

GEOTÊXTEIS. MATÉRIA-PRIMA*

Geotextiles. Rough Material

por

ROCHA, ADÉLIA, P.F.**

RESUMO — Analisam-se a natureza e as propriedades da matéria constituinte das fibras de geotêxteis. Quanto à natureza dão-se alguns conceitos fundamentais sobre polímeros, nomeadamente o que são e como se obtêm. Aborda-se também a questão do tipo de estrutura física. O comportamento mecânico é analisado para esforços de tracção e de fluência. Faz-se uma breve referência ao comportamento do material face à radiação solar e às acções do solo.

SYNOPSIS — The nature and properties of the material that constitutes the geotextile fibres is analysed. Some basic concepts about polymers are given, namely about their nature and the way in which they are obtained. The question of the type of physical structure is also tackled. Mechanical behaviour is analysed regarding tensile and creep forces. Brief reference is made to the behaviour of this material with regard to solar radiation and soil actions.

* Exposição feita no Porto em 8/11/83 no Painel da O.E. intitulado "Os geotêxteis na construção civil".

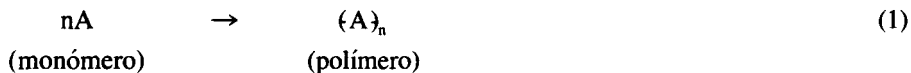
** Eng.º Químico-Ind. — Especialista do DMC do LNEC.

1 – INTRODUÇÃO

As características de um geotêxtil dependem fundamentalmente da natureza e propriedades intrínsecas da matéria constituintes das fibras do geotêxtil e do modo como essas mesmas fibras se combinam entre si. Para uma melhor compreensão das propriedades e do comportamento dos geotêxteis torna-se então necessária uma análise daqueles dois aspectos. Nesta comunicação abordar-se-ão, como o título sugere, algumas questões relacionadas com o primeiro aspecto enunciado, ou seja com a natureza e propriedades da matéria constituinte das fibras.

2 – NATUREZA QUÍMICA DAS FIBRAS DE GEOTÊXTEIS

As fibras são essencialmente constituídas por polímeros, ou seja compostos químicos formados por grandes moléculas que resultam da ligação entre si de pequenas moléculas de substâncias designadas por «monómeros»:



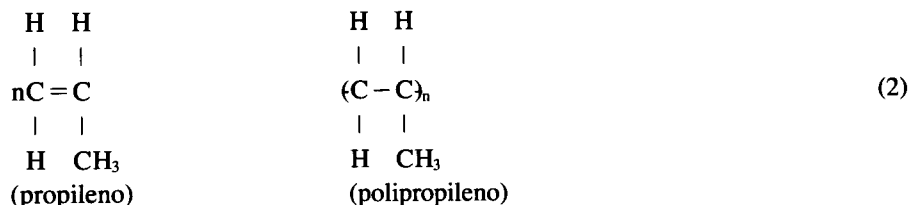
As n moléculas de monómero ligam-se dando origem às «macromoléculas» ou «cadeias moleculares». A n dá-se o nome de «grau de polimerização» e a reacção (1) tem a designação de «reacção de polimerização».

Para a obtenção de polímeros pode partir-se de um só monómero ou de monómeros quimicamente diferentes resultando, obviamente, polímeros diferentes.

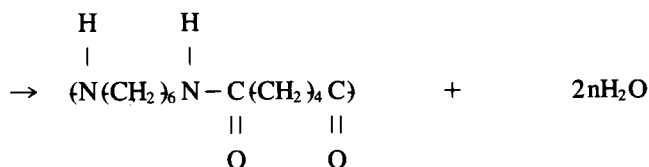
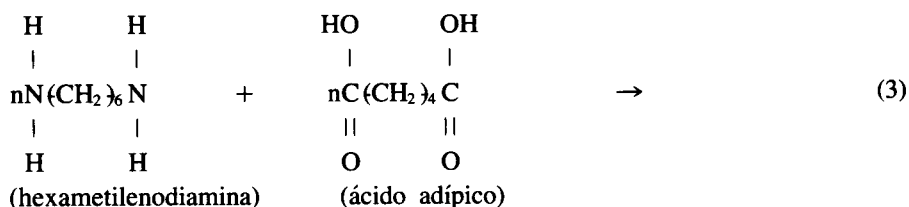
De um modo geral os produtos finais não são constituídos unicamente pelo polímero de base. Estão sempre presentes pequenas quantidades de substâncias designadas por «aditivos» e que se juntam ao polímero com o intuito de melhorar as propriedades do produto final ou de facilitar as operações de transformação. Estão neste caso, entre outros, os lubrificantes, os estabilizantes e os plastificantes.

