

Simulação numérica de elementos curvos feitos de materiais compósitos

Afonso Leite¹, Pedro Navarro² e João Travassos¹

¹ – Docentes

² – Encarregado de trabalhos



Aplicações dos elementos curvos

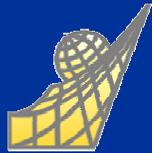


- Os elementos curvos estão presentes em todas as aplicações dos materiais compósitos de matriz polimérica:

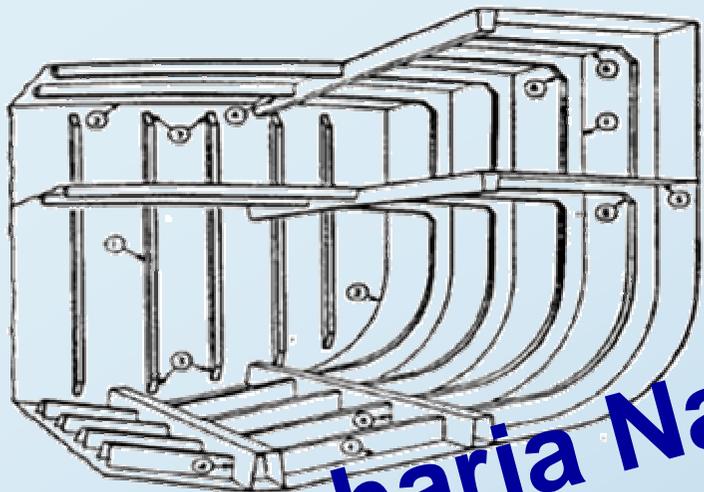


www.compositesworld.com

www.travassos.com



Aplicações dos elementos curvos



←
Reforço de casco de barco
(Wey-bo WANG, Phd Thesis 2002)

Torre Rovira em Valência
(www.reinforcedplastic.com)



Engenharia Naval

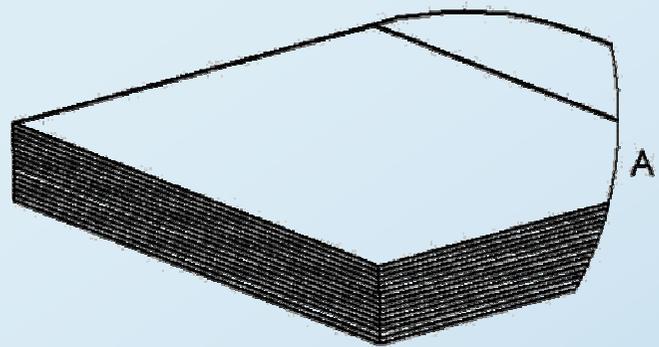
Engenharia Civil



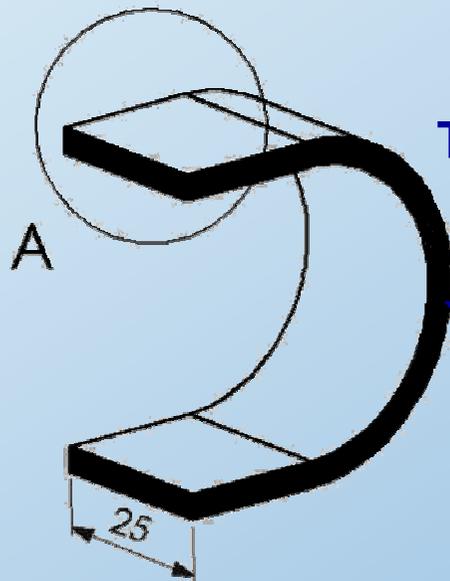
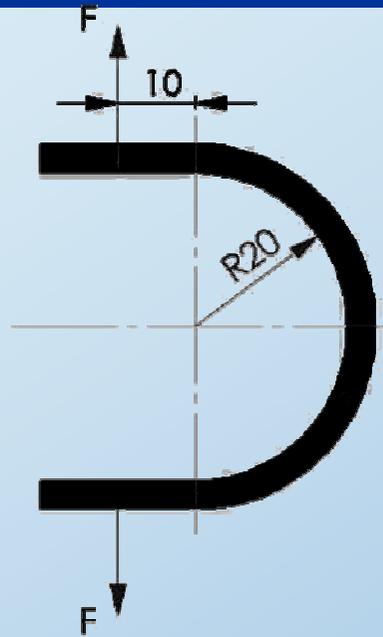
←
Perfis em compósitos
(www.tadipol.com)



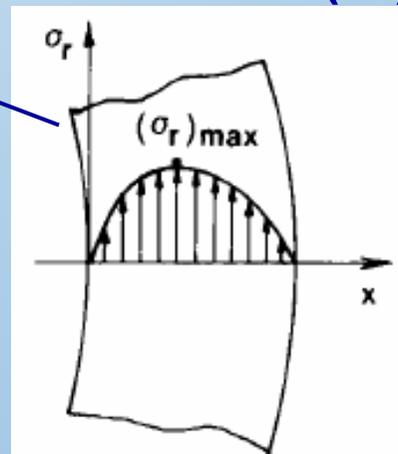
Materiais e detalhes geométricos dos elementos curvos



14 camadas



Teoria Multicamada de Ko e Jackson (89)





Materiais e detalhes geométricos dos elementos curvos



- O material utilizado para a construção dos elementos curvos foi a fibra de vidro unidireccional pré-impregnada em resina epoxídica, com a referência UE400 REM GLASS UD PREPREG da marca SEAL, com 0,27 mm de espessura, com as propriedades elásticas:

$$E_L = 45,18 \text{ GPa}$$

$$\nu_{LT} = 0,33$$

$$E_T = 11,07 \text{ GPa}$$

$$G_{LT} = 6,6 \text{ GPa}$$

- A sequência de empilhamento do elemento estudado, designada por “ALV1” é a seguinte:

$$[45, 0, 45, (0)_2, 45, 0]_s$$

- Tendo uma espessura total de 3,8 mm (14 camadas)



Materiais e detalhes geométricos dos elementos curvos



- As propriedades do laminado, são calculadas através da **teoria das placas laminadas** e são respectivamente para as orientações da fibra de 0° e 45° :

