

# Análise dos Efeitos da Radiação Solar no Processo de Degradação de Geotêxteis

Jefferson Teófilo Ferreira da Silva

Engenheiro Civil, Geoquality Geotecnia, Lajes, Brasil, jeffersonferreira704@outlook.com

Riadny Patrícia de Souza Ferreira

Engenheira Geotécnica/Doutoranda em Geotecnia, TPF Engenharia/UFPE, Recife, Brasil, riadny.ferreira@ufpe.br

Luana Raquel Juvino da Silva

Engenheira Geotécnica, TPF Engenharia, Pindoretama, Brasil, luana.raquel.365@ufrn.edu.br

Juliana Andrade Rodrigues

Auxiliar de Engenharia, TPF Engenharia, Fortaleza, Brasil, juliana.andrade@tpfe.com.br

Fagner Alexandre Nunes de França

Docente, UFRN, Natal, Brasil, fagner.franca@ufrn.br

**RESUMO:** A utilização de geossintéticos, no âmbito da engenharia civil, vem aumentando devido a necessidade de obras geotécnicas mais rápidas e a facilidade de o material não demandar a utilização de mão de obra qualificada. Um bom exemplo disto são obras de engenharia costeira, onde os geossintéticos são utilizados para a contenção dos efeitos dos processos erosivos. Neste sentido, este artigo tem por objetivo estudar a durabilidade de um geotêxtil tecido de polipropileno (StrataTex W5050®), com função de aplicação na construção civil, exposto em meio natural à radiação solar. Isto foi feito através da verificação do comportamento do material por meio de ensaios de campo e simulações em laboratório. Foi utilizada a metodologia do ensaio de degradação natural e, para isso, a exposição das amostras de geotêxtil tecido se deu no município de Mossoró/RN, por aproximadamente três meses. O envelhecimento natural é realizado ao ar livre e tem como fatores relevantes ao ensaio a temperatura ambiente, a umidade, a poeira, o vento, os poluentes atmosféricos, bem como a radiação solar incidente no decorrer do dia. O material foco deste estudo não apresentou sinais de degradação no período proposto à radiação solar e às intempéries, chegando-se ao entendimento que este geotêxtil tecido indica ser um excelente insumo para período de curta exposição, como obras temporárias, nas quais os materiais não demandem proteção.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geotêxtil, Geossintéticos, Degradação, Resistência à Tração.

**ABSTRACT:** The use of geosynthetics, within the scope of civil engineering, has been increasing due to the need for faster geotechnical works and the fact that the material does not require the use of qualified labor. A good example of this are coastal engineering works, where geosynthetics are used to contain the effects of erosion processes. In this sense, this article aims to study the durability of a woven polypropylene geotextile (StrataTex W5050®), intended for use in civil construction, exposed in a natural environment to solar radiation. This was done by verifying the material's behavior through field tests and laboratory simulations. The natural degradation test methodology was used and, for this, the woven geotextile samples were exposed in the municipality of Mossoró/RN, for approximately three months. Natural aging is carried out outdoors and its relevant factors for the test include ambient temperature, humidity, dust, wind, atmospheric pollutants, as well as solar radiation incident throughout the day. The material focus of this study did not show signs of degradation during the proposed period to solar radiation and bad weather, reaching the understanding that this woven geotextile indicates that it is an excellent input for periods of short exposure, such as temporary works, in which the materials do not require protection.

**KEYWORDS:** Geotextile, Geosynthetics, Degradation, Tensile Strength.

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização dos geossintéticos em obras de construção civil são comuns para túneis, estradas, reservatórios, rodovias, aterros sanitários, contenções e estruturas de engenharia costeira (Carneiro *et al.*, 2018). Por este material ser uma excelente opção para substituir materiais comercialmente tradicionais, percebeu-se um aumento na utilização dos geossintéticos. Eles possuem diversas aplicações e se subdividem por 6 (seis) principais tipos: geotêxteis, geomembranas, geocélulas, geomantas, geocompostos e combinações de geossintéticos. Os geotêxteis, dentre estes, são os mais utilizados, podendo ser aplicados como elemento filtrante, proteção, filtração, drenagem, reforço e controle de erosões. A variabilidade do material envolve tanto a aplicabilidade quanto a sua constituição pelo tipo de polímeros e aditivos.

Dependendo da forma de aplicação do material, o geossintético pode estar parcialmente ou totalmente exposto à radiação ultravioleta (UV), ainda que posteriormente sejam cobertos por líquidos ou solo. Para o caso em que são cobertos, evitando o contato da radiação com o material, o material pode sofrer influência da radiação no processo de instalação. Quanto aos geotubos, *geobags* e *geocontainers*, por exemplo, estes ficam expostos por um período longo, sendo importante mensurar a interferência da radiação em sua eficiência.

Outro exemplo para a exposição contínua à radiação UV é visto em obras de engenharia costeira, em que a aplicação do material serve como mitigador de processos erosivos, absorvendo os impactos do intemperismo. Nestas obras, os materiais são inseridos para atuar conjuntamente com os esporões, quebra-mares, molhes e proteções de pé de talude. A utilização do geossintético para obras costeiras, segundo Neves (2003), possui um papel significativo no aumento do nível de proteção da costa e segue os critérios técnicos, socioeconômicos e ambientais. Além das obras na costa, também se vê a aplicação dos geossintéticos em acondicionamento e dessecação de lodos e lamas em estações de tratamento de água, esgoto e efluentes. Segundo Vertematti (2015), a aplicação também abrange dragagem de lamas fluviais e lamas marítimas contaminadas, com a finalidade de reter partículas ou flocos existentes na mistura, passando livremente os líquidos.

O processo de escolha do material depende da necessidade de projeto, adequando-se a cada tipo de propriedade fornecida. Dentre as propriedades buscadas, têm-se as resistências à tração, contra desgastes, à radiação ultravioleta, química e ao punção, bem como a permeabilidade e abertura da malha. Segundo Carneiro (2009), é primordial realizar a verificação do comportamento do material quanto a sua resistência mediante a diversos agentes de degradação. Por este motivo, o principal requisito de um geossintético é a extensão da durabilidade quando utilizado no ambiente escolhido.

Os fatores ambientais, o tipo de polímero e o tempo de exposição ao agente degradante são os principais influenciadores na durabilidade do material. De acordo com Pinto *et al.* (2005), quando o material polimérico sofre um processo de degradação, podem ocorrer alterações irreversíveis evidenciadas pelo aumento da deterioração e alteração das propriedades do material.

Sabendo que existem diversos tipos de agentes físicos ou químicos, nocivos ao material, a finalidade deste estudo foi avaliar a durabilidade de um geotêxtil tecido de polipropileno. Assim, será possível mensurar a influência das intempéries nas propriedades do material, considerando tipo e tempo de exposição assim como a resistência à tração.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Preparação da amostra

O geotêxtil tecido utilizado é fabricado em polipropileno, com 50 kN/m resistência nominal longitudinal, 50 kN/m de resistência nominal transversal e 5 kN de resistência ao punção. Realizou-se o corte em amostras de menores dimensões com tamanho de amostra e corpo de prova rígidos pela NBR ISO 9862 (ABNT, 2013). Além disso, separou-se 4 (quatro) amostras intactas para servirem de comparação com as amostras que serão expostas à radiação ultravioleta.

Assim, o geotêxtil foi recortado em 16 amostras, separadas em 4 grupos de 4 amostras. Os grupos de 4 amostras foram cortados, respectivamente, com dimensões de 0,3x0,6 m, 0,3x1 m, 1x0,6 m e 1x1 m. Após este corte, tanto as amostras intactas quanto às que serão expostas foram cortadas novamente no sentido transversal à direção da linha de produção do material, para a produção dos corpos de prova. Além disso, fez-se uma marcação nas amostras para identificá-las ao longo da realização dos procedimentos.

## 2.2 Preparação dos corpos de prova

Salienta-se que os corpos de prova também seguiram as recomendações da NBR ISO 9862 (ABNT, 2013). Os cortes realizados nas amostras no sentido transversal citados anteriormente resultaram no seguinte quantitativo, conforme Tabela 1. Esta divisão foi feita em dois grupos principais: faixa estreita, com largura de 0,05 m, e faixa larga, com largura de 0,2 m, resultando num somatório de 89 corpos de prova.

Tabela 1. Tamanho, quantidade de corpos de prova e tempo de exposição dos materiais.

Dimensões das amostras	Dimensões dos corpos de prova	Divisão	Tempo de exposição	Quantidade de corpos de prova	
				Faixa estreita	Faixa larga
0,3 x 0,6 m	0,05 x 0,6 m	Faixa estreita	Intacta	12	10
0,3 x 1 m	0,05 x 1 m		1º Mês	12	10
1 x 0,6 m	0,2 x 0,6 m	Faixa larga	2º Mês	13	10
1 x 1 m	0,2 x 1 m		3º Mês	12	10

## 2.3 Local de exposição

Para realizar o ensaio de degradação natural, as amostras de geotêxtil foram expostas no município de Mossoró/RN, a 24 m de altitude. As coordenadas geográficas são: Latitude Sul 5° 13' 2,51" e Longitude Oeste: 37° 19' e 33,45". O período de exposição às intempéries foi do dia 23 de novembro de 2020 a 17 de fevereiro de 2021, aproximadamente 3 meses. Ao final do período, foram retiradas as amostras para a realização de caracterização ao final de cada mês. Dessa forma, retirou-se 3 amostras para análise individual.

## 2.4 Ensaio de Exposição

O material já separado em amostras, foi sujeito a ensaios de exposição em campo, para estimativa da durabilidade do material. Ao final de cada período predeterminado, foram retiradas um total de quatro amostras, uma amostra para cada tamanho diferente. Em seguida, passaram por um novo processo de separação, sendo redivididas em corpos de provas para realização dos ensaios de resistência à tração do material.

O ensaio de exposição à radiação UV, simulando o envelhecimento natural, teve como base as especificações das normas D 1435 (ASTM, 2020) e D 5970 (ASTM, 2021), que determinam as prescrições para a realização de ensaios de degradação. Para expor o material, foi construída uma mesa composta por quatro folhas de compensado naval com dimensões de 1,10x2,20 m (LxC). Estas dimensões correspondem a uma área de 9,68 m<sup>2</sup>, fixada sobre uma estrutura feita em madeira, dimensionada para atender as recomendações das normas. Registra-se que foi utilizada uma inclinação de 0° com a horizontal.

O geotêxtil foi preso nas extremidades com a utilização de ripas de madeira e pregos, prendendo o material a uma distância que não comprometesse sua integridade e os resultados do ensaio de resistência à tração.

Os dados das condições climáticas do local foram fornecidos pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA). Assim, foram obtidas informações quanto a precipitação, umidade relativa, temperatura e radiação UV, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Dados meteorológicos do período de exposição.

Período	Data	Umidade Relativa Média (%)	Radiação Diária Acumulada (MJ/m <sup>2</sup> )	Radiação Global Acumulada (MJ/m <sup>2</sup> )	Precipitação Acumulada (mm)
1º	23/11/20 a 23/12/20	84,09	46,40	618,70	0,00
2º	24/12/20 a 23/01/21	82,69	90,88	1.211,68	0,76

Período	Data	Umidade Relativa Média (%)	Radiação Diária Acumulada (MJ/m <sup>2</sup> )	Radiação Global Acumulada (MJ/m <sup>2</sup> )	Precipitação Acumulada (mm)
3º	24/01/21 a 17/02/21	85,06	127,04	1693,84	18,54

Para complementar os dados já citados, foram realizadas medições de temperatura na superfície das amostras, utilizando um termômetro infravermelho com mira a laser, fazendo medições regulares da temperatura em diferentes horários durante o dia.

## 2.5 Ensaio de Resistência à Tração

O comportamento do geotêxtil antes e após os ensaios de exposição em campo, foram avaliados através de ensaios de tração não confinada, método de faixa estreita, a qual é regida pela norma D5035 (ASTM, 2019).

Os materiais retirados ao final de cada período foram armazenados em local sem exposição à radiação UV. As amostras foram cortadas nos tamanhos predefinidos dos corpos de provas e armazenadas em uma caixa cúbica de papelão com 0,45 m em suas dimensões. Além disso, para que o material não fosse danificado no transporte, foram colocados sacos plásticos e tecidos nos espaços vazios.

Todos os materiais foram enviados para o Laboratório de Geotecnia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), para realização dos ensaios de resistência à tração. Foi utilizado um equipamento, no qual o material foi preso pelas extremidades com a utilização de garras, fixado a uma distância de 0,075 m entre as garras, e sujeito a cargas de tração até a ruptura do material. Neste estudo foi empregado corpos de provas com duas larguras distintas, nos tamanhos de 0,05 m e 0,2 m de largura, a uma velocidade de tração de 300 mm/min.

## 3 RESULTADOS

### 3.1 Amostras intactas

A quantidade de corpos de prova da faixa estreita e da faixa larga foi de 12 para cada faixa. A Tabela 3 apresenta os resultados dos ensaios de tração realizados nas amostras intactas, antes de exposição à radiação ultravioleta.

Tabela 3. Resultados de resistência à tração para faixa estreita e larga.

Parâmetro	Faixa Estreita		Faixa Larga	
	Resistência à Tração (kN/m)	Deformação na ruptura (%)	Resistência à Tração (kN/m)	Deformação na ruptura (%)
Valor médio	60,92	31,59	36,23	13,08
Desvio padrão	3,49	1,14	4,19	0,85
Coefficiente de variação	5,73	3,62	11,57	6,53

Além disso, de forma ilustrativa, também estão ilustradas as curvas do ensaio de tração na Figura 1 para o conjunto de amostras da faixa estreita (a) e da faixa larga (b).

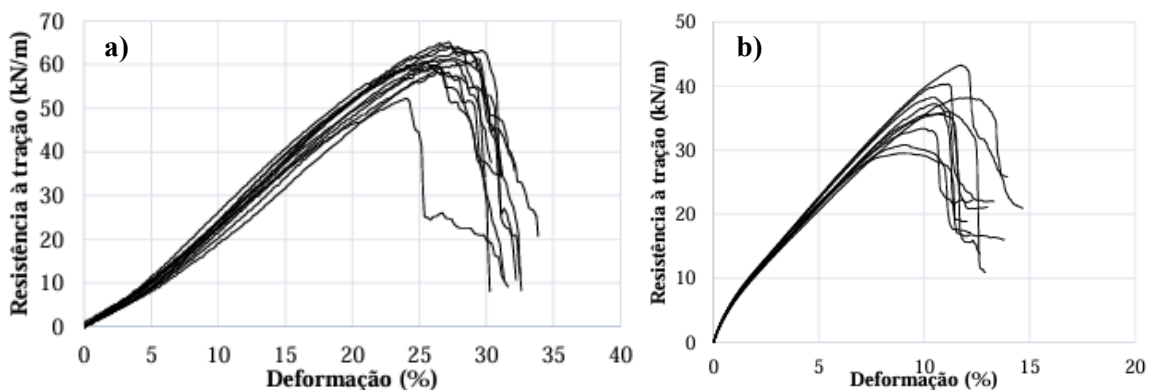


Figura 1. Curva do ensaio de resistência à tração da faixa estreita e longa.

### 3.2 Amostras da faixa estreita

Os resultados dos ensaios de tração realizados nas amostras, pós-exposição à radiação ultravioleta e ao intemperismo pelo período de três meses, para faixa estreita estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados da resistência a tração das amostras para faixa estreita.

Corpos de Provas	Resistência Média (kN/m)	Desvio Padrão (kN/m)	Coefficiente de Variação (%)	Intervalo de Confiança (95%) (kN/m)
Intacta	60,92	3,49	5,73	$58,70 < \mu < 63,14$
1º mês	52,88	4,66	8,82	$49,91 < \mu < 55,84$
2º mês	52,63	4,93	9,38	$49,64 < \mu < 55,61$
3º mês	53,50	3,62	6,77	$51,20 < \mu < 55,80$

A Tabela 5 apresenta os dados de deformação na ruptura para faixa estreita, durante o período de exposição.

Tabela 5. Resultados de deformação na ruptura das amostras para faixa estreita.

Corpos de Provas	Deformação na Ruptura (%)	Desvio Padrão (kN/m)	Coefficiente de Variação (%)	Intervalo de Confiança (95%) (kN/m)
Intacta	31,59	1,14	3,62	$30,86 < \mu < 32,31$
1º mês	39,92	5,24	13,13	$36,59 < \mu < 43,52$
2º mês	36,13	5,55	15,63	$31,78 < \mu < 39,49$
3º mês	36,06	3,97	11,00	$33,54 < \mu < 38,57$

De forma complementar, a Figura 2 apresenta os resultados de todos os ensaios de resistência à tração, realizado nas amostras para a faixa estreita.

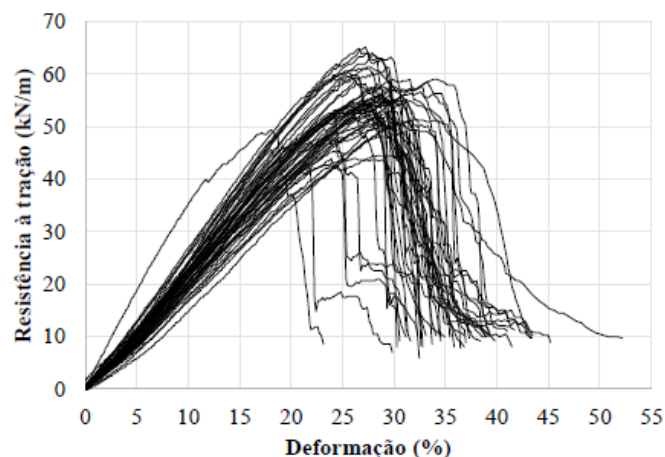


Figura 2. Resultados dos ensaios de resistência à tração realizados nas amostras para faixa estreita.

### 3.3 Amostras da faixa larga

Os resultados dos ensaios de tração realizados nas amostras, pós-exposição à radiação ultravioleta e ao intemperismo pelo período de três meses, para faixa larga estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Resultados da resistência a tração das amostras para faixa larga.

Corpos de Provas	Resistência Média (kN/m)	Desvio Padrão (kN/m)	Coefficiente de Variação (%)	Intervalo de Confiança (95%) (kN/m)
Intacta	36,23	4,19	11,57	$33,53 < \mu < 39,23$
1º mês	44,28	3,51	7,88	$42,07 < \mu < 47,09$
2º mês	40,58	3,92	9,67	$37,78 < \mu < 43,39$
3º mês	42,78	1,87	4,37	$41,44 < \mu < 44,12$

A Tabela 7 apresenta os dados de deformação na ruptura para faixa larga, durante o período de exposição.

Tabela 7. Resultados de deformação na ruptura das amostras para faixa larga.

Corpos de Provas	Deformação na Ruptura (%)	Desvio Padrão (kN/m)	Coefficiente de Variação (%)	Intervalo de Confiança (95%) (kN/m)
Intacta	13,18	0,85	6,53	$12,47 < \mu < 13,69$
1º mês	15,00	0,71	4,72	$14,50 < \mu < 15,51$
2º mês	14,24	1,26	8,82	$13,34 < \mu < 15,14$
3º mês	14,29	1,33	9,29	$13,34 < \mu < 15,24$

De forma complementar, a Figura 3 apresenta os resultados de todos os ensaios de resistência à tração, realizado nas amostras para a faixa larga.

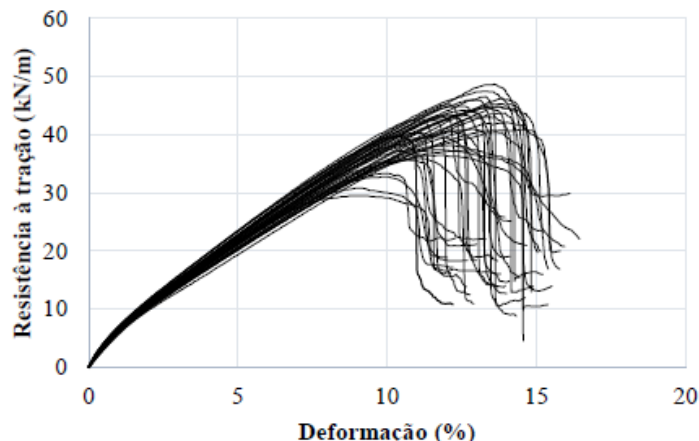


Figura 3. Resultados dos ensaios de resistência à tração realizados nas amostras para faixa larga.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo tratou da influência dos processos de envelhecimento natural, no desempenho do geotêxtil de polipropileno, realizando exposição de campo no município de Mossoró/RN durante três meses. Foram realizados ensaios de tração nas amostras intactas e nas amostras após o período de exposição.

Os resultados demonstraram que os procedimentos e as metodologias utilizadas para a degradação em campo, para a obtenção dos parâmetros, foram satisfatórios. Entretanto, é importante mencionar que foi constatado como desvantagem o elevado tempo necessário para a preparação e processo para o ensaio de envelhecimento, bem como o elevado número de repetições necessárias para que este tenha uma melhor representatividade. Como em obras os cronogramas frequentemente são curtos, este se torna um fator limitante.

O geotêxtil estudado não apresentou sinais de degradação durante o tempo de exposição à radiação e ao intemperismo, sendo assim entende-se que esse material pode ser um excelente insumo para períodos de exposição curtos, como construções provisórias, nas quais os materiais não precisam de proteção. Entretanto,

no caso de obras de maior tempo de duração, e conseqüentemente maior tempo de exposição, faz-se necessário um estudo com tempo de exposição maior, para melhor entendimento e análise do material.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte pelo acolhimento e interesse nesta pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society For Testing And Materials. (2020) ASTM D 1435: *Standard Practice for Outdoor Weathering Plastics*.
- American Society For Testing And Materials. (2019) ASTM D 5035: *Standard Test Method for breaking force and Elongation of Textile Fabrics (Strip Method)*.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2013) NBR ISO 9862: *Geossintéticos - Amostragem e preparação de corpos de prova para ensaios*. Rio de Janeiro.
- Carneiro, J. R. C. (2009) *Durabilidade de materiais geossintéticos em estruturas de caráter ambiental: A importância da incorporação de aditivos químicos*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação de Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 602p.
- Carneiro, J.R., Morais, M., Lopes, M.D.L. (2018) Degradation of polypropylene geotextiles with different chemical stabilisations in marine environments, *Construction and Building Materials*, 165, p. 877-886.
- Neves, L. P. (2003) *Geossintéticos e geossistemas em engenharia costeira*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 225p.
- Pinto, V. C., Maia, P. C. A., Valinho, R. F. (2005) Avaliação da degradação de geotêxteis tecidos, In: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas – COBRAE 4, Salvador, *Anais...* v.1, p. 301-312.
- Vertematti, J. C. (2015) *Manual Brasileiro de Geossintéticos*. 2nd ed, Blucher, São Paulo, SP. 570 p.