

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/405

Geossintéticos e os Principais Ensaios para a Garantia da Qualidade de suas Propriedades

Iasmin Lívia Pereira Faria Alves

Discente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, iasmin.alves@engenharia.ufjf.br

Júlia Righi de Almeida

Docente do Departamento de Transportes e Geotecnia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, julia.righi@engenharia.ufjf.br

Mário Vicente Riccio Filho

Docente do Departamento de Transportes e Geotecnia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, mvrf1000@gmail.com

RESUMO: A pesquisa visa apresentar uma relação dos ensaios mais aplicados no controle de qualidade de fabricação de geossintéticos no Brasil e mapear quais instituições brasileiras apresentam maior foco para a pesquisa e investigação desses materiais. Para este trabalho, foram utilizados livros, artigos, normas, trabalhos científicos e a base de dados de periódicos da CAPES para se ter um referencial teórico sobre o assunto. Sobre os ensaios e localidades dos centros de pesquisa, foram utilizados os anais de 2019 e 2023 do Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental e Geossintéticos - REGEO/Geossintéticos, e em complementação a isso, foram consultados os sites de cada instituição encontrada. Como resultado, têm-se um panorama sobre os principais ensaios, funções e normas regulamentadoras no país. Os ensaios mais encontrados foram: espessura, massa por unidade de área, tração em faixa larga, cisalhamento direto e permeabilidade de fluxo no plano, com a predominância de ensaios mecânicos. Verificou-se 14 universidades que realizaram nos últimos 5 anos, pesquisas relacionadas a pelo menos um dos ensaios citados, ficando clara a necessidade de ampliação dessas pesquisas em todo o território nacional. É importante destacar que esses resultados refletem os dados obtidos pelo REGEO/Geossintéticos e pelos sites consultados de cada instituição, ou seja, outras publicações sobre a temática podem estar em diferentes congressos ou revistas. De forma geral, 27 instituições brasileiras realizam ensaios de geossintéticos que visam a qualidade. É possível concluir que é essencial a realização de estudos e investimentos para a realização de ensaios na verificação e garantia de qualidade das propriedades dos geossintéticos para um maior avanço na pesquisa nacional.

PALAVRAS-CHAVE: Geossintéticos, Ensaio, Verificação de qualidade.

ABSTRACT: The research aims to show a list of the most applied tests in fabrication quality control of geosynthetics in Brazil and to map which Brazilian institutions have more focus on research and investigations of these materials. For this research, it were used books, articles, standards, scientific works and the CAPES periodicals database to have a theoretical framework about the subject. About the tests and places of research centers, it were used the 2019 and 2023 proceedings of the Brazilian Congress on Environmental Geotechnics and Geosynthetics – REGEO/Geossintéticos, in addition of this, the websites of each institution found were consulted. As a result, there is a perspective about the main tests, functions and reglementary standards in the country. The most common tests found were: thickness, mass per unit area, wide-width tensile test, direct shear test, and water permeability characteristics normal to the plane, with the predominance of mechanical tests. It was found that 14 universities realized in the last 5 years, researches about at least one of the mentioned tests, become evident that it is necessary to expand the researches in all national territory. It is important to highlight that these results reflect the data obtained from REGEO/Geossintéticos and through the websites consulted by each institution, that is, other publications about the topic may be in different conferences or journals. Overall, 27 Brazilians institutions carry out tests that aim the quality of geosynthetics. It is possible to conclude that is essential to realize studies and investments for carrying out tests in quality verification and assurance of properties of geosynthetics to take a greater advanced in national research.

KEYWORDS: Geosynthetics, Tests, Quality verification.

1 INTRODUÇÃO

Os geossintéticos são produtos poliméricos artificiais, que são extremamente versáteis e de grande aplicabilidade para a engenharia, principalmente em obras geotécnicas e de proteção ambiental. Sua utilização pode estar relacionada ao reforço de solos, estruturas de contenção, aterros sobre solos moles, taludes íngremes, estabilização de solos, drenagem, filtração, barreiras para líquidos e gases, controle de erosão, barreira de sedimentos, separação, entre diversos outros tipos (Palmeira, 2018). Além disso, os geossintéticos são considerados um dos produtos de tecnologia mais avançada mundialmente, trazendo versatilidade, durabilidade, propriedades específicas para diferentes projetos e diversas outras vantagens (IGS Brasil, 2012).

A aplicação dos geossintéticos é uma alternativa interessante que pode auxiliar ou substituir alguns materiais da engenharia tradicional, trazendo economia e facilidade de execução. Pode-se dizer, de maneira geral, que os geossintéticos são mais vantajosos economicamente, e mais versáteis, comparados aos materiais tradicionais (LOPES e LOPES, 2010).