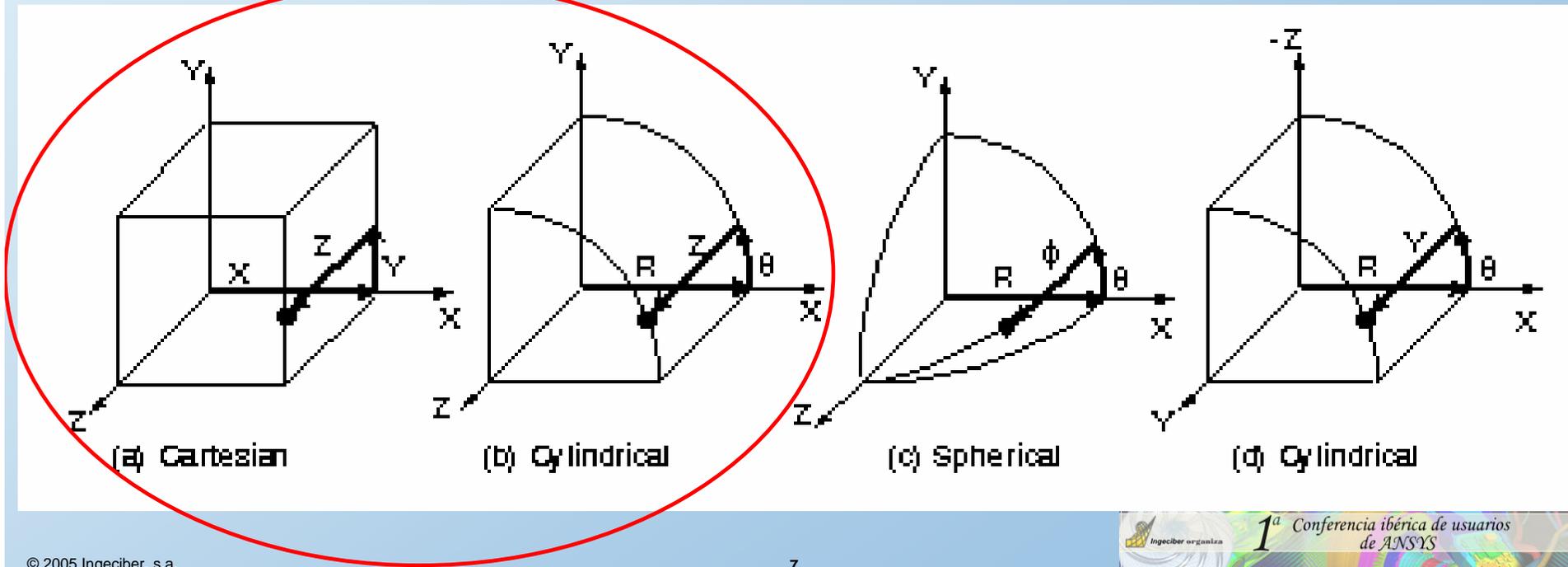
	0°	45°
E_θ [GPa]	45,18	16,13
E_r [GPa]	11,07	11,07
$G_{r\theta}$ [GPa]	6,66	6,66
$\nu_{r\theta}$	0,081	0,21



