

Verificação do Desempenho de Chumbadores Realizados com Injeção de Bainha

Rodrigo Rogerio Cerqueira da Silva

Universidade Nove de Julho, São Paulo, Brasil, rodrigorogerio@uninove.br

Geise Aparecida Pereira

Universidade Santa Rita, São Paulo, Brasil, eng.geisepereira@gmail.com

RESUMO: A técnica de estabilização de encostas por meio do soil nailing, vem tornando-se no meio geotécnico sinônimo de contribuição comercial através da injeção de fases, generalizando este tipo de metodologia para todas estratigrafias de solos, visando nas propostas comerciais a medição do volume de calda para cada fase de injeção. O escopo do presente trabalho é apresentar a solução adequada para estabilização de encostas, através da arte da técnica do solo grampeado, demonstrando que a injeção através da bainha deste elemento é fundamental para sua fixação, e no tratamento para reduzir as infiltrações através das feições geológicas de baixas permeabilidades, quando executados em solos coesivos. Avaliando-se que para cada tipo de solo e para cada tipo de trabalho a ser efetuado existe um limite de injetabilidade, sendo que o melhor limite deverá ser compatível com as resistências mecânicas do solo ao qual o chumbador será executado. Para verificação do desempenho deste sistema de contenção em solos coesivos, foram realizados ensaios de arrancamento em chumbadores injetados com diferentes fases, apresentando os resultados que demonstram o seu comportamento no maciço.

PALAVRAS-CHAVE: Solo grampeado, injeção de bainha, ensaio de arrancamento.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, observamos um interesse maior pela classe geotécnica visando a utilização de chumbadores com fases de injeção, generalizando este tipo de metodologia para todas as estratigrafias de solos.

A concepção de chumbadores na última década vem se distanciando da técnica desenvolvida pelo professor Landislau Von Rabcewicz, a partir de 1945, através do sistema rápido de contenção para execução de suportes de galerias e túneis denominado NATM (“*New Austrian Tunneling Method*”), aplicada na engenharia de minas onde barras de aço são inseridas no maciço por perfuração com posterior injeção de calda de cimento.

A técnica busca formar um maciço estável de contenção, semelhante a um muro de gravidade, quando as nervuras são executadas inclinadas

aumentam a resistência ao cisalhamento do solo através de seu trabalho de tração.

Esta técnica vem recebendo a prática comum independente do tipo de solo, a padronização da instalação próxima às barras de aço, de um tubo todo mancheteado ou três tubos de injeção com manchetes setorizadas, perdidos de polietileno ou similar, com diâmetros de 8 a 15 mm, providos de válvulas manchete a cada 50 cm, em até 1,5 m da boca do furo. Com isso o solo grampeado que tem como contribuição geotécnica: seu baixo custo, versatilidade de adaptação a geometrias variadas e alta velocidade de execução e aplicação, passou a ter contribuição comercial com alto custo devido ao maior tempo de execução e consumo excessivo de volume de calda para cada fase de injeção.

Desta forma para taludes ou escavações íngremes com solo de baixa permeabilidade, a

aplicação de chumbadores será mais econômica desconsiderando a necessidade de reinjeção, observada através do seu comportamento mecânico, contribuindo com uma interação físico-química entre chumbador e solo, devido a injeção de fixação da barra de aço no furo obter maior trabalho por atrito e adesão.

Considerando-se a experiência do executor, o acompanhamento da execução e a análise das instrumentações, elementos condicionantes na definição do projeto para injeção ou não de fases.

2 INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS ATRAVÉS DO CONTROLE DE INJEÇÃO

2.1 Característica da calda de cimento

As caldas comumente usadas para execução de chumbadores são constituídas basicamente de cimento e água, onde eventualmente para melhorar as suas características de estabilidade e injeção, pode-se adicionar algum tipo de aditivo (acelerador ou retardador) em função das condições climáticas. Esses aditivos devem ser utilizados após a realização de ensaios que comprovem a sua melhoria na qualidade da calda, não devendo conter substâncias agressivas (fluidificantes, redutor de água, retardadores e expensor) ao aço o principal elemento dos chumbadores.

Ensaio realizado por SILVA (2011) demonstram que as caldas de cimento podem variar sua resistência ligeiramente em decorrência das diversas marcas de cimento e tipos de aditivos. A principal condicionante que afeta as propriedades das injeções é a relação A/C (água/cimento), pois o excesso de água causa exsudação a qual reduz a resistência, aumenta a retração, porosidade e diminui a durabilidade dos chumbadores. Sendo assim, diversos aspectos devem ser considerados para preparação e estabelecimento dos traços das caldas, como: o fator A/C, vida útil, exsudação, expansão, resistência a compressão, materiais e dosagem. A análise do desempenho da injeção de calda de cimento pode utilizar os conceitos introduzidos por AZEVEDO et. al (1978), o qual baseia-se no comportamento geológico do

maciço, e através dos procedimentos técnicos, como: linhas de injeção, espaçamento entre os furos, pressões de injeção, tipos de calda e critério de recusa da calda de cimento. Para cada tipo de calda e para cada tipo de trabalho a ser efetuado existe um limite de injetabilidade, capacidade da calda penetrar no meio a ser injetado, sendo que a melhor deverá ser compatível com as resistências mecânicas que a calda deverá oferecer. Podemos considerar que a injetabilidade de uma calda está relacionada à fluidez, sendo que a calda mais injetável no solo será aquela que possuir a estabilidade mais elevada. Diante destas duas características reológicas da calda de cimento (injetabilidade x viscosidade) LEVIS (2006), ressalta que é possível a construção das chamadas curvas de injetabilidade, conforme a Figura 1. Esta figura mostra a relação que existe entre a injetabilidade de uma calda e a sua viscosidade de escoamento, ou seja, a velocidade que passa através de um funil padrão (Cone de Marsh) sendo a sua estabilidade definida pelo fator de sedimentação, para diferentes fatores A/C.

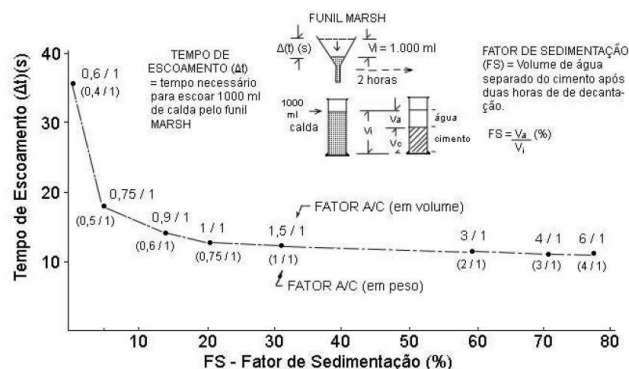


Figura 1. Curva de injetabilidade, laboratório de tecnologia de concreto de Salto Santiago, ELETROSUL.

Na execução de chumbadores dificilmente utilizam-se caldas ralas, apesar de serem mais fluidas e injetarem mais facilmente no solo, este tipo de injeção tornou-se comum após a concepção de chumbadores com fases, para poder ocasionar o rompimento da bainha e permitir as reinjeções, agregando no valor final dos serviços executados de estabilização, a cobrança nas medições da quantidade de saco de cimento injetado. Entretanto, segregam mais rapidamente devido as partículas de cimento

decantar mais rápido, tornando o produto final após a solidificação menos resistente e lixiviável. Apesar das caldas grossas serem menos fluidas e injetarem com mais dificuldade havendo maiores refluxos durante a injeção, consolidam melhor a camada de solo e dão produtos finais mais resistentes após a pega, ou seja, uma bainha de chumbador com injeção dentro dos parâmetros de qualidade geotécnica, dificilmente permitirá reinjeções.

2.1 Característica da pressão de injeção

Conforme CAMBEFORT (1964) a pressão de injeção depende da permeabilidade do terreno, abertura das fissuras, viscosidade da calda de cimento e do número de fases geram um gradiente de pressão. Este gradiente pode ser chamado de “gradiente de melhoria do solo”, ou seja, incrementos de capacidade do terreno reagirá a pressão com o transcorrer das diversas fases de injeção, em cada ponto.

Usando como base a idéia central de CAMBEFORT (1964), este fator está relacionado pelo aumento da pressão de confinamento da calda de cimento e aumento do ângulo de atrito do terreno, estimando experimentalmente em 30% o aumento do valor SPT, este crescimento do atrito lateral com a pressão de injeção foram verificados em solos com formações aluvionares, sedimentares e metamórficas, como demonstra a Figura (2).