A partir disso, torna-se extremamente necessário o estudo e a pesquisa relacionada a esses materiais de grande aplicabilidade para a engenharia civil. Mas, para que esses materiais apresentem níveis de qualidade e desempenho desejados, é necessário que se tenha um controle de qualidade na produção desses produtos, bem como na sua aplicação (IGS Brasil, 2020). Dessa forma, é ideal que o desempenho desses materiais seja avaliado, pois estarão submetidos a diversos agentes de degradação que podem alterar as suas propriedades de projeto (Milagres, 2016).

Com base no exposto, o trabalho se desenvolve por meio do estudo e apresentação dos geossintéticos e dos principais ensaios de verificação de qualidade de fabricação e propriedades existentes. São coletadas informações acerca do que é realizado no país, traçando assim um panorama sobre essa temática.

2 GEOSSINTÉTICOS

Os geossintéticos possuem uma grande variabilidade no que tange aos tipos, funções e aplicabilidade na engenharia, principalmente relacionados à geotecnia, incluindo obras de aterros sanitários, aeroportos, ferrovias, rodovias, estruturas de contenção, controle de erosão, barragens, canais e reservatórios, entre outras aplicações. Esses materiais apresentam grande versatilidade no que se refere à utilização, economia e facilitação de logística e aplicação em obras, comparados com os materiais convencionais da engenharia (Costa *et al.*, 2015).

A Figura 1, apresenta um resumo das principais funções que cada tipo de geossintético se destina, observando que alguns possuem mais de uma função.

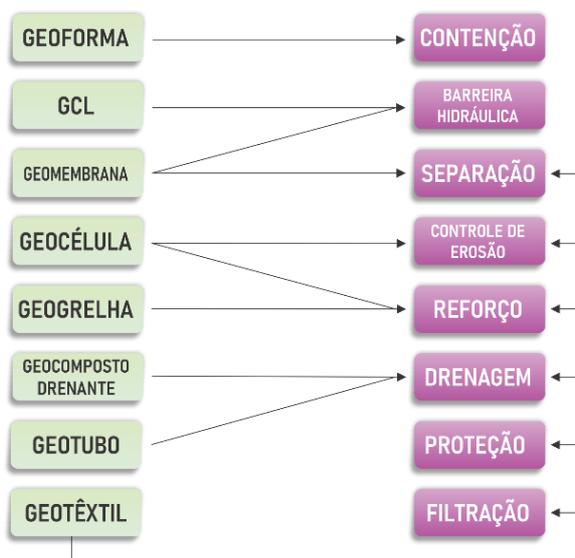


Figura 1. Diagrama de tipos e funções dos geossintéticos. Fonte: Os autores.

3 PRINCIPAIS ENSAIOS

Serão abordados ensaios de verificação de qualidade, focados no processo de fabricação desses produtos, para que mantenham as propriedades e características importantes para um bom desempenho. Essa relação de ensaios foi escolhida, com base nos trabalhos de Palmeira (2018) e Vidal e Schiavon (2023). Para este trabalho, foram considerados ensaios que visam a qualidade desses produtos, relacionados a propriedades físicas, mecânicas, hidráulicas e de durabilidade.

O Quadro 1 foi produzido como um quadro resumo, listando os principais ensaios que visam a qualidade das propriedades dos geossintéticos e suas respectivas normas e os seus objetivos, além de indicar os tipos de geossintéticos empregados.

ENSAIO	NORMA	OBJETIVO	TIPOS DE GEOSSINTÉTICOS
Determinação da espessura a pressões especificadas	ABNT NBR ISO 9863-1:2021	Determinar a espessura e relacionar com a tensão normal aplicada.	Todos os tipos.
Massa por unidade de área	ABNT NBR ISO 9864:2013	Verificar se a massa por unidade de área está dentro dos limites de qualidade estabelecidos por norma.	Geotêxteis e produtos correlatos.
Tração em faixa larga	ABNT NBR ISO10319:2013	Determinação da resistência à tração, obtenção da curva carga-alongamento, carga máxima por unidade de largura, deformação na carga máxima e a rigidez secante.	Geotêxteis, geocompostos, geogrelhas e GCL.
Puncionamento estático	ABNT NBR ISO 12236:2013 e ASTM D6241-14.	Verificar força de puncionamento máxima e coeficiente de variação, evitando danos mecânicos.	Todos, desde que a abertura seja de até 10mm.
Resistência ao impacto	ASTM D1709 - Queda livre de dardo; ASTM D3029 - Queda de peso; e ASTM D3998 - Impacto de pêndulo.	Avaliar o impacto gerado por elementos contundentes em geomembranas.	Geomembranas.
Propagação de rasgo	ASTM D4533-91	Obter resistência ao rasgamento, evitando danos mecânicos.	Geotêxteis
Resistência ao estouro	ASTM D3786	Testar a resistência à ruptura por estouro	Geotêxteis

