



**Holística da engenharia com geossintéticos na busca pelo desenvolvimento sustentável: Agenda 2030 e indicadores de cidades e comunidades sustentáveis**

**Mag Geisielly Alves Guimarães**

Professora Mestre, Doutoranda, PPGEC/CEFETMG, Campus Nova Gameleira, Brasil  
mag@cefetmg.br

**Denise de Carvalho Urashima**

Professora Titular, Doutora, PPGEC/CEFETMG, Campus Nova Gameleira, Brasil  
urashima@cefetmg.br

## RESUMO

As discussões históricas sobre a emergente adoção de práticas de desenvolvimento sustentável vêm ao encontro as constantes necessidades dos seres humanos em transformar a superfície terrestre em condições habitáveis. Contudo, isto têm ocorrido em velocidades extremas e com inúmeros impactos socioambientais que se refletem em eventos climáticos extremos e eminentes escassezes de água e alimentos. A engenharia civil é uma das maiores indústrias indutoras de crescimentos econômicos e sociais e, para tanto, requer a adoção de projetos com vieses ao desenvolvimento sustentável. Neste contexto, a engenharia com geossintéticos possibilita inúmeras obras civil, geotécnica e ambiental com viabilidades técnicas, econômicas e socioambientais defronte a emergente busca pelo desenvolvimento sustentável a atual e futuras gerações. O artigo apresenta discussões sobre seis aplicabilidades da engenharia com geossintéticos em sintonia com os objetivos do desenvolvimento sustentável globais expressos na Agenda 2030 e aos indicadores normativos de cidades e comunidades sustentáveis. As aplicações exemplificadas atendem a 47% dos principais eixos temáticos de indicadores de comunidades sustentáveis, bem como a 53% dos objetivos de desenvolvimento sustentáveis globais, com enfoques macro de proteção ao planeta. Dentre os indicadores normativos, os eixos temáticos meio ambiente e mudanças climáticas e de resíduos sólidos são os que mais apresentam relações diretas aos projetos com geossintéticos discorridos. A holística da engenharia com geossintéticos agrega em soluções técnicas e sustentáveis acessíveis a toda a população e em harmonia ao meio ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desenvolvimento Sustentável. Geossintéticos. Agenda 2030.

## 1 INTRODUÇÃO

Geossintéticos (GSY) são produtos manufaturados com polímero sintético (“geo + sintético”), na grande totalidade, ou polímero natural e empregados comumente em contato com solo. Podem apresentar formatos de manta, tira ou estrutura tridimensional e desempenhar funções de reforço, filtração, drenagem, proteção, separação, barreira, controle de erosão superficial, alívio de tensões e estabilização (ABNT NBR ISO 10318-1, 2021). As primeiras aplicações de geossintéticos datam da década de 1950, com a fabricação de tecidos para uso como camada de separação e filtração entre solos granulares e de baixa capacidade de carga, bem como em projetos costeiros na Holanda e nos Estados Unidos (PALMEIRA, 2018).

A despeito de sua origem recente, em comparação a demais materiais convencionais na engenharia civil, os geossintéticos têm se desenvolvido rapidamente devido, entre outros fatores, à facilidade de instalação e transporte, potenciais aplicações em projetos emergenciais, custos competitivos, possibilidade em substituir recursos naturais escassos, tais como solos e rochas, bem como viabilizar projetos sustentáveis de maiores complexidades (TOUZE, 2021).

Na atual era do Antropoceno, termo iniciado na década de 1990 que caracteriza uma nova era biogeológica regida pela atuação do homem na transformação do espaço geográfico, ecossistema e na escala do tempo geológico (PINTO; PIRES; GEORGES, 2020), têm sido pautados projetos de engenharia civil com o objetivo de solucionar as inúmeras necessidades da sociedade, como moradia, acessibilidade, infraestrutura urbana, saneamento básico, lazer, dentre outros. Portanto, a busca pelo desenvolvimento sustentável com a mitigação de impactos negativos em termos socioambientais e econômicos a atual e futuras gerações.

O conceito de desenvolvimento sustentável foi consolidado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas (ONU), por meio do Relatório de Brundtland (1987), que remete em considerar as necessidades atuais sem

comprometer as gerações futuras de atenderem as suas próprias demandas. Discussões sobre o desenvolvimento sustentável e de ações que visam a mitigação dos impactos antrópicos ao Planeta Terra têm sido pauta de discussões junto aos países membros da ONU desde os anos de 1970. Dentre esses, a aceleração exponencial no aquecimento global por emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) e eventos climáticos extremos, assim como alternativas que absorvam esses excessos na atmosfera e à proteção dos recursos naturais (MARQUES, 2022).

Reporta-se, também, as Convenções Quadro das Nações Unidas Sobre Mudanças Climáticas, tratado firmado na Rio-92 para estabelecer compromissos e obrigações multilaterais aos 189 países membros frente às mudanças climáticas. Tais convenções ocorrem anualmente para avaliar os progressos alcançados e estabelecer novas obrigações conjuntas. Em novembro de 2022, ocorreu a 27ª Conferência das Partes (COP) das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP 27), como parte destas convenções anuais. O Brasil passou a ter uma abordagem legal sobre políticas públicas associadas à urbanização e à preservação do meio ambiente, de forma mais sistêmica, após a publicação da Constituição da República Federativa do Brasil em 1988, o qual se destacou como um ponto de inflexão na regulamentação de políticas públicas que alinhem desenvolvimento urbano, qualidade de vida e preservação dos recursos naturais a atual e futuras gerações, responsabilidades conjuntas desde o nível federal ao municipal, e o direito a acesso ao ambiente ecologicamente equilibrado para a qualidade de vida (BRASIL, 1988).

A engenharia civil é uma das maiores indústrias presentes no mercado de trabalho no Brasil e contribui diretamente na geração de milhões de empregos e na estruturação de infraestruturas básicas e essenciais para uma qualidade de vida digna de comunidades e cidades. Contudo, é responsável em torno de um terço das emissões de GEE por métodos convencionais de construção, o que torna emergencial a adoção de soluções de engenharia resilientes e com tendência ao desenvolvimento sustentável (MACIEL *et al.*, 2018). A Agenda 2030 publicada pelos países membros da ONU em 2015 aborda os novos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) em níveis globais (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015), assim como a norma ABNT NBR ISO 37120 (2021) que trata de indicadores para auxiliar cidades na gestão de serviços urbanos e busca pela sustentabilidade e qualidade de vida. Neste contexto, são emergentes projetos de engenharia civil, geotécnicos e ambientais em sintonia aos indicadores normativos e aos novos ODS globais na busca pelo desenvolvimento sustentável.