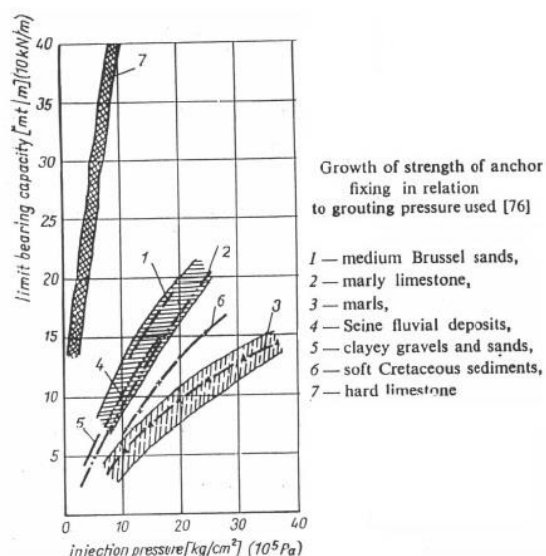


Figura 2. Pressão de injeção x atrito lateral em solos com diferentes formações geológicas.

3 ENSAIOS DE CAMPO REALIZADOS

Um dos parâmetros mais importantes em projetos de solo grampeado é a resistência ao cisalhamento no contato solo-grampo (q_s). Porém a busca ideal pelos valores de (q_s), pode estar comprometida diminuindo sua aderência pelo contato solo-tubo de polietileno-grampo, através do aumento do número de fases de injeção.



Figura 3. Chumbadores com 4 fases de injeção, diminuindo o contato solo-grampo, comprometendo (q_s).

O valor de (q_s) está relacionado em função das propriedades do solo, chumbador e da interface solo-chumbador, obtido experimentalmente em ensaio de arrancamento.

Após um tempo mínimo de cura da calda de cimento (7 dias) da última etapa de injeção realizada, foram realizados ensaios de arrancamento em três chumbadores, ocasião em que será testado até sua carga limite, através de incrementos de cargas.

Sendo que este tipo de ensaio não segue nenhuma prescrição do tipo NBR, assim adotamos através de referências internacionais e nacionais, metodologias com o intuito de verificar o desempenho dos chumbadores através do ensaio de arrancamento para determinar a relação (Tensão x Deslocamento), solicitados por uma carga axial.

3.1 Metodologia dos ensaios

A metodologia descrita tem por objetivo apresentar os procedimentos mínimos necessários para obtenção em campo dos

parâmetros de adesão efetivos do solo grampeado, na interface solo/calda, confirmando os valores de adesão considerados durante a fase de projeto, aonde os resultados dos ensaios obtidos deverão ser confrontados com os valores de projeto para confirmação ou para indicação da necessidade de reavaliação, tomando como referência para os ensaios o US Department of Transportation Federal Highway Administration.

Para realização dos ensaios, o comprimento do trecho ancorado ($L_{b,ens}$) da bainha dos chumbadores foi de 3 metros. Os chumbadores em solos ou maciços com resistência a adesão solo/bainha “qs” superior a 150 kPa e/ou diâmetro nominal superior a 10 cm deverão ser utilizadas barras de aço especiais cuja capacidade a tração em serviço seja suficiente para a realização do ensaio ao arrancamento.

Para tanto, a capacidade a tração máxima ($T_{máx, barra}$) deverá atender a equação a seguir:

$$T_{máx, barra} \geq L_{b,ens} * q_s \text{ (adesão Kpa)} * \pi * D_b \text{ (Ø da bainha m)} * 1,5 \text{ (m)} \quad (1)$$

A força de ensaio teórica deve levar em consideração a força admissível teórica que é dada por:

$$F_{ens}: L_{b,ens} * q_s * \pi * D_b \quad (2)$$

$L_{b,ens}$: Comprimento do trecho ancorado efetivo, medido na execução dos chumbadores a serem ensaiados. O comprimento previsto de 3m não deverá variar mais do que 10% ($2.70 \text{ m} \leq L_{b,ens} \leq 3.30 \text{ m}$).

A montagem do ensaio deve garantir um comprimento livre mínimo de 1 metro na extremidade de aplicação da força de ensaio, garantido também um afastamento mínimo da extremidade da bainha à placa de reação de 20 cm.

A resistência ao cisalhamento de adesão (q_s) é calculada dividindo-se a força máxima ($F_{ens,máx}$) pela área teórica de superfície da bainha do chumbador ensaiado.

$$q_s: F_{ens,máx} / A_b \text{ (área da bainha)} = F_{ens,máx} / (\pi * D_b) * L_{b,ens} \quad (3)$$

$F_{ens,máx}$: força máxima aplicada ao final do ensaio.

