

USO DE GEOSSINTÉTICOS EM OBRAS CIVIS: UMA JUSTIFICATIVA DE RELEVÂNCIA DA APLICAÇÃO

Fernanda Ferreira da Costa¹
Kenia Parente Lopes Mendonça²
Jocélio Cabral Mendonça³

RESUMO

A construção civil está continuamente em processo de mudança. Novas tecnologias e novos materiais surgem a cada dia dispendo-se a solucionar melhor e mais rapidamente os problemas que surgem no decorrer da execução de uma obra. Embora seja uma tecnologia muito importante para sanar diversos problemas na engenharia, a utilização dos geossintéticos, muitas vezes, é barrada pelo corpo técnico e por usuários devido à pouca divulgação e informação a respeito desses produtos. Este artigo discorre sobre a utilização de geossintéticos em obras civis, abordando conceitos, classificações e tipologias. Além disso, são abordadas também suas principais aplicações e benefícios. Através desta abordagem, serão evidenciadas algumas obras relevantes no Brasil com a utilização de geossintéticos, buscando-se realçar sua importância para os diversificados tipos de obras.

Palavras-chave: Tecnologia. Geossintético. Construção.

ABSTRACT

Civil construction is continually in the process of change. New technologies and new materials arise every day and are prepared to solve better and more quickly the problems that arise in the course of the execution of a work. Although it is a very important technology to solve many problems in engineering, the use of geosynthetics is often barred by the staff and users due to the lack of disclosure and information about these products. This article discusses the use of geosynthetics in civil works, addressing concepts, classifications and typologies. In addition, it is also addressed its main applications and benefits. Through this approach will be evidenced some relevant works in Brazil with the use of geosynthetics, seeking to highlight its importance for the diversified types of works.

Keywords: Technology. Geosynthetics. Construction.

INTRODUÇÃO

Os geossintéticos surgiram como resposta a inúmeros problemas em engenharia e, diante das incertezas dos materiais naturais com que lidamos todos os dias, os mesmos executam um papel muito importante auxiliando na redução dessas inseguranças.

De acordo com Vertematti (2015), atualmente o crescimento urbano das grandes cidades, combinado ao porte das obras da engenharia moderna, impossibilitam a livre escolha do melhor local. Normalmente, os melhores locais já comportam construções e as poucas áreas nobres que restam passam a ser supervalorizadas.

¹ Estudante universitária na Politécnica de Engenharia da Católica do Tocantins. E-mail: fernandafc15@hotmail.com/nandafc15@gmail.com.

² Graduada em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Especialista em Saneamento Ambiental pela Fundação Universidade do Tocantins. E-mail: kenialopesmendonca@gmail.com

³ Professor orientador Mestre na Católica do Tocantins. Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Goiás. Mestre em Geotecnia pela Universidade de São Paulo. E-mail: joceliocabralmendonca@gmail.com

Em um mundo com números crescentes de habitantes e recursos naturais cada vez mais escassos, é clara a percepção de que há a necessidade de se pensar em obras sustentáveis. Arelado a isso, é relevante ressaltar que há também a imposição de se executar obras mais seguras, potencialmente mais econômicas, que tenham maior vida útil, maior trabalhabilidade e maior rapidez de execução.

Ao se pensar também na construção de obras mais sustentáveis, como por exemplo, na construção de um aterro sanitário, é imprescindível que se lance mão de artefatos que impeçam a contaminação do solo pela ação do chorume, evitando danos ambientais de difícil solução e recuperação onerosa.

Em situações como essa é que percebe-se que a utilização de geossintéticos se aplica: quando é necessário conviver com contrariedades, quando as sondagens indicam solos que demandam de reforços, tratamentos, inclusões etc., para se adaptarem ao que as grandes obras solicitam e aos requisitos que as construções sustentáveis impõem.

Segundo Vertematti e Aguiar (2015), várias são as aplicações e tecnologias de uso dos geossintéticos, concomitantemente, uma ou mais funções, tendo-se como principais: controle de erosão superficial, drenagem, filtração, barreira, proteção, reforço e separação.

Entretanto, muitas vezes, sua capacidade e formas de utilização são barradas pelo corpo técnico e por usuários, devido à pouca divulgação e informação desses produtos.