É a natureza do polímero que dá o nome à fibra. Assim as fibras são de polipropileno, de poliéster, de nylon, etc.. Apresentam-se seguidamente as reacções de polimerização dos polímeros de utilização mais usual no fabrico de fibras.

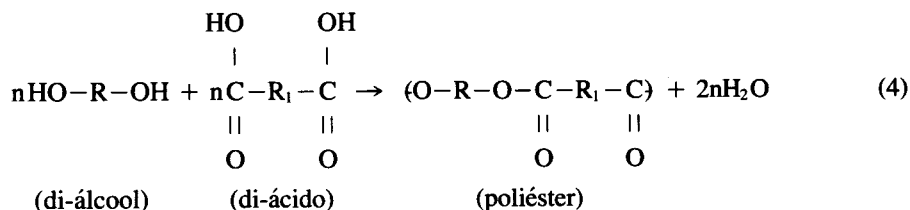
Polipropileno



Nylon 6.6 (poliamida)



Poliéster



Nos esquemas reaccionais apresentados de (2) a (4) estão incluídos dois tipos diferentes de reacções de polimerização. Em (2) a reacção é de «adição» e caracteriza-se pela ligação das moléculas de monómero se fazer com quebra da dupla ligação

presente e sem eliminação de qualquer pequena molécula. Em (3) e (4) as reacções são de condensação e caracterizam-se pelo facto de, ao dar-se a ligação das moléculas de monómeros entre si, haver eliminação de pequenas moléculas (por exemplo água).

3 – ESTRUTURA MOLECULAR DOS POLÍMEROS. TERMOPLÁSTICOS E TERMOENDURECÍVEIS

A análise dos polímeros na óptica da sua estrutura física conduz à distinção de duas grandes categorias:

- polímeros cuja estrutura é constituída por macromoléculas dispostas linearmente entre si, aos quais se dá a designação de termoplásticos;
- polímeros de estrutura tridimensional, os termoendurecíveis.

O facto de um polímero pertencer a uma ou outra categoria está intimamente relacionado com a funcionalidade do monómero, ou seja com o número de ligações covalentes que cada uma das suas moléculas estabelecer.

As moléculas de monómero com funcionalidade 2, ou seja com possibilidade de fornecer duas ligações covalentes com outras moléculas, dão origem a estruturas lineares; se a funcionalidade for superior a 2 formam-se estruturas tridimensionais. Na Fig. 1 ilustram-se as duas hipóteses.

