

## VERIFICAÇÃO DA ADESÃO EM SOLO GRAMPEADO OBTIDA ATRAVÉS DE ENSAIOS DE ARRANCAMENTO COMPARADOS COM MÉTODOS EMPÍRICOS

Rodrigo Rogério Cerqueira da Silva <sup>1</sup>; Bruno Pereira Casanova <sup>2</sup>.

**Resumo** – A técnica de estabilização de encostas por meio do solo grampeado vem tornando-se usual no meio geotécnico pelo seu baixo custo, versatilidade de adaptação à geometrias variadas, alta velocidade de execução, principalmente em situações de riscos de escorregamentos em taludes naturais. Uma das principais patologias ligadas ao solo grampeado é a sua ruptura por falta de aderência, esta técnica é avaliada em seu estado limite através da resistência ao cisalhamento desenvolvida pelo principal parâmetro geotécnico a adesão (qs) obtida através da interação solo-reforço. O principal objetivo desta pesquisa é confrontar os valores de adesão (qs) obtidos através de ensaios de arrancamento realizados *in loco* com a aplicabilidade de correlações empíricas da literatura desenvolvidas por Clouterre (1991), Ortigão (1997), Ortigão e Palmeira (1997) e Springer (2006), fornecendo base de dados para comunidade geotécnica. Os ensaios foram realizados em grampos em uma obra de infraestrutura localizada na região de Guarulhos, demonstrando que o método de Springer (2006) é mais eficiente na determinação dos parâmetros de adesão para solos coesivos.

**Abstract** – The technique of stabilization of slopes by means of stapled soil has become usual in the geotechnical environment due to its low cost, versatility of adaptation to varied geometries, high speed of execution, especially in situations of landslides in natural slopes. One of the main pathologies related to the stapled soil is its rupture due to lack of adhesion, this technique is evaluated in its limit state through the shear strength developed by the main geotechnical parameter the adhesion (qs) obtained through the soil-reinforcement interaction. The main objective of this research is to compare the adhesion values (qs) obtained through in situ pullout tests with the applicability of empirical correlations of the literature developed by Clouterre (1991), Ortigão (1997), Ortigão et al. (1997) and Springer (2006). Providing a database for geotechnical community. The tests were carried out in anchorage in an infrastructure project located in the Guarulhos region, demonstrating that the Springer (2006) method is more efficient in determining the adhesion parameters for cohesive soils.

**Palavras-Chave** – Solo grampeado; ensaio de arrancamento; injeção de calda, solos coesivos.

---

<sup>1</sup> Msc, Universidade Nove de Julho, (11) 3428-0543, rodrigorogério@uni9.pro.br

<sup>2</sup> Eng, Universidade Nove de Julho, (11) 9-4869-8879, brunopcasanova@gmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente profissionais da área de engenharia geotécnica se deparam com o fato de que não há uma norma técnica para o uso de solo grampeado indicando boas práticas de projeto e parâmetros a serem ponderados, levando a técnica a superdimensionamentos distanciando-se da técnica desenvolvida por Rabcewicz (1964), através do sistema rápido de contenção para estabilização de encostas através de barras de aço inseridas no maciço por perfuração com posterior injeção de nata de cimento. Um dos principais mecanismos que contribui para a estabilidade do maciço de solo é a resistência ao cisalhamento desenvolvida na interface solo reforço (qs), contribuindo com o desenvolvimento de tensões de tração nos grampos.

De acordo com Ortigão et al. (1995) a metodologia de execução somente através de barra de aço com injeção de bainha (preenchimento anelar entre furo e aço) permite obter parâmetros de resistência ao cisalhamento através da adesão (qs) entre solo-grampo da ordem de 100 KPa. Estudos realizados por Frazen (1998) demonstrou através de ensaios de arrancamento em grampos, que a adesão é influenciada pela tensão normal do solo atuante na superfície do terreno, ângulo de atrito do solo, interação entre solo e chumbador e o seu perímetro. Este tipo de estrutura passiva necessita de deslocamentos para que haja mobilização da resistência ao cisalhamento através da interface solo e grampo.

Segundo Ortigão (1997) e Silva e Pereira (2016), alguns fatores podem ser essências nos valores de (qs), como os parâmetros do solo, propriedades do grampo, método de perfuração, limpeza do furo, características mecânicas da calda de cimento, além de fatores ambientais como temperatura e umidade. As condições favoráveis para execução do solo grampeado de acordo com Elias et al. (2003) esta relacionada ao teor de umidade do solo, as estruturas devem ser executadas acima do lençol freático, sendo as condições favoráveis comprovadas a partir de investigação geológica-geotécnica do tipo sondagem a percussão, sendo o índice de resistência  $N_{SPT}$  um dos principais parâmetros para dimensionamento dos grampos. Solos finos e rígidos, granulares denso com coesão aparente e rochas que não apresentam plano de ruptura, são considerados favoráveis para aplicação da técnica em solo grampeado.