1. CONCEITUAÇÃO DE GEOSSINTÉTICO

De acordo com Ferreira (2001), geossintético é um termo composto por “geo + sintético”, que significa “terra + um produto manufaturado pelo homem”.

“A denominação geossintéticos é usada para descrever, de forma geral, produtos sintéticos utilizados para a solução de problemas de engenharia civil nas áreas de geotecnia, estradas, estruturas, hidráulica e saneamento.” (QUEIROZ, 2009, p. 363).

Segundo Lotti e Bueno (2015), geossintéticos são constituídos principalmente por polímeros e aditivos. Na produção dos geossintéticos, os mais importantes polímeros utilizados como matéria prima são: polipropileno (PP); polietileno (PE); poliéster (PET); poliamida (PA); polivinil clorado (PVC); etileno-propileno monômero diênico (EPDM); poliaramida (PPTA); polivinil álcool (PVA) e o polietileno clorado (CPE).

De acordo com Bueno e Vilar (2015), os geossintéticos podem atuar desempenhando diferentes funções em um projeto de engenharia, como por exemplo, drenando líquidos e gases, separando dois materiais distintos, impermeabilizando e reforçando.

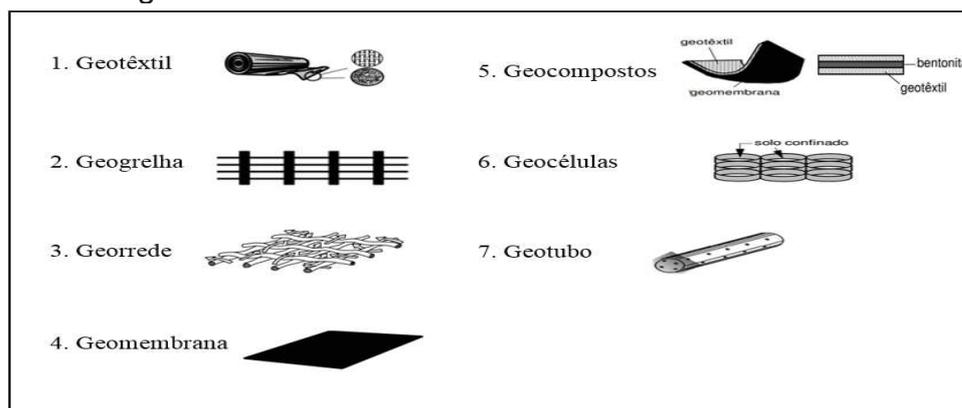
Ainda, segundo Bueno e Vilar (2015), para se atender às exigências da obra, os geossintéticos devem ser selecionados baseando-se em propriedades de engenharia que acatem as condições técnicas a que serão sujeitos, quando em serviço.

2. TIPOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO

Segundo a Sociedade Internacional de Geossintéticos – IGS (2015), os geossintéticos podem ser classificados genericamente em categorias dependendo do processo de fabricação. As descrições e denominações usuais das principais famílias de geossintéticos são:

- Geotêxteis: são mantas permeáveis e flexíveis, com fibras contínuas ou filamentos, podendo ser tecidos, não tecidos, tricotados ou costurados;
- Geogrelhas: são produtos geossintéticos em forma de grelha;
- Georredes: são produtos que possuem alta porosidade ao longo de seu plano e que, portanto, têm a drenagem como função predominante. Apresenta aparência semelhante à das grelhas;
- Geomembranas: por possuírem baixíssima permeabilidade, são muito utilizadas em obras de impermeabilização. São mantas flexíveis e contínuas constituídas de um ou mais materiais sintéticos;
- Geocompostos: são geossintéticos formados pela combinação de dois ou mais tipos de geossintéticos como, por exemplo: geotêxtil-geogrelha; geotêxtil-georrede; geocomposto argiloso (GCL) ou georrede-geomembrana. Já os geocompostos drenantes são formados por um núcleo plástico drenante envolto por um filtro geotêxtil;
- Geocélulas: são composições tridimensionais relativamente espessos, constituídos por células interligadas que são preenchidas com solo e, em alguns casos, concreto;
- Geotubos: são produtos com função drenante para líquido ou gases, devido à sua forma tubular com perfurações. Dependendo das especificações da obra, o geotubo pode ainda ser envolvido por um filtro geotêxtil.