D_b : diâmetro teórico da bainha.

3.1 Plano de carga de ensaio

O carregamento dos chumbadores durante os ensaios foram realizados por incrementos pré-determinados até a ruptura ou 1,5 vezes a força de ensaio (F_{ens}).

Tabela 1. Plano de carga do ensaio

Carga	Intervalo de tempo (minutos)
0,025 F_{ens} (alinhamento)	1
0,125 F_{ens}	10
0,250 F_{ens}	10
0,375 F_{ens}	10
0,500 F_{ens}	10
0,625 F_{ens}	10
0,750 F_{ens} (teste de fluência)	60
0,875 F_{ens}	10
1,000 F_{ens}	10
1,250 F_{ens}	10
1,500 F_{ens} ou ruptura = $F_{ens,máx}$	10
0,025 F_{ens} (alinhamento)	1

O ensaio de fluência é realizado para uma carga constante e pré-determinada com registro de deslocamentos em uma série de intervalos de tempo. A curva de deslocamento e função do tempo é construída em escala logarítmica e comparada de acordo com os critérios de aceitação. O ensaio de fluência deverá ser realizado durante o ensaio de qualificação na carga de 0,75 F_{ens} , os deslocamentos devem ser registrado da seguinte forma: nos tempos 1 minuto, 2, 3, 5, 6, 10, 20, 30, 50 e 60 minutos, além da força de ensaio ser mantida constante com variação máxima de 2% através da leitura de célula de carga.

O ensaio de qualificação é considerado aprovado quando atender aos seguintes critérios: a ruptura não deverá ocorrer com carga menor do que 1,5 vezes a força de ensaio (1,5 F_{ens}), a ruptura é caracterizada pela impossibilidade de aplicar incrementos de carga sem deslizamento da bainha. Nos ensaios de fluência o deslocamento total máximo durante a aplicação da carga constante entre os minutos 6 e 60 não deve superar 2 mm. As leituras de deslocamento indicadas em gráfico com tempo

em escala logarítmica devem apresentar taxas lineares em função do tempo ou decrescentes. O deslocamento total (ΔL) medido ao final do ensaio com a aplicação da força máxima de ensaio ($F_{ens,m\acute{a}x}$) deve exceder 80% do deslocamento elástico do comprimento livre, conforme recomendações do US Department of Transportation Federal Highway Administration (2003). Este critério visa garantir que a carga aplicada nos chumbadores tenha sido transferida para o solo ao longo do trecho ancorado, ou seja:

$$\Delta L \geq \Delta L_{min}: 0,8 * F_{ens, m\acute{a}x} * LL / E * A_s \quad (4)$$

$F_{ens,m\acute{a}x}$: Força máxima de ensaio

LL: Comprimento livre

E: Módulo de Young da barra de aço

A_s : área nominal da seção da barra de aço

4 DETALHES EXECUTIVOS

4.1 Chumbador teste

Na montagem dos chumbadores, para cada ensaio foram utilizadas duas barras rosqueáveis com 6,0 m unidas através de luvas, sendo que nos últimos 3,0 m ancorados foram utilizadas mangueiras de injeção dispostas uma para bainha e duas para bainha e fase. Para evitar o contato com solo e calda de cimento, ao trecho livre de 8,0 m foi acoplado um tudo de PVC de 3 pol. vedado com massa de calafetar em sua extremidade, obstruindo assim qualquer possibilidade de contato com a calda de cimento durante a injeção (Figura 4).

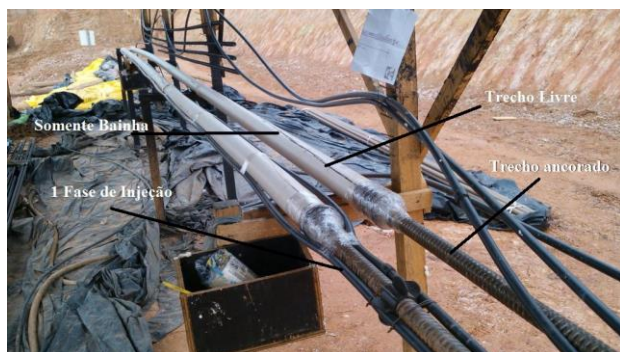


Figura 4. Detalhes da montagem dos chumbadores teste para ensaio de arrancamento.

4.2 Sistema de perfuração

Um dos grandes fatores ao desempenho dos chumbadores está relacionado ao sistema de perfuração. A prática de perfuração de forma sequencial vem se tornando cada vez mais comum nos serviços de estabilização, comprometendo a estrutura do solo através da abertura de fissuras e a comunicação com furos vizinhos. Os chumbadores testes foram realizados dentro do ciclo de produção com perfurações alternadas, com ar comprimido com pressões em torno de 10 Kgf/cm², onde após perfurados adotou-se um critério de parada para a saída de resíduos nos últimos trechos afim de evitar qualquer contato com a calda de injeção, além do controle preciso do grau de inclinação, possibilitando total preenchimento anelar da calda (Figura 5).



Figura 5. (a) Execução de chumbador teste, (b) Controle do grau de perfuração.

4.3 Sistema de injeção

Para a execução das injeções o esquema de preparo da calda de cimento foi realizado através de uma central próxima a área teste, através de misturador de alta turbulência provido de turbina, com rotação mínima de

1.700 rpm, capaz de preparar calda de cimento em quantidades suficiente para suprir a bomba injetora fornecendo a homogeneidade adequada à mistura.

O controle da calda foi realizado através do ensaio de vida útil e fluidez para cada chumbador, além de ensaios de compressão axial conforme Tabela 2. O preenchimento da baina foram realizados de forma ascendente, com calda de cimento fator a/c 0,5 e após o período de 12 horas concluíram as reinjeções através de tubo de injeção perdido, anotando-se a pressão máxima de injeção e o volume de calda absorvida.

Tabela 2. Resistência a compressão de calda de cimento

Ensaio calda de cimento					
Injeção Kg			CP 28 dias	Resistência bainha (MPa)	Resistência 1ª fase (MPa)
Ensaio	Bainha	1ª Fase			
E1	185	45	1	28,8	25,9
			2	28,5	25,8
E2	249	0	3	28,6	28,9
			4	25,6	27,9
E3	200	63	5	27,1	28,4
			6	28,8	26,5

As pressões de reinjeção máximas da ordem de 10 kgf/cm² foram controladas através de dois estabilizadores de pressão, um ligado a bomba de injeção e outro próximo aos chumbadores, para verificar de forma eficiente as leituras. Porém os tubos de reinjeções de 15 mm de polietileno não aguentam pressões superiores a 6 kgf/cm², conforme especificação dos fabricantes, inviabilizando assim a abertura de todas as manchetes posicionadas ao longo da tubulação.



Figura 6. (a) Controle da pressão de injeção, (b) Pressão máxima 10 Kgf/cm².

4.4 Concreto projetado

Na face do talude teste foi executado concreto projetado via úmida, sobre duas camadas de tela em duas etapas, realizando um cobrimento mínimo de 5 cm a cada aplicação, com espessura final de 15 cm, em uma área de 5,00 x 3,5 m, para cada chumbador teste.

Durante a aplicação foram moldadas placas para verificação da resistência a compressão axial (Figura 7), para garantir que a placa de reação na face do projetado permitisse a distribuição de incrementos de carga durante o ensaio. Durante a projeção foram utilizados aditivos a base de acelerador de pega com dosagem de 2,37 kg/m³ e plastificante em 2,58 kg/m³, atingindo valores maiores do que o especificado em projeto de 35 MPa, conforme Tabela 3.



Figura 7. Moldagem de placa de concreto projetado para verificação de resistência axial.

Tabela 3. Resistência a compressão e concreto projetado

Ensaio Placa de concreto projetado					
Abatimento (mm)	Idade (dias)	Ø (mm)	CP dias	Resistência (MPa)	Resistência Média (MPa)
250	1	100	1	36,7	43,6
	1	100	2	34,0	
	3	100	3	42,1	
	3	100	4	42,5	
	7	100	5	53,6	
	7	100	6	52,7	

5 ENSAIO DE ARRANCAMENTO

Na realização dos ensaios de tração em chumbadores ancorados no terreno, tendo como base as diretrizes apontadas na metodologia conforme citado no item 3, mediante o procedimento de inspeção visual preliminar,

realizado nas interfaces chumbador/muro, previamente ao início dos ensaios visando detectar eventuais anomalias e/ou dados relevantes. A execução de carregamentos com a utilização de conjunto hidráulico devidamente calibrado, durante a realização dos ensaios foram realizadas observações visuais, objetivando-se a detecção e caracterização de eventuais danos e outros dados relevantes, monitorados com a utilização de relógios comparadores, com precisão de leitura igual a 0,01 mm (Figura 10). As Tabelas 4 e 5 demonstram todas as características dos chumbadores para os testes e dados calculados.

