



28 · 29 · 30
de OUTUBRO

XII SEGET
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
TEMA 2015
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



VERSATILIDADE DOS GEOSSINTÉTICOS APLICADA À ENGENHARIA

Amauri Harvey da Costa
amauriharvey@hotmail.com
AEDB

Gean de Almeida Lopes
llopesgean@hotmail.com
AEDB

Luciana Barbalho de Sousa
lubarbalho23@gmail.com
AEDB

Luiz Antonio da Silva Pimentel
luizpimentel2011@hotmail.com
AEDB

Paulo Henrique de Almeida Arêdes
paulohenriquearedes@hotmail.com
AEDB

Resumo: Os geossintéticos têm sido atualmente utilizados em muitos tipos de obras de engenharia. A versatilidade de funções aliada à facilidade do processo de instalação na obra e o elevado controle de qualidade de fabricação do produto têm conduzido para a sua utilização em obras de engenharia desde a década de 50. Os geossintéticos incluem uma variedade de materiais, constituídos por polímeros sintéticos, especialmente fabricados para serem usados nos domínios da engenharia geotécnica, ambiental, hidráulica e dos transportes. Podem distinguir-se as seguintes funções principais para um geossintético: separação, filtragem, drenagem, reforço, contenção de líquidos/gases e controle de erosão e em certos casos, o geossintético pode desempenhar simultaneamente várias funções, aumentando ainda mais suas aplicações. Neste trabalho vamos conhecer um pouco mais sobre esse produto que hoje se destaca pelo mundo todo, veremos onde eles têm maior aplicabilidade.

Palavras Chave: Geossintéticos - Engenharia - Aplicações - -



28 · 29 · 30
de OUTUBRO

XII SEGET
SIMPOSIUM DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
TEMA 2015
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



1. INTRODUÇÃO

Geossintético é um termo composto por “geo + sintético”, que significa “terra + um produto manufaturado pelo homem”. Pode-se designar como um produto plano fabricado a partir de materiais poliméricos (sintéticos ou naturais) usado em contato com os maciços naturais, solos ou rochas, ou outro material geotécnico em obras de Engenharia.

Os geossintéticos são utilizados principalmente para resolver problemas em geotécnica. A natureza sintética desses produtos os tornam próprios para uso em obras de terra onde um alto nível de durabilidade é exigido.

Esses produtos são constituídos por uma grande variedade de materiais e formas, cada um adequado a um determinado uso ou necessidade. Em geotécnica as principais obras que utilizam esses materiais são: aeroportos, ferrovias, rodovias, aterros, estruturas de contenção, reservatórios, canais e barragens.

A técnica de inserção de materiais para a melhoria da capacidade do solo não é nova. Há cerca de três mil anos, os babilônicos já inseriam materiais fibrosos na construção de “ziggurates”. Para a construção de muros de contenção, os antigos romanos utilizavam troncos perpendiculares à face, imersos em diferentes tipos de solo. Algumas seções da Muralha da China foram construídas com argila e cascalho entremeados com fibras naturais.

Modernamente, o primeiro uso de reforço em pavimentos de que se tem notícia foi realizado pelo departamento de estradas da Carolina do Sul (EUA), em 1926. No entanto, a utilização sistemática deste tipo de material só passou a ocorrer na década de 40, com o desenvolvimento das técnicas de fabricação. Na década de 60, o arquiteto Henri Vidal desenvolveu e patenteou o sistema “Terra Armada”, o qual utiliza tiras de aço galvanizado como reforço. A partir daí, o conceito de solo reforçado avançou rapidamente, com a criação e desenvolvimento de materiais poliméricos sintéticos. No Brasil, no início da década de 80, foi executada a primeira obra de grande porte de solo reforçado, na rodovia que liga Taubaté a Campos de Jordão. Apesar da crescente utilização, o comportamento de materiais poliméricos inseridos em solo é complexo e vem despertando o interesse de pesquisadores e fabricantes.

Dentre as aplicações de geossintéticos em geotécnica existem algumas que exigem o conhecimento das características de interação entre o solo e o geossintético. Estas características são expressas, em termos de resistência, pelos parâmetros de interface adesão e ângulo de atrito de interface solo-geossintético, obtidos através de ensaios de campo ou de laboratório.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. PROPRIEDADES DOS GEOSSINTÉTICOS

Os geossintéticos são usados em diversas situações em engenharia geotécnica especialmente como elementos para reforço de solos, drenos, filtros, camadas de separação ou impermeabilização. Dependendo da função a ser desempenhada na obra, diferentes propriedades são requeridas dos geossintéticos.

