

GEOTÊXTIL NÃO TECIDO AGULHADO 100% POLIÉSTER (PET): UM CASO DE SUCESSO E PIONEIRISMO BRASILEIRO DE ECONOMIA CIRCULAR

Por Eng. Laerte Guião Maroni



GEOSSINTÉTICOS

Esta cartilha baseia-se no texto das normas ABNT NBR 10318-1:2021 e 10318-2:2021, referentes a termos e definições de geossintéticos e simbologia apropriada, respectivamente. Foram selecionados apenas os termos e símbolos mais relevantes. Para maior aprofundamento, recomenda-se a consulta às normas referidas e geomembranas poliméricas utilizadas como barreiras estanque em revestimentos permanentes. Para mais informações, consultar a norma.

1.1) HISTÓRICO

A inclusão de materiais diversos ao solo, para reforçá-lo ou melhorar o seu comportamento, pode parecer uma técnica recente, mas na realidade remonta à nossa antiguidade.

O emprego de materiais sintéticos, oriundos da indústria petroquímica é mais recente, sendo os precursores deste uso os norte-americanos e holandeses na década de 50.

O início da década de 70 trouxe o desenvolvimento dessa nova gama de produtos, inicialmente mais forte com os geotêxteis e no início dos anos 80 com os demais produtos.

Foi só a partir de 1977 que tais produtos receberam a denominação genérica de "geossinté-

ticos", "geotêxteis" e daí por diante à medida que foram surgindo e evoluindo cientificamente e mercadologicamente.

No Brasil, o uso dos geossintéticos, embora tenha crescido nos últimos 20 anos, ainda pode ser considerado tímido em comparação com países mais desenvolvidos, pelas suas vantagens gerais, e sobretudo, considerando-se critérios de sustentabilidade, há um grande potencial de crescimento para os próximos anos.

As principais razões para o crescimento contínuo esperado na utilização em obras de Engenharia geotécnica, civil e ambientais, são:

- Os geossintéticos tem suas características e propriedades controladas e conhecidas por serem produzidos industrialmente.
- Conceito de qualidade ampliada (produto, projeto, especificação, compra técnica, ensaios de garantia de qualidade, ensaios de recebimento, instalação, operação e exumação/acompanhamento de performance).
- Disponibilidade de uma grande gama de geossintéticos.
- Normalização NBR e NBR ISO.
- Redução de custos dos geossintéticos.
- Redução dos prazos de execução.

- Melhoria das metodologias de projeto, resultados de pesquisas e observação de casos históricos.

- Facilidade de transporte para regiões remotas e com escassez de materiais naturais.

- Custo competitivo quando comparado às soluções tradicionais de engenharia.

- O uso de geossintéticos, de uma maneira geral, resultam em soluções de engenharia sustentáveis e com menores impactos ao meio ambiente (análise de ciclo de vida de produto, menor pegada de carbono, sustentabilidade, reciclagem).

1.2) TIPOS, DEFINIÇÕES E TERMINOLOGIA

De forma geral, entende-se como geossintético todo produto polimérico usado em obras geotécnicas ou de proteção ao meio ambiente. Predominantemente os geossintéticos que necessitam ter elevada vida útil, são os que usam polímeros manufaturados (sintéticos).

Os primeiros geossintéticos surgiram nos anos 50, mas o crescimento do número de produtos, seus usos e aplicações, bem como técnica, vem evoluindo desde os anos 60. Trata-se de uma gama de produtos que, no mundo, vem crescendo anualmente com taxas de dois dígitos, gra-

ças às suas vantagens gerais e inúmeras aplicações.

A literatura técnica mundial e as normas técnicas definem os termos relativos às funções, produtos, propriedades, ensaios e identificação dos Geossintéticos de uma maneira geral.

As normas brasileiras - ABNT NBR ISO 10318-1 - Geossintéticos Parte 1 - Termos e definições - 2021 e ABNT NBR ISO 10318-2 - Geossintéticos Parte 1 - Símbolos e Pictogramas - 2021, estabelecem toda a terminologia e estruturação do segmento dos Geossintéticos.

1.3) TERMOS RELATIVOS AOS PRODUTOS GEOSSINTÉTICOS

Ao lado da definição, entre parênteses, estão os símbolos de cada geos-sintético descrito.

- **Geossintético (GSY):** termo genérico que descreve um produto em que ao menos um dos seus componentes é produzido, a partir de um polímero sintético ou natural, industrialmente, sob a forma de manta, tira ou estrutura tridimensional, utilizado em contato com o solo ou outros materiais, em aplicações da engenharia geotécnica ou civil.

- **Geotêxtil (GTX):** material têx-

til plano, que pode ser não-tecido, tecido ou tricotado, utilizado em contato com o solo ou outros materiais, em aplicações da engenharia geotécnica ou civil.

- **Geotêxtil não-tecido (GTX-NW):** geotêxtil feito de fibras cortadas ou filamentos contínuos, direcional ou aleatoriamente orientados, interligados por processo mecânicos, químicos ou térmicos.

- **Geotêxtil tecido (GTX-W):** geotêxtil produzido por entrelaçamento de fios, filamentos ou laminados, de trama e urdume, em teares, geralmente com ângulo reto entre eles.

- **Produtos correlatos aos Geotêxteis (GTP):** material plano, permeável polimérico (sintético ou natural), utilizado em contato com o solo e/ou outros materiais em aplicações da engenharia geotécnica e civil, o qual não está em conformidade com a definição de um geotêxtil.

- **Geogrelha (GGR):** estrutura polimérica plana, constituída por uma malha aberta e regular, de elementos de tração completamente conectados, que podem ser unidos por extrusão, solda ou "interlooping" ou entrelaçamento, e cujas aberturas são maiores que os elementos constituintes.

- **Georrede (GNT):** geos-sintético constituído por conjuntos de elementos paralelos sobrepostos e completamente conectados a outros elementos similares a vários ângulos.

- **Geocélula (GCE):** Estrutura tridimensional, permeável, polimérica (sintética ou natural), ou estrutura celular semelhante feita de ligadas de geos-sintético.

- **Geotira (GST):** material polimérico na forma de uma tira, com largura não superior a 200 mm, utilizado em contato com o solo e/ou materiais em aplicações da engenharia geotécnica e civil.

- **Geoespaçador (GSP):** estrutura polimérica tridimensional com espaços de ar que se intercomunicam, utilizado em contato com o solo e/ou outros materiais em aplicações da engenharia geotécnica e civil.

