PROCESSO CONSTRUTIVO DE ESTRUTURA DE CONTENÇÃO FEITA COM SOLO LOCAL REFORÇADO COM GEOSSINTÉTICO E FACE DRENANTE

Goulart, João Maurício Homsi (1); Portelinha, Fernando Henrique Martins (2); Avesani Neto, José Orlando (3)

(1) PPGECiv, UFSCar, joao.goulart@usp.br; (2) PPGECiv, UFScar, fportelinha@gmail.com; (3) PPGEC, POLI, avesani@usp.br;

Resumo: *A predição do comportamento das estruturas de solo reforçado tem sido preocupação constante de projetistas dessas estruturas. A maioria dos estudos abordam o comportamento por meio de modelagem numérica e ensaio de protótipos, poucos são os que captam o desempenho de uma estrutura real, e mais escasso ainda os que captam também o período executivo. Este trabalho traz o monitoramento de campo do processo construtivo e do desempenho do solo de fundação de um muro para contenção de 6-m de altura. A investigação foi conduzida por mais de 300 dias após a construção. O sistema construtivo proposto foi o uso de solo reforçado com geossintético. Para melhorar a relação custo-efetividade, o aterro da contenção foi construído com uso de solo local. A face é composta de um gabião preenchido com material granular, apesar de não ser estrutural, serviu como drenagem, proteção da estrutura e componente do processo construtivo. Foi capturado um recalque da ordem de 15 mm na base da estrutura monitorada com uso de medida de nível de marco fixo em relação a marco móvel alocado na superfície do solo de fundação. Isso indicou um bom desempenho geral da estrutura. O uso de solo local como material de aterro mostrou-se como pratica sustentável e desempenho técnico satisfatório. Adicionalmente, o uso de face drenante em geotela (uma tela metálica preenchida com material granular) mostrou-se como bom componente construtivo para evitar o acúmulo de umidade na zona de solo reforçado. O processo construtivo foi registrado em diferentes etapas da montagem da estrutura.*

Palavras-chave: E*strutura de contenção, estrutura de solo reforçado, solo local e processo construtivo.*

Área do Conhecimento: *Tecnologia de componentes construtivos – Processo de produção*

1 NTRODUÇÃO

Tem sido construído um número grande de estruturas de solo reforçado, incluindo contenções, apoios de ponte, encostas, estabilidade de taludes, melhoramento de solo dentre outros. A popularidade dessa tecnologia construtiva advém da sua relação custo-efetividade (Plácido et. al., 2010). Dentre outras vantagens do uso dessa tecnologia temos: Execução de talude e aterros íngremes, por vezes verticais; Redução do impacto ambiental em obras de contenção; Uso de diversos tipos de acabamento da face; Execução de obras em locais de difícil acesso; Uso de mão-de-obra pouco especializada e equipamentos simples; Redução no tempo de execução da obra (Koerner, 2004). É de se notar a evolução que essas obras apresentam no seu aspecto final, gerando uma estrutura esteticamente mais agradável, além de vantajosa economia e sustentabilidade frente a soluções convencionais. A combinação de solo e reforço possui grande flexibilidade, segurança e tolerância a recalques (Pereira, 2010).

A prática do uso de estruturas de solo reforçado com geossintéticos para obras de contenção tem aumentado. Competitivo e ambientalmente favorável frente a soluções em concreto armado essas estruturas estão emergindo no mercado. Os geossintéticos, conforme ABNT NBR 12553:2003, já constam com diversas possibilidades de soluções não só em reforços, mas também, drenagem, filtração, impermeabilização, e etc. Também é comum desempenharem mais de uma função dentro da obra. Neste trabalho é tratado o uso de geossintéticos como reforço na construção de um muro.

Os geossintéticos mais utilizados como reforço são os geotêxteis tecidos e geotêxteis não tecidos, as geogrelhas, as geotiras e os geocompostos resistentes. Esses materiais apresentam características que

restringem as deformações horizontais e aumentam a resistência do maciço, proporcionando ao solo uma resistência à tração que o material em si não possui. A magnitude da deformabilidade de cada solução é afetada não só pelo tipo de reforço, mas também pelo polímero constituinte (Calliester, 2012).

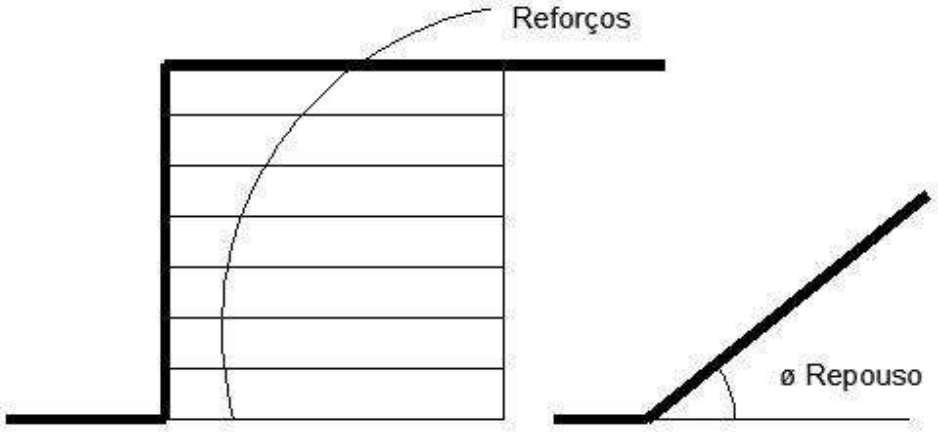
Uma vez associado o material geossintético ao solo este é capaz de mobilizar certa resistência à tração. De modo semelhante ao concreto armado em ambos os sistemas são empregados materiais com elevada resistência à tração para restringirem as deformações de tração que se desenvolvem no solo ou no concreto, devido ao peso próprio do material, associado ou não à aplicação de carregamento externo. Semelhante à aderência da barra de ferro ao concreto, no solo reforçado esse processo de transferência de carga se da principalmente pelo atrito entre solo e elementos do reforço. Esse atrito relaciona tensão cisalhante da interface à tração no reforço.

O aumento da resistência de um maciço reforçado se dá através da transferência de carga que ocorre entre o maciço e as inclusões, pela aderência e atrito de superfície. No caso de geogrelhas, que possuem áreas abertas, a resistência de interface é algo muito mais complexa, pois este geossintético pode apresentar, além do atrito e da adesão de interface, resistência solo-solo, que ocorre nas áreas abertas e resistência passiva à frente dos elementos transversais.

2 CONSTRUÇÃO DE ESTRUTURAS DE SOLO REFORÇADO

O solo é o material de construção mais barato disponível na natureza. Desde que adequadamente compactados apresentam boa resistência a cisalhamento e compressão. A resistência à tração, no entanto, apresenta-se baixa ou nula. Por este motivo tem-se taludamento máximo limitado ao ângulo de repouso do solo. A utilização de reforços supre esta limitação (Figura 1), permitindo, por exemplo, que muros verticais sejam construídos ou até mesmo com inclinações negativas (Ehrlich, 1998).

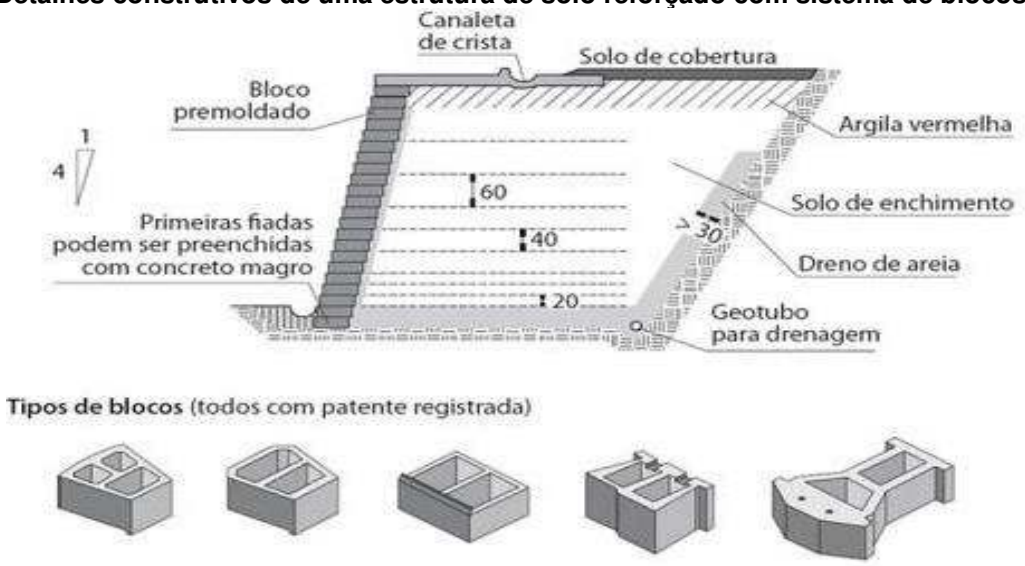
Figura 1: Influência dos reforços em uma estrutura de contenção