A engenharia com geossintéticos têm um papel de vanguarda nestes cenários, pois suas inúmeras aplicações contribuem na melhoria da qualidade de vida da população e mitigações nas mudanças climáticas. Exemplificam-se reduções na extração de recursos naturais e nas emissões de GEE por transporte destes em grandes volumes, proteção da vegetação natural com captura de CO<sub>2</sub> e mitigação de processos erosivos, alternativas econômicas em inúmeras intervenções geotécnicas (DIXON; FOWMES; FROST, 2017; TOUZE, 2021). Ademais, a manufatura de produtos poliméricos tende a consumir menores energias se comparado a outros materiais de engenharia, como produtos metálicos, assim como maior rapidez e facilidades de construção, boa eficiência em termos de comportamento e durabilidade (PALMEIRA, 2018).

O artigo visa discorrer sobre aplicabilidades da engenharia com geossintéticos e seus vieses com os novos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) globais preconizados na Agenda 2030 e aos indicadores normativos de cidades e comunidades sustentáveis da ABNT NBR ISO 37120 (2021), de modo a difundir as suas inúmeras possibilidades tecnológicas e

sustentáveis para a melhoria na qualidade de vida da população e remediação de impactos ambientais a atual e futuras gerações. Para tanto, a abordagem baseou-se na escolha de seis aplicações de geossintéticos em geotecnia e meio ambiente, produtos geossintéticos empregados, principais vantagens e exemplos de aplicações no Brasil e de como tais projetos de engenharia estão em consonância aos indicadores e preceitos de desenvolvimento sustentável.

## **2 NOVOS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL GLOBAIS E INDICADORES DE CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS**

Em reunião na sede das Nações Unidas foi declarado a Agenda 2030 em 2015, conjunto de dezessete objetivos e cento e sessenta e nove metas integradas e indissociáveis para serem colocados em prática ao longo dos quinze anos subsequentes denominados de novos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) globais. A nova agenda intitulada “Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável” compreende um plano de ação para a evolução dos oito Objetivos de Desenvolvimento de Milênio (ODM) da Agenda Global do Desenvolvimento 2000-2015 e busca atingir as metas inacabadas (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015).

Os maiores desafios globais dos novos ODS globais são a erradicação da pobreza, garantia aos direitos humanos e sociedades pacíficas, proteção e sustentabilidades ambiental e urbana, produção de energias limpas, igualdade de gênero, educação inclusiva, dentre outros, na busca por uma sociedade sustentável e resiliente em âmbitos globais. Para tanto, os novo ODS se organizam em termos de “cinco Ps” da sustentabilidade para facilitar a compreensão desta nova Agenda universal: Pessoas, Prosperidade, Paz, Parceria e Planeta (MENEZES, 2019).

Em 2021, foi publicada a segunda edição da norma ABNT NBR ISO 37120, que trata de indicadores para a mensuração de serviços urbanos e qualidade de vida nas cidades. Nesta abordagem integrada aos novos ODS globais na busca pelo desenvolvimento sustentável, a ABNT NBR ISO 37120 (2021, p. 4) afirma que “a sustentabilidade é considerada como o princípio geral, e inteligência e resiliência como conceitos orientadores no desenvolvimento das cidades”. O instrumento normativo apresenta indicadores classificados como essenciais, de apoio e de perfil, agrupados em dezenove eixos temáticos. Os indicadores podem ser empregados para rastrear, monitorar e planejar o desenvolvimento sustentável de um município, bem como o planejamento de suas necessidades futuras a partir do atual consumo e eficiência dos recursos naturais disponíveis, sem o seu esgotamento a futuras gerações (ABNT NBR ISO 37120, 2021).

## **3 APLICAÇÕES DE GEOSSINTÉTICOS EM CONSONÂNCIA AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

### **3.1 Obras costeiras**

A aplicação de geossintéticos em infraestruturas costeiras e mitigações de processos erosivos, como proteção de margens e quebra-mar, trata-se de bolsas ou tubos em geotêxteis (GTX) preenchidos com materiais granulares e depositados uns sobre os outros para conformar estruturas de proteção costeiras não rígidos, comumente de longo prazo, em substituição a composições feitas com maciços rochosos (BEZUIJEN; VASTERBURG, 2013). Geotêxteis (GTX)

são geossintéticos têxteis planos e poliméricos utilizados em contato com o solo ou outros materiais (ABNT NBR ISO 10318-1, 2021). No Brasil, a primeira aplicação em campo ocorreu com tubos geotêxteis preenchidos com areia para a contenção de aterro hidráulico em São Luiz (MA) em 1981 (VERTEMATTI, 2015). Em 2015, foram empregados bolsas geotêxteis para a mitigação de processos erosivos costeiros de caráter emergencial e proteção de patrimônios históricos na Praia de Pau Amarelo (PE), com extensão total de 2,7 km (SOUZA; SOUZA FILHO, 2015).

Dentre os indicadores de cidades e comunidades sustentáveis, a engenharia com geossintéticos em aplicações de infraestruturas costeiras apresenta viés direto com meio ambiente e mudanças climáticas (ABNT NBR ISO 37120, 2021), pois contribui em reduzir a emissão de gases do efeito estufa (GEE), indicador essencial tratado como medida em toneladas *per capita* ao mitigar extrações de materiais rochosos de jazidas. Tais práticas demandam usos de explosivos e queima de combustíveis nos transportes destes materiais. Além disso, atende-se ao ODS 11 [...] “tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis” (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015, p. 20) e ao ODS 13 [...] “tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015, p. 20).

Outro indicador de meio ambiente e mudanças climáticas é a porcentagem de áreas designadas para proteção natural (ABNT NBR ISO 37120, 2021), pois tais obras costeiras com geossintéticos atuam na mitigação de processos erosivos causados por ações antrópicas. Isto contribui diretamente na conservação da biodiversidade e dos inúmeros processos ecológicos, essenciais a manutenção da vida. Conjuntamente, também se atende ao ODS 15, que visa [...] “proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015, p. 20).

