

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

TIPOS DE ENSAIOS E MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE IMPACTO EM MATERIAIS COMPÓSITOS: UMA REVISÃO

Rayane Dantas da Cunha, rayanec.dantas@gmail.com¹
Talita Galvão Targino, talitagtargino@gmail.com¹
Ricardo Alex Dantas da Cunha, ricardo.alex@ifpa.edu.br²
Isabel Cavalcanti Cabral, isabel.cavalcanti.cabral@gmail.com¹
José Ubiragi de Lima Mendes, ubiragi@ct.ufrn.br¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitário Lagoa Nova, CEP 59072-970, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

²Instituto Federal do Pará, Rodovia PA 275, s/n - Bairro União, CEP 68515-000, Parauapebas, Pará, Brasil.

Resumo: O estudo de impacto nos materiais compósitos é de suma importância para a indústria de desenvolvimento de novos materiais e para a sociedade, visto que existe uma redução significativa das propriedades mecânicas do material, e consequentemente a confiabilidade de um componente fabricado com esse tipo de material que pode ser afetado negativamente. O manuscrito tem por objetivo fazer uma revisão dos tipos de ensaios e métodos de medição de impacto em materiais compósito e a classificação das diferentes velocidades, visto que os tipos de ensaios de impacto em materiais compósitos variam de acordo com a utilização dessas classificações de velocidades, refletindo na escolha do método mais viável para a aplicação desses novos materiais no setor industrial.

Palavras-chave: Ensaios de impacto, materiais compósitos, velocidade de impacto

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a utilização de materiais compósitos em projetos estruturais vem crescendo e sua aplicação está sendo feita em várias áreas da engenharia. Os engenheiros da indústria aeronáutica e automobilística estão sempre procurando materiais estruturais que tenham entre outras características alta resistência e/ou alta rigidez em relação ao seu peso, possuam resistência à abrasão e ao impacto, e que ao mesmo tempo seja resistente a corrosão. Esta é uma combinação de características consideravelmente excelentes.

Com frequência, os materiais mais resistentes são relativamente densos e um aumento da resistência ou da rigidez resulta, em geral, em uma diminuição da resistência ao impacto. Assim, devido essa condição o uso de materiais compósitos tem sido utilizado em grande escala com as mais diversas possibilidades de aplicações na engenharia de materiais, segundo D'Almeida, J.R.M. & Monteiro, S.N. (1997).

Entretanto, o material compósito não possui a ductilidade dos metais e não conseguem absorver a energia de pequenos impactos através de deformações locais como alguns metais conseguem. Na melhor das situações ele consegue absorver grandes quantidades de energia de impacto, porém por mecanismos que degradam e danificam o compósito (POTTER, K. 1997). Com isso, tem-se que o estudo desse fenômeno é de suma importância para a indústria de desenvolvimento de novos materiais e para a sociedade, visto que existe uma redução significativa das propriedades mecânicas do material, e consequentemente a confiabilidade de um componente fabricado em material compósito é afetada negativamente.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar os tipos de ensaios de impacto em materiais compósitos e a classificação das diferentes velocidades, essas velocidades podem ser classificadas em baixa velocidade, velocidade intermediária, alta velocidade (balística) e regimes de hipervelocidade. Os quais segundo Abrate, S. (2011) são utilizados de acordo com a aplicabilidade desses novos materiais.

2. TIPOS DE IMPACTOS EM MATERIAIS COMPOSITOS

A resistência ao impacto é uma das mais importantes características do material em um projeto em que se queira prever as possibilidades de fratura prematura.

De acordo com N.L. Hancox (2000) a resistência ao impacto pode ser definida como a aplicação repentina de uma força de impulso, em um volume limitado de um material ou parte de uma estrutura. Já de acordo com Abrate, S. (2005) a resistência ao impacto é definida como o estudo do dano induzido pelo impacto de um objeto em um determinado material e os fatores que afetam o impacto. Neste trabalho o impacto é definido como a aplicação repentina de uma carga a qual leva o material a fratura.

O impacto é categorizado em de baixa e de alta velocidade e algumas vezes de hipervelocidades, entretanto não existe uma transição muito clara entre estas categorias e alguns autores discordam destas definições. Sjoblom, *et al.* (1988) definem impacto de baixa velocidade como eventos que podem ser tratados como quase-estáticos. O limite superior pode variar de 1 m/s a dezenas de m/s dependendo da rigidez do impactador. Impactos de alta velocidade são denominados por propagação de uma onda de tensão através do material, onde a estrutura não dispõe de um tempo de resposta, sendo então submetida a um dano local.

