e da Região Metropolitana de Recife, além da sub-bacia do rio Moxotó, em Pernambuco, estes na bacia do próprio rio São Francisco. De modo geral, o Eixo Norte tem seu início em uma captação próxima da ilha de Assunção, de onde as águas do rio São Francisco são recalçadas para os açudes estratégicos: Castanhão no rio Jaguaribe, Santa Cruz no rio Apodi; e Armando Ribeiro Gonçalves no rio Piranhas-Açu capazes de distribuir, por meio de sistemas adutores, para as principais regiões com demanda hídrica expressiva nos estados beneficiados, incluindo grandes centros urbanos, Polos de Desenvolvimento Integrado, centros industriais, regiões turísticas e áreas de agricultura irrigada.

Da mesma forma, o Eixo Leste inicia em uma captação situada às margens do lago da Barragem de Itaparica e de lá as águas são recalçadas principalmente para o açude de Boqueirão-Cabaceiras, no rio Paraíba. Em ambos os eixos previu-se, ainda, o atendimento das populações do sertão e do agreste situadas ao longo dos seus traçados que abrangem mais de 720 km de canais e reservatórios e pelos rios e açudes receptores das águas transpostas, estes com mais 1.000km de extensão.



No que concerne aos lotes de Implantação das obras do PISF, foi procedida a seguinte subdivisão:

Eixo	Trecho	Lote	Escopo
Norte	I	1	Inclui canais, aquedutos, barragens, reservatórios e obras civis correlatas entre a captação no Rio São Francisco e o reservatório Terra Nova, inclusive; executando-se as obras do túnel Angico, e as obras, equipamentos, forebays de montante e jusante, linhas de recalque, grupos moto bombas, subestações e linhas de transmissão das estações de bombeamento EBI-1e EBI-2.
		2	Compreendem os canais, aqueduto, barragens, reservatórios e obras civis correlatas bem como fornecimento e montagem de equipamentos eletromecânicos de todas as estruturas à jusante do Reservatório Terra Nova até a estrutura final do Reservatório Negreiros (km 86+334), excetuando-se as obras, equipamentos, forebays de montante e jusante, grupos moto bombas, linhas de recalque, subestações e linhas de transmissão da estação de bombeamento EBI-3.
		3	É composto por canais, barragens, reservatórios e obras civis correlatas bem como fornecimento e montagem de equipamentos eletromecânicos de todas as estruturas à jusante do Reservatório Negreiros até o Reservatório Milagres.
		4	Compreendem os canais, barragens, reservatórios inclusive o Túnel Milagres e obras civis correlatas bem como fornecimento e montagem de equipamentos eletromecânicos de todas as estruturas a partir do Reservatório de Jati, exclusive as obras civis do Túnel Milagres.
	II	5	Envolve os canais, barragens, reservatórios e obras civis correlatas bem como fornecimento e montagem de equipamentos eletromecânicos de todas as estruturas desde Reservatório Jati até o Reservatório do Boi II.
		6	Envolve canais, aquedutos, galerias e obras civis correlatas bem como o fornecimento e montagem de equipamentos eletromecânicos e todas as estruturas desde o Reservatório do Boi II, até a entrada do Túnel Cuncas I.
		7	Compreendem canais, barragens, aquedutos e obras civis correlatas bem como o fornecimento e montagem dos equipamentos eletromecânicos e todas as estruturas desde a saída do Túnel Cuncas I até a Barragem Ávidos I.
	I	8	Compreende a Execução das obras civis das Estações de Bombeamento EB I-1, EB I-2, EB I-3, incluindo instalação, montagem, testes e comissionamento dos equipamentos hidromecânicos e eletromecânicos, e obras complementares.
Leste	V	9	Compreendem os canais, aqueduto, barragens, reservatórios e obras civis correlatas bem como fornecimento e montagem de equipamentos eletromecânicos de todas as estruturas previstas desde a captação no Lago de Itaparica até a altura do Reservatório Muquém excetuando-se as obras civis e fornecimentos das estações de bombeamento EBV-1, EBV-2 e EBV-3.
		10	É composto por canais, aquedutos, barragens, reservatórios e obras civis correlatas bem como fornecimento e montagem de equipamentos eletromecânicos de todas as estruturas entre desde o Reservatório Muquém até o Reservatório Cafuiti exclusive este, excetuando-se as obras civis e fornecimentos da estação de bombeamento EBV-4.
		11	É composto por canais, aquedutos, barragens, reservatórios e obras civis correlatas, fornecimento e montagem de equipamentos eletromecânicos de todas as estruturas, entre o Reservatório Capití e o Reservatório Barreiro, excetuando-se as obras civis e fornecimentos das estações de bombeamento EBV-5 e EBV-6.
		12	Compreende a execução de canais, barragens e obras complementares, entre o Reservatório Barreiro, até atingir o Açude Poções e incluindo o Túnel Monteiro e a Adutora Monteiro.
		13	É composto pelas obras civis das estações de bombeamento EBV-1, EBV-2, EBV-3, EBV-4, EBV-5 e EBV-6, inclusive montagem dos conjuntos moto bomba das mesmas.
Norte	II	14	Envolve as obras civis para execução dos Túneis Cuncas I e Cuncas II.

A figura ao lado apresenta o esquema simplificado das obras do Eixo Norte - Trecho II onde se situam os Lotes objeto deste contrato de Supervisão: Lotes 05, 06, 07 e 14.

As cidades próximas aos canteiros de obras do Trecho II são: Jati/CE e Brejo Santo/CE para o Lote 05; Milagres/CE e Mauriti/CE para o Lote 06; Cajazeiras/PB e São José de Piranhas/PB para os Lotes 07 e 14. A principal rodovia de acesso é a BR 116, e a cidade de referência é Juazeiro do Norte/CE.

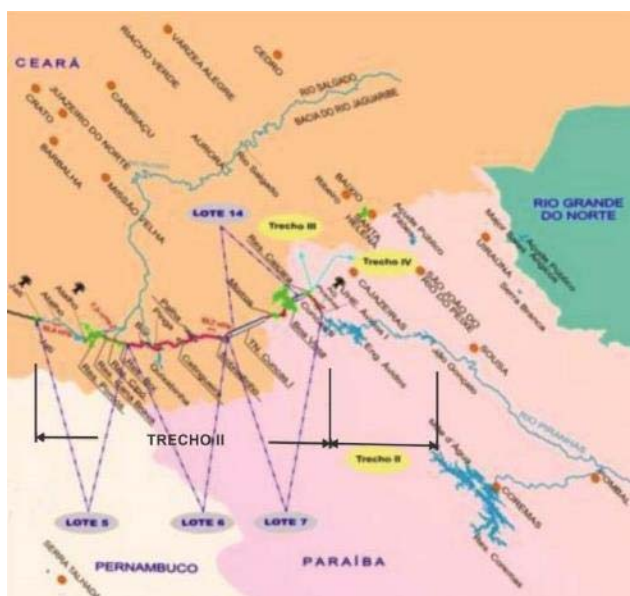


Figura 1: Esquema Simplificado das Obras do Eixo Norte - Trecho II



2 OBJETIVO

O presente relatório tem como finalidade documentar aspectos relativos ao ATO (Acompanhamento Técnico de Obra) da execução dos túneis Cuncas I, Janela de acesso e Cuncas II, integrantes do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional.

O Túnel Cuncas I é um túnel de grande dimensão, com cerca de 15 km de extensão, e seção transversal final de projeto com 75,10 m². Face ao comprimento do Túnel Cuncas I, fez-se necessária a execução de uma Janela de acesso, não só para garantir mais duas frentes de execução, mas também a adequada ventilação no mesmo. O Túnel Cuncas II tem cerca de 4 km de extensão, e seção transversal final de projeto com 75,10m².

O ATO é realizado através de visitas periódicas à obra por engenheiro de projeto (Willian Carreira) e de consultor (Dr. Carlos Eduardo Moreira Maffei), e acompanhamento da instrumentação na sede da Maffei Engenharia.

Os geólogos residentes acompanham a obra e fornecem os subsídios necessários à Maffei Engenharia de forma a viabilizar a interpretação dos resultados da instrumentação. Por sua vez, a Maffei Engenharia subsidia a construtora/fiscalização quanto à adequação do projeto, sugerindo procedimentos construtivos, como por exemplo: adaptar as seções de projeto à realidade encontrada ao longo da escavação.

A análise da instrumentação e dos procedimentos construtivos ocorre na sede da Empresa por engenheiro sênior e consultor, os quais fazem visitas periódicas à obra, ou sempre que necessário.

O presente relatório tem como objetivo analisar e apresentar os resultados do diário de obra no período de **01 de Agosto de 2015 a 31 de Agosto de 2015**.

