

APLICAÇÃO DE GEOSSINTÉTICOS EM OBRAS DE ATERROS SANITÁRIOS

Adayl Pereira Duarte Filho

*Discente do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(adaylpereiraduartefilho@gmail.com)*

Ana Paula Martins Silva

*Discente do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(anapaulams14@gmail.com)*

Ana Lúcia Carrijo Adorno

*Professora Doutora do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(ana.carrijo@unievangelica.edu.br)*

Eduardo Martins Toledo

*Professor Mestre do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(eduardomtoledo@gmail.com)*

RESUMO

Os geossintéticos são produtos fabricados a partir de materiais poliméricos, a natureza sintética desses produtos os torna próprios para uso em obras de terra onde um alto nível de durabilidade é exigido. Os geossintéticos incluem uma variedade de materiais, podendo desempenhar funções de separação, filtragem, drenagem, reforço, contenção de líquidos ou gases, controle de erosão e em certos casos, desempenhar simultaneamente várias funções, aumentando ainda mais suas aplicações. Neste trabalho vamos conhecer um pouco mais sobre este produto que se destaca pelo mundo todo, bem como suas propriedades, funções e aplicabilidade em aterros sanitários. Por meio do website da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal (ADASA), foi possível obter informações presentes no projeto executivo do Aterro Sanitário de Brasília e fazer um estudo sobre os principais materiais geossintéticos utilizados nesta construção, suas aplicações e funções desempenhadas. A aplicação de geossintéticos permite diminuir o volume total de uma célula de aterro, substituir ou complementar materiais convencionais, permitindo a redução de prazos de obras e a redução de custos comparados às soluções convencionais. A facilidade de aplicação, o baixo custo e a versatilidade destes materiais os torna materiais de construção atraentes, justificando assim o aumento progressivo de sua utilização.

PALAVRAS-CHAVE: Geossintéticos. Aterros Sanitários. Revestimento de aterros. Impermeabilização de aterros.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui um histórico de manejo inadequado tanto de resíduos sólidos urbanos quanto industriais. Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe) em 2017 foram produzidos 78,4 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos e apenas 42,3 milhões destes foram enviados para aterros sanitários.

Como forma de sanar este problema, em 2010 foi elaborada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que estabeleceu um prazo inicial de até 2014 para o fim de todos os lixões do país. A PNRS, também estabeleceu que a destinação final de rejeitos, resíduos sólidos que não terão nenhuma utilidade e que não passarão por processos de reciclagem, deverão ser depositados de forma ambientalmente correta em aterros.

Das (2007) explica que os materiais do aterro interagem com a umidade das águas pluviais, produzindo o chorume, principal poluente do lençol freático, portanto, deve ser contido através de algum tipo de sistema de revestimento impermeabilizante.

Segundo a NBR ISO 10318-1:2018 os geossintéticos são desenvolvidos para desempenhar funções como: reforço, filtração, drenagem, proteção, separação, impermeabilização e controle de erosão superficial. De acordo com Benjamin (2010), a utilização de geossintético não só garante uma economia a longo prazo para os aterros privados, como também aumenta a vida útil de utilização em aterros públicos.

2 ATERROS SANITÁRIOS

2.1 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi promulgada pela Lei n. 12.305, de 5 de agosto de 2010, regulamentada pelo Decreto n. 7.404, de 23 de dezembro de 2010. A PNRS apresenta o conceito de gestão integrada de resíduos sólidos como sendo um “conjunto de ações voltadas para busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável” (BRASIL, 2010).

A Lei n. 12.305 determinou a responsabilidade compartilhada entre fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, consumidores e responsáveis pela limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos sobre a minimização do volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, objetivando reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo da vida do produto.

Uma das inovações da PNRS foi diferenciar rejeitos de resíduos, conceituando rejeito como, “resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2010).

De acordo com a ABNT NBR 10004, resíduos sólidos e semi-sólidos são resultantes de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição, incluindo também nessa definição, os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como líquidos cujo o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpo de água é inviável. A já citada norma técnica também classifica os resíduos sólidos em: Resíduos Classe I (Perigosos) e Resíduos Classe II (Não perigosos).

A PNRS também definiu como deveria ser feito a disposição final dos rejeitos, “disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos”.

No art. 9º é estabelecida uma ordem de prioridade na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos: esta ordem leva em conta a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final de forma ambientalmente correta dos rejeitos.

Apesar da PNRS ter estabelecido o prazo para a extinção dos lixões até 2014, desde 2015 é aguardado a aprovação do Projeto de Lei (PL) n. 2.289 de 2015, que prorrogará o prazo para a extinção dos lixões para 2021.

Segundo Albuquerque (2011), o aterro sanitário é um tratamento baseado em técnicas sanitárias de impermeabilização do solo, compactação e cobertura diária das células de lixo, coleta e tratamento de gases e do chorume, entre outros procedimentos técnico-operacional responsáveis por evitar a proliferação de ratos, moscas, exalação de mau cheiro, contaminação dos lençóis freáticos, surgimento de doenças e transtorno visual.

O aterro sanitário pode ser adaptado a qualquer tipo de comunidade, é caracterizado como umas das técnicas mais eficientes e seguras de destinação de resíduos sólidos, permitindo um controle eficiente e seguro do processo (VAN ELK, 2007).

Os aterros sanitários necessitam de técnicas da engenharia e tecnologia para evitar danos ao meio ambiente e à saúde pública e passa por manitoramento constante para evitar vazamentos, e como forma de aumentar a vida útil do aterro sanitário, é realizado a coleta seletiva do lixo.