Já de acordo com Abrete (2005), impactos de baixa velocidades ocorrem quando a velocidade do impactador é inferior a 100 m/s e para impactos de hipervelocidade, a velocidade é superior a 1 km/s. Cantwell *et al.* (1991) caracterizam o impacto de baixa velocidade como impactos até de 10 m/s. Já de acordo com Liu e Malvern (1987) o tipo de impacto pode ser classificado de acordo com o dano ocorrido no material.

Robinson e Davies (1992) definem impacto de baixa velocidade como sendo aquele no qual as ondas de tensão, que se propagam através da espessura, não tem comportamento significativo na distribuição de tensões e sugere um modelo simples de transição para alta velocidade. Uma zona cilíndrica embaixo do impactador é submetida a uma deformação uniforme, enquanto a onda de tensão se propaga através da placa, resultando em uma deformação de compressão apresentada pela equação 1:

$$\varepsilon_c = \frac{\text{Velocidade de impacto}}{\text{Velocidade de som do material}} \quad \text{eq. (1)}$$

Segundo Robinson e Davies (1992), para falhas causadas por deformações entre 0,5 e 1%, é gerada uma transição para eventos dominados por onda de tensão entre 10 e 20 m/s para compósitos de epóxi.

De acordo com Abrate, S. (2005), outros pesquisadores consideram que impactos de alta velocidade ocorrem quando a deformação da estrutura é localizada em uma pequena zona ao redor da área de contato na duração do mesmo. Impacto de baixa velocidade se refere a situações onde, durante o contato, a estrutura como um todo se deforma enquanto ondas se propagam ao limite da estrutura e são refletidas, ocorrendo este procedimento várias vezes.

3. MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE IMPACTOS EM COMPÓSITOS

3.1. Barra de Hopkinson

A Barra de Hopkinson é um dos métodos mais utilizados que determinam as propriedades mecânicas dos materiais compósitos nos ensaio de alta velocidade.

John Hopkinson investigou a propagação de ondas de tensão no fio de ferro em 1872, e seu filho, Bertram Hopkinson, inventou uma barra de pressão para obter a curva de tempo de pressão com a carga dinâmica exercida pela detonação, (HOPKINSON B. 1914). No entanto, as medições não foram precisas por causa da limitação da técnica de medição. Os quais foram sendo aprimoradas ao longo dos anos. Davies, R. M. (1948) melhorou a técnica de medição por utilizando um método elétrico. Mais tarde, Kolsky H. (1949) desenvolveu o sistema de barra de divisão, que incluiu duas barras (conhecido como barra incidente e barra transmitida) com uma amostra no meio. Usando seu sistema Kolsky obteve a relação dinâmica entre força e tensão para vários materiais utilizando microfones. Pouco tempo depois, Krafft *et al.* (1954) adicionou um medidor de tensão pré-definida para medir as ondas de tensão e aplicou uma barra que continha o impactador para produzir uma onda de propagação do impacto na barra incidente. A fim de medir as propriedades dinâmicas válidas de diferentes materiais, Lindholm U. (1964) combinou as modificações ditas anteriormente e projetou uma versão atualizada que se tornou um modelo de sistema atual da Barra de Hopkinson. Esse sistema tem sido continuamente melhorado para obter medições mais precisas para diferentes materiais sob taxa de carregamento de alta tensão.

Existe além da versão de sistema de compressão, a versão de tração do sistema de barra Hopkinson. O sistema da barra de tensão também foi desenvolvida para obter as características dos materiais sob carga de tração dinâmica. Segundo Silva, J.M, *et al.* (2011) existem diferentes tipos de barra de Hopkinson como: a barra de compressão, a barra de Hopkinson com carregamento de soco, a barra de tração e a barra de Hopkinson para testes de cisalhamento.