Fonte: Adaptado de Ehrlich (1998)

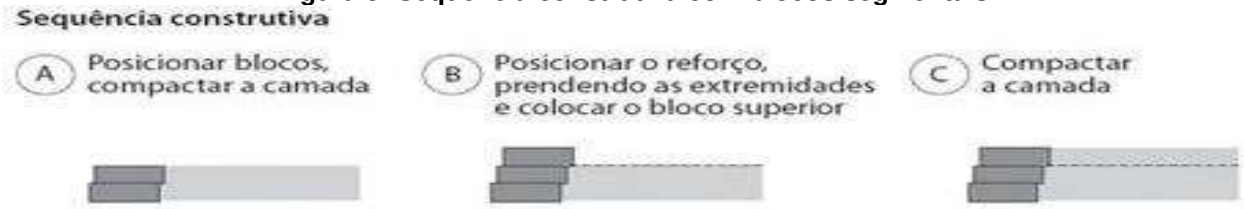
Na maioria das vezes, o faceamento da estrutura não tem função estrutural, mas é muito importante para garantir as condições de drenagem e estética, e também a proteção contra erosão e vandalismo aos elementos de reforços expostos. Alguns casos destas estruturas usam técnicas executivas da face para construção do muro, tais como estruturas de blocos segmentais. Normalmente, esses sistemas são compostos de blocos leves que podem ser facilmente montados. Esses blocos possuem um sistema de encaixe entre si que proporcionam uma facilidade construtiva e melhor comportamento do muro, ou seja, facilitam seu alinhamento durante a construção e proporcionam uma ancoragem eficiente dos reforços. Por essas características os blocos segmentais também são denominados blocos intertravados (Ehrlich et al., 2009). A seguir, estão ilustrados, os detalhes construtivos (Figura 2) e a sequência construtiva (Figura 3).

Figura 2: Detalhes construtivos de uma estrutura de solo reforçado com sistema de blocos segmentais.



Fonte: Ehrlich et. al. 2009

Figura 3: Sequência construtiva com blocos segmentais.



Fonte: Ehrlich et. al. 2009

A fim de se propor alternativas para faceamento de taludes e estruturas de solo reforçado Avesani e Bueno (2009) concluíram que a utilização de geossintéticos como material de revestimento e controle de erosão em taludes e muros tem grande aplicabilidade. Nestas situações, geocélulas podem ser preenchidas com concreto ou vegetação, sendo que a superfície da encosta ganha um acréscimo expressivo de resistências ao cisalhamento no caso do aumento da massa específica do solo contida dentro da geocélula por meio de compactação (Brown e Sojka, 1991). Também foram estudados como material de proteção os geossintéticos geomanta, geogrelha e biomanta.