Simulação numérica Modelação



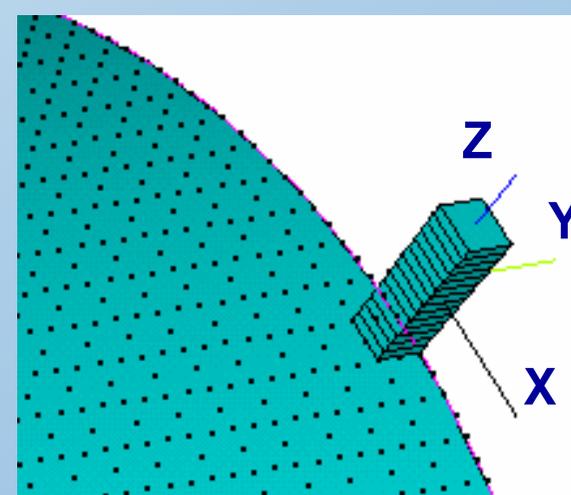
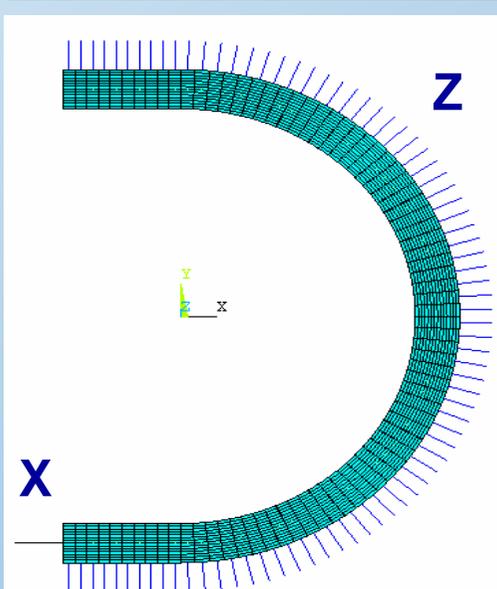
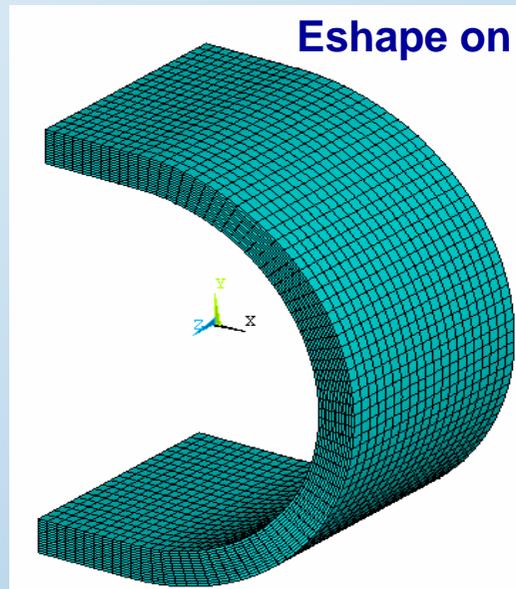
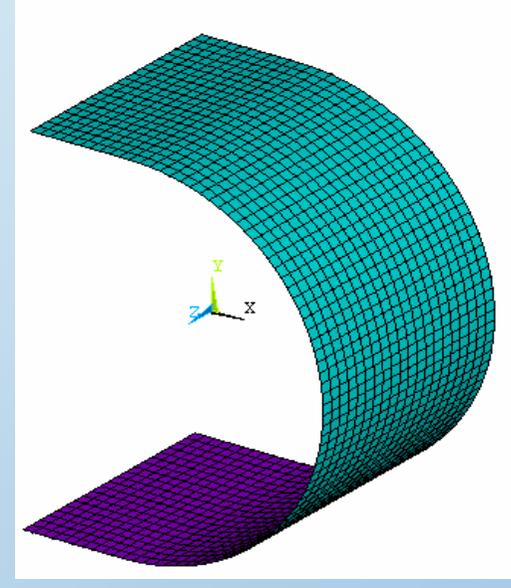
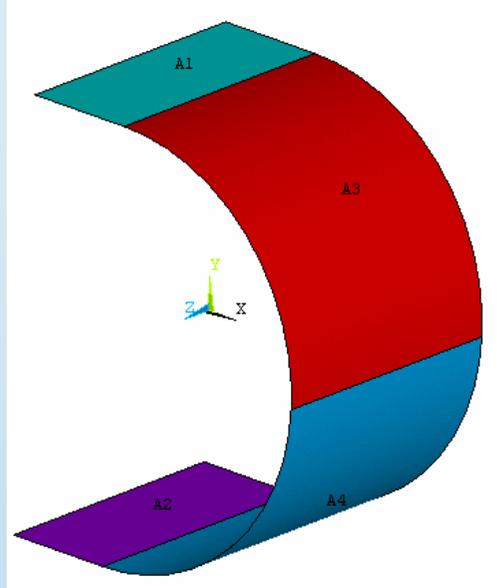
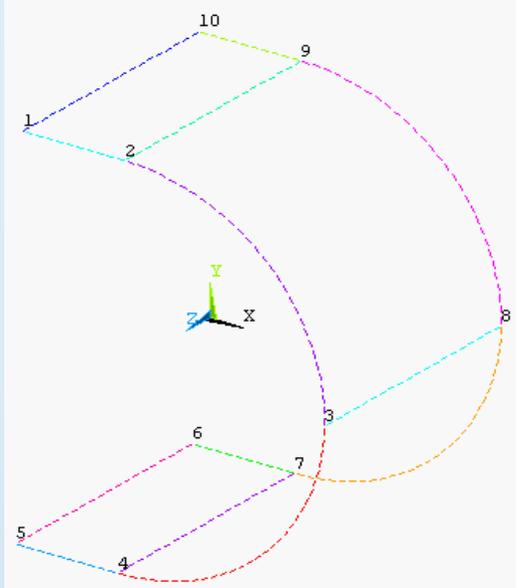
- Foram feitos vários modelos de elementos finitos no programa ANSYS:
 - Casca multicamada “Shell 99” e “Shell 181”;
 - Sólidos multicamada “Solid 46”;
 - Elementos planos “Plane82”.
- Na modelação de linhas e áreas e na construção da malha usaram-se os sistemas de coordenadas cartesianas (partes planas) e cilíndrico (partes curvas).





