

## Efeitos da adesão fibra-matriz no comportamento á flambagem de uma placa laminada com rigidez variável

João Victor Barreto Netto<sup>1\*</sup>, Volnei Tita<sup>1,2</sup>, Marcelo L. Ribeiro

Joao\_victor196@usp.br, voltita@sc.usp.br, malribei@usp.br.

<sup>1</sup>Departament of Aeronautical Engineering, São Carlos School of Engineering,  
 University of São Paulo, São Carlos, Brazil

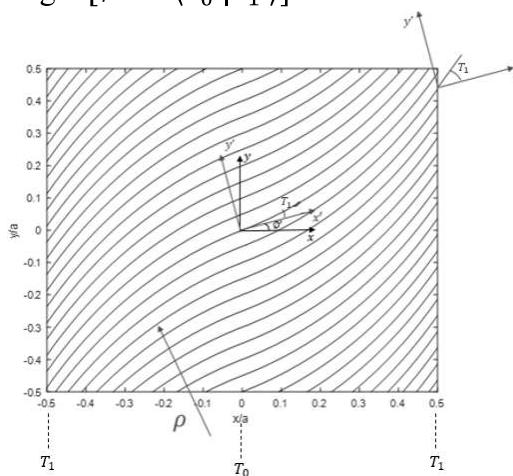
<sup>2</sup>Departament of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering of the University of  
 Porto, Porto, Portugal

Diferente dos materiais compósitos convencionais, materiais compósitos com orientação variável, variam sua rigidez ao longo da lâmina. Esse já se mostrou eficiente para o aumento de desempenho comparado a compósitos com rigidez constante para flambagem [1].

Devido as dificuldades de modelar laminados compósitos com rigidez variável analiticamente, modela-se os utilizando o método dos elementos finitos (MEF). Uma interessante análise para variação da orientação de compósitos com rigidez variável, é a interpolação linear [2]. Essa variação, equação (1), apresenta raio de curvatura  $\rho$ , aproximadamente constante, permitindo que as fibras aproximadamente paralelas ao longo da lâmina. Na figura 1, observa-se a trajetória das fibras ao longo de uma lâmina e a representação de seu raio de curvatura.

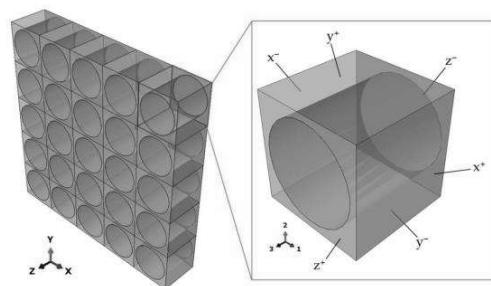
$$\theta(x') = \phi' + \frac{2(T_1 - T_0)}{a} |x'| + \theta_0 \quad (1)$$

Onde os parâmetros  $\phi'$ ,  $T_0$  e  $T_1$  representam respectivamente o ângulo de referência do laminado, o ângulo na borda da esquerda da placa e o ângulo no centro da placa caracterizados pela simbologia [ $\phi' + \langle T_0 | T_1 \rangle$ ].



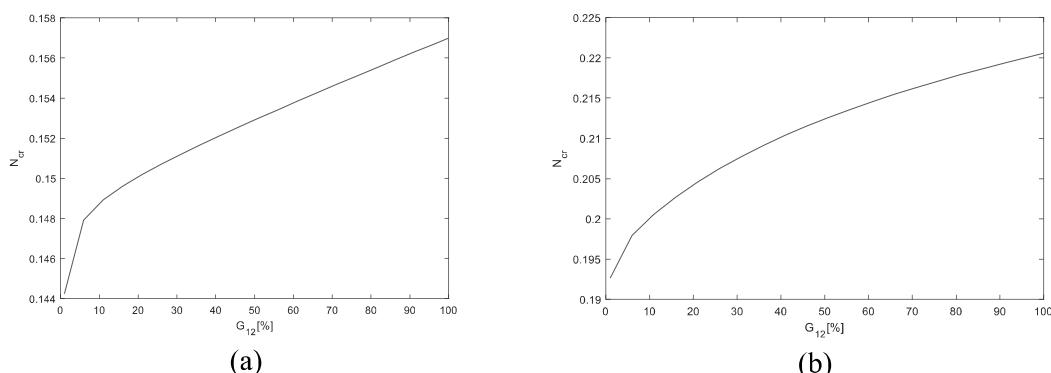
**Figura 1** - Lâmina com rigidez variável [30 +  $\langle 15 | 30 \rangle$ ].

Em um trabalho anterior realizado em [3] os autores analisaram a influência da adesão fibra matriz em um micro modelo considerando fibra e matriz (figura 2). Através de ensaios, foi possível observar a variação do modulo de cisalhamento  $G_{12}$  em função do carregamento aplicado, o que causou não linearidades no material, os resultados foram validados com simulações utilizando MEF.



**Figura 2 - RVE do modelo micromecânica [3]**

Nesse trabalho foi analisado a influência da carga crítica de flambagem em um macromodelo, com 100% de  $G_{12}$  com adesão entre fibra-matriz perfeita até 1% de  $G_{12}$ , representando, 99% de degradação. A variação da carga crítica em função da degradação é mostrado na figura 3.



**Figura 3 - Variação da carga crítica de flambagem em função da adesão na interface fibra-matriz: (a) [0 + <0 | 50 >] ; (b) [90 + <0 | 75 >]**

## REFERÊNCIAS

1. J. V. B. Netto, V. Tita, M. L. Ribeiro, Buckling optimization of variable-axial composite laminates with non-linear geometry, 6th Brazilian Conference on Composite Materials (2022) 131 - 136.
2. Z. Gurdal, R. Olmedo, In-plane response of laminates with spatially varying fiber orientations-variable stiffness concept, AIAA journal 31.4 (1993): 751-758.
3. J. H. S. Almeida, M. M. A. D. Maciel, V. Tita, COB-2019-0623, Effect of imperfect fiber/matrix interphase: a micromechanical model for predicting longitudinal and shear failure in composite materials, (2019).