### 3.2 Sistemas de confinamento de resíduos

O emprego de materiais geotêxteis (GTX) ou de geocompostos (GCO), neste caso como dupla camada composta de geotêxteis tecido (GTX-W) e não tecido (GTX-NW), para o desaguento e confinamento de resíduos e rejeitos gerados em processos industriais é uma técnica conhecida como tubos de geotêxteis ou sistemas de confinamento de resíduos (SCR). Os tubos de geotêxteis são estruturados para receber resíduos e rejeitos líquidos ou semissólidos, coesos, com alto teor de líquido em comparação a porção sólida e alta resistência à filtração (LAWSON, 2008; RECOMENDAÇÃO IGSBRASIL 004, 2016). Abaixo deste sistema é estruturado um berço drenante com material granular e camada de barreira geossintética polimérica, ou geomembranas (GBR-P), produzidos em forma de lâmina e com propriedade principal de baixíssima permeabilidade para prevenir ou limitar a migração de fluidos, bem como proteção aos danos de contaminação ao meio ambiente (ABNT NBR ISO 10318-1, 2021).

Os tubos de geotêxteis são uma alternativa sustentável para a redução dos grandes volumes de resíduos e rejeitos rotineiramente gerados em processos industriais e sua disposição final adequada que, se depositados no ambiente, causam impactos de distintas proporções. Reportam-se o assoreamento dos cursos de água, contaminação do solo e nascentes urbanas por partículas sólidas e metais tóxicos, escassez de recursos hídricos para suprimento e potabilização, mortalidades em desastres ambientais de maiores proporções (KIFFLE; BHATIA;

LEBSTER, 2023). Em comparação às técnicas tradicionais (naturais e mecânicas), apresenta fácil execução, baixos custos e impactos ambientais, além da necessidade de áreas menores para os processos de desaguamento e consolidação, independência da dinâmica climática e eletricidade, dentre outras (GUIMARÃES; URASHIMA; VIDAL, 2014).

A referida técnica tem sido largamente utilizada desde as primeiras aplicações registradas nos anos 90 para lodo de Estações de tratamento de Esgoto (ETE) e com resultados promissores (LAWSON, 2008), assim como para o desaguamento e confinamento de lodos e águas de lavagem de filtros em Estações de Tratamento de Água (ETA). Aplicações em ETE e ETA no Brasil são inúmeras e com expansões crescentes desde instalações menores a maiores portes operacionais, sejam pela ausência de espaços físicos para instalações robustas de tratamentos naturais e mecânicos, ampliações de sistemas operacionais e na busca por técnicas com melhores custos-benefícios. Exemplifica-se o desaguamento de lodos coletados em fossas sépticas por caminhões à vácuo e lixiviados de aterros sanitários na cidade de Rio das Ostras (RJ) em 2007, como remediação de saneamento e infraestrutura urbana devido ao grande crescimento demográfico (CASTRO; MELO; ESCOBAR, 2008). Também, o emprego de SCR em ETA de Piquete (SP) como tratamento auxiliar aos lodos depositados na unidade floculadora para se aumentar a capacidade de tratamento de água (GUANAES; SAMPAIO, 2012).

Os resíduos e rejeitos sólidos e semissólidos provenientes de quaisquer processos industriais devem ser adequadamente tratados e depositados sem causar impactos socioambientais, conjuntamente aos padrões de consumo sustentável dos recursos naturais, Conforme ODS 12, [...] “assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis” (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015, p. 20). Apesar do indicador normativo resíduos sólidos abordar diretamente os resíduos sólidos urbanos, ou domiciliares, este aborda a necessidade de gestões integrativas para manejos, tratamentos e disposições finais para a qualidade de vida, como a porcentagem de resíduos sólidos dispostos por outros meios (ABNT NBR ISO 37120, 2021), em conjunto ao ODS 11 que salienta a necessidade de [...] “tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis” (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015, p. 20).

A engenharia com geossintéticos vem ao encontro na busca pelo desenvolvimento sustentável ao se aplicar tecnologias de baixos custos e impactos ambientais em comparação a técnicas tradicionais de tratamento e disposição de tais resíduos sólidos e semissólidos, de modo a impedir o seu lançamento no meio ambiente e adaptações a locais com poucas áreas disponíveis e de difícil acesso. Isto em consonância aos aumentos de percentuais da população atendidas por serviços de abastecimento de água potável e de sistemas de coleta e afastamento de esgotos, são necessárias tecnologias acessíveis e de menores impactos socioambientais, como os SCR. Ou seja, atende diretamente a ODS 9 abordado nas Nações Unidas Brasil (2015, p. 19), pois agrega em “construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação”, ODS 14 em [...] “conservar e usar sustentavelmente os oceanos, os mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável” (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015, p. 20), bem como a ODS 15, pois os SCR agregam em [...] “proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade” (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015, p. 20).

De modo particular, os resíduos gerados em ETE e ETA são subprodutos diretos do usufruto de águas servidas e potáveis à população, elementos essenciais a manutenção de vida digna e de saúde pública. Tais infraestruturas de saneamento básico são indicadores essenciais a garantia de saúde, limpeza, qualidade de vida e dignidade da população (ABNT NBR ISO 37120, 2021) e afirmado no ODS 6, que visa [...] “assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e o saneamento para todos” (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015, p. 19).

### 3.3 Muros e taludes reforçados

Inúmeros projetos geotécnicos em execução nas últimas décadas, devido a exponenciais crescimentos de cidades, têm demandado estruturas de contenção, juntamente a escassez de solos com características geotécnicas compatíveis às demandas construtivas, o que tornaram impulsores o emprego da engenharia com geossintéticos como soluções geotécnicas e socioambientais (KOERNER; SOONG, 2001).

A incorporação de geossintéticos em maciços de solos apresentam como funções principais de reforço e estabilização de maciços pela redução global de tensões e deformações devido à baixa resistência ao cisalhamento de solos, o que viabiliza a estruturação e estabilidade de muros com paramentos verticais ou quase verticais, assim como taludes com maciços mais íngremes (ABNT NBR 16920-1, 2021). Outras funções associadas aos produtos geossintéticos em muros e taludes reforçados é a filtração de águas pluviométricas e sua drenagem em sistemas geossintéticos adequados. Os geossintéticos empregados são os geotêxteis (GTX) e, mais largamente, as geogrelhas (GGR), estruturas planas de malhas abertas e retangulares (ABNT NBR ISO 10318-1, 2021). Os sistemas de filtração e drenagem empregam geotêxteis não tecidos (GTX-NW), georredes (GNT) constituídos por elementos paralelos e superpostos em vários ângulos, geoespaçadores (GSP) que são estruturas tridimensionais com espaços de ar interconectados, assim como geocompostos (GCO) pela associação de materiais geossintéticos supracitados.