Simulação numérica

Modelação e malha - Shell99 e 181



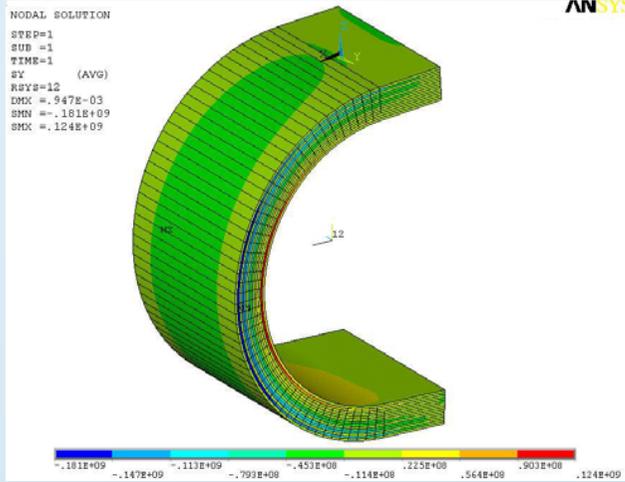


Simulação numérica

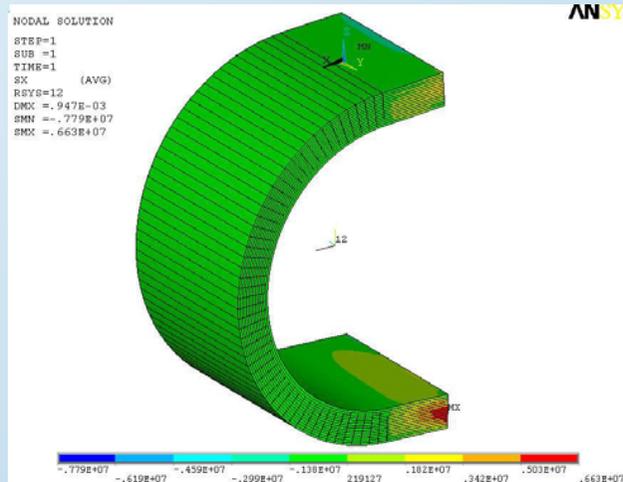
Resultados Shell99; carga de 300 N



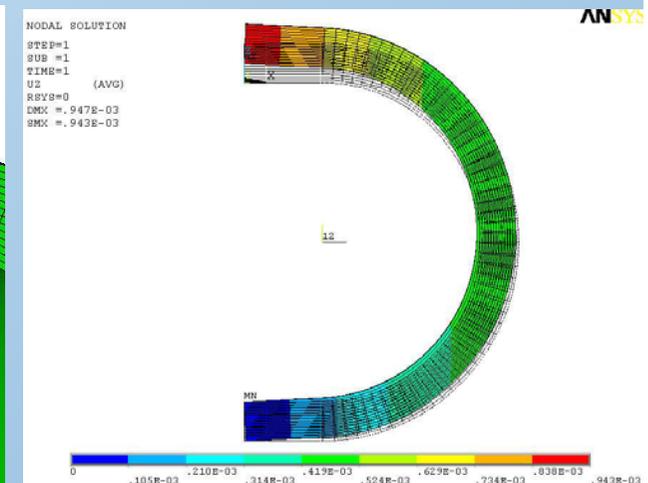
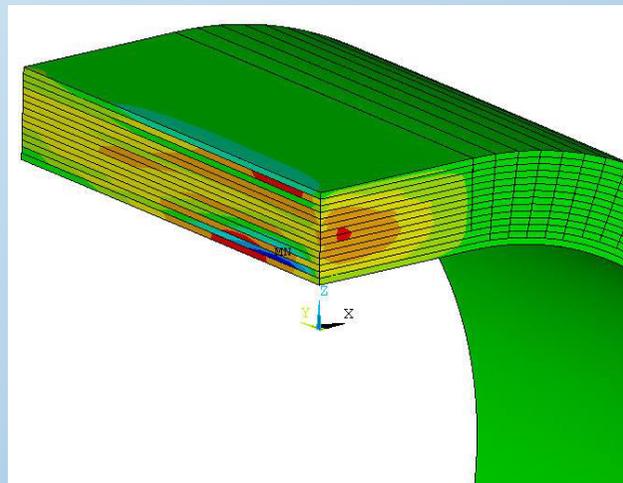
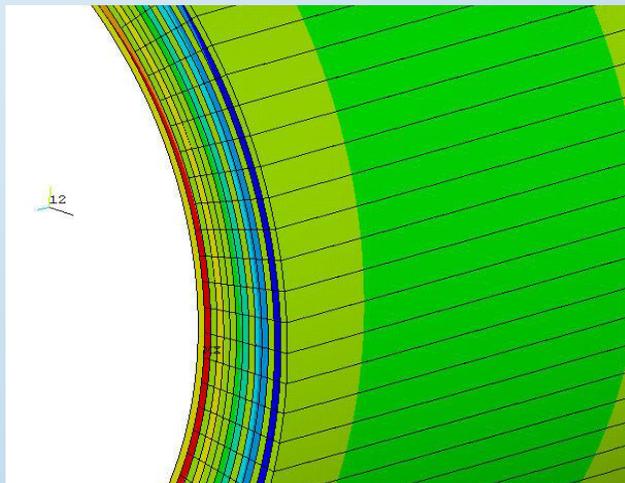
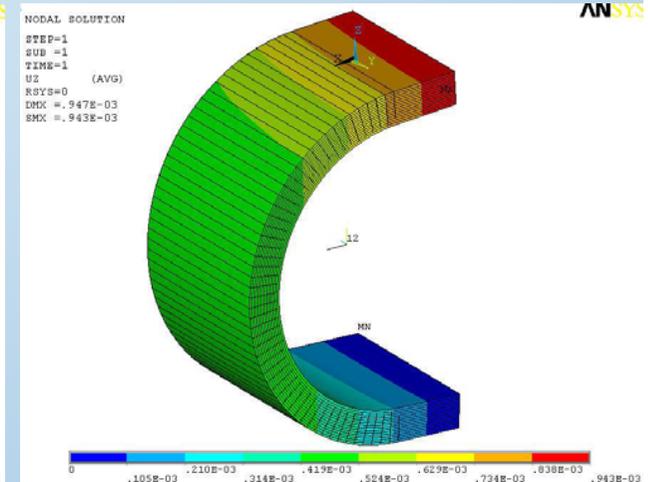
Tensões tangenciais médias



