

O ESTUDO DO SOLO COM GEOCOMPOSTOS PARA APLICAÇÕES EM DRENAGENS

Nilza Carolina Silva Leite

*Acadêmica, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(nilzaleeite@gmail.com)*

Victor Freitas Oliveira

*Acadêmico, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(victor33freitas@gmail.com)*

Rodolfo Rodrigues de Sousa Borges

*Professor Mestre, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(rrsb.projetos@gmail.com)*

RESUMO

Os materiais Geossintéticos são geralmente feitos de plásticos orgânicos poliméricos sintéticos que podem ser usados na engenharia civil para corrigir complicações de geotecnia principalmente onde é exigido no local uma grande resistência no solo, controlar erosões, fazer drenagens, impermeabilizações, separar materiais entre outras diversas funções. É uma tecnologia que gera um grande benefício na sua aplicação, onde será demonstrado em um referencial teórico como pode ser viável a utilização deste material. Mencionando desde sua origem e aos seus atributos, conjuntamente o desenvolvimento na execução gradualmente. De modo que este conhecimento exposto será analisado geocompostos selecionados pelos os autores, evidenciando as suas características físicas e hidráulicas como também o custo benefício para o engenheiro civil na sua obra.

PALAVRAS-CHAVE: Geossintéticos, geotecnia, solos, drenagem, filtro, hidráulica, execução.

1 INTRODUÇÃO

O progresso do geossintéticos na fase moderna foi evoluindo a cada década. Desde o uso em obras hidráulicas para proteção ante erosiva, como reforço entre elementos empregados em ações viárias. Do mesmo modo para muros de contenção, taludes, recapeamento asfálticos e condições ferroviárias (VERTEMATTI, 2004).

Desde então, a aplicabilidade de geossintéticos para obras de contenção e reforço de fundação vem aumentando gradativamente. No início dos anos 70, foram construídas as primeiras obras de contenção utilizando geotêxteis. (MITCHELL VILLET, 1987, p.85).

Com esta descrição de Mitchell e Villet pode-se observar que as evoluções foram desenvolvidas tecnologias e estudos para melhorar o progresso e gerar mais resultados na Engenharia Civil, destacando o ramo da Geotecnia. Ou seja, âmbito que lida com a integração de qualquer natureza com a fundação do projeto. O seu uso como um elemento de reforço vem sendo empregado ao decorrer dos anos visto que no mercado da construção civil, os geossintéticos vem ganhando o seu espaço para o destaque.

Por conseguinte, os geossintéticos tem como uma atribuição em destaque, a drenagem em solos. Esta por toda via, atua como filtração para o controle de erosão em aterros, contenção, áreas de disposição de resíduos, etc. (GOURC, 2008, p.02)

2 ORIGEM DOS GEOSSINTÉTICOS

No momento atual com as tecnologias avançadas para a área da engenharia, já encontra-se uma diversidade de polímeros voltados para serem incorporados à fabricação no mercado dos geossintéticos com propriedades além do esperado, afim de suprir as necessidades modernas da engenharia civil.

Na década de 1950, na Holanda, nas zonas costeiras do mar do Norte se realizou as primeiras aplicação dos geossintéticos para atuar como dreno em escora antierosiva, iniciando com sacos de areia e conseqüentemente introduzindo tecidos de náilon em obras hidráulicas. (SIQUEIRA, 1985)

Já nos países da América do Norte, os vanguardistas foram os pioneiros em aplicar geossintéticos não tecido de fibra em manta asfálticas. O continente Asiático foi além das expectativas, reforçou os solos moles para receber o aterro, desenvolvendo uma nova classe para os geocompostos como elemento separador entre materiais com características mecânicas e físicas opostas. (VERTEMATTI, 2004)

A partir de 1970 com a instabilidade e incerteza do âmbito Brasileiro socioeconômico, a introdução dos primeiros geossintéticos no território citado ultrapassou as expectativas positivas no progresso do campo de análise científicas, no surgimento de novos produtos na área de engenharia dos solos como a evolução de conhecimento de seus respectivos profissionais.

A inauguração dos geossintéticos no solo brasileiro teve como o objetivo amparar os aterros sobre solos de mínima qualidade significativa e em construções rodoviárias, no caso a BR-101.

São constados mais de quatrocentos artigos geotécnicos e manipulados em mais de cem aplicações diferentes de acordo com Gardoni e Palmeira (2002). Isso vem beneficiando a atividade acadêmica com o passar do tempo, uma evolução sensível e rica.

Representando hoje em dia nas disciplinas dos cursos superiores de engenharia, conseqüentemente em simpósios e congressos representados crescentemente por brasileiros.

3 OS PRINCÍPIOS BÁSICOS DA GEOTECNIA

Na engenharia Civil, o solo é fundamental e valioso para as obras, além de ter inúmeras finalidades em esferas divergentes. Este é considerado um material heterogêneo, com propriedades excepcionais evidenciando para as suas reações às tensões, referindo à compressão que não são versáteis podendo influenciar o seu desempenho, e anisotrópico, ou seja, suas qualidades e insumo são opostos.

Para solucionar os problemas e desafios apresentados anteriormente, foi introduzido o solo como conteúdo de suma importância na Engenharia. Os estudos avançados contribuíram para uma multiplicidade de métodos de investigação de subsolos, no Brasil o habitual é a sondagem, SPT, ou seja é um mecanismo de obter ricas informações para o profissional da área tomar decisões de projeto logo sua execução ficara mais eficaz, verídica e econômica, como o melhor seguimento para o terreno e suas fundações.