Figura 1- Forma dos geossintéticos



Fonte: Sociedade Internacional de Geossintéticos – IGS (2015)

3. PRINCIPAIS APLICAÇÕES

Segundo Vertematti e Aguiar (2015), várias são as aplicações e tecnologias de uso dos geossintéticos que eles podem exercer, concomitantemente, uma ou mais funções, tendo-se como principais:

- Controle de erosão superficial: o geossintético atua evitando ou limitando movimentações de solo ou de outras partículas na superfície, por exemplo, de um talude;
- Drenagem: atuam coletando e conduzindo águas subterrâneas, pluviais e outros fluidos através do plano de um geotêxtil ou produto correlato;
- Barreira Impermeabilizante: uso de um geossintéticos para prevenir ou limitar a migração de fluidos;
- Proteção: atuam prevenindo ou limitando danos localizados em um elemento ou material;

- Reforço: melhora o comportamento mecânico do solo ou de outros materiais de construção;
- Filtração: permite a passagem do fluido em movimento através, ou no interior, de um geotêxtil ou produto correlato;
- Separação de Materiais: previne a mistura de materiais de naturezas diferentes, solos ou material de aterro.

3.1 Aplicação em Controle de Erosão Superficial

Geroto e Marques (2015), destacam que a prevenção dos processos erosivos superficiais é recomendada sempre, haja vista as dificuldades e os custos envolvidos para o combate e correção dos problemas deles oriundos. Em controle de erosão superficial, o geossintético atuará melhorando seu desempenho contra a ocorrência e deflagração de processos erosivos, aumentando a resistência do terreno.

Ainda segundo Geroto e Marques (2015), a utilização de geossintéticos pode estar inserida em praticamente toda a gama de soluções empregadas em obras contra a erosão, proporcionando uma proteção adequada dos solos, mesmo nas situações em que as condições locais se mostrem potencialmente deflagradoras de processos erosivos. Neste caso, os geossintéticos podem ser empregados tanto para retenção de partículas de solo, quanto para confinamento de materiais utilizados como barreiras/camadas volumétricas.

De acordo com a IGS (2015), “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.”

3.2 Aplicação em Drenagem

Quando não se tem uma drenagem adequada, a presença de água no interior do solo pode vir a ocasionar colapsos indesejáveis quando o solo saturado entra em contato com a estrutura. Portanto, a remoção da água do solo adjacente a essa estrutura é importante, pois desta forma o solo se consolida e tem melhor desempenho.

Vertematti e Aguiar (2015), destacam que as principais vantagens na utilização de geossintéticos com função drenante são uma significativa redução na espessura dos sistemas drenantes, fácil manuseio e leveza do produto. Essa utilização tem se tornado cada dia mais comum devido à escassez de materiais granulares naturais, aumento do custo da mão de obra e também pela necessidade da diminuição dos cronogramas construtivos.

De acordo com Vertematti e Aguiar (2015), em um sistema de drenagem, é possível a utilização de um ou mais geossintéticos com função drenante, que podem ser classificados como:

Geotêxteis espessos: camada única de geotêxtil não tecido agulhado, que atua filtrando e conduzindo fluidos em seu plano, concomitantemente.

Geoespaçadores, georredes, geomantas, geoexpandidos: utilizado como núcleo drenante, criando um grande volume de vazios, substituindo assim, materiais como pedra britada, seixo rolado e outros, empregados nos drenos convencionais. Atuam conduzindo fluidos.

Geocompostos drenantes: combinação de um geotêxtil com um núcleo drenante, que capta os fluidos e os conduzem através de seu plano.

3.3 Aplicação em Barreiras Impermeabilizantes

Segundo Vilar *et al* (2015), na engenharia, as barreiras impermeabilizantes são utilizadas em diversas finalidades, como por exemplo, reservar água e diferentes efluentes, impedir a migração de vapores e umidade, e conter rejeitos das mais variadas origens, como os resíduos sólidos industriais e urbanos.

De modo geral, um material que reúne todas estas características são as geomembranas, que segundo Feldkircher (2008), são amplamente utilizadas como impermeabilizantes. Atualmente, verificam-se ainda o uso de outras formas de impermeabilização nos aterros, como exemplo, solos impermeabilizantes ou combinação destes com geossintéticos.