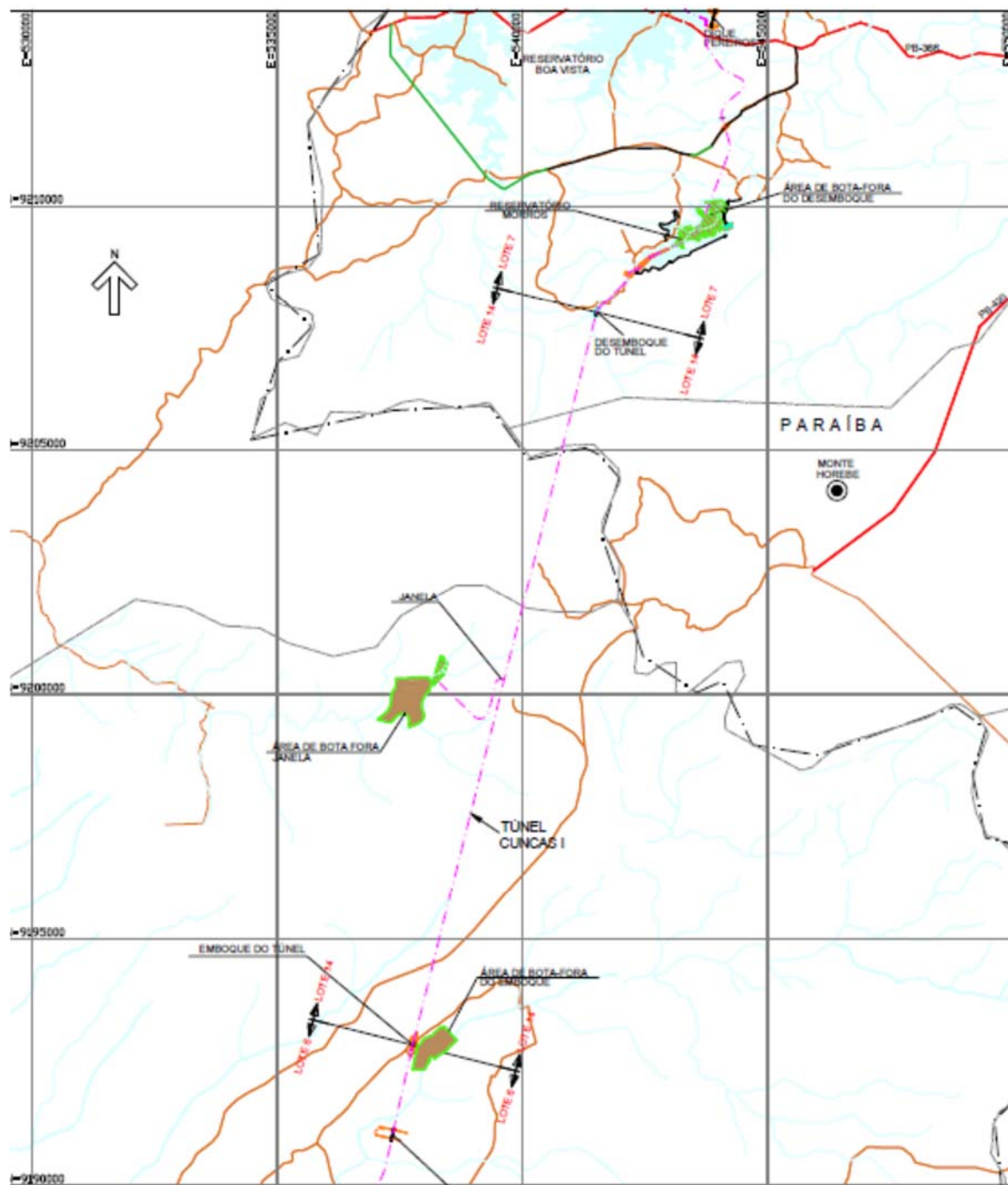


Figura 2: Mapa com a locação do Túnel Cuncas I e Janela de acesso

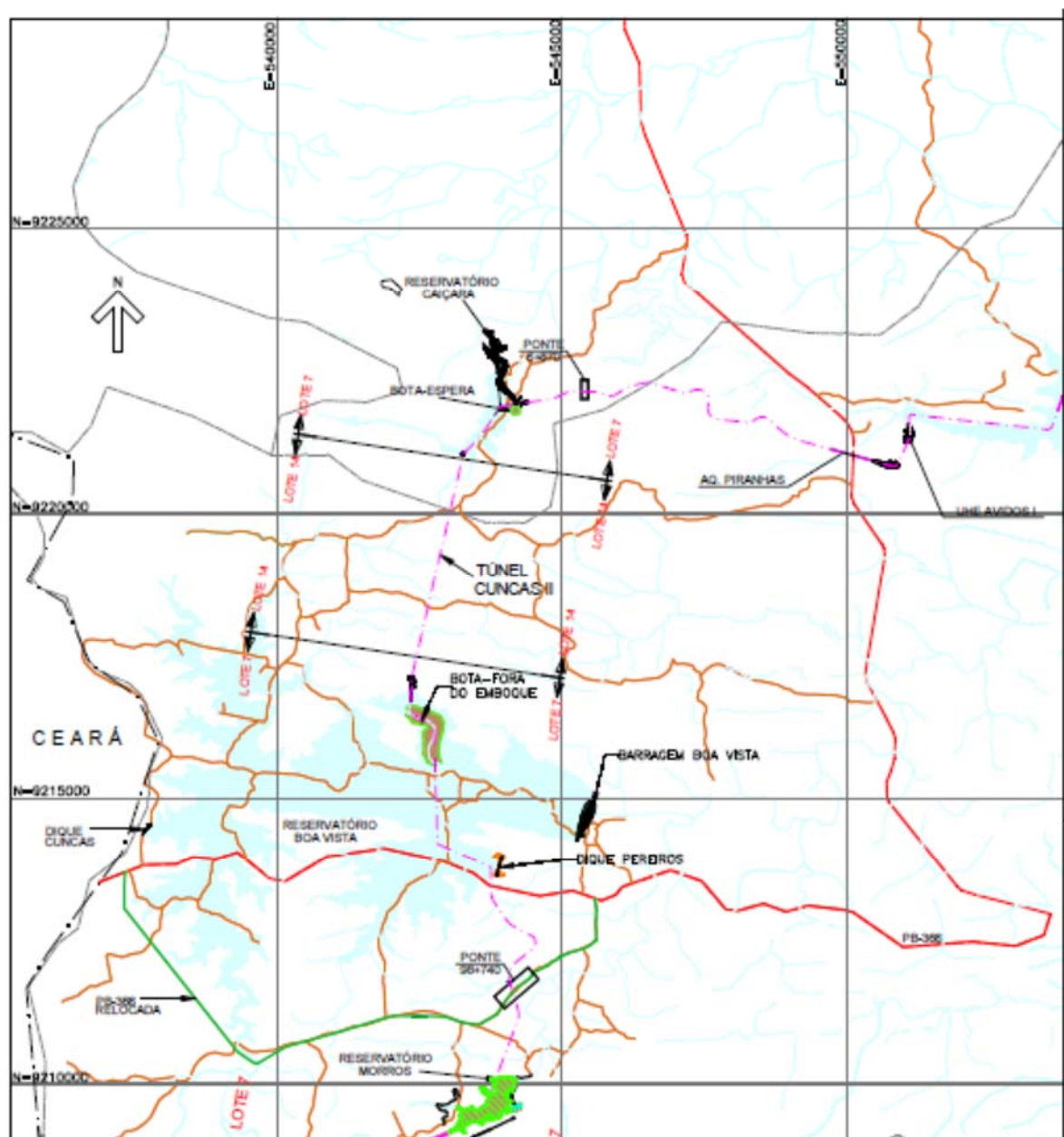


Figura 3: Mapa com a locação do Túnel Cuncas II



3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Relatórios:

- 1220-REL-1401-04-02-001 Rev. 04 - Mapeamento Geológico dos Túneis Cuncas I e Cuncas II
- 1220-REL-1401-04-02-003 Rev. 0- Relatório de Consolidação das Investigações Geotécnicas
- 1220-REL-1401-20-04-001 Rev. 3 - Relatório do Projeto Executivo dos Túneis
- Relatório Sobre a Ruptura Parcial do Túnel Cuncas I (Maffei Engenharia, janeiro/2011)
- Relatório Sobre a Análise Técnica da Ruptura Parcial do Emboque do Túnel Cuncas I (Maffei Engenharia, abr./2012)
- Relatório de Instrumentação Geotécnica – MEC-5690- 1652 (Moretti Eng. Jun./2012)

Projetos:

- 1220-DES-1410-04-46-001 a 017 –Projeto Executivo – Lote ‘B’ – Túnel Cuncas I – Seção Geológico – Geotécnico.
- 1220-DES-1410-20-48-001 a 009 – Projeto Executivo – Lote ‘B’ – Túnel Cuncas I – Planta e Seções.
- 1220-DES-1420-04-46-001 a 007 - Projeto Executivo – Lote ‘B’ – Túnel Cuncas II – Seção Geológico – Geotécnico.
- 1220-DES-1420-20-48-001 a 007 – Projeto Executivo – Lote ‘B’ – Túnel Cuncas II – Planta e Seções.
- 1220-DES-1410-50-80-002 – Projeto Executivo – Lote ‘B’ – Túnel Cuncas I – Instrumentação.

4 HISTÓRICO DE OBRAS DOS TÚNEIS

A seguir apresentaremos um histórico de evolução da obra destacando as principais alterações e atualizações do Projeto Executivo que ocorreram durante o período construtivo.

A Magna Engenharia assumiu a fiscalização do Lote 14, no dia 01/05/2013. Nesta data, os túneis se configuravam da seguinte maneira:

No túnel Cuncas I havia quatro frentes de serviços de escavação:

- 1- No emboque era realizada a escavação do rebaixamento de seção plena na cambota 28 a 30;
- 2- No desemboque as atividades se desenvolviam na estaca 519 + 9,69;
- 3- A frente de escavação janela sentido emboque atingia à estaca 232 + 5,83;
- 4- A frente de escavação janela sentido desemboque encontrava-se na estaca 403 + 14,43.

No túnel Cuncas II estava sendo executado o piso de regularização entre as estacas 53 + 0,0 a 54 + 0,00. No emboque a escavação em seção plena, encontrava-se na estaca 4 + 17,50.



4.1 WBS 1410 - Túnel Cuncas I

4.1.1 EMBOQUE ANTIGO

Os trabalhos do Lote 14 iniciaram através das escavações da frente de serviço do Emboque Cuncas I em março de 2010. Houve uma ruptura no túnel em abril de 2011, ficando o mesmo paralisado até setembro de 2012. Como solução, devido à ruptura, optou-se por executar um novo emboque, alterando o seu eixo. Atendendo à solicitação do Consórcio Construtor CCL-14, com o objetivo da mudança do ponto de curva (PC), sugerido pelo projeto 1220-DES-1410-20-26-600, a Supervisora através do Eng. Otílio Moura Filho, apresentou em 13/08/2013 a Nota Técnica nº 012 - 1302-NTC-1001-00-00-012-R00 (*Mudança do ponto de curva do novo traçado do eixo do Túnel emboque Cuncas I*).

A primeira ruptura do túnel, ruptura parcial do revestimento primário junto ao emboque, ocorreu em 10/11/2010 entre a segunda e décima Cambota. A segunda ruptura do mesmo, ruptura geral registrada entre as cambotas 94 e 151, ocorreu em 17/04/2011.

O mecanismo de ruptura está associado à falta de eficácia do pé-direito reto (conforme registrado na foto 1) para resistir aos empuxos laterais, além do carregamento assimétrico que provocou distorção na seção do túnel.



Foto 1 – Trinca no encontro da calota com o pé-direito.



Foto 2 – Emboque após a ruptura

A solução adotada para prosseguimento da execução do túnel foi à mudança do eixo do canal, executando-se um **novo emboque**, conforme se pode observar nas figuras a seguir.

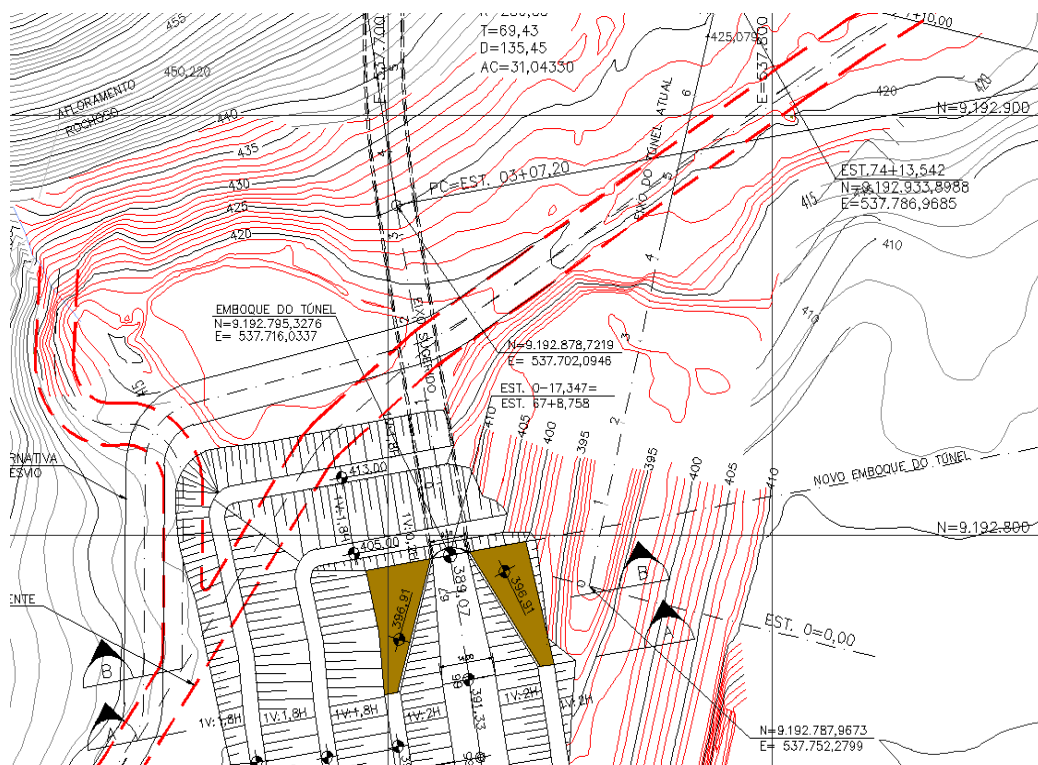


Figura 4: Solução com a relocação do eixo do canal

Conforme descrito no relatório (1220-RAT-1401-20-04-001-R03) do consórcio Hydroconsult * MWH Brasil, para solução de relocação do eixo do canal, faz-se necessário o enchimento do túnel rompido para prevenir futuros colapsos.

Em Novembro/2012, constando do “Relatório do Projeto de Retomada das Obras do Túnel Cuncas I”, da Hydroconsult-MWH-Brasil, foi analisada a necessidade de preenchimento do túnel rompido. Várias alternativas foram analisadas ao longo do tempo.

A Maffei Engenharia fez visita de Inspeção Técnica entre os dias 03 e 07/05/2015 (1534-REL-VIS-OB-04-005-R00) para avaliação técnico-operacional desse procedimento, com elaboração de orçamento básico para a melhor solução técnica a ser indicada.

Segue abaixo considerações elaboradas para **RELATÓRIO TÉCNICO – ENCHIMENTO DO TÚNEL ROMPIDO**.

SOLUÇÕES PARA ENCHIMENTO DO TÚNEL ROMPIDO

Com a ocorrência da terceira ruptura próxima ao emboque e a crescente deformação do maciço, o consórcio supervisor juntamente com a fiscalização (M.I.), com base nas observações de campo, optaram por aterrar o emboque do túnel rompido para evitar prejuízos ao novo emboque, conforme se pode observar na foto a seguir.



Foto 27 - Situação do Emboque após a execução do aterro

Com a execução do aterro, as soluções propostas pelo consórcio projetista devem ser adequadas para o novo cenário. A seguir serão detalhadas as possíveis alternativas para enchimento do túnel rompido, de modo que as partes competentes possam julgar a alternativa mais, técnica e economicamente, viável.

No item 5, do relatório do consórcio projetista, é apresentada uma estimativa do volume de material para enchimento do túnel rompido de 7.505,00 m³.

Enchimento do túnel com injeções de material arenoso

O projetista (Hidroconsult – MWH Brasil) ressalta no Relatório do Projeto de Retomada das Obras do Túnel Cuncas I (1220-RAT-1401-20-04-001), de fevereiro de 2012, a necessidade de se preencher o túnel rompido por questão de segurança.

O enchimento do túnel com injeção de material arenoso pode ser executado com areia (proveniente do lote 6) ou pó de pedra (proveniente da britagem do material escavado nos túnel). A escolha da granulometria do material, bem como da proporção da mistura com água, deve ser definido em campo através de ensaios de bombeamento. O diâmetro do tubo de injeção deve ser definido, da mesma maneira, através do ensaio de bombeamento.

A injeção deve ser realizada através de furos inclinados, com espaçamento de 15m, executados a partir da superfície do terreno. A mistura deve ser injetada para o interior do túnel, a areia deve decantar formando um aterro quase que horizontal. A água deve sair pelo dreno instalado na geratriz superior do emboque e ser coletada através de uma canal trapezoidal, revestido com 10cm de concreto projetado e tela de aço Q138, para evitar erosão.

Os furos de injeção devem ser inclinados para o equipamento de injeção ficar fora da área de influência da ruptura.