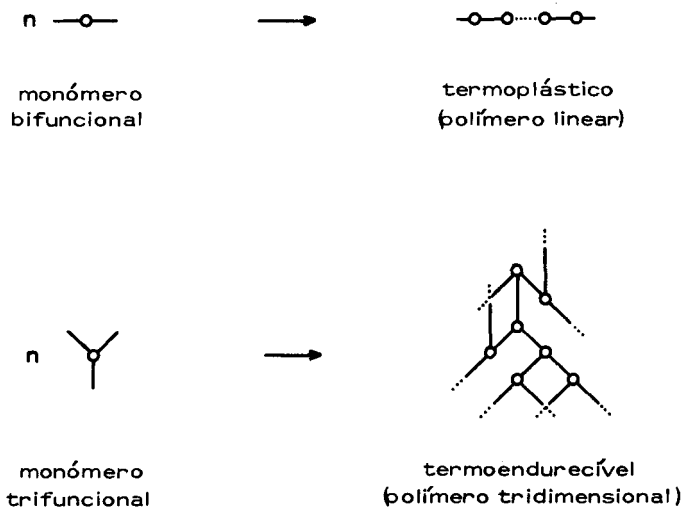


Fig. 1 — Representação esquemática de termoplásticos e termoendurecíveis

Do que se disse resulta que nos termoendurecíveis as cadeias moleculares estão ligadas entre si por ligações químicas fortes (covalentes) o que confere à estrutura um carácter bastante mais rígido que a dos termoplásticos. Nestes, as ligações químicas presentes entre cadeias moleculares são fracas (secundárias). Das diferenças de estrutura apontadas resultam diferenças de comportamento importantes. Por exemplo, enquanto um termoplástico pode ser aquecido, moldado, arrefecido e de novo aquecido adquirindo uma nova forma, um termoendurecível não pode. Este, uma vez moldado, não pode ser aquecido para tomar uma nova forma sob a pena de se alterar de tal modo a sua estrutura que o polímero de partida dá lugar a um produto termicamente degradado.

Os polímeros usados nos geotêxteis são termoplásticos.

4 – ALGUMAS CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DAS FIBRAS DE GEOTÊXTEIS

Quando se sujeita uma fibra de um termoplástico a um esforço de tracção obtém-se normalmente uma curva tensão-deformação ($\sigma - \epsilon$), semelhante à da Fig. 2.

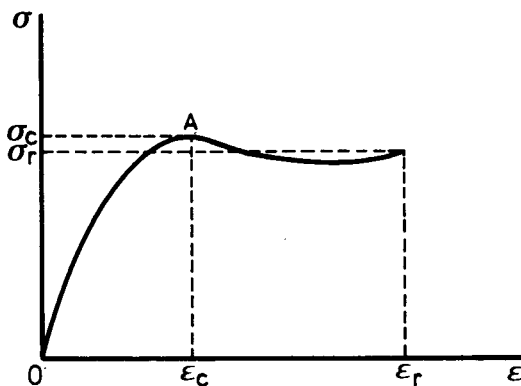


Fig. 2 — Curva tensão-deformação de um termoplástico

Em geral nota-se a existência de uma «zona elástica», seguida de uma «zona plástica» até à rotura. A fronteira entre aquelas duas zonas é, de certo modo, arbitrária já que vai depender do valor a partir do qual se entende que a deformação do material passa a ser permanente. O rigor do sistema de medida das deformações vai também

afectar a definição daquela fronteira. É usual aceitar-se que a passagem da elasticidade à plasticidade se dá quando, após um ciclo de carga-descarga, a deformação residual é 0,2%. Nestas condições a referida fronteira ocorre um pouco antes de se atingir o ponto A. A este ponto dá-se a designação de «ponto de cedência».

Apesar da lei de Hooke não ser rigorosamente verificada durante a fase elástica é costume definir o módulo de elasticidade admitindo linearidade entre a tensão e a deformação naquela zona.

No quadro 1 indicam-se valores médios para algumas características em tracção das principais fibras usadas em geotêxteis.

QUADRO 1

Característica	Poliéster	Poliamida	Polipropileno
Resistência específica (N/tex) ^(a)	0,75	0,75	0,55
Extensão na rotura (%)	15	25	50
Módulo de elasticidade específico (N/tex) ^(a)	14	6	2

(a) — 1 tex = massa, em gramas, de 1 km de fibra

Na Fig. 3 faz-se uma representação do comportamento em tracção dos três polímeros referidos no Quadro 1.

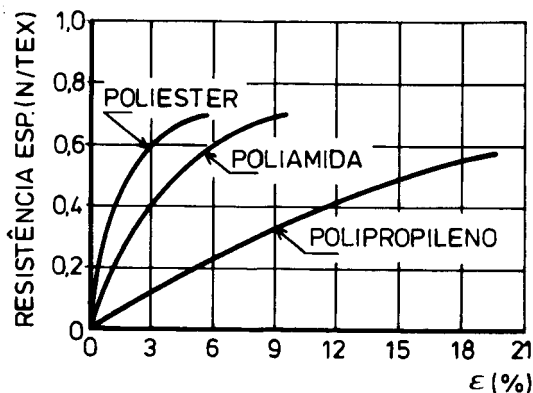


Fig. 3 — Curvas tensão-deformação para vários polímeros⁽¹⁾

No que respeita ao comportamento em fluência o polipropileno tem uma tendência para se deformar maior que quaisquer dos outros dois, como se ilustra na Fig. 4.