Para a abertura de um aterro sanitário vários aspectos devem ser levados em conta como, a escolha da área, elaboração do projeto, licenciamento ambiental, limpeza do terreno, obras de terraplanagem, acessos, impermeabilização, drenagem e obras de construção civil. Trataremos neste trabalho sobre esses aspectos.

2.2 IMPLANTAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS

2.2.1 Normas técnicas

Um projeto de aterro sanitário deve ser elaborado segundo as diretrizes instituídas pelas normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A NBR 8419/NB 843 estabelece critérios para a escolha dos elementos de projeto dos aterros que recebem os resíduos sólidos classificados em Classe II, não perigosos, esses elementos são constituídos pelos sistemas de impermeabilização, monitoramento, sistemas de drenagem, organização de células especiais que receberão outros tipos de resíduos, que não os urbanos, manual de operação do aterro e definição do uso futuro da área após o encerramento das atividades (VAN ELK, 2007).

Outras normas técnicas que também orienta no projeto de aterros sanitários são:

- NBR 10157/NB 1025- “Apresentação de projetos de aterros de resíduos perigosos- Critérios para projeto, construção e operação”.
- NBR 13896- “Apresentação de projetos de aterros de resíduos não perigosos- Critérios para projeto, implantação e operação- Procedimento”.

2.2.2 Licenciamento ambiental

Segundo as resoluções estabelecidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), deve ser requerido a Licença Prévia (LP), que é obtida com a apresentação

do projeto básico, observando a adequação da localização e a viabilidade do aterro. Após o EIA e o RIMA serem aprovados e o projeto executivo elaborado, é solicitado a Licença de Instalação (LI), que permite o início da obra do aterro sanitário. Se a obra for implantada conforme o projeto licenciado pelo LI, após a sua conclusão é solicitado a Licença de operação (LO), que permite o início da operação do aterro sanitário (VAN ELK, 2007).

2.2.3 Projeto

2.2.3.1 Estudo da Área

Para se escolher uma área para a implantação de um aterro sanitário deve ser levado em conta a topografia, estrutura geológica e geotécnica, clima e a utilização do solo e água na região.

2.2.3.2 Elementos de projeto

Deve estar contido em um projeto de aterro sanitário elementos de captação, drenagem e tratamento dos lixiviados e biogás e impermeabilização inferior e superior.

- Sistema de drenagem das águas superficiais

A função do sistema de drenagem das águas superficiais é evitar a entrada descontrolada de água no aterro, impedindo o aumento do volume de lixiviados e o início de um processo erosivo (CASTILHOS JUNIOR, 2003).

- Sistema de impermeabilização de fundo e de laterais

A impermeabilização de fundo ou de base tem a função de proteger a fundação do aterro, impedindo a contaminação do solo e aquíferos existentes com a migração do chorume (CEMPRE, 2018).

- Sistema de drenagem dos lixiviados

O chorume, também conhecido como lixiviado ou percolado, se origina na degradação dos resíduos. A formação de chorume é inevitável, deste modo deverá ser previsto um sistema de drenagem dos lixiviados, que pode ser efetuada por meio de drenos, que são tubos perfurados e preenchidos com brita, implantados sobre a camada de impermeabilização inferior, projetados em forma de espinha de peixe, com drenos secundários conduzindo o chorume coletado para um dreno principal que irá levá-lo até um poço de reunião, de onde será bombeado para a estação de tratamento.

- Sistema de tratamento de lixiviados

O tratamento dos lixiviados pode ser feito das seguintes maneiras, através da recirculação do chorume para o interior da massa de resíduos; tratamentos em lagoas de estabilização; tratamentos químicos, como a neutralização, precipitação e oxidação; tratamento por filtros biológicos; tratamento em estações de tratamento de esgoto (CEMPRE, 2018).

- Sistema de drenagem dos gases

A captação dos gases deve ser feito por meio de uma rede de drenagem apropriada, segundo o IBAM (2001), o sistema de drenagem de gases consiste em tubos verticais de concreto armado, envolvidos por brita ou rachão. Existem dois métodos de se executar os drenos de gás: subindo o dreno à medida que o aterro vai evoluindo ou escavar a célula encerrada para implantar o dreno, deixando uma guia para quando se aterrar em um nível mais acima.

- Cobertura intermediária e final

A camada de cobertura tem a finalidade de proteger a superfície das células de lixo. O sistema de cobertura final deve apresentar resistência à erosão e às intempéries, de forma a evitar a infiltração de águas pluviais, e deve ser adequada para o uso futuro da área. A utilização de uma camada de vegetação na superfície da cobertura é altamente indicada, pois diminui o potencial de água infiltrado no aterro, além de contribuir na prevenção de erosão e deslizamento do solo (MACIEL, 2003).

2.2.4 Monitoramento

Tal sistema é constituído pelo monitoramento ambiental e monitoramento geotécnico, e são fundamentais para que o meio ambiente seja preservado, no bom funcionamento dos sistemas de drenagem de percolados e gases, na qualidade da saúde da população do entorno, na segurança da obra, e ajuda a evitar processos erosivos e instabilidade dos taludes.