Cisalhamento direto	ABNT NBR ISO 12957-1:2022	Verificar a resistência ao cisalhamento do geossintético em contato com o solo e submetido a tensões.	Todos os tipos.
Plano inclinado	ABNT NBR ISO 12957-2: 2013	Avaliar os deslocamentos em mm e a variação com o ângulo de atrito	Geotêxteis e produtos correlatos e barreiras geossintéticas.
Arrancamento	ASTM D6706	Medir a resistência ao arrancamento do geossintético no solo	Todos os tipos.
Permeabilidade	ABNT NBR ISO 11058:2021	Calcular a velocidade de fluxo normal ao plano para uma perda de carga hidráulica de 50mm	Geotêxteis e produtos correlatos.
Transmissividade	ASTM 4716	Avaliar a transmissividade que é a capacidade de passagem de fluxo no plano	Geotêxteis não tecidos, geomembranas, geogrelhas e geocompostos drenantes.
Tira fletida	ASTM D1693	Avaliar a progressão ou não da fissura submetida no geossintético	Produtos semicristalinos, como as geomembranas de PEAD.
Resistência ao fissuramento sob carga constante	ASTM D2552	Verificar o fissuramento de geomembranas submetidas à carga de tração	Geomembranas.

Quadro 1. Resumo dos principais ensaios em geossintéticos e seus objetivos. Fonte: Os autores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos artigos lidos nos anais de 2019 e 2023 do REGEO/GEOSSINTÉTICOS, verificou-se 14 universidades ou instituições que realizaram pesquisas relacionadas a pelo menos um dos ensaios destacados. A partir dessas universidades encontradas, foi feita uma pesquisa em cada site institucional de cada universidade com o objetivo de fazer uma complementação de informações sobre os ensaios em geossintéticos

que estão sendo realizados nos laboratórios atualmente.

Tendo por base este estudo, o gráfico da Figura 2 relaciona quantas instituições diferentes realizaram cada ensaio mencionado. Para esta análise, destacam-se os ensaios de espessura, massa por unidade de área, tração na faixa larga, cisalhamento direto e permeabilidade de fluxo no plano.



Figura 2. Número de instituições que realizaram cada ensaio. Fonte: Os autores.

Dentro das universidades encontradas que realizaram algum tipo de pesquisa relacionada a ensaios em geossintético, destacam-se a UNB, com 8 tipos de ensaios diferentes, e a UFSCAR e EESC-USP, com 7 ensaios distintos. Na Figura 3, é possível observar quantos ensaios distintos cada universidade ou instituição realizaram ou realizam atualmente.



Figura 3. Tipos de ensaios realizados por cada instituição. Fonte: Os autores.

Considerando que o congresso apresentou poucas instituições brasileiras que realizam os diferentes tipos de ensaios em geossintéticos, fez-se uma busca de outras possíveis instituições que realizam ensaios nesses materiais, fazendo com que a pesquisa tivesse um panorama mais abrangente nesse sentido. Algumas instituições que também realizam ensaios em geossintéticos são: IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), UFOP (Universidade Federal de Ouro Preto), USP (Universidade de São Paulo), PUC-RIO (Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro), UFPR (Universidade Federal do Paraná), POLI-UFPE (Escola Politécnica de Pernambuco), UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais), UNIVAP (Universidade do Vale do Paraíba), IME (Intituto Militar de Engenharia), UFBA (Universidade Federal da Bahia), UFES

(Universidade Federal do Espírito Santo), UFSM (Universidade de Santa MARIA) e UFRS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). A partir disso, agora com 27 instituições analisadas no total, é notória a maior concentração de pesquisas na região sudeste do país, que chega a quase 70% dos locais de ensaios nesta análise, como pode ser destacado na Figura 4. Essas buscas foram feitas através de sites institucionais de cada universidade e também através de informações fornecidas pelo site do IGS Brasil.