O desenho inicial do aparelho de tensão dinâmica foi um tubo oco no interior do qual uma única barra elástica e um espécime foram fixadas. Este projeto foi mais tarde substituído por colocar todo o sistema dentro de um tubo, segundo Hauser F. E. (1966). Por outro lado, Nicholas T. (1981) propôs os métodos que utilizam o sistema de barras de compressão para atingir experiências de tração, e uma amostra com um disco rígido. Além disso, também foram

desenvolvidos outros métodos de carregamento de tensão direta. A concepção de um impactador tubular no sistema de barra de Hopkinson foi seguido por muitos investigadores, segundo Li Q.M. e Meng H. (2003)

A barra de Hopkinson é um dispositivo desenvolvido para caracterizar mecanicamente materiais a elevadas velocidades de deformação. O modo de utilização mais conhecido da barra de Hopkinson está mostrado na Figura 2. Esta consiste em duas longas barras cilíndricas com o mesmo diâmetro, designadas por barra incidente e barra transmissora, e uma barra cilíndrica de menor comprimento, designada por barra de impacto ou barra projétil, normalmente impulsionada por uma arma de pressão de ar comprimido contra a barra incidente. O ar é normalmente fornecido através de um reservatório de alta pressão e a pressão do disparo é controlada através de válvulas, segundo Pinto, J.M.G.T., (2009).

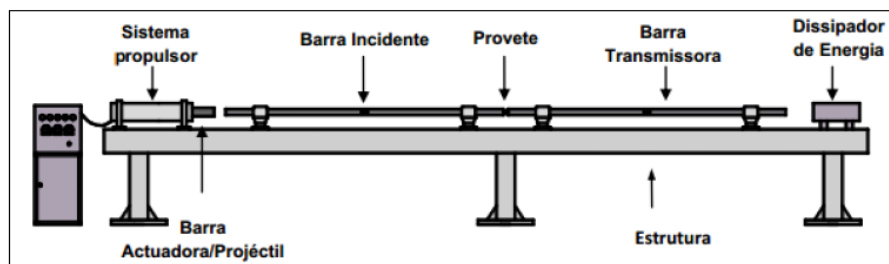


Figura 2. Barra de Hopkinson.

3.2. Impacto Balístico

O impacto balístico é um impacto de alta velocidade causada por uma fonte impulsionada, geralmente de massa baixa e alta velocidade. Sendo assim esse ensaio pode levar à penetração/perfuração do alvo pelo projétil, mas este ensaio não destrói o corpo de prova completamente, mas resulta em danos em grande escala ou perfuração da amostra. A proteção contra cargas de impacto balísticos é uma questão crítica no projeto de armadura, de choque e absorventes de impacto que está em desenvolvimento na indústria aeroespacial, marítima, automotiva e estruturas civis. Extensa investigação está sendo realizada sobre o desempenho do impacto balístico em compósitos de matriz polimérica nos últimos anos, utilizando vários parâmetros como massa, forma, tamanho e velocidade do projétil, geometria e as propriedades mecânicas do alvo que possam influenciar no desempenho do impacto, afirmou Nair N.S, *et al.* (2013).

Em aplicações de alto desempenho, tais como aeroespacial e de defesa, o objetivo principal é reduzir o peso da estrutura para o uso pretendido. Efeito da espessura do alvo sobre o desempenho balístico, o impacto torna-se uma consideração importante para posteriores investigações. Após o teste de impacto balístico o local que sofre o impacto apresenta diferentes de propagação da onda de tensão comprometendo sua estrutura, segundo Meyers MA. (1994).

O ensaio de Impacto balístico pode ser feito utilizando uma arma de gás de alta pressão, tal como o mostrado na Figura 3. Geralmente o gás nitrogênio é armazenado em um vaso de pressão acoplado a um tubo onde o projétil se desloca. Quando o gás atingir a pressão determinada pelo usuário do equipamento, uma válvula de ação rápida é acionada, liberando o disparo contra o corpo de prova.

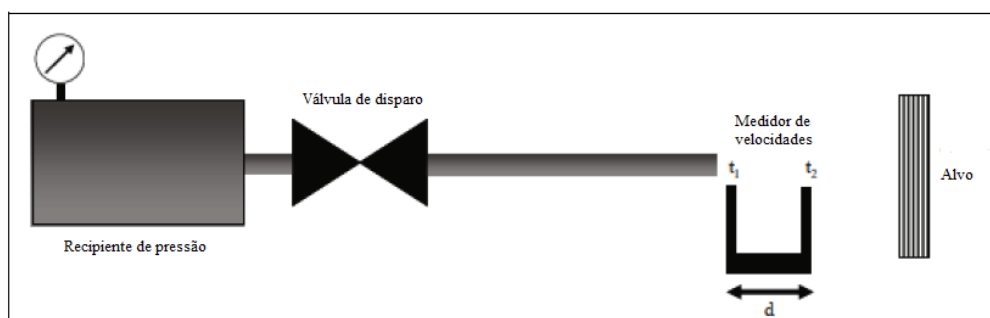


Figura 3. Ensaio de Impacto balístico.

Esse ensaio pode ser instrumentado, permitindo que sejam obtidos, por exemplo, gráficos dos parâmetros de força de impacto, energia absorvida ou velocidade de impacto no corpo de prova, com isso, é possível a análise do impacto em mais detalhes.

Os tipos de ondas de tensão são classificados com base na direção de movimento das partículas do corpo em relação à direção de propagação das ondas e das condições de fronteira. A fim de estudar o comportamento de impacto balístico de estruturas compostas, uma profunda compreensão da propagação de ondas de tensão é essencial.

3.3. Ensaio de Charpy

Muitos dos primeiros estudos de impacto sobre materiais compósitos foram realizados usando o método de ensaio Charpy originalmente desenvolvido para ensaios de metais. A razão para esta escolha foi o fato de que o ensaio Charpy é simples de usar e pode ser instrumentado, portanto, pode produzir informações sobre os processos de absorção e dissipação de energia em compósitos.

Segundo Gatti, M. C. A. (2009), os ensaios de impacto Charpy são caracterizados em corpos de prova do tipo barra entalhada posicionado sob duplo engastamento com um vão entre os pontos de apoio, que será impactado por um martelo pendular com uma determinada massa, sob uma velocidade de 1 a 5,5 m/s, dependendo do comprimento do pêndulo como mostrado na figura 4.

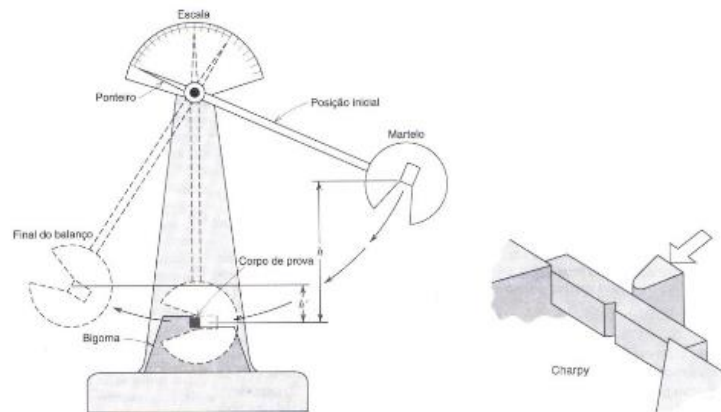


Figura 4. Máquina tipo pêndulo para ensaio de impacto

A energia dissipada durante o impacto geralmente é registrada por um mostrador no aparelho de ensaio. Mais informações podem ser obtidas na instrumentação do pêndulo com um extensômetro, permitindo assim a determinar a variação da força de impacto com o tempo, a energia absorvida durante o impacto também pode ser determinada pela integração do sinal de força versus o tempo, afirmou Gatti, M. C. A. (2009).

Segundo Cantwell et al. (1991) o ensaio Charpy sofre algumas desvantagens, tais como o fato de que as curvas de força versus tempo, muitas vezes contêm alta oscilações harmônicas de frequência resultantes da resposta natural do pêndulo. De acordo com Macke e Quenisset (1990), essas oscilações são atribuídas a efeitos de inércia, que dependem da natureza do material, sua rigidez e sua densidade. Também de acordo com Shah e Suaris (1983), que estudaram essas oscilações em compósitos cimentícios, as mesmas são geradas por efeitos de inércia. Além disso, o teste é destrutivo, induzindo modos de falha que não são necessariamente observadas no impacto de baixa velocidade em estruturas operacionais. O teste Charpy só é adequado para classificação de impacto dos compósitos de fibra contínua e como uma primeira etapa para determinar a resistência dinâmica destes materiais.

3.4. Ensaio de Izod

O procedimento para o teste é semelhante aos descrito no ensaio Charpy, como mostrado na esquematicamente na figura 5. A diferença está na forma de montagem do corpo de prova e na face do entalhe, localizado ou não na região de impacto, sendo que o corpo de prova do ensaio Izod é fixado no plano vertical com a face do entalhe voltada para o pêndulo, ver Figura 6. O teste sofre problemas semelhantes aos relatados no ensaio Charpy e também é mais indicado como uma ferramenta para a classificação da resistência ao impacto de materiais compósitos. Esse teste apresenta limitações similares ao Charpy, afirmou Cantwell et al. (1991).

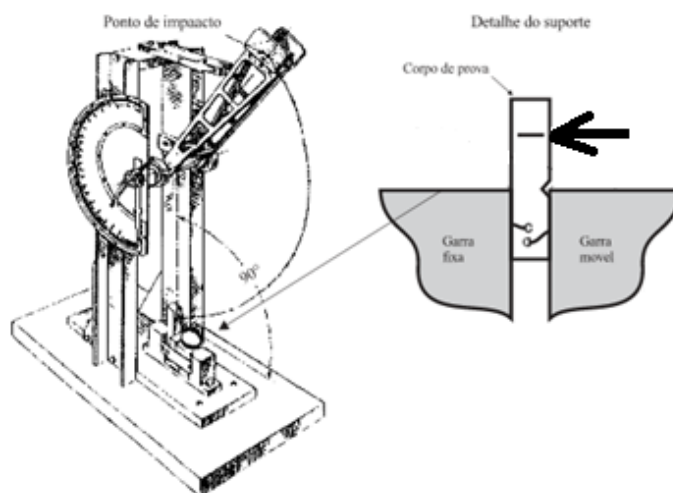


Figura 5. Representação esquemática do ensaio Izod

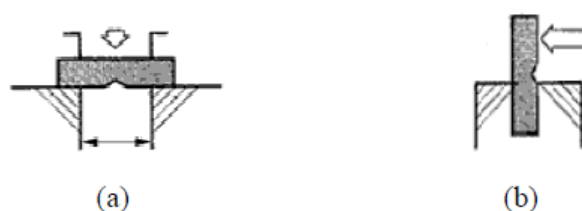


Figura 6. Diferença entre os ensaios. (a) Charpy; (b) Izod

A capacidade de um determinado material de absorver energia do impacto está associada à sua tenacidade. Os ensaios Charpy e Izod fornecem informações sobre a capacidade do material em absorver e dissipar essa energia.

A transição dúctil-frágil está relacionada ao nível de energia de impacto absorvida em medida em função da temperatura Callister, William D., e David G. Rethwisch (2007). Se um determinado material possui transição dúctil-frágil, os ensaios Charpy e/ou Izod objetivam determinar qual faixa de temperatura que este fenômeno ocorre. Para isso realizam-se diversos ensaios de impacto partindo-se de temperaturas elevadas até as temperaturas mais baixas.

Nos resultados dos ensaios de impacto tipo Izod, a resistência ao impacto é quantificada em termos da energia de impacto absorvida por unidade de espessura do corpo de prova ao longo do entalhe. Alternativamente, a resistência ao impacto Izod pode ser expressa em termos da energia absorvida no impacto dividida pela área do corpo de prova posterior ao entalhe- área de ligamento, afirmou Correa, C. A.; Yamakawa, R. S.; Hage Jr, E. (1999)

3.5. Ensaio de Impacto por Queda de Peso

Segundo Golgino Jr, R. (2014), o ensaio de impacto por queda de peso consiste na queda de um peso a partir de uma altura pré-determinada atingindo o corpo de prova apoiado no plano horizontal. Em geral, o impacto não causa a perfuração do corpo de prova, assim pode-se determinar a energia residual se necessária. Quando o peso está suspenso ele possui uma energia potencial que será convertida em energia cinética quando o mesmo for liberado. Uma vantagem desse método é a liberdade de trabalhar com corpo de provas de diversas formas ou até mesmo com a própria peça a ser estudada, sendo altamente reprodutível e com uma excelência de precisão.

A velocidade do impactador pode ser determinada a partir das equações de movimento ou utilizando sensores ópticos localizados logo acima do corpo de prova. Geralmente, o impactador é instrumentado, permitindo a obtenção de gráfico da força versus tempo, como pode conter também um transdutor de deslocamento, a fim de permitir a determinação da dissipação de energia durante o impacto. A figura 7 ilustra a máquina utilizada no impacto por queda de peso, segundo Golgino Jr, R. (2014),

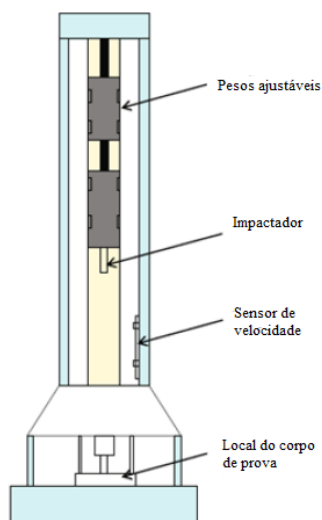


Figura 7. Equipamento de ensaio por queda de peso instrumentado.

Outra vantagem desse ensaio em relação aos ensaios Charpy e Izod é que uma grande variedade de geometrias de impactador pode ser utilizada, permitindo assim que componentes com geometrias complexas possam ser testadas, embora a norma ASTM D7136/D7136M-2007 sugere que o ensaio seja realizado utilizando um impactador com ponta semiesférica. Variações sobre o ensaio de queda de peso incluem o Teste de Gardner onde um impactador semiesférico se desloca dentro de um tubo guia e atinge uma placa circular pequena e o teste com impactador semiesférico que penetra no corpo de prova a partir de uma altura predeterminada.

A norma ASTM D7136/D7136M-2007 determina a resistência ao dano em materiais compósitos de matriz polimérica reforçada com fibras em ensaios de impacto por queda de peso. Segundo a norma, uma placa plana retangular de material compósito é sujeita a um impacto concentrado provocado por um peso ligado a um impactador semiesférico, conforme ilustrado na figura 8. A norma especifica que o tamanho da placa deve ser de 100 x 150 mm, pois este corpo de prova pode ser utilizada no teste de Compressão após Impacto (CAI) onde esse ensaio é utilizado para avaliar a resistência residual dos materiais compósitos após serem submetidos ao impacto de baixa velocidade como pode ser visto na seção 2.4.

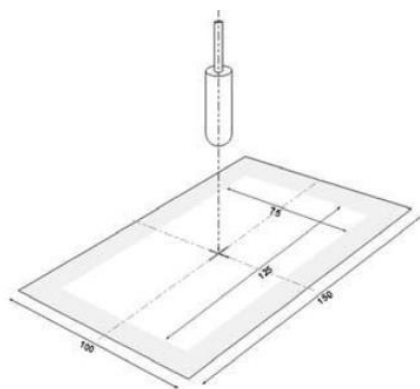


Figura 8. Esquema representativo do ensaio de impacto por queda de peso.

Baere (2007), Romariz (2008) e Silva (2011) afirmam que no ensaio de impacto por queda de peso pode ocorrer que o impactador atinja o corpo de prova várias vezes, causando múltiplos impactos, e com isso um dano excessivo na placa que não é representativo de um único impacto, assim para se evitar esse segundo impacto é necessário o uso de um anti rebote localizado entre a ponta do impactador e a placa impactada após a ocorrência do primeiro impacto.

O ensaio de queda de peso fornece vários parâmetros para análise do dano causado em materiais compósitos como, por exemplo, ponto do início do dano (P_i), ponto da força de impacto máxima (P_m), ponto da força de falha (P_f), ponto da força de impacto total (P_t), ponto do início da energia absorvida (E_i), energia absorvida no ponto de força de impacto máxima (E_m), Energia no ponto de falha (E_f) e a energia absorvida (E_t) como pode ser visto na figura 9.

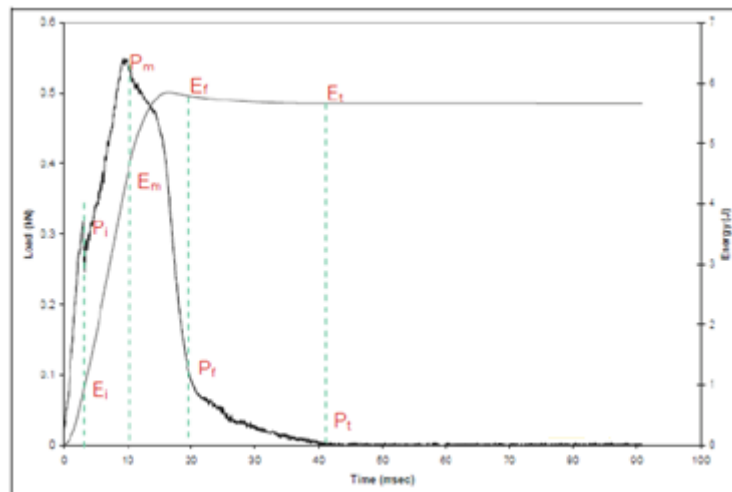


Figura 9. Parâmetros para análise do dano causado em materiais compósitos.