2.3 OPERAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS

Concluída a implantação do aterro sanitário e com a licença de operação (LO) emitida, é iniciada a fase de recebimento de resíduos no aterro, obedecendo a um plano operacional já elaborado. Existem três métodos para a construção de um aterro sanitário, método da trincheira ou vala, método da rampa e método da área. Para a escolha do método deve ser avaliado as características físicas e geográficas, além da quantidade de resíduos que serão dispostos na área.

O método da trincheira ou vala, consiste na abertura de valas onde serão dispostos os resíduos, compactados e posteriormente cobertos com solo, as valas podem ser pequenas ou de grandes dimensões (CEMPRE, 2018).

O método da rampa é indicado quando a área a ser aterrada é plana, seca e com um tipo de solo adequado para servir de cobertura (IBAM, 2001), já o método da área geralmente é empregado em locais de topografia plana e lençol freático raso (CEMPRE, 2018).

2.4 ENCERRAMENTO DE ATERROS SANITÁRIOS

Quando esgotada a capacidade do aterro de receber carga, a cobertura final deverá ser complementada de maneira a evitar o surgimento de vetores de doenças e a percolação indevida de líquidos e gases, também deverá ser plantado gramas nos taludes definitivos como forma de evitar um processo erosivo.

A Norma Técnica 13896 da ABNT de 1997, exige que o monitoramento do aterro continue por no mínimo mais 20 anos, enquanto os líquidos e o biogás apresentarem potencial poluidor.

3 GEOSSINTÉTICOS

Segundo Carneiro (2009), os geossintéticos só passaram a ser usados de forma sistemática no meio do século XX, com a produção comercial dos seguintes polímeros pela indústria Têxtil: PVC em 1934; Poliamida em 1940; Poliéster em 1949; Polietileno (baixa resistência) em 1949; Polietileno (alta resistência) em 1954; Polipropileno no final da década de 50.

Em 1971, iniciaram as primeiras aplicações de geossintéticos no Brasil, principalmente na construção de rodovias, e também a fabricação do primeiro geotêxtil não tecido de filamentos contínuos vendido comercialmente em 1973.

3.1 FUNÇÕES DESEMPENHADAS PELOS GEOSSINTÉTICOS

Segundo a Sociedade Internacional de Geossintéticos (IGS), o geossintético é um material polimérico natural ou sintético, empregado em contato com materiais naturais como solos ou rochas, ou em qualquer outro material geotécnico, com aplicações na Engenharia Civil (LOPES, 2010).

Conforme Carneiro (2009), os geossintéticos possuem uma grande variedade de materiais, que através do seu processo de fabricação e das combinações de matérias primas empregadas em sua confecção, conferem a cada geotêxtil as suas propriedades e características que propiciam as funções que o produto está apto a exercer. Os geossintéticos são capazes de exercer mais de uma função simultaneamente.

De acordo com Moreira (2009), as principais funções dos Geossintéticos são:

- Drenagem: Os geossintéticos a ser empregados nesta função devem possuir a abertura da sua malha em dimensões que impeçam a passagem de sólidos e permitam o fluxo dos fluídos.
- Filtração: Os geossintéticos devem ter a exata dimensão de sua abertura para desempenhar esta função e também dispor uma boa flexibilidade permitindo um bom ajuste com o solo envolvente.
- Proteção: O geotêxtil ao ser colocado em adjacência com outro elemento tem a função de limitar ou prevenir danos mecânicos, abrasivos, puncionamentos e rasgos.
- Reforço: O geossintético através de suas propriedades mecânicas atua no sentido de reforçar a estrutura geotécnica na qual está inserido. Esta função requer que os geossintéticos possuam propriedades mecânicas adequadas tanto no momento da aplicação, como durante o tempo de uso.
- Separação: O geossintético é disposto entre materiais de naturezas diferentes, impedindo a sua mistura e interpenetração, mantendo as suas características originais.
- Controle de Erosão Superficial: Consiste na utilização de um geossintético para evitar ou limitar os movimentos de solo ou outras partículas na superfície dele, prevenindo assim uma erosão superficial das partículas do solo, devido ao escoamento superficial do fluído presente no solo.
- Impermeabilização ou Barreira de Fluídos: Essa função consiste na utilização de um geossintético impermeável e contínuo para evitar o fluxo de fluídos, gases e líquidos.

3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS GEOSSINTÉTICOS

De acordo com Silva (2016), os variados tipos de geossintéticos podem ser classificados de acordo com suas diferenças estruturais existentes entre os diversos materiais empregados na confecção dos mesmos e os diferentes tipos de fabricação. Basicamente os geossintéticos podem ser classificados em três grupos: geotêxteis, geomembranas e produtos relacionados.

Os principais tipos de geossintéticos são:

- **Geotêxteis:** Constituem um dos dois grandes grupos de geossintéticos, caracterizados por serem materiais permeáveis e em forma de manta flexível. Podem ser empregados em diversas aplicações, desempenhando ao menos uma das seguintes funções: proteção, reforço, separação, filtragem ou drenagem.
- **Geomembranas:** As geomembranas são materiais poliméricos planos com baixa permeabilidade. A principal função das geomembranas é a retenção de fluídos (líquidos e gases)
- **Geogrelhas:** As geogrelhas são materiais poliméricos planos com uma estrutura aberta de elementos ligados e cruzados entre si. As geogrelhas podem ser aplicadas em diversas áreas desempenhando a função principal de reforço.
- **Georredes:** As georredes são materiais poliméricos planos com uma malha densa e de forma regular. As geogrelhas geralmente são empregadas em funções de drenagem de líquidos ou de gases.
- **Geocompósitos:** Os geocompósitos são formados pela combinação de diferentes materiais, em que pelo menos um deles seja geossintético. A classificação dos geocompósitos varia conforme a função que estes vão desempenhar.
- **“Geo-outros”:** A expressão “geo-outros” é utilizada para agrupar todos os geossintéticos que não pertencem a nenhuma das categorias anteriores, as funções desempenhadas pelos “geo-outros” dependem das particularidades destes materiais.