## 2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

O desempenho da adesão dos grampos foi analisado por meio da interpretação de boletins de sondagens SPT, revisão bibliográfica através de artigos, normas internacionais e parâmetros obtidos dos ensaios de arrancamento realizado *in loco*. Os testes foram realizados em dois grampos executados no mesmo talude e alinhamento, porém em cotas distintas, com a finalidade de verificar as diferenças da adesão (qs) devido à heterogeneidade do subsolo local.

A previsão da resistência ao arrancamento (qs) foi realizada por meio de correlações empíricas da literatura desenvolvidas por Clouterre (1991), Ortigão (1997), Ortigão e Palmeira (1997) e Springer (2006). Embora as correlações entre valores de arrancamento (qs) e as características do solo sejam ferramentas importantes principalmente para concepção inicial de projeto, os ensaios de arrancamento se constituem imprescindível para a real avaliação do atrito solo-grampo (qs) do comportamento da obra, além de demonstrar quais os métodos de previsão de resistência ao arrancamento é o mais eficiente e próximo do comportamento obtido *in loco*.

## 3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GEOTÉCNICAS

Segundo Hasui e Carneiro (1980) e Janasi e Ulbrich (1991) a compartimentação no município de Guarulhos pode ser separado em duas amplas unidades geológicas, compostos por granitoides intrusivas de idade neoproterozóica ou rochas sedimentares de idade Cenozóica da Bacia de São Paulo, com embasamento composto por gnaisses, migmatitos e rochas metamórficas de baixo a médio grau, de idade arqueana a neoproterozóica. O embasamento

cristalino na região de Guarulhos pode ser repartido em duas unidades maiores, afastadas pela faixa de cisalhamento Caucaia-Rio Jaguari, que reparte o município na direção NE. Prevaecem ao Norte da Falha do Rio Jaguari metassedimentos distintos, de idade proterozóica, deformados ao longo de zonas de cisalhamento e metamorfismo no neoproterozóico. Estes metassedimentos envolvem essencialmente filitos e xistos nomeados de Grupo São Roque, intercalados aos filitos predominam corpos lenticulares de metadolomitos, quartzitos, metamargas, rochas metabásicas, rochas cálcio-silicáticas e metaconglomerados (ALMEIDA et al. 1981). Estudos realizados por Juliani (1993), repartiu estas rochas nos grupos Serra do Itaberaba, incluindo as sequências vulcano-sedimentar, clasto-químicas e clásticas e São Roque, fundamentalmente clástico. Estas rochas do município de Guarulhos se localizam em muitas partes recobertas pelos sedimentos terciários da Bacia de São Paulo, surgindo no extremo Sul, unido ao perímetro no bairro de São Miguel na cidade de São Paulo, ou em pequenos altos estruturais, formados por blocos do embasamento aflorantes no meio dos sedimentos.

A área da execução dos ensaios foi previamente selecionada após inspeção de fatores geológicos do terreno favoráveis a execução dos ensaios, comprovados a partir de sondagens do tipo SPT. As investigações geotécnicas compostas por sondagem a percussão apresentaram uma homogeneidade das camadas do subsolo, inicialmente caracterizada pela presença de um solo sedimentar composto em areia média a grossa com argila, pedregulho fino, de cores marrom, vermelha, variegada, variando sua compactidade ao longo das sondagens em medianamente compacta a compacta. Por fim, determinou-se uma camada argilosa pouco siltosa, com areia fina, de cores cinza, marrom, variegada e com consistência rija a dura. O nível de água foi detectado durante o período de realização das investigações, sendo que sua cota é variável conforme a topografia do terreno encontrado em torno de -6 a -12 m. Com base nas informações contidas dos perfis de horizonte descrito acima, foi desenvolvido o estudo do perfil geológico conforme a Figura 1, apresentando os valores de  $N_{SPT}$  a partir dos resultados obtidos pelas sondagens SPT 01 e SPT 02 e 03 realizadas na área de execução dos grampos testes.

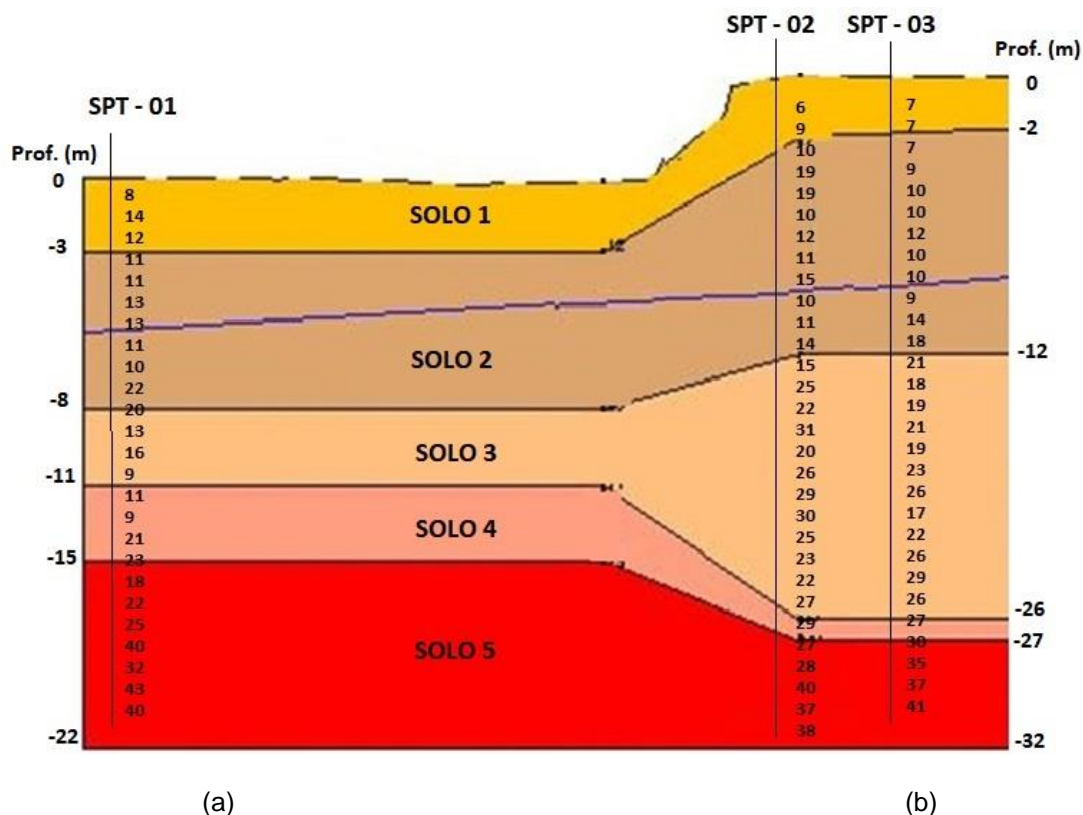


Figura 1. Perfil geológico da área dos ensaios e valores das sondagens  $N_{SPT}$ .

Os parâmetros geotécnicos adotados fundamentaram-se na análise dos resultados das sondagens a percussão através do seu índice  $N_{SPT}$ , classificação táctil-visual e das amostras de solos recolhidas durante as investigações geotécnicas para determinação dos índices físicos conforme Tabela 1. Os parâmetros em função dos horizontes de solo e de suas características efetivos de resistência média de  $N_{SPT}$ , coesão efetiva e ângulo de atrito efetivo do solo são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1. Índices físicos das camadas da área de execução dos grampos testes.

Camada de solo	e	n	$\gamma_{nat}$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (KN/m <sup>3</sup> )	Sr (%)	LP	LL	w (%)
1	1,172	53,80	17,0	17,0	27,75	40,30	26,5	35	16,3
2	1,090	51,99	18,0	18,0	27,74	43,78	20,9	31,4	16,8
3	0,956	48,61	18,0	18,0	27,73	53,98	18,6	38	18,9
4	0,976	49,49	19,0	20,5	27,70	49,9	21,9	30	23,3
5	0,639	35,03	20,0	20,5	27,55	47,97	19,4	34,6	19,6

Onde: e – índice de vazios; n – porosidade;  $\gamma_{nat}$  – peso específico aparente natural;  $\gamma_{sat}$  - peso específico aparente saturado;  $\gamma_s$  – peso específico do solo; Sr – grau de saturação; LP - limite de plasticidade; LL – limite de liquidez; w – teor de umidade.

Tabela 2. Parâmetros de resistência dos solos investigados.

Camada de solo	$N_{SPT}$ médio na camada	Coesão $c'$ (KPa)	Ângulo de atrito efetivo do solo $\phi'$ (°)
1	7	20	15
2	13	15	22
3	22	20	25
4	31	25	30
5	40	35	30

$N_{SPT}$  – Índice de resistência à penetração;  $c'$  – coesão;  $\phi$  – ângulo de atrito.

#### 4. DETERMINAÇÃO ADESÃO SOLO-BARRA ATRAVÉS DE MÉTODOS EMPÍRICOS

A mobilização da resistência ao cisalhamento da interface solo-grampo é responsável pelo aumento ou diminuição da resistência dos grampos. Pela natureza e propriedades dos solos, a resistência ao cisalhamento da interface solo-grampo pode ser mobilizada tanto pelo atrito, quanto pela adesão superficial no perímetro com o comprimento ancorado do grampo. A resistência ao arrancamento ( $q_s$ ) foi realizada por meio de correlações empírica através dos métodos consagrados da literatura como Clouterre (1991), Ortigão (1997), Ortigão e Palmeira (1997) e Springer (2006). De acordo com Elias e Juram (1991) e Lazart et al. (2003) os valores obtidos através correlações empíricas baseadas nos números de golpes do ensaio SPT, são conservadores e podem ser usados como estimativa preliminar de projeto. A Tabela 3 apresenta os valores dos métodos empíricos utilizados para determinação da adesão solo-grampo, considerando as duas camadas de solo que foram executados os grampos testes.

Tabela 3. Adesão Solo-Grampo ( $q_s$ ) obtido através de métodos empíricos.

Métodos	Cálculo	$q_s$ (KPa)	
		Camada solo 2	Camada solo 3
Clouterre (1991)	Gráficos para argila	40	50
Ortigão (1997)	$q_s = 50 + 7,5 N_{SPT}$	102,50	125
Ortigão e Palmeira (1997)	$q_s = 67 + 60 \ln(N_{SPT})$	184	205
Springer (2006)	$q_s = 45,12 \ln(N_{SPT}) - 14,99$	73	89

## 5. ENSAIO DE ARRANCAMENTO

As correlações entre valores de arrancamento ( $q_s$ ) e as características do solo são ferramentas importantes, principalmente para concepção inicial de projeto, os ensaios de arrancamento se constituem imprescindível para a real avaliação do atrito entre solo-grampo ( $q_s$ ) do comportamento da obra.

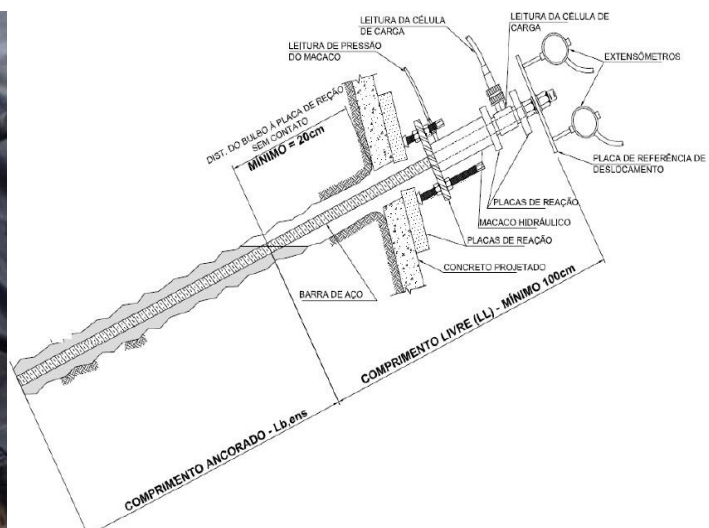
A execução de ensaios de arrancamento em grampos não é regulamentada por nenhuma norma técnica, a ABNT está em processo de elaboração de norma técnica de Muros e Taludes em Solos Reforçados, que compreende a execução de solos grampeados e contempla a realização de ensaios de arrancamento (Comissão ABNT CE-002:152.16). Sendo que a presente pesquisa utilizou os procedimentos e recomendações de ensaios, esquemas de montagem e interpretações do comportamento do arrancamento, baseados através do estado da arte e do comportamento adquirido durante os ensaios. A metodologia utilizada *in loco* apresenta os procedimentos mínimos necessários 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 obtidos dos ensaios deverão ser confrontados com os valores de projeto para confirmação ou para indicação da necessidade de reavaliação do sistema de contenção.

Após um tempo mínimo de sete dias de cura da calda de cimento após a injeção da bainha, realizaram-se os ensaios de arrancamento em dois grampos testes, avaliando sua carga limite através de incrementos de cargas Figura 2 (a). Para realização dos ensaios foi utilizado como referência a metodologia empregada por Lazart et al. (2003) e Silva e Pereira (2016), adotando o comprimento do trecho ancorado da bainha dos grampos de 3 m, podendo ter uma variação de mais ou menos 10% (2.70 m á 3.30 m).

A montagem dos ensaios 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, conforme Figura 2 (b).



(a)



(b)

Figura 2. (a) Vista geral ensaio de arrancamento, (b) Vista geral detalhe de montagem ensaios.

Os grampos testes foram executados nas camadas de solos 2 e 3, conforme parâmetros geotécnicos demonstrado na Tabela (1), com profundidades de 10 metros, sendo 7 metros livre e 3 ancorado conforme recomendação Lazart et al. (2003).

As injeções foram realizadas somente com bainha de forma ascendente até atingir o refluxo caudal, com calda de cimento fator a/c 0,5 com fck de 25 MPa, verificando durante as injeções o consumo para a camada 2 em 3 sacos de cimento e camada 3 em 1,5 saco de cimento por metro de chumbador injetado.

De acordo com estudos realizados por Silva e Pereira (2016), a injeção somente através da bainha é fundamental pra a fixação dos grampos, além de contribuir no tratamento para reduzir as infiltrações através das feições geológicas de baixas permeabilidades, quando executados em solos coesivos. Ao longo do talude a verificação da integridade da injeção da bainha foi analisada através da exumação de trechos de grampos, verificando que a porosidade do maciço compromete a interação dos elementos de tração após o abatimento da calda de cimento. As Figuras 3 (a e b), demonstram a verificação da integridade da bainha dos grampos executados nas camadas de solos 2 e 3.



Figura 3. Verificação do preenchimento de calda dos grampos, (a) camada 2, (b) camada 3.

O carregamento dos grampos durante os ensaios foram realizados através da metodologia aplicada por Falconi e Alonso (1996), Springer (2006) e Silva (2012), ao qual recomendam que o incremento de carga deva ser de 5 kN (500 kgf), com 5 minutos em cada estágio de carga até a ruptura, através de valores que permitam um número mínimo de leituras carga x deslocamento. Segundo Clouterre (1991) e Lazart et al. (2003) o ensaio deve ser finalizado quando a força de tração atingir um valor máximo (Tmax) ou estabilizar para deslocamentos crescentes, conforme demonstra a Figura 4.

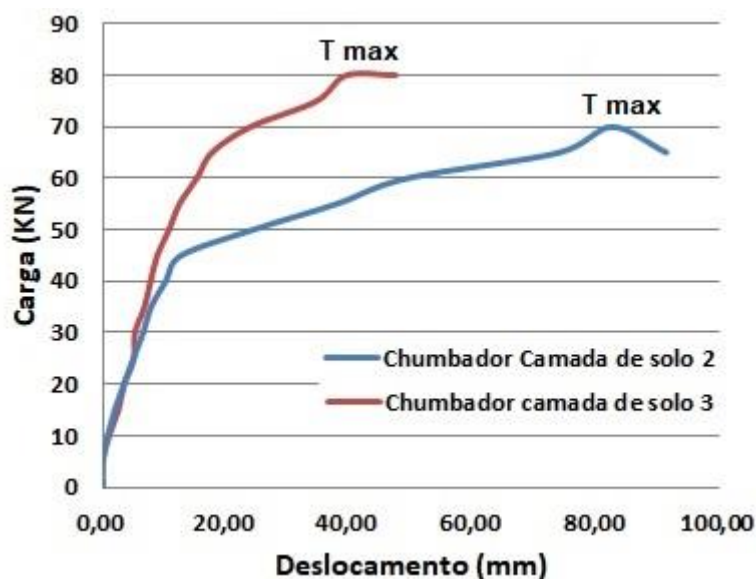


Figura 4. Curva carga x deslocamento dos grampos testes executados nas camadas de solo 2 e 3.

## 6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Dentre os métodos de previsão do coeficiente de segurança, para as análises de estabilidade global foram adotadas cunhas circulares determinadas pelo método de Bishop Simplificado, elaborados a partir *software* computacional, considerando fator de segurança mínimo para a estabilidade global de 1,50. A estabilidade interna do tratamento representada a partir da Figura (5), ilustra os carregamentos em cada barra do solo grampeado, demonstrado que os grampos atenderão a limitação imposta por norma para cargas de trabalho (Trab) de 50 kN e tensão máximas (Tmáx) 72 kN, comprovada a eficiência da análise de estabilidade por *software* após a realização dos ensaios, obtendo-se a força de arrancamento máxima (Tmax), a real avaliação do atrito solo-grampo (qs).

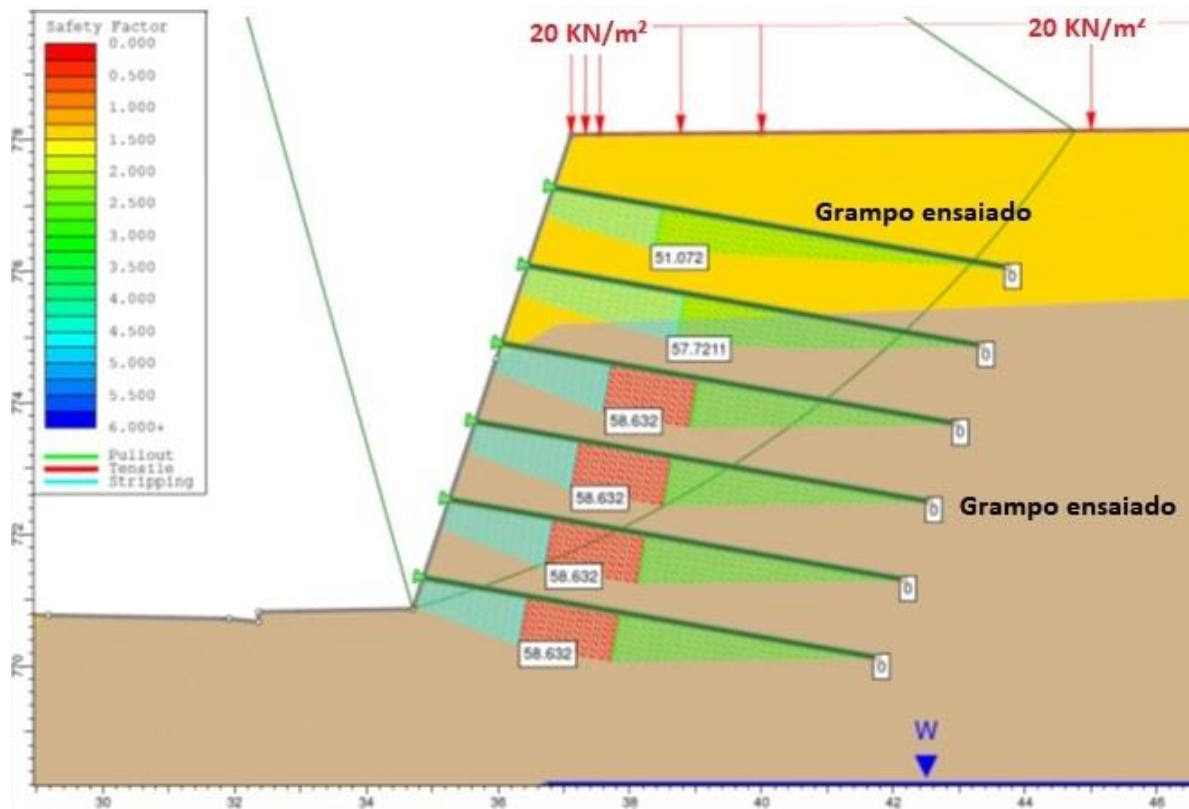


Figura 5. Dimensionamento de grampos com  $T_{trab}=50$  kN e  $T_{máx}=72$  kN.

O comportamento dos parâmetros obtidos *in loco* pode ser comprovado conforme indicado por Lazart et al. (2003) e Silva e Pereira (2016), onde o valor unitário do atrito (qs) é obtido por meio da através da equação 1 e apresentados na Tabela 4.

$$qs: T_{máx} / (\pi \cdot D_b \cdot L_b) \quad (1)$$

Em que:

qs = adesão solo/bainha (Kpa);

$T_{máx}$  = Força máxima do ensaio (KN);

$L_b$  = comprimento ancorado da bainha (m);

$D_b$  = diâmetro da bainha (m).

Tabela 4. Adesão Solo-Grampo ( $q_s$ ) obtido através dos ensaios de arrancamento.