Tensões radiais médias



Deslocamento vertical

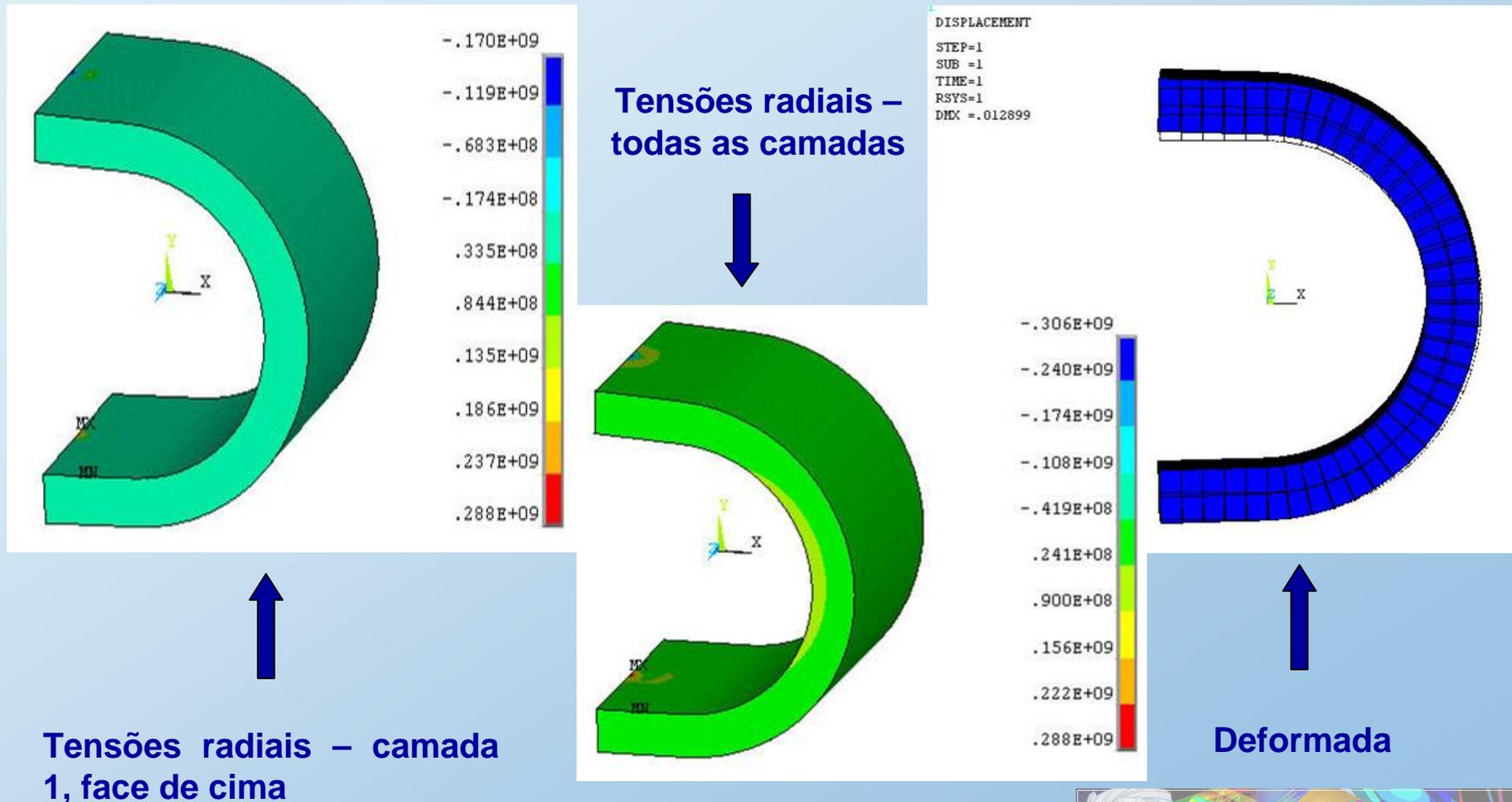




Simulação numérica Resultados com Solid46



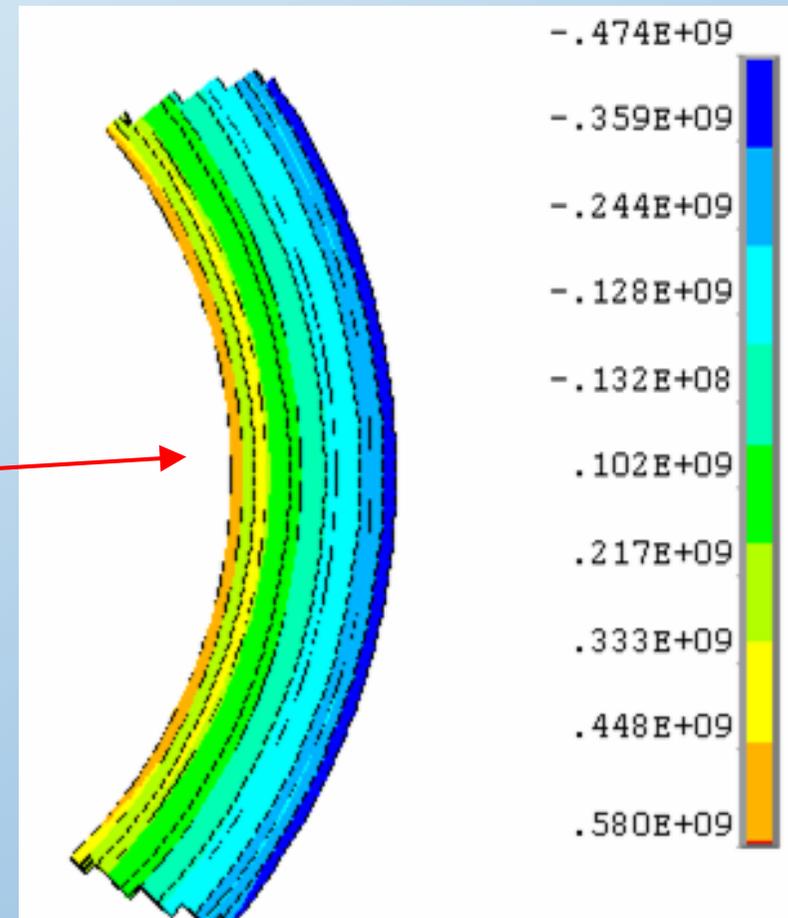
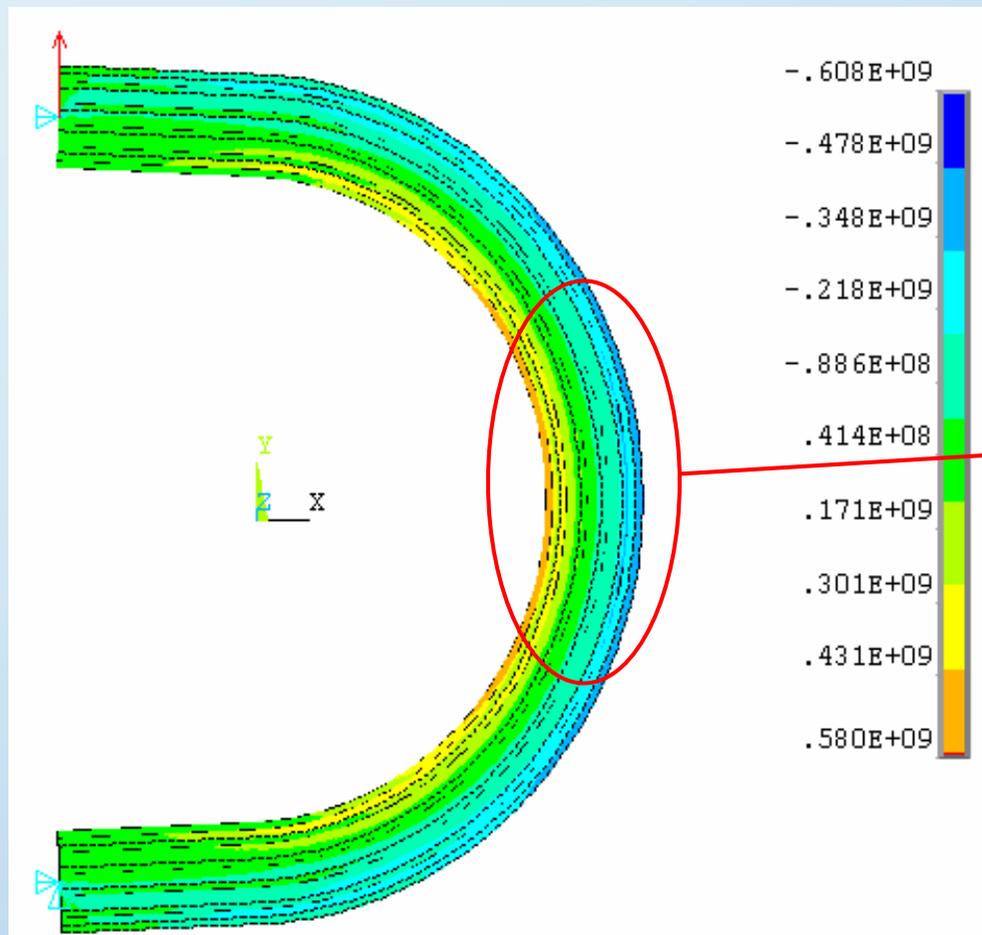
- Modelou-se com dois elementos ao longo da espessura, com 7 camadas cada um.