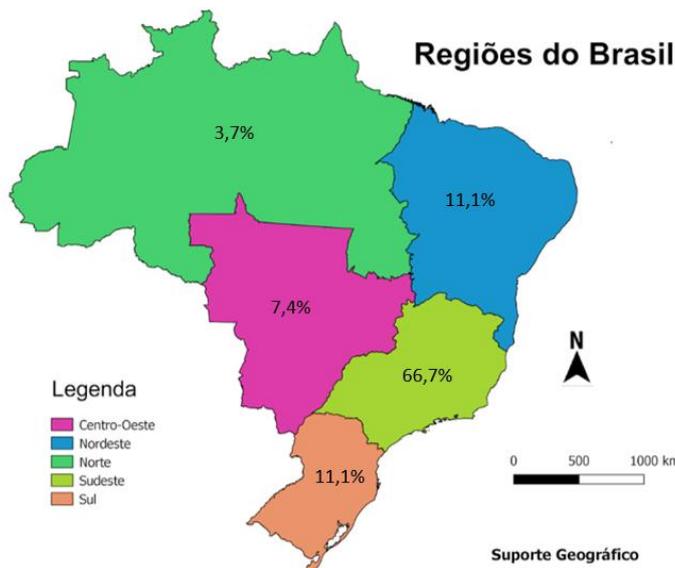


Figura 4. Centros de pesquisa que realizam ensaios em geossintéticos, por região. Fonte: Os autores.

Esses dados vão ao encontro do fato de que a região sudeste é a região mais industrializada do país e com os maiores centros econômicos, facilitando o uso de geossintéticos nas obras. Além disso, esses dados também podem ser justificados por conta das condições de infraestrutura e ambientais da região, como por exemplo, a contenção de rejeitos de barragens, visto que o estado de Minas Gerais tem o maior predomínio de atividades relacionadas à mineração. (ANM, 2021).

Considerando a classificação de cada tipo de ensaio em físico, mecânico, hidráulico e de durabilidade, foram encontrados os seguintes valores para cada divisão, considerando o número de instituições diferentes que realizam cada ensaio:

- **Mecânico:** 32 aparições de ensaios mecânicos, o que corresponde a 53,33% do total de ensaios encontrados. Dentro dos ensaios mecânicos estão: tração na faixa larga, punção, cisalhamento direto, plano inclinado, arrancamento, resistência ao impacto por pêndulo, resistência ao rasgo e resistência ao estouro;
- **Hidráulico:** foram encontrados 12 para essa categoria, o que corresponde a 20% do total de ensaios vistos. Os ensaios hidráulicos foram: permeabilidade de fluxo no plano e transmissividade;
- **Físico:** 16 ensaios físicos foram encontrados, o que significa 26,67% em relação ao total. Nessa divisão, os ensaios foram: espessura e massa por unidade de área;
- **Durabilidade:** já os ensaios de durabilidade que, nessa pesquisa, foram considerados os de tira fletida e o de resistência ao fissuramento, nenhum deles foi encontrado dentro do estabelecido pela metodologia de avaliação dos dois últimos anos do REGEO/Geossintéticos.

Com essas informações, é possível fazer uma análise da proporção dos diferentes tipos de ensaios, Figura 5.

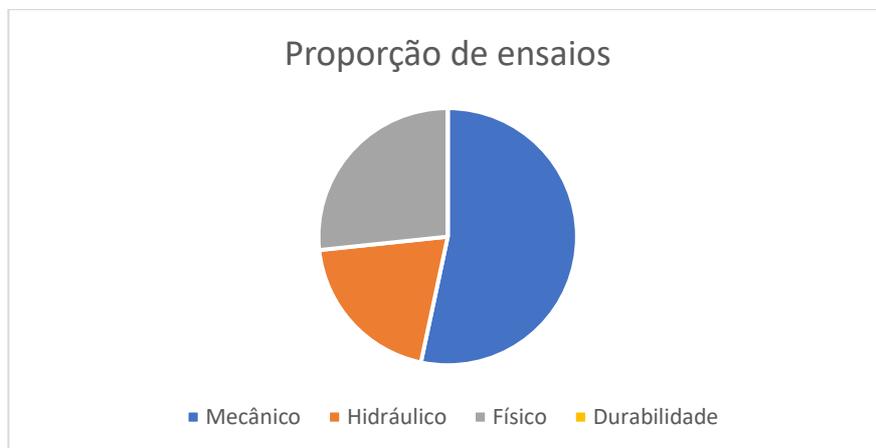


Figura 5. Proporção por tipo de ensaio. Fonte: Os autores.

Essa análise mostra que os ensaios mecânicos são predominantes dentre todos os tipos encontrados, e isso pode ser explicado, devido aos tipos de geossintéticos que são mais empregados na engenharia atualmente. De acordo com Costa *et al.* (2008), os geotêxteis e as geomembranas são os produtos de maior empregabilidade, podendo ser utilizados em obras de rodovias, ferrovias, canais, barragens, diques, estabilização de encostas, aterro, entre outras diversas aplicações de proteção ambiental.