Visto que a Geotecnia é o ramo da Engenharia Civil que examina os solos e as rochas e como enfrentam com as ações diárias do homem. Sendo vulnerável ao meio ambiente, tem gerado uma intensa preocupação para esta área em todos os seus aspectos significativos. Ganhando ênfase no desabamento, desmoronamentos, deslizamentos, prevenção dos lençóis freáticos, administração dos impasses dos lixos.

4 ATRIBUTOS

Atualmente, os polímeros, ou melhor, as fibras, plásticos, adesivos, coberturas, borrachas e o principal os geossintéticos estão invadindo o nosso cotidiano, para proporcionar uma desenvoltura e qualidade na construção civil.

Para uma melhor compreensão a matéria prima dos polímeros em 1933, para nomear moléculas de pesos múltiplos. O termo é de origem grego, composto pelo o recurso de polimerização pois o prefixo poli remete “varias” e meros revela “fragmento”.

Os artefatos naturais citados acima são idênticos com tecidos e feitos de polímeros, tais como poliéster(PET), polietileno(PE), polipropileno(PP), cloreto de polivilina (PVC), náilon, polietileno clorado (CPE), poliamida (PA). (BRAJA, 2007, p. 165)

Em concordância com Braja (2007), estes polímeros citados são de menor escala em relação a essência de aditivos em sua produção. Por sua vez tem a atribuição melhorias nos processos de fabricação na engenharia geotecnia.

A principal causa da deteriorização de um geossintéticos, é o efeito da fotoxidação, causada pela radiação UV a mais energética, como também tem inúmeras ações prejudiciais aos geossintéticos. Pois causa uma ruptura de ligações dos polímeros que constituem o próprio, recomenda-se anexar com aditivos anti UV, sendo o negro-de-fumo o mais usual na confecção.

Diante de todas as virtudes, há enormes alternativas de combinações entre as composições oferecendo diferentes opções de geossintéticos cada uma com a sua especificidade atribuída para o uso no solo, como: proteção, separação, filtração, drenagem, reforço, controle de erosão superficial e impermeabilização.

Nota-se que os geossintéticos estão vulneráveis a agressividade química e mecânica, portanto deve-se ter atenção e cautela nas condições e à escolha adequada do polímero atender a cada tipo de aplicação. Embora o geossintéticos não dependem apenas do tipo de matéria-prima utilizada, mas em uma combinação de fatores que o influencia no processo.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DAS TÉCNICAS

Conforme a NBR ISO 10318-2:2018, o item analisado neste trabalho pode-se apresentar na forma de manta, estrutura tridimensional, ou tira, utilizado em contato com o solo ou outros materiais, em aplicações da engenharia geotécnica e civil. (ABNT,2018)

Os geossintéticos podem ser classificados em abundantes gêneros dependendo do procedimento de fabricação do mesmo. Como já citado acima, os geossintéticos sofreram um grande desenvolvimento que levou como decorrência o surgimento de uma diversidade tipo de materiais, como: Geotêxteis, geomembranas, geogrelhas, georredes e geocompostos (BATHURST, 2003).

4.1.1 GEOTÊXTEIS

Para Amauri (2015, p.03), os geotêxteis são mantas contínuas de fibras, tecidos, não tecidos, tricotados ou planos. Estas são flexíveis e permeáveis. Devido as propriedades mecânicas e hidráulicas eles podem desenvolver em várias funções em obra geotécnica.

As principais aplicações dos geotêxteis são em filtros, em drenos e como elementos de proteção de geomembranas. Os geotêxteis podem trabalhar diretamente com o solo ou em camadas. Sua utilização é muito comum na construção de aterros sanitários e canais. (DANTAS & AGUIAR,2004, p.208)

A sua estrutura pode ser do tipo tecido ou não tecido, quando suas fibras não seguem nenhum padrão de organização dos filamentos pois quando são fabricados seguem em agrupamentos aleatoriamente, ou fibras em forma de uma trama. (BATHURST, 2003)

4.1.2 GEOMEMBRANAS

As geomembranas são executadas com polímeros termoplásticos, incluindo, o polietileno de alta densidade (PEAD), o polietileno clorado e a poliamida. Podendo ser praticamente barreiras ao líquido ou vapor por conta de realização de ensaios que sucedeu que a sua condutividade hidráulica na faixa de 10^{-10} a 10^{-13} cm/s, porem são consideradas por pouco impermeáveis. (BRAJA, 2007, p. 98)

Com essa consideração muitas das vezes as geomembranas são reforçadas com tecidos para resultar um obstáculo hidráulico de qualidade. Resultando as resistências aos raios UV e aos ataques químicos, um desempenho importante já que as bordas e margens de lagos ficam expostos a esse tipo de radiação.

É evidente, na circunstância em que o reservatório seja utilizado para o cultivo de plantas ou piscicultura, o material encaminhado para a convecção da geomembrana deve ser atóxico. Considerando que seja estável ao ataque microbiano, evitando a formação de micro-organismos. (BRAJA, 2007, p. 103)

Sujeito à variação de possíveis movimentações da terra ou da estrutura, independentemente do material, a geomembrana deve possuir uma elasticidade acima de 300% sob a taxa suficiente para adequar o material a topografia. (BUENO,2004)

Devido a essa instabilidade do solo e a dilatação térmica ao material é recomendada a instalação no período do dia em que o mesmo não fique suspenso em momento algum. Para não ocorrer deformação do material e nenhum reparo para realizar após a instalação.