Tensões tangenciais

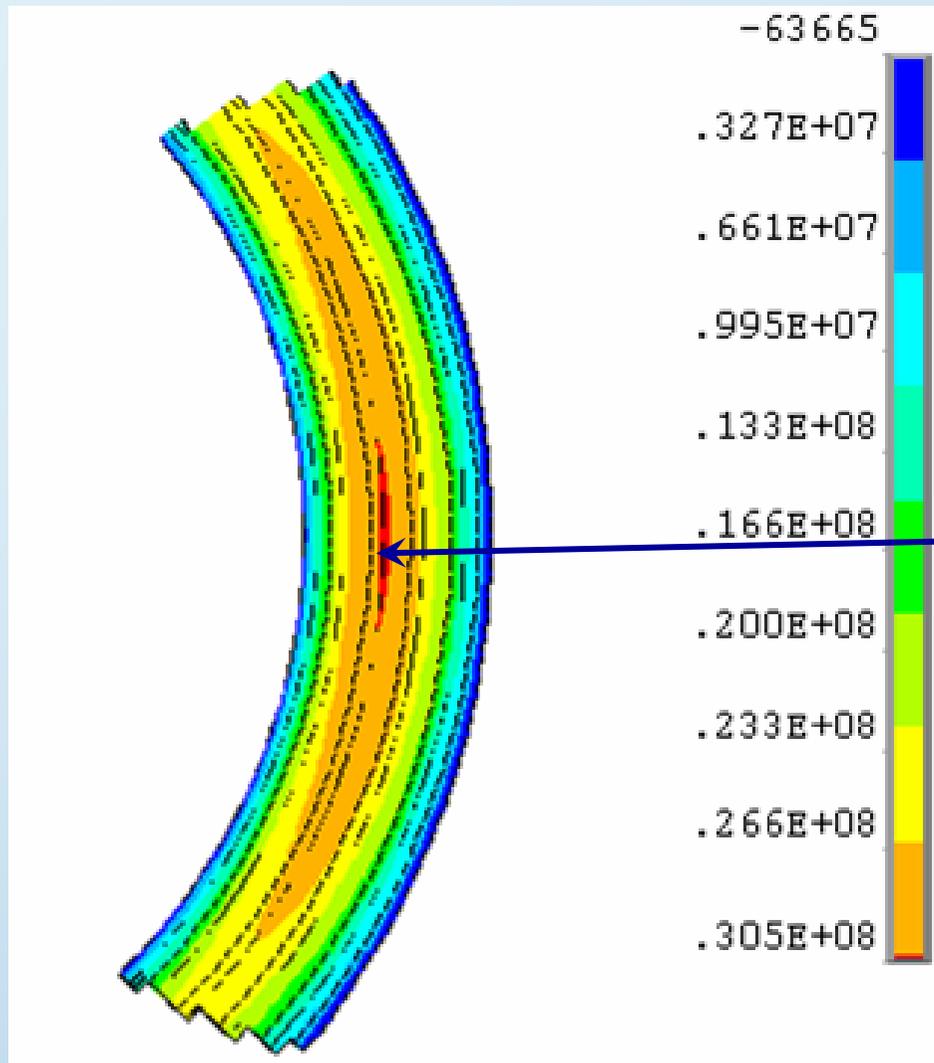
Cada camada é modelada com elementos planos com propriedades ortotrópicas





Simulação numérica

Resultados com Plane82



**Tensão radial
máxima
A meio da
espessura**

Tensões radiais



Conclusões dos estudos no Ansys



- Apenas o modelo numérico com elementos planos Plane82 apresentou, por enquanto, resultados coerentes com a bibliografia (tensão radial máxima a meio da espessura);
- Os modelos usando os elementos Shell99 e Shell 181 deram resultados aceitáveis para as tensões tangenciais; para as radiais apenas no início da curvatura, necessitando de mais desenvolvimento;
- O modelo com elementos Solid46 precisa de continuar a ser desenvolvido e também se pode estudar o Solid191 – 3D 20 Node Layered structural Solid e comparar resultados entre os dois.