O ponto do início do dano e energia absorvida, P_1 e E_1 respectivamente são os primeiros desvios significativos ou descontinuidades da curva do gráfico da força de impacto em função do tempo. Estes pontos significam microfissuras perceptíveis na matriz, dano na fibra, descolamento ou ruptura das camadas em compósitos sanduíches. O ponto de força de impacto máxima (P_m) e energia absorvida no ponto de força de impacto máxima (E_m) significa a máxima penetração do impactador e o início do seu rebote. Em muitos casos o ponto inicial do dano coincide com o ponto de força máxima.

Os pontos da força de falha (P_f) e da energia de falha (E_f) representam a resposta do corpo de prova na fase final do ensaio a partir do início do rebote do impactador.

O fim do ensaio é representado pela força de impacto total (P_t) e a energia absorvida (E_t). Todos esses parâmetros são influenciados por vários fatores, como a espessura e geometria do material, orientação das fibras, progressão e acumulação do dano, e a geometria do impactador.

4. Conclusões

Diante o levantamento estudado na literatura podemos concluir:

- Os testes de impacto podem de uma forma geral, ser classificados em duas categorias com base no método utilizado na obtenção da energia de impacto: os métodos nos quais a energia de impacto é ajustada até que uma determinada fração de um lote de corpos de prova ensaiada se quebre, por exemplo, o ensaio de impacto por queda de peso e os métodos nos quais a energia cinética do martelo é relativamente maior do que a energia requerida para fraturar o corpo de prova, como por exemplo, os ensaios Charpy e Izod;
- O índice de fragilização é determinado a partir da relação entre a energia absorvida para iniciação da trinca e a energia total para completa fratura do corpo de prova;
- Fica claro ao longo do trabalho que a escolha do ensaio de impacto está relacionada à velocidade do impacto que queira trabalhar,
- O tipo de ensaio de impacto é escolhido de acordo com a aplicação do material a ser estudado;
- Para um resultado confiável, recomenda-se a realização de pelo menos três ensaios com corpos de prova do mesmo tipo, dimensões e orientação. A utilização os ensaios do tipo instrumentados também dará maior confiança nos resultados.

5. REFERÊNCIAS

- Abrate, S. (2011). Impact Engineering of Composite Structures. Local: springer wien new York
- Abrate, S. (2005). Impact Engineering of Composite Structures. V. 526, p.104-132, 2005.
- ASTM D 7136/D 7136M-05. (2005). Standard test method for measuring the damage resistance of a fiber-reinforced polymer matrix composite to a drop-weight impact event.
- Baere, I., Paeppegem, W.V., & Degrieck J. (2007). The Use of Rivets for Electrical Resistance Measurement on Carbon Fiber-Reinforced Thermoplastics. Smart Materials and Structures, Vol 16, pp.1821–1828.
- Callister, William D., & David G. Rethwisch. Materials science and engineering: an introduction. Vol. 7. New York: Wiley, 2007

- Cantwell, W.J.; Morton, J. (1991). The impact resistance of composites- a review. *Composites*. v.22, n.5, p. 347-362.
- Correa, C. A.; Yamakawa, R. S.; Hage Jr, E. Determination of the brittle-ductile transition temperature in plastics by instrumented impact test 76. *Polímeros*, v. 9, n. 1, p. 76-84, 1999.)
- Davies, R.M. (1948). A critical study of the Hopkinson pressure bar. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, v. 240, n. 821, p. 375-457.
- D'Almeida, J.R.M. & Monteiro, S.N. (1997). The Role of the Resin Matrix/Hardener Ratio on the Mechanical Properties of Low Volume Fraction Epoxy Composites. *Advanced Performance Materials*, Vol. 4, p. 285-295.
- Gatti, M. C. A. (2009). Tenacidade à fratura translaminar dinâmica de um laminado híbrido metal-fibra titânio-grafite de grau aeronáutico. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- Goldino Jr., F. (2014). Desenvolvimento de uma máquina de impacto por queda de peso para materiais compósitos. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Campina Grande.
- Hancaox, N.L. (2000). Na overview of the impact behaviour of fibre-reinforced composites, in *Impact Behaviour of Fibre-Reinforced Composite Materials and Structures*. (Eds: Reid, S.R. and Zhao, G.), Woodhead Publishing Limited, Cambridge, pp. 1-32
- Hauser FE. (1966). Techniques for measuring stress-strain relations at high strain rates. *Experimental Mechanics*; 6(8): 395 e 402.
- Hopkinson B. (1914). A method of measuring the pressure produced in the detonations of high explosives or by the impact of bullets. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*; 213(497e508): 437e56.
- Kolsky H. Kolsky, H. (1949). An investigation of the mechanical properties of materials at very high rates of loading. *Proceedings of the Physical Society. Section B*, v. 62, n. 11, p. 676.
- Krafft JM, Sullivan AM, Tipper CF. The effect of static and dynamic loading and temperature on the yield stress of iron and mild steel in compression. *Proceedings of the Royal Society of London Series A: Mathematical and Physical Sciences* (1954); 221 1144:114e27.
- Lindholm U. (1964). Some experiments with the split hopkinson pressure bar. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*; 12 (5): 317e35.
- Li Q.M. & Meng H. (2003). About the dynamic strength enhancement of concrete-like materials in a split Hopkinson pressure bar test. *International Journal of Solids and Structures*; 40(2):343e60.
- Liu, D. e Malvern, L.E. (1987). Matrix cracking in impacted glass/epoxy plates. *Journal of Composite Materials*, v.21. p 594-609.
- Macke, Th, et al. (1990). Compliance calibration during instrumented Charpy impact testing. *Engineering fracture mechanics* 37.4: 831-838.
- Meyers MA. (1994). *Dynamic behavior of materials*. New York: John Wiley and Sons, Inc. p. 23–65.
- Nair N.S., Sessa Kumar Ch.V. & Naik N.K. (2013). Ballistic impact performance of composite targets. *Materials & Design*: 51 833-846.
- Nicholas T. (1981) Tensile testing of materials at high rates of strain. *Experimental Mechanics*; 21(5): 177 e 85.
- Pinto, J.M.G.T., (2009). Avaliação do comportamento mecânico de blindagens balísticas. Dissertação – Universidade Técnica de Lisboa.
- Potter, K. (1997). *An introduction to composite products: Design, development and manufacture*. Springer-Verlag, Chapman & Hall, New York, United States, 1-38 p.
- Robinson, P.; Davies, G.A.O. (1992). Impactor mass and specimen geometry effects in low velocity impact off laminated composites. *International Journal Impact Engineering*, v. 12, n. 2, p. 189-207.
- Romariz, L. A. (2008). 144p. Dissertação Mestrado em Engenharia Mecânica - Escola politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Sjoblom, P. O, T.J Hartness and T.M Cordell (1988). Damage tolerant cork based composites for aerospace applications, *The Aeronautic Journal*, Vol. 15, No. 1171, pp. 567-575.
- Silva, J.M., Nunes, C. Z., Franco N. and Gamboa P. V. (2011) Damage tolerant cork based composites for aerospace applications, *The Aeronautic Journal*, Vol. 15, No. 1171, pp. 567-575.
- Suaris, Wimal, & Surendra P. Shah. (1983). Properties of concrete subjected to impact. *Journal of Structural Engineering* 109.7 1727-1741.

6. RESPONSABILIDADE AUTORAL

TYPES OF TESTS AND IMPACT MEASUREMENT METHODS FOR COMPOSITE MATERIALS: A REVIEW

Rayane Dantas da Cunha, rayanec.dantas@gmail.com¹

Talita Galvão Targino, talitagtargino@gmail.com¹

Ricardo Alex Dantas da Cunha, ricardo.alex@ifpa.edu.br²

Jose Ubiragi de Lima Mendes, ubiragi@ct.ufrn.br¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitário Lagoa Nova, CEP 59072-970, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

²Instituto Federal do Pará, Rodovia PA 275, s/n - Bairro União, CEP 68515-000, Parauapebas, Pará, Brasil

Abstract. *The impact study on composite materials is of paramount importance to the new materials development industry and society, since there is a significant reduction of the mechanical properties of the material, and thus the reliability of a component manufactured with this type of material It may be adversely affected. This study aims to present a literature review of studies focusing on the classification of the different rates applied in impact testing, as the types of impact tests on composite materials vary according to the use of such speed ratings, reflecting the choice the most viable method for the application of new materials in the industrial sector.*

Keywords: *impact tests, composite materials, impact velocity.*