Uma obra emblemática brasileira que empregou muros reforçados com geossintéticos foi a implantação de uma praça de pedágio na Rodovia dos Tamoios (SP-099), Paraibuna (SP) entre os anos de 2015-2016. Devido ao local de implantação da obra apresentar área de restrição ambiental e relevo acidentado, o projeto contemplou a execução de muro com altura total de 25 metros vencido em dois vãos principais, bem como emprego de solo local (GEROTO *et al.*, 2018). Em termos de taludes reforçados, exemplifica-se a estabilização de um talude natural, com desnível em torno de 50 metros, localizado sobre falésias na cidade de São José de Ribamar (MA) com emprego de geossintéticos (PEREIRA; AVESANI NETO; FRANÇA, 2016).

Como principais vantagens dos geossintéticos nesta aplicação, enumeram-se o aprimoramento de técnicas existentes, emprego de jazidas locais disponíveis, aumento de capacidades de cargas geotécnicas, reduções no consumo de concretos em estruturas de contenções, custos competitivos, dentre outros. Ademais, aplicações de geossintéticos para a estabilização de taludes naturais vem ao encontro de ser evitar deslizamentos de terras e, assim, inúmeros impactos socioambientais, inclusive com possíveis perdas humanas em locais com construções existentes (DAMIANS *et al.*, 2017).

Dentre os indicadores de comunidades e cidades sustentáveis, a engenharia com geossintéticos agrega diretamente ao meio ambiente e mudanças climáticas, uma vez que auxilia

em reduções na emissão de gases de efeito (GEE) e proteção de áreas naturais por uso de solos locais em obras geotécnicas, especificamente o CO<sub>2</sub> que acelera o aquecimento global e suas inúmeras implicações e eventos climáticos extremos, cujos atuais contextos têm sido pautas em convenções de níveis globais. Além disso, a redução por consumo de compostos cimentícios, em que os processos de produção requerem grandes volumes de jazidas de rochas calcárias, argilas e queimas em alto fornos, os quais também atuam na emissão GEE e na emissão de partículas finas na atmosfera. De modo holístico, a engenharia com geossintéticos corrobora em se atingir aos ODS 11 e ODS 15, bem como o destaque a ODS 13 (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015, p. 20), que visa “tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e os seus impactos”.

Ainda neste contexto, o emprego de geossintéticos em estruturas de contenção e taludes reforçados são subsídios de infraestruturas geotécnicas que garantem condições de habitação adequadas e acessíveis à população, pois tais obras são soluções mais econômicas que garantem o uso de recursos locais pelo melhoramento das condições geotécnicas do solo por meio de elementos de reforço, estabilização, filtração e drenagem. Portanto, a engenharia com geossintéticos tornam tangíveis os novos ODS 10 e 11 globais, por reduzir desigualdades nos assentamentos de habitações e torná-los inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

### 3.4 Controle de erosão superficial de solos

Os processos de erosão superficial de solos podem ocorrer em áreas rurais ou urbanas e comumente associados a ocupação antrópica desordenada, maiores índices pluviométricos, formações geológico-geotécnicas dos solos susceptíveis a erosão, dentre outros (PALMEIRA, 2018). O uso de geossintéticos em taludes com declividades mais acentuadas e sujeitas à erosão vem ao encontro da prevenção de processos erosivos superficiais e estabilização de solos quanto a danos por movimentos de massa superficiais (KOERNER, 2012).

Dentre as aplicações mais simples, cita-se o revestimento superficial de taludes com geomantas (GMA) e biomantas como suporte ao desenvolvimento de camada vegetal e sua proteção às intempéries em áreas suscetíveis à erosão superficial, assim como o emprego de geocélulas (GCE) como proteção provisória ou permanente a ação de agentes erosivos, como em revegetação em taludes mais íngremes e demais revestimentos costeiros (THEISEN, 1992; VERTEMATTI, 2015). Geomantas são estruturas tridimensionais confeccionadas por monofilamentos poliméricos sintéticos ou naturais e biomantas são estruturas permeáveis de fibras soltas naturais. Geocélulas são fibras tridimensionais comumente preenchidas com solo e vegetação (ABNT NBR ISO 10318-1, 2021).

Almeida, Maia e Gusmão (2019) relataram o emprego de geomantas e biomantas na estruturação de um solo grampeado verde em encosta dentro de uma indústria alimentícia na zona urbana de Maceió (AL) para garantir estabilidade global e segurança das instalações industriais e funcionários. Luz *et al.* (2022) avaliaram o índice de recobrimento vegetativo sobre taludes de corte revestidos com biomantas em associação a retentores orgânicos de sedimentos localizados nas proximidades de uma usina hidrelétrica em Minas Gerais.

Outra relevante aplicação de materiais geossintéticos é a estruturação de barreiras de controle de sedimentos, que são formadas por geotêxteis (GTX) estacados por pontaletes cravados no solo com a função de conter partículas sólidas e, assim, mitigar o carreamento de

partículas. Quando há presença de solos dispersos em fluidos líquidos, ocorre a filtração pela retenção das partículas sólidas. As barreiras de sedimentos são posicionadas de modo linear e adjacentes a locais com ocorrências de erosões superficiais ou demais movimentações de terra (THEISEN, 1992; VERTEMATTI, 2015). Silva *et al.* (2022) abordaram esta aplicação como alternativa técnica e de baixo impacto ambiental ao controle de escoamentos superficiais em terreno adjacente a um setor residencial na Caetité (BA), com históricos de transtornos advindos do carreamento de sedimentos nos períodos chuvosos.

Dentre os indicadores de desenvolvimento sustentável em comunidades e cidades, enfatizam-se os de meio ambiente e mudanças climáticas e habitação discutidos na aplicação de geossintéticos em muros e taludes reformados, assim como os novos ODS 10, 11 e 13 globais associados aos respectivos indicadores. A engenharia com geossintéticos vem ao encontro de mitigar contaminações de solos e mananciais hídricos, assoreamento das linhas de drenagem, destruição de edificações públicas e privadas e de infraestruturas urbanas, que afetam as vias de transportes, possíveis perdas antrópicas, fauna e flora (BARBOSA *et al.*, 2022). Portanto, destaca-se a prevenção de processos erosivos ao novo ODS 15 global, que visa “[...] deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade” (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015, p. 20).