3.3 PROPRIEDADES DOS GEOSSINTÉTICOS

O processo de fabricação e os polímeros constituintes de um geossintético são os principais fatores que determinam as propriedades dos mesmos. As propriedades dos geossintéticos estão divididas em propriedades físicas, hidráulicas, mecânicas e as relativas à durabilidade.

3.3.1 Propriedades Físicas

As propriedades físicas mais relevantes dos geossintéticos são: massa por unidade de área, espessura nominal, densidade relativa dos polímeros, dimensão e distribuição das aberturas.

3.3.1.1 Densidade relativa dos polímeros constituintes

É determinada como a razão entre o peso volúmico dos elementos que constituem o geossintético e o peso volúmico da água a 4°C. Esta propriedade é um indicador do tipo de polímero presente no material, contudo é aplicado para identificação

e controle de qualidade, permitindo verificar se o geossintético flutua, o que pode ser importante em determinadas aplicações (MOREIRA, 2009).

3.3.1.2 Massa por unidade de área

Segundo Lopes e Lopes (2010), a massa por unidade de área ou gramatura (g/m²) fornece alguns parâmetros sobre o custo dos geossintéticos e pode ser um indicador dos valores de algumas propriedades mecânicas: resistência à tração ou a resistência ao punção estático. É empregada também para controlar a qualidade dos geossintéticos durante o processo de fabricação, fornecendo indicações sobre a uniformidade dos produtos.

3.3.1.3 Espessura nominal

Segundo Maccaferri (2010), a espessura nominal de um geossintético é determinada pela observação da distância perpendicular entre um plano móvel e uma superfície paralela, provocada pela ocupação desse espaço por um geossintético, sob uma pressão específica de 2 Kpa para geotêxteis e 20 Kpa para geomembranas por 5 segundos.

3.3.1.4 Distribuição e dimensão das aberturas

A distribuição e dimensão das aberturas do geossintético é uma propriedade importante para os materiais que desempenham a função de filtro, pois é necessário permitir o fluxo de fluido ao longo do contato do geossintético com o solo e evitar a remoção excessiva das partículas finas do solo (CARNEIRO, 2009).

3.3.2 Propriedades Mecânicas

Quando instalados, os geossintéticos permanecem submetidos a uma carga ou deformação, que podem ser significativas e capazes de comprometer as propriedades mecânicas necessárias para que o geossintético desempenhe sua função, resultando em danos como, perfurações e rasgos (SARSBY, 2007).

3.3.2.1 Propriedades de compressibilidade

Vidal (1990) define a compressibilidade de um geossintético como a variação de sua espessura quando carregado com diferentes valores de tensões. Essa compressibilidade faz com que a permeabilidade dos geossintéticos seja em função da tensão normal a que eles estão submetidos.

3.3.2.2 Propriedades de tração

Segundo a NBR ISO 10319:2008 (Geossintéticos- Ensaio de tração faixa larga), o ensaio de resistência à tração consiste na aplicação de uma força de tração crescente a um corpo de prova, até que ocorra sua ruptura, sendo os valores de tensão e deformação adquiridos durante todo o ensaio. Os parâmetros obtidos através do ensaio são: resistência à tração última do material (kN/m), deformação na ruptura (%) e a resistência a 2, 5, 8 e a 10% de deformação (kN/m).

3.3.2.3 Resistência ao rasgamento

Durante sua instalação, os geossintéticos estão sujeitos a tensões de rasgamento. Pode-se definir rasgamento como a rotura progressiva resultante de duas ações: uma localizada, do tipo perfuração, e outra distribuída, do tipo tração. A força de rasgamento é expressa em kN e mede a resistência dos geossintéticos à propagação de rasgos locais. (LOPES; LOPES, 2010).

3.3.2.4 Resistência ao puncionamento

Conforme Silva (2016), a resistência ao puncionamento está associada à função de separação e permite avaliar o comportamento dos geossintéticos quando solicitados pelas partículas dos solos a separar. A resistência ao puncionamento é determinada através de um punção, cilindro metálico de superfície polida, que tenta perfurar os geossintéticos ensaiados, sendo controladas a força aplicada e a deformação atingida (MACCAFERRI, 2010).

3.3.2.5 Atrito nas interfaces

Dentro das propriedades mecânicas dos geossintéticos o atrito nas interfaces é uma das propriedades mais importantes quando estes materiais atuam como reforços. Segundo Lopes e Lopes (2010), a transferência de tensões do reforço para o material do aterro é feita através da interação entre eles, tal interação é feita com base na resistência ao corte na interface do geossintético e o material de contato.

3.3.3 Propriedades Hidráulicas

A capacidade hidráulica por unidade de largura de um material é determinada através da medição da quantidade de água que passa através de um corpo de prova em um determinado tempo, sob pares de tensão normal e gradiente hidráulico específicos (MACCAFERRI, 2010).

3.3.3.1 Permeabilidade à água normal ao plano- permissividade

Esta é uma propriedade importante para o bom desempenho das funções de filtragem, pois analisa o fluxo de fluido perpendicularmente ao plano do geossintético (CARNEIRO, 2009). A permeabilidade na direção perpendicular ao plano do geossintético é expressa em m/s ou mm/s, dependendo da distribuição e dimensão das aberturas.

3.3.3.2 Permeabilidade à água no plano- transmissividade

Através da transmissividade é determinado a capacidade de um geossintético em permitir o escoamento de fluidos no seu plano, tornando-se assim um parâmetro importante quando os geossintéticos desempenham a função de drenagem. A transmissividade é resultado da multiplicação do coeficiente de permeabilidade no plano pela espessura do geossintético (MOREIRA, 2009).

3.3.4 Propriedades Relativas à Durabilidade

A durabilidade de um geossintético é a capacidade que o material tem em manter as propriedades que lhe são exigidas, ao longo de toda a sua vida útil (SILVA, 2016). As

principais propriedades de Durabilidade incluem a resistência à fadiga; fluência e relaxação de tensões; influência da temperatura; resistência à degradação química; resistência à degradação biológica; resistência à foto-oxidação e resistência à abrasão (TUPA, 2006).

3.3.4.1 Danificação durante à instalação

Segundo Sarsby (2007), as deformações e tensões que os geossintéticos sofrem durante sua instalação podem ser mais severas do que as deformações e tensões pretendida. Os danos podem ocorrer sob a forma de furos, rasgos e rupturas. Esses danos influenciam as propriedades mecânicas e hidráulicas dos geossintéticos.

3.3.4.2 Abrasão

A abrasão é o desgaste nos geossintéticos causado pelo contato de fricção com outras superfícies ou materiais de construção. A abrasão excessiva pode ocasionar a perda de propriedades que são necessários para o bom desempenho dos geossintéticos, como a resistência (SARSBY, 2007).

3.3.4.3 Fluência e rotura em fluência

A fluência consiste na deformação de um geossintético que está submetido a uma carga ou a uma tensão constante ao longo do tempo (VERTEMATTI et al., 2004). A fluência de um geossintético depende, essencialmente, do tipo de polímero tendo o processo de fabricação e, conseqüentemente, a estrutura, uma influência bastante reduzida (CARNEIRO, 2009).

3.3.4.4 Agentes de degradação físicos, químicos e biológicos

Segundo Lopes e Lopes (2010), ao longo do período de vida útil dos geossintéticos, eles poderão estar sujeitos à ação de vários agentes de degradação físicos, químicos e biológicos. A exposição dos geossintéticos a estes agentes pode ocasionar impactos negativos nas propriedades dos geossintéticos, diminuindo a vida útil do mesmo. Os meios mais comuns de degradação dos geossintéticos são: radiação solar e outros agentes climáticos, temperatura e variação brusca dela, oxidação (provocada pela temperatura e radiação UV), ação de líquidos (absorção, extração de componentes, reações químicas com os polímeros) e microrganismos.

4 ESTUDO DE CASO: ATERRO SANITÁRIO DE BRASÍLIA

O Aterro sanitário de Brasília foi planejado para receber os rejeitos que antes eram depositados no Lixão da Estrutural, considerado o maior lixão da América Latina, cuja operação chegou ao fim no dia 20 de janeiro do ano de 2018.

Figura 1- Plano de avanço do Aterro Sanitário de Brasília.

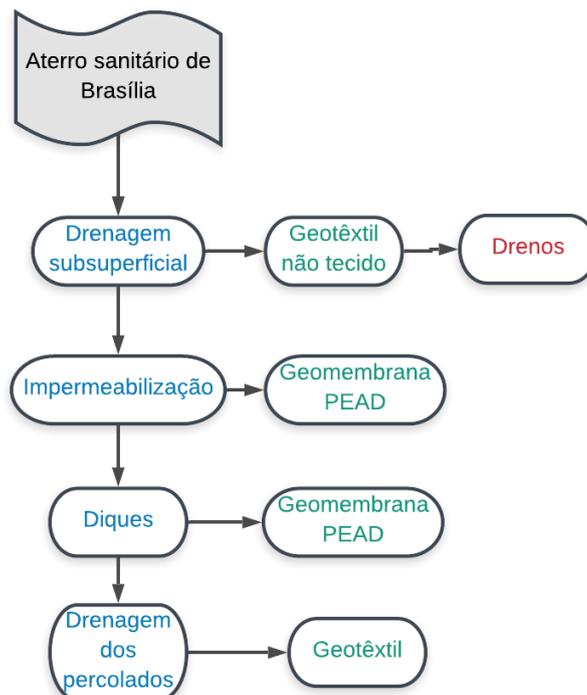


Fonte: Cepollina, 2012.

Localizado em Samambaia, o Aterro Sanitário de Brasília, possui 760 mil m², dos quais 320 mil m² são área de aterramento que serão construídos em quatro etapas. A primeira etapa do aterro será executado em quatro fases e terá 110 mil m². A primeira fase, que será abordada neste capítulo, foi inaugurada no dia 17 de janeiro do ano de 2017, passando a receber cerca de 900 toneladas de rejeitos por dia.

A previsão é que a primeira etapa tenha uma vida útil de três anos e as outras três etapas do aterro se estendam até o ano de 2030. O custo da implantação da primeira etapa do aterro foi cerca de 45 milhões de reais, com recursos exclusivos da SLU.

Figura 2 - Materiais geossintéticos utilizados no Aterro de Brasília.