4.1.3 GEOGRELHAS

Dispõem-se produtos com estrutura em forma de grelha, usualmente as geogrelhas, com função predominante de reforço e apoio, cujas características mecânicas é direcionada à tração podendo ser bidirecional e ortogonal. (BUENO,2004)

As propriedades mecânicas ocorrem na parte inferior de dois mecanismos, cisalhamento na interface e o cisalhamento do solo confinado nos orifícios da malha. O primeiro acontece no contato entre o solo e as tiras longitudinais e transversais mobilizando o atrito entre o elemento polimérico e o solo adjacente. (BUENO,2004, p.96)

De acordo com Lopes (2010) a mobilização ao cisalhamento entre solos e mantas geocomposto é um fenômeno bidimensional influenciado pela extensibilidade do material. Impulsionando o atrito superficial solo-geogrelha para pequenos deslocamentos e o empuxo passivo nas barras transversais à medida que o deslocamento aumenta.

4.1.4 GEORREDES

Para aperfeiçoar a aplicabilidade das geogrelhas, foram criados as georredes. Um produto com estrutura em forma de grelha flexível, com função predominante de drenagem e distribuição de cargas, caracterizada pela sobreposição de duas series de fios. (GAIOTO,1997)

A estrutura é formada especificamente para transmitir o fluido de maneira uniforme sob uma grande variedade de condições de campo, ou seja, o seu papel é para atuar semelhante a um dreno, escoando líquidos e gases em obras de engenharia. Com isso consegue-se propiciar grande vazão apesar de pequena seção transversal, com a estrutura tridimensional com grande volume de vazios e ótima resistência química e mecânica.

Produzida a partir da extrusão de uma malha de PEAD e fios de poliéster de alta tenacidade, com revestimento contra raios UV e resistência deterioração mecânica e química, representada na figura 06 logo abaixo. (GAIOTO,1997)

4.1.5 GEOCOMPOSTOS

O eixo do contemporâneo trabalho é focalizado nos geossintéticos mais indicados e utilizados em obras de drenagem, conhecidos como Geocomposto, este produzido pela união de um ou mais filtros geotêxteis, como georredes, geomanta ou geoespaçador a um núcleo drenante. (VERTEMATTI,2004)

A presença de águas de infiltração e percolação em obras engenheiras, é um vantajoso transtorno para o profissional responsável pela área. Com isso foi necessário criar e prover estas obras eficazes um sistemas drenantes que evitem a presença de águas em pontos que possam comprometer a estrutura.

Esta geomanta é fabricada a partir de filamentos de polipropileno ou poliamida (nylon), tendo índice de vazios em torno de 95%. O núcleo é termosoldado a um ou dois geotêxteis não-tecidos de poliéster em todos os pontos de contato em conformidade com a figura 07. (ZUQUETTE, 2005)

5 FILTRAGEM

A água ao percolar no solo pode gerar forças que quando sob definido gradiente hidráulico provocam uma instabilidade na estrutura, lavando algumas partículas do solo, dessa forma pode ocorrer o fenômeno de erosão interna ou também o fenômeno de sufusão (MUÑOZ, 2005).

É denominada erosão interna quando ocorre a perda de partículas do solo de tamanhos variados, isso faz surgir grandes vazios na estrutura e sufusão na migração do particulado fino pelos canalículos formados pelas partículas com dimensões de tamanho maior em função das condições de fluxo.

Não se exige a prevenção da migração de todas as partículas do solo quando o solo é retido e sim que o solo a montante do filtro conserve-se imóvel. Outra forma de dizer, é que em algumas partículas pequenas acabam migrando pelo filtro sem que a estrutura do solo seja afetada por essa migração, pois nenhum movimento significativo é causado na massa do solo.

As partículas carregadas ao atravessarem o filtro, o dreno corre risco de ser obstruído se o meio drenante localizado a jusante do filtro não for corretamente dimensionado para que as partículas migradas não danifiquem seu devido funcionamento (GIROUD, 1996 apud MUÑOZ, 2005, p.27).

Todavia, quando uma grande quantidade de partículas carregadas do solo são retidas do solo pelo geotêxtil, pode ocorrer colmatação do filtro que segundo Palmeira (2003), colmatação é um termo geral empregado para caracterizar o mau funcionamento de um filtro causado por uma incompatibilidade entre dimensões das partículas do solo de base e dos poros do filtro.

Na qual resulta em uma severa perda de capacidade de descarga do sistema drenante, aumento de poro-pressão na vizinhança do filtro e alteração das condições inicialmente estabelecidas para o regime de fluxo em filtros geotêxteis a colmatação pode ocorrer por cegamento, bloqueamento superficial ou colmatação interna dos poros, onde na figura 10 demonstra esse conceito.

6 DRENAGEM COM GEOSSINTÉTICOS

Segundo a norma NP ISO 10318, drenagem possui a função de recolher e movimentar água pluviais, águas freáticas entre outros fluidos por meio de geotêxtil ou semelhantes.

Quando os Geossintéticos são colocados de forma que permitem a passagem de água ou gás ordenada ao longo de seu plano sem que o solo se perca pois segundo Lopes, (2010) a drenagem consiste na separação e faz que somente o fluido tenha livre circulação em seu plano.

A função principal desses geossintéticos segundo Lopes (2010), é de assegurar a saída de fluidos com a menor perda de carga possível e evitar que partículas sólidas entrem na corrente do fluxo dos geossintéticos por tempo indefinido.

O dimensionamento de espessura e compressibilidade deve ser previsto em projeto para assegurar que não ocorra a passagem de partículas sólidas sem que sejam retidas ou que ocorra colmatação.

7 CONDICIONANTES PARA O FILTRO GEOTÊXTEL

Um filtro em engenharia geotécnica deve ter aberturas pequenas o suficiente para reter o solo e, ao mesmo tempo, deve ser permeável o bastante para permitir que a água passe livremente através dele (GIROUD, 1996 apud ALMEIDA, 2000, p.29).