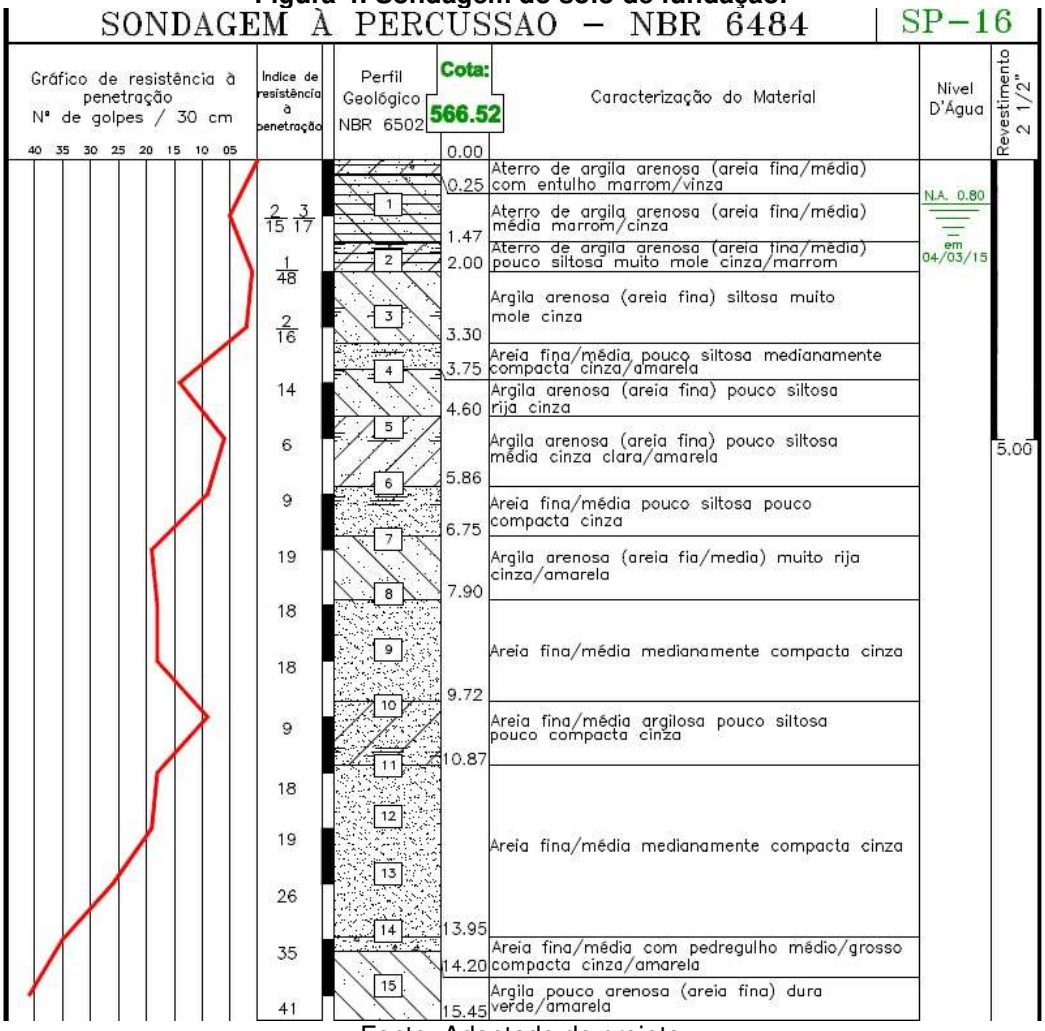
Apesar de toda a experiência com uso desse tipo de estrutura provir de países do hemisfério norte, o uso de solo reforçado com solo brasileiro tem-se mostrado eficaz quando garantido certos aspectos construtivos, de compactação, drenagem, e etc. (França et. al. 2013, Portelinha et. al. 2014).

3 CASO DE OBRA:

3.1 SOLO DE FUNDAÇÃO

Nesta obra a baixa capacidade do solo de fundação foi solucionada trocando 4-m do solo mole local por uma base de “rachão” (composto de pedras de mão), ilustrado na figura 5. Com isso a base tornou-se mais rígida e drenante, e assim substituindo a necessidade de trincheiras drenantes para alívio de poro pressão na base do muro. Está solução foi eficaz para contornar a capacidade mecânica do solo mole de fundação presente no local. Na figura 4 pode-se observar a baixa capacidade de carga do solo de fundação da base do muro e o alto nível do lençol freático, que foi observado durante o monitoramento de campo constatando que estava sempre úmida toda na base do muro.

Figura 4: Sondagem do solo de fundação.