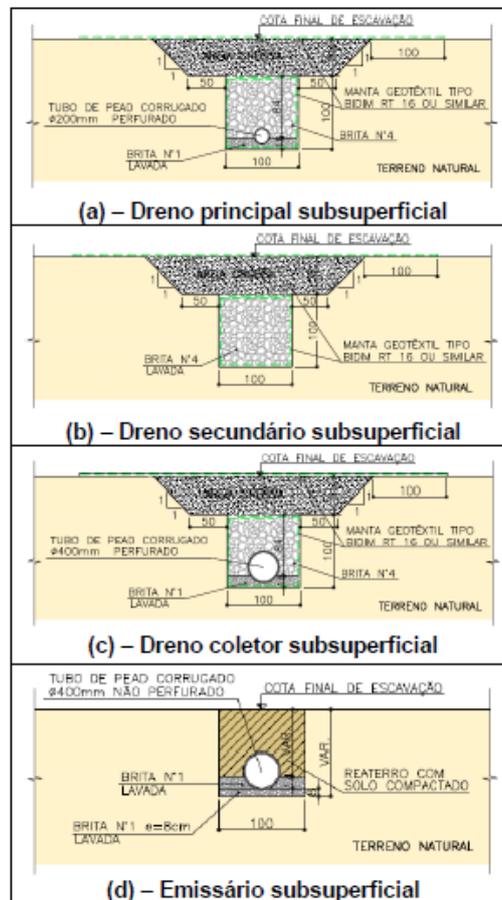


Fonte: Próprios autores.

4.1 DRENAGEM SUBSUPERFICIAL

O sistema de drenagem subsuperficial tem como função evitar que a estabilidade do aterro seja condicionada pelas subpressões geradas na base do aterro, em caso de elevação do lençol freático. O sistema de drenagem do Aterro Sanitário de Brasília é composto por linhas de drenos subsuperficiais secundários, do tipo espinha de peixe.

Figura 3- Elementos de drenagem subsuperficial do Aterro Sanitário de Brasília.



Fonte: Cepollina, 2012.

De acordo com o detalhamento dos drenos apresentados na figura 2, foi utilizado uma camada de geotêxtil não tecido nas interfaces entre a seção drenante principal e o solo de fundação, e entre a camada de areia e a camada de fundo do aterro sanitário, evitando assim o carreamento de solos com menor granulometria para o interior do geotêxtil e conseqüentemente na perda da capacidade drenante do mesmo devido a colmatção física. O geotêxtil não tecido tem como função neste caso, de permitir a passagem de líquidos e ao mesmo tempo reter as partículas do solo necessárias à sua estabilização.

Segundo SILVA (2014), a colmatção é um processo que ocorre ao longo do tempo, comprometendo a eficiência do sistema drenante, devido à redução da área transversal dos espaços vazios de um determinado meio poroso, que estão expostos a um fluido percolante.

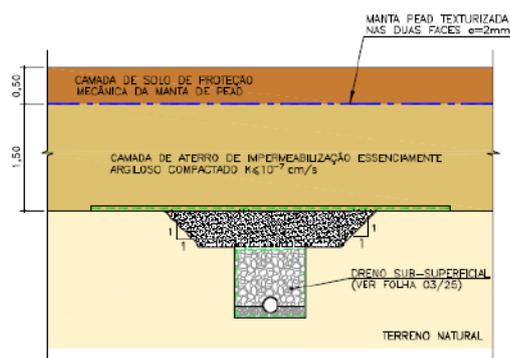
Além da colmatção física, pode ocorrer ainda a colmatção interna do filtro do geotêxtil não tecido, através da formação de gel de óxido de ferro decorrente do contato de líquidos com uma elevada concentração de óxido de ferro com a atmosfera. Segundo

o Progea (2005), o solo presente na área do aterro é denominado de latossolo, que é caracterizado por ter uma elevada concentração de íons de ferro. Sendo assim, a colmatação interna será evitada projetando os drenos para que operem de forma afogada.

4.2 IMPERMEABILIZAÇÃO

O principal elemento que difere o aterro sanitário das demais estruturas utilizadas para a disposição de resíduos sólidos é a presença de uma camada de impermeabilização. O sistema de impermeabilização do Aterro Sanitário de Brasília é composto segundo o projeto executivo elaborado pela Cepollina Engenheiros Consultores LTDA, por uma camada composta de geomembrana PEAD e argila compactada. A camada de argila foi compactada aos poucos, apresentando uma espessura final de 1,5 m.

Figura 4- Camada de impermeabilização do Aterro Sanitário de Brasília.



Fonte: Cepollina, 2012.

Acima da camada de argila compactada foi instalada uma geomembrana de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) texturizada nas duas faces e com uma espessura de 2 mm, a presença da textura atribui melhores propriedades mecânicas entre o solo e a geomembrana, condicionando a estabilidade dos taludes do contorno do aterro. Com o objetivo de proteger a geomembrana de ser danificada pelos rejeitos, foi instalada uma camada de solo com espessura de 0,5 m acima da geomembrana.