Fabrico dos elementos curvos



Obtenção do molde da viga curva, com resina maquinável Biresin VP HTR

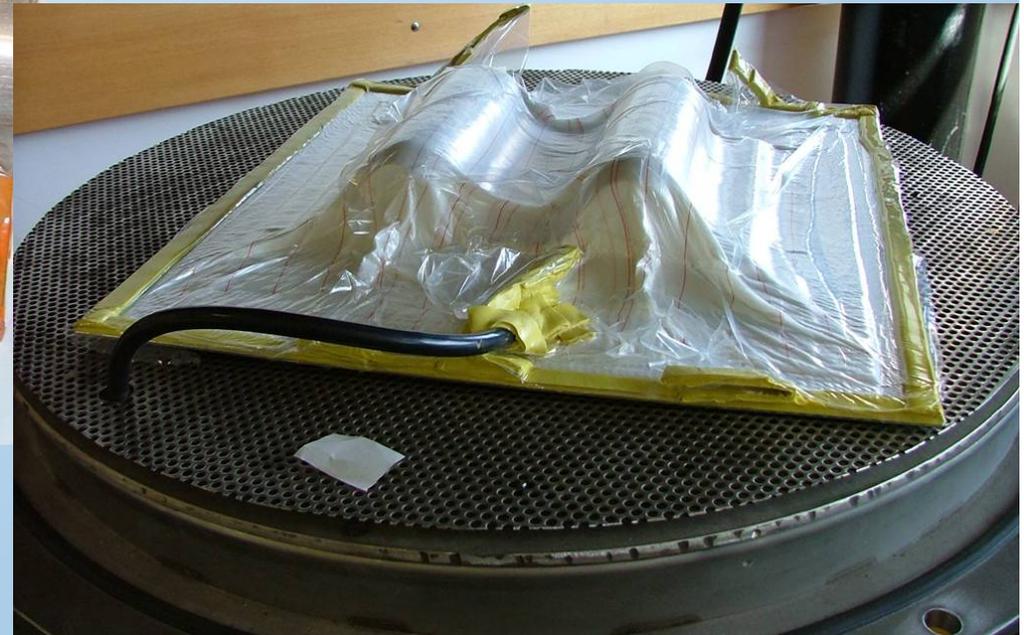
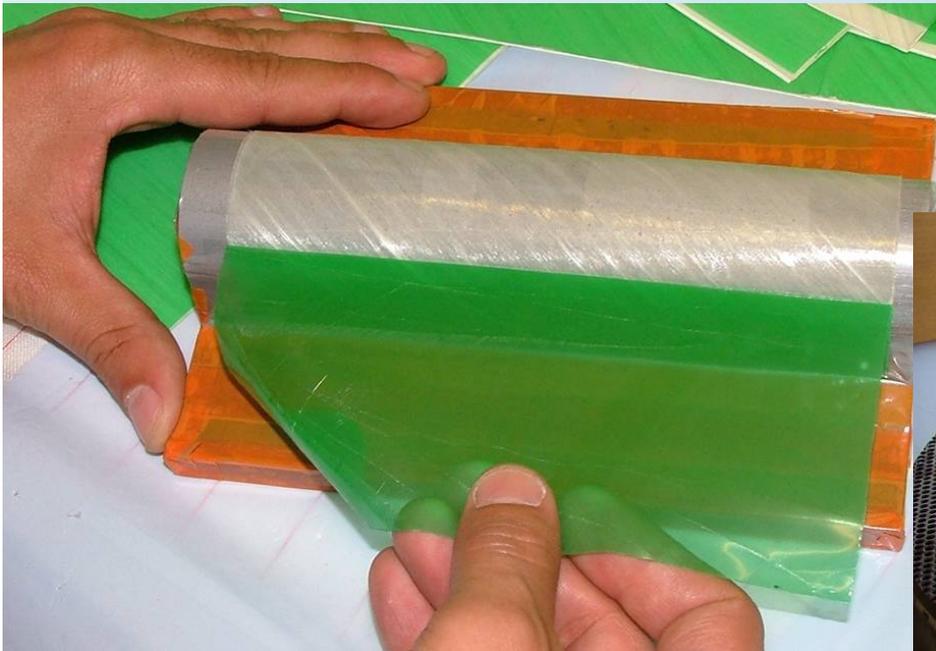




Fabrico dos elementos curvos



- Empilhamento das camadas e colocação no saco de vácuo para efectuar a cura no autoclave.