Tabela 4: Dados do Chumbador ensaiado e Parâmetros Calculados

- Comprimento ancorado da bainha (Lb,ens)	: 3,00	m
- Comprimento livre (LL)	: 8,00	m
- Resistência de adesão da bainha (qs)	: 70	kPa
- Diâmetro teórico da bainha (Db)	: 0,100	m
- Especificação da barra	: monobarra TOR 23B	
- Módulo de elasticidade da barra (E)	: 21.000	kgf/mm ²
- Área nominal da seção da barra de aço (As)	: 791	mm ²

Tabela 5: Parâmetros Calculados

$F_{ens} = L_{b,ens} \times q_s \times \pi \times D_b$	→	F_{ens} = 6.597 kgf
$F_{ens,m\acute{a}x} = 1,5 \times F_{ens}$	→	F_{ens,m\acute{a}x} = 9.896 kgf
$\Delta L_{m\acute{a}x} = 0,8 \times F_{ens,m\acute{a}x} \times \frac{LL}{E \times A_s}$	→	ΔL_{m\acute{a}x} = 3,81 mm



Figura 8. (a) vista geral do ensaio de arrancamento.

5.1 Resultados obtidos

Abaixo seguem os gráficos, com os dados de deslocamento dos chumbadores E1, E2 e E3 ensaiados.

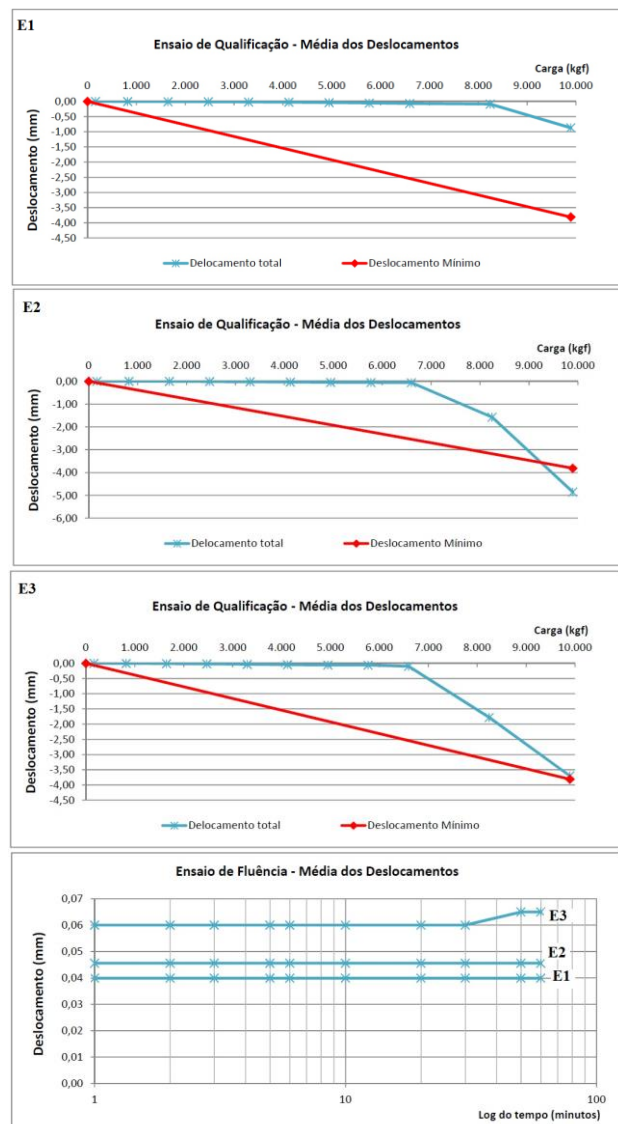


Figura 9. Gráfico deslocamento x carga dos chumbadores ensaiados e ensaio de fluência constando a média dos deslocamentos E1, E2 e E3.