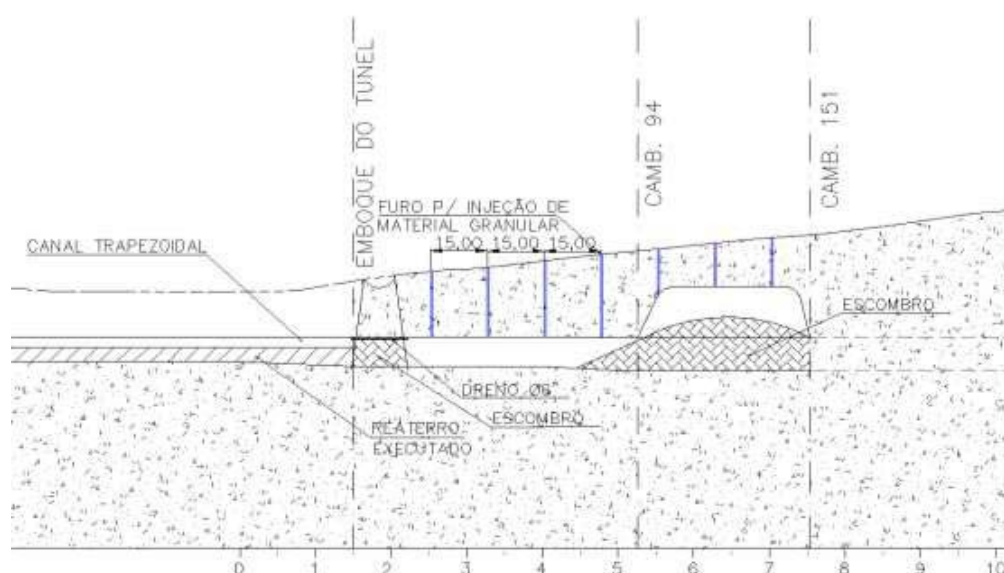


Figura 20 - Vista longitudinal com a localização das injeções de material granular

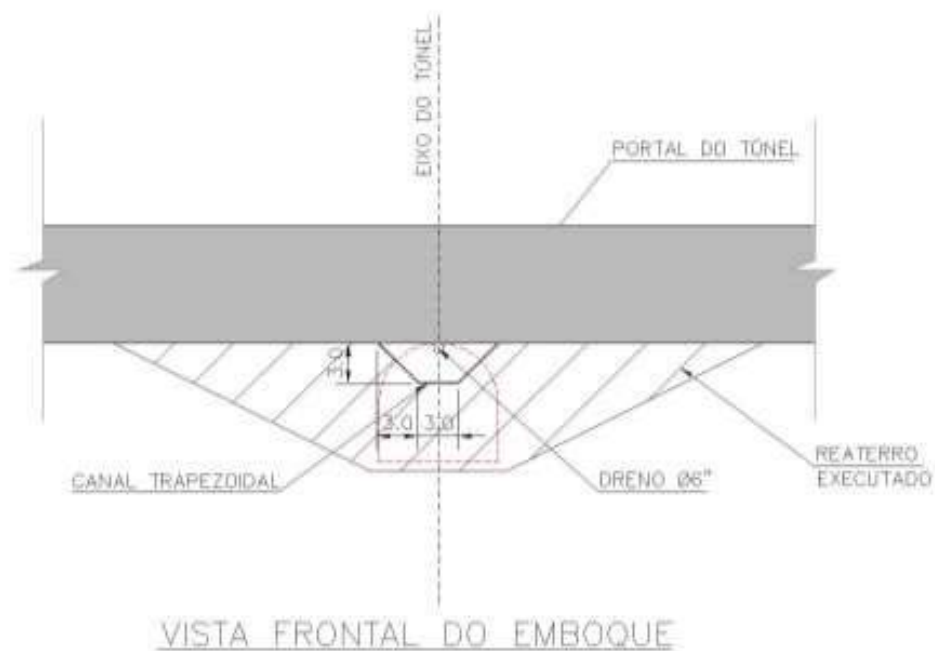


Figura 21 - Vista Frontal com a locação das injeções de material granular

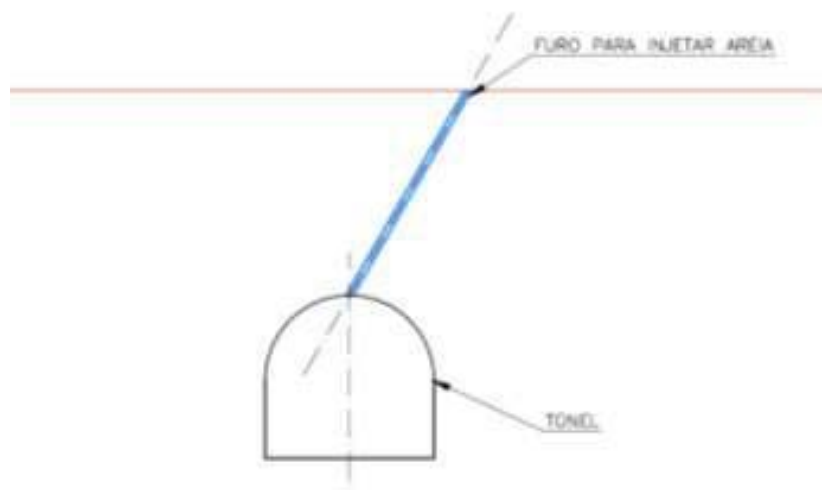


Figura 22 - Detalhe dos furos de injeção.

Após a execução dos furos de injeção de material granular, deve-se executar furos de injeção de argamassa de baixa resistência, em malha triangular de 3,0x3,0m, com a finalidade de

ocupar vazios que porventura permaneçam no local. A injeção deve ser realizada pela “boca” (sem a necessidade de válvulas manchete) com pressão máxima de 5,0kgf/cm², nos locais que forem identificados vazios no decorrer da perfuração.

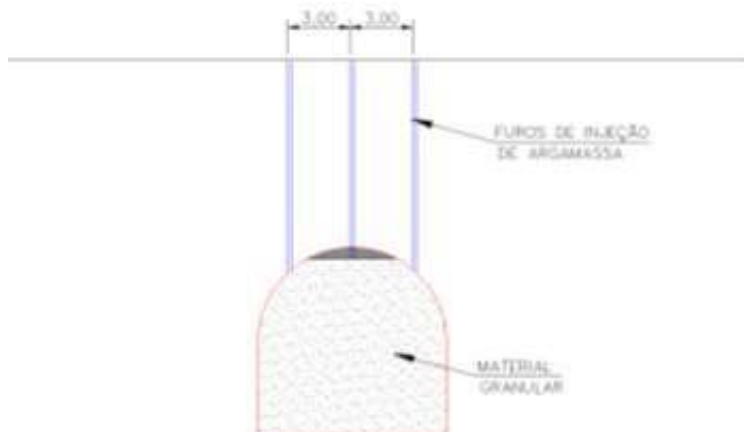


Figura 23 - Detalhe dos furos de injeção de argamassa.

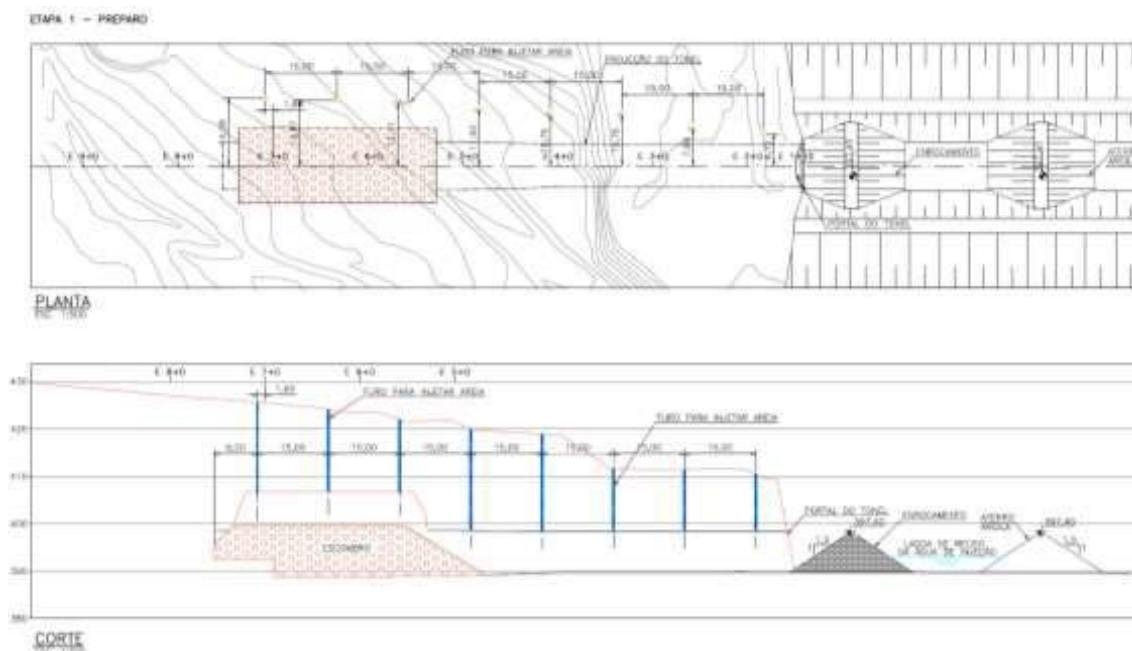


Figura 24 - Planta e perfil do enchimento do túnel.

SEQUÊNCIA DE OPERAÇÕES PARA PREENCHIMENTO DO TÚNEL

- 1-ESCOLHA DA AREIA QUE SERÁ USADA NO ENCHIMENTO E DETERMINAÇÃO DE SUA GRANULOMETRIA, POR MEIO DE PELO MENOS 3 ENSAIOS, POR PENEIRAMENTO E SEDIMENTAÇÃO.
- 2-DETERMINAÇÃO E DEFINIÇÃO DE FILTROS PARA A AREIA ESCOLHIDA, USANDO OS CRITÉRIOS CONVENCIONAIS: $D_{15} \text{ FILTRO} > 5 \times D_{15} \text{ MATERIAL}$ E $D_{15} \text{ FILTRO} < 5 \times D_{85} \text{ MATERIAL}$. PROVAVELMENTE RESULTARÁ EM AREIA GROSSA E BRITA 1 SOBRE O TALUDE DE MONTANTE DO ENROCAMENTO.
- 3-PERFURAÇÃO E INSTALAÇÃO DE TUBO COM DIÂMETRO DE 0,20 M NAS POSIÇÕES INDICADAS NOS DESENHOS DE PROJETO.
- 4-CONSTRUÇÃO DA BARREIRA DE ENROCAMENTO COM FILTROS A MONTANTE, QUE PERMITA A PASSAGEM DA ÁGUA, MAS RETENHA A AREIA QUE SERÁ LANÇADA COM ÁGUA PELOS TUBOS DE INJEÇÃO.
- 5-CONSTRUÇÃO DE BARREIRA POUCO PERMEÁVEL, COM MATERIAL ARGILOSO, A JUSANTE DO ENROCAMENTO, PARA FORMAÇÃO DE LAGOA PARA REUSO DA ÁGUA INJETADA COM A AREIA.
- 6-INJEÇÃO EXPERIMENTAL DE AREIA MISTURADA COM ÁGUA EM PROPORÇÃO A SER DEFINIDA NA OBRA. O FURO SITUADO PRÓXIMO AO EMBOQUE EXISTENTE SERÁ USADO NESTA ETAPA, POR PERMITIR A VISUALIZAÇÃO DO ATERRO RESULTANTE DENTRO DO TÚNEL. O DESEJADO É QUE A POLPA DE AREIA E ÁGUA FLUA FORMANDO UM ATERRO COM SUPERFÍCIE INCLINADA DE CERCA DE 6% COM A HORIZONTAL.
- 7-INÍCIO DA INJEÇÃO DA POLPA DE AREIA E ÁGUA PELO FURO DE INJEÇÃO SITUADO NO TÉRMINO DO TÚNEL ATUAL ROMPIDO. CONTINUAR COM A INJEÇÃO ATÉ QUE HAJA REFLUXO DA POLPA PELA BOCA DO FURO.
- 8-CONTINUAR A INJEÇÃO PELOS DEMAIS FUIROS, NA SEQUÊNCIA, ATÉ O FURO PRÓXIMO AO EMBOQUE DO TÚNEL E ATÉ SE PREENCHER O TÚNEL.

Figura 25 - Sequência de operação para preenchimento do túnel (1220-DES-1410-20-26-500 Projeto de Retomada das Obras - Preenchimento do Túnel - Etapa 1)

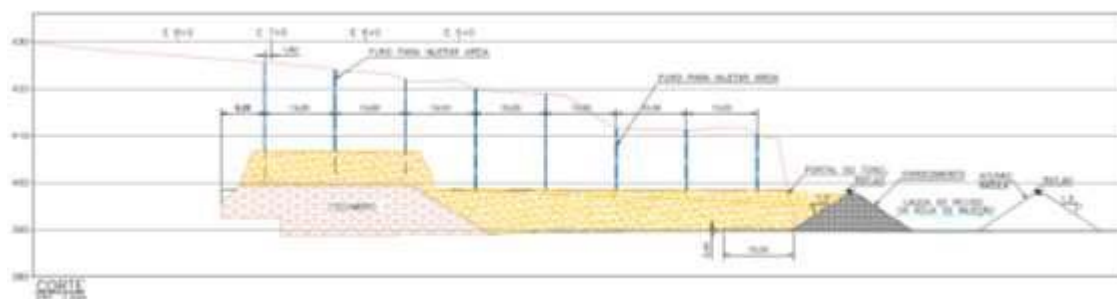


Figura 26 - Seção longitudinal do enchimento do túnel



Figura 27 - Vista Isométrica do enchimento do túnel (Fonte - IRSF-PL-QUANT-ECI-2012 –Opção 4 – Preenchimento do túnel)

EXECUÇÃO DE NOVO TÚNEL

Enchimento com areia	Unidade	Quant.
Volume de areia de enchimento	m ³	7.505
Momento de transporte de areia	m ³ xkm	37.523
Enrocamento de contenção na boca do túnel	m ³	1.416
Transição de brita 1 sobre o enrocamento	m ³	83,5
Dique de retenção de água - aterro compactado	m ³	1.500
Perfuração e instalação de tubos PVC Ø 0,20 m	m	151,6
Operação de injeção	un	1

Figura 28 - Quantidades para enchimento do túnel rompido com areia (Fonte-1220-RAT-1401-20-04-001)

Enchimento do túnel com material Coesivo

O enchimento do túnel com injeção de material coesivo pode ser executado com coulis (mistura de cimento, bentonita e água) ou argamassa de baixa resistência.

O Traço dos materiais deve ser definido em campo, através de ensaios de bombeamento, uma vez que o mesmo não tem requisito de resistência.

A injeção do material coesivo deve ser feita através de furos inclinados, em malha triangular 3,0x3,0m. Os furos de injeção devem ser inclinados para o equipamento de injeção ficar fora da área de influência da ruptura.

RECUPERAÇÃO DO TÚNEL ROMPIDO

Enchimento com coulis	Unidade	Quant.
Volume de coulis de enchimento	m ³	7.505
Dique de retenção do coulis - aterro compactado	m ³	1.499
Perfuração e instalação de tubos PVC Ø 0,20 m	m	151,6
Operação de injeção	un	1

Figura 29 - Quantidades para enchimento do túnel rompido com coulis (Fonte-1220-RAT-1401-20-04-001)

4.1.2 NOVO EMBOQUE

A instalação da primeira cambota do novo emboque ocorreu no dia 22 de novembro de 2012 (maciço escavado composto de saprolito) e primeira detonação em julho de 2013 (maciço rochoso).

A segunda frente de serviço iniciada foi o desemboque do Cuncas I, com a limpeza e escavação iniciada em novembro de 2010.