Vilar *et al* (2015), destacam ainda que o surgimento dos geossintéticos inseriu novos materiais para composição de barreiras impermeáveis, como os geocompostos argilosos e as geomembranas devendo ser obedecida uma série de requisitos para cada tipo de aplicação, como por exemplo, resistência, durabilidade, disponibilidade do material, custo e facilidade de construção.

Ainda de acordo com Vilar *et al* , (2015), os geocompostos argilosos (GCL) têm sido utilizados em adição a solos em sistemas impermeabilizantes ou em sua substituição. Suas principais qualidades residem na relativa facilidade de instalação e emenda, e na flexibilidade.

3.4 Aplicação em Proteção

Conforme Abramento e Pezzolo (2015), a aplicação de geossintéticos com a função de proteção é extremamente vasta, compreendendo muitos produtos empregados em vários tipos de estruturas e obras, cuja combinação gera inúmeras aplicações possíveis. Na aplicação como elemento protetor, o geossintético atua como camada redutora de tensões, prevenindo ou reduzindo danos que seriam causados a uma determinada camada, superfície ou estrutura adjacente, resguardando suas características originais.

Abramento e Pezzolo (2015), destacam ainda que os principais geossintéticos utilizados com a função de proteção são os geotêxteis não tecidos espessos, geocélulas, geoespaçadores e os geoexpandidos, podendo ainda serem utilizados outros tipos de geossintéticos que, originalmente, não foram concebidos para exercer a função de proteção, como por exemplo as georredes.

3.5 Aplicação em Reforço

De acordo com Ehrlich *et al* (2015), são inúmeras as vantagens da utilização de geossintéticos como elementos de reforço, do ponto de vista de execução. Dentre os mais relevantes pode-se citar, a minimização dos impactos ambientais decorrentes das obras de contenção, a execução de obras em locais de difícil acesso, redução considerável do tempo de construção da obra, a construção de aterros e taludes com inclinações mais acentuadas e a adoção de tipos variados de acabamentos na face dos taludes.

Em reforço de fundações, Bilfinger e Mello (2015. p.149), destacam que “obras em solos com baixa capacidade de suporte, muitas vezes, impõem a troca destes, a fim de aumentar a capacidade de carga para a solução em fundações diretas.”

Ainda, segundo Bilfinger e Mello (2015), a remoção do solo pode ser total ou parcial e, para um aumento da capacidade de carga do solo utilizado na substituição, o mesmo pode ser reforçado com uma ou mais camadas de geossintéticos.

De acordo com Palmeira e Ortigão (2015), na aplicação com função principal de reforço em aterros sobre solos moles, são comumente empregados os geotêxteis, geocompostos resistentes, geogrelhas e geotiras.

Na aplicação em muros e taludes reforçados, Ehrlich *et al* (2015), destacam o emprego de geogrelhas, geotiras, geocompostos resistentes e geotêxteis tecidos e não tecidos.

Mello e Bilfinger (2015), afirmam que diversos produtos têm sido utilizados em reforço de aterros sobre estacas, incluindo-se as geogrelhas unidirecionais/bidirecionais, geotêxteis tecidos e não tecidos e geocompostos resistentes.

Trichês *et al* (2015), destacam que em reforço de base de pavimentos os geossintéticos utilizados são os geotêxteis e as geogrelhas.

3.6 Aplicação em Filtração

Conforme Vertematti e Aguiar (2015), a utilização dos geossintéticos como elemento filtrante foi a primeira aplicação a ser amplamente divulgada, e ainda hoje é uma das suas principais aplicações. As principais vantagens da utilização dos geossintéticos em relação aos filtros granulares são a continuidade da estrutura filtrante, a facilidade de instalação, a espessura menor, o baixo custo e o fato de possuir características controladas.

De acordo com Ferreira (2001), na função de filtração pretende-se que o geossintético deixe-se atravessar perpendicularmente ao seu plano, permitindo a passagem de líquidos ao mesmo tempo que impede a passagem das partículas desse solo.

Segundo Vertematti e Aguiar (2015), os filtros geossintéticos mais utilizados são os geotêxteis e os geocompostos filtrantes. Os geotêxteis podem ser utilizados como parte integrante de geocompostos drenantes ou associado a agregados granulares, podendo ser utilizados em duas principais áreas de aplicação: em sistemas drenantes e em controle de erosão de margens e costas marítimas.

3.7 Aplicação em Separação de Materiais

Conforme Palmeira e Fonseca (2015), a função separação define-se como a interposição de um geossintético entre materiais diferentes, de forma que a funcionalidade e a integridade destes sejam melhoradas ou mantidas, devendo o geossintético, resistir aos esforços a que será solicitado ao longo da vida útil da obra e reter os finos oriundos do solo de fundação.

Palmeira e Fonseca (2015) destacam como principais geossintéticos utilizados em separação de materiais os geotêxteis, os geocompostos e as barreiras geossintéticas.

Queiroz (2009) defende que os geotêxteis podem ser utilizados para auxiliar a separação entre as diversas camadas de suporte de uma via, compostas por partículas de diferentes propriedades e dimensões.

Vertematti (2001) destaca que uma camada de geotêxtil interposta entre a base granular e o subleito, coo-elemento separador, impede que ocorra a interpenetração das camadas devido às cargas de tráfego.

4. OBRAS RELEVANTES NO BRASIL COM APLICAÇÃO DE GEOSSINTÉTICOS

De acordo com Vertematti e Aguiar (2015), no Brasil, as primeiras aplicações de geossintéticos aconteceram no ano de 1971, principalmente em obras rodoviárias para reforço de aterros sobre solos de baixa capacidade portante.

Ainda, segundo Vertematti e Aguiar (2015), o primeiro geossintético fabricado no Brasil foi o geotêxtil não tecido, comercializado em 1973. Em 1980, iniciou-se a fabricação de geotêxteis tecidos.

Em 1982, ocorreu a primeira aplicação de geomembrana nacional em barragens de rejeitos. (VERTEMATTI; AGUIAR, 2015).

O Quadro 1 apresenta algumas obras relevantes no Brasil que tiveram a aplicação de geossintéticos. Neste quadro, é possível verificar que a utilização de geossintéticos na construção civil pode estar presente em diversificadas obras, solucionando problemas comuns de engenharia.

Quadro 1- Obras relevantes no Brasil com aplicação de geossintéticos

Obra	Cidade/ Estado	Principais Geossintéticos Utilizados	Período da Obra
Estádios de Futebol - Arena Corinthians	São Paulo/SP	Geogrelha	2012
Rodovias - Av. Beiramar Continental	Florianópolis/SC	Geotêxtil e Geogrelha	2004 - 2011
Aeroportos - Ampliação Aeroporto Santos Dumont	Rio de Janeiro/RJ	Geotêxtil e Tubo Dreno	2004 - 2007
Aterros Sanitários	Florianópolis/SC	Geomembrana e Geotêxtil	2006
Aterros Sanitários	Palmas/TO	Geomembrana	2008 - 2017

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1 Estádios de Futebol – Arena Corinthians - SP

De acordo com empresa Maccaferri (2013), ao longo da construção da Arena Corinthians na cidade de São Paulo, SP, em 2012, a empresa responsável pela execução da obra, verificou a necessidade de uma estrutura de contenção com 14m de altura para que se pudesse construir o pátio de estacionamento na parte superior do estádio.

Constatou-se, também, que a estrutura deveria possuir resistência suficiente para suportar a carga de tráfego do guindaste com capacidade de 1.350 toneladas métricas, para hastear as treliças metálicas que seriam utilizadas na construção da arena.

Além disso, no decorrer da fase investigativa da fundação, detectou-se a presença de solo de fundação com baixa capacidade de carga, sendo imprescindível uma solução que fosse, ao mesmo tempo, de execução simples e rápida como, também, flexível. (MACCAFERRI, 2013).

A solução encontrada foi a construção de um muro de contenção em solo reforçado. Devido às ideias iniciais do projeto, a melhor solução encontrada dentre todas as demais soluções de contenção presentes no mercado, dada a sua viabilidade técnica e econômica, foi a utilização de um sistema de gabiões com geogrelhas. (MACCAFERRI, 2013).

Figura 2 - Estrutura de contenção durante a obra



Fonte: MACCAFERRI (2013).

Figura 3 - Estrutura de contenção obra concluída



Fonte: MACCAFERRI (2013).

4.2 Rodovias: Av. Beiramar Continental, Florianópolis, SC

De acordo com a empresa Huesker (2014), para implantação dessa avenida foi necessário construir um aterro para ganho de aproximadamente 60m de terreno em direção ao mar, pois a área se encontrava tomada por edificações.

A elaboração do projeto geotécnico fundamentava-se na construção de aterro hidráulico sobre terreno estruturado e melhorado, uma vez que foi averiguado que toda a área a ser aterrada era caracterizada, superficialmente, por argila marinha de baixa resistência e elevada compressibilidade (HUESKER, 2014).

Um dos maiores desafios desta obra baseava-se na definição do método construtivo mais adequado, dadas as dificuldades naturais de se construir uma obra sobre terreno alagado, com lâmina d'água que chegava a 2m e com influência de marés.

De acordo com a Huesker (2014), colunas granulares para melhoramento de solo e drenos verticais para aceleração de recalques eram elementos já contemplados no projeto básico.

Para que a obra fosse executada sem prejuízos ambientais e também em bom ritmo, estabeleceu-se que seriam utilizados geotêxteis como elemento de contenção do aterro hidráulico e também geogrelhas para estabilização do aterro. (HUESKER, 2014).

Figura 4 - Preparação dos painéis de geossintéticos



Fonte: HUESKER (2014)

Figura 5 - Colocação dos painéis de geossintéticos



Fonte: HUESKER (2014)

O reforço estrutural foi contemplado por duas camadas de geogrelhas, de maneira que fosse garantida a resistência necessária para a estabilização global do aterro. A escolha da geogrelha levou em consideração o requisito de que esta permitisse a cravação posterior de drenos verticais sem maiores dificuldades (HUESKER, 2014).

Figura 6 - Aplicação de geossintéticos - obra concluída



Fonte: (HUESKER, 2014)

4.3 Aeroportos: Ampliação do Aeroporto Santos Dumont - RJ

De acordo com a Geomaks Comércio de Geossintéticos Ltda e Bidim (2013), na ampliação do aeroporto, entre os anos de 2004 e 2007, verificou-se a imposição de rebaixamento do lençol freático da área destinada à inserção dos novos terminais de embarque e também a interpenetração das camadas de solo causada pelas cargas produzidas pelo tráfego das aeronaves, sendo estes alguns dos problemas enfrentados.

Para a construção do sistema de drenagem, utilizou-se um geotêxtil não tecido em conjunto com tubos drenos executados em forma de trincheiras drenantes. O geotêxtil foi utilizado para estabilizar o solo adjacente, evitando o carregamento de partículas para o interior do dreno e, ao mesmo tempo, permitindo um escoamento rápido. (GEOMAKS; BIDIM, 2013).

Figura 7 - Lançamento do geotêxtil na sub-base da pista



Fonte: (GEOMAKS; BIDIM, 2013)

Figura 8 - Trincheira drenante com tubo dreno



Fonte: (GEOMAKS; BIDIM, 2013)

A utilização do geossintético, nesta obra, apresentou vantagens tais como o rápido escoamento da água, a redução no tempo de execução do dreno, prevenção do carreamento de partículas para o interior do sistema drenante, redução da quantidade de material granular a ser utilizado e também aumento da vida útil da estrutura. (GEOMAKS; BIDIM, 2013).

Figura 9 - Vista final da pista já com revestimento asfáltico



Fonte: (GEOMAKS; BIDIM, 2013)

4.4 Aterros Sanitários: Aterro Sanitário em Florianópolis, SC

De acordo com a empresa Bidim (2011), o aterro sanitário de Florianópolis, SC, possui 624.296,42 m². No total, recebe cerca de 20 mil toneladas mensais de resíduos sólidos.

Executado no ano de 2006, o grande diferencial do aterro, e que o torna um dos modelos no país, é o tratamento físico-químico dado ao chorume antes de devolvê-lo ao meio ambiente, bem como o monitoramento ambiental que é feito em todo o entorno do local.

