

## RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS COMPONENTES DO PAPELÃO ONDULADO (CAPA + MIOLO) - UMA ANÁLISE DAS DIFERENTES METODOLOGIAS

Um dos requisitos mais importantes das caixas de papelão ondulado durante a estocagem e distribuição de produtos é suportar o empilhamento sem colapsar.

Em 1963, Mckee *et alii* demonstraram que a resistência à compressão das caixas de papelão ondulado dependia principalmente da resistência à compressão de coluna do material, além da rigidez e geometria da caixa. A resistência à compressão de coluna do papelão ondulado é definida como a resistência de parte de uma das paredes da caixa, com as ondas perpendiculares ao sentido da compressão (Figura 1).

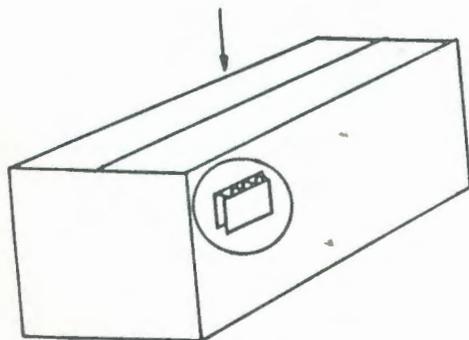


FIGURA 1. Resistência à compressão de coluna.

O valor da resistência à compressão de coluna do papelão ondulado, aqui definido como ECT (edge crush test), também pode ser determinado pela soma da resistência a compressão dos seus componentes (capa + miolo), sendo expresso pela seguinte equação:

$$ECT = L_1 + \alpha M + L_2$$

onde:

$L_1$  = resistência à compressão da capa 1

$L_2$  = resistência à compressão da capa 2

$M$  = resistência à compressão do miolo

$\alpha$  = relação entre o comprimento inicial do papel miolo e o comprimento final após a ondulação.

O valor de  $\alpha$  é de aproximadamente 1,32 e 1,42 para as ondas B e C, respectivamente.

Desta forma, grande ênfase vem sendo dada à determinação da resistência à compressão dos componentes do papelão ondulado como forma de prever a resistência da estrutura final antes mesmo de sua fabricação.

Os vários métodos utilizados para a determinação da resistência à compressão da capa e miolo do papelão ondulado são: o CLT (crush liner test); o RCT (ring

crush test); o CCT (corrugated crush test) e mais recentemente o SCT (short-span compression test).

Trabalhos realizados comparando os 4 diferentes métodos de ensaio citados demonstraram haver uma variação na resistência a compressão do material dependendo do método utilizado, como pode ser verificado pela Figura 2, na qual é colocado o índice de compressão (teoricamente independente da gramatura) versus a gramatura do material).

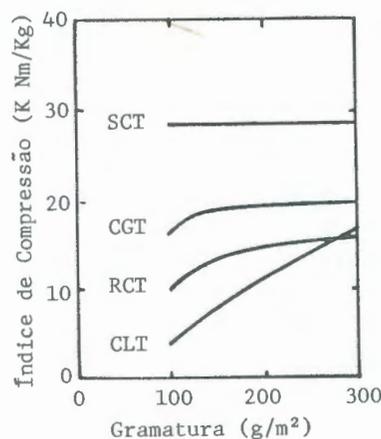


FIGURA 2. Índice de compressão em função da gramatura para os ensaios de CLT, RCT, CCT e SCT.

Pela Figura 2 verifica-se claramente que o índice de compressão obtido nos ensaios CLT e RCT aumenta com o aumento da gramatura, porque para papéis com gramatura abaixo de  $160 - 180 \text{ g/m}^2$  para o CLT, e abaixo de  $120 - 130 \text{ g/m}^2$  para o RCT, as falhas também ocorrem por flexão do corpo-de-prova e não apenas por compressão que é o objetivo do ensaio. Portanto, estes métodos de ensaio, nas gramaturas mencionadas não medem a compressão real do material.

O ensaio CCT, embora apresente os valores do índice de compressão mais constantes com a variação da gramatura do que os obtidos para o CLT e o RCT, resulta em valores mais baixos, quando comparado com os obtidos no ensaio SCT. Esta redução pode acontecer devido ao aquecimento do material durante a formação das ondas, embora fosse esperado uma maior redução com o aumento da gramatura.

Como mencionado, a variação dos valores de compressão obtidos com as metodologias CLT, RCT e CCT é atribuída principalmente ao fato de nesses métodos de ensaio o colapso do material não ocorrer apenas por compressão mas também por flexão, havendo uma influência significativa da gramatura e densidade do material nessa propriedade. Além disso, pequenos desvios no corte da amostra e no paralelismo das placas de

compressão têm grande influência no resultado do ensaio pela ocorrência de concentração de força em certas regiões do corpo-de-prova.

Um exemplo dos dispositivos empregados para prender o corpo-de-prova nos métodos de ensaio CLT, RCT e CCT é apresentado na Figura 3.

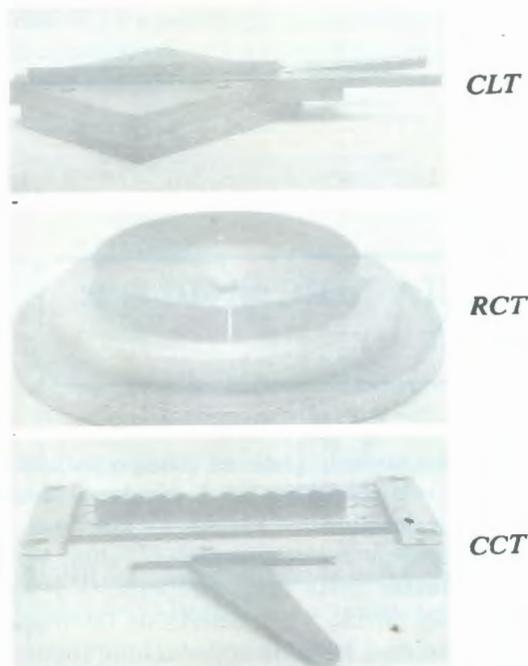


FIGURA 3. Dispositivos para prender o corpo-de-prova nos ensaios de CLT, RCT e CCT.

Nos três métodos de ensaio, o corpo-de-prova é de 12,7mm de largura por 152mm de comprimento, o qual é preso nos dispositivos, ficando uma largura livre para compressão de 6,35mm. A diferença entre os três métodos está na configuração geométrica do corpo-de-prova.

Na determinação da resistência à compressão pelo método SCT (short-span compression test), o corpo-de-prova é preso entre duas garras, ficando apenas 0,7mm livre para o ensaio (Figura 4).

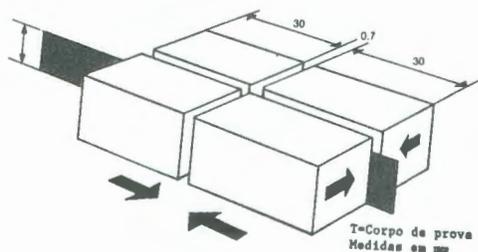


FIGURA 4. Dispositivo para prender o corpo-de-prova no ensaio SCT.

De acordo com dados da literatura, a compressão real de um material é obtida apenas para uma pequena faixa de comprimento do corpo-de-prova, a qual

é menor que 1,0mm para papéis com gramatura de 100g/m<sup>2</sup> e menor que 2,0mm para papéis com gramatura de 300g/m<sup>2</sup>. O comprimento máximo do corpo-de-prova permitido para que ocorra a compressão real, sem flexão, é de aproximadamente 6 vezes a espessura do material.

Desta forma, uma vez que o comprimento do corpo-de-prova no ensaio de SCT é de apenas 0,7mm, este vem sendo apontado como o único ensaio que determina a compressão real do material.

A determinação da resistência à compressão de papéis pelo método SCT vem se tornando aceita internacionalmente pela sua precisão e rapidez, tanto por parte dos produtores de papelão ondulado como pelos convertedores, como forma de otimizar a resistência à compressão de caixas através do controle dos componentes do papelão ondulado.

No Brasil, o único ensaio utilizado para determinação da resistência à compressão dos componentes do papelão ondulado é o RCT ou ensaio de esmagamento de anel, como é definido pela ABNT.

Sendo o RCT o método de ensaio mais comumente utilizado no Brasil e com base nas considerações feitas até aqui sobre sua validade para prever a resistência à compressão de papéis, o CETEA realizou um trabalho de modo a comparar a eficiência do ensaio de RCT na previsão da resistência à compressão dos componentes do papelão ondulado. Também foi incluída neste estudo a determinação da resistência à compressão do papel miolo através do ensaio de CCT.

Aplicando os dados obtidos no trabalho na equação

$$ECT = L_1 + \alpha M + L_2$$

obtiveram-se as seguintes relações:

$$ECT = 1,37(RCT_e + RCT_i + \alpha RCT_m) + 0,43 \quad (1)$$

onde:

ECT = resistência à compressão de coluna do papelão ondulado

RCT<sub>e</sub> = esmagamento de anel da capa externa

RCT<sub>i</sub> = esmagamento de anel da capa interna

RCT<sub>m</sub> = esmagamento de anel do papel miolo

$\alpha = 1,42$

$$ECT = 1,10(RCT_e + RCT_i + \alpha CCT_m) + 0,07 \quad (2)$$

onde:

ECT = resistência à compressão de coluna do papelão ondulado

RCT<sub>e</sub> = esmagamento de anel da capa externa

RCT<sub>i</sub> = esmagamento de anel da capa interna

CCT<sub>m</sub> = compressão do papel miolo ondulado

$\alpha = 1,42$

Nota: O ensaio ECT foi realizado de acordo com a norma NBR 6797, da ABNT - Papelão ondulado: determinação da resistência à compressão de coluna.

A correlação obtida para as equações (1) e (2) foi de 0,98 e 0,99, respectivamente, indicando haver uma boa relação entre a resistência do papelão ondulado e a soma da resistência de seus componentes.

Entretanto, a resistência à compressão calculada através dos dados obtidos com o ensaio de RCT foi apenas 67% da resistência obtida para a estrutura do papelão ondulado. Esses dados vêm de encontro aos citados em vários trabalhos na literatