

Adaptação de projeto e fabricação de um dispositivo para ensaio de cisalhamento

Adaptation of design and manufacture of a shear test device

RESUMO

Elielton Baggio
elieltonbaggio@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil

Romeu Rony Cavalcante da Costa
romeu@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil

O objetivo desse trabalho foi adaptar projetos já existentes para assim fabricar um dispositivo de cisalhamento do tipo VNRS (*V-Notched Real Shear*), para a obtenção carga que o material suporta e, assim, calcular a tensão e módulo de cisalhamento de materiais compósitos. Caracterizando-o mecanicamente através dos esforços cortantes, segundo a norma ASTM D 7078. Os materiais para a fabricação do dispositivo foram dois blocos de aço 1045 laminado a quente no formato (155 mm X 105 mm X 75 mm) adquiridos para a usinagem do corpo do dispositivo e aço 1020 para a fabricação dos pinos de acoplamento à máquina de ensaios modelo WDW-100E, fabricada pela *Time Group Inc*. O material a ser ensaiado é a espuma de poliuretano (PU) derivada de óleos vegetais com a inclusão de ATH (*Alumina Trihydrate*). O dispositivo desenvolvido conta com duas peças principais em formato L que possuem pinos soldados para carregamento. O corpo de prova será fixo através das sapatas alojadas na cavidade interna das peças em L que devido o aperto de parafusos que comprimirá o corpo de prova travando-o, dessa forma o carregamento desse dispositivo evita concentração de tensão por não realizar o carregamento pelas bordas do corpo de prova.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem 3D. Usinagem. Ensaio. Espuma PU.

ABSTRACT

The objective of this work was to adapt existing projects to manufacture a shear device of the type VNRS (*V-Notched Real Shear*), to obtain the load that the material supports and, thus, calculate the stress and shear module of composite materials. Characterizing it mechanically through cutting efforts, according to ASTM D 7078. The materials for the manufacture of the device were two blocks of 1045 hot-rolled steel in the format (155 mm X 105 mm X 75 mm) acquired for machining the body of the device and 1020 steel for the manufacture of the coupling pins to the testing machine of the brand WDW-100E, design on Time Group Inc. The material to be tested is polyurethane (PU) foam derived from vegetable oils with the inclusion of ATH (*Alumina Trihydrate*). The developed device has two main L-shaped parts that have welded pins for loading. The test piece will be fixed through the shoes housed in the internal cavity of the L-shaped pieces which, due to the tightening of screws that will compress the test piece, locking it, in this way the loading of this device prevents concentration of tension by not carrying out the loading by the edges of specimen.

KEYWORDS: 3D modeling. Machining. Test. PU foam.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novos materiais está sempre acompanhado dos estudos de suas propriedades mecânicas. Assim, objetivo desse trabalho foi de desenvolver um dispositivo para levantamento e caracterização dos materiais submetidos ao cisalhamento através dos esforços cortantes. Tendo em vista que esta pesquisa está inserida em grupo de pesquisa de caracterização de materiais poliméricos e em especial o de materiais compósitos, em virtude do crescente uso devido as suas propriedades mecânicas que oferecem resistência e leveza, com isso indústrias como aeronáutica, naval, biomédicas, automobilística e construção civil estão constantemente usando tais materiais, como a fibra de carbono por fornecer elevada resistência com uma densidade inferior quando comparada aos demais produtos utilizados no mercado. A indústria naval está cada vez mais ampliando o uso de materiais como plásticos reforçado com fibra de vidro (PRFV) pois possibilita uma resistência a corrosão maior e uma diminuição de gastos com a manutenção. Percebe-se no geral uma grande diversidade de indústrias fazendo o uso de materiais compósitos impulsionando o uso mais acentuado e conseqüentemente a necessidade de um estudo mais aprofundado de seu comportamento para produzir materiais com maior confiabilidade.

É necessário então conhecer as propriedades mecânicas por meios de vários tipos de carregamento, mas neste trabalho foi estudado o desenvolvimento do dispositivo para submeter o material sob carregamento cisalhante, para com isso, determinar a tensão cisalhante e seu módulo cisalhante (transversal). Para tanto, precisou-se da produção de corpos de prova do material para que depois se possa determinar as propriedades da espuma rígida de PU para validação do dispositivo e continuação de sua utilização para as demais pesquisas.

Quando os ensaios forem realizados os dados serão coletados por meio da medição do deslocamento através de sistema de aquisição de dados digital, para tratamento desses dados posteriormente. Por este tratamento se calcula a tensão e módulo de elasticidade transversal ou de cisalhamento através das equações da elasticidade. Assim, será caracterizado e obtido esses dados das propriedades dos materiais para que se possa projetar com maior domínio do comportamento do material de acordo com cada tipo de solicitação.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo adequar, fabricar e realizar ensaio de cisalhamento de corpos de prova utilizando o dispositivo desenvolvido para se estudar o comportamento mecânico da espuma de poliuretano (PU) com ATH (*Alumina Trihydrate*) sob carregamento cisalhante.

MATERIAL E MÉTODOS

Empreendeu-se uma pesquisa sobre os tipos de dispositivo para a realização dos ensaios de cisalhamento que pudessem efetuar esse carregamento de acordo com as necessidades do projeto de pesquisa e de infraestrutura. Assim, chegou-se em dois dispositivos mais utilizados em pesquisas e que foram desenvolvidos em universidades para ensaios de resistência ao cisalhamento.

- Dispositivo Iosipescu;
- Dispositivo *V-Notched Rail Shear* (VNRS).

Os dispositivos são destinados para corpos de prova que seguem normas específicas, tais como a ASTM D 5379 (Iosipescu) e ASTM D 7078 (VNRS). Ambos deverão ser acoplados em uma máquina de ensaio na qual possibilitará o movimento que induzirá o cisalhamento no corpo de prova. No dispositivo Iosipescu deverá ser acoplado no local de ensaio comumente utilizado para ensaio de flexão da máquina na qual movimentará a parte superior do aparelho, enquanto a base será fixada à máquina, assim a parte superior do dispositivo realizará um movimento descendente de um lado do aparelho, comprimindo o corpo de prova induzindo um esforço cisalhante. No caso do aparelho VNRS, formado por duas peças em formato em L semelhantes, deverá ser acoplado a região da máquina de ensaios responsável por realizar ensaios de tração, logo a parte superior do dispositivo será fixada à máquina de ensaios enquanto a inferior será móvel e movimentará para baixo realizando um movimento descendente induzindo um esforço cisalhante ao corpo de prova.

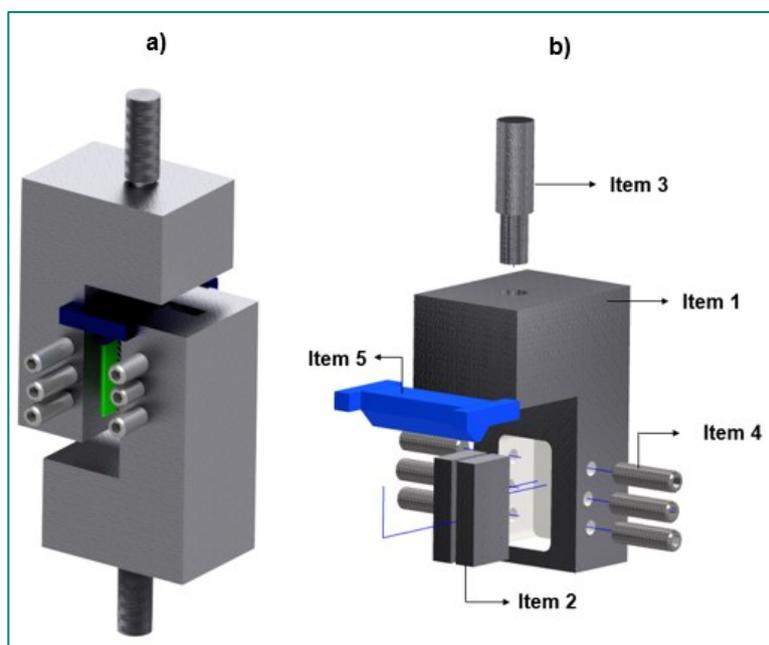
Segundo (ADAMS,Don;2009) ambos os dispositivos são usados principalmente para testes de cisalhamento no plano, mas cada aparelho também pode ser utilizado para testes de cisalhamento interlaminar. O autor ressaltou também, que o dispositivo *V-Notched Rail Shear* (VNRS) foi o mais recentemente desenvolvido e de acordo com alguns testes mostraram ser muito preciso e confiável. Segundo argumento de (ADAMS,et al; 2003) os níveis de cisalhamento que podem ser obtidos no corpo de prova VNRS são de três a quatro vezes maiores que o Iosipescu devido as mudanças da geometria do corpo de prova.

De acordo (MARQUES, João V.Q; 2015) em pesquisa desenvolvida, onde buscava-se comparar esses dois tipos de dispositivos, ambos apresentaram resultados próximos e confiáveis quanto ao limite de cisalhamento dos materiais ensaiados, contudo através dos resultados finais pode-se notar que o dispositivo do tipo VNRS foi o que mais se mostrou conservador ao valor literário. Portanto, o dispositivo VNRS (*V-Notched Rail Shear*) foi escolhido para adaptação, fabricação e ensaio, dessa forma não necessitando realizar a compra do aparelho que possui o custo de aproximadamente R\$ 13.350,00 sendo necessário apenas a compra do material para usinagem estimado em cerca de R\$ 250 realizando um economia de R\$ 13.170,00.

O dispositivo (*V-Notched Rail Shear*) VNRS possui duas grandes vantagens. A primeira vantagem é possuir uma uniformidade na região central do corpo de prova, isso é importante na determinação da tensão cisalhante. A segunda vantagem é possuir uma região reduzida, devido ao entalhe, isso faz com que a tensão cisalhante aumente nessa região permitindo uma coleta de dados mais eficiente.

Desenvolveu-se um modelo final em desenho 3D do dispositivo de cisalhamento do tipo VNRS (*V-Notched Rail Shear*) utilizando o *software* da *Autodesk Inventor®* Versão Estudantil para assim definir as dimensões do dispositivo inicial, processo de funcionamento, mensurar a quantidade de material que deverá ser adquirido para realizar o processo de fabricação e desenvolver o acoplamento adequado para a máquina de ensaios existente.

Figura 1 – a) Representação do conjunto montado e b) vista explodida de uma das laterais.



Fonte: Autoria própria (2020).

A Tabela 1 abaixo foi inserida com a numeração dos itens, descrição, quantidade e material em que foram fabricados e podem ser relacionados com a Figura 1.b para uma melhor ilustração das características de cada componente.

Tabela 1 – Representação dos seus componentes e respectivos materiais

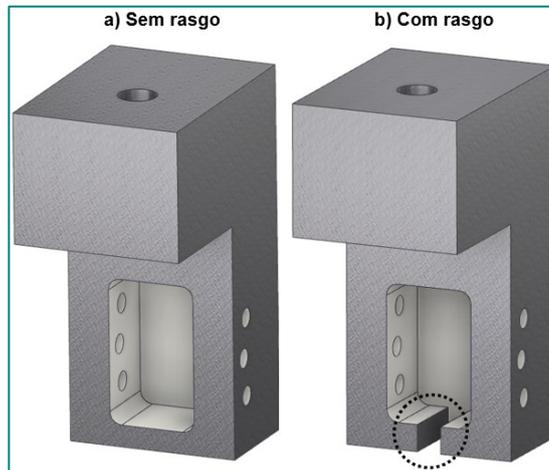
Item	Descrição	Quantidade	Material
1	Peça em L	2	Aço 1045
2	Sapata Fixação	4	Aço 1045
3	Pino de carregamento	2	Aço 1020
4	Parafuso de aperto	12	Aço Liga
5	Centralizador (azul)	1	Nylon

Fonte: Autoria Própria (2020).

O dispositivo desenhado e adaptado é composto por duas laterais em L que correspondem as peças fundamentais de todo o dispositivo, como pode ser percebido na Figura 1.a. Ambos elementos possuem dimensões iguais, a diferença se encontra no rasgo presente na base de uma das laterais da peça L, como pode ser notado na Figura 2.b, que permitirá a entrada do corpo de prova uma vez já fixo em uma das laterais em L e esse por sua vez fixo a máquina de ensaios. Logo, após ajustado o corpo de prova em um único lado com o auxílio do centralizador (Item 5) destacado na Figura 1.b necessitará apenas subir o aparelho através do comando da máquina de ensaios para que a outra peça em L aloje o corpo de prova

na posição correta para assim apertar os parafusos (Item 4) de fixação que, por sua vez, farão as sapatas de fixação irem uma contra a outra (Item 2) travando o corpo de prova na região centralizada, garantindo dessa forma agilidade e maior confiabilidade no alinhamento do corpo de prova ao dispositivo de cisalhamento.