6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O ENSAIO

Os chumbadores E1, E2 e E3 ensaiados com base na metodologia para ensaio de arrancamento citada no item 3 obtiveram as seguintes características. Após a aplicação de 1,5 da força de ensaio, não foram constatados a ruptura dos três chumbadores, caracterizada pela possibilidade de aplicar incrementos de carga sem deslizamento da bainha. O deslocamento total (ΔL) medido ao final do ensaio E1 e E3, com a aplicação da força máxima de ensaio (F_{ens,máx}) não superaram 80% do deslocamento elástico do comprimento livre, portanto não se garante que a carga aplicada nos chumbadores tenha sido

transferida para o solo ao longo do trecho ancorado, já o chumbador E2 superou 80% do deslocamento elástico do comprimento livre, portanto provavelmente a carga aplicada tenha sido transferida para o solo ao longo do trecho ancorado.

Todos os chumbadores durante o ensaio de fluência, o deslocamento total máximo durante a aplicação da carga constante entre os minutos 6 e 60 não superaram o deslocamento de 2 mm.

Diante dos resultados apresentados, somente o chumbador E2, injetado somente com bainha, atendeu todos os critérios de aceitação descritos na metodologia de ensaio de arrancamento.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os ensaios realizados através do sistema de chumbadores ancorados em solos de baixa permeabilidade apresentaram como principal contribuição critérios básicos para estabelecer o tratamento do maciço, através da injeção em fase única “bainha”, visando manter a concepção do soil nailing uma técnica onde necessita-se de rápida execução, empregada ao se deparar com uma situação de escorregamento ou diante de estabilização de taludes.

Tratando o sistema executivo como uma técnica economicamente viável buscando o favorecimento geotécnico e não comercial, não podemos generalizar as fases de injeções para todos os tipos de solos, induzindo a injeção do maciço através da diminuição do fator a/c, para proporcionar o rompimento da bainha e possibilitar a injeção de fases, contribuindo desta maneira o aspecto financeiro na execução dos serviços, desfavorecendo a contribuição geotécnica. A melhoria da capacidade de carga através da técnica do incremento do número de injeções, esta relacionada diretamente a solos de baixa resistência como aterro, solos moles e de alta permeabilidade, contribuindo na mudança de seus parâmetros como coesão e atrito.

Acreditando-se que a divergência acima citada deve-se ao distanciamento inadequado, algumas vezes existente, entre projetistas e executores, a esta dificuldade de comunicação entre colegas que atuam na mesma obra dá-se o nome de “Abismo”.

Assim para manter a contribuição da técnica garantindo o seu baixo custo, versatilidade de adaptação à geometrias variadas, necessita-se manter as diretrizes de acordo com as características do local, o qual baseia-se no comportamento geológico do maciço, e através dos procedimentos técnicos como: linhas de injeção, espaçamento entre os furos, pressões de injeção, volumes injetados, tipos de traço de calda e critério de recusa da calda de cimento.

Considerando que alguns fatores podem ser essenciais nos valores de q_s como: as características do terreno, propriedades do grampo, método de perfuração e de limpeza do furo além características da calda de cimento.

REFERÊNCIAS

- Azevedo, A. A. et al. (1978) *Injeção de vedação em fundações basálticas de barragens de gravidade*. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, São Paulo/SP. Anais. São Paulo, 1978. v.1, p.17-33.
- Cambeftort, H. (1964). *Geotechnique de L' Ingenieur. Et reconnaissance de sols*. Paris Editions Eyrolles.
- (FHWA) *US Department of Transportation Federal Highway Administration. Geotechnical engineering circular No7 – Soil nail walls*. (2003) *Geotechnical engineering circular No7 – Soil nail walls*. 424p.
- Guimarães Filho, J. D. (1984) *Consolidação de solos por injeção: Discussão sobre uma prática bem sucedida mas que não está de acordo com as teorias clássicas existentes*. Revista Solos e Rochas, São Paulo, V. 7, p. 99-107, abril.
- Levis, S. D. (2006) *Verificação da eficácia dos sistemas de vedação e drenagem em fundações de barragem de concreto*. 195p. Dissertação (Mestrado em Mecânica das Rochas) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Silva, R. R. C. da. (2011) *Contribuição para escavação em solo aluvionar através da técnica de injeção de consolidação*. In: VI Seminário de Engenharia Geotécnica do Rio Grande do Sul - GEORS, Passo Fundo – RS.
- Silva, R. R. C. da. (2010) *Comportamento de Chumbadores ancorados em rocha, na região de Campos do Jordão*. In: COBRANSEG. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Gramado.