

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21 - 25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE COMPÓSITOS APLICADOS EM COMPONENTES EXTERNOS DE AUTOMÓVEIS

César Tadeu Nasser Medeiros Branco, cesartadeub@hotmail.com¹

Geisiane Freitas Miranda, geisiane.f.v.miranda@gmail.com¹

Luciano Monteiro Almeida, lm_almeida@yahoo.com.br¹

Mauro José Guerreiro Veloso, mjgveloso@uol.com.br¹

Roberto Tetsuo Fujiyama, fujiyama@ufpa.br¹

¹Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa, Guamá-PA

Resumo: Atualmente, uma grande variedade de materiais metálicos vem sendo substituídos por materiais alternativos que apresentam propriedades mecânicas semelhantes, além de serem mais leves, como é o caso dos materiais compósitos. Na década de setenta, o uso de compósitos foi intensificado na indústria automobilística sendo utilizados amplamente em carros de Fórmula 1. Esta é a indústria que mais revela interesse em novos materiais, pois muitos países europeus decidiram que os veículos automotores, deveriam ser parcialmente biodegradáveis, decompostos ou recicláveis, como é o caso dos compósitos com reforço de fibras naturais. Alguns carros já utilizam fibras naturais em seu interior e na parte externa usam fibras sintéticas, principalmente as fibras de vidro. O grupo de pesquisa em materiais compósitos da UFPA tem uma linha de pesquisa que envolve a simulação do comportamento dos compósitos poliméricos reforçados por fibras naturais. Como etapa desta linha de pesquisa o domínio da simulação de materiais compósitos, com reforço de fibras sintéticas, se torna importante para depois extrapolar os modelos para reforço com fibras naturais. Neste artigo são apresentados resultados preliminares de um modelo computacional para material compósito de matriz polimérica de polipropileno e reforço de fibras de vidro tipo E e R, onde foi considerado inicialmente para simplificação, que o compósito é homogêneo. O objetivo do trabalho é verificar a aplicação das diferentes fibras de vidro, por meio das tensões equivalentes e do fator de segurança baseado na tensão de ruptura do compósito. Para isso, são aplicados baixos valores de força no paracheque do carro. Essa força perpendicular ao paracheque e às fibras contribui para a fratura do material. Assim foi determinado os valores de tensão de flexão do paracheque, considerado como uma viga bi-apoiada, para determinar a força aplicada no elemento de volume representativo durante a simulação computacional. Os resultados mostraram que a fibra de vidro-R apresentou maior resistência à fratura, confirmando a boa aplicação dele na indústria, porém a fibra de vidro-E apresentou bons resultados, além de ser uma fibra mais acessível que a fibra de vidro-R.

Palavras-chave: propriedades elásticas, polipropileno, fibra de vidro, materiais compósitos, modelagem numérica.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia dos materiais tem avançado e ido em direção ao alcance de propriedades adequadas em aplicações em que são destinadas. Entre estes materiais tem-se os materiais compósitos, que são novos materiais originados pela combinação de dois ou mais materiais originando um novo produto com propriedades superiores de seus combinados e adequados para determinadas aplicações.

A indústria de esporte, marinha, bélica, aeroespacial e automobilística tem cada vez mais pesquisado a proposta de substituição de matérias convencionais (geralmente os metais) por materiais compósitos associados, principalmente, a propriedades específicas que ele apresenta.

Os materiais compósitos avançados (de alta resistência mecânica) vem sendo usados com frequência nos setores industriais e normalmente obtidos pela combinação de fibras sintéticas, como: vidro, carbono e aramida (Gay, Hoa e Tsai, 2003) e polímeros em sua maioria obtidos a partir de derivados de petróleo (poliéster, epóxi entre outros). Eles também apresentam a esperança de uso em recurso renováveis, de baixo custo, e que no momento de descarte a possibilidade de agressão ao meio ambiente é menor.

Deste modo as pesquisas envolvendo caracterização de materiais compósitos diversos continuarão avançando na busca de novos materiais que possam ter melhores adequações quanto às suas aplicações.

Teorias para a previsão de propriedades mecânicas de materiais compósitos são apresentadas na literatura como forma de melhor caracterizar estes materiais. Modelos como a regra das misturas, proposto por Gibson (1994), são usados como metodologia de aproximação das propriedades dos materiais compósitos. Os recursos computacionais hoje disponíveis colocam à disposição ferramentas que podem ser amplamente usados para a simulação de modelos com boa aproximação aos protótipos reais. Neste artigo serão apresentados resultados preliminares de um modelo computacional usado para avaliar o comportamento de dois materiais compósitos, ambos de matriz de polipropileno, e com reforço de fibras de vidro do tipo E e R.

1.1. Materiais compósitos

Os materiais compósitos são constituídos de duas ou mais fases e quando combinados podem apresentar propriedades tais como rigidez, resistência mecânica, peso, desempenho em altas temperaturas, resistência a corrosão, dureza e condutividade adequadas para determinadas aplicações (Jones, 1998).

Os materiais compósitos com reforço de fibras de vidro são amplamente usados e pesquisados. Fujiyama (2004), pesquisou diferentes materiais compósitos com fibras de vidro tipo E, tendo pesquisado compósito com fibras contínuas e alinhadas em matriz poliuretano. Na Fig. 1 tem-se ilustrado uma micrografia do material compósito pesquisado por Fujiyama (2004).

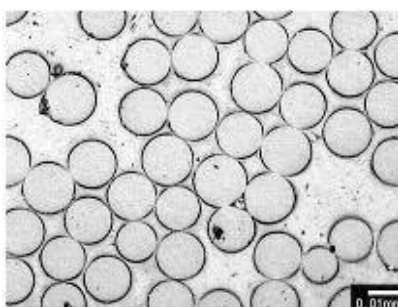


Figura 1. Micrografia do material compósito de matriz de poliuretano e reforço de fibras de vidro tipo E.

Os Materiais compósitos formados por fibras sintéticas são utilizados em diversas aplicações da indústria automotiva, por conterem características mecânicas essenciais para a construção de um carro, tais como: resistência às temperaturas elevadas, à fadiga, rigidez, entre outras. Como se sabe, o uso desses novos materiais ganhou força ao longo do tempo, depois de investimentos maciços em pesquisas científicas frente à necessidade de materiais mais leves, menos poluentes e a intensa busca pelo concílio entre comodidade e potência. Sabe-se também, que os metais constituem a maior parte dos materiais existentes num automóvel, porém, é crescente o uso de componentes não metálicos em projetos automotivos, no mínimo em situações semiestruturais. Nos carros, o plástico substituiu progressivamente o metal na parte interna, nos painéis, molduras e puxadores de porta, entre outros acabamentos. Em seguida houve seu incremento na parte externa, principalmente no para-choque que pode ser todo constituído desses novos materiais. Trata-se de um plástico de alta tecnologia, denominado *Noryl*, com o lançamento da minivan Renault Scénic que além de polímeros contém resina de alta resistência e fibra de vidro na composição.

É certo que cada vez mais, as necessidades específicas da indústria automotiva, e de várias outras, permitem que novos materiais sejam criados com o intuito de atender essas demandas. Diversos tipos de materiais, com suas respectivas composições e arranjos de fibra e matriz, estão disponíveis para uma mesma finalidade, dentre eles destacam-se aqueles que conciliam custo relativamente baixo e propriedades interessantes para a sua devida aplicação. As fibras de vidro do tipo E, as quais são obtidas através da mistura de óxidos de Boro, Silício, Carbono e Magnésio, são utilizadas com frequência em reforços de compósitos termoplásticos por apresentarem baixo custo, em relação às fibras de carbono e aramida. Além de proporcionarem resistência ao impacto e rigidez aos materiais que elas servem de reforço. Já a fibra do tipo S (S-glass, que vêm do inglês *strenght*), também conhecida como fibra tipo R, formada a partir de SiO_2 , Al_2O_3 e MgO se comparada com a do Tipo E apresenta boa resistência, além de significativo desempenho em meio a temperaturas elevadas.

1.2. Matriz de polipropileno

As matrizes poliméricas são usadas em diversas aplicações em materiais compósitos pois apresentam propriedades diversas como resistência mecânica, resistência química e também propriedades físicas.

As matrizes podem ser do tipo termoplásticos (recicláveis) e termorrígidos (não recicláveis). Nesta pesquisa será usado o polímero termoplástico polipropileno. O polipropileno, também conhecido pelas iniciais PP, é um polímero derivado do propeno ou propileno (Resins Report, 1996). A forma molecular do polipropileno é $(\text{C}_3\text{H}_6)_x$ (Thayer, 1995). Entre as propriedades do polipropileno tem-se baixo custo; elevada resistência química e a solventes; fácil moldagem; fácil coloração; alta resistência à fratura por flexão ou fadiga; boa resistência ao impacto acima de 15 °C; boa estabilidade

térmica; boa resistência aos raios UV, nas cores cinza (PPZ) e mais sensível aos raios UV na cor Branca (PPN) (Ainsworth, 1995).

O uso de polipropileno como matriz em materiais compósitos, vem sendo pesquisado envolvendo diversas proporções de reforços particulados de fibra de vidro, onde foram efetuados estudos teóricos e experimentais das propriedades dos materiais compósitos. Foi registrado um aumento na resistência a tração com a adição de fibras de vidro na matriz de polipropileno (Freire *et al*, 1994).

Por conseguinte, há uma crescente tendência no uso exclusivo do polímero termoplástico polipropileno PP (C₃H₆)_n, no interior dos automóveis e na produção de autopeças (parachoques, pedais, lanternas, ventoinhas, ventiladores e peças diversas), devido apresentar características tão interessantes ao contexto de matrizes no âmbito de materiais compósitos: baixo custo, fácil moldagem, resistência química à solventes, resistência à fraturas, fadigas, impacto e estabilidade térmica. O polipropileno é bastante utilizado na indústria automotiva por conciliar facilidade de produção, uma natureza semicristalina e inércia química, além de sua manipulação em meios ácidos. O uso de polipropileno com fibra de vidro é ainda objeto de muita investigação científica e tecnológica, em função do grande atrativo deste compósito para aplicações de engenharia cada vez mais exigentes, como requerida na indústria automobilística, na qual os requisitos da relação custo/desempenho mecânico devem ser otimizados. Portanto a grande maioria dos desenvolvimentos está concentrada na melhoria das características materiais compósitos, isto é, das propriedades da matriz polimérica, do reforço fibroso e da interface polímero-reforço.

1.3. Fibras de vidro

Os reforços usados em materiais compósitos podem ser do tipo metálicos, cerâmicos e poliméricos, e podem ser na forma de partículas, fibras contínuas ou descontínuas e tecidos e a escolha é feita em função do tipo de aplicação.

As fibras de vidro apresentam propriedades como a resistência à corrosão, densidade, resistência ao calor e ao fogo, resistência à oxidação e resistência a soluções químicas são características que exercem grande influência na escolha das fibras de vidro para a fabricação dos materiais compósitos. Estas fibras também apresentam grande resistência a solventes, óleos e combustíveis. Outras propriedades como baixa densidade e baixo coeficiente de expansão e de condutividade térmica garantem aos materiais compósitos feitos com essas fibras maior estabilidade dimensional e baixa densidade (Gibson, 1994).

2. METODOLOGIA

Nesta seção, serão discutidas as etapas que nos conduzirão para a determinação da força aplicada no modelo do elemento de volume representativo do material compósito. Será discutido as dimensões do paracheque, as aproximações do paracheque para uma viga bi-apoiada bem como a determinação dos parâmetros necessário para se aplicar a força e por fim, será mostrada as considerações de simulação no ANSYS® para as fibras quanto para a matriz.

A Figura 2 ilustra um modelo em dimensões reais do paracheque de um carro. Vale ressaltar que a região em análise é a parte frontal livre de curvaturas e dobras provenientes do formato do paracheque.



Figura 2. Modelo do paracheque em análise.

2.1. Dimensões do paracheque e das fibras

O paracheque considerado no presente trabalho, apresenta dimensões reais de um carro popular, porém, o objeto de estudo como um todo será considerado apenas uma chapa de 1300x400mm com 3mm de espessura, para a aplicação da força em toda a sua área. A Fig. 3 mostra as dimensões da vista de frente do paracheque.

O detalhe presente na ilustração, representa a orientação das fibras na placa, de modo com que as mesmas recebem a força no sentido perpendicular à orientação das fibras. As fibras de vidro utilizadas no trabalho, apresentam diâmetro de diâmetro de 50µm (0,05mm) conforme ilustrado na Fig. 3 (Pal e Haseebuddin, 2012).

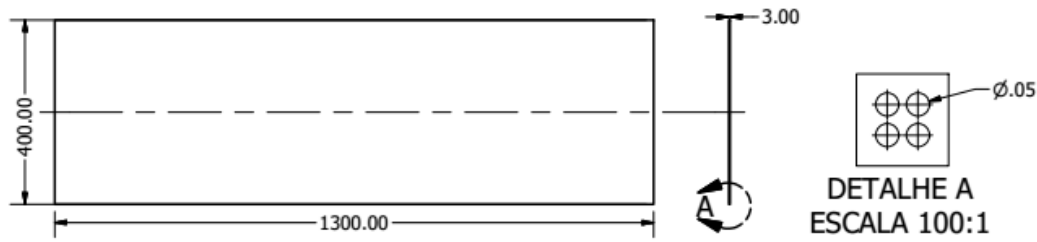


Figura 3. Parte frontal do paracheque, vista do perfil e detalhe das fibras.

Vale ressaltar que a força será aplicada perpendicular à direção ao plano. Como as fibras são longas e alinhadas ao longo de toda a camada interna do paracheque, estas recebem a parte dessa força no sentido perpendicular.

2.2. Carregamento aplicado no paracheque

O carregamento (W) aplicado ao paracheque é determinado pela Eq. (1) e representa a razão da força aplicada pontualmente (F) pelo comprimento total do paracheque (L). Esse carregamento, que auxiliará para cálculos de entrada na simulação, deve compreender entre valores em que o material compósito não saia da região elástica do gráfico tensão/deformação.

$$W = \frac{F}{L} \quad (1)$$

2.3. Aproximações e cálculo das tensões de flexão

Depois de ter encontrados valores baixos de força, agora considera-se que o paracheque seja uma viga bi-apoiada, de comprimento 1300mm e altura 3mm. Na Fig. 4a o comprimento está declarado como incógnita L e o carregamento distribuído sob a superfície é W . Conforme a Fig. 4b, o diagrama de corpo livre para a viga em questão apresenta duas reações A_y e B_y , no sentido oposto à aplicação do carregamento. Não há reações no sentido perpendicular, pois nenhuma forma age nesse sentido.

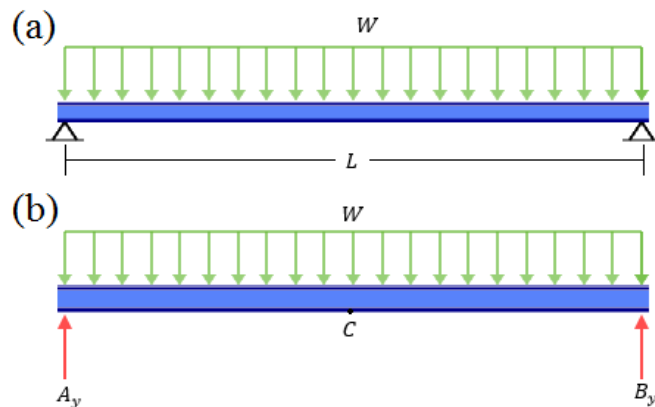


Figura 4. (a) Modelo de uma viga bi-apoiada, (b) diagrama de corpo livre da viga e ponto de análise (Beam Calculator, 2016).

Se for realizado um corte no centro da viga, um pouco depois do ponto C, surgem duas novas variáveis a serem determinadas: a força de cisalhamento (V) e o momento fletor (M) na seção do ponto C. Nessa região da viga a deflexão do material é maior. A Fig. 5 ilustra com mais detalhes os cálculos que serão tomados a seguir.

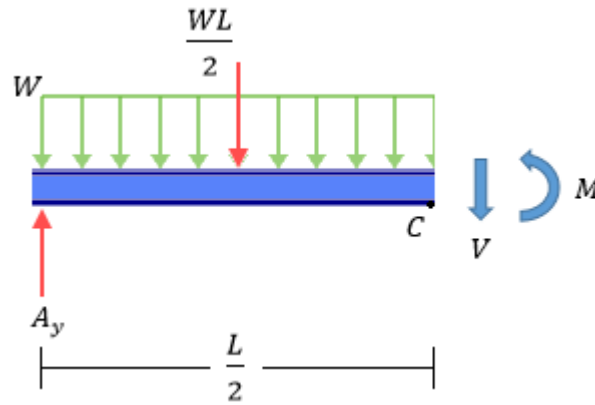


Figura 5. Viga seccionada no ponto C.

Ao se determinar o somatório das forças em y, o somatório dos momentos no ponto C e igualando-os a zero, pode-se perceber que a força de cisalhamento é igual a zero e o momento fletor é determinado pela Eq. (2).

$$M = \frac{WL^2}{8} \quad (2)$$

De acordo com Hibbeler (2010), a fórmula para se determinar a tensão de flexão é proporcional ao momento (M), à distância da linha neutra ao ponto onde se quer analisar (y) e indiretamente proporcional ao momento de inércia de área da seção transversal (I), que pode ser vista pela Eq. (3). Vale notar que o sinal de negativo serve para padronizar o sentido que o autor usa, no caso a distância a ser calculada é abaixo da linha neutra (ponto C) logo a distância é negativa. Quando utilizado a Eq. (3) a tensão de flexão fica com um valor positivo, condizendo com a convenção do sinal positivo para o tracionamento das fibras.

$$\sigma_f = -\frac{My}{I} \quad (3)$$

É possível analisar a variação da tensão de flexão na seção da viga. A Fig. 6, mostra que na parte superior da viga, ou seja, no local onde recebe o carregamento em toda a superfície, há uma tendência das fibras e da matriz se comprimirem. Por outro lado, na região inferior do paracheque, pode-se observar que o material se traciona ao máximo no extremo da placa, ou no ponto C.

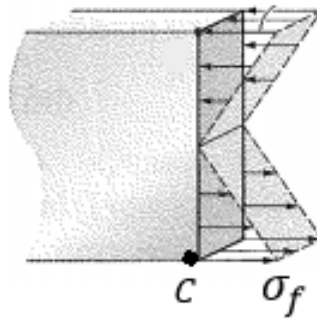


Figura 6. Comportamento da tensão de flexão ao longo da seção da viga (adaptado de Hibbeler, 2010).

2.4. Elemento de volume representativo (EVR)

Segundo Pal e Haseebuddin (2012), o conceito de um elemento de volume representativo (EVR) é a primeira aproximação para a determinação das propriedades dos compósitos. EVRs cúbicos ou quadrados são comumente usados para aproximações numéricas em função da facilidade em resolver os valores de contorno com tais geometrias. Muitas aplicações de simulação computacionais, utilizam dimensões arbitrárias do EVR. Nesse trabalho será usado um paralelepípedo de 420x420x250µm de dimensões. A fibra de vidro, tanto do tipo E quanto do tipo R, são totalmente cilíndricas e foram fixadas com diâmetro de 50µm e largura de 250µm. As frações de fibras são de 13% e 20%.

O EVR foi simulado considerado como um elemento infinitesimal do material compósito no ponto C. Como visto na Fig. 6, as fibras e a matriz estão sob tração. O módulo do valor da tração, pode ser determinado pelo produto da tensão de flexão e pela área do bloco como está representado como mostrado na Eq. (4). O elemento é fixado de um lado, de modo em que não há deslocamento nesse local, e no lado oposto da face é aplicada a força de tração no elemento de volume representativo (F_{EVR}).

$$F_{EVR} = \sigma_f \times A_{EVR} \quad (4)$$

Conforme foi determinado anteriormente o carregamento distribuído é diretamente proporcional à força de tração da Eq. (4), portanto é necessário usar valores baixos de carregamento distribuído da Eq. (1) para se usar valores baixos na simulação, bem como vários trabalhos de outros autores (Pal e Haseebuddin, 2012 e Sudher, Pradyoth e Somayaji, 2015).

2.5. Tensão de ruptura do material compósito

De acordo com Jones (1998), a tensão de ruptura do material compósito no sentido longitudinal (σ_c) varia conforme a fração de fibras (V_f) no compósito. A tensão de ruptura está diretamente proporcional à tensão de ruptura das fibras (σ_f) e da matriz (σ_m). A Eq. (5) mostra a tensão de ruptura do compósito.

$$\sigma_c = \sigma_f \times V_f + \sigma_m \times (1 - V_f) \quad (5)$$

Com a tensão de ruptura é possível determinar o fator de segurança do material compósito, resguardando-o contra a falha por ruptura total. O fator de segurança é a razão entre a tensão de ruptura encontrada na Eq. (5) pela tensão equivalente gerado pela simulação computacional.

A importância desse cálculo é para delimitar uma faixa de operação para os valores obtidos na simulação. Uma vez que a análise é apenas no regime elástico do material compósito.

2.6. Considerações das fibras, matriz e do compósito para a simulação

As fibras e a matriz são homogêneas, linearmente elásticas e isotópicas. As fibras são perfeitamente cilíndricas e alinhadas e estão espaçadas de maneiras iguais. O compósito é macroscopicamente homogêneo, linear elástico, macroscopicamente transversalmente isotrópico e inicialmente livre de tensão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Características do paracheque, das fibras e da matriz

Os EVRs foram simulados com as fibras ordenados em espaços iguais e nas frações de 13% de fibras, com 16 fibras dispostas no formato matricial de 4x4, e na fração de 20%, com 25 fibras dispostas no formato matricial de 5x5.

Como parâmetros iniciais de materiais na simulação, é necessário inserir as propriedades da matriz de polipropileno e das fibras de vidro do tipo E e R. De acordo com Gay *et al* (2003), a Tab. 1 mostra as propriedades de massa específica, módulo de elasticidade, cisalhamento, coeficiente de Poisson e tensão de ruptura inseridos no programa computacional.

Tabela 1. Propriedades dos materiais de acordo com Gay *et al* (2003).

Propriedades	Matriz de polipropileno	Fibra de vidro (tipo E)	Fibra de vidro (tipo R)
Massa específica (kg/m ³)	900	2600	2500
Módulo de elasticidade (MPa)	1200	74000	86000
Módulo de cisalhamento (MPa)	-	30000	-
Coeficiente de Poisson	0,4	0,25	0,2
Tensão de ruptura (MPa)	30	2500	3200

O processo de geração da malha dos elementos de volume representativos foi definido como automático. O número de elementos para cada fração ficou na faixa de 234 mil e o número de nós ficou em torno de 49mil nós. A Figura 7, ilustra a malha da simulação no elemento.

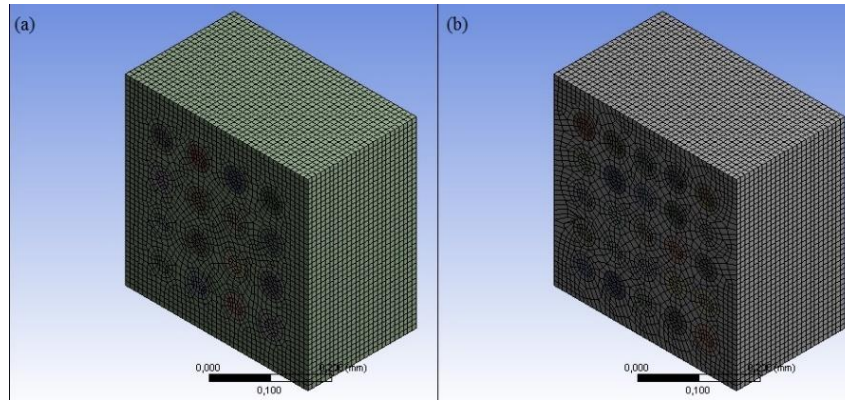


Figura 7. Malha do elemento de volume representativo na fração de (a) 13% e (b) 20%.

3.2. Resultados da força inicial (F) e da força aplicada na simulação (F_{EVR})

Com vista no que foi discutido em manter o material apenas no regime elástico, foram utilizadas as forças de 1N, 2N, 3N e 4N no parachoque do carro. Dessa forma, os cálculos foram conduzidos para cada força inicial. A Tab. 2 mostra o resultado das equações da seção anterior, bem como a força aplicada durante a simulação para cada força inicial dada no trabalho.

Cada compósito foi simulado conforme o intervalo de forças iniciais, e as forças aplicadas nos elementos de volume representativo foram: 0,05N, 0,10N, 0,14N e 0,19N. Vale ressaltar que essa força aplicada é a força de tração do elemento que é simulado.

Tabela 2. Dimensões fixas e resultado dos cálculos.

Força inicial	F [N]	1,00	2,00	3,00	4,00
Comprimento	L [m]	1,3			
Carregamento distribuído	W [N/m]	0,77	1,54	2,31	3,08
Largura	h [mm]	400,00			
Espessura da placa	e [mm]	3,00			
Momento de inércia de área	I [mm ⁴]	900,00			
Distância da linha neutra ao ponto C	y [mm]	1,5			
Momento fletor	M [Nmm]	162,50	325,00	487,50	650,00
Tensão de flexão	σ_f (MPa)	0,27	0,54	0,81	1,08
Área do EVR	A_{EVR} (mm ²)	0,1764			
Força de tração no EVR	F_{EVR} (N)	0,05	0,10	0,14	0,19

3.3. Tensão de ruptura do compósito

Resolvendo a Eq. (5) para as frações mássicas já definidas anteriormente e tomando como base as tensões de ruptura das fibras de vidro e da matriz de polipropileno da Tab. 1, foi possível estimar a tensão de ruptura do material compósito conforme o percentual de fração de fibras. Os resultados são vistos na Tab. 3.

Tabela 3. Tensão de ruptura dos compósitos.

Compósito (Matriz/Fibra)	13% de fração de fibras	20% de fração de fibras
PP/Vidro-E	351MPa	524MPa
PP/Vidro-R	442MPa	664MPa

Pela Tab. 3, é possível ver que o aumento da fração de fibras aumenta a tensão de ruptura do material. Para a mesma fração de fibras, a tensão de ruptura é maior para a fibra de vidro do tipo R.

3.4. Resultados da análise numérica

O gráfico da Fig. 8 ilustra os respectivos valores de tensão e deformação para as forças de 0,05N, 0,10N, 0,14N e 0,19N aplicados no elemento de volume representativo da matriz de polipropileno (PP) reforçados pelas fibras de vidro do tipo E e R nas frações de 13% e 20%. Da mesma forma, o gráfico da Fig. 9 correlaciona as forças aplicadas durante a análise numérica com o fator de segurança do material compósito.

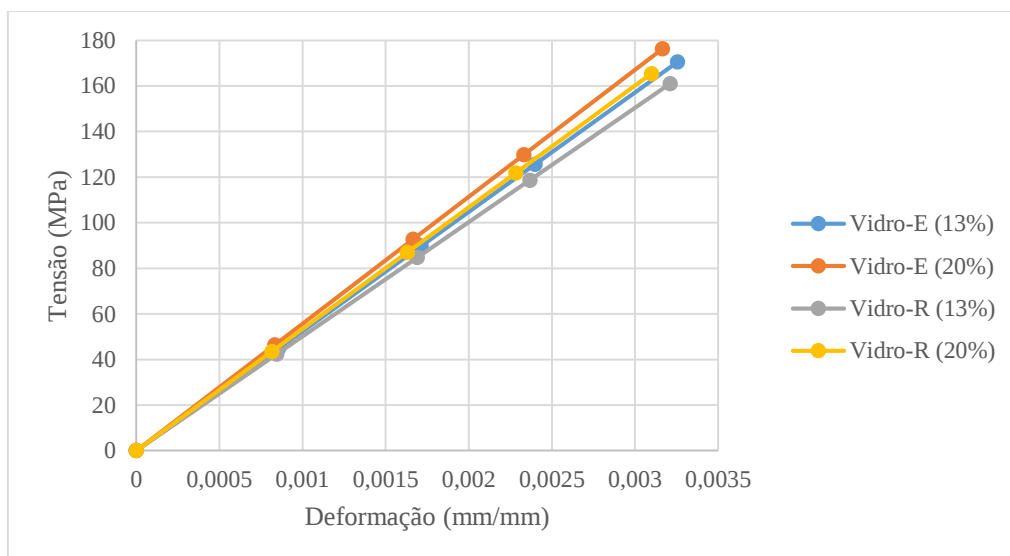


Figura 8. Gráfico tensão/deformação.

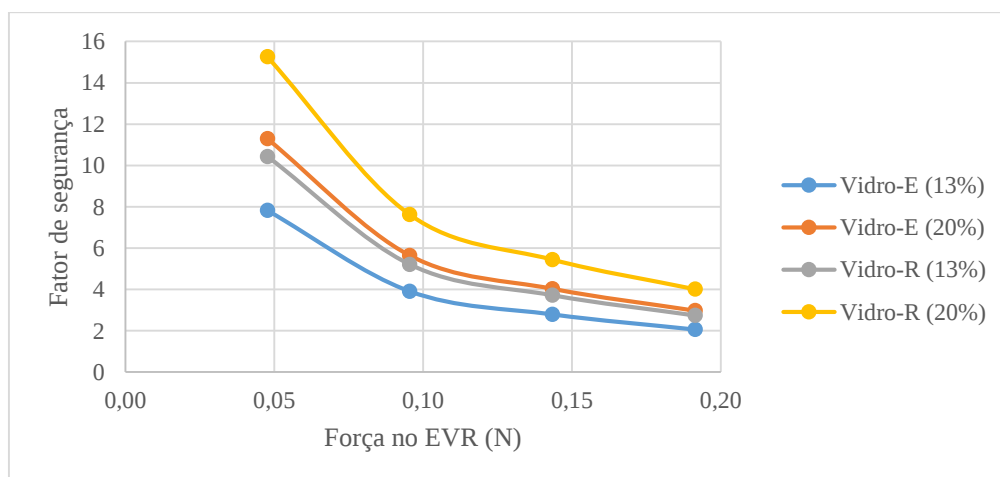


Figura 9. Fator de segurança x força normal.

Por meio da Fig. 8, pode ser observado que cada compósito se comporta de forma diferente quando se aplica forças diferentes. A deformação tem uma leve diminuição quando se aumenta as frações de fibra para o mesmo tipo de fibra de vidro. A deformação é um pouco superior para as fibras do tipo E em comparação com as do tipo R para a mesma fração volumétrica.

As tensões encontradas no gráfico só tendem a aumentar conforme se aumenta o número de fibras dentro do compósito, provocando altas chances de fratura do material. Em comparação com o tipo das fibras usadas, a fibra de vidro do tipo R, mostrou-se com resultados de tensão menores que as fibras de vidro do tipo E. A tensão do compósito de fibras de vidro-R com 20% mostrou-se com valores inferiores às fibras de vidro-E com 13%, confirmando a qualidade que esse tipo de fibra R tem no mercado.

O ponto negativo da fibra de vidro-R é o preço comparado com as fibras de vidro-E. As fibras de vidro-E mostraram-se com valores próximos ao tipo R.

O módulo de elasticidade, caracterizado pela inclinação da reta do gráfico, só tende a crescer conforme se aumenta a fração de fibras no compósito e é maior para os compósitos de fibra de vidro do tipo E.

Com base na Fig. 9, é possível ver claramente que o fator de segurança diminui com o aumento da tensão do material compósito.

A fração para o mesmo tipo de fibra aumenta o parâmetro de fator de segurança, uma vez que o material apresenta mais fibras e, teoricamente, aumentaria a resistência à ruptura do mesmo.

4. CONCLUSÕES

Esse trabalho teve como objetivo avaliar uma primeira aproximação de aplicação dos compósitos sintéticos de fibra de vidro em simulações computacionais. Os resultados foram satisfatórios pois a aplicação desses novos materiais em parachoques de veículos automotivos é possível.

Quanto a sugestão das fibras de vidro o comportamento no modelo foi aproximado para as fibras do tipo E e R, ficando outros critérios para a escolha, como por exemplo o custo de aplicação do material.

O artigo tem perspectivas para trabalhos futuros de aplicações de outros tipos de compósitos, não somente os sintéticos mas também os compósitos reforçados por fibras naturais como alternativas aos materiais sintéticos já usados hoje. Essa aplicação de compósitos naturais reduziria gastos e peso de algumas estruturas que fossem aplicadas, trazendo boas propriedades mecânicas quando comparados com os sintéticos.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à PROPESP da Universidade Federal do Pará.

6. REFERÊNCIAS

- Gay, D., Hoa, S. V. e Tsai, S. W., 2003, "Composite Materials Design and Applications".
- Gibson, R. F., 1994, "Principles of composite materials mechanics". Taylor & Francis, Philadelphia, USA.
- Jones, R. M. 1998 "Mechanics of composite materials" 2nd ed.
- Fujiyama, R. T., 2004, "Materiais Compósitos para Reparos de Dutos Terrestres", Tese de Doutorado, Engenharia Metalúrgica e de Materiais, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro.
- Resins Report. 1996, "Polypropylene". Modern Plastics International. Lausanne, p. 46, January.
- Thayer, A. M., 1995 "Metallocene Catalysts Initiate New Era In Polymer Synthesis". Chemical & Engineering News Washington p. 15 - 20 September 11, 1995.
- Ainsworth, S. J., 1995, "Despite economic dip, polypropylene market remains strong". Chemical & Engineering News. p. 18-20. Washington.
- Freire, E., Monteiro, E. E. C. e Cyrino, J. C. R., 1994 "Propriedades Mecânicas de Compósitos de Polipropileno com Fibra de Vidro", Polímeros: Ciência e Tecnologia. Julho/Setembro. pp 25-32.
- Pal, B. and Haseebuddin, M. R., 2012, "Analytical Estimation of Elastic Properties of Polypropylene Fiber Matrix Composite by Finite Element Analysis", Advances in Materials Physics and Chemistry, 2, pp. 23-30.
- Beam Calculator. The Free Bending Moment and Shear Force. Disponível em: <<http://bendingmomentdiagram.com/free-calculator/>> Acesso em 14 abr. 2016.
- Hibbeler, R. C, 2010, "Resistência dos Materiais" Pearson Prentice Hall, 7ª ed., p. 182; 205; 307, São Paulo, Brasil.
- Sudheer, M., Pradyoth, K. R. and Somayaji, S., 2015, "Analytical and Numerical Validation of Epoxy/Glass Structural Composites for Elastic Models". American Journal of Materials Science, pp. 162-168.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

COMPUTATIONAL SIMULATION OF COMPOSITES APPLIED ON EXTERNAL COMPONENTS OF AUTOMOBILES

César Tadeu Nasser Medeiros Branco, cesartadeub@hotmail.com¹

Geisiane Freitas Miranda, geisiane.f.v.miranda@gmail.com¹

Luciano Monteiro Almeida, lm_almeida@yahoo.com.br¹

Mauro José Guerreiro Veloso, mjgveloso@uol.com.br¹

Roberto Tetsuo Fujiyama, fujiyama@ufpa.br¹

¹Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa, Guamá-PA

Abstract: Currently, a wide variety of metallic materials are being replaced by alternative materials having similar mechanical properties as well as being lighter, as is the case of composite materials. In the seventies, the use of composites has been intensified in the automotive industry being widely used in Formula 1 cars. That's the industry that more shows interest in new materials, as many European countries have agreed that motor vehicles should be partially biodegradable, decomposed or recyclable, such as composites reinforced with natural fibers. Some cars are already using natural fibers inside and outside it is used synthetic fibers, especially fiberglass. The research group in composite materials at UFPA has a line of research that involves the behavior simulation of polymer composites reinforced by natural fibers. As a step in this line of research the field of simulation of composite materials, reinforced with synthetic fibers, it becomes important to then extrapolate models for reinforcement with natural fibers. In this article, we are shown preliminary results of a computational model for composite material polypropylene polymer matrix reinforced by fiberglass type E and R, which was considered initially to simplify that the composite is homogeneous. The objective is to verify the application of the different glass fibers through the equivalent stresses and safety factor based on the composite tensile strength. For this, they are applied low force values in the car the bumper. This perpendicular force to car bumper and fibers contributes to the fracture of the material. Thus it was determined the bending stress at the bumper, considered as a bi-supported beam, to determine the force applied to the representative volume element during the simulation. The results showed that the R-glass fiber showed higher fracture strength, confirming the successful of his application in industry, but the E-glass fiber exhibited good results, and is more accessible than R-glass fiber.

Keywords: elastic properties, polypropylene, fiberglass, composite materials, numeric modeling.