Fonte: Adaptado de projeto

3.2 PROCESSO CONSTRUTIVO E DESEMPENHO DO SOLO DE FUNDAÇÃO

O processo construtivo desta estrutura é comum a qualquer tipo de estrutura de solo reforçado seja qual for o reforço ou face. Sendo assim a estrutura é construída por partes e em sequencia. A mão de obra será notada que não é preciso ser especializada, treinando operários do setor se obtém resultado satisfatório.

A sequência de construção de camada em camada será explicada em passos e com diversas fotos, oriundas das visitas do aluno a obra durante o período construtivo.

Em posse de investigação geotécnica do local define-se o projeto para a área que se deseja construir a estrutura de contenção, neste caso foi uma solução para melhoramento da capacidade mecânica do terreno, possibilitando a construção de um galpão para estacionamento do maquinário da empresa, e assim o aumento da área útil do condomínio empresarial.

Conforme nota-se na Figura 5a, no começo do muro estudado, foi substituído o solo local da base do muro uma argila mole por “rachão”.

Figura 5: Fase executiva: (a) Base drenante; (b) Primeira camada reforçada.



(a) (b)

Na Figura 5b, já feita a base drenante, na sequência é iniciada a colocação das camadas com reforços. Cada camada é começada pela face que nesse caso é usado geotela (gaiola de metal que envolve pedras de mão de granito), está face também é drenante dispensando o uso de barbacã ou qualquer outra drenagem de face.

Depois de esticado o reforço e feita à face, o solo é colocado até a altura da geotela da camada, neste caso 40 cm, para que seja compactado e esticado o reforço da nova camada. Na Figura 6 é visto o geossintético de reforço, geogrelha, pronto pra desenrolar assim que terminar a compactação da camada na cota de projeto, e também se observa o geocomposto drenante, da parte interior à estrutura, espaçados a cada 3m.

Figura 6: Fim do rachão e início das camadas com uso de solo local.



A compactação de cada camada é extremamente importante uma vez que é fato crucial para o bom desempenho da obra. Na Figura 7 observam-se as diferentes compactações a próxima a face com uso do “sapo-mecânico” e a da camada feita com uso de rolo compressor do tipo pé-de-carneiro.

Figura 7: Compactação da face.



Na Figura 8 é mostrada a sequência cronológica de fotos do período construtivo da obra. Este período foi muito importante para análise de resultados e nota-se que o lado que se trabalha é somente o lado que se ergue o muro, possibilitando esse tipo de obra onde não se tem acesso à face do muro, a exemplo encostas de rios e ou mares.

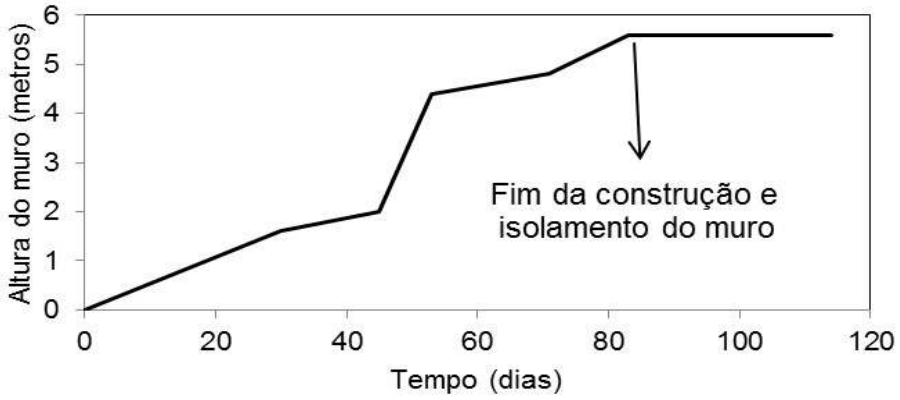
Figura 8: Sequência cronológica.



