

O PAPEL DO ENSAIO DE QUEDA NO DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGENS DE TRANSPORTE E DISTRIBUIÇÃO

INTRODUÇÃO

O ensaio de queda determina a resistência ao impacto por queda livre de produtos e embalagens. Através deste ensaio é possível se fazer, dinamicamente, uma completa avaliação das características físico-mecânicas de um determinado produto. Dentre estas características encontram-se a determinação global das características do produto/embalagem, condições de fabricação do produto/embalagem, proteção oferecida pela embalagem ao produto quando do manuseio e transporte, entre outros.

Além desta aplicação de caráter genérico, o ensaio de queda é um teste obrigatório em embalagens para transporte aéreo de artigos perigosos, segundo determinação da IATA (International Air Transport Association) e da ICAO (International Civil Aviation Organization), transformado em norma ABNT (1) pelo COBATA (Comitê Brasileiro de Aeronáutica e Transporte Aéreo).

Segundo esta determinação da ABNT, as embalagens de transporte aéreo para produtos perigosos podem ser divididas em 3 classes, segundo sua inflamabilidade:

TABELA 1. Grupos de embalagens baseados em inflamabilidade.

Grupo de embalagem	Ponto de Fulgor (Copo fechado)	Ponto Inicial de Ebulição
I		< 35°C
II	< 23°C	> 35°C
III	> 23°C. < 60,5°C	> 35°C

A altura de queda prevista na norma é dada em função da classe da embalagem mostrada na Tabela 1, e de seu conteúdo durante o ensaio. Assim, se o teste for realizado com o sólido ou líquido real a ser transportado, ou com conteúdo simulativo com as mesmas características físicas, as alturas de queda são dadas por:

Grupo I	Grupo 2	Grupo 3
1,8m	1,2m	0,8m

No caso de líquidos usando-se água como simulante, tem-se duas situações:

- Densidade relativa do produto a ser transportado menor ou igual a 1,2:

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
1,8m	1,2m	0,8m

- Densidade relativa do produto a ser transportado maior que 1,2:

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
dr x 1,5m	dr x 1,0m	dr x 0,67m

arredondando-se os valores obtidos para o primeiro algarismo decimal.

Com base nestes valores percebe-se que grandes alturas de queda podem, facilmente, ser necessárias.

METODOLOGIAS DE ENSAIO

São três os métodos conhecidos para a realização do ensaio de queda:

1. MÉTODO DA ALTURA DE QUEDA ESTÁTICA

Neste método é escolhida uma altura fixa de queda de onde são soltas um certo número de amostras. Após isto, calcula-se a porcentagem de embalagens que falharam ou que não falharam. Este método é o mais utilizado em controle de qualidade por ser o mais rápido e é o método recomendado pela ABNT (2).

2. MÉTODO DE IMPACTO À QUEDA CUMULATIVO

Neste método a mesma amostra é solta de uma altura de queda crescente até que ocorra a falha da embalagem. Este procedimento é então repetido para todo um lote de amostras. Após isto, através de cálculos ou por meios gráficos, calcula-se a média cumulativa de falha. É um método mais voltado à pesquisa que pode ser utilizado na avaliação de embalagens resistentes e na determinação da sensibilidade à fadiga da embalagem.

3. MÉTODO DA ESCADA DE BRUCETON OU "UP-AND-DOWN"

A altura média de falha (altura onde, estatisticamente, 50% das embalagens irão falhar) é uma grandeza impossível de ser medida. Isto porque a partir do instante que um ensaio é feito, a amostra é alterada, mesmo em caso de não-falha. Desenvolveu-se, então, o método "up-and-down", que consiste em se escolher uma altura de queda inicial e um fator de variação constante (intervalo) e soltar-se uma amostra desta altura. Em caso de falha da amostra a altura é diminuída de uma vez o intervalo. Caso contrário, a altura é aumentada de um intervalo.

A principal vantagem deste método é que ele, automaticamente, concentra os valores do teste ao redor do valor médio. Obviamente, ele não é muito eficiente para determinação de pontos de pequena ou grande porcentagem de falha. Este método assume que a distribuição das ocorrências ao redor da média é uma distribuição normal.

Normalmente, neste método são usadas 25 amostras, sendo 5 para a determinação da altura de queda inicial e estimativa do intervalo, e as 20 restantes para a realização do ensaio. Em qualquer experimento feito por este método, o número total de não-falhas será aproximadamente igual ao número total de falhas. Para a estimativa de μ (média) e de σ (desvio padrão) o método considera apenas os eventos que ocorreram em menor número, sejam eles falha ou não-falha.

Supondo agora que um ensaio tenha sido realizado, seja N o total de eventos com menor ocorrência, e sejam $n_0, n_1, n_2, \dots, n_k$ as frequências de ocorrência em cada altura de queda, com n_0 correspondente à menor altura e n_k à maior. Conseqüentemente $\sum n_i = N$.

Segundo as referências (3) e (4) a estimativa de μ e σ são baseadas nos dois primeiros momentos de h (altura de queda) com as frequências n_i . Mas desde que as alturas sejam igualmente espaçadas, os momentos podem ser escritos em termos de duas somatórias:

$$A = \sum i n_i \quad B = \sum i^2 n_i$$

Assim pode-se dizer que a estimativa de μ , é:

$$H = h_0 + d \left[\frac{A}{N} \pm \frac{1}{2} \right]$$

sendo h_0 a menor altura onde o evento menos freqüente ocorreu. O sinal positivo é usado onde o número de não-falhas é menor que o de falhas, e o negativo onde o número de falhas é menor que o de não-falhas.

A estimativa de σ é dada por:

$$s = 1.620d \left[\frac{S_h^2}{d^2} + 0,029 \right]$$

com

$$S_h^2 = \frac{\sum h_i^2 n_i - (\sum h_i n_i)^2 / N}{N - 1}$$

O EQUIPAMENTO DO CETEA

O Laboratório de Transporte e Distribuição do CETEA conta com um equipamento destinado à realização de ensaio de queda com capacidade de carga de 400kg, altura de queda de 6 metros e abertura de plataforma de até 1 metro. O sistema de soltura é eletro-pneumático, acoplado a um sistema de plataformas com dois graus de liberdade, o que proporciona um exato posicionamento de queda. A base de impacto consiste em uma massa sísmica de cerca de 25 toneladas, coberta com uma chapa de aço de 1/2" de espessura. Desse modo, o CETEA se encontra equipado e capacitado tecnicamente para realizar todos os ensaios descritos neste artigo. Este serviço estará disponível aos associados do CETEA, bem como às empresas em geral, a partir do mês de abril de 1992.

Vale ainda salientar que esses não são os únicos ensaios de queda livre que podem ser feitos. Existem outros testes de caráter mais qualificativo, que procuram responder se a embalagem é ou não é adequada, sendo que neste artigo procurou-se tratar dos métodos de caráter quantitativo, que são mais relevantes no processo de desenvolvimento das embalagens.

BORDIN, M. R. & GARCIA, A. E.

Referências Bibliográficas

- (1) ABNT NBR 10845 - Transporte Aéreo de Produtos Perigosos - Embalagem. São Paulo, ABNT, 1989, 68p.
- (2) ABNT Projeto nº 23:05.08-001/1986 - Determinação da resistência de impacto à queda de recipientes termoplásticos moldados por sopro. São Paulo, ABNT, 1986, 3p.
- (3) DIXON, W. J., MOOD, A. M., "A method for obtaining and analyzing sensitivity data", *Journal of the American Statistical Association*, 43:10-9, 1948.
- (4) DIXON, W. J., MASSEY, Jr., F. J., "Introduction to Statistical Analysis", Third Edition, New York, McGraw-Hill Book Co., Inc., 1969, Chapter 19.