Camada	T máx (KN)	DB (m)	Lb (m)	$q_s$ (KPa)
Solo 2	70	0,10	3	74
Solo 3	80	0,10	3	85

Os parâmetros obtidos durante as investigações geotécnicas demonstraram que as diferentes estruturas dos solos influenciaram nos resultados obtidos *in loco*, diante das classificações para cada horizonte, sendo a adesão ( $q_s$ ) relacionada ao índice de vazios do solo, comprovada através do volume de calda injetado na camada de solo 2, comprometendo a adesão através da interação solo-barras, não formando uma bainha íntegra ao longo dos grampos, diminuindo a capacidade de carga a tração com grandes deslocamentos. A influência na formação da adesão através da interação solo-barras de aço, em relação ao índice de vazios e porosidade do solo, é verificada no chumbador executado na camada de solo 3 com pequenas deformações e maior resistência ao arrancamento.

A condição esperada para avaliar a aplicabilidade dos métodos para determinação do ( $q_s$ ) é que os valores analisados agrupem-se entre os limites superior e inferior, ou seja, com uma margem de 20% para cima ou para baixo da força máxima obtida durante o ensaio de carregamento. De maneira que quanto mais próximo de 100% for o valor da relação ( $q_s$  estimado /  $q_s$  ensaio), mais exato será considerado o resultado estimado pelos métodos baseados em correlações empíricas, contribuindo assim com aspectos técnicos para dimensionamento, diminuindo a grande dispersão dos resultados obtidos através das referidas correlações. Para permitir a comparação dos resultados entre os métodos empíricos de previsão com o ensaio de arrancamento, a Figura 6 apresenta a precisão dos métodos com a realidade obtida *in loco*.

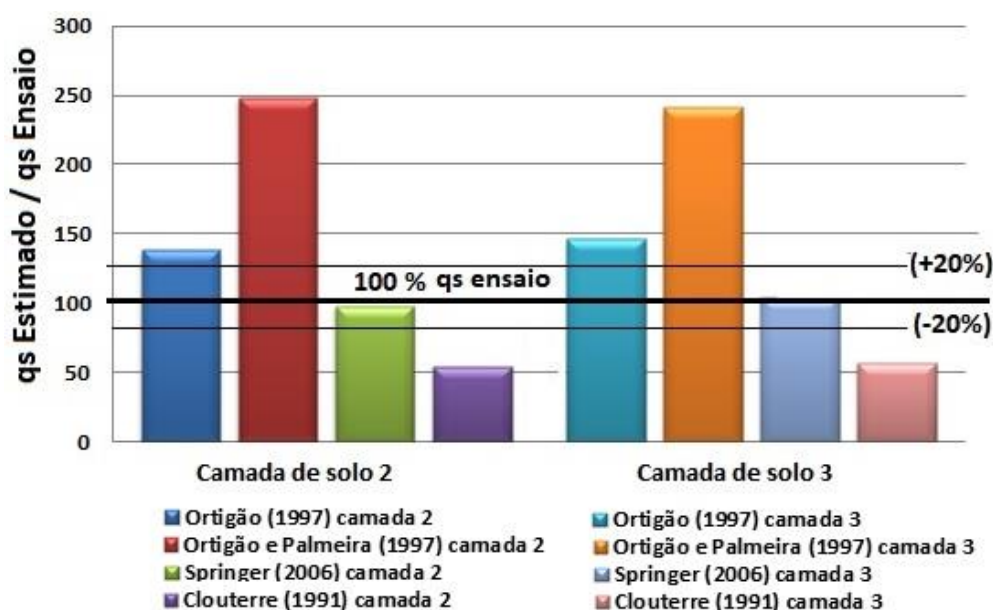


Figura 6. Análise comparativa entre os valores de ( $q_s$ ) obtidos por meio de métodos empíricos e através dos ensaios de arrancamento.

Os resultados aplicados na Figura 6, demonstram que a previsão dos métodos que consideram a resistência ao cisalhamento da interface solo calda de cimento, não foram discrepantes em virtude da heterogeneidade do solo local para a camada 2 e 3, não sendo satisfatória para os métodos de Ortigão e Palmeira (1997) ao qual apresentou valores acima do real em torno de 39 a 47 %. O método empírico de Clouterre (1991), realizado a partir da pressão média para solos argilosos obtidos através de ensaios pressiométricos, subestimou o parâmetro de ( $q_s$ ) entre 54 a 58 %.



O método de Ortigão (1997) e Springer (2006) foram os mais conservadores, apesar de Springer (2006) subestimar o parâmetro de (qs), foi o que apresentou melhor previsão dentro dos limites adotado de variação  $\pm 20\%$ .

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As condições geotécnicas de estabilidade dos maciços de solo estimadas através de *software* ou métodos consagrados de determinação da adesão dos grampos através de sondagens devem ser confirmadas durante a execução da obra.