Ademais, o emprego de geossintéticos no controle de erosão superficial agrega diretamente no indicador planejamento urbano em termos de áreas verdes e aos ODS 11 e 15, pois “[...] melhoram o clima urbano, capturam poluentes atmosféricos, reduzem o escoamento superficial e melhoram a qualidade de vida, propiciando lazer para os habitantes urbanos” (ABNT NBR ISO 37120, 2021, p. 90), além das áreas verdes serem consideradas um dos serviços básicos à população e a promoção de cidades sustentáveis (ABNT NBR ISO 37120, 2021).

### 3.5 Disposição de resíduos sólidos

A disposição final e ambientalmente adequada de resíduos sólidos é um dos principais desafios mundiais, em conjunto aos crescimentos exponenciais de consumo e gerações de resíduos na sociedade moderna, toxicidades ao meio ambiente e saúde pública acessíveis a toda a população (JACOBI; BESEN, 2011). Dentre estes, destacam-se os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), originados de resíduos domiciliares e de limpeza urbana, assim como os inúmeros Resíduos Industriais (RI). No Brasil, foi estimado o gasto total da saúde de 1,85 bilhões de dólares para tratamentos de problemas desencadeados por práticas de destinação inadequada de RSU entre 2016 e 2021. O país gerou 81,8 milhões de toneladas de RSU em 2022, cujo montante coletado correspondeu a 76,1 milhões de toneladas. Desta coleta, 61% foram destinados aos aterros sanitários e os demais 39% dispostos em lixões e aterros controlados (ABRELPE, 2022).

Os geossintéticos empregados na disposição de resíduos sólidos desempenham a função de barreira de fluidos devido aos seus baixos coeficientes de permeabilidade (ABNT NBR ISO 10318-1, 2021), cujas configurações englobam tanto a cobertura interna de fundo e laterais dos aterros de disposição, quanto na cobertura final superior do aterro, ambas para garantir o isolamento dos resíduos depositados e proteção ao meio ambiente. Dentre tais materiais, tem-se as barreiras geossintéticas poliméricas (GBR-P), ou geomembranas, e as barreiras geossintéticas argilosas (GBR-C), também denominadas de forros geossintéticos argilosos. As geomembranas em aterros sanitários se destacam por sua resistência química e mecânica,

facilidades de instalação, transportes e emendas em campo. As barreiras geossintéticas argilosas são formados por camada de argila em pó, normalmente bentonita sódica, entre duas camadas de geotêxtil (ABNT NBR ISO 10318-1, 2021). As vantagens das barreiras geossintéticas argilosas são a autocicatrização, cuja elevada capacidade de expansão argilosa minimiza os possíveis impactos associados a danos mecânicos durante a instalação (PALMEIRA, 2018; VERTEMATTI, 2015). Demais produtos geossintéticos também são empregados em aterros sanitários e de resíduos industriais, como geotêxteis não tecidos (GTX-NW) para a proteção mecânica das barreiras de fluidos e sistemas de filtração e drenagem com geotêxteis não tecidos, georredes e geocompostos.

Esta aplicabilidade apresenta um expressivo ganho geotécnico e ambiental, pois reduz a extração de jazidas de argilas de baixas permeabilidades, cujas espessuras finais compactadas são entre 0,6 m e 2 m, inclusive em locais com escassez destes materiais naturais ou em regiões de difícil acesso, facilidade de transporte e instalação, assim como os rigorosos controles de qualidade dos materiais geossintéticos (KOERNER, 2012; PALMEIRA, 2018). Como exemplo de disposição de RSU estruturados com geossintéticos, a cidade de Varginha (MG) inaugurou um aterro sanitário 20 hectares em julho de 2017 como ação do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) para a desativação do antigo lixão municipal (PREFEITURA MUNICIPAL DE VARGINHA, 2013). Como aterro de RI, exemplifica-se o fechamento de um aterro de resíduos de alto forno na cidade de Cariacica (ES), após atingir a capacidade de armazenamento de 26.000 m<sup>3</sup> (CARESSATO JÚNIOR; PANTA, 2018).

Nesta holística, a engenharia com geossintéticos agrega em inúmeras práticas que visam o desenvolvimento sustentável, pois o manejo e a adequada disposição final de RSU e demais resíduos industriais são pautas emergenciais e de saúde pública universais, bem como indicadores que mensuram os percentuais de RSU dispostos em aterros sanitários e em lixões a céu aberto. O indicador normativo resíduos sólidos (ABNT NBR ISO 37120, 2021, p. 66) aborda diretamente que “sistemas de resíduos sólidos contribuem de muitas maneiras para a saúde pública, a economia local, o meio ambiente, e para a compreensão social e educação sobre o meio ambiente”, bem como a sua consonância direta ao novo ODS 11 global (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015, p. 20). Conforme a ABNT NBR ISO 37120 (2021, p. 69), “lixões a céu aberto e aterros sanitários não controlados são às vezes os principais métodos de disposição, particularmente em cidades de renda mais baixa”. Os materiais geossintéticos viabilizam disposição de resíduos sólidos ambientalmente adequados devido as inúmeras vantagens supramencionadas, inclusive em locais de difícil acesso e sem jazidas de argilas para barreiras de permeabilidade e com durabilidades compatíveis a vida de serviço dos aterros.

Outrossim, sistemas eficientes de disposição de resíduos sólidos em aterros sanitários estruturados com geossintéticos atuam na mitigação de impactos socioambientais danosos de curto a longos prazos, como poluição de cursos d’água, fauna e flora, bem como emissões de gases do efeito estufa em deposições irregulares. Ou seja, em consonância aos novos ODS 12 e ODS 14 globais (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015, p. 20).

### **3.6 Reforço de pavimentação flexível em infraestrutura rodoviária, urbana e aeroportuária**

Os sistemas modais de transportes são relevantes infraestruturas que garantem o crescimento socioeconômico de cidades e comunidades, na medida que permitem a interligação entre estas e fluxos de produtos industrializados, agropecuários, minerais e acessos a serviços sociais, de saúde, trabalho e turismo e, portanto, inúmeros ganhos socioeconômicos (BERTUSSI; ELLERY JÚNIOR, 2012).