Devido à grande extensão do túnel Cuncas I o projetista optou por uma janela de acesso, onde ocorreu sua primeira detonação no dia 15 de outubro de 2010. Finalizando a escavação, com o encontro do entroncamento do túnel na estaca 320+0,00 no dia 22 de janeiro de 2012.

O encontro da janela de acesso com o eixo do túnel resultou em mais duas frentes de serviços, janela sentido emboque e janela sentido desemboque que iniciaram suas escavações no dia 28 de janeiro de 2012.

Com o início do período chuvoso e os trabalhos de escavação em seção plena, observou-se trincas no espelho do túnel. Imediatamente foi realizado um reforço no tratamento do talude frontal, especificado pela equipe de ATO no 9º e 10º relatórios de ATO, para conter os deslocamentos. Infelizmente, em função da presença de um plano liso no maciço, não foi possível finalizar o tratamento, e no dia 06 de maio de 2013 houve uma ruptura no espelho do emboque do túnel, quando o mesmo encontrava-se escavado até a estaca 0+79,00, obstruindo os serviços no túnel, porém sem comprometer a integridade física dos funcionários e da estrutura interna do próprio túnel.



Foto 3 – Locação das trincas nos taludes



Foto 4 – Emboque do Cuncas I – Fissura no interior do túnel



Foto 5 – Foto da ruptura local no espelho do emboque do túnel Cuncas I

No 11º relatório de ATO, foi proposto novo tratamento para o espelho que conteve a movimentação do mesmo. Com a finalidade de estabilizar as deformações, foram aplicados 10 grampos de 6m de comprimento, 16 grampos com 12m de comprimento e 2 linhas de 7 grampos com 12m de comprimento na parte superior, conforme as fotos 6 e 7.



Foto 6 – Foto do maciço - Emboque do Cuncas I



Foto 7 – Foto do maciço - Emboque do Cuncas I



Foto 8 – Local da ruptura reforçado

Foi observada também uma pequena movimentação dos pinos de convergência dentro do túnel. Foram tomadas providências para estabilidade da estrutura, com a aplicação de grampos de 12 e 15 metros. Este procedimento está relatado no relatório de ATO de maio de 2013. Nesta época o ATO já fazia parte do contrato da Magna Engenharia, pois anteriormente era escopo do contrato do Consórcio Construtor.

Também foi observado um deslocamento aproximadamente a 4 metros de profundidade no inclinômetro 01, no talude esquerdo no sentido do escoamento hidráulico. Para sua contenção foi providenciada a aplicação de grampos e DHP's com 12 metros de comprimento.



Foto 9 – Locação dos DHP's nos taludes

No decorrer das escavações para instalação da cambota 77, no mês de junho de 2013, constatou-se o início de rocha metamórfica de gnaiss na parte inferior esquerda da seção do túnel.

No mês de julho de 2013 a escavação encontrava-se em seção plena em gnaiss de boa qualidade geomecânica. Foi liberado o avanço para 5 metros de comprimento.

Com o surgimento de água nas paredes dos túneis foi realizado estudo e verificado a necessidade de aplicação de DHP's de 6,0 metros no túnel Cuncas I onde a classificação geomecânica se apresentasse com classe III e IV.

Foi observado, que os drenos profundos dentro dos túneis, solicitados através da Nota Técnica nº 20, estão em funcionamento conforme esperado para alívio das pressões na parede do túnel.

No dia 28 de Novembro de 2013 ocorreu o primeiro encontro de frentes de serviço, janela sentido desemboque na estaca 460 + 2,75m.

No dia 04 de abril de 2014 na estaca 150 + 2,00m a frente de serviço janela sentido emboque foi paralisada devido à insuficiência na ventilação.

Devido ao início das chuvas, mesmo que com pouco volume, o talude esquerdo hidráulico na área de transição entre o canal (WBS) 1234 e Túnel teve-se um pequeno deslocamento, por isso foi solicitada a aplicação de DHP's de 12 metros na base do talude.

Em agosto de 2014 verificou-se um deslocamento, na lateral direita hidráulica do túnel, próximo à estaca 209+10,0. Na região do deslocamento, o maciço escavado foi classificado como classe III.

Nesta região foram executadas as seguintes ações:

- 1 - Bater choco, para remover todo material solto,
- 2 - Instalação de tirantes adicionais na parede direita hidráulica, de forma sistemática, em malha triangular de 1,5x1,5m.
- 3 - Executar concreto projetado e duas telas metálicas, conforme seção tipo I.



Foto 10 – Foto do deslocamento



Foto 11 – Foto do reforço executado

O projeto da contenção definitiva do novo Emboque do túnel Cuncas I, elaborado pela Magna Engenharia, prevê uma estrada de acesso que atravessa os eixos do túnel novo e rompido. Esta estrada tem como finalidade interligar as comunidades na vizinhança do emboque.

Na entrada do túnel foi definido um túnel falso, o qual será aterrado com enrocamento para estabilização dos taludes e uma estrutura de transição hidráulica.

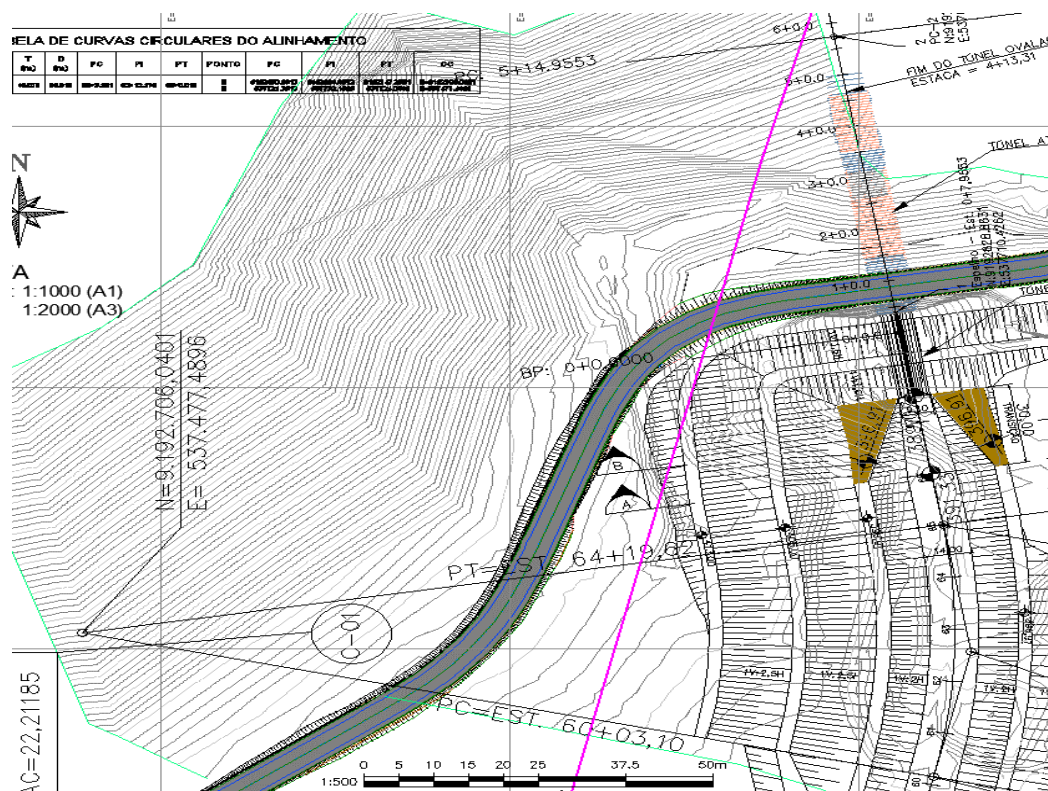


Figura 5: Implantação da contenção definitiva (Fonte - Cuncas I - emboque planta geral 1534-ATO-DES-1410-20-26-001-R01)

4.2 WBS 1420 - Túnel Cuncas II

O túnel Cuncas II teve as escavações pelo desemboque iniciadas no dia 14 de janeiro de 2011. No entanto, a primeira detonação ocorreu somente no dia 29 de abril de 2011. As escavações do Desemboque sentido Emboque foram paralisadas na estaca 15+5,30 no dia 06 de junho de 2013, para aguardar a chegada da outra frente de escavação. O início da escavação no outro sentido se deu pelo emboque no dia 15 de agosto de 2012, com a primeira detonação na estaca 1+10,00 no dia 21 de janeiro de 2013 e tendo o seu encontro na estaca 15+5,30 no dia 26 de julho de 2013.

No mês de Junho de 2013 foram realizados três furos investigativos para verificar a espessura de cobertura em rocha, que após investigação foi autorizado o aumento de avanço de escavação de 1,2 para 3,0 metros.

Com a melhoria da qualidade geomecânica da rocha foi liberado o aumento do avanço de 3,0 para 3,80 metros.

O túnel Cuncas II foi utilizado para transporte de material para emprego nas barragens de Morros e Boa Vista, executado através de caminhões. Com o tráfego intenso de caminhões, foi identificado o surgimento de depressões no piso. Após a constatação das patologias no piso, o Consórcio Construtor dos túneis adotou as seguintes medidas: 1- retomar as leituras das seções internas, 2- limpar a região (retirando a água) para melhor avaliação da situação.

Após uma vistoria minuciosa do local, concluiu-se que as depressões foram causadas pela desagregação da camada de regularização, em concreto moldado. Na base das depressões foi executada uma camada de concreto projetado com tela metálica entre as estacas 147+0,00 e 151+0,00 (*tido como material cataclasado*). Este local é conhecido como uma região de maciço classe IV, com rocha muito alterada. Em função da constatação de deslocamentos nesta região, após a escavação, foi executado um reforço no revestimento composto de tirantes com 12m de comprimento, concreto projetado e duas telas. O revestimento foi executado na calota, paredes e piso. Após a conclusão das escavações do túnel, executou-se a regularização do piso com concreto moldado.

Concluiu-se através dos resultados da instrumentação que a patologia encontrada não compromete a estrutura do túnel.



Foto 12 – Local da depressão no piso

Maffei engenharia Ltda.

5 CARACTERÍSTICAS DA OBRA

A obra consiste na execução de dois túneis: Cuncas I e Cuncas II. O primeiro é um túnel com cerca de 15 km de extensão. Em função do comprimento do túnel fez-se necessária a execução de uma Janela de acesso. A execução do túnel Cuncas I foi dividida em quatro frentes de escavação: 1- Emboque, 2- Desemboque, 3- Janela de acesso sentido Emboque e 4 - Janela de acesso sentido Desemboque. O Túnel Cuncas II tem cerca de 4 km de extensão e sua execução foi dividida em duas frentes de escavação (Emboque e Desemboque).

A seguir apresenta-se uma tabela resumo com informações sobre as frentes de escavação.

	WBS 1410 - CUNCAS I					WBS 1420 - CUNCAS II	
Frentes de escavação	Emboque	Desemboque	Janela de Acesso	Janela / Emboque	Janela / Desemboque	Emboque	Desemboque
Estaca inicial	0 + 7,96	771 + 3,3	0 + 0,00	320 + 4,00	320 + 4,00	1 + 10,00	201 + 10,00
Estaca atual	150 + 2,00	460 + 2,75	101 + 6,00	150 + 2,00	460 + 2,75	15 + 6,00	15 + 6,00
Extensão executada (m)	2994,05	6220,55	2026,00	3402,00	2798,75	276	3724,00
Situação atual	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído	Concluído

Quadro 2- Resumo da execução das frentes de escavação.



Figura 6: Planta esquemática com as frentes de escavação - Túnel Cuncas I

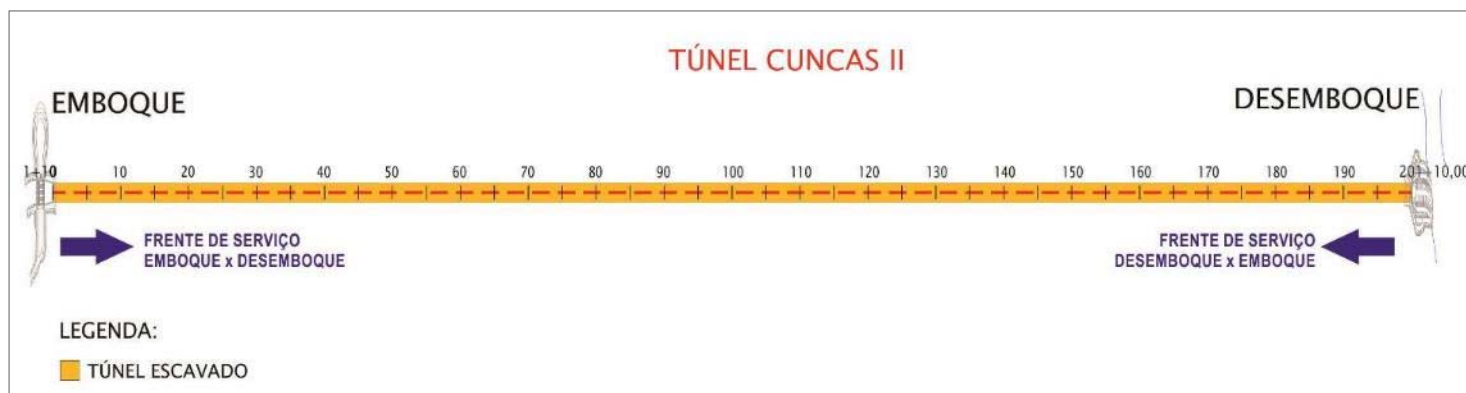


Figura 7: Planta esquemática com as frentes de escavação - Túnel Cuncas II

5.1 Cuncas I – Emboque

A escavação do novo emboque foi iniciada no dia 22/11/2012, na estaca 0 + 7,96m e concluída no dia 29/10/2014 na estaca 150+2,00 m, resultando 2994,05 metros de túnel escavado.

5.2 Cuncas I – Desemboque

As escavações foram iniciadas no dia 16/09/2010 na estaca 771 + 3,30m e foram concluídas no dia 28/11/13, estaca 460+2,75m, resultando 6220,55 metros de túnel escavado.

5.3 Janela de Acesso (Cuncas I)

As escavações foram iniciadas no dia 15/10/2010 na estaca 0 + 0,0m. As mesmas foram concluídas no dia 22/01/2012 na estaca 101 + 6,0m, resultando 2026,0 metros de túnel escavado.

5.4 Cuncas I – Janela de Acesso Sentido Emboque

As escavações foram iniciadas no dia 28/02/2012 na estaca 320 + 4,0m. Essa frente de escavação teve a sua última detonação no dia 04/04/2014. Pretendeu-se melhorar as condições de trabalho até o dia 09/04/2014, mas por causa da falta de ventilação as escavações foram definitivamente paralisadas na estaca 150+2,00m, resultando 3402,00 metros de túnel escavado.

5.5 Cuncas I – Janela de Acesso Sentido Desemboque

As escavações foram iniciadas no dia 28/02/2012 na estaca 320 + 4,0m e foram concluídas no dia 28/11/13, na estaca 460+2,75m, resultando 2798,75 metros de túnel escavado.

5.6 Cuncas II – Emboque

Iniciaram-se as atividades do emboque Cuncas II no dia 17/01/2013. O encontro com a frente do desemboque (conclusão do túnel) na estaca 15 + 6,00 metros, ocorreu em 26/07/2013, resultando 276 metros de túnel escavado.

5.7 Cuncas II – Desemboque

As escavações foram iniciadas no dia 29/04/2011 na estaca 201 + 10,00m. O encontro com a frente do emboque (conclusão do túnel) na estaca 15 + 6,00 metros, ocorreu em 26/07/2013, resultando 3724 metros de túnel escavado.

6 ANDAMENTO DAS OBRAS

Estão em execução os seguintes serviços prestados pelo Consorcio Construtor:

6.1 Frentes de trabalho

6.1.1 Túnel Cuncas I

Segue abaixo descrição das atividades ocorridas no período:

Emboque Cuncas I:

- ✓ Leitura dos clinômetros, piezômetros e marcos superficiais pela *Bordeaux Instrumentação e Segurança de Barragens e Túneis*.
- ✓ Checou-se a ocorrência de fissuramento (não foram encontradas anomalias).
- ✓ Início da execução do túnel falso pela construtora Queiroz Galvão.
- ✓ Execução da estrutura de transição pela construtora Queiroz Galvão.
- ✓ Falta a execução do piso entre o emboque e a janela, porém, com a execução do túnel falso, o acesso está limitado, assim, este serviço encontra-se paralisado.

Janela sentido Emboque/Desemboque:

- ✓ Concluídas as etapas primordiais.

Frente Janela / Desemboque Cuncas I:

- ✓ Concluídas as etapas primordiais.

Frente Desemboque Cuncas I:

- ✓ Em andamento, execução das estruturas de transição pela construtora Queiroz Galvão.

6.1.2 Túnel Cuncas II

No Túnel Cuncas II, foram concluídas as aplicações de drenos tipo DHP, restando apenas os trabalhos de drenagem superficial nos espelhos das frentes Emboque e Desemboque que serão executados pela Construtora Queiroz Galvão.

Segue abaixo descrição das atividades ocorridas no período:

Frente Emboque Cuncas II:

- ✓ Em andamento, execução da transição pela construtora Queiroz Galvão.

Frente Desemboque Cuncas II:

- ✓ Em andamento, execução da transição pela construtora Queiroz Galvão.

6.2 Relatório Fotográfico das atividades do período

A seguir, documentário fotográfico das frentes de serviços com evolução das atividades desenvolvidas no Lote 14.

WBS 1410 – EMBOQUE DO TÚNEL CUNCAS I



Foto 13 – Vista do espelho do emboque – WBS 1410.



Foto 14 – Visualização do trecho de transição direita hidráulica. – WBS 1410.



Foto 15 – Visualização do trecho de transição esquerda hidráulica. – WBS 1410.



Foto 16 – Vista da armação da laje do bloco 1 do túnel falso. – WBS 1410.



Foto 17 – Detalhe do material escavado na esquerda hidráulica – WBS 1410.



Foto 18 – Vista do interior do túnel - Emboque Cuncas I- WBS 1410.



Foto 19 – Visualização da armação do 3º bloco antes da concretagem – WBS 1410.



Foto 20 – Concretagem da laje de fundo do 3º bloco do túnel falso – WBS 1410.



Foto 21 – Concretagem da laje de fundo do 1º bloco do túnel falso – WBS 1410.



Foto 22 – Lajes de fundo dos Blocos 1 e 3 concretadas– WBS 1410.



Foto 23 – Túnel Cuncas I, leitura do TS-Nº2. – WBS 1410.



Foto 24 – Túnel Cuncas I, leitura do inclinômetro Nº4 – WBS 1410.



Foto 25 – Túnel Cuncas I, leitura dos marcos superficiais. – WBS 1410.



Foto 26 – Túnel Cuncas I, leitura do piezômetro. – WBS 1410.



Foto 27 – Túnel Cuncas I, leitura do inclinômetro Nº2 – WBS 1410.



Foto 28 – Túnel Cuncas I, leitura do inclinômetro Nº1 – WBS 1410.



Foto 29 – Visualização da armação do 2º bloco antes da concretagem – WBS 1410.



Foto 30 – Concretagem da laje de fundo do 2º bloco do túnel falso – WBS 1410.



Foto 31 – Conclusão das concretagens da laje de fundo do túnel falso – WBS 1410.



Foto 32 – Cura do concreto da laje de fundo do bloco 2.



Foto 33 – Início da armação das paredes do bloco 1.



Foto 34 – Início da armação das paredes do bloco 1.



Foto 35 – Armação das paredes dos blocos 1 e 3.



Foto 36 – Armação das paredes dos blocos 1 e 3.



Foto 37 – Execução da concretagem das paredes do bloco 1- Túnel Falso – Emboque Cuncas I.



Foto 38 – Execução da concretagem das paredes do bloco 3- Túnel Falso – Emboque Cuncas I.



Foto 39 – Execução da concretagem das paredes do bloco 2- Túnel Falso – Emboque Cuncas I.

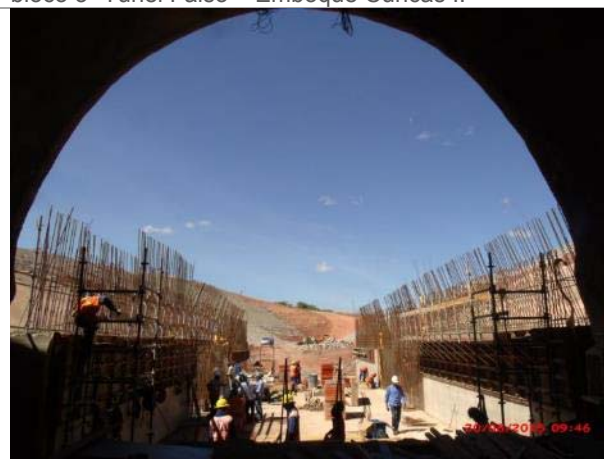


Foto 40 – Vista de dentro do túnel- Túnel Falso – Emboque Cuncas I.



Foto 41 – Vista do interior do túnel Emboque Cuncas I– WBS 1410.



Foto 42 – Vista da instalação da junta de dilatação entre os módulos das paredes



Foto 43 – Vista geral da construção do túnel falso



Foto 44 – Vista geral da construção do túnel falso



Foto 45 – Montagem da ferragem da laje de fundo da transição entre o canal WBS1235 e entrada do túnel.



Foto 46 – Montagem da ferragem dos taludes direito e esquerdo da transição entre o canal WBS1235 e entrada do túnel.



Foto 47 – Concretagem dos taludes

WBS 1420 – TÚNEL CUNCAS II



Foto 48 – Concretagem do talude lateral



Foto 49 – Concretagem do talude lateral



Foto 50 – Concluído a armação de ferragem dos taludes para concretagem



Foto 51 – Vista geral da transição



Foto 52 – Vista geral da transição



Foto 53 – Armação de ferragem do L.E. H e L.D. H do paredão da transição da estrutura de controle.



Foto 54 – Conclusão da laje, talude e muro do L.D. H da transição da estrutura de controle.

7 OCORRÊNCIAS

Entre os dias 25 e 26 do mês de agosto de 2015 foi realizada uma visita de acompanhamento técnico à obra dos túneis Cuncas II, Cuncas I.

Esta inspeção técnica teve como objetivo verificar os aspectos gerais das obras e, mais especificamente, analisar a junção entre o túnel escavado e o túnel falso, no emboque do túnel Cuncas I, bem como as junções dos túneis com as estruturas de transição nas demais frentes de serviço (desemboque Cuncas I, emboque e desemboque do túnel Cuncas II).

Participaram da visita técnica: Eng. Otílio Moura Filho (Magna Engenharia), Eng. Alcenor de Paiva Silva (Magna Engenharia), Geo. Rêmulô Dias de Souza (Magna Engenharia), e Eng. Willian Carreira (Maffei Engenharia).

No decorrer da visita foi verificado que:

- **Emboque Cuncas I**

O túnel escavado apresenta geometria irregular, normal neste tipo de obra, em função da imprecisão da escavação e execução das camadas de concreto projetado. A estrutura do túnel falso apresenta geometria bem definida. No encontro entre as duas estruturas foi necessário adotar uma solução para compatibilizá-las. Foi adotada uma junta de dilatação e camada de regularização, composta de concreto projetado e tela metálica, detalhadas no projeto do túnel falso.

No decorrer da visita técnica foram esclarecidos alguns aspectos do referido encontro, para a equipe de campo.

A obra solicitou a substituição do concreto projetado, de regularização das paredes do túnel, por concreto moldado. A substituição é possível, no entanto, deve-se controlar rigorosamente a retração térmica do concreto moldado, para não haver espaços vazios entre o revestimento do túnel e a camada de regularização. Este controle deve ser executado com: 1- camadas de concretagem delgadas, para dispersar rapidamente o calor de hidratação. 2 – utilizar aditivo retardador de pega. Um engenheiro especialista em tecnologia de concreto deve ser consultado.

Caso, mesmo com as medidas adotadas para evitar a retração do concreto moldado, ocorram espaços vazios entre o revestimento e a camada de regularização, o mesmo deve ser obturado com injeções de contato.

- **Demais frentes de serviços**

Nas demais frentes de serviços (desemboque do túnel Cuncas I e emboque e desemboque do túnel Cuncas II), no projeto executivo não foram detalhadas as regiões das juntas de dilatação entre os túneis escavados e as estruturas de transição. Foi proposto pela obra a utilização da mesma solução adotada no emboque do túnel Cuncas I.

Houve apenas uma dificuldade no desemboque do túnel Cuncas II, pois a laje do túnel já havia sido concretada, contra a estrutura de transição. Porém, nesta concretagem a aba da junta Fungenband ficou dobrada, conforme se pode observar nas fotos a seguir. A obra ficou responsável por solucionar este caso.

7.1 Fotos

7.1.1 Túnel Cuncas I – Emboque



Foto 55 – Foto geral do Emboque do túnel Cuncas I



Foto 56 – Foto geral do Emboque do túnel Cuncas I



Foto 57 – Execução da parede direita do túnel falso



Foto 58 – Execução da parede esquerda do túnel falso



Foto 59 – Detalhe da junta de dilatação entre os módulos do túnel falso



Foto 60 – Detalhe do encontro entre o túnel escavado e o túnel falso

7.1.2 Túnel Cuncas I – Desemboque



Foto 61 – Foto geral do Desemboque do túnel Cuncas I



Foto 62 – Lateral esquerda da estrutura de transição



Foto 63 – Lateral direita da estrutura de transição



Foto 64 – Detalhe do encontro entre o túnel escavado e a estrutura de transição

7.1.3 Túnel Cuncas II – Emboque



Foto 65 – Foto geral do Emboque do túnel Cuncas II



Foto 66 – Foto geral do Emboque do túnel Cuncas II



Foto 67 – Detalhe do encontro entre o túnel escavado e a estrutura de transição

7.1.4 Túnel Cuncas II – Desemboque



Foto 68 – Foto geral do Desemboque do túnel Cuncas II



Foto 69 – Foto geral do Desemboque do túnel Cuncas II



Foto 70 – Detalhe da junta Fungenband dobrada



Foto 71 – Detalhe da junta Fungenband dobrada

8 INSTRUMENTAÇÃO

Com base no projeto de instrumentação (1220-DES-1410-50-80-002), para o monitoramento das deformações na estrutura do túnel com a execução da escavação, foram adotadas seções de convergência constituídas de 6 pinos (6 cordas). As seções foram instaladas a cada 25m nos trechos iniciais (~175m), dos emboques e desemboques e a cada 200m, ou quando necessários nos demais trechos.

No decorrer da escavação dos túneis os resultados da instrumentação encontravam-se dentro do esperado. Com exceção dos casos relatados no item 4.

Com a conclusão das escavações dos túneis, os instrumentos apresentavam tendência de estabilização e não foi identificado indícios de formações de mecanismos de ruptura no revestimento dos túneis, como: fissuras, trincas, deslocamentos excessivos.

Após a conclusão das escavações, os túneis Cuncas I e Cuncas II foram utilizados para transporte de material utilizado na construção dos segmentos de canais no Lote 06 e barragens no Lote 07. Esse transporte foi executado através de caminhões pesados. Com o tráfego intenso de caminhões, foi identificado o surgimento de depressões no piso.

Em função do surgimento de depressões no piso, desde o final do mês de julho de 2014 foi solicitada a aplicação de novas seções de pinos de convergência no túnel Cuncas II para o monitoramento entre as estacas 147+0,00 e 151+10,00, local onde se teve problemas geomecânicos para avanço do túnel, por se tratar de uma zona cataclásada com classificação geomecânica classe IV baixa.

Após um período de acompanhamento não foi observado anomalias, por isto se deixou de fazer este acompanhamento.

A responsabilidade por realizar a instrumentação (execução e leitura) estaria a cargo do Consórcio Construtor do Lote 14 (CCL14). A Moretti Engenharia, empresa contratada pelo Consórcio Construtor CCL -14, teve seu contrato de prestação de serviço encerrado em dezembro de 2014, o que ocasionou a ausência das leituras das instrumentações implantadas nos Túneis Cuncas I e Cuncas II.

O túnel continua com comportamento estável. Inspeções visuais são realizadas frequentemente para identificação de patologias.

No mês de maio de 2015 foram retomadas as leituras da instrumentação no emboque do túnel Cuncas I. Nesta nova etapa, a empresa Bourdeaux é responsável pelas leituras dos instrumentos. As leituras destes instrumentos são necessárias, pois as contenções dos taludes do emboque são provisórias. Assim, as leituras devem seguir até a execução das contenções definitivas.

8.1 Resultados de instrumentação

Neste item serão apresentadas as locações da instrumentação e seus resultados no mês de Julho de 2015, que foram realizados pela empresa Bourdeaux no emboque do túnel Cuncas I.

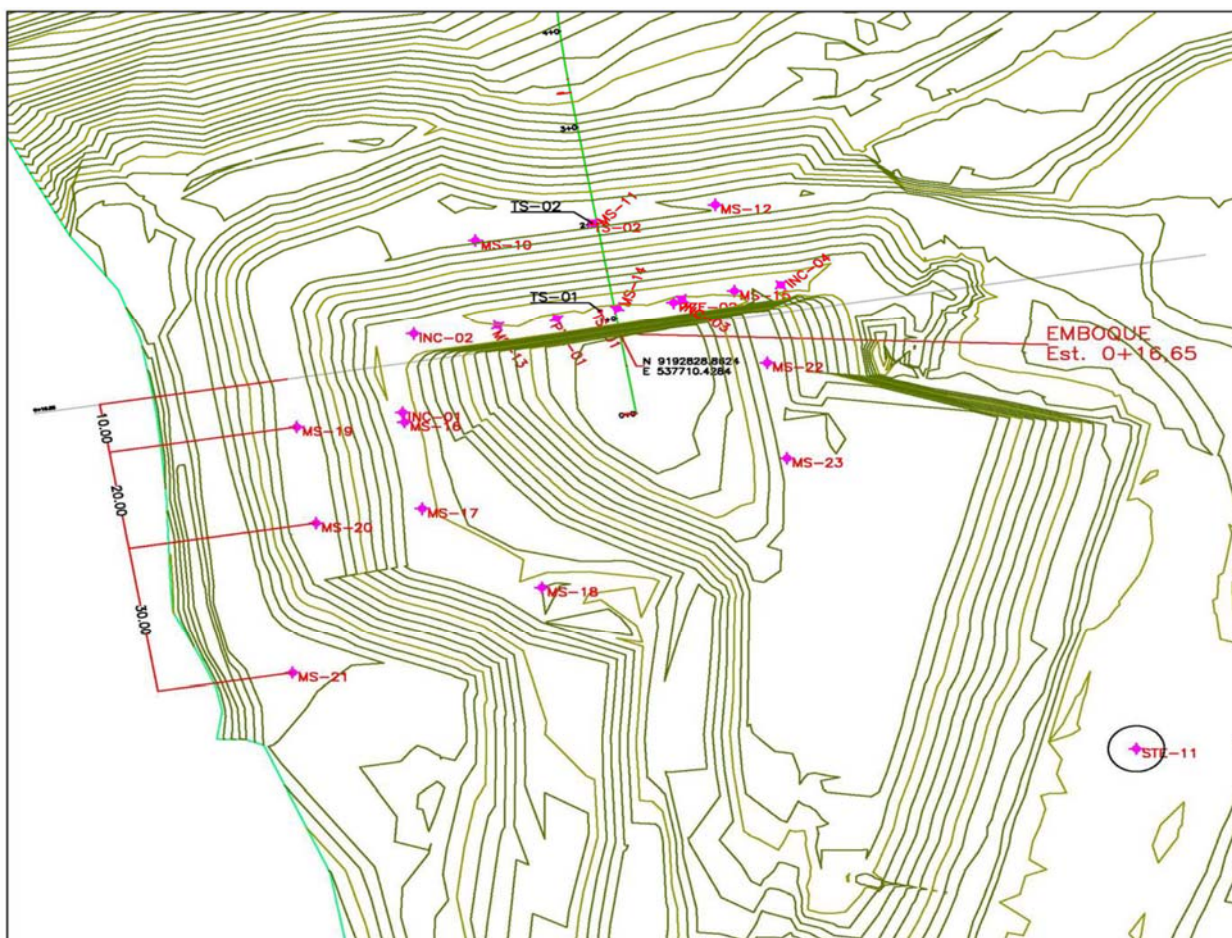


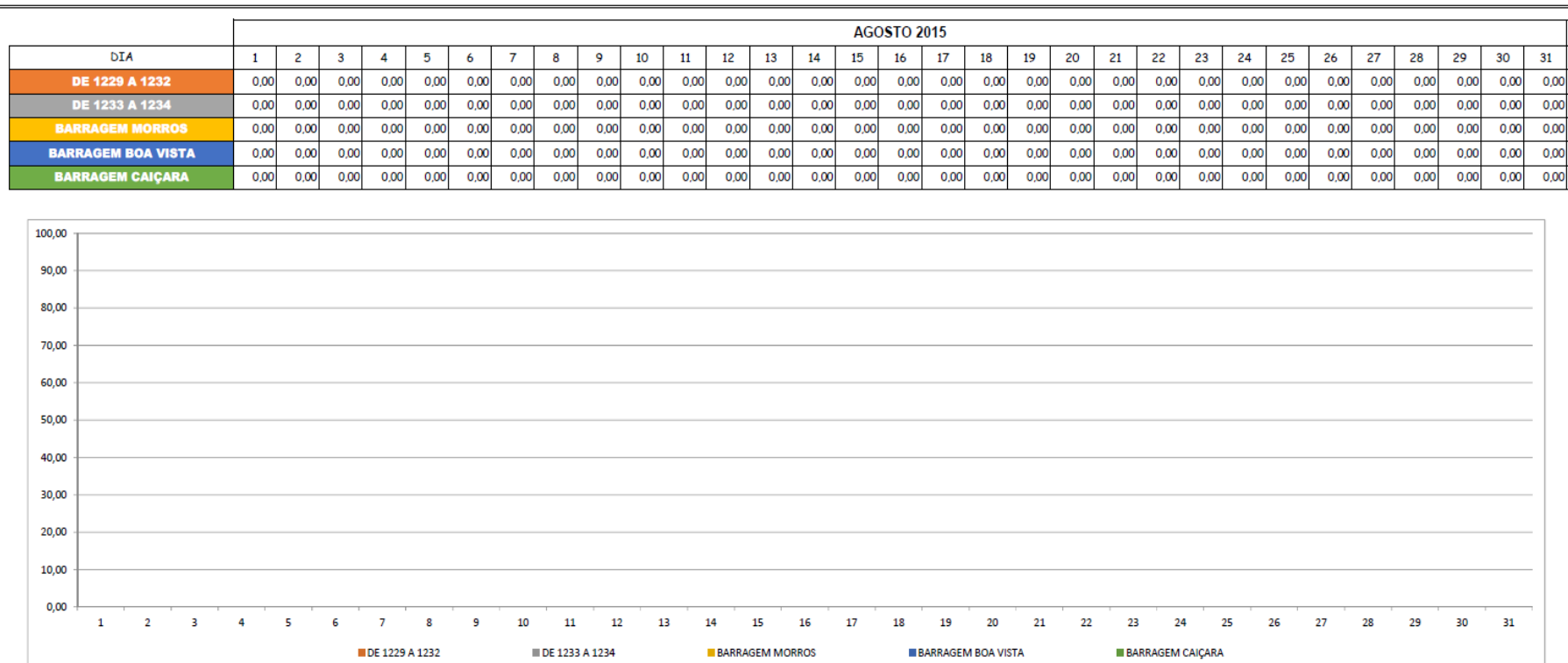
Figura 8 Locação das instrumentações.

8.1.1 Controle Pluviométrico

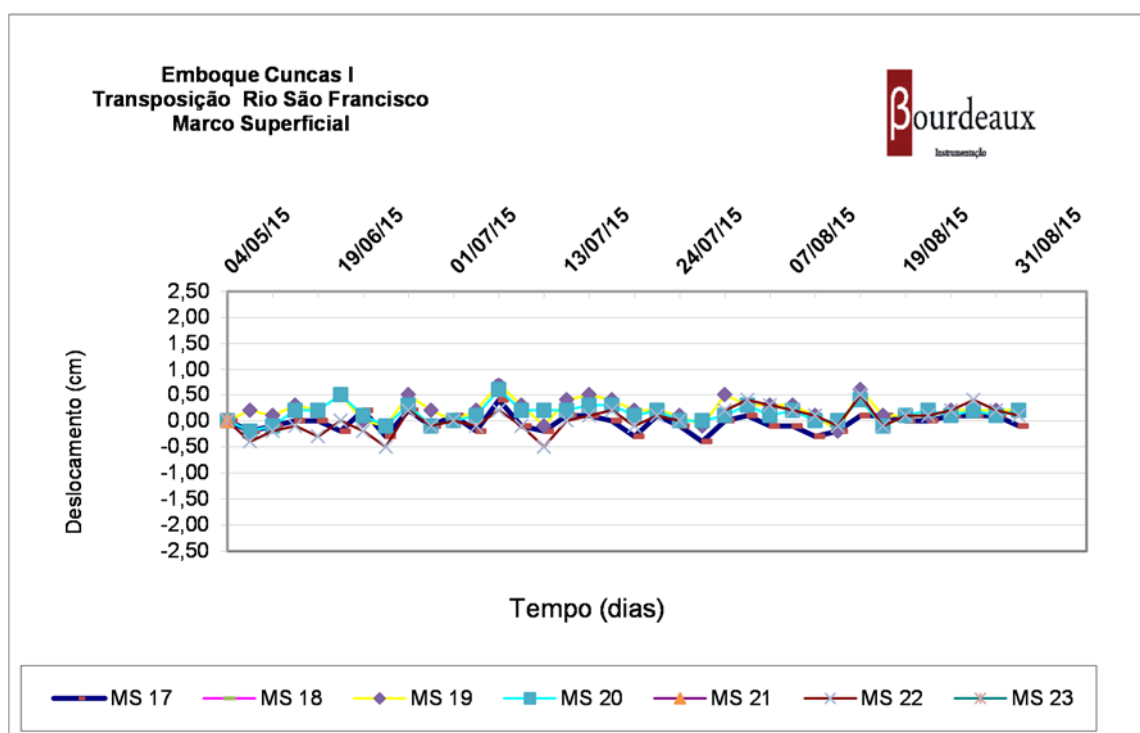
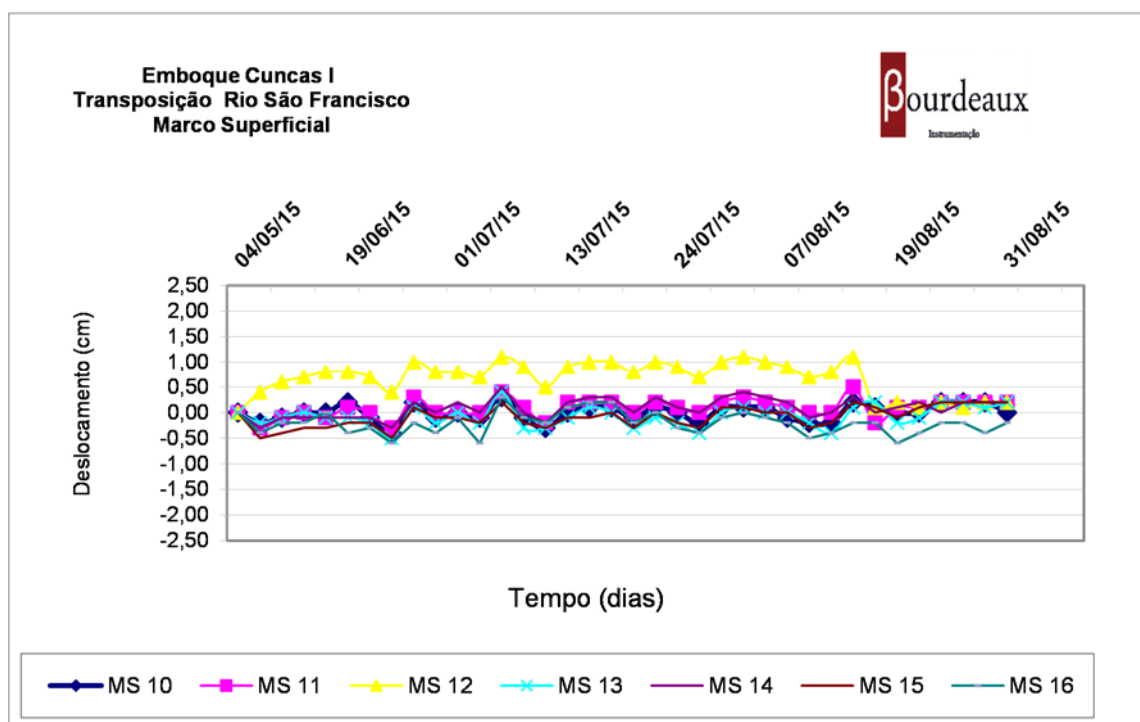
As leituras pluviométricas deste período foram coletadas e realizadas pela Construtora Queiroz Galvão detentora do contrato das obras dos lotes 06 e 07, os dados estão informados no quadro a seguir.