Isto significa que o filtro deve obedecer a um critério de retenção e a um critério de permeabilidade, ambos contraditórios tendo em vista que a permeabilidade do filtro aumenta com o aumento do tamanho de poros. Mesmo assim, é possível encontrar um filtro que atenda a ambos os critérios.

8 PARÂMETROS DE APLICAÇÕES

Os Geossintéticos para drenagem e filtração são feitos de materiais geotêxteis, georredes e geocompostos, onde podem ser usados em obras como contenção, aterros, controle de erosão, áreas de disposição de resíduos, etc. (PALMEIRA,2018)

Na maioria dos casos, os geocompostos drenantes filtram, captam e concentram as águas drenadas do solo. No entanto, por serem estruturas esbeltas, não podem não ser capazes de conduzir toda a água acumulada ao longo dos drenos, cujos comprimentos podem atingir dezenas ou centenas de metros.

Segundo Aguiar & Vertematti (2004) a diversidade dos problemas de engenharia e dos condicionantes de projeto pode requerer que, em situações específicas, haja produtos manufaturados diversos à disposição que possam atender às necessidades particulares das obras.

Nesse sentido, o fato de se poder contar com produtos fabricados a partir de matérias-primas diferentes, com propriedades físicas, mecânicas e químicas distintas, constitui uma grande vantagem técnica, pois em cada situação específica um produto pode fornecer as características exigidas pelo projeto.

9 SUSTENTABILIDADE

A carga elétrica consumida é significativo no custo de fabricação de qualquer outro produto. Porém é destacado para a produção de materiais direcionados à área de construção civil, pelo o motivo que a grande parte destes são compostos por plásticos, apresentando um consumo mínimo e significativo de energia em relação aos outros compostos como o metal, aço e alumínio.

Manifestando assim uma sustentabilidade conveniente e coerente devido á menor utilização de equipamentos e de água e a aptidão de execução, ocasionando os seus efeitos em obrar cujas construções provoquem menos impactos ambientais que as aplicações de engenharia convencionais.

De acordo com a ideia de Palmeira (2018), as obras que utilizam ferramentas não convencionais ou com baixa tecnologia padrão, conduzindo a sustentabilidade junto com a aplicação do geocomposto, proporcionando um efeito satisfatório e favorável tanto para a obra do tipo de pavimentação em solos fracos tanto para o meio ambiente.

10 PRODUTOS QUE NÃO ATENDEM ÀS NORMAS TÉCNICAS

Os geotêxteis não tecidos produzidos para uso em obras de geotecnia devem apresentar características técnicas adequadas para que cumpram suas funções. Conforme descrito anteriormente, as principais são reforço, filtração, drenagem, separação, impermeabilização e controle de erosão superficial. Algumas das principais atribuições dos geotêxteis não tecidos estão relacionadas à gramatura á resistência à tração faixa larga, cujos valores são calculados e especificados para uso em obras específicas.

Quanto aos problemas ocasionados pelo uso de produtos que não atendem às normas técnicas, há uma preocupação do setor de que os produtos entregues nas obras apresentem a marcação na embalagem e no produto, para orientar seu uso nas obras e evitar que um produto sem a correta identificação seja utilizado indevidamente e possa comprometer o desempenho da obra.

Os problemas decorrente nas estruturas enterradas ou submetidas a empuxo de terra se tornam possíveis pela possibilidade desses casos haver solicitações por parte da presença da água no solo.

Portanto, há a necessidade de prever um sistema de drenagem eficaz, e em certos casos por não possuir espaço ou tempo para providenciar um sistema de drenagem grande e demorado, o geocomposto é uma das soluções mais efetivas para resolver e facilitar este problema em uma obra como descreve o Manual Técnico da Maccaferri (2010).

Em uma estrutura de contenção ou de uma estrutura enterrada conforme a Maccaferri (2019), quando a presença de nível d'água é constante pode levar a um aumento excessivo das tensões horizontais sobre essas estruturas e a um conseqüente aumento de sua robustez durante a fase de projeto.

11 APLICAÇÃO EM TRINCHEIRAS

Aplicando este método pretérito na Engenharia Civil no século XX, o propósito da trincheira é similar. Nesta área, é aplicado para abater descargas de pico de um escoamento superficial e promover a recarga do aquífero, e também realizar o tratamento do escoamento pela infiltração no solo.

As trincheiras de infiltração podem ser instaladas em múltiplos locais, tais como estacionamentos, centros comerciais, jardins, ao longo de vias públicas e podem ser usadas conjuntamente com poços de infiltração, valetas, bacias de detenção, entre outras opções (CASTRO, 2007, p.393).

São formadas por valetas revestidas por diversos tipos de material granular. Para envolver o material, coloca-se uma manta geotêxtil entre a trincheira e a superfície e então é recoberto por uma camada de seixos, para impedir a entrada de material fino na estrutura protegendo o lençol freático. (SILVA, 2005).

As trincheiras de infiltração podem ser instaladas em múltiplos locais, tais como estacionamentos, centros comerciais, jardins, ao longo de vias públicas e podem ser usadas conjuntamente com poços de infiltração, valetas, bacias de detenção, entre outras opções. (CASTRO, 2007, p.393).

11.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS

A fim de minimizar os crescentes problemas de drenagem urbana, tenta-se fazer com que a água das chuvas seja interceptada, retardando o tempo de sua chegada na rede de drenagem e, conseqüentemente, diminuindo a vazão de pico. Boas alternativas de controle do escoamento superficial são as chamadas estruturas compensatórias de drenagem, como as trincheiras de infiltração.

Boas alternativas de controle do escoamento superficial são as chamadas estruturas compensatórias de drenagem, como as trincheiras de infiltração.

11.2 MANIPULAÇÃO

Segundo Shaver (1986), trincheiras de infiltração são projetadas para capturar um volume de escoamento que será drenado completamente no subsolo dentro de algum tempo especificado para que o risco de estouro tendo o resultado de outra tempestade seja mínimo. Este período de tempo, especificado como tempo de armazenamento é normalmente dado na literatura como de 72 horas.

Uma estrutura de pavimento ou ferrovia pode perder resistência pela água em seu interior, por fluxo ascendente ou adjacente a ela. A remoção dessa água pode melhorar o desempenho da ferrovia ou pavimento a longo prazo da estrada.

Os drenos de vala tradicionais à beira das estradas e ferrovias que utilizam drenos de brita podem agora ser substituídos com a alternativa moderna: o geocomposto drenante MacDrain e outros.

Estes geocompostos atuam como sistemas drenantes prontos reduzindo a escavação, volume de material de escavação e dispensam o uso de recursos naturais, sendo mais econômicos e duráveis.

O preenchimento com qualquer tipo de brita, embora reduza o volume de água que possa ser armazenado na trincheira, acaba proporcionando mais segurança e propicia maior estabilidade do talude, com isso o risco de erosão é reduzido.

Segundo Dean (2005), ao considerar o material de preenchimento usado na trincheira, o volume de armazenamento eficaz pode ser calculado multiplicando o volume de armazenamento da trincheira pela porosidade do material usado para preencher a trincheira.

12 GEOSSINTÉTICOS ESPECÍFICOS E SUAS FUNÇÕES

12.1 MAC DRAIN TD

Um dos geossintéticos analisado no presente trabalho foi desenvolvido para ser aplicado em obras viárias, pátios, estacionamentos, etc. Este dreno sintético é capaz de captar, conduzir e escoar o excesso de água provenientes da chuva, sistemas de irrigação, rebaixar o lençol freático.

Sua instalação é extremamente simples e prática, pois já traz incorporada uma bolsa com guia para acondicionamento do tubo dreno. É necessário somente a abertura da vala, posicionamento do dreno e o reaterro para a construção do sistema drenante.

Para se obter a capacidade de vazão do elemento analisado na presente esfera é necessário determinar a tensão a que este estará submetido. Adota-se, a favor da segurança, um valor aproximado para o coeficiente de empuxo no repouso $K_0 = 0.40$, obtendo assim a tensão horizontal efetiva. (MACCAFERRI,2009):

$$P = \gamma \times h \times K_0 = 18 \times 1.40 \times 0.4 \cong 10.00 \text{ kPa}$$

A partir das informações comentadas anteriormente se verifica a total viabilidade técnica na aplicação do MacDrain TD em substituição a uma trincheira em dreno cego, cuja capacidade drenante é bastante reduzido. O tempo que leva para a água alcançar o tubo, que devido ao fenômeno de difusão causa um grande retardo no abastecimento da trincheira.

12.2 TD 20.2

O MacDrain TD 20.2 é um geocomposto para drenagem leve e flexível, cujo núcleo drenante é formado por uma geomanta tridimensional, fabricada com filamentos de polipropileno entre dois geotêxteis não-tecido de poliéster em todos os pontos de contato, exceto na região destinada à inserção do tubo perfurado. (MACCAFERRI,2008)

A trincheira de infiltração proposta juntamente com o pavimento semipermeável contém um tubo de drenagem ligado à rede de drenagem urbana para que o excesso de

água seja conduzido para a trincheira de infiltração, sendo escoada para o solo e não para a rede de drenagem urbana.

Assim, este modelo poderia ser adotado em cidades que têm seus sistemas de drenagem urbana saturados, fazendo com que a água que seria destinada à rede de sendo escoada para a trincheira de infiltração. É fundamental o investimento em novas técnicas para controle do escoamento superficial para não onerar ainda mais os sistemas convencionais de drenagem.

12.3 MACDRAIN J

Com a revolução e o desenvolvimento nos sistemas de drenagem em jardins, campos desportivos, floreiras, telhado verdes e jardins suspensos tem uma grande variedade de geossintéticos no mercado. Este dreno sintético é capaz de captar, conduzir e escoar o excesso de água proveniente de chuvas, sistemas de irrigação.

Apresentando máxima eficiência e rapidez, como também grandes vantagens técnicas, construtivas e econômicas em relação aos sistemas estudados acima no presente trabalho. Este dreno é aplicado com simplicidade e praticidade pois ele é instalado entre a estrutura e a cobertura com solo vegetal.

Devido a sua pequena espessura e baixo peso, permite a diminuição da altura da floreira e a redução da sobrecarga na estrutura. Outras características de suma importância é a sua elevada capacidade de vazão, reduzindo a sobrecarga na estrutura e minimizando o saturamento do solo vegetal. (MACCAFERRI, 2008)

Como referenciado anteriormente sobre as variações de materiais, tem-se o modelo J 20.2. O mesmo é para drenagem leve e flexível, cujo núcleo drenante é formado por uma geomanta tridimensional com filamentos de polipropileno um geotêxtil não-tecido de poliéster em todos os pontos de contato. (MACCAFERRI, 2008)

12.4 MACDRAIN 2L 20.2

O tipo de geocomposto analisado a seguir é o MacDrain 2L 20.2, um material para drenagem leve e flexível, cujo núcleo drenante é formado por uma geomanta tridimensional, fabricada com filamentos de polipropileno e termosoldada entre dois geotêxteis não-tecido de poliéster em todos os pontos de contato. (MACCAFERRI, 2009)

Os geotêxteis sobressaem 100 mm além do núcleo nas laterais para garantir uma perfeita continuidade do sistema nas juntas e permitir a execução das sobreposições. Na figura 25 demonstra um desenho do geocomposto aplicado: (MACCAFERRI, 2009)

12.5 MACDRAIN FP 2L 20.2

Existe para algumas ocasiões, o MacDrain FP 2L 20.2 que é um geocomposto com as mesmas características anteriores, porém o núcleo é termosoldado entre dois geotêxteis não-tecidos em todos os pontos de contato, sendo um dos geotêxteis de poliéster e o outro laminado de polipropileno. (MACCAFERRI, 2009)

Este serve para aplicação em construções onde o espaço pode ser limitado pela proximidade de estruturas vizinhas e são necessário a utilização de fôrmas, pois esse tipo de geocomposto além de assegurar excelente drenagem, também pode atuar como fôrma perdida, permitindo concretagem diretamente contra sua superfície, economizando formas e espaço.

Uma de suas faces é praticamente impermeável, evitando a colmatação de seu núcleo pela nata do cimento, evita também o carreamento de partículas de solo deixando o seu sistema drenante funcionando.

13 SISTEMA DE DRENAGEM VERTICAL E HORIZONTAL

13.1 VERTICAL

Quando ocorre uma situação de drenagem crítica onde o aterro é constituído por solo altamente permeável, o sistema de drenagem ao ser construído com o geocomposto drenante pode abranger várias exigências técnicas relacionadas à vazão, resistência, e compressão se comparado por um projeto de drenagem convencional.

Foi elaborado de acordo com os cálculos do Prof. Dr. Pérsio de Almeida juntamente com a empresa MACCAFERRI um exemplo para a avaliação da eficiência do geocompostos, onde se calcula a capacidade de captar o fluxo de águas que percolará através de um aterro contido por uma estrutura de 10 m de altura. (MACCAFERRI, 2009) Assim, determina-se o fator de forma desta rede, definido como a relação entre equipotenciais e linhas de fluxo (N_f / N_q), aplicado à fórmula abaixo determina a referida vazão: (MACCAFERRI, 2009)

$$Q = k \times h \times \frac{(N_f)}{(N_q)}$$

Onde:

k = coeficiente de permeabilidade do solo = 10^{-3} cm/s;

h = altura da estrutura = 10 m;

N_f = número canais de fluxo = 6;

N_q = número de perdas de carga unitária = 8;

Portanto, tem-se como vazão resultante:

$$Q = 10^{-5} \times 10 \times \left(\frac{6}{8}\right)$$

$$Q = 0,000075 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0,075 \left(\frac{\text{l}}{\text{s}}\right) / \text{m}$$

Para se obter a capacidade de vazão que escoará pelo Geotêxtil é necessário determinar a tensão a que este estará submetido. Adota-se, a favor da segurança, um valor aproximado para o coeficiente de empuxo no repouso $K_0 = 0.5$, equivalente a um solo com ângulo de atrito de 30 graus. (MACCAFERRI,2009)

O peso específico é de $\gamma = 20 \text{ kN}/\text{m}^3$, se assumido que o peso específico adotado para o solo seja o saturado e o peso específico submerso deve ser $10 \text{ kN}/\text{m}^3$, obtendo assim a tensão horizontal efetiva P :

$$P = \gamma \times h \times K_0$$

$$P = 10 \times 10 \times 0,5$$

$$P = 50 \text{ kPa}$$

O geocomposto, depois de aplicado, apresenta uma capacidade de vazão 7,2 vezes maior do que a vazão que o solo pode conduzir, satisfazendo a todas as exigências técnicas impostas pelas condições locais, substituindo com eficiência um sistema de drenagem convencional. (MACCAFERRI,2009)

13.2 HORIZONTAL

A drenagem horizontal se faz necessária em áreas verdes destinadas ao esporte e lazer. Em tais casos, deve haver água suficiente para o crescimento da vegetação, porém, esta não deve se apresentar em excesso, pois prejudicaria a prática da atividade à qual se destina tal área e ainda causaria a redução do oxigênio nas raízes, provocando danos à vegetação.

O cálculo a seguir com a metodologia e cálculos revisados pelo Prof. Dr. Benedito de Souza Bueno (2008, p.02) demonstra a drenagem com brita mais um geotêxtil convencional, e em seguida um exemplo de aplicação do geossintético analisado Mac-Drain2L. (MACCAFERRI, 2008)

Será determinada a espessura c do colchão drenante, necessária para escoar as águas de uma precipitação de uma chuva torrencial de curta duração de 30 minutos. (MACCAFERRI, 2008)

$$Q = 0,03 \left(\frac{l}{s}\right) / m^2$$

Para isso serão utilizados os seguintes dados:

$k = 10^{-2}$ = coeficiente de permeabilidade da brita 1 [m/s]

$b = 0,20$ = espessura do solo de cobertura [m]

De acordo com a Lei de Darcy é possível determinar a máxima vazão do colchão drenante, denominado Q_{max} , para uma faixa de um metro, através da seguinte equação(MACCAFERRI, 2009):

$$Q_{m\acute{a}x} = k/E \times 4 \times c^2$$

Com base na precipitação, determina-se a vazão que o dreno deverá suportar, denominado Q_{dreno} , também para uma faixa de um metro:

$$\begin{aligned} Q_{dreno} &= q \times E \\ Q_{dreno} &= 0,03 \left(\frac{l}{s}\right) / m^2 \times 5m \\ Q_{dreno} &= 0,15 \left(\frac{l}{s}\right) / m \end{aligned}$$