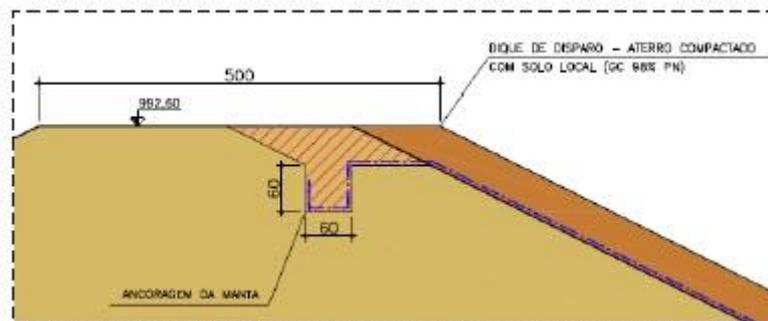
Segundo Maccaferri (2010), a aplicação de geomembranas em obras de proteção ambiental tornou-se uma alternativa interessante devido as suas características mecânicas e principalmente por sua espessura, proporcionando um melhor aproveitamento do volume das células e conseqüentemente um aumento de seu tempo de utilização. Além de controlar o percolado e a disposição segura dos resíduos, as geomembranas PEAD são materiais de fácil aplicação e inertes quimicamente à maioria dos reagentes encontrados nesse tipo de obra.

4.3 DIQUES

Os diques possuem a função de garantir o confinamento dos rejeitos dispostos, proporcionando estabilidade do maciço de rejeito que será alteado. Ao redor das células, foram executados diques de disparo, que receberam na face interna a área de disposição de rejeitos uma impermeabilização feita por uma manta de geomembrana, sendo que sua camada de proteção composta por solo compactado, será executada juntamente com o alteamento do maciço de rejeitos, devido a dificuldade em utilizar equipamentos como tratores e esteiras em grandes declividades. A geomembrana utilizada para a

impermeabilização foi ancorada na face interna da crista do dique, conforme mostrado na figura 5.

Figura 5- Ancoragem da geomembrana no dique.

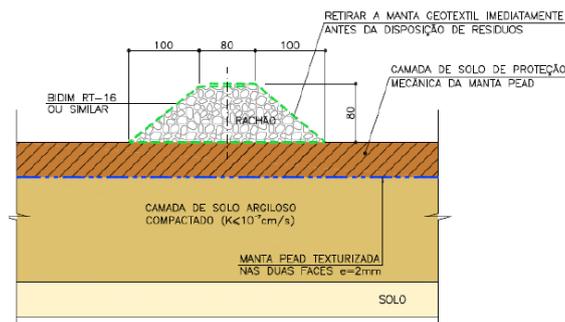


Fonte: Cepollina, 2012.

O fato de a geomembrana permanecer desprotegida até que ocorra o alteamento do maciço de rejeitos, pode afetar a integridade da geomembrana pelo processo de fotodegradação, já que as geomembranas apresentam tendência de degradação quando expostas à radiação ultravioleta, alterando sua vida útil. A geomembrana também estará em contato com os percolados dos rejeitos, podendo desencadear uma degradação de ordem química.

4.4 DRENAGEM DE PERCOLADOS NA FUNDAÇÃO

Figura 6- Detalhamento do dreno secundário do Aterro Sanitário de Brasília.



Fonte: Cepollina, 2012.

Quatro componentes constituem o sistema de drenagem dos percolados: drenos principais, drenos secundários, drenos coletores e emissário de chorume. Os drenos estão organizados sobre um esquema denominado de espinha de peixe, de forma que os drenos secundários conduzam a vazão dos percolados para os drenos primários, que por sua vez leva a vazão de percolados para os drenos coletores.

Com função de manter a geometria dos drenos, foram colocadas mantas de geotêxtil sobre os mesmos (CEPOLLINA, 2012). No entanto, essas mantas são retiradas imediatamente antes da disposição dos resíduos, pois a percolação de lixiviados por geotêxteis podem ocasionar a sua colmatação física, química e biológica.

Luettich, Giroud e Bachus (1992), ressaltam a importância de um critério para evitar a colmatção do geotêxtil e garantir que o mesmo tenha um significativo número de vazios, para caso de ocorrer a colmatção, a permeabilidade do geotêxtil não ser reduzida drasticamente.

Remígio (2006) considera que para que um sistema drenante funcione adequadamente ao longo do tempo, é necessário ter cuidado quanto ao dimensionamento e características do filtro, como também do solo a ser protegido e a escolha dos métodos construtivos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os geossintéticos são produtos poliméricos, industrializados, cujas propriedades contribuem para a melhoria de obras geotécnicas. Estes materiais sintéticos têm sido utilizados em substituição aos materiais de construção e como reforço de materiais naturais. As propriedades finais dos geossintéticos estão diretamente relacionadas com a composição química e com a estrutura do polímero que o constitui. Neste trabalho, foram apresentados os principais tipos de geossintéticos e as características físicas e mecânicas dos mesmos.

Devido as suas vantagens, hoje existe uma grande demanda de materiais geossintéticos no Brasil e com o objetivo de controlar este mercado existe uma grande responsabilidade quanto à correta especificação destes materiais, assim como um cuidado especial com o recebimento dos materiais e controle de execução, verificando se os produtos entregues atendem aos valores especificados em projeto, como também se os mesmos são instalados da forma adequada.

A utilização de geossintéticos em obras de aterro sanitário apresenta vantagens técnicas e econômicas. A principal vantagem é o baixo custo do método, quando comparado a outros métodos tradicionais, este benefício é decorrente do preço das matérias primas utilizadas e da facilidade e rapidez de execução. A inclusão de elementos sintéticos no aterro permite a adoção de estruturas mais íngremes e com menor volume de aterro compactado. Com isso, há uma redução do espaço ocupado pela estrutura.