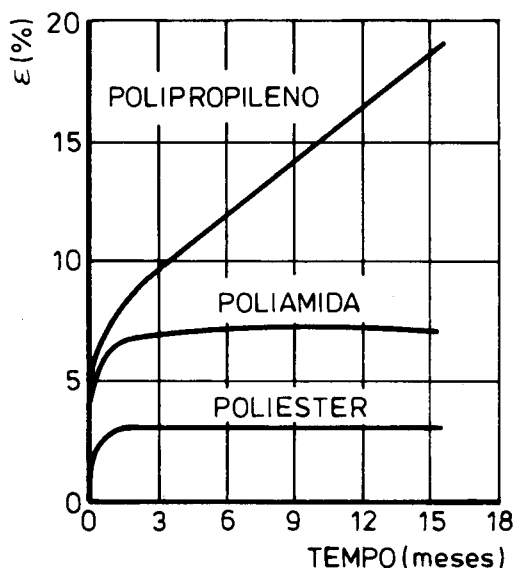


Fig. 4 — Curvas deformação-tempo para vários polímeros⁽¹⁾

A abordagem de uma questão como o comportamento mecânico de um material plástico não se pode dissociar da influência da temperatura. Quando um polímero apresenta uma curva ($\sigma - \epsilon$) como a da Fig. 2 diz-se que tem um comportamento dúctil. Mas podem também surgir curvas como as indicadas na Fig. 5 e referenciadas com os números 1 e 3. Um polímero cujo comportamento em tracção corresponda ao da curva 1 diz-se «frágil». Se a curva for semelhante a 3 diz-se que o polímero tem comportamento de «elastómetro». Ora o tipo de curva que se obtém, além de depender do polímero em si, depende também das condições térmicas a que o material está sujeito durante a aplicação da solicitação. Um polímero usualmente frágil pode apresentar curvas ($\sigma - \epsilon$) características dos materiais dúcteis ou mesmo dos «elastómeros» desde que se aumente convenientemente a temperatura. Também é possível que um polímero do tipo «elastómetro» apresente curvas ($\sigma - \epsilon$) dos materiais dúcteis ou mesmo frágeis por abaixamento conveniente da temperatura. Na Fig. 6 dão-se exemplos do que se acabou de referir.