- **Barreira geossintética (GBR):** material geossintético de baixa permeabilidade, utilizado em engenharia geotécnica e civil, com a finalidade de reduzir ou prevenir a percolação de fluidos através da estrutura.

- **Barreira geossintética polimérica - Geomembrana (GBR-P):** estrutura constituída de materiais geossintéticos, produzidas industrialmente em forma de lâmina, na qual a fun-

ção barreira é essencialmente desempenhada por polímeros.

- Barreira geossintética argilosa (GBR-C) - GCL (Geosynthetic Clay Liner):

estrutura constituída de materiais geossintéticos produzida industrialmente em forma de lâmina, na qual a barreira é essencialmente desempenhada pela argila.

- Barreira geossintética betuminosa (GBR-B) -

Geomembrana betuminosa: estrutura constituída de materiais geossintéticos produzida industrialmente em forma de lâmina, na qual a barreira é essencialmente desempenhada pelo betume.

- Barreira geossintética (GBR):

material geossintético de baixa permeabilidade, utilizado em engenharia geotécnica e civil, com a finalidade de reduzir ou prevenir a percolação de fluidos através da estrutura.

1.4) TERMOS RELATIVOS ÀS FUNÇÕES

Uma camada de geossintético em uma obra pode exercer uma ou mais das funções abaixo apresentadas (ABNT NBR ISO 10318 – Geossintéticos Parte 1 – Termos e definições).

Mais geossintéticos podem ser utilizados ao mesmo tempo em uma estrutura, somando com-

portamentos quando devidamente dimensionados e especificados.

As “funções” como termos de estrutura de especificação e dimensionamento, nasceram para facilitar a escolha do geossintéticos e sua performance, definindo suas características de controle, características de performance, de dimensionamento e de durabilidade.

A norma NBR ANBT ISO 10318 define:

- Função Drenagem: coleta e condução de águas pluviais, águas subterrâneas e outros fluidos no plano do geossintético.

- Função Filtração: restrição da passagem sem controle, de partículas do solo ou outros materiais, submetidas a forças hidrostáticas, permitindo a passagem do fluido em movimento ou no interior de um geossintético.

- Função Proteção: prevenção ou limitação de danos localizados em um dado elemento ou material, pelo uso de um material geossintético.

- Função Reforço: uso do comportamento tensão-deformação de um material geossintético, para melhorar o comportamento mecânico do solo ou de outros materiais de construção.

- Função Separação: prevenção da mistura de dois materiais adjacentes de naturezas diferentes, solos ou materiais de aterro, pelo uso de um geossintético.

- Função Controle de Erosão Superficial: Uso de um produto geossintético para prevenir ou limitar os movimentos do solo ou de outras partículas na superfície (exemplo: talude).

- Função Barreira: uso de um geossintético para prevenir ou limitar a migração de fluidos.

- Função Alívio de Tensões: (para restauração de revestimentos asfálticos) uso de um geossintético para retardar o desenvolvimento de trincas de absorção de tensões que surgem do pavimento danificado.

- Função Estabilização: melhoria do comportamento mecânico de um material granular solto, pela inclusão de uma ou mais camadas de geossintético, de tal modo que a deformação sob cargas aplicadas seja reduzida pela minimização dos movimentos do material granular solto.

As figuras abaixo (figura 1) apresenta os símbolos gráficos das Funções de Aplicações dos geossintéticos segundo a norma NBR ISO 10.312 – Parte 2 – Símbolos e pictogramas:

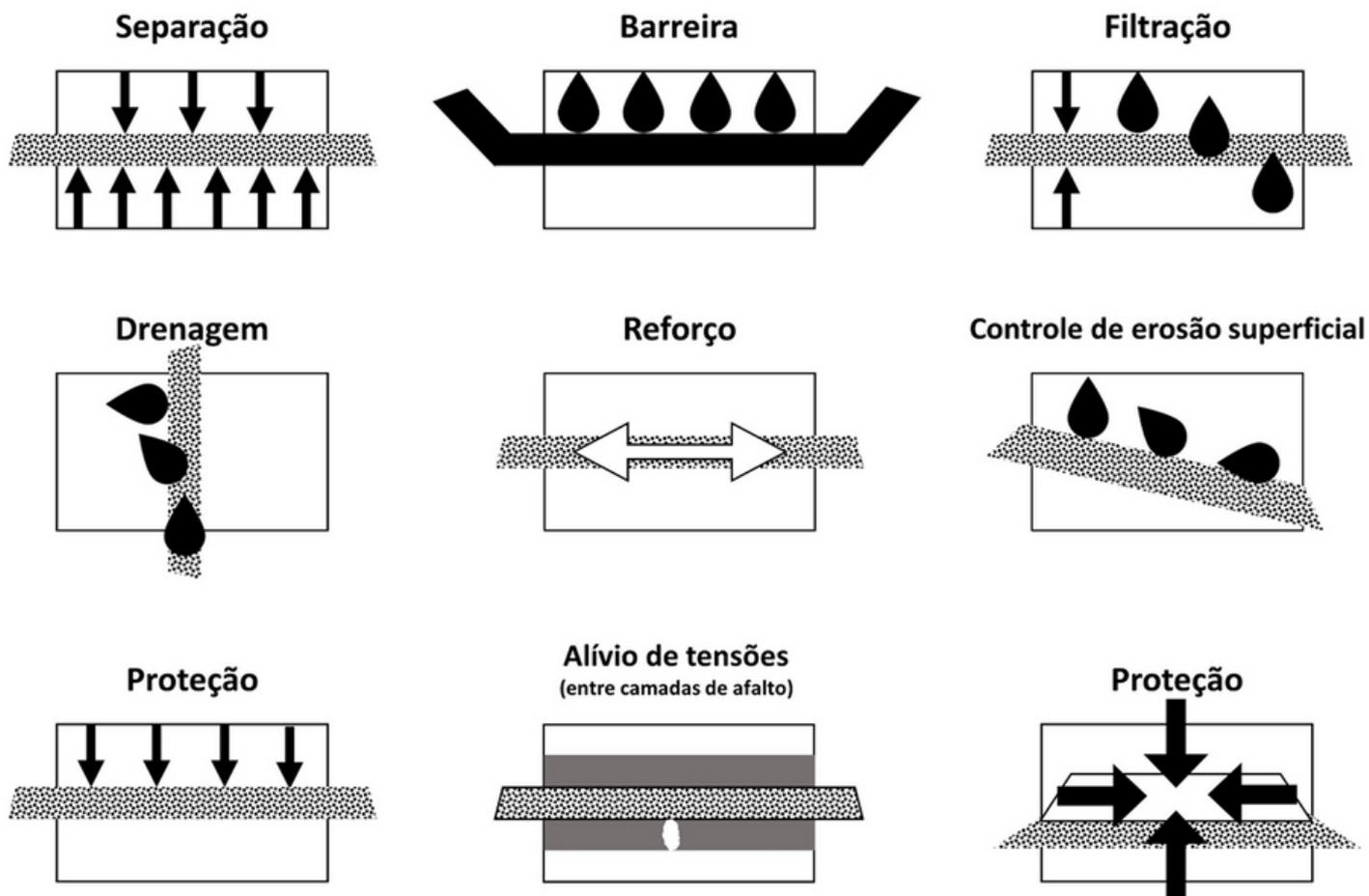


Figura 1 – Funções de Aplicações - Símbolos

O Eng. Dr. Ennio Marques Palmeira apresenta o Quadro 1.1 abaixo no seu livro Geossintéticos em geotecnia e meio ambiente, na página 11, que dá uma boa noção dos principais geossintéticos e suas principais funções nas obras em geral.

Quadro 1.1 TIPOS DE GEOSSINTÉTICOS E PRODUTOS DERIVADOS E SUAS APLICAÇÕES TÍPICAS

Tipo	Função						
	Reforço	Separação	Drenagem	Filtração	Barreira	Proteção	Outra
Geoblocos							✓ (1)
Geocélulas	✓					✓	✓ (2)
Geocompostos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Geocontêineres			✓			✓	✓
Geofôrmas			✓			✓	✓ (2, 9)
Geodrenos			✓	✓			
Geoespaçadores			✓				
Geofibras	✓						
Geogrelhas	✓						✓ (3)
Geomantas						✓	✓ (4)
Geomembranas		✓			✓	✓	
Georredes			✓				
Geotêxteis	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ (3, 6)
Geotiras	✓						
Geotubos			✓				
EKG			✓				✓ (7)
Tubos geotêxteis			✓			✓	✓ (8, 9)

Notas: (1) material de preenchimento ou aterros de baixa densidade e redução de pressões sobre estruturas de contenção; (2) estrutura de contenção, quando empilhadas convenientemente; (3) confinamento de material granular em colunas granulares; (4) dependendo do produto, fixação para favorecimento a germinação de sementes; (5) se geotêxtil não-tecido impregnado por asfalto, como barreira capilar ou barreira para sedimentos; (6) camada de aderência/ interface entre materiais; (7) melhoria e descontaminação de terrenos; (8) drenos eletrocinéticos; (9) estruturas de contenção, favorecimento ou restauração de habitat marinhos naturais, alteração de características hidráulicas (geração ou desvio de ondas, por exemplo).

Quadro 1.1 – Geossintéticos e suas principais funções de aplicações

1.5) PROPRIEDADES DOS GEOTÊXTEIS

A NBR ISO 10318 - Parte 2 – Símbolos e pictogramas, apresenta as características (propriedades) e os símbolos gráficos principais produtos geossintéticos, determinantes para as caracterizações, dimensionamento e especificações:

Propriedades físicas

Símbolos	Unidades	Referências	Propriedades
d	mm	ABNT NBR ISO 10318-1, 2.3.2.1	Espessura
b	m	-	Largura
l	m	-	Comprimento
ρ_A	g/m ²	ABNT NBR ISO 10318-1, 2.3.2.2	Massa por unidade de área

Tabela 1 - Propriedades físicas

Propriedades hidráulicas:

Símbolos	Unidades	Referências	Propriedades
k_n	m/s	ABNT NBR ISO 10318-1, 2.3.3.3	Coefficiente de permeabilidade normal ao plano
ψ	s ⁻¹	ABNT NBR ISO 10318-1, 2.3.3.6	Permissividade ($\psi = k_n/d$)
θ	L/(m.s)	ABNT NBR ISO 10318-1, 2.3.3.8	Transmissividade ($\theta = k_p \cdot d$)
V_{index}	mm/s	ABNT NBR ISO 10318-1, 2.3.3.5	Velocidade-índice
q_p	L/(m.s)	ABNT NBR ISO 10318-1, 2.3.3.7	Capacidade de fluxo no plano
q_n	L/(m ² .s)	ABNT NBR ISO 10318-1, 2.3.3.4	Vazão
O_{90}	μm	ABNT NBR ISO 10318-1, 2.3.3.1	Abertura de filtração característica

Tabela 2 – Propriedades hidráulicas

Propriedades mecânicas – características de tração:

Símbolos	Unidades	Referências	Propriedades
σ_y	MPa	ABNT NBR ISO 10318-1, 2.3.4.1.2	Tensão de tração no ponto de escoamento
T_{ξ}	kN/m	ABNT NBR ISO 10318-1, 2.3.4.2	Resistência à tração a uma dada deformação ξ (isto é, T3 é a resistência à tração a 3% de deformação)
σ_f	MPa	ABNT NBR ISO 10318-1, 2.3.4.1.3	Tensão de tração na ruptura
T_t	kN/m	ABNT NBR ISO 10318-1, 2.3.4.2.1	Resistência à tração (em relação a largura do corpo de prova) na ruptura
$\sigma_{máx}$	MPa	ABNT NBR ISO 10318-1, 2.3.4.1.4	Tensão de tração máxima
$T_{máx}$	kN/m	ABNT NBR ISO 10318-1, 2.3.4.2.2	Resistência à tração máxima (em relação a largura do corpo de prova)
$T_{Jmáx}$	kN/m	ABNT NBR ISO 10318-1, 2.3.5.4	Resistência máxima da junção ou emenda
ξ_s	%	ABNT NBR ISO 10318-1, 2.3.5.5	Eficiência da junção ou emenda
J	kN/m ou kPa	ABNT NBR ISO 10318-1, 2.3.4.2.3	Módulo em tração

Tabela 3 – Propriedades mecânicas – características de tração

Propriedades mecânicas – características de atrito:

Símbolos	Referências	Propriedades
Φ_s, GSY	ABNT NBR ISO 10318-1, 2.3.6.1	Ângulo de atrito entre solo e GSY
$\Phi GSY, GSY$	ABNT NBR ISO 10318-1, 2.3.6.1	Ângulo de atrito entre GSY e GSY
f_s, GSY	ABNT NBR ISO 10318-1, 2.3.6.2	Coefficiente de intereção por atrito (eficiência) entre solo e GSY

Tabela 4 – Propriedades mecânicas – características de atrito

- Propriedades mecânicas – características de carregamento:

Símbolos	Unidades	Referências	Propriedades
F_f	kN	-	Carga registrada na ruptura em um ensaio de tração
$F_{máx}$	kN	-	Carga máxima registrada em um ensaio de tração
F_p	kN	-	Força de puncionamento em um ensaio de puncionamento estático
P_n	kN	-	Carga normal em um ensaio de fluência em compressão
P_s	kN	-	Carga cisalhante em um ensaio de cisalhamento direto

Tabela 5 – Propriedades mecânicas – características de carregamento

- Outras características:

Símbolos	Unidades	Propriedades
D_c	mm	Diâmetro do furo obtido no ensaio de queda de cone, caso ocorra, expresso em milímetro

Tabela 6 – Outras características

1.6) MATÉRIAS PRIMAS

Os polímeros em geral servem como matérias-primas para os geossintéticos, sendo que algumas das principais propriedades e características deles vem diretamente de seus compostos.

Tais produtos foram desenvolvidos durante a Segunda Guerra Mundial, ou logo após, e possuem propriedades adequadas, bem como custo e tecnologia industrial para abastecer adequadamente o mercado.

Tais polímeros, também conhecidos como plásticos, são matérias primas para os materiais de construção como o aço, solo, concreto, madeira e outros, e junto com os respectivos processos de fabricação, formam hoje uma importante categoria de materiais de construção, que são os GEOSSINTÉTICOS”.

Nesse momento, no qual um dos principais debates ambientais está relacionado ao uso dos plásticos, os geossintéticos se posicionam melhor ainda como materiais de construção de primeiríssima linha, devido à sua durabilidade e alta sustentabilidade, podendo inclusive serem reciclados ou produzidos a partir de matérias primas pós-industrial (PIM) e pós consumo (PCM).

A tabela abaixo publicada (e atualizada) no Manual Brasileiro de Geossintéticos, segunda edição, página 36, apresenta as matérias primas mais utilizadas nos principais geossintéticos:

Principais polímeros utilizados na fabricação dos geossintéticos		
Polímero	Sigla	Geossintético
Poliétileno	PE	Geotêxteis, geomembranas, geogrelhas, tubos dreno, georredes e geocompostos
Poliestireno expandido	EPS	Geoexpandidos
Polipropileno	PP	Geotêxteis, geomembranas, geogrelha, tubos dreno, georredes e geocompostos
Polivinil clorado	PVC	Geomembranas, tubos drenos e geocompostos
Poliéster	PET	Geotêxteis e geogrelhas
Poliestireno	OS	Geocompostos
Polivinil álcool	PVA	Geotêxteis, geogrelhas e geocompostos
Poliamida	PA	Geotêxteis, geogrelhas e geocompostos
Etileno-propileno-dieno monomero	EPDM	Geotêxteis, geogrelhas e geocompostos

Tabela 7 – Principais geossintéticos e matérias primas poliméricas

1.7) PRINCIPAIS APLICAÇÕES DOS GEOSSINTÉTICOS

As aplicações dos geos-sintéticos são muitas, sendo que os mais utilizados são os Geotêxteis, Geogrelhas, Geo-membranas, Geocélulas, GCL e Geocompostos Drenantes.



Foto 1 – Geomembrana como barreira impermeável



foto 2 – Geotêxtil tecido em reforço sobre solo mole



Foto 3 – Geogrelha em muro de contenção



Foto 4 – Geotêxtil não-tecido em filtração



Foto 5 – Geocomposto drenante



Foto 6 – GCL em aterro sanitário

As aplicações clássicas dos geossintéticos são inúmeras, e o consumo desses produtos continua crescendo devido à sua versatilidade e sustentabilidade. Podemos citar entre as mais conhecidas:

Reforços em aterros sobre solos moles	Canais de gabiões
Taludes de solos reforçados	Canais em concreto
Muros de contenção reforçados	Trincheiras drenantes para rebaixamento do lençol freático
Estabilização de taludes	Drenos de pavimento
Estradas temporárias	Drenos rodoviários
Filtros em muro de gabião	Drenagem <u>sub-superficial</u>
Filtros em muros de contenção em geral	Colchões drenantes
Drenagens com geocomposto	Revestimentos de canais com <u>geocélulas</u>
Proteção de geomembranas (barreiras)	Aumento da capacidade <u>portante do solo</u>
Barreiras impermeabilizantes em reservatórios	Drenagem em floreiras e jardins
Barreiras impermeabilizantes em aterros sanitários	Telhados verdes
Barreiras impermeabilizantes em aterros industriais	Camadas de separação em impermeabilização de lajes
Restauração de pavimentos asfálticos	Barreiras de sedimentos (<u>silt fence</u>)
Camadas de separação de solos	Proteção de margens fluviais e marítimas
Dreno vertical de adensamento de solos moles	Proteção de tubulações
<u>Geoformas para dessecagem de lobos</u>	Drenagem de campos de futebol e práticas desportivas
Aterros hidráulicos	Proteção de lastro ferroviário
Enrocamentos para aterros hidráulicos	Drenos de barragens
Reforço de base de pavimentos	Estradas de acesso
Aterros hidráulicos com <u>geoformas</u>	Colunas de areia e brita em aterros sobre solos moles
Impermeabilização de lagoas com geomembranas	Impermeabilização em lagoas de rejeitos
Reforços em taludes íngremes	Impermeabilização em taludes de barragens de terra
Muros de contenção com paramento verde e <u>geocélulas</u>	Mantas de cura para concreto
Descomissionamento de barragens	Reforço de aterros sobre estacas
Cobertura final impermeável de aterros sanitários	Muitas outras

Tabela 8 - Aplicações de geossintéticos

1.8) PICTOGRAMAS

A NBR ISO 10318 - Parte 2 - Símbolos e pictogramas, apresenta os símbolos gráficos dos principais produtos geossintéticos:

GTX		Geotêxtil
GBR		Barreira geossintética
GGR		Geogrelha
GCO		Geocomposto
GNT		Georrede
GBR-C		Barreira geossintética argilosa
GCE		Geocélula
GMA		Geomanta

Tabela 9 – Pictogramas

1.9) SUSTENTABILIDADE E GEOSSINTÉTICOS

Sustentabilidade

A Sustentabilidade é um movimento mundial, que envolve cada vez mais a sociedade como um todo, e que visa garantir que os recursos naturais sejam usados racionalmente de forma a não faltar para as próximas gerações.