Considerando buscar uma permeabilidade mais elevada, determina-se a espessura do colchão drenante através da seguinte igualdade:

$$Q_{m\acute{a}x} = Q_{dreno}$$

$$c = \frac{E}{2} \sqrt{\frac{q}{k}} = \frac{5}{2} \sqrt{\left(\frac{0,00003}{10^{-2}}\right)} = 0,14 \text{ m}$$

Assim, o colchão drenante em brita necessitará ter, para escoar a vazão de 0,15(l/s)/m, uma espessura de, aproximadamente 14 cm, que na prática resulta na aplicação de uma camada de agregado de 20cm. (MACCAFERRI,2008)

Em drenagem horizontal, consiste a aplicação do dreno sobre uma superfície regular com a finalidade de captar e escoar rapidamente a precipitação pluviométrica que é comparado e mostrando a eficiência em relação ao sistema convencional que utiliza brita e geotêxtil. (MACCAFERRI, 2008)

13.3 COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE O SISTEMA MACDRAIN E O SISTEMA CONVENCIONAL

No método convencional emprega-se uma tábua que se eleva a cada etapa de compactação do aterro, enquanto com o geocomposto MacDrain 2L é necessário somente que um ajudante o fixe à estrutura deixando a execução do aterro independente da drenagem fazendo esse esquema ser mais eficiente, econômico, e com mais rapidez de execução (MACCAFERRI, 2009).

O custo direto não é muito diferente, mas já é uma opção de controle de gastos, principalmente pelo fato da eficiência e facilidade da execução da obra gerando economia de tempo e custo, de uma maneira indireta pois fica sendo necessária poucas operações para a implantação do sistema de drenagem horizontal.

14 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente trabalho acadêmico possibilitou uma análise ampla, através de estudos teóricos, no contemporâneo tema a utilização de drenantes no domínio da geotecnia.

Referindo aos antepassados a evolução de polímeros significou poderosamente no âmbito da construção civil. Realçando na parte hidráulica deste, tendo o papel de atuação como drenante quando aplicados diretamente e indiretamente nos solos. Ficando evidente que o mercado consumidor consta uma variedade de produtos geotêxteis.

Desde então este é exposto para o uso desse material e expandir no país por conta da sua grande variedade de aplicação e características mecânicas que se tornaram fundamentais para o reforço dos solos e assim resolvendo vários problemas como de controle de permeabilidade.

As propriedades desses materiais geotêxteis devem ser específicas, tanto física quanto química. Assim o filtro drenante que deve possuir aberturas com espessuras definidas para reter o solo e proporcionar ao mesmo tempo que a água escoar, onde sua orientação é de suma importância no projeto para ser utilizado um geossintético próprio para cada objetivo.

No auge da concorrência mercantilizada, é enfatizado os catálogos que a empresa Maccaferri disponibiliza aos seus consumidores. Onde o seu leque de aplicações em geocompostos é soberbo diante a drenagem civil.

Em obras construtivas tanto horizontais quanto verticais as membranas geossintéticas estabelecem o seu papel impermeabilizante. Com a modernização na zona urbana é habitual a elaboração de trincheiras, telhados verdes e contenções, dessa maneira assentando estes artefatos polímeros, a duração de cada é significativa em comparação ao uso comum de demais geocompostos.

Com o projeto considerado, chegamos as conclusões baseadas através destas revisões bibliográficas, onde uma boa alternativa para solucionar problemas de impermeabilidade é o uso de geossintéticos, e assim pode se ter mais eficiência no controle do solo.

Desta forma podemos perceber que de uma forma evidente, o projeto tem uma influência tanto no custo total, quanto no custo global da construção e também em facilitar a execução durante a evolução da obra aplicando tecnologias com polímeros.

REFERÊNCIAS

- Aguiar, P. R. & Dantas, J. C. (2004). **Aplicações em drenagens. Manual Brasileiro de Geossintéticos**, Dantas, J. C. (ed), Edgard Blucher, São Paulo.
- Aguiar, P. R. & Vertematti, J. C. (2004). **Aplicações em drenagens. Manual Brasileiro de Geossintéticos**, Vertematti, J. C. (ed.), Edgard Blücher, São Paulo, pp. 225-240.
- ALLEN T.M.. BATHURST R.J., 2003. **Prediction of reinforced loads in reinforced.** Washington State Department of Transportation, Report WA-RD
- ALMEIDA, Maria Gardoni. **Estudo do comportamento dreno-filtrante de Geossintéticos sob compressão.** 2000. 336p. Tese de Doutorado em geotecnia. Faculdade de Tecnologia Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 2000.
- ALMEIDA, Pérsio Barros - Depto. de Geotecnia e Transportes- **Informe Técnico MACCAFERRI**, Sistema de Drenagem Vertical, FEC - UNICAMP - Campinas 2009
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10318: Geossintéticos Parte 1: Termos e definições.** 2013.
- BUENO, Benedito de Souza. Matérias Primas. In: VERTEMATTI, José Carlos. **Manual Brasileiro de Geossintéticos.** São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2004.
- CASTRO, C. E. M. **Inundações urbanas.** – Porto Alegre: ABRH/RHAMA. 2007. 393p.
- COSTA, Amauri Harvey da. **Versatilidade dos geossintéticos aplicada à engenharia.**2015. Disponível em:
<<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/22322229.pdf>>.
- DAS, Braja. M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica.** São Paulo: Thomson, 2007.
- DEAN, V. C. G. R. 2009. 170 p. **Análise Experimental e Numérica de Trincheiras de Infiltração em Meio Não Saturado.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2005.
- ENGEPOL, Geossintéticos Ltda. **Manual técnico de Geossintéticos** . 4. ed. Barueri - SP: [s.n.], [20--]. 81 p.
- FREITAS, Raquel Almeida Santos. **Comportamento de Geotêxteis como Filtro em Resíduos Fosfógeno e Lama vermelha.** 2003. 122 p. Tese de Mestrado (Mestre em Ciências em Engenharia Civil) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, São José dos Campos, 2003.
- Gardoni, M. G. A. & Palmeira, E.M. (2002). **Desempenho de drenos geotêxteis em condições de serviço. Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica**, ABMS, São Paulo.