Quadro 8.1: Precipitação pluviométrica

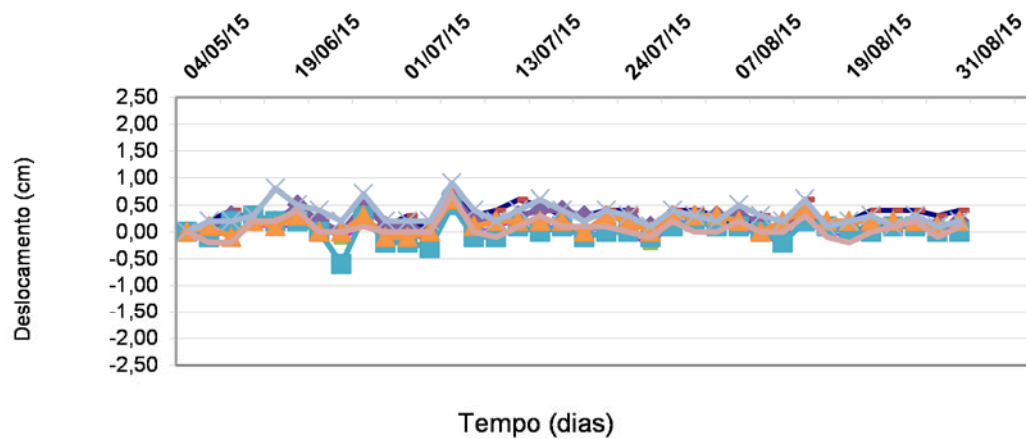
GRÁFICO DE INCIDÊNCIA DE CHUVA



8.1.2 Marcos superficiais

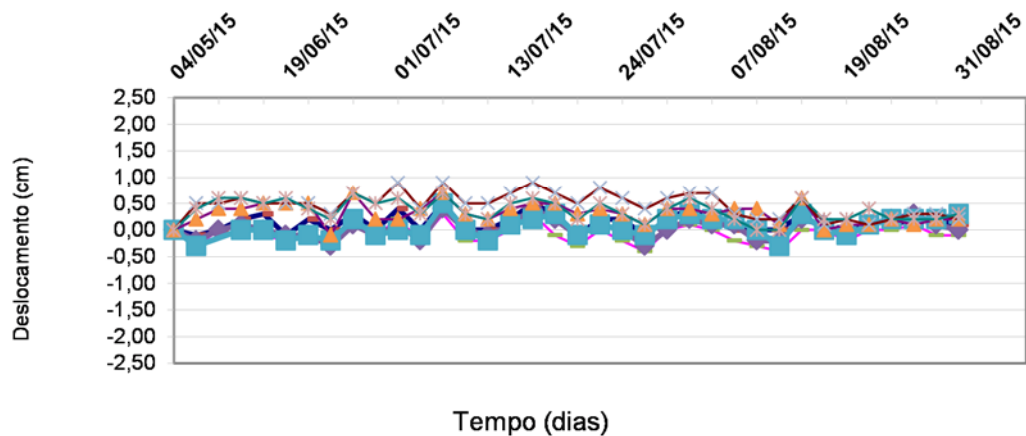


Emboque Cuncas I
Transposição Rio São Francisco
Marco Superficial



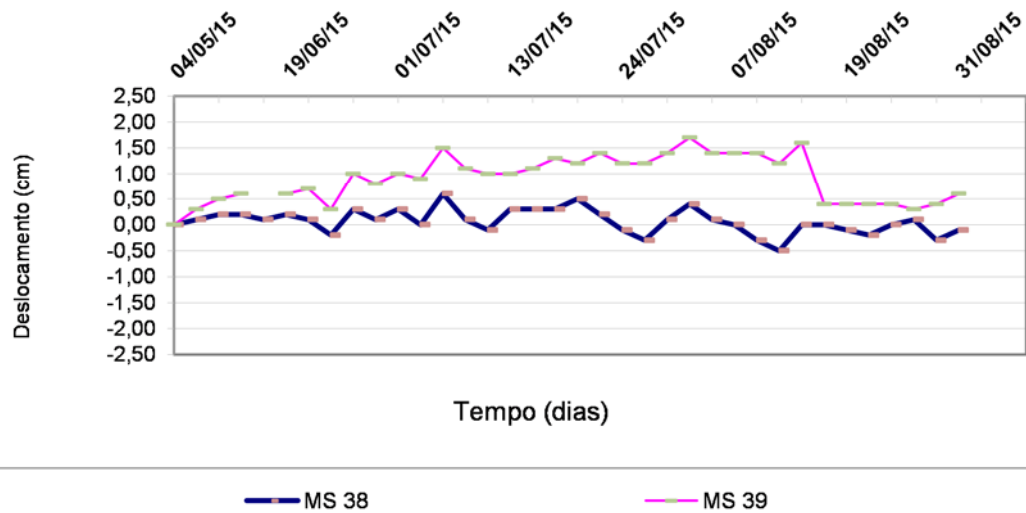
MS 24 MS 25 MS 26 MS 27 MS 28 MS 29 MS 30

Emboque Cuncas I
Transposição Rio São Francisco
Marco Superficial

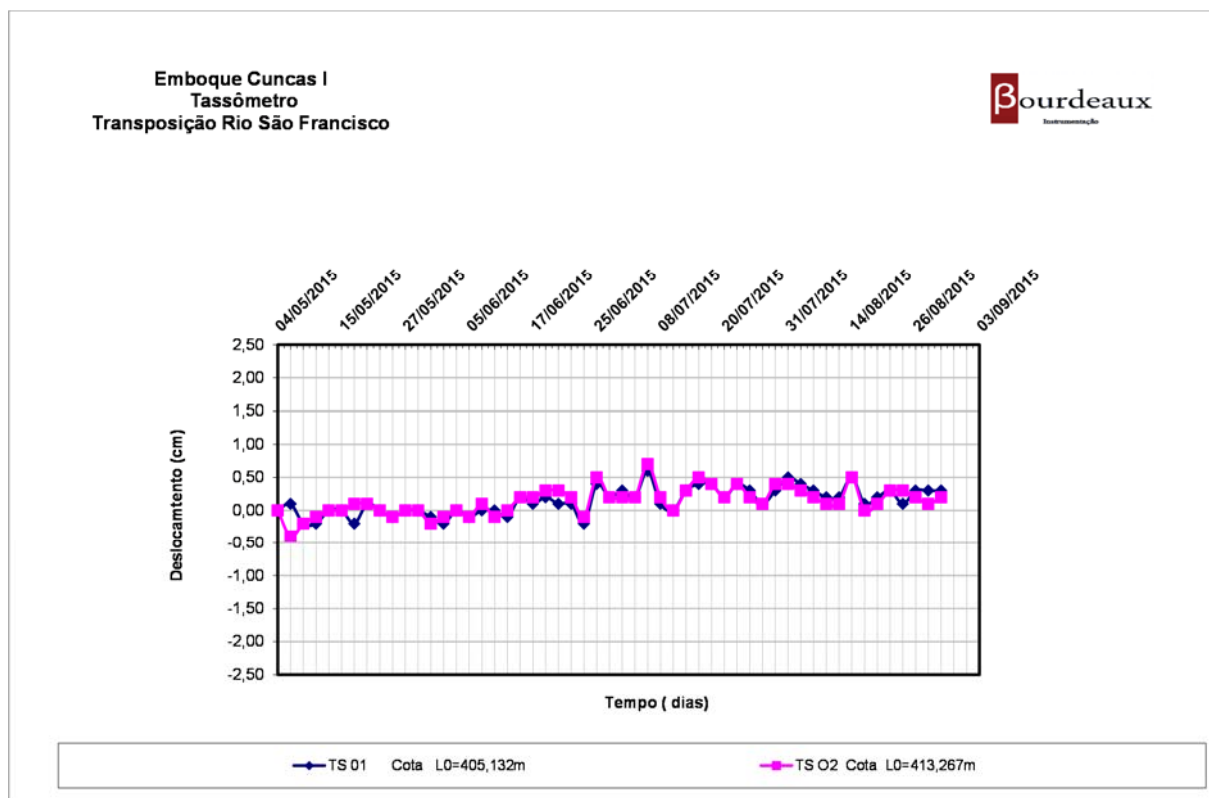


MS 31 MS 32 MS 33 MS 34 MS 35 MS 36 MS 37

Emboque Cuncas I
Transposição Rio São Francisco
Marco Superficial

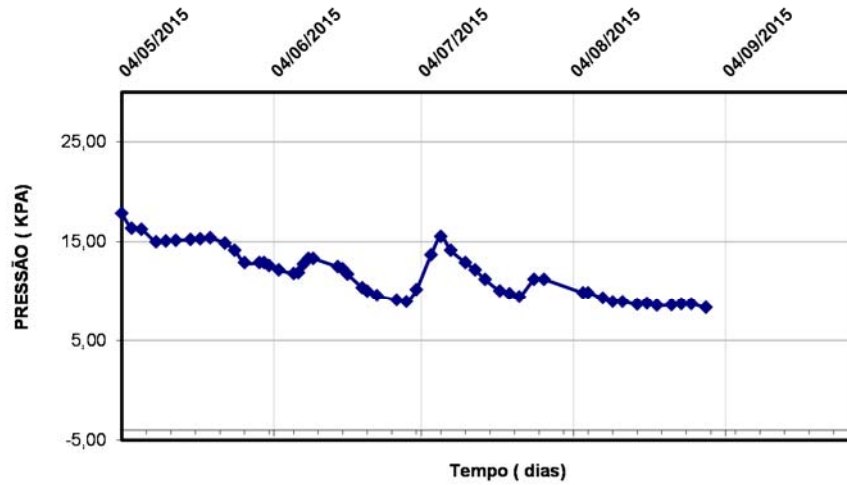


8.1.3 Tassômetros



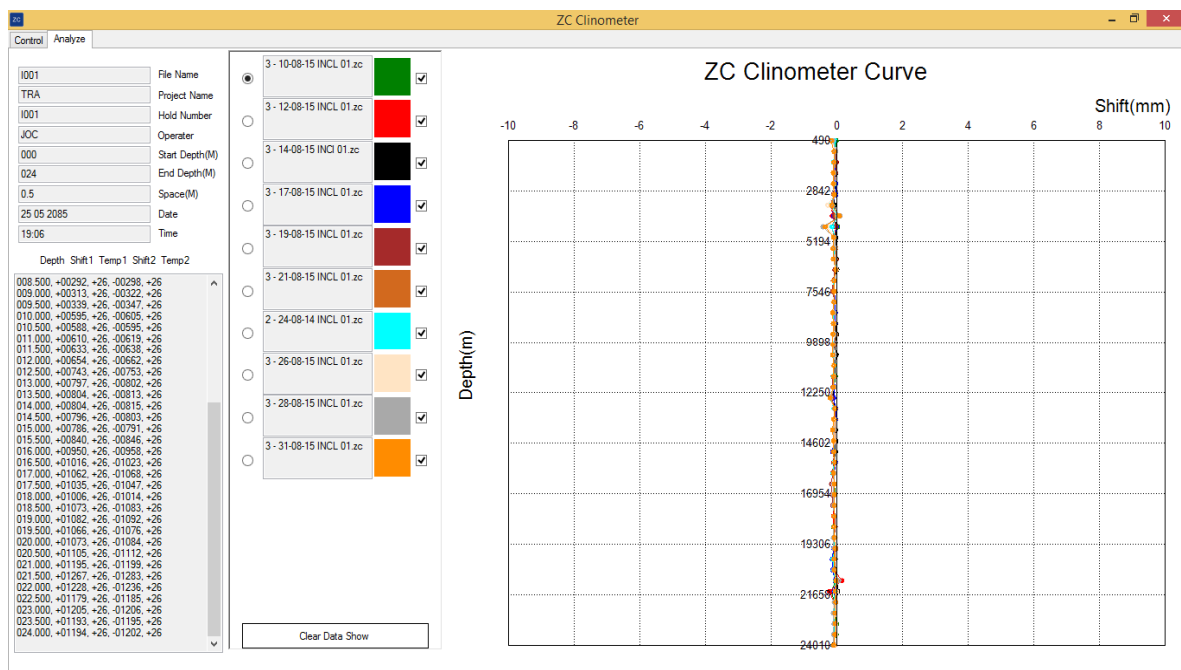
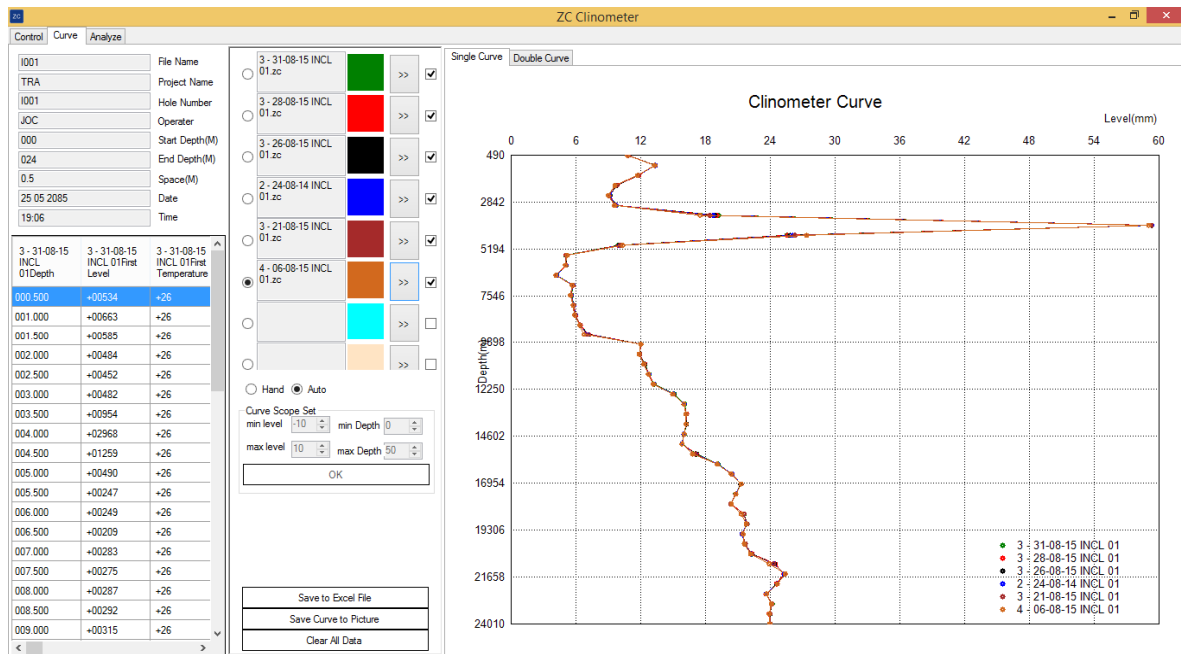
8.1.4 Piezômetro