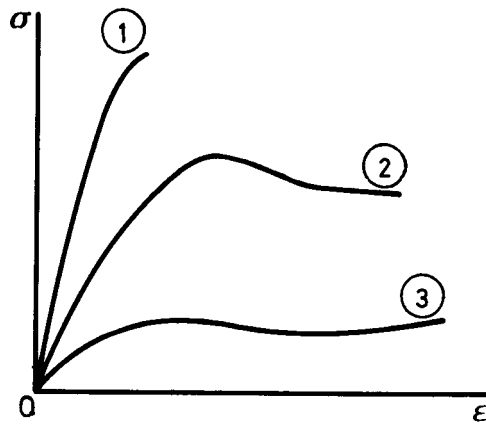


Fig. 5 — Curvas tensão-deformação

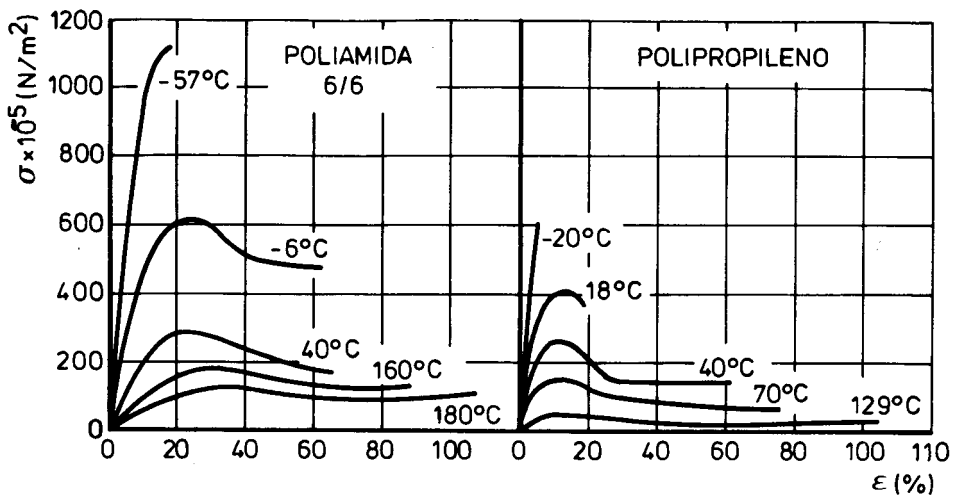


Fig. 6 — Influência da temperatura no comportamento em tracção de alguns polímeros

5 – COMPORTAMENTO FACE À RADIAÇÃO SOLAR

Nas aplicações usuais os geotêxteis não ficam directamente expostos à radiação solar. No entanto antes de aplicados, e mesmo durante os trabalhos de aplicação, eles estão sujeitos aos efeitos daquela radiação que, por si só ou pela acção combinada com outros agentes atmosféricos, pode provocar alterações de vária ordem nos polímeros.

A radiação solar incidente na superfície terrestre não tem, praticamente, comprimentos de onda inferiores a 3000 Å. Este aspecto é bastante positivo na óptica da durabilidade dos materiais plásticos, uma vez que a energia transportada pela radiação é inversamente proporcional ao comprimento de onda da mesma.

Para comprimentos de onda superiores a 3000 Å a energia da radiação correspondente já não é capaz de quebrar a maior parte das ligações químicas presentes nos materiais plásticos. Assim, é a radiação ultravioleta, com comprimentos de onda compreendidos entre 1000 e 4000 Å, a verdadeiramente agressiva para aqueles materiais. Na Fig. 7 apresenta-se a variação da energia com os comprimentos de onda e indicam-se em que níveis energéticos se situam as ligações químicas mais comuns nos polímeros. Verifica-se que a maior parte se situa na zona dos ultravioleta, como se tinha referido. A radiação infravermelha não tem, de um modo geral, energia suficiente para quebrar as ligações químicas dos polímeros. No entanto ela produz um aumento de temperatura, podendo, desse modo, acelerar as reacções químicas que ocorrem quando da degradação dos polímeros.

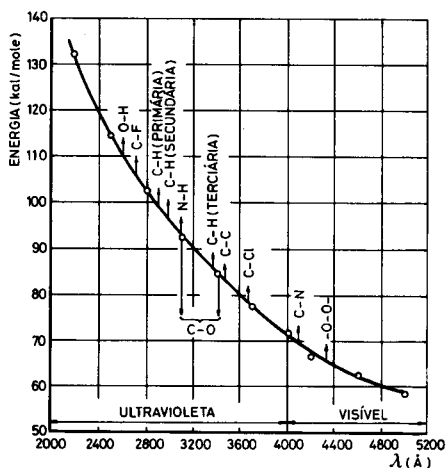


Fig. 7 — Variação da energia com o comprimento de onda

Nas situações usuais a radiação solar não é o único agente atmosférico susceptível de provocar a degradação dos polímeros. Esta resulta sempre de alterações químicas operadas sobre os polímeros e que podem ser também provocadas ou facilitadas por agentes como a humidade, a temperatura, o oxigénio, os poluentes, etc.. Aquelas alterações químicas vão traduzir-se em efeitos diversos, nomeadamente variação da massa molecular, da cor, do brilho, da transparência e das propriedades mecânicas. Na Fig. 8, mostra-se a título de exemplo como pode variar a extensão na rotura, em tracção e em fluência de um PVC [poli(cloreto de vinilo)] quando submetido à acção dos agentes atmosféricos da cidade de Lisboa^(b).