A aplicação de geossintéticos em obras de aterro sanitário também permite a simplificação do processo construtivo, já que a facilidade de execução permite a execução de obras em locais de acesso difícil. Além disso, o tempo de execução da obra é geralmente reduzido.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. B. Torres de. **Resíduos Sólidos**. São Paulo: Leme: Independente, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8419 VERSÃO CORRIGIDA: 1996: **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Resíduos sólidos**. Classificação, NBR 10.004. Rio de Janeiro, p. 5, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 10318-1: **Geossintéticos- Parte 1: Termos e definições**. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 10319: **Geossintéticos- Ensaio de tração faixa larga**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13896: **Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 1997.

BENJAMIN, Carlos Vinicius dos Santos. **Aplicação de geossintéticos em aterros sanitários**. Limpeza Pública, São Paulo, v. 73, n. 1, p.50-55, mar. 2010.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

CARNEIRO, José Ricardo da Cunha. **Durabilidade de materiais geossintéticos em estruturas de carácter ambiental - a importância da incorporação de aditivos químicos**. 2009. 534 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Universidade do Porto, Porto, 2009. Cap. 13.

CASTILHOS JUNIOR, Armando Borges de (Org.). **Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para municípios de Pequeno Porte: Projeto PROSAB**. Rio de Janeiro: Abes, 2003. Disponível em:

<file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/Res%C3%ADduos%20s%C3%B3lidos%20urbanos%20aterro%20sustent%C3%A1vel%20para%20munic%C3%ADpios%20de%20pequeno%20porte.pdf>. Acesso em: 13 out. 2018.

CEMPRE. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 4. ed. São Paulo: Cempre, 2018. Disponível em: <LIXO MUNICIPAL: Manual de Gerenciamento Integrado. São Paulo: Cempre, 2018. 4. Ed.. Disponível em: . Acesso em: 10 out. 2018.>. Acesso em: 10 out. 2018.

DAS, Braja M. et al. **Fundamentos da Engenharia Geotécnica**. 6. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

CEPOLLINA. Engenheiros e Associados Ltda. **Desenhos de projeto - Projeto Executivo: Central de Tratamento de Resíduos Sólidos do DF (CTRS/DF)**. Brasília, 2012.

DAS, Braja M. et al. **Fundamentos da Engenharia Geotécnica**. 6. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

IBAM (Org.). **Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: Ibam, 2001. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2018.

LOPES, Margarida Pinho; LOPES, Maria de Lurdes. **A Durabilidade dos Geossintéticos**. Porto: Feup, 2010.

LUETTICH, S.M.; GIROUD, J.P.; BACHUS, R.C.. **Geotextile filter design guide**. Geotextiles and Geomembranes.v.11, p. 355- 370, 1992.

MACCAFERRI. **Critérios gerais para projeto, especificação e aplicação de geossintéticos**. Manual Técnico. Jundiaí: Maccaferri do Brasil, 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/Geossinteticos%20-%20Maccaferri.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2019.

MACIEL, Felipe Jucá. **Estudo da geração, percolação e emissão de gases no aterro de resíduos sólidos da Muribeca/PE**. 2003. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5806/1/arquivo6638_1.pdf>. Acesso em: 12 out. 2018.

MOREIRA, Simão Pedro de Castro Neves Marques. **Efeitos da danificação mecânica dos geossintéticos no comportamento como filtro em sistemas de cobertura de estruturas de confinamento de resíduos**. 2009. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Universidade do Porto, Porto, 2009. Disponível em: <file:///C:/9%20PERIODO/Trabalho%20de%20Conclus%C3%A3o%20de%20Curso%201/000136382.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2018.

PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2017. São Paulo: Abrelpe, 2017.

PROGEA. Engenharia e Estudos Ambientais. **Estudo de Impacto Ambiental para o Aterro Sanitário de Samambaia**. BELACAP. 2005.

REMÍGIO, A.F.N.; **Estudo da Colmatação Biológica a Sistemas Filtro-Drenantes Sintéticos de Obras de Disposição de Resíduos Domésticos Urbanos sob Condições Anaeróbicos**. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília – DF, 134p, 2006.

SARSBY, R. W. **Geosynthetics in Civil Engineering**. The Textile Institute. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2007. 308 p. Disponível em: <file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/epdf.tips_geosynthetics-in-civil-engineering.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2019.

SERVIÇO DE LIMPEZA URBANA. **Aterro Sanitário de Brasília**. Brasília: SLU, 2016.

SILVA, Adriana da. **Avaliação da danificação de geossintéticos causada por resíduos reciclados**. 2016. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2016. Cap. 6.

SILVA, Suzana Aparecida da. Geotêxteis **como elementos redutores da capacidade poluente de chorume**. 2014. 117 f. Tese (Doutorado) - Curso de Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Df, 2014.

TUPA, Néstor. **Utilização de geossintéticos para proteção de tubulações pressurizadas enterradas**. 2006. 173 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2006. Disponível em: <https://www.geotecnia.unb.br/downloads/teses/036-2006.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2018.

VAN ELK, Ana Ghislane Henriques Pereira. **Mecanismo de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos: Redução de emissões na disposição final**. Rio de Janeiro: Ibam, 2007. 40 p. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_publicacao/125_publicacao12032009023918.pdf>. Acesso em: 05 out. 2018.

VERTEMATTI, José Carlos et al (Org.). **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. São Paulo: Blucher, 2004.

VIDAL, D. M. **Geotêxtil: Propriedade e Ensaio**. Manual Técnico Geotêxtil Bidim, p. 1-31, 1990.