O projeto já contemplava a utilização de geomembranas como barreiras impermeabilizantes, entretanto verificou-se a necessidade de protegê-la com relação ao efeito de puncionamento da brita e do sólido colocado sobre ela. (BIDIM, 2011).

Figura 10 - Aplicação de geomembrana



Fonte: (BIDIM, 2011)

Figura 11 - Aplicação do geotêxtil sobre a geomembrana



Fonte: (BIDIM, 2011)

Como os geotêxteis podem atuar em diversos tipos de aplicação, sobre a geomembrana foi aplicado um geotêxtil atuando como elemento de proteção, e sobre o geotêxtil uma camada de 30 cm de brita graduada atuando como dreno (BIDIM, 2011).

Ainda, de acordo com a empresa, as vantagens indiscutíveis na utilização de geossintético nesta obra foram a rápida execução, facilidade de instalação e custo inferior quando comparado com outras soluções. Além disso, a manta geotêxtil utilizada, por ser fabricada com filamentos contínuos de 100% poliéster, apresenta elevada resistência à tração e ao puncionamento.

Aterros Sanitários: Aterro Sanitário de Palmas, TO

O aterro sanitário da capital do Tocantins localiza-se em uma área de 92.14 hectares, sendo que 40% dessa área está sendo utilizada. De acordo com Marques

(2017), o local recebe em média 260 toneladas de lixo por dia e atende à Lei n. 12.305/2010 que determina o fim dos lixões no País.

Segundo Marques (2016), a área destinada ao aterro possuía solo argiloso, o que facilitava o impedimento de contaminação do solo pela ação do chorume. Entretanto, o projeto do aterro contemplava, ainda, o revestimento da célula com uma geomembrana, para uma proteção extra do lençol freático.

De acordo com a Secretaria de Infraestrutura da Prefeitura de Palmas (2009), devido ao solo do aterro, a manta não era necessária, já que o solo é argiloso e dificulta a percolação do chorume, mas a capa foi colocada preventivamente.

As obras no aterro são constantes, tendo em vista que, de acordo com a demanda, são realizadas as ampliações necessárias.

Figura 12 - Aterro Sanitário de Palmas



Fonte: Prefeitura de Palmas (2017)

Figura 13 - Aterro Sanitário de Palmas



Fonte: G1 Tocantins (2014)

Os drenos para a captação do chorume foram colocados no fundo das trincheiras, antes da geomembrana, para transportar o líquido às lagoas anaeróbicas. O chorume é tratado por três dessas lagoas, que são interligadas por vasos comunitários e, após ser purificado, é lançado ao solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do estudo bibliográfico e com base no levantamento de obras, realizadas no Brasil e que adotaram geossintéticos, é possível verificar os diversos benefícios que sua utilização proporciona a diferentes tipos de obras.

Verificou-se que estes benefícios se dão aos diversificados tipos e formas de aplicação dos mesmos, podendo-se ao mesmo tempo, efetuar construções menos onerosas, mais seguras e com maior rapidez de execução.

O trabalho foi de relevante importância para formação acadêmico-profissional, tendo em vista que através deste, foi possível um maior aprofundamento no estudo da tecnologia em questão.

Espera-se que este estudo seja capaz de contribuir para a literatura da área, enaltecendo a relevância da aplicação dos geossintéticos em obras civis, tendo em vista o grande desconhecimento desta tecnologia por parte dos alunos do curso de engenharia civil e por profissionais já inseridos no mercado profissional.

REFERÊNCIAS

ABRAMENTO, M; PEZZOLO, V.C. Aplicações em Proteção. In: VERTEMATTI, J. C. (Coord.). **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2015.

BIDIM. **Casos de obra**: Solução em separação e drenagem na ampliação do Aeroporto Santos Dumont/RJ. Disponível em: <<http://www.bidim.com.br/casosdeobra/?page=1>>. Acesso em: 18 out. 2016.

BILFINGER, W; MELLO, L.G.F.S. Aplicação em Reforço de Solos. In: VERTEMATTI, J. C. (Coord.). **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. São Paulo: Edgard Blücher, p. 149-154, 2015.

BUENO, B.S; VILAR O. M. Propriedades, ensaios e normas. In: VERTEMATTI, J. C. (Coord.). **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2015.