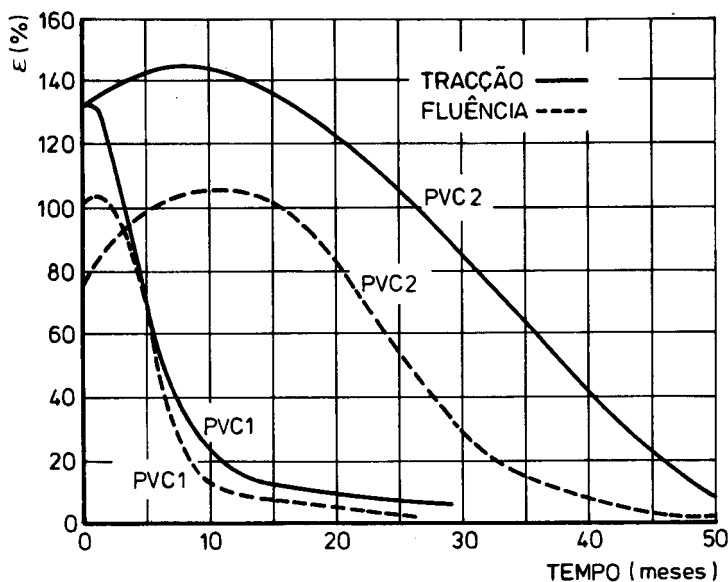


Fig. 8 — Variação da extensão na rotura com o envelhecimento⁽²⁾

A diferença entre o PVC 1 e o PVC 2 reside unicamente no facto do segundo ter uma protecção superficial contra a radiação ultravioleta que o primeiro não tem. É notória a influência dessa protecção. No entanto mesmo com ela o PVC perde características à medida que o tempo de exposição aos agentes atmosféricos aumenta.

(b) Exposição de material no terraço do LNEC: provetes virados a Sul e com uma inclinação de 45° relativamente ao plano do solo.

6 – ACÇÃO DO SOLO

Os solos contêm uma grande variedade de produtos orgânicos e inorgânicos. Podem estar presentes substâncias metálicas, ácidos, bases, água, restos de plantas e de animais, entre outros. Sabe-se que aqueles elementos são causa de degradação dos polímeros. Por outro lado, quando presente o oxigénio origina espécies oxidadas contribuindo também para a alteração dos polímeros.

Os microorganismos, presentes em especial nos solos muito ricos em matéria orgânica, podem destruir os polímeros para lhes extrair pequenos segmentos de moléculas necessárias ao seu metabolismo. Podem também consumir o plastificante existente na sua vizinhança provocando um desequilíbrio de concentrações responsável pela migração do plastificante para a zona onde o outro foi consumido. Isto ocasiona uma inevitável alteração de propriedades, nomeadamente fragilização do polímero.

No caso concreto dos geotêxteis, tanto quanto se sabe até ao momento, e com base numa experiência de cerca de 10 anos, não surgiram ainda problemas evidentes relacionados com a agressividade do solo. No entanto em laboratório têm sido encontrados resultados reveladores de problemas de vária natureza⁽¹⁾.

No quadro 2 dão-se indicações acerca da acção de alguns agentes sobre os polímeros mais utilizados em geotêxteis.

Quadro 2 — Acção de alguns agentes sobre os polímeros

Agente	Poliéster	Poliamida	Polipropileno
Microorganismos	××	××	××
Ácidos	××	×	××
Bases	×	××	××
Ultravioletas	××	×	×

× — resistência média

×× — boa resistência

Finalmente dão-se para a poliamida, o polipropileno e o poliéster algumas características mais marcantes.

Poliamida

- alta resistência à abrasão
- boa resistência química
- sensibilidade à água
- baixa combustibilidade

Polipropileno

- óptima resistência química
- bastante susceptível à fluência
- facilmente inflamável

Poliéster

- boa resistência aos solventes e ácidos
- sensível às bases de $\text{pH} > 11$
- módulo de elasticidade elevado
- pequena susceptibilidade à fluência
- pequena variação do comportamento mecânico com a temperatura ($t < 200^{\circ}\text{C}$)
- baixa combustibilidade

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) RANKILOR, P.P. (1981) — *Membranes in Ground Engineering*, J. Wiley & Sons, New York
- (2) ROCHA, ADÉLIA, P.F. (1980) — *Durabilidade de plásticos de base polícloro de vinilo*. Tese para especialista do LNEC, Lisboa, 2 vol.