

1. Introdução

A inserção de elementos de reforço para aumentar a resistência à tração de solos é uma técnica utilizada desde os primórdios das civilizações. Muitos povos da antiguidade utilizaram elementos naturais para reforçar as suas construções.

Apesar desta tradição, o conceito estrutural de solo reforçado foi desenvolvido somente durante a década de 1960, na França, com projetos de terra armada.

A partir disto, surgiram outras metodologias para o aumento da resistência à tração dos solos. Dentre elas, destaca-se a técnica de solo grampeado, que tomou grande impulso na França, Alemanha e EUA, no final da década de 70.

O desenvolvimento desta metodologia de estabilização de solos foi rápido e de fácil aceitação pelo meio geotécnico. A contenção com grampos, em geral, apresenta vantagens quando comparadas com outras técnicas de reforço, destacando-se: a economia, versatilidade, segurança e velocidade de execução.

Devido às vantagens e ao bom desempenho na estabilização de solos tropicais, a técnica de solo grampeado vem se disseminando em larga escala no Brasil. Porém, os projetos têm sido baseados em hipóteses conservadoras em função da falta de conhecimento do comportamento dos solos reforçados.

O grampeamento de solos constitui-se em um método de reforço e estabilização de taludes, através da inclusão de elementos passivos semi-rígidos, denominados grampos (barras de aço envoltas por nata de cimento). Estes reforços devem ser associados à aplicação de um revestimento na face do talude, em geral, concreto projetado, com o objetivo principal de evitar a erosão superficial.

Os grampos são elementos resistentes a esforços de tração e de cisalhamento, que são instalados sub-horizontalmente no talude a ser reforçado. O processo de instalação dos grampos consiste, em geral, na execução prévia de um furo, inserção de barra de aço e injeção de material cimentante para preenchimento do furo.

No solo grampeado, o material reforçado pode ser considerado como um material compósito, cujo comportamento depende das características mecânicas

dos materiais constituintes (solo e grampo), da interação entre eles, e da forma, quantidade e disposição dos reforços. Um elemento fundamental é a resistência da interface solo-reforço, pois é através desta interação que os esforços são transferidos do solo para os grampos. O conhecimento desta interação é imprescindível para projetos em estruturas grampeadas.

Os ensaios de arrancamento são os mais utilizados e os mais aconselháveis para se determinar a resistência da interação solo/grampo. Porém, estes ensaios tornam-se mais viáveis de realização na fase de execução das obras, sendo necessário muitas vezes, o uso de estimativas da resistência por atrito lateral, baseadas em correlações empíricas para a fase de projeto.

Este trabalho tem como objetivos estudar o comportamento de grampos em ensaios de arrancamento de campo e procurar obter uma correlação semi-empírica para a previsão da resistência ao arrancamento, baseada em parâmetros de resistência do solo e da interface solo/nata de cimento, obtidos em ensaios de cisalhamento direto em laboratório.

Para o desenvolvimento deste estudo foram realizados 8 ensaios de arrancamento de grampos em uma obra de contenção de um perfil de solo residual de gnaiss. Estes ensaios foram realizados aos pares em 4 cotas diferentes ao longo da encosta. Em cada cota de estudo, foram executados 2 ensaios, sendo um em grampo instrumentado com *strain gages*, a fim de se obter a distribuição das cargas nos grampos, durante os estágios de carregamento, além da resistência ao arrancamento.

Com o objetivo de se avaliar o mecanismo de interação solo/grampo em laboratório, foi realizada uma campanha experimental para se caracterizar os solos em estudo e determinar os parâmetros de resistência dos solos e da interface solo/nata de cimento.

Para isso, foram realizados ensaios de caracterização física e de cisalhamento direto no solo e na interface solo/nata de cimento, em condições natural e submersa. As amostras indeformadas foram coletadas em locais pré-definidos, imediatamente à frente dos furos onde foram realizados os ensaios de arrancamento, a fim de garantir a representatividade dos materiais.

Sendo o objetivo desenvolver uma correlação semi-empírica para determinar a resistência ao arrancamento baseada em ensaios de resistência ao cisalhamento. Neste estudo foi proposta uma metodologia de análise baseada na hipótese de que o mecanismo de interação solo/grampo se dá por adesão e atrito da interface solo/nata de cimento. Os resultados dos ensaios de arrancamento no campo e de cisalhamento direto no laboratório permitiram o

desenvolvimento de uma relação semi-empírica para estimativa da resistência ao arrancamento dos grampos.

Esta dissertação foi dividida em seis capítulos. Este primeiro capítulo apresenta uma breve introdução sobre a relevância da técnica de solo grampeado e destaca os objetivos e a metodologia desta pesquisa.

O Capítulo II apresenta uma revisão bibliográfica dos principais conceitos que envolvem a técnica, dos mecanismos de transferência de carga em estruturas grampeadas, de alguns ensaios utilizados para se determinar a interação solo-reforço, além de algumas correlações empíricas, baseadas em ensaios de campo, utilizadas para se estimar a resistência ao arrancamento.

No Capítulo III descreve-se a geologia do local de realização dos ensaios de campo, a metodologia para instrumentação dos grampos e a calibração dos equipamentos de campo. Apresenta-se ainda uma discussão dos ensaios de arrancamento realizados na presente pesquisa.

Os ensaios de caracterização e os ensaios de cisalhamento direto realizados nos solos em estudo, bem como, os realizados na interface solo/nata de cimento são apresentados e discutidos no Capítulo IV.

O Capítulo V apresenta a metodologia de análise utilizada para a concepção de um método de previsão da resistência ao arrancamento, baseado nos ensaios de campo e de laboratório apresentados neste trabalho. A verificação do método de previsão proposto também é apresentada através de sua aplicação a casos históricos referenciados na bibliografia.

No Capítulo VI estão resumidas as principais conclusões do trabalho e oferecidas sugestões para estudos futuros em continuação à presente pesquisa.

Este documento apresenta ainda 2 apêndices, onde foram apresentadas as curvas típicas dos ensaios de cisalhamento direto dos solos e das interfaces solo/nata de cimento.