Pavimentos flexíveis reforçados e estabilizados para alívio de tensões com geossintéticos podem apresentar um aumento na vida de serviço de três a dez vezes em comparação a obras sem o emprego destas inclusões. Os geossintéticos utilizados são as geogrelhas (GGR) e os geotêxteis não tecidos (GTX-NW) impregnados com asfalto, seja para a construção de novas vias de tráfego ou para reparação de pavimentos danificados (KOERNER, 2012). Ressalta-se as inúmeras realidades de estradas não pavimentadas, que representam mais de 80% do sistema rodoviário brasileiro, cujos acessos aos serviços sociais nos grandes centros urbanos são impactados pela ausência de infraestrutura de transportes adequadas (GÓNGORA; PALMEIRA, 2019). Neste cenário, os geossintéticos são empregados para prover uma infraestrutura mínima necessária pelo aumento da capacidade de carga, construção de vias emergenciais em condições de trafegabilidade, inclusive em locais de difícil acesso, menores demandas de transportes de solos, dentre outros (PALMEIRA, 2018).

Carmo *et al.* (2019) avaliaram o comportamento estrutural de um pavimento flexível em via urbana reforçado com geogrelha após dez anos em Viana (ES), cujo complexo viário é responsável por relevantes transportes de produtos e acessos de serviço à população local. Como infraestrutura aeroportuária, Carmo *et al.* (2015) abordaram o emprego de geogrelhas na restauração de pista para pouso e decolagem no Aeroporto de Congonhas, que é o segundo com maior movimentação diário nacional.

A garantia de maiores vidas de serviço e com segurança no transporte urbano, rodoviário e de infraestrutura aeroportuária é um relevante indicador de desenvolvimento sustentável das cidades e comunidades, por favorecer diretamente quilômetros de sistema de transporte público e número anual de viagens (ABNT NBR ISO 37120, 2021). Em termos de economia, a norma ABNT NBR ISO 37120 (2021, p. 11) trata da relevância dos transportes aéreos, pois “cidades com alta conectividade aérea comercial geralmente têm economias robustas e são capazes de fornecer um maior nível de serviço aos habitantes”. Infraestruturas de transportes resilientes e adequadas promovem o bem-estar da população, industrialização inclusiva, sustentável e com inovações, ou seja, em consonância aos novos ODS 3, 9 e 11 globais (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015). Neste contexto, a engenharia com geossintéticos viabiliza obras mais duradouras, reduções estimadas de 20% a 50% nas espessuras de camadas granulares e, conseqüentemente, em jazidas de solos para aterros compactados e eminentes emissões de gases do efeito estufa, bem como maiores áreas de proteção natural (DIXON; FOWMES; FROST, 2017; VERTEMATTI, 2015). Portanto, agrega ao indicador meio ambiente e mudanças climáticas e aos novos ODS 11, 13 e 15 globais (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015).

#### 4 DIAGNÓSTICO GLOBAL

O Quadro 1 apresenta as interrelações percorridas nas seis aplicações geotécnicas e de meio ambiente com geossintéticos aos eixos temáticos de cidades e comunidades sustentáveis da ABNT NBR ISO 37120 (2021) e aos novos ODS globais preconizados na Agenda 2030.

Dentre os eixos temáticos de cidades e comunidades sustentáveis, e os respectivos indicadores, a engenharia com geossintéticos atende diretamente nove do total de dezenove constantes na ABNT NBR 37120 (2021), o que corresponde a 47% destes eixos. Indicadores presentes nos eixos temáticos meio ambiente e mudanças climáticas e de resíduos sólidos são os que mais apresentam relações diretas aos projetos com geossintéticos percorridos, listados no Quadro 1.

Referente aos novos ODS globais, verificam-se tendências diretas das aplicações de geossintéticos reportadas a nove destes, ou seja, 53% dos dezessete lançados na Agenda 2030. O novo ODS 11 global corresponde a 23% desta interrelação holística, seguidos por 19% do novo ODS 15 global e 15% do ODS 13. Estes três novos ODS são de enfoque macro de proteção ao planeta da degradação por consumos e produções sustentáveis e gestão sustentável dos recursos naturais e de medidas emergenciais no combate às mudanças climáticas (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015).

A holística das seis aplicações da engenharia com geossintéticos apontam diretamente as suas inúmeras perspectivas aos novos ODS globais, assim como aos eixos temáticos normativos e seus respectivos indicadores que mensuram práticas e serviços de cidades e comunidades sustentáveis. Os indicadores essenciais, de apoio e de perfil devem ser analisados pontualmente para cada realidade de obra civil, geotécnica e de meio ambiente e seus ganhos socioambientais, técnicos e econômicos em consonância ao emergente alcance local e global pelo desenvolvimento sustentável.

Quadro 1 - Interrelação da engenharia com geossintéticos e os eixos temáticos de desenvolvimento sustentável.

Aplicações <sup>1</sup>	Produtos geossintéticos	Funções	Cidades e comunidades sustentáveis pela ABNT NBR ISO 37120 (2021)		Novos ODS globais
			Eixos temáticos	Indicadores	
3.1	Geotêxteis	- Proteção	Meio ambiente e mudanças climáticas	Emissão de gases do efeito estufa Porcentagem de áreas designadas para proteção natural	ODS 11 ODS 13 ODS 15
3.2	Geotêxteis Geocompostos Geomembranas	Filtração Drenagem Barreira Proteção	Resíduos sólidos Esgotos Água	Porcentagem de resíduos sólidos dispostos por outros meios Porcentagem da população atendida por sistemas de coleta e afastamento de esgoto Porcentagem da população com serviço de abastecimento de água potável	ODS 6 ODS 9 ODS 11 ODS 12 ODS 14 ODS 15
3.3	Geogrelhas Geotêxteis Geotêxteis não tecidos Georredes Geoespaçadores Geocompostos	Reforço Estabilização Filtração Drenagem	Meio ambiente e mudanças climáticas Habitação	Emissão de gases do efeito estufa Porcentagem de áreas designadas para proteção natural Porcentagem da população vivendo em moradias economicamente acessíveis	ODS 10 ODS 11 ODS 13 ODS 15
3.4	Geomantas Biomantas Geocélulas Geotêxteis	Controle de erosão superficial Estabilização Filtração	Meio ambiente e mudanças climáticas Habitação Planejamento urbano	Emissão de gases do efeito estufa Porcentagem de áreas designadas para proteção natural Porcentagem da população vivendo em moradias economicamente acessíveis Áreas verdes por 100 000 habitantes	ODS 10 ODS 11 ODS 13 ODS 15
3.5	Geomembranas Barreiras geossintéticas argilosas Geotêxteis Georredes Geocompostos	Barreira de fluidos e gases Drenagem Filtração Proteção	Resíduos sólidos	Porcentagem de resíduos sólidos urbanos dispostos em aterros sanitários Porcentagem de resíduos sólidos urbanos dispostos em lixões a céu aberto	ODS 11 ODS 12 ODS 14
3.6	Geogrelhas Geotêxteis não tecidos	Reforço Alívio de tensões	Transporte Meio ambiente e mudanças climáticas Economia	Quilômetros de sistema de transporte público por 100 000 habitantes Número anual de viagens em transporte público <i>per capita</i> Emissão de gases do efeito estufa Porcentagem de áreas designadas para proteção natural Conectividade aérea	ODS 3 ODS 9 ODS 11 ODS 13 ODS 15