Segundo a WWF (World Wide Fund for Nature), Desenvolvimento Sustentável, ou Sustentabilidade, é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, garantindo a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro.

Essa definição surgiu na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela ONU, para discutir e propor meios de harmonizar dois objetivos: O desenvolvimento econômico e a conservação ambiental.

Todas as questões de sustentabilidade se apoiam em 3 pilares:

- Ambiental
- Social
- Econômico

Pegada de carbono:

A “pegada de carbono” (footprint) é o cálculo da emissão total de gases de efeito estufa (GEEs), incluindo o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄), associados às atividades humanas no planeta. A conta inclui as emissões que tem origem na produção, no uso

e no descarte de produtos ou serviços.

Quando se fala em preservação ambiental, os gases de efeito estufa são os grandes vilões que contribuem para o aumento da temperatura do planeta. Os principais esforços conduzidos por governos e instituições internacionais, como a ONU, para combater as mudanças climáticas convergem em um ponto: reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

A “Pegada de carbono” é a medida que calcula a emissão de carbono na atmosfera. Pode ser calculada por pessoa, atividade, evento, projeto, empresa, organização ou governo.

Uma obra de engenharia civil ou ambiental, deve ser avaliada pela sua “pegada” de carbono,

abrindo potencialmente grandes perspectivas positivas para os geossintéticos, pela sua durabilidade e redução dos custos e da “pegada de carbono” se comparado aos processos e métodos tradicionais.

Já existem trabalhos datados do início dos anos 2010 comparando a emissão de carbono entre as soluções clássicas x soluções com geossintéticos. No caso de aterros sobre solos moles, uma solução com geossintético, pode emitir cerca de 85% menos CO₂ do que a tradicional troca de solo (corte, transporte, disposição, corte em empréstimo, transporte e deposição).

Análise do ciclo de vida de produtos e serviços (ACV):

A avaliação do ciclo de vida (ACV) de produtos e serviços é considerada uma das mais robustas, atuais e confiáveis ferramentas de sustentabilidade, posicionada no centro da questão dos conceitos modernos e necessários do desenvolvimento sustentável como o do desenvolvimento sustentável como o “Pensamento em Ciclo de Vida”, Ecologia Industrial e Economia Circular. A ferramenta ACV traduz a cadeia de valores em indicadores de desempenho, criando um perfil ambiental gerenciável que considera todas as etapas e elos do ciclo

de vida, rastreando e identificando os custos ambientais de um produto.

O uso da avaliação do ciclo de vida (ACV) permite comparar ciclo de vidas de alternativas e produtos diferentes para uma mesma aplicação, levando em contato custos, impactos, prazos, durabilidade e outros fatores.

A ferramenta ACV segue as normas ABNT NBR ISO 14.040 – Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e estrutura e ABNT NBR ISO 14.040 – Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e orientações.

Transição energética, mudanças climáticas, e o uso dos geossintéticos:

Tendo em vista os desafios impostos pelas mudanças climáticas, muitos países têm investido na mudança de suas matrizes energéticas para alternativas mais sustentáveis, menos dependentes de recursos naturais e com baixíssima emissão de gases de efeito estufa. Dentre as soluções possíveis, houve um incremento na última década em empreendimentos de energia solar e eólica.

Dentro desse segmento, os geossintéticos, geotêxteis em especial, tem um papel fundamental em estruturas de usinas eólicas. Devido à turbu-

lência produzida pelas pás das usinas eólicas, há uma tendência de ocorrência de processos erosivos nas fundações das torres. Nesse sentido, o geossintético tem função de reforço e controle de erosão devido aos efeitos sísmicos decorrentes das usinas, além de servir como camada separadora entre brita e solos finos.

Outro ponto de interesse refere-se à tendência de elevação do nível do mar nos próximos anos. Com o aumento da temperatura média global, espera-se que haja um aumento da cota atual da linha de maré, sujeitando uma grande porção de cidades costeiras a processos marítimos que intensificarão a erosão litorânea. É esperado que a infraestrutura, assim como regiões de praias, enseadas, margens de rios e encostas sejam diretamente afetadas por esse fenômeno, sendo necessária a implantação de soluções de engenharia que reduzam a erosão.

Note-se, portanto, que, além do mercado atual para geossintéticos, há um grande potencial de desenvolvimento em outras áreas.

Considerações:

A energia consumida pode ser um fator determinante no custo de fabricação de um material de construção. O uso de plásticos

pode consumir muito menos energia que outros materiais de engenharia na sua produção.

Há a se considerar também outros custos de determinadas técnicas de construção e soluções de problemas, bem como impactos causados, ao meio ambiente, e seu custo total.

No que se refere aos geossintéticos, o custo dos produtos, sua durabilidade, baixo impacto ambiental, velocidade de construção, controle de qualidade, podem resultar em obras cujas construções provoquem menores impactos ambientais que as aplicações de soluções de engenharia tradicional.

Neste momento, os geossintéticos são grandes aliados no que diz respeito a:

- Sustentabilidade.
- Menor “pegada de carbono”.
- Análise do ciclo de vida (produtos e serviços).
- Circularidade (economia circular).
- Reciclagem (como matéria prima e pós uso).
- Controle de erosão.

Os assuntos ambientais acima descritos representam uma nova fase no desenvolvimento do uso dos geossintéticos.

2) GEOTÊXTEIS NÃOTECIDOS E SUAS FUNÇÕES DE APLICAÇÕES

Os geotêxteis são os mais conhecidos e populares dentre todos os geossintéticos. Foram um dos pioneiros, e até hoje dominam o volume de geossintéticos utilizados no mundo.

Os geotêxteis são extremamente versáteis, e vem encontrando ainda aplicações

crescentes nas obras de engenharia civil e ambientais.

Os geotêxteis são fabricados e utilizados basicamente de duas formas:

- **Geotêxteis tecidos** (fios, filamentos ou laminetes).

- **Geotêxteis nãotecidos** (fibras cortadas ou filamentos contínuos).

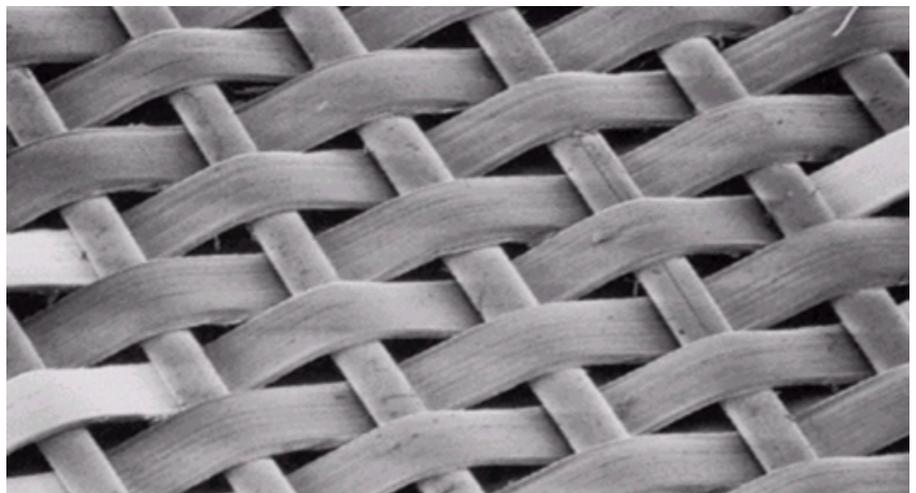


Figura 2: Geotêxteis tecidos

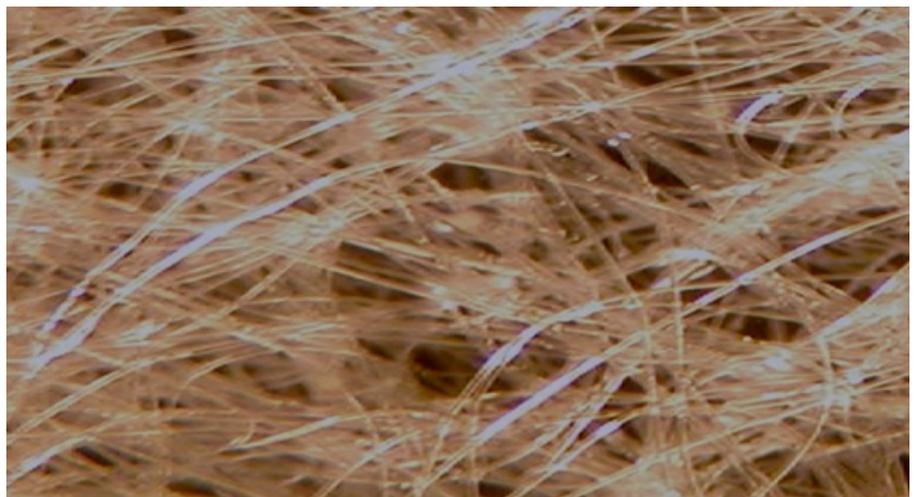


Figura 3: Geotêxteis nãotecidos

Com relação às matérias primas, em volume, hoje são majoritariamente utilizados os polímeros Poliéster (PET) e o Polipropileno (PP).

Na função de reforço, os geotêxteis tecidos de poliéster são os mais utilizados, pela elevada resistência mecânica e devido ao melhor comportamento em fluência. Na função estabilização, os geotêxteis tecidos de polipropileno, especialmente de laminetes, são bastante utilizados.

Com relação aos geotêxteis não tecidos, inicialmente eram utilizadas diversas matérias primas sintéticas, mas hoje se concentram em poliéster (PET) e polipropileno (PP).

No início dos anos 1970, os fabricantes de polímeros, fibras têxteis e não tecidos, investiram suas tecnologias e produtos nas matérias primas mais disponíveis em seus portfólios.

Sendo assim as matérias primas dominantes foram escolhidas mais por questões de caráter de interesse na cadeia dos polímeros, disponibilidade e custo.

Há casos em que uma matéria prima é mais adequada, como o uso do polipropileno em obras ambientais em ambientes agressivos. Mas de forma geral os geotêxteis não tecidos de PP ou PET se comportam muito bem.

Nos anos 1970 o polímero de polipropileno (PP) era disponível no mercado brasileiro, com custo competitivo em relação ao poliéster (PET), mas a fibra cortada, matéria prima de geotêxteis não tecidos não era disponível em grande escala como a do poliéster. Quem fabricava a fibra de polipropileno, era para seu uso cativo. Nunca houve um comércio regular de fibras de polipropileno para não tecidos.

São 50 anos de domínio do geotêxtil não tecido de poliéster, com um sucesso absoluto. O domínio, e crescimento do uso dos geotêxteis como motor dos geossintéticos no Brasil, se deve também ao poliéster reciclado de garrafa PET, que hoje representa a quase totalidade do mercado brasileiro.

Suas principais funções de aplicação são:

- Filtração
- Separação
- Drenagem
- Reforço
- Proteção
- Estabilização
- Alívio de tensões

2) GEOTÊXTEIS NÃO TECIDOS E SUAS FUNÇÕES DE APLICAÇÕES

O que é Economia Circular?



Foto 7 - Geotêxtil tecido de poliéster em aterro sobre solo mole



Foto 8 - Geotêxtil não tecido em sistema de drenagem

Economia Circular é uma metodologia que compreende a análise de todas as etapas de fabricação e uso de um produto, desde extração da matéria-prima até o final do ciclo de vida. O modelo de economia circular visa minimizar ao máximo o descarte de recursos.

Enquanto na economia linear, o modelo é extrair, produzir e descartar, esgotando assim recursos finitos, na economia circular se tem um círculo fechado, permeado pela reciclagem, pelo reuso, pelo reparo, pela distribuição e pela remanufatura dos bens.

Dentro dos conceitos atuais de sustentabilidade, a análise de um novo produto ou projeto deve sempre partir do conceito de economia circular.



Figura 4 – Economia linear – Fonte: Ideia circular



A Economia Circular é um modelo que busca combinar desenvolvimento econômico ao uso responsável dos recursos naturais, assim como à minimização do impacto ambiental dos resíduos. Nesse modelo econômico, é levado em consideração a continuidade em ciclos dos processos de produção, ou seja, aquilo que antes era considerado resíduo é reinserido no processo produtivo ou se torna matéria prima para a criação de novos produtos e novos ciclos, reduzindo o volume de resíduos que chega à natureza. A economia circular tem quatro princípios básicos:



Figura 6 – Princípios básicos da economia circular

O objetivo da Economia Circular é fomentar um modelo econômico que ofereça uma gestão eficiente e responsável dos recursos naturais visando o desenvolvimento sustentável. Assim como redefinir a maneira como a sociedade consome, substituindo a tradicional dinâmica de compra, uso e descarte, pela lógica da Redução, Reutilização e Reciclagem.

Na Economia Circular, a matéria prima é utilizada e reutilizada de forma cíclica, ao mesmo tempo em que os recursos naturais são valorizados em cada etapa da cadeia produtiva, afinal, o objetivo é reduzir a sua exploração excessiva e ineficiente.

O benefício mais evidente da economia circular fica claro: Minimizar o impacto ambiental causado pelo nosso estilo de vida.

Mas há outros benefícios, como a melhoria da saúde e qualidade de vida da população, impulsionando diretamente o crescimento econômico, já que essa necessária e urgente transição para a Economia Circular atrai cada vez mais investimentos, tornando-se solo fértil para a inovação, empreendedorismo, geração de renda e empregos.

4) O USO DO POLÍMERO PET DE EMBALAGEM E A RECICLAGEM NO BRASIL

O polímero poliéster?

O Poli (Tereftalato de Etileno), ou simplesmente PET, iniciou sua trajetória na indústria têxtil. A primeira amostra da resina foi desenvolvida em 1941, durante a segunda guerra, para substituir a falta de fibras naturais, predominantes na época.

As primeiras embalagens de PET surgiram nos Estados Unidos, e logo após na Europa, no início dos anos 70.

No Brasil, o uso do PET para embalagens teve início no final da década de 80, mas apenas a partir de 1993 passou a ter forte evolução mercadológica, notadamente para refrigerantes, devido à excelente barreira a gases.

A partir dessa data, as embalagens PET, especialmente para alimentos, vem crescendo muito. No caso da reciclagem, o Brasil é um exemplo mundial de novos destinos para o PET reciclado. O país conta com inúmeras aplicações que impulsionaram a demanda e criaram a verdadeira indústria da reciclagem do PET.

Tipos de reciclagem:

Basicamente temos 3 tipos de reciclagem, seja do pós-industrial (PIM) ou pós consumo (PCM):

- Reciclagem mecânica: A que

ocorre em maior volume. Parte da coleta e descontaminação (PIM ou PCM) de embalagens e produtos descartados, que são transformados em “flakes” ou peletes para a produção de novas embalagens e novos produtos, dentro do princípio da economia circular.

- Reciclagem térmica: Aproveita a energia pela queima dos resíduos. Não é a melhor alternativa pois polui e aumenta a pegada de carbono.

- Reciclagem especial: “Despolimeriza” o plástico, readicionando componentes químicos, e fabricando novamente os polímeros. Está em desenvolvimento e já existem plantas piloto em operação.

A Reciclagem do PET no Brasil

Iniciada em meados dos anos 90, a reciclagem mecânica das embalagens PET é um sucesso no Brasil, embora possam crescer mais ainda atingindo seus objetivos de circularidade. Parte desse sucesso deve-se a questões econômicas e sociais, que levaram grande parte da população a aumentar sua renda com a coleta das embalagens e garrafas pós consumo.

Nesse sentido também contribui muito para a circularidade o uso “botle to botle”, que exige legalmente um percentual de pós consumo e

pós-industrial nas embalagens de alimentos.

O PET é o plástico mais reciclado em todo o mundo e o Brasil possui posição de destaque nesse contexto, superior aos EUA e muitos países da Europa e Ásia. Trata-se de um dos melhores exemplos de economia circular baseada nos três aspectos da sustentabilidade: Econômico, social e ambiental.

Pelo 11o Censo da Reciclagem do PET no Brasil (Associação Brasileira da Indústria do PET), o Brasil atingiu em 2019 o índice de 55% de reciclagem das embalagens de PET descartadas.

Ainda é possível melhorar o índice de reciclabilidade segundo a ABIPET:

- Construir grandes centros de triagem para separar os materiais recicláveis;
- Aumentar a coleta seletiva;
- Aumentar o número de cooperativas de catadores



Figura 7 – Volume de PET pós consumo reciclado

5) O USO DO PET DE EMBALAGENS PARA FABRICAR GEOTÊXTEIS NÃO TECIDOS AGULHADOS - O PIONEIRISMO BRASILEIRO

Em meados dos anos 1990, havia três fornecedores de geotêxteis não tecidos produzindo no Brasil, a saber a empresa Rhodia S/A (Bidim), pioneira no segmento com produtos de filamentos contínuos, e a Ober S/A Indústria e Comércio (Geofort) e a Indústria de Feltros Santa Fé (Nonteck), essas últimas com fibras cortadas.

As ofertas das fibras de polipropileno eram raras no comércio de fibras, quase que se limitando àquelas indústrias que fabricavam produtos como carpetes e tapetes, em uso

cativo. O polímero PP era disponível e com bom custo, mas sua utilização no segmento têxtil ainda começava a se desenvolver.

Para os fabricantes de fibras de poliéster, com consumo forte no têxtil, os produtos de polipropileno representavam uma preocupação constante com relação ao custo final dos produtos.

Nos anos 1990 o mercado de geotêxteis e geossintéticos crescia bem no Brasil, dominado pelo uso do poliéster no geotêxtil

A Rhodia S/A produzia geotêxteis a partir de seus polímeros e os demais compravam fibras das empresas Rhodia e Celbras, com plantas grandes.

Um dos dois grandes fabricantes, a Celbrás, teve como origem a multinacional Celanese do Brasil Fibras Químicas Ltda, quando em 1984 foi incorporada pelo grupo Sinasa. A Celbras produzia fi-

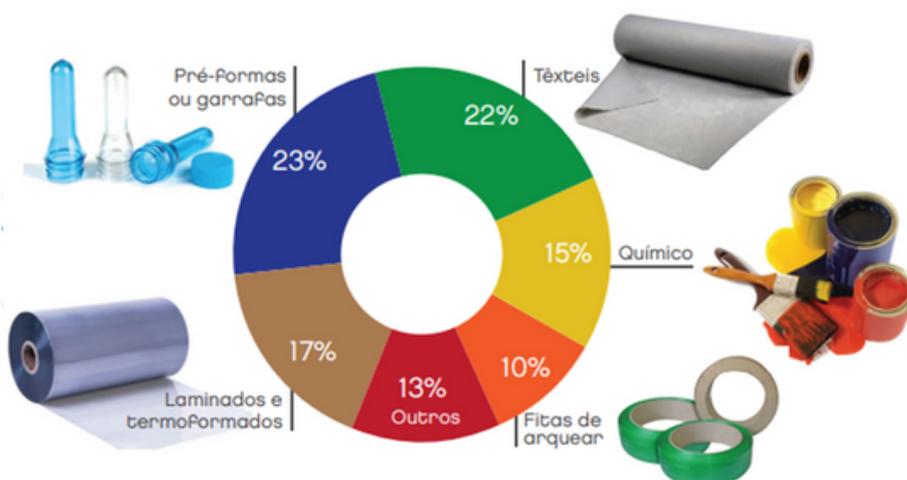


Figura 8 – Principais aplicações de PET reciclado no Brasil

bras de poliéster e polímeros PET para garrafas e embalagens.