Essa pesquisa apresenta uma oportunidade de maiores discussões e investigações, como por exemplo, do motivo pelo qual não estão sendo encontrados ensaios de durabilidade. É preciso analisar se realmente os ensaios não estão sendo realizados ou se não estão sendo publicados artigos com essa temática. Além disso, é esperado um aumento de investigações e ensaios de geossintéticos como um todo, tanto nos diferentes tipos de ensaios quanto nos diversos locais e centros de pesquisa nacional, visto sua ampla difusão com o passar dos anos. É importante destacar que os trabalhos e as pesquisas de maiores relevâncias, são publicados em revistas científicas com classificação e pontuação superior às de congressos, sendo uma explicação para os baixos índices encontrados. Um outro fator relevante que pode explicar esses dados, está relacionado ao período da pandemia, a partir de 2020, que acarretou em um menor volume de publicações como um todo na edição de 2023 do REGEO/GEOSSINTÉTICOS, representando aproximadamente metade do material obtido pelos anais de 2019 deste mesmo congresso.

5. CONCLUSÃO

Essa pesquisa teve como objetivo destacar e apresentar uma relação dos ensaios que são mais empregados no controle de qualidade de fabricação de geossintéticos no Brasil, mapeando as instituições brasileiras que apresentam maior foco para a pesquisa nessa temática.

Considerando que este trabalho se trata de uma revisão bibliográfica, alguns dos principais ensaios de qualidade foram relacionados, indicando os objetivos e funcionalidades de cada procedimento. Dentre esses ensaios, as características avaliadas foram: propriedades mecânicas, físicas, hidráulicas e de durabilidade. Além disso, fez-se estudos sobre quais ensaios estão sendo realizados no Brasil, na atualidade, e ainda em quais universidades ou instituições de ensino e pesquisa se concentram esses ensaios.

Com todas essas informações apresentadas, pode-se discutir diversos aspectos, como a falta de investigação em ensaios de durabilidade de forma geral, e a necessidade de ampliação dos estudos em todo o território nacional. É importante ressaltar que trabalhos referentes à temática discutida podem estar sendo publicados em outras fontes, como em revistas científicas e os congressos internacionais, como por exemplo, *Pan-American Conference on Geosynthetics – GeoAmericas* e o *International Conference on Geosynthetics – ICG*, que é a Conferência Internacional de Geossintéticos.

É indubitável que esses materiais são extremamente versáteis e importantes para a engenharia, tendo uma tendência de crescimento ainda maior para os próximos anos. Por isso, é de fundamental importância o incentivo de estudos e de pesquisas não apenas relacionados aos materiais, mas principalmente, relacionados aos ensaios de verificação de qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANM – Agência Nacional de Mineração. *Report Mensal Barragens de Mineração*. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/boletim-de-barragens-de-mineracao/arquivos/report-mensal-janeiro-v3.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2023.
- COSTA, Amauri Harvey da *et al.* *Versatilidade dos Geossintéticos aplicada à engenharia*. XXII Seget: Simpósio de excelência em gestão e tecnologia. Resende, p. 1-13. out.2015.
- COSTA, C. M. L.; LODI, P. C.; COSTA, Y. D. J.; BUENO, B. S. Aplicação de Recomendações Normativas sobre o Uso de Ensaio no Controle de Qualidade de Fabricação de Geossintéticos. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol 18, p.158-169, 2008.
- IGS BRASIL – Associação Brasileira de Geossintéticos. *Características requeridas para o emprego de geossintéticos – Parte 1 – Geotexteis e produtos correlatos*. 2020.
- IGSBRAZIL – Associação Brasileira de Geossintéticos. *Os Geossintéticos*. 2012.
- LOPES, M. P.; LOPES, M. L. A. (2010). *Durabilidade dos Geossintéticos*. Porto: FEUP Edições. 294 p.
- MILAGRES, B. V. *Degradação de geotêxteis frente a elementos climáticos em ensaios de campo e laboratório: realidade climática local*. 2016. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Programa de Pós Graduação em Geotecnia da UFOP, 2016.
- PALMEIRA, E. M. *Geossintéticos em Geotecnia e Meio Ambiente*. Edição 2018. São Paulo. Oficina de Textos, 2018, 294 p.
- VIDAL, D. M.; SCHIAVOM, J. A. *Controle de Qualidade de Geossintéticos no Brasil*. IX Congresso Brasileiro de Geossintéticos, Salvador, p 17-22, julho, 2023.