**EMBOQUE CUNCAS I
PIEZÔMETRO DE TUBO ABERTO
TRANSPOSIÇÃO SÃO FRANCISCO**

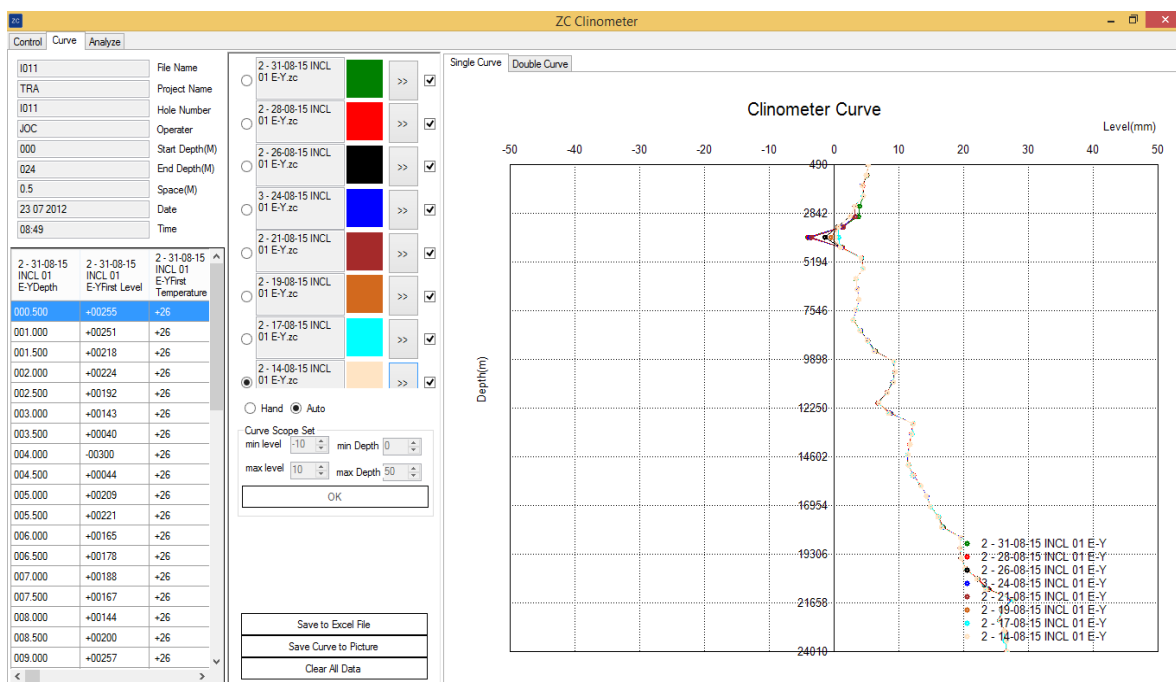
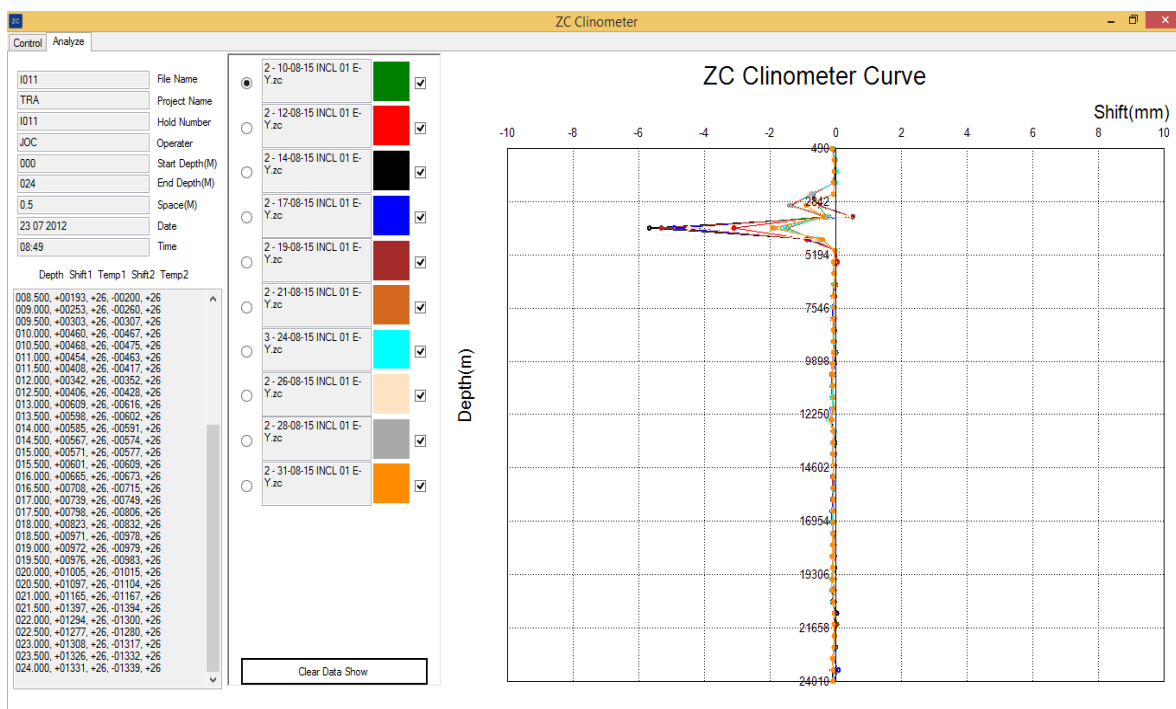


— P.Z-01 Cota : 404,984m

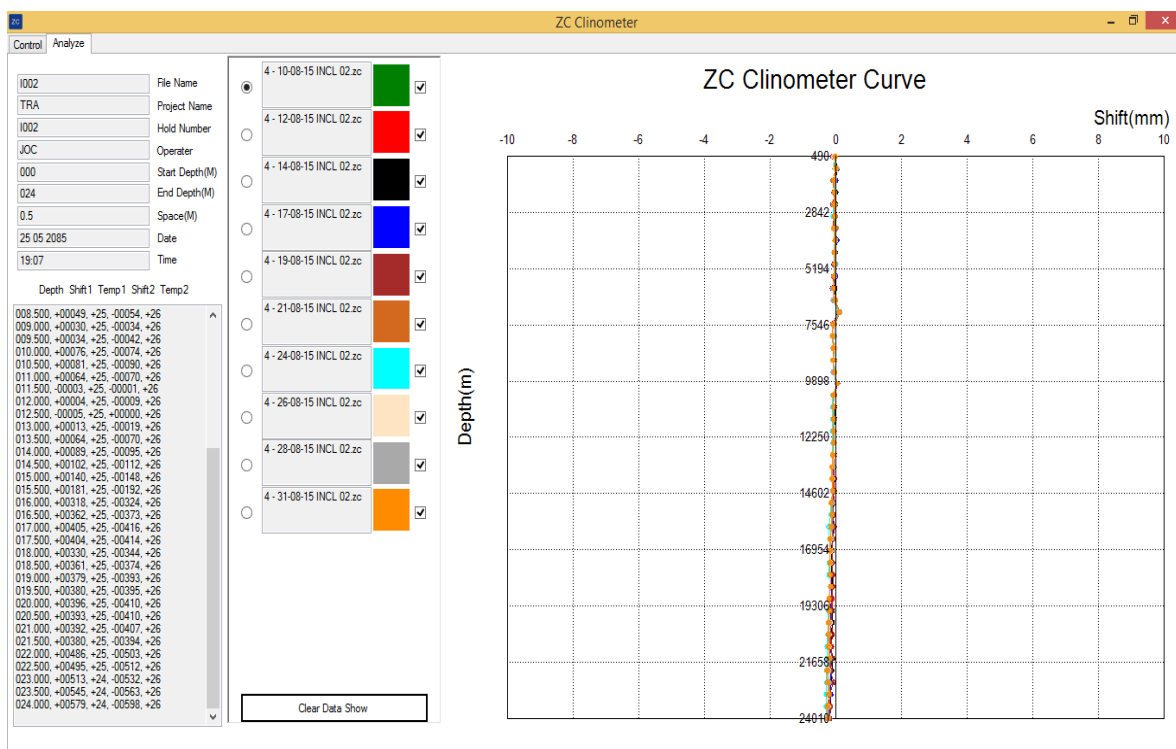
8.1.5 Inclinômetros



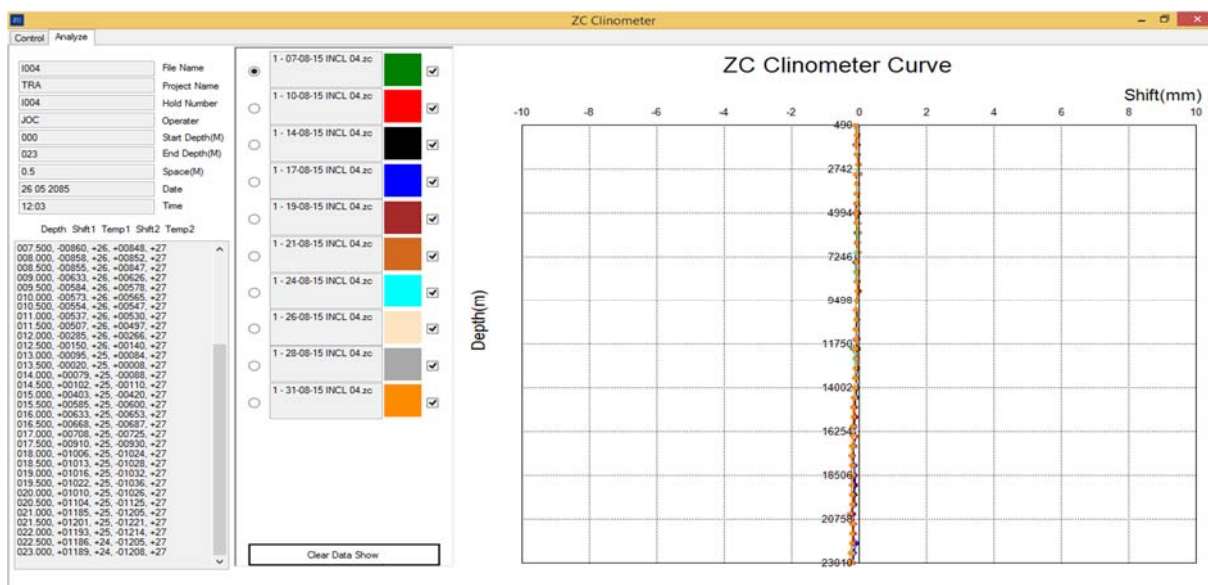
Inclinômetro 1 - Eixo X



Inclinômetro 1 - Eixo Y



Inclinômetro 2- Eixo X



Inclinômetro 4 – Eixo X

8.2 Análise dos resultados de instrumentação

Através das análises elaboradas neste período, verifica-se que com os resultados da instrumentação apresentados nos gráficos do item 8.1 deste relatório, indicam que:

8.2.1 Cuncas I – Emboque

- Os tassômetros não apresentam deslocamentos significativos no período de análise deste relatório.
- Os inclinômetros não apresentam variações significativas no período analisado. Apenas o inclinômetro 1, eixo Y (paralelo ao eixo do túnel), apresentou pequena variação decorrente no início das escavações do talude do canal, nesta região.
- O piezômetro se apresentou praticamente estável ao longo do mês, com leve tendência de queda, pressão de 8,32kPa (0,83tf/m²).
- Os Marcos Superficiais não apresentaram variação significativa no período analisado. O MS-18,21 e 23 encontram-se danificados.
- Não foram realizadas leituras nas seções internas do túnel no período de análise deste relatório.

8.2.2 Cuncas I – Desemboque

Em função da conclusão das escavações e estabilidade dos deslocamentos não foi executada leituras nos instrumentos, neste período.

8.2.3 Cuncas I – Janela sentido Emboque

Em função da conclusão das escavações e estabilidade dos deslocamentos não foi executada leituras nos instrumentos, neste período.

8.2.4 Cuncas I – Janela sentido Desemboque

Em função da conclusão das escavações e estabilidade dos deslocamentos não foi executada leituras nos instrumentos, neste período.

8.2.5 Cuncas II – Emboque/Desemboque

Não foram realizadas leituras nas seções internas do túnel no período de análise deste relatório.

9 CONTROLE TECNOLÓGICO DE CONCRETO

Os ensaios realizados pela CQG para as obras de transições, Galeria do Túnel e Estruturas de Controle serão incluídos em relatório único para o contrato que faz referência aos lotes 06 e 07 e serão apresentados no Relatório de Controle Tecnológico – R3.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No mês de Agosto a BETON empresa contratada pelo Consórcio Construtor do Lote 14 desmobilizou-se da obra.

Os ensaios de campo e laboratório para as obras de transição entre os túneis e dos serviços pendentes no interior do túnel está a cargo da construtora Queiroz Galvão.

Os ensaios serão supervisionados pela Magna Engenharia, sendo, portanto, considerados satisfatórios e consequentemente atende às exigências do Projeto Executivo.

A partir do mês de maio de 2015 foram realizadas novas leituras de instrumentação pela empresa Bourdeaux no emboque do túnel Cuncas I. Não foram verificadas anomalias no período deste relatório. As leituras destes instrumentos são necessárias, pois as contenções dos taludes do emboque são provisórias. Assim, as leituras devem seguir até a conclusão da execução das contenções definitivas.

O preenchimento do túnel rompido (emboque do Cuncas I) é essencial para evitar acidentes causados por eventual instabilização do maciço. A segurança do entorno e, mais especificamente, dos usuários da estrada de acesso nesta região, depende deste procedimento.

É importante que a área sobre os escombros do túnel rompido permaneça isolada até a conclusão do preenchimento. A execução da nova via, contemplada no projeto da estrutura definitiva do emboque, na região do túnel rompido só deve ser iniciada após a conclusão do preenchimento do túnel.

A estabilidade dos taludes remanescentes do emboque antigo deve ser avaliada.