A exumação parcial dos grampos possibilitou uma análise qualitativa das condições de injeção, relacionando o índice de vazios e porosidade do material na formação de uma bainha íntegra ao longo dos grampos, contribuindo os índices físicos na formação da adesão através da interação solo-barras de aço.

Embora as correlações entre valores de arrancamento (qs) e as características do solo sejam ferramentas importantes para concepção inicial de projeto, os ensaios de arrancamento se constituem numa necessidade imprescindível para a real avaliação do atrito solo-grampo (qs) e do comportamento da obra. O ensaio de arrancamento em sua condição de ruptura permite a verificação da verdadeira sollicitação de esforços através da interação solo-calda de cimento-barras de aço.

Os métodos empíricos de Ortigão (1997) e Springer (2006), baseados na resistência ao cisalhamento da interface solo-calda, foram que apresentaram valores próximos dos obtidos *in loco* através de valores de  $N_{SPT}$ , com melhor previsão ao método Springer (2006), ao contrário dos parâmetros fornecidos por Clouterre (1991), determinados a partir de ensaios pressiométricos, admitindo valores para solos argilosos sem considerar a heterogeneidade obtida *in loco*.

Os parâmetros do solo obtidos através de investigações geológicas-geotécnicas, propriedades do grampo, método de perfuração, limpeza do furo e características mecânicas da calda de cimento, são fatores essenciais nos valores de (qS).

## REFERÊNCIAS

- AIMEIDA F.F.M., HASUYI Y., BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R. A. (1981). *Brazilian Structural Provinces: an introduction*. Earth-Science Reviews, v. 17, n. 1-2, p. 1-29.
- CLOUTERRE. (1991). *Recomendations Clouterre – Soil Nailing Recommendations for Designing, Calculating, Constructing and Inspecting Earth Support Systems Using Soil Nailing* (English Translation), Scientific Committee of the French National Project Clouterre, ENPC, Paris, France. In: Report FHWA-SA-93-026, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC, USA, July. Edited by F. Schlosser.
- ELIAS, V.; JURAM, I. (1991). *Soil nailing for stabilization of highway slopes and excavations*. In: Report FHWA-RD-89-198, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC, USA.
- FRAZEN, G. (1998). *Soil Nailing – A Laboratory and Field Study of Pullout Capacity*. Doctoral Thesis, Department of Geotechnical Engineering, Chalmers University of Technology, Sweden.
- FALCONI, F.F.; ALONDO, U.R. (1996). *Considerações sobre o dimensionamento de uma Estrutura de Contenção e Solo Grampeado*. In: Seminário de Engenharia e Fundações Especiais e Geotécnicas.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R. (1980). *Origem e evolução da bacia sedimentar de São Paulo*. In: Mesa redonda aspectos geológicos e geotécnicos da bacia sedimentar de São Paulo, p. 5-13,

- JANASI, V.A.; ULBRICH, H.H.G.J. (1991). Late *Proterozoic granitoid magmatism in the state of São Paulo*, southeastern Brazil. *Precambrian Research*, v. 51, n. 1-4, p. 351-374,
- JULIANI, C. (1993). *Geologia, petrogênese e aspectos metalogenéticos dos Grupos Serra do Itaberaba e São Roque na região das serras do Itaberaba e da Pedra Branca, NE da cidade de São Paulo*, SP. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- LAZART, C. A., EILIAS, V., ESPINOZA, R. D., SABATINI, P. J. (2003). *Soil nail walls*. In: *Report FHWA0-IF03-017, Geotechnical Engineering Circular n. 7*, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC, USA, March.
- RABCEWICZ, L. V. (1965). *The New Austrian Tunnelling Method*. *Revista Water Power* p.453-457 Novembro – 1964, p.511515, Dezembro – 1964, p.19-22, Janeiro 1965.
- SILVA, R.R.; PEREIRA, G. A. (2016). *Verificação do Desempenho de Grampos Realizados com Injeção de Bainha*. IN. XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica - COBRAMSEG, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.
- SPRINGER, F. O. (2006). *Ensaio de Arrancamento de grampos em solo residual de gnaiss*. Tese de Doutorado Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 310p.
- ORTIGÃO, J. A. R. (1997). *Pullot Tests in Soil Nailing Structures*. *Revista Solos e Rochas*, São Paulo, Vol.20, Nº1, p.39-43.
- ORTIGÃO, J. A. R.; PALMEIRA, E. M. (1997). *Solo grampeado: técnica para estabilização de encostas e escavações*. In: 1ª Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas (COBRAE). Rio de Janeiro: ABMS, p. 57-74.