Figura 2 – Comparativo entre a) lateral em L sem rasgo e b) lateral em L com rasgo.

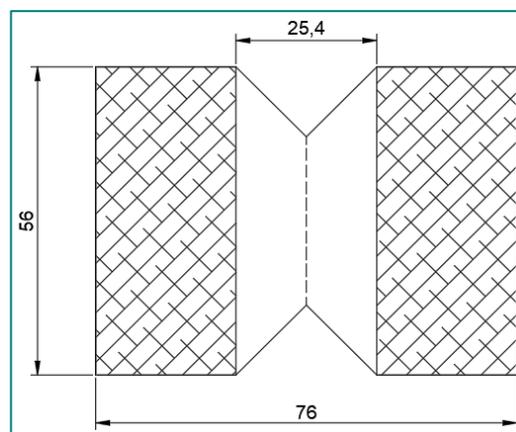


Fonte: Autoria Própria (2020).

A fabricação do dispositivo utilizou dois blocos de 155 mm X 105 X 75 mm de aço 1045 laminado a quente comprados com sobremetal de 5 mm para produzir o Item 1 que compõem as partes primordiais do dispositivo. Também, fabricou-se dois pinos de aço 1020 que servem para acoplar o dispositivo à máquina de ensaio e, assim, proceder o carregamento dos esforços no corpo de prova. Estes pinos foram recartilhados para evitar o escorregamento entre ele e a garra da máquina. Para a fabricação dos posicionadores, responsáveis pelo alinhamento do corpo de prova, foi utilizado o nylon.

O dispositivo VNRS, possui um corpo de prova segundo a norma ASTM D 7078 das seguintes dimensões conforme a Figura 3 abaixo.

Figura 3 – Dimensão do corpo de prova VNRS, unidades em milímetros.



Fonte: Autoria Própria (2020).

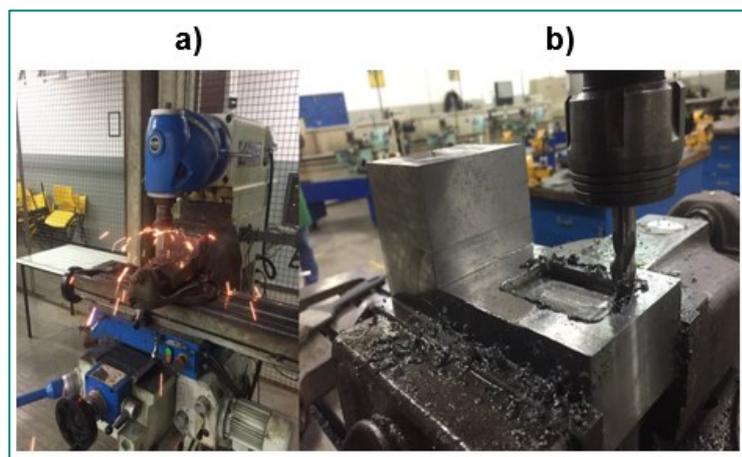
O processo de fabricação do dispositivo foi realizado na oficina mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná no campus de Cornélio Procópio (UTFPR-CP) para os processos de fresamento, furação, torneamento do pino de acoplamento a máquina de ensaios e soldagem. O procedimento iniciou através de fresamento dos blocos de aço do formato de 155 mm X 105 X 75 mm de aço 1045 laminado a quente adquiridos para usinagem do dispositivo. Assim destacou-se algumas etapas que se julgou mais importante no decorrer da fabricação.

FACEAMENTO DO BLOCO E FRESAMENTO DA CAVIDADE INTERNA

O processo de faceamento dos blocos adquiridos foram realizados através de uma fresadora utilizando um cabeçote de fresa de 45° graus, em seguida foi realizado o desbaste também por fresamento para retirada do excesso de material resultando em uma peça com formato em “L” realizado através de um cabeçote de fresa de 90° graus. A Figura 4.a ilustra o processo de faceamento sendo realizado utilizando cabeçote de fresa de 45° graus.

Após finalizado o faceamento da peça com o formato em L, foi realizado a usinagem da cavidade (Figura 4. b) responsável pelo alojamento das sapatas de fixação. Para o processo foi utilizado uma fresa de topo de 10 mm para abertura de 30 mm de profundidade em uma região de 36 mm x 42 mm.

Figura 4 – a) Processo de faceamento e b) Abertura da cavidade interna para o alojamento do corpo de prova utilizando uma fresa de topo de 10 mm.

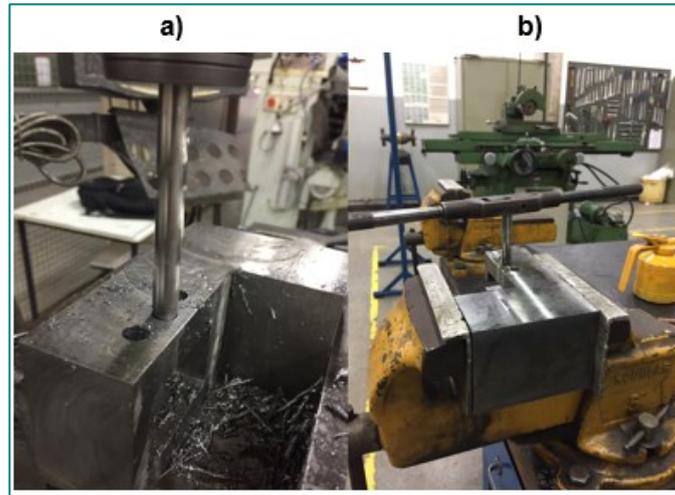


Fonte: Autoria Própria (2020).

FURAÇÃO E ROSCA

Nessa etapa foi realizado os furos para os parafusos das laterais do dispositivo, para isso utilizou-se uma broca de 10 mm conforme a Figura 5.a. Após a operação de furação de ambos os lados das duas peças do Item 1 foi realizado a operação de abertura de rosca através de um macho M12 X 1,75 (Figura 5.b).

Figura 5 – a) Processo de furação e b) Processo de rosca manual.



Fonte: Autoria Própria (2020).

RESULTADO E DISCUSSÕES

O término dos trabalhos foi prejudicado em virtude da paralização das atividades, em virtude da pandemia do Covid-19. Assim, o dispositivo se encontra em fase de acabamento e, portanto, a realização dos ensaios para a validação dos ensaios fora postergada. Como resultado parcial tem-se os seguintes itens finalizados conforme a Tabela 1 mencionada anteriormente:

- Item 1;
- Item 3;
- Item 4;

CONCLUSÕES

O projeto foi concluído de forma parcial em virtude da pandemia que assola o mundo. Assim, pretende-se retomar as atividades para a conclusão do dispositivo, tão logo seja permitido o retorno da utilização dos laboratórios e equipamentos. Bem como a realização dos ensaios com materiais conhecidos na literatura para a validação do dispositivo e na sequência dos ensaios com a espuma rígida de PU.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao LMC e ao LEME por cederem espaço, equipamentos e materiais para o presente trabalho; à Kehl por contribuir com materiais; à UTFPR.

REFERÊNCIAS

ADAMS, Don. **Shear test methods: iosipescu vs. v-notched rail shear**. Composite World. 2009. Disponível em: <https://www.compositesworld.com/articles/shear-test-methods-iosipescu-vs-v-notched-rail> . Acesso em: 20 mar. 2020.

ADAMS, et al. **Development and evaluation of the v-notched rail shear test for composite laminates.**2003.90 pag. U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration. Springfield, Virginia, 2003. Disponível em: <http://www.tc.faa.gov/its/worldpac/techrpt/ar03-63.pdf> . Acesso em: 27 abr. 2020.

ASTM D5379 / D5379M-19, **Standard test method for shear properties of composite materials by the v-notched beam method**, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019.

ASTM D7078 / D7078M-19, **Standard test method for shear properties of composite materials by v-notched rail shear method**, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019.

MARQUES, João V.Q. **Desenvolvimento de garras para ensaio de cisalhamento em materiais compósito.** 2015. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica, Centro De Ciências E Tecnologia Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Mecânica, Universidade Federal De Campina Grande (UFCG).2015.Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Wanderley_Amorim_Jr/publication/320383348_DEVELOPMENT_OF_Shear_Fixture_TEST_for_COMPOSITE_MATERIALS_Master_Thesis_in_Portuguese/links/59e0d2bd458515393d4d1976/DEVELOPMENT-OF-Shear-Fixture-TEST-for-COMPOSITE-MATERIALS-Master-Thesis-in-Portuguese.pdf .Acesso em: 16 abr. 2020.