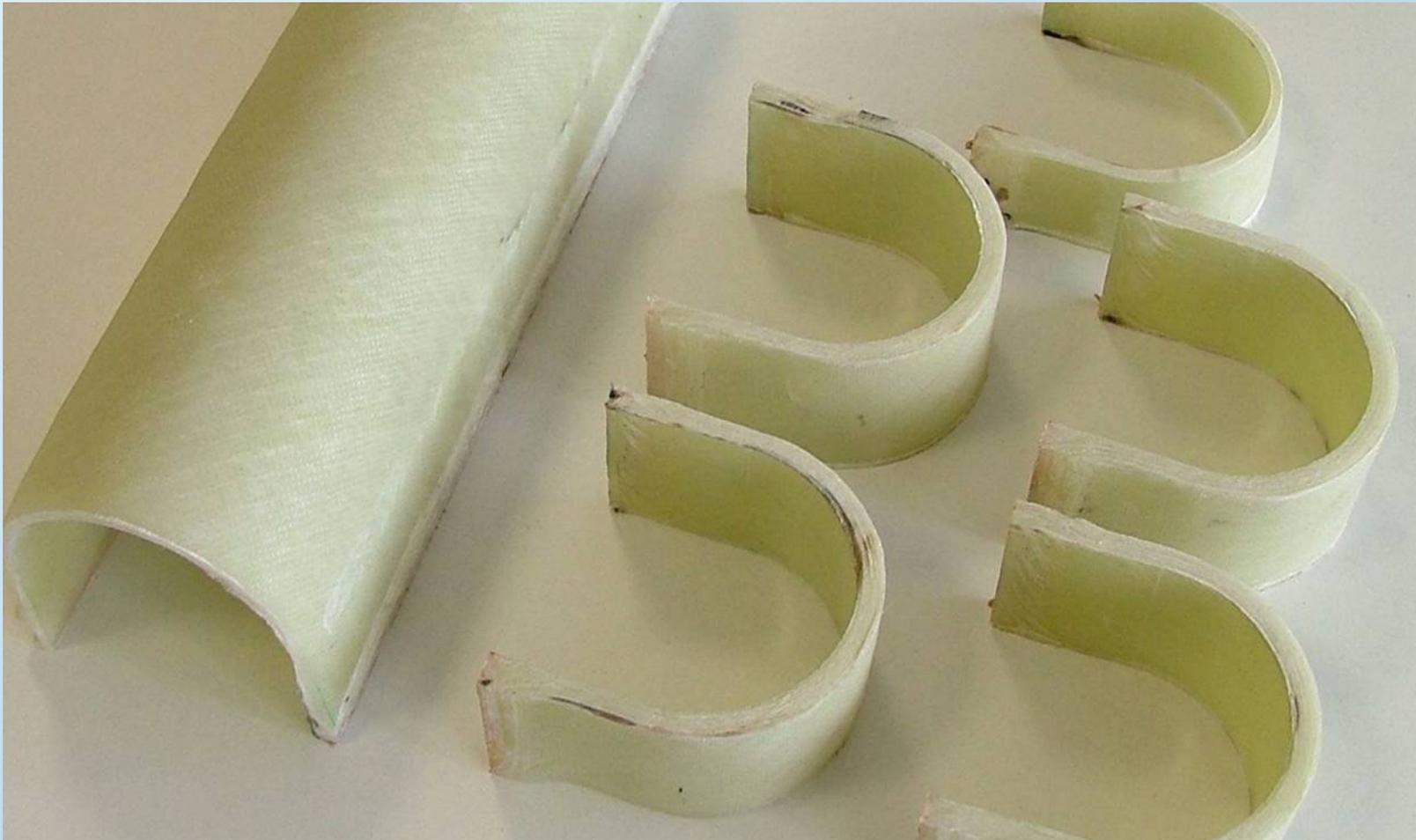




Fabrico dos elementos curvos



- Corte dos elementos curvos

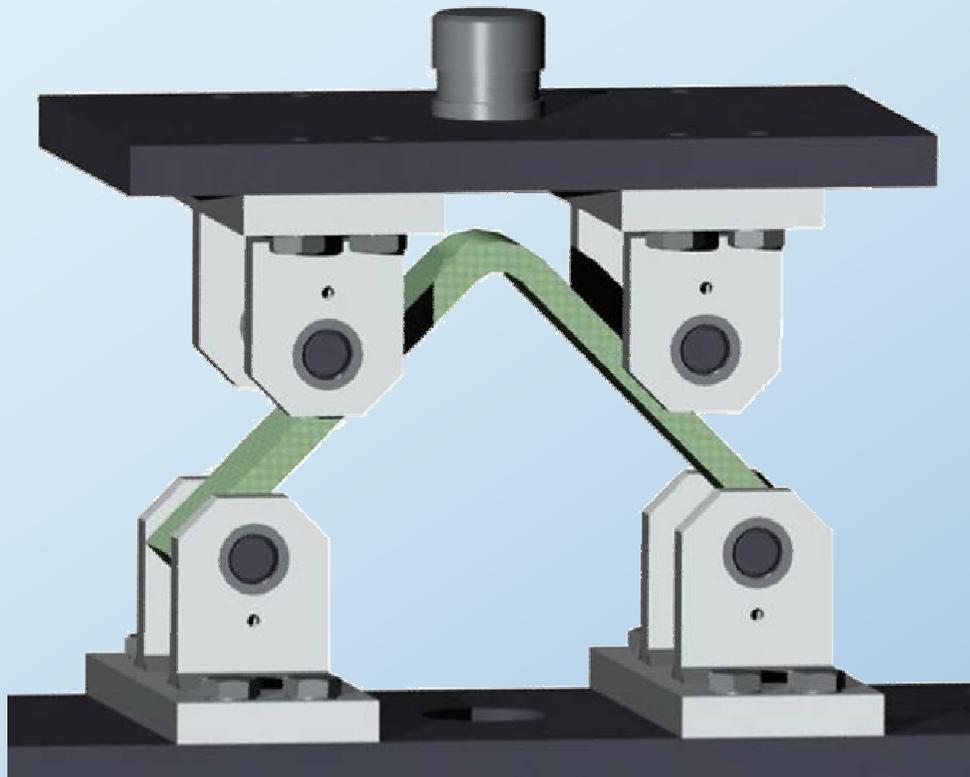




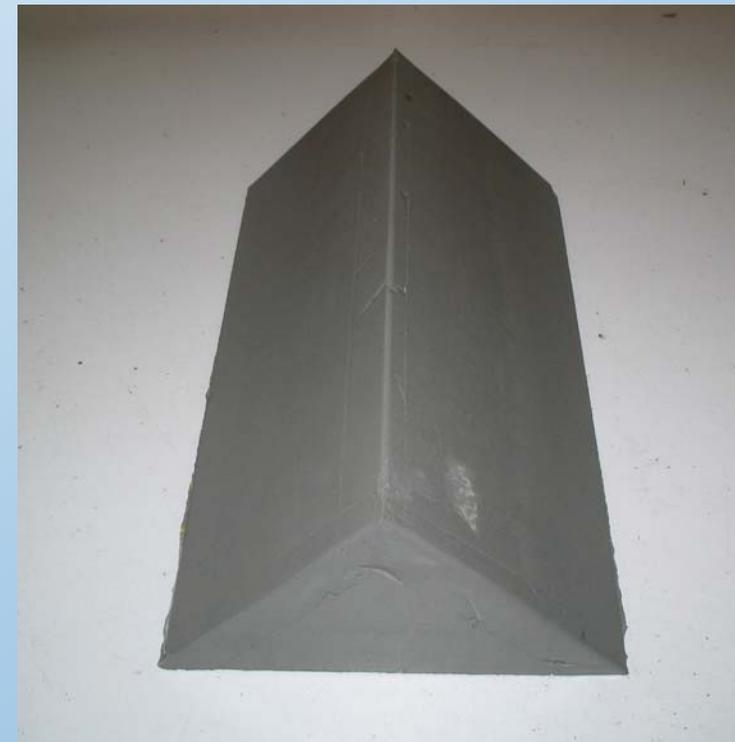
Trabalhos de investigação futuros



- Fabricar e testar viga curva em cantoneira com base na ASTM D 6415 – 99 – “Standard Test Method for Measuring the Curved Beam Strength of a Fiber-Reinforced Polymer-Matrix Composite”



Novo molde



Fazer modelo desta cantoneira no Ansys