INFORMAÇÕES BÁSICAS. **Geofoco**. Disponível em: < <http://geofoco.com.br/geossinteticos/geomembrana/>>.

JOHN, N. W. M., 1987, **Geotextiles**, Blackie and Son Ltda. Glasgow and London, 347.

LOPES, M.P.; LOPES, M.L. **A durabilidade dos Geossintéticos**. 1ª ed. Rua dr. Roberto Frias - Porto. Norprint, 2010

LOPES, Mônica Aleixo; GAIOTO, Nélío. **Estabilidade de uma barragem de terra para contenção de rejeito, construída em etapas, condicionada pelas juntas de construção**. 1997. Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

MACCAFERRI. **Catalago Técnico**. Belo Horizonte: Ieca, 2009.

MACCAFERRI. **Drenante Verde**. Rio de Janeiro: Ieca, 2008.

MACCAFERRI. **Ficha Técnica MacDrain® FP 2L 20**. 2009.

MACCAFERRI. **Informativo de Instalação**. Curitiba: Ieca, 2007.

MACCAFERRI. **Manual Instalação Trincheira Drenante**. Rio de Janeiro: Ieca, 2008.

MACCAFERRI. **Sistema de Drenagem Horizontal com o Geocomposto MacDrain®**. São Paulo, 2009.

MACCAFERRI. **Sistema De Drenagem Vertical com o Geocomposto MacDrain®**. São Paulo, 2009.

MACCAFERRI. Manual Técnico. **Critérios Gerais para projeto, especificação e aplicação de geossintéticos**, 2010.

MACCAFERRI. **CATALAGO: GEOCOMPOSTO**. Disponível em: <<https://www.maccaferri.com/br/solucoes/trincheiras-drenantes/>>. Acesso em: 23 abr. 2009.

Mitchell, J.K. e Villet, W.C.B (1987) **Reinforcement of earth slopes and embankments**. NCHRP Rep.No.290, Transportation Research Board, Washington, D.C., USA.

MUÑOZ, Catarina Silveira. **Desempenho de geotêxteis na filtração de solos internamente instáveis**. 2005. 119 p. Tese de Mestrado (Mestre em Ciências no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Infra- Estrutura Aeronáutica)- Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2005.

O QUE SÃO GEORREDES. **Geofoco**. Disponível em: < <http://geofoco.com.br/o-que-sao-georredes/>>. Acesso em Setembro de 2018.

PALMEIRA, Ennio Marques. **Geossintéticos em Geotecnia e Meio Ambiente**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018. 368 p.

SHAVER, N. O. **Curso: Tecnologias Alternativas em Drenagem Urbana**. Escola de Engenharia – UFMG. 1986.

SILVA, Cássio André. **Ensaio de transmissibilidade em Geocompostos para drenagem**. 2007. 123 p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Faculdade de Tecnologia Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

SILVA, Marco. **Engenharia Drenante**. Florianópolis: Ghous, 2005.

SOCIEDADE INTERNACIONAL DE GEOSSINTÉTICOS (IGS NEWS). *GOURC, J.P.; PALMEIRA, E.M. Geossintéticos em Drenagem e Filtração*. Tradução : Marianna J.A. Mendes, Engenheira Civil, com mestrado em Geotecnia pela Universidade de Brasília.

Disponível em: <<https://www.geosyntheticssociety.org/wpcontent/plugins/resources/documents/Drainage%20and%20Filtration/Portuguese.pdf>>.

SONDHAUS, Lawrence. **A primeira guerra mundial**. Indianopolis: Kindle, 1997.

SOUSA, Rainer Gonçalves. **A vida nas trincheiras**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/historiag/a-vida-nas-trincheiras.htm>>.

SOUZA, Benedito Bueno - Chefe do Lab. de Geossintéticos - **Informe Técnico MACCAFERRI**, Sistema de Drenagem Horizontal, USP - São Carlos 2009

SOUSA, C. F. **Estudo da Aderência e Interação Solo-Geossintético**. Dissertação de Mestrado em Geotecnia, Universidade de Brasília, DF, 2005.

SOUZA, C. F. **Mecanismos técnico-institucionais para a sustentabilidade da drenagem urbana**. 2005. 174p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre. 2005

TECNOLOGIA E QUALIDADE DE SISTEMAS EM ENGENHARIA LTDA. **Programa Setorial de Qualidade de Geotexteis Não tecidos**. São Paulo, 2017

TUCCI; MARQUES. **Relatorio Tecnico Drenante**. Sao Paulo: Khos, 2001.

VERTEMATTI, José Carlos. **Geossintéticos em estruturas de contenção e taludes íngremes**. Aplicações de geossintéticos em geotecnia e meio ambiente, São Paulo, 2004.

VERTEMATTI, José Carlos. **Manual brasileiro de geossintéticos**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2004.

ZUQUETTE, L.V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração**. São Carlos, SP, 1993. 2v. Tese de Livre Docência - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo/USP.