Em 04 de maio de 1994, a Rhone-Poulenc (Rhodia S/A) e a Célebres se associaram para formar uma única empresa, respondendo aos interesses estratégicos de ambas, e para garantir volume adequado do ponto de vista industrial.

Desta forma foi criada a empresa Rhodia-Ster S/A, líder em vários segmentos, em especial o de fibras de poliéster e polímero de poliéster (PET) para garrafas e embalagens. A Rhodia-Ster além de produzir fibras com polímeros grau têxtil virgem, passa a produzir em pouco tempo fibras com PET reciclado pós consumo e pós-industrial.

No ano de 1994, o Grupo Andrade Latorre de Jundiaí/SP, fundou a empresa Ecofabril Indústria e Comércio Ltda. A Ecofabril lançou fibras de poliéster feitas 100% com resinas dos pós consumo, fazendo ela mesmo o processo de transformação da garrafa usada ao flake de extrusão para a produção de fibras.

Em função da concentração criada pela Rhodia-Ster, o CADE exigiu e foi formada uma nova empresa independente de fibras de poliéster, a Unnafibras S/A, ainda nos anos 1995, inicialmente operando com o polímero de poliéster virgem e

depois passando praticamente para 100% de reciclados.

A Ober S/A, fabricante do geotêxtil agulhado Geofort, um dos grandes fabricantes de não tecidos agulhados brasileiro, em 2002 passa a produzir fibras de poliéster com reciclado, e em 2003, quando passa a processar a garrafa pós consumo (PCM), aumenta significativamente o seu consumo de fibras feitas com reciclado PET, principalmente no caso do geotêxtil não tecido.

Alguns fabricantes de tapetes entraram no mercado de fibras, mas para uso cativo, como a Etrúria Industria e Comércio Ltda. e a Inylbra Indústria e Comércio Ltda, passam a reciclar as garrafas e produzir fibras.

A própria Rhodia-Ster criou uma empresa especializada na reciclagem pós-industrial (PIM) e pós consumo (PCM) para as embalagens PET, a empresa Recipet, até hoje ativa no mercado.

Além de ter mantido os preços dos geotêxteis agulhados de poliéster em níveis competitivos, o uso do polímero PET reciclado com isso conseguiu fazer o mercado brasileiro crescer bastante, popularizando o conhecimento e uso dos geossintéticos em geral.

Na verdade, com o esforço conjunto paralelo entre

recicladores, fabricantes de fibras e fabricantes de produtos como os não tecidos e geotêxteis não tecidos, formou-se um novo mercado, antecipando a sustentabilidade e economia circular.

Nesse ponto, há que se enaltecer o esforço da Rhodia-Ster, pois como líder sul-americano no mercado de garrafas PET e fibras PET, sempre se sentiu muito incomodada com as garrafas vazias que já se encontravam nas ruas e rios, e tomou providencias e ações de marketing e desenvolvimento para a reciclagem inteligente desses polímeros.

Ainda em 1994, “herdeira” de um grande volume de garrafas e descartes pós-industrial (PIM), a fábrica de não tecidos e geotêxteis de filamentos contínuos de poliéster da Rhodia-Ster (Bidim), fez investimentos em processo e P&D (pesquisa e desenvolvimento). Em pouco tempo foram feitos ajustes e desenvolvimentos de processo, e os produtos atingiam as mesmas características daqueles produzidos com os chamados polímeros virgens têxteis. Logo em seguida, com o progresso da disponibilidade dos reciclados no mercado (flakes), passou-se a usar praticamente 100% de tais produtos com reciclado de garrafas, no caso dos geotêxteis.

Do volume anual estimado de 75.000.000 m² de consumo de geotêxteis não tecidos agulhados no Brasil, 93% devem ser de poliéster, e desse volume, praticamente 100% é produzido com poliéster de embalagem reciclado (PET).

Esses 27 anos de aplicação dos geotêxteis não tecidos 100% poliéster reciclados, mostram o sucesso dessa tecnologia e pioneirismo brasileiro.

6) COMENTÁRIO FINAL

Os geossintéticos de uma maneira geral representam um segmento de sucesso no mercado da engenharia civil e ambiental.

As matérias primas utilizadas geralmente levam a uma vida útil bastante elevada, por utilizarem materiais sintéticos (plásticos). Isso leva a vantagens no cálculo do ciclo de vida da solução.

Pelas suas próprias características, os geossintéti-

cos são sustentáveis e ambientalmente corretos, pois poupa recursos naturais e tem uma baixa pegada de carbono.

Temos disponível bom padrão de dimensionamento e de engenharia a ser dedicada aos geossintéticos.

Há casos em que pela tecnologia desenvolvida, responsabilidade limitada ou baixa vida útil necessária, podemos usar polímeros naturais ou polímeros reciclados.

Os geossintéticos são produtos que potencialmente podem ser trocados e reciclados em alguns casos, como reformas de sistemas de impermeabilização de lagoas com geomembranas.

Sendo assim, todos os envolvidos no segmento dos geossintéticos, devem aliar tais produtos aos princípios e valores da sustentabilidade, com certeza como fator positivo.

7) BIBLIOGRAFIA

- PALMEIRA, E. M.; Geossintéticos em geotecnia e meio ambiente; 2018
- ABNT NBR ISO 10318-1 - Geossintéticos Parte 1 - Termos e definições - 2021
- ABNT NBR ISO 10318-2 - Geossintéticos Parte 1 - Símbolos e pictogramas - 2021
- VERTEMATTI, J.C; MANUAL BRASILEIRO DE GEOSSINTÉTICOS - 2a. Edição - Publicação CTG/ABINT
- Movimento Repense o Plástico - E. book Economia Circular
- Material promocional de O Boticário
- WWF - World Wide Fund for Nature
- ABNT NBR ISO 14.040 - Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e estrutura.
- ABNT NBR ISO 14.040 - Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Requisitos e orientações.
- Informações, folhetos e publicações da Ecofabril Indústria e Comércio Ltda.
- Informações do site ABIPET - Associação Brasileira da indústria do PET