NOTA: <sup>1</sup>Subitens do tópico 3 “Aplicações de geossintéticos em consonância ao desenvolvimento sustentável”.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Ressalva-se que os novos ODS globais são indivisíveis e indissociáveis. Ou seja, as ações devem ser balizadas em alcançar igualmente os inúmeros desafios de desenvolvimento sustentável. As discussões feitas não visam excluir os demais novos ODS globais, mas sim destacar quais são os principais direcionamentos destes projetos de engenharia civil, geotécnica e ambiental com materiais geossintéticos aos novos ODS e as viabilidades socioambientais e técnicas para se alcançar os indicadores de cidades e comunidades sustentáveis.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A interpretação dos indicadores de cidades e comunidades sustentáveis e suas orientações aos novos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável globais são essenciais tanto no levantamento das atuais realidades locais quanto no planejamento e adoção de políticas públicas para a melhoria de vida da população, bem como suas abrangências globais e intergovernamentais no compromisso assumido pelos países membros da ONU. A garantia da equidade de acesso aos serviços básicos a população, sua qualidade, infraestruturas essenciais, preservação da qualidade das águas, oceanos, fauna e flora, dentre outros, requerem obras de engenharia civil, geotécnicas e de meio ambiente em consonância a viabilidades técnicas e socioambientais a atual e futuras gerações.

As exemplificações discorridas da engenharia com geossintéticos apontam ganhos socioambientais, econômicos e técnicos, na medida que proporcionam inúmeras obras com soluções técnicas e sustentáveis, inclusive em locais de difícil acesso, custos acessíveis e menores impactos ambientais em comparação a demais tecnologias geotécnicas e de construção civil convencionais. Ademais, contribuem em menores emissões de gases do efeito estufa, ao aplicar jazidas de solos locais e menores incorporações de materiais cimentícios, mitigações de desastres climáticos extremos, que tem ocorrido com maiores frequências nos grandes centros urbanos e em áreas de ocupações irregulares, dentre outras.

As seis aplicações discorridas não visam esgotar a temática reportada, mas sim de elucidar as inúmeras vantagens destes projetos e seus vieses ao desenvolvimento sustentável, assim como a difusão das temáticas e indicadores de comunidades e cidades sustentáveis e os novos ODS globais. Portanto, a holística da engenharia com geossintéticos vem ao encontro no alcance emergencial de práticas sustentáveis, duradouras e igualmente acessíveis a toda a população, bem como o entendimento das responsabilidades conjuntas de projetos de engenharia civil, geotécnica e de meio ambiente na busca pela qualidade de vida e harmonia com o meio ambiente.

## 6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOSSINTÉTICOS. **Recomendação IGSBrasil 004**: Aplicação de geossintéticos em áreas de disposição de resíduos. IGB Brasil, São Paulo, São Paulo, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16920-1**: Muros e taludes em solos reforçados: Parte 1: Solos reforçados em aterros. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 10318-1**: Geossintéticos: Parte 1: Termos e definições. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 37120**. Cidades e comunidades sustentáveis: Indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE, 2022. 64 p.

ALMEIDA, A. K. L.; MAIA, G. B.; GUSMÃO, A. D. Solo grampeado verde em encosta da formação barreiras em Maceió/AL. *In*: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOTECNIA AMBIENTAL, VII CONGRESSO BRASILEIRO DE

GEOSSINTÉTICOS, REGEO 2019 & Geossintéticos 2019, 2019, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: IGS-Brasil/ABMS, 2019.

BARBOSA, J. S.; RAMIRO, C. P.; MOTTA, M. F. B., BASSANELLI, H. R. Utilização de geossintéticos como barreira de sedimentos para retenção de escoamento superficial. *In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, COBRAMSEG 2020, 2022, Campinas. Anais [...]*. Campinas: ABMS/CBMR/SPG, 2022.

BERTUSSI, G. L.; ELLERY JÚNIOR, R. Infraestrutura de transporte e crescimento econômico no Brasil. **Journal of Transport Literature**, v. 6, n. 6, p. 101-132, 2012.

BEZUIJEN, A.; VASTENBURG, E.W. **Geosynthetics: design rules and applications**. Deltares: CRC Press, 2013. 166 p.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 28 abr. 2023.

CARESSATO JÚNIOR, W.; PANTA, C. A. C. **Fechamento de aterro classe 1 com utilização de geossintéticos e muros reforçados com face em geocélulas de PEAD**. Concurso de Casos de Obras. IGS Brasil: Associação Brasileira de Geossintéticos, 2018.

CARMO, C. A. T.; COSTALONGA, L. C.; D’ÁVILLA, C. A.; ALLEDI, C. T. D. B. Comportamento estrutural de um pavimento flexível reforçado com geogrelha após 10 anos. *In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOTECNIA AMBIENTAL, VII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOSSINTÉTICOS, REGEO 2019 & Geossintéticos 2019, 2019, São Carlos. Anais [...]*. São Carlos: IGS-Brasil/ABMS, 2019.

CARMO, C. A. T.; RUIZ, E. F.; PANDOLPHO, J. R.; MONTESTRUQUE, G. Utilização de geogrelha de poliéster na restauração da pista auxiliar de pouso e decolagem no Aeroporto de Congonhas. *In: 44ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO & 18º ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA, 44ª RAPv & 18º ENACOR, 2015, Foz do Iguaçu. Anais [...]*. Foz do Iguaçu: ABPv/ABDER/DER PARANÁ, 2015.