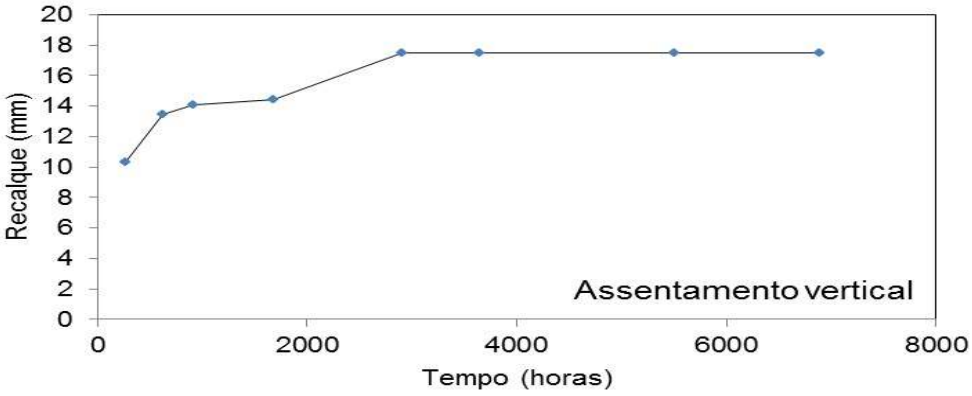
Na figura 9 tem-se a evolução da construção, 9a apresenta o cronograma construtivo e 9b o valor do recalque observado. Nota-se um crescimento constante de construção e um salto por volta dos 40 aos 60 dias, este salto da construção leva a resultados de assentamento vertical de maior magnitude na mesma época de referência.

Na figura 9b, referente ao assentamento vertical da estrutura ao longo do tempo, nota-se que no período construtivo o assentamento foi evoluindo com a obra, teve momentos mais acentuados considerados por conta do um salto da altura do muro na construção e tornou-se estável ao fim dela.

Figura 9: Evolução da construção do muro estudado: (a)-Construção; (b)-Recalque.



(a)



(b)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adoção deste tipo de estrutura mostrou-se como excelente prática no ponto de vista construtivo. A obra foi concluída em curto período de tempo, menos que 90 dias. Apesar de normativas internacionais excluírem o solo fino, típico solo brasileiro, este se mostrou eficiente com resultados de desempenhos e trabalhabilidade satisfatórios. É importante salientar que a experiência acumulada com o uso de geossintéticos provém de países do hemisfério norte, de clima temperado (Vertematti, 2004). O desempenho em clima tropical e com uso de solos tropicais finos lateríticos deve ser investigado com maior rigor para se evitar imprevistos de desempenho no uso deste tipo de solução no Brasil.

Também se pode ver que a evolução da construção do muro, por conta dos efeitos do aumento de tensão devido a cada camada construída, foi onde se observou a maior magnitude de valores de assentamento. Já a fase pós-construtiva mostrou que o recalque estabilizou rapidamente, indicando que o adensamento primário do solo é o principal causador do recalque.

5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2003). NBR 12533: Geossintéticos - Terminologia. Rio de Janeiro.

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. Materials science and engineering: an introduction, 8th ed. 2013.

EHRLICH, M. Geossintéticos em estruturas de contenção e taludes íngremes. I Curso de aplicações de Geossintéticos em Geotecnia e Meio Ambiente. Instituto de Engenharia, São Paulo. 1998. 18p.

ERLICH, M.; BECKER, L. Muros e taludes de solo reforçado: projeto e execução. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

FRANÇA, F. A. N.; AVESANI, B. M.; BUENO, B. S.; ZORNBERG, J. G. (2013). Tensile and creep behaviour of geosynthetics using confined-accelerated tests. In: Proceedings of the 5th international Young Geotechinical Engineers' Conference.

PEREIRA, V. R. G. Influência da pressão da água intersticial na resistência ao arrancamento de geogrelha em solo coesivo. Tese (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

PLÁCIDO, R. R.; KAMIJI, T. S. M. M.; BUENO, B. S. Análise Comparativa de Custos para Diferentes Alternativas de Estruturas de Contenção, COBRAMSEG, 2010, ABMS.

PORTELINHA, F. H. M.; ZORNBERG, J. G.; PIMENTEL, V. (2014). Field performance of retaining walls reinforced with woven and nonwoven geotextiles. Geosynthetics International, 21, No. 4, 270–284.

VERTEMATTI, J. C., (2004). Manual Brasileiro de Geossintéticos, ABINT Editora Edgard Bluncher.