EHRlich, M. *et al.* Aplicação em Reforço de Solos. In: VERTEMATTI, J. C. (Coord.). **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. São Paulo: Edgard Blücher, p. 106-149, 2015.

FELDKIRCHER, W. **Impermeabilização de aterro sanitário com geomembrana**. 2008. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade de São Francisco, Itatiba, 2008.

FERREIRA, G. L. M. **Geotêxteis e suas aplicações**. Universidade da Beira Interior. Covilhã, Portugal: 2001.

G1 TOCANTINS. **17 municípios do TO não atendem a política nacional de resíduos sólidos**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/to/tocantins/noticia/2014/08/117-municipios-do-nao-atendem-politica-nacional-de-residuos-solidos.html>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

HUESKER. **Serviços**: Beira Mar Continental – Florianópolis/SC. Disponível em: <<http://www.huesker.com.br/servicos/downloads.html>>. Acessado em: 17 out. 2016.

IGS – Brasil – **Recomendação 003** – Termos e Definições Complementares. São Paulo: IGS, 2014.

IGS BRASIL. **Geossintéticos**: classificação, funções e aplicações. Disponível em: <<http://igsbrasil.org.br/biblioteca-virtual/outras-publicacoes/geossinteticos-classificacao-funcoes-e-aplicacoes>>. Acesso em: 29 out. 2016.

LOTTI, C.L.; BUENO, B.S. Matérias-Primas. In: VERTEMATTI, J. C. (Coord.). **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2015.

MACCAFERRI. Título: **Casos de obra**: Arena Corinthians. Disponível em: <<http://www.maccafferri.com/br/casos-de-obras/>>. Acessado em: 17 out. 2016.

MARQUES, AFONSO C.M; GEROTO, R.E. Aplicações em Controle de Erosão Superficial. In: VERTEMATTI, J. C. (Coord.). **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2015.

MARQUES, João. **Aterro sanitário de Palmas**: um exemplo de educação ambiental. Jornal do Tocantins, Palmas, p.111-222, mai. 2016. Disponível em: <<http://www.jornaldotocantins.com.br/editorias/opiniaotend%3%aaancias-e-ideias-1.456290/aterro-sanit%3%a1rio-de-palmas-um-exemplo-de-educa%3%a7%3%a3o-ambiental-1.1080344>>. Acesso em: 16 abr. 2017.

MELLO, L.G.F.S; BILFINGER, W. Aplicação em Reforço de Solos. In: VERTEMATTI, J. C. (Coord.). **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. São Paulo: Edgard Blücher, p. 155-177, 2015.

PALMEIRA, E. M; FONSECA, E. C. Aplicações em Separação de Materiais. In: VERTEMATTI, J. C. (Coord.). **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2015.

PALMEIRA, M. E; ORTIGÃO, A. Aplicação em Reforço de Solos. In: VERTEMATTI, J. C. (Coord.). **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. São Paulo: Edgard Blücher, p. 94-106, 2015.

PREFEITURA DE PALMAS. **Aterro sanitário de Palmas é considerado modelo nacional**. Disponível em: <<http://www.palmas.to.gov.br/secretaria/infraestrutura/noticia/3390/aterro-sanitario-de-palmas-e-considerado-modelo-nacional/>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

QUEIROZ, RUDNEY C. **Geologia e geotecnia básica para engenharia civil**. São Carlos: Rima, 2009.

TRICHÊS, G. *et al* . Aplicação em Reforço de Solos. In: VERTEMATTI, J. C. (Coord.). **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. São Paulo: Edgard Blücher, p. 201-221, 2015.

VERTEMATTI, J. C; AGUIAR, P. R. Aplicações em Drenagem. In: VERTEMATTI, J. C. (Coord.). **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2015.

_____. Aplicações em Filtração. In: VERTEMATTI, J. C. (Coord.). **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2015.

_____. Introdução. In: VERTEMATTI, J. C. (Coord.). **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2015.

_____. Aplicação em Reforço de Solos. In: VERTEMATTI, J. C. (Coord.). **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2015.

_____. **Curso básico de geotêxteis**. São Paulo: ABINT, 2001.

VILAR, O.M; BUENO, B. S; BENVENUTO, C. Aplicações em Barreiras Impermeabilizantes. In: VERTEMATTI, J. C. (Coord.). **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2015.