CASTRO, N.P.B.; MELO, L.C.Q.C.; ESCOBAR, L.G.B. Environmental integrated solution for septic tank sludge and landfill leachate using geotextile tubes dewatering technology. *In: THE FIRST PAN AMERICAN GEOSYNTHETICS CONFERENCE & EXHIBITION, Geoamericas 2008, 2008, Cancun. Anais [...]*. Cancun: IGS/IFAI, 2008. 1 CD-ROM.

DAMIANS, I. P.; BATHURST, R. J.; ADROGUER, E. G.; JOSA, A.; LLORET, A. Environmental assessment of earth retaining wall structures. **Environmental Geotechnics**, v. 4, n. 6, p. 415-431, 2017.

DIXON, N.; FOWMES, G.; FROST, M. Global challenges, geosynthetics solutions and counting carbon. **Geosynthetics International**, v. 24, n. 5, p. 451-464, 2017.

GEROTO, R. E.; RODRIGUES, A. P.; ANJOS, J. L.; SCHMIDT, C. F. **Uso de geogrelhas para a construção de um muro em solo reforçado com 25m de altura na Rodovia dos Tamoios (SP-099)**. Concurso de Casos de Obras. IGS Brasil: Associação Brasileira de Geossintéticos, 2018.

GÓNGORA, I. A. G.; PALMEIRA, E. M. Estradas não pavimentadas reforçadas com geossintéticos sobre subleitos arenosos: correlação entre comportamentos sob carregamentos cíclico e monotônico. *In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOTECNIA AMBIENTAL, VII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOSSINTÉTICOS, REGEO 2019 & Geossintéticos 2019, 2019, São Carlos. Anais [...]*. São Carlos: IGS-Brasil/ABMS, 2019.

GUANAES, E.A.; SAMPAIO, D.V. Recent applications of geotextile tubes for sludge and slurry dewatering - Brazil. *In: SECOND PAN AMERICAN GEOSYNTHETICS CONFERENCE & EXHIBITION, Geoamericas 2012, 2012, Lima. Anais [...]*. Lima: IGS, 2012. 1 CD-ROM.

GUIMARAES, M.G.A.; URASHIMA, D.C.; VIDAL, D.M. Dewatering of sludge from a water treatment plant in geotextile closed systems. **Geosynthetics International**, v. 21, n. 5, p. 310-320, 2014.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.

KIFFLE, Z.B.; BHATIA, S.K.; LEBSTER, G.E. Dewatering of mine tailing slurries using geotextile tube: case histories. **International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering**, v. 9, 10p, 2023.

- KOERNER, Roberto M. **Design with geosynthetics**. 6th edition. Indiana: Xlibris Corporation, 2012. 526 p.
- KOERNER, R. M.; SOONG, T.Y. Geosynthetic reinforced segmental retaining wall. **Geotextiles and Geomembranes**, v. 19, p. 359-386, 2001.
- LAWSON, C.R. Geotextile containment for hydraulic and environmental engineering. **Geosynthetics International**, v. 15, p. 384-427, 2008.
- LUZ, M. P.; MENEZES, G. B.; COELHO, A. T.; FLEURY, M. P.; SILVA, J. L. Análise numérica do recobrimento vegetal no controle de processos erosivos de taludes na UHE-Simplicio - FURNAS. *In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, COBRAMSEG 2020, 2022, Campinas. Anais [...].* Campinas: ABMS/CBMR/SPG, 2022.
- MACIEL, M. A. D.; ANDREAZZI, M. A.; BARROS JUNIOR, C. B.; LIZAMA, M. D. L. A. P.; GONÇALVES, J. E. Emissões de gases de efeito estufa na construção civil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, 11 p, 2018
- MARQUES, L. O Antropoceno como aceleração do aquecimento global. **Liinc e Revista**, v. 18, n. 1, e5968, 20 p, 2022.
- MENEZES, H. Z. (coordenador). **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as relações internacionais**. João Pessoa: Editora UFPB, 2019. 312 p.
- NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 15 setembro 2015. Disponível em: < <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel> >. Acesso em: 28 abr. 2023.
- PALMEIRA, Ennio M. **Geossintéticos em geotecnia e meio ambiente**. São Paulo: Oficina de Textos, 2018. 294 p.
- PEREIRA, V. R. G.; AVESANI NETO, J. O.; FRANÇA, F. A. N. **Reforço com geossintéticos e solo grampeado: uma solução geotécnica eficiente**. Concurso de Casos de Obras. IGS Brasil: Associação Brasileira de Geossintéticos, 2016.
- PINTO, G.E.; PIRES, A.; GEORGES, M.R.R. O Antropoceno e a mudança climática: a percepção e a consciência dos brasileiros segundo a pesquisa IBOPE. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 54, p. 1-25, 2020.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE VARGINHA. **O lixo de varginha – Um esclarecimento necessário**. Prefeitura Municipal de Varginha, 2013. Disponível em: <https://www.varginha.mg.gov.br/portal/noticias/0/3/4301/o-lixo-de-varginha--um-esclarecimento-necessario>. Acesso em: 01 mai. 2023.
- SILVA, J. A.; COSTA, T. C. N. A.; SOUZA FILHO, H. L.; SILVA, N. L.; BARBOSA, F. M. F. Uso de geotêxtil não tecido como barreira de contenção para controle de erosão - um estudo de caso aplicado na cidade de Caetité - BA. *In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, COBRAMSEG 2020, 2022, Campinas. Anais [...].* Campinas: ABMS/CBMR/SPG, 2022.
- SOUZA, M. A. L.; SOUZA FILHO, M. A. L. Proteção costeira com o uso do dissipador de energia bagwall na praia de Pau Amarelo, Paulista, Pernambuco, Brasil. *In: VIII CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA, 2015, Aveiro. Anais [...].* Aveiro: APA/UA/APAmbiente, 2015.
- THEISEN, M. S. The role of geosynthetics in erosion and sediment control: an overview. **Geotextiles and Geomembranes**, v. 11, p. 535-550, 1992.
- TOUZE, N. Healing the world: a geosynthetics solution. **Geosynthetics International**, v. 28, n. 1, p. 1-31, 2021.
- VERTEMATTI, José C. (coordenador). **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. 2ª ed. São Paulo: Blücher, 2015, 576 p.