

# COMPORTAMENTO MICROESTRUTURAL DE RODS PULTRUDADOS EXPOSTOS A AMBIENTES AGRESSIVOS

Fernanda Watte da Silva, Laís Vasconcelos da Silva, Sandro Campos Amico

## 1. INTRODUÇÃO

Em função das propriedades como alta resistência a tração específica, à corrosão e a fadiga, apresentadas pelos materiais compósitos, a sua utilização como *rods* pultrudados vem crescendo de forma significativa nas últimas décadas. Por serem mais leves que o aço e alumínio, os *rods* pultrudados passaram a ter preferência nas construções civil, marítima e outros.

Os mecanismos de envelhecimento e degradação desses materiais necessitam ainda ser melhor compreendidos, principalmente seu mecanismo de dano quando sob diferentes condições, susceptível a intemperismos severos como no setor *offshore* em águas profundas. Este trabalho tem como objetivo avaliar a degradação de *rods* pultrudados submetidos ao envelhecimento em ensaios acelerados, através da análise destes, antes e após os ensaios, por métodos físico, térmico e dinâmico-mecânico.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

Na Tab.1 estão apresentados os dados dos quatro tipos de *rods* pultrudados com diâmetro de 3.0 mm reforçados com fibras contínuas. *Rods* fornecidos por uma empresa nacional.

Tabela 1. Especificações dos *rods* (fabricante).

Nomenclatura	Fibra	Matriz
CE30	Carbono	Epóxi
CV30	Carbono	Éster-vinílico
VE30	Vidro	Epóxi
VV30	Vidro	Éster-vinílico

### 2.3 Envelhecimentos e Caracterização

#### 2.3.1 Hot water - ASTM D570



#### 2.3.2 Sea water - ASTM D1141



Figura 1. *Rods* submersos nas diferentes soluções de envelhecimentos.

Os *rods* compósitos pultrudados foram analisados por **microscopia ótica** (MO). As **frações volumétricas** foram determinadas por digestão ácida em fibras de carbono (ASTM D3171) e calcinação em fibras de vidro (ASTM D2584). Medições de **densidade** dos *rods* antes e após o envelhecimento foram feitas por picnometria. Estes também foram analisados por FTIR, TGA, DMA (no modo *three point bending*).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Análise Visual

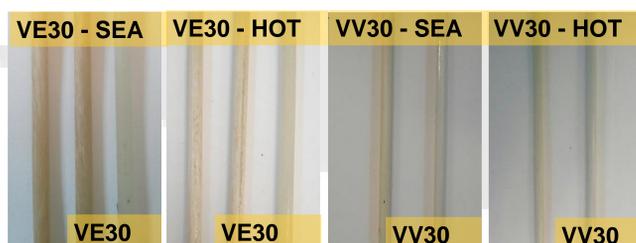


Figura 2. Aspectos de todos os *rods* como recebido e após as exposições.

### 3.2 Propriedades Físicas

Tabela 2. Medidas de fração e de densidade dos *rods* antes e após as exposições.

Amostras	V <sub>f</sub> (%)	ρ (g/cm <sup>3</sup> ) Como recebido	ρ (g/cm <sup>3</sup> ) SEA	ρ (g/cm <sup>3</sup> ) HOT
CE30	69,31 ± 0,62	1,50 ± 0,04	1,73 ± 0,02	1,82 ± 0,08
CV30	67,59 ± 0,47	1,51 ± 0,07	1,63 ± 0,04	1,75 ± 0,05
VE30	74,38 ± 0,29	1,97 ± 0,10	2,15 ± 0,02	2,18 ± 0,08
VV30	71,71 ± 0,13	1,98 ± 0,13	2,02 ± 0,07	2,10 ± 0,05

### 3.3 Análise Microestrutural (MO)

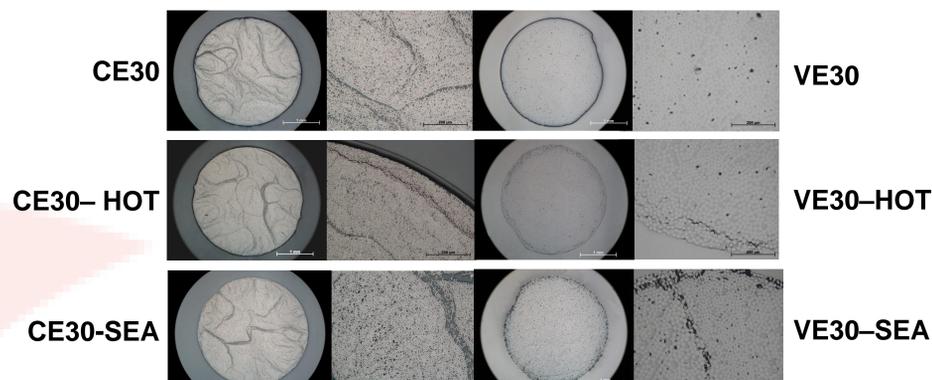


Figura 3. Micrografias dos *rods* com matriz epóxi, antes e após envelhecimentos.

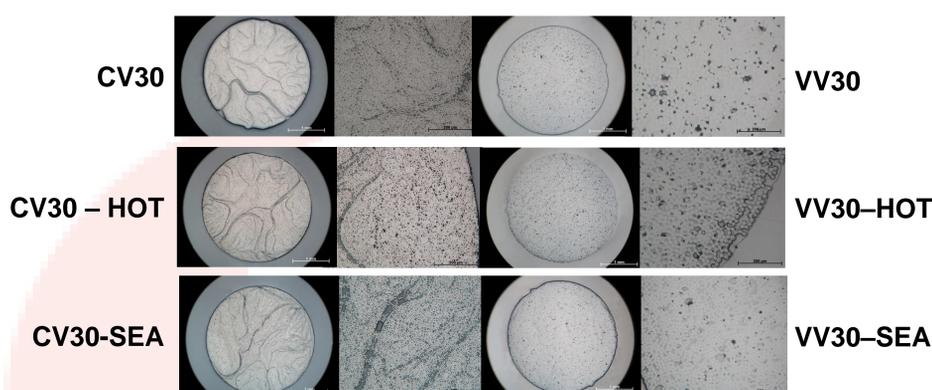


Figura 4. Micrografias dos *rods* com matriz éster vinílico antes e após as exposições.

### 3.4 Análises Térmicas: TGA e DMA

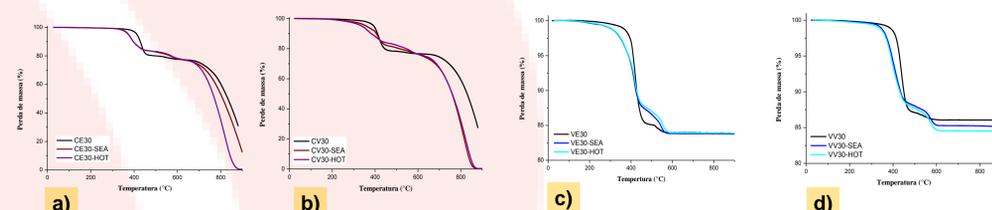


Figura 5. Termogramas de TGA dos *rods* de fibra de vidro antes e após os diferentes tipos de exposição: (a) CE30, (b) CV30, (c) VE30, e (d) VV30.

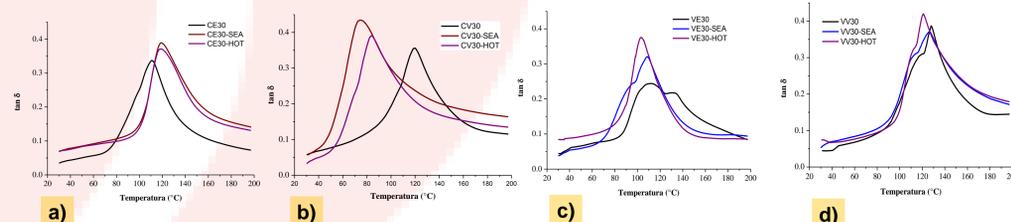


Figura 6. Termogramas de DMA dos *rods* antes e após os diferentes tipos de exposição: CE30 (a), CV30 (b), VE30 (c) e VV30 (d).

## 4. CONCLUSÃO

Foi possível comprovar por meio das medidas de densidade e análises de FTIR a presença de umidade nos compósitos pultrudados, especialmente quando submetidos ao envelhecimento *hot water*. Foi possível visualizar que houve degradação da matriz nos *rods* com fibra de vidro, pela mudança de coloração da mesma em função dos diferentes tipos de envelhecimento. A mudança de coloração mais crítica foi nos *rods* envelhecidos em água salina. Houve degradação da matriz dos *rods* após os processos de envelhecimento, uma vez que estes apresentaram diferente comportamento de degradação térmica por TGA, antes e após os ensaios, o qual variou em função do tipo de fibra. *Rods* com fibra de carbono apresentaram maior perda de massa em relação aos com fibra de vidro. *Rods* de fibra de carbono com matriz éster-vinílico apresentaram maior perda de massa ou oxidação. Com exceção do *rod* CE30, que apresentou maior  $T_g$  após os ensaios, os demais *rods* apresentaram uma diminuição do valor da  $T_g$  o que mostra que houve plastificação da matriz do *rod* pela água, especialmente no *rod* CV30 com fibra de carbono e resina éster-vinílico.