Os materiais constituintes dos geossintéticos são os polímeros. Os polímeros são macromoléculas compostas por unidades menores denominadas monómeros, que são estruturadas num processo denominado de polimerização. Na polimerização dá-se a junção dos monómeros de modo a formarem macromoléculas, variando as propriedades de um polímero de acordo com o número e o tipo de monómeros que o constituem. Em termos químicos os polímeros sintéticos são constituídos no geral por compostos de carbono e



28 · 29 · 30
de OUTUBRO

XII SEGET
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
TEMA 2015
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



hidrogénio, organizando-se em grupos por vezes muito complexos. Os polímeros mais comumente utilizados na fabricação de geossintéticos são:

- PET – Poliester,
- PA – Poliamida,
- PE – Polietileno,
- LDPE – Polietileno de baixa densidade,
- LLDPE – Polietileno de baixa densidade linear,
- HDPE – Polietileno de alta densidade,
- PP – Polipropileno,
- PS – Polistireno,
- PVC – Cloreto de Polivinilo,
- ECB – Copolímero de etileno com betume, e
- CPE – Polietileno clorado.

Os três últimos materiais sintéticos (PVC, ECB e CPE), só são usados para fabricação de geomembranas.

2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS GEOSSINTÉTICOS

Os geossintéticos podem ser classificados genericamente em categorias dependendo do processo de fabricação. As denominações usuais e breves descrições dos geossintéticos estão apresentadas a seguir.

Geotêxteis: são mantas contínuas de fibras ou filamentos, tecidos, não tecidos, tricotados ou costurados. As mantas são flexíveis e permeáveis. Geotêxteis são usados para aplicações de separação, proteção, filtração, drenagem, reforço e controle de erosões. Veja Figura 01.

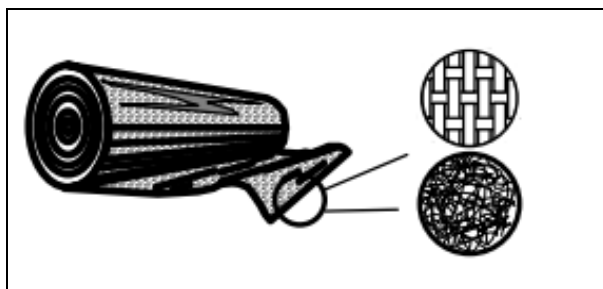


Fig. 01 – Geotêxteis

Geogrelhas: são materiais geossintéticos com forma de grelha. A principal aplicação das geogrelhas é em reforço de solos. Veja Figura 02.



28 · 29 · 30
de OUTUBRO

XII SEGET
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
—TEMA 2015—
Otimização de Recursos e Desenvolvimento

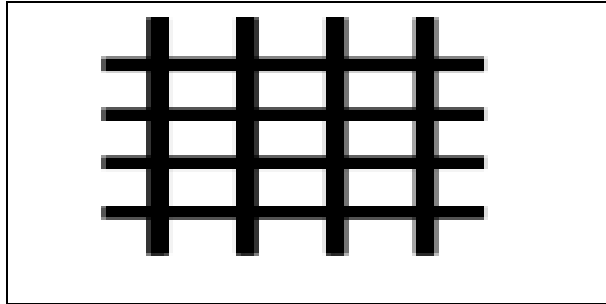


Fig. 02 – Geogrelhas

Georredes: são materiais com aparência semelhante à das grelhas formados por duas séries de membros extrudados paralelos, que se interceptam em ângulo constante. Possui alta porosidade ao longo do plano, sendo usada para conduzir elevadas vazões de fluidos ou gases. Veja Figura 03

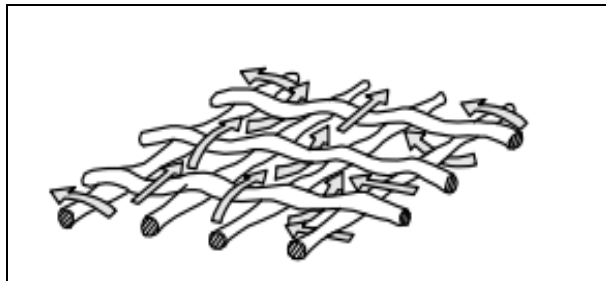


Fig. 03 – Georredes

Geomembranas: são mantas contínuas e flexíveis constituídas de um ou mais materiais sintéticos. Elas possuem baixíssima permeabilidade e são usadas como barreiras para fluidos, gases ou vapores. Veja Figura 04

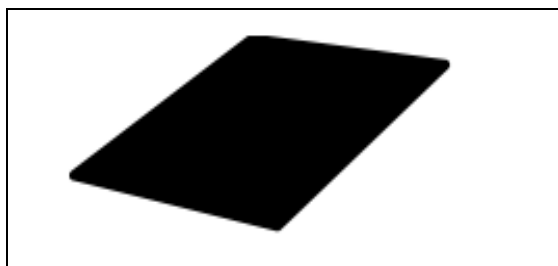


Fig. 04 – Geomembranas

Geocompostos: são geossintéticos formados pela associação de dois ou mais tipos de geossintéticos como, por exemplo: geotêxtil-georrede; geotêxtil-geogrelha; georrede-geomembrana ou geocomposto argiloso (GCL). Geocompostos drenantes pré-fabricados ou geodrenos são constituídos por um núcleo plástico drenante envolto por um filtro geotêxtil. Veja figura 05.



28 · 29 · 30
de OUTUBRO

XII SEGET
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
TEMA 2015
Otimização de Recursos e Desenvolvimento

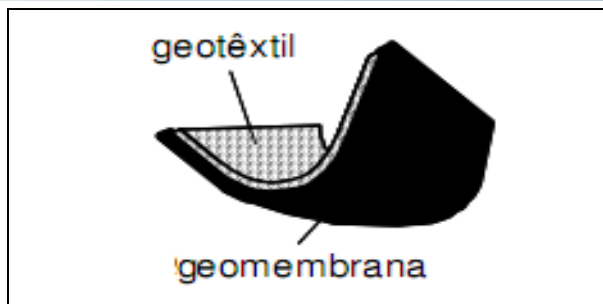


Fig. 05 – Geocompostos

Geocompostos argilosos (GCL's): são geocompostos fabricados com uma camada de bentonita geralmente incorporada entre geotêxteis de topo e base ou ligadas à uma geomembrana ou à uma única manta de geotêxtil. Os geotêxteis que compõem os GCLs geralmente são costurados ou agulhados através do núcleo argiloso para aumentar a resistência interna do produto ao cisalhamento. Quando hidratados eles atuam efetivamente como barreira para líquido ou gás e são comumente usados em aterros sanitários em conjunto com geomembranas. Veja figura 06.

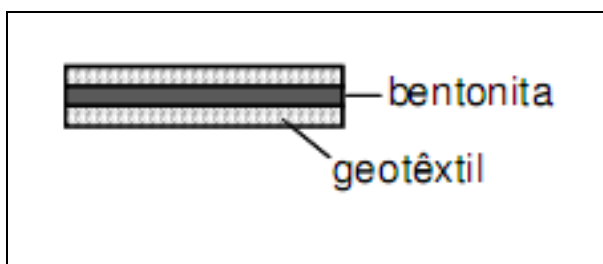


Fig. 06 – Geocompostos argilosos

Geotubos: são tubos poliméricos perfurados ou não usados para drenagem de líquidos ou gases (incluindo coleta de chorume ou gases em aplicações de aterros sanitários). Em alguns casos o tubo perfurado é envolvido por um filtro geotêxtil. Veja Figura 07.

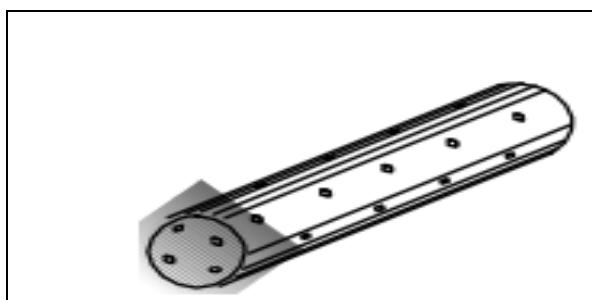


Fig. 07 – Geotubos

Geocélulas: são arranjos tridimensionais relativamente espessos, constituídos por tiras poliméricas. As tiras são soldadas para formar células interconectadas que são preenchidas com solo e, às vezes, concreto. Em alguns casos, faixas de 0,5 a 1m de largura de geogrelhas podem ser ligadas por hastes poliméricas verticais para se formar geocélulas mais espessas, também denominadas “geocolchão”. Veja Figura 08.



28 · 29 · 30
de OUTUBRO

XII SEGET
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
TEMA 2015
Otimização de Recursos e Desenvolvimento

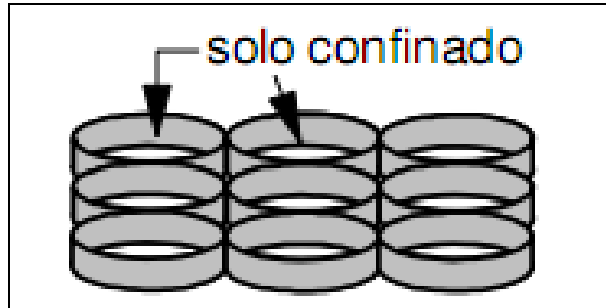


Fig. 08 – Geocélulas

Geoexpandido: são blocos ou placas produzidos por meio da expansão de espuma de poliestireno para formar uma estrutura de baixa densidade. O geoexpandido é usado para isolamento térmico, como um material leve em substituição a aterros de solo ou como uma camada vertical compressível para reduzir pressões de solo sobre muros rígidos. Veja Figura 09

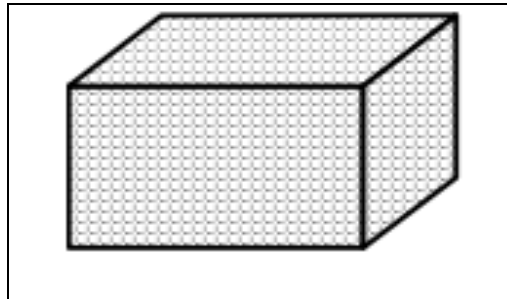


Fig. 09 – Geoexpandido

2.3 FUNÇÕES DOS GEOSINTÉTICOS

Os geossintéticos detêm de uma variedade de materiais poliméricos especialmente fabricados para serem utilizados em aplicações geotécnicas, ambientais, hidráulicas e de transporte. Diante disso se torna de extrema importância salientar as funções primárias dos geossintéticos, onde se destacam as seguintes: separação, filtração, drenagem, reforço, contenção de fluidos/gases, ou controle de processos erosivos. Em alguns casos, o geossintético poderá desempenhar dupla função.

Separação: O geossintético atua na separação de duas camadas de solo que têm distribuições de partículas diferentes (Figura 10). Por exemplo, geotêxteis são usados para evitar que os materiais da base penetrem no solo mole de camadas subjacentes, assim mantendo a espessura da camada de projeto e a integridade da estrada. O geossintético também auxilia na prevenção do “bombeamento” de finos para o interior da camada granular permeável das estradas.



28 · 29 · 30
de OUTUBRO

XII SEGET
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
TEMA 2015
Otimização de Recursos e Desenvolvimento

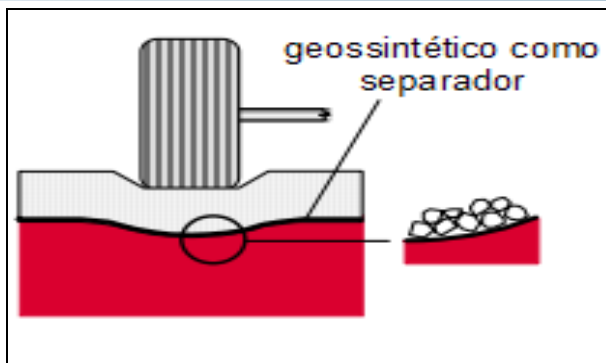


Fig. 10 – Geossintético como separador

Filtração: O geossintético desempenha papel similar a um filtro de areia, permitindo a livre passagem de água através do solo enquanto retém as partículas sólidas. Veja figura 11.

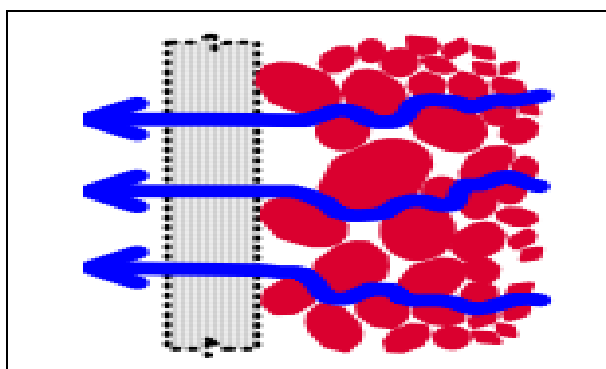


Fig. 11 – Filtração

Drenagem: O geossintético age como um dreno que carrega o fluido através de solos com menor permeabilidade. (Figura 12) Para fluxos mais elevados, drenos geocompostos foram desenvolvidos. (Figura 13) Esses materiais têm sido utilizados como drenos laterais de pavimentos, drenos de taludes e drenos de aterros e muros de contenção.

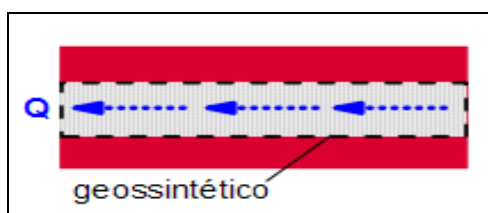


Fig. 12 – Drenagem

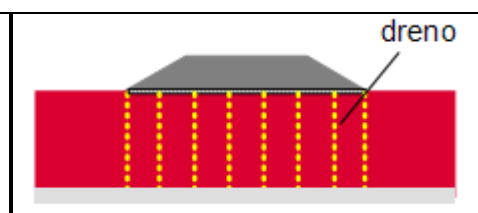


Fig. 13 – Drenos Geocompostos

Reforço: O geossintético atua como elemento de reforço inserido no solo ou em associação com o solo para a melhoria das propriedades de resistência e de deformação do solo natural (Figura 14). Por exemplo, geotêxteis e geogrelhas são usados para acrescentar resistência à tração na massa de solo de forma a possibilitar paredes de solo reforçado verticais ou aproximadamente verticais. O emprego do reforço possibilita a construção de aterros sobre fundações de solos extremamente moles, bem como a de muros íngremes improváveis de serem viabilizados em solos não reforçados.

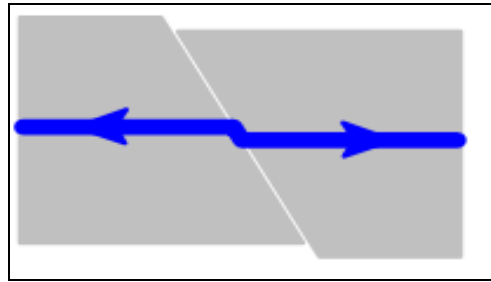


Fig. 14 – Reforço no solo

Contenção de Fluidos/Gases (barreira): O geossintético atua como uma barreira relativamente impermeável a fluídos e gases (Figura 15). Por exemplo, geomembranas, geocompostos, geocompostos argilosos (GCL's) e geotêxteis revestidos são empregados como barreiras para impedir o escoamento de líquidos e gases. Além disso, podem ser utilizados na capa asfáltica de pavimentos, no envelopamento de solos expansivos e na contenção de resíduos.

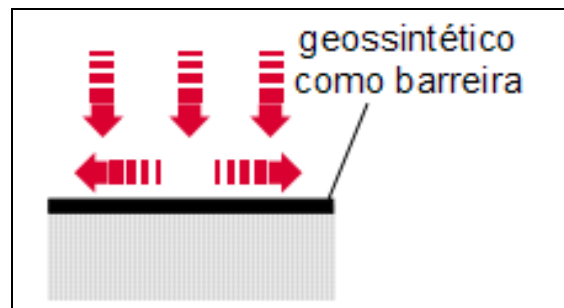


Fig. 15 – Contenções de fluidos/gases

Controle de Processos Erosivos: O geossintético trabalha para reduzir os efeitos da erosão do solo causados pelo impacto da chuva e pelo escoamento superficial da água (Figuras 16 e 17). Por exemplo, mantas ou colchões de geossintéticos, temporários e permanentes, são dispostos ao longo do talude. Barreiras de geotêxtil são também usadas na retenção de sedimentos carregados durante o escoamento superficial. Algumas barreiras de controle de processos erosivos são fabricadas com materiais biodegradáveis.

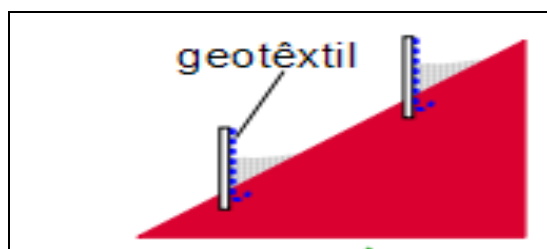


Fig. 16 – Controle de Processo erosivo

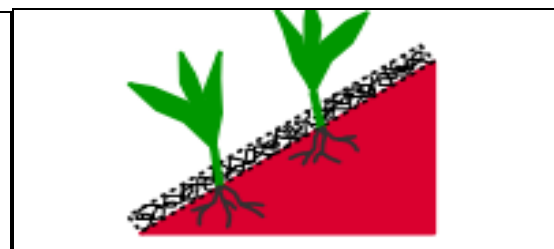


Fig. 17 – Controle de processo erosivo

Geotêxteis são ainda aplicados a outras situações. Por exemplo, eles são usados no reforço de pavimentos asfálticos e como camada para prevenção de furos nas geomembranas (pela redução de tensões de contato pontuais) decorrentes da ação de pedregulhos nos solos adjacentes, resíduos ou agregados do sistema de drenagem durante o processo de instalação da geomembrana, bem como ao longo de sua vida operacional.



28 · 29 · 30
de OUTUBRO

XII SEGET
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
TEMA 2015
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



Geotêxteis são empregados na cobertura diária de aterros sanitários para prevenir a dispersão de seus resíduos pela ação de aves e de ventos. Geotêxteis têm sido também utilizados como formas para concreto e como sacos de areia. Geotubos cilíndricos são confeccionados industrialmente por camada dupla de geotêxtil e são preenchidos com material hidráulico para criar aterros de contenção no mar, em rios e lagos ou para desidratar sedimentos.

2.4 APLICAÇÕES DOS GEOSSINTÉTICOS

2.4.1 Aterros Sobre Solos Moles

A construção de aterros sobre solos moles pode se apresentar como um grande desafio. Assim, a aplicação de geossintéticos na melhoria da estabilidade de aterros é uma das formas mais efetivas e bem testadas da técnica de reforço de solos. Na figura 18 vemos uma ruptura típica de um aterro, com isso foi utilizado o geossintético como reforço, como visto na figura 19.



Fig. 18 – Ruptura em aterro



Fig. 19 – Aplicação de geossintéticos

Em tais problemas, geossintéticos podem ser efetivamente utilizados para:

1) Reduzir os deslocamentos de solos moles devido a sua baixa capacidade de carga. (Figura 20).

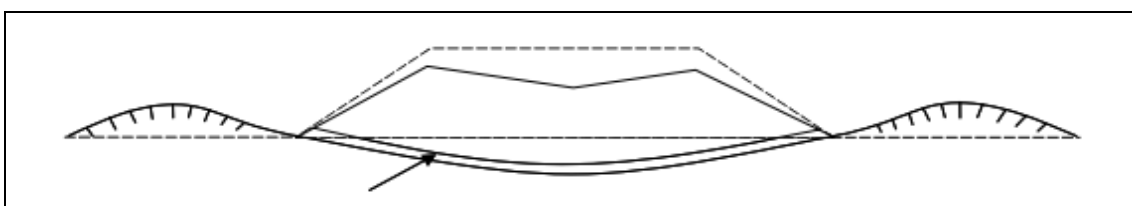


Fig. 20 – Redução de Deslocamento

2) Prevenir ruptura global do aterro e do solo mole de fundação. (Figura 21).

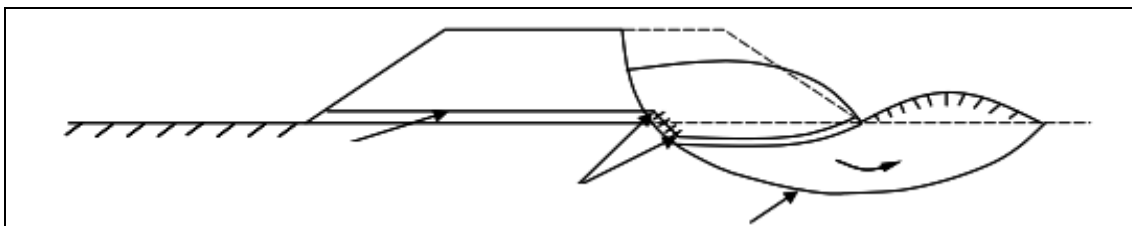


Fig. 21 – Prevenção de Ruptura



28 · 29 · 30
de OUTUBRO

XII SEGET
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
TEMA 2015
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



3) Prevenir ruptura por escorregamento no aterro.(Figura 22).

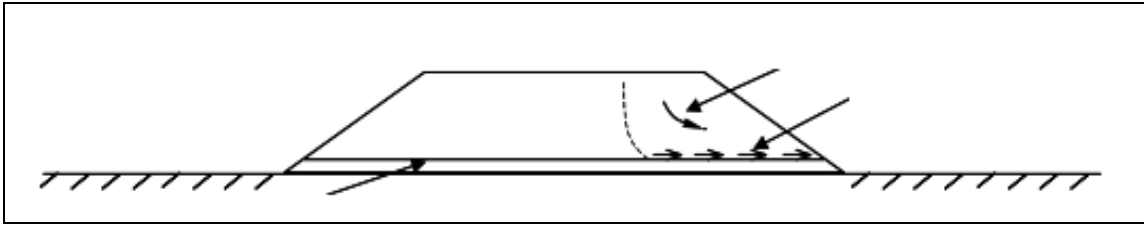


Fig. 22 – Prevenção de Ruptura por escorregamento

O nível de estabilidade de um aterro reforçado sobre solo mole pode ser avaliado por meio de fatores de segurança (Fs):

- Para estabilidade global

$$F_s = \frac{M_R + \Delta M_R}{M_D} \geq \text{tipicamente } 1,2 \sim 1,3$$

Onde:

MR: momento resistente

ΔM_R : momento decorrente da contribuição do geossintético contra a ruptura

MD: momento instabilizante

- Para estabilidade contra deslizamento:

$$F_s = \frac{P_R}{P_A} \geq \text{tipicamente } 1,5$$

Onde:

PA: empuxo ativo no aterro

PR: força de atrito ao longo da interface entre o aterro e o reforço

A eficiência dos geossintéticos como reforço de aterros sobre solos moles pode ser visualizada por meio das figuras 23 e 24.

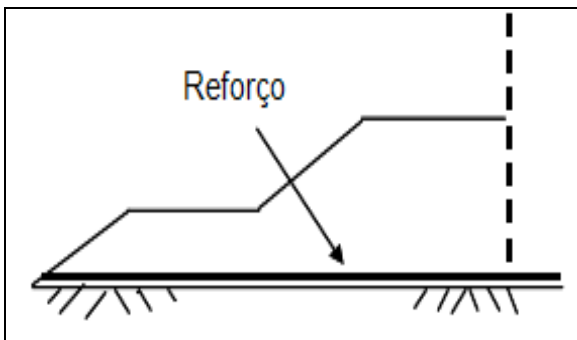


Fig. 23 Reforço

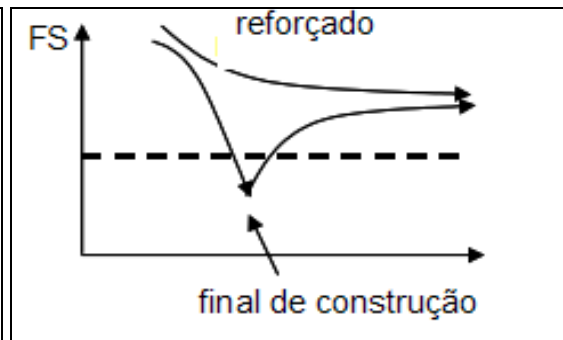


Fig. 24 – Reforço



28 · 29 · 30
de OUTUBRO

XII SEGET
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
TEMA 2015
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



No caso de limitação do efeito do reforço, pode-se utilizar o aterro reforçado sobre estacas. Estacas pré-moldadas ou estacas de solo melhorado podem ser empregadas. (Figura 25).

Aterro reforçado com estacas

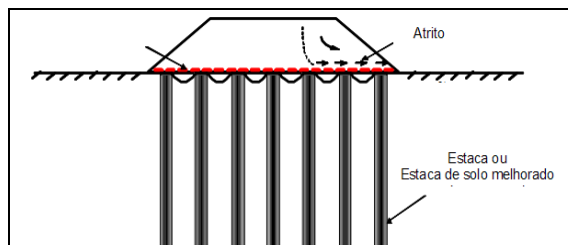


Fig. 25 – Aterro Reforçado com estacas

Se materiais drenantes são empregados, os geossintéticos podem ser especificados apropriadamente a fim de também contribuir com a aceleração dos recalques devido ao adensamento do solo mole.

2.4.2 CONTROLE DE EROSÕES EM TALUDES

Erosão é um processo natural causado pela ação da água e do vento. O processo erosivo é influenciado por fatores tais como tipo de solo, cobertura vegetal e topografia. Além disso, sua ação poderá ser acelerada por diversas atividades de ocupação e uso do solo. Processos erosivos fora de controle poderão ocasionar grandes perturbações a estruturas já existentes e ao próprio meio-ambiente.

Dependendo das características do projeto e do local, uma obra de controle de erosão poderá envolver o uso de um ou mais geossintéticos, tais como geotêxteis, geomantas, georredes, geogrelhas, etc. Veja Figuras 26 e 27.



Fig. 26 – Semeadura



Fig. 27 – Vista Final do Talude

2.4.3 CONTROLE DE EROSÕES EM CANAIS

Combinações de blocos de concreto ou poliméricos e geossintéticos podem ser empregadas para a proteção de canais, margens de rios e orlas marítimas. Veja figuras 28, 29 e 30.



Fig. 28 – Controle de erosões em canais

Fig. 29 – Controle de Erosões em Canais

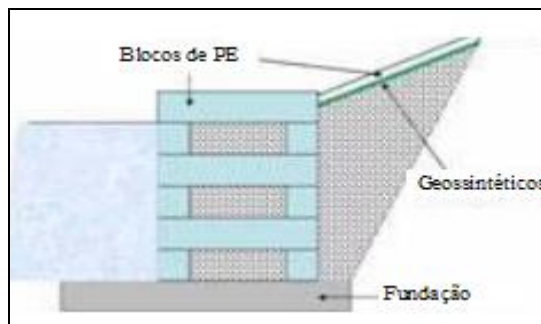


Fig. 30 – Controle de erosões em canais

3. CONCLUSÕES

Os geossintéticos são materiais em aplicação crescente na Engenharia Civil, e particularmente em obras geotécnicas. A facilidade de aplicação, o baixo custo e a versatilidade destes materiais quando comparados com metodologias e materiais tradicionais, torna - os materiais de construção atraentes, justificando assim o aumento progressivo da sua utilização.

As aplicações dos materiais geossintéticos são muito vastas, visto que todas as culturas e profissões que buscam o entendimento com o solo podem de certa forma usar e abusar de suas funcionalidades, no presente artigo foram exemplificadas algumas aplicações em obras, mas temos aplicações dos geossintéticos na agricultura, em ferrovias, rodovias, projetos hidráulicos, drenagens, aterros sanitários , estradas onde ainda não advém de pavimentação asfáltica , pavimentação asfáltica, entre outras .

Sintetizando, o uso de geossintéticos pode permitir diminuir volumes totais de aterros em taludes, estradas, rodovias, e resolver muitos problemas hidráulicos, pode substituir ou complementar materiais convencionais como pedras que são caros e possui muitas deficiências em logística, com isso, pode-se reduzir prazos de obras, assim como reduzir custos comparados às soluções convencionais.

4. REFERÊNCIAS

- A SOCIEDADE INTERNACIONAL DE GEOSINTÉTICOS (International Geosynthetics Society – IGS) disponível em: < <http://igsbrasil.org.br/wp-content/uploads/geossinteticos/2.pdf> >. Acesso em 10 mai. 2015.
- FOLQUE, J. (1980). A utilização de telas tecidas e não tecidas em obras de Eng. Civil. Rev. de Geotecnia n° 28.
- FOLQUE, J. (1987). Geotêxteis. Resumo critico da bibliografia recente. Rev. Geotecnia n° 51, pp. 73 a 102.
- DE MELLO, L. G., MONDOLFO, M., BARBOZA, G.E., BILFINGER, W., TSUKAHARA, C. N., 2008, “Extension of Vidoca Avenue: Successful use of geosynthetics for retaining structure and embankment



construction", 1st Pan American Geosynthetics Conference & Exhibition, 2-5 de março de 2008, Cancun, Mexico, pp.

VIDAL, D. (1998). Drenagem e filtração. 1o Curso Catarinense. Geossintéticos em Geotecnia e Meio Ambiente. IGS Brasil e UFSC. SC, pp 41-80.

VIDAL, D. & RIGHETTI, C. C. (1990). Propriedades hidráulicas dos geotêxteis VI CBGE, IX COBRAMSEF, Salvador, pp. 589-596.

ABNT (1992). Geotêxteis – Determinação da Espessura, NBR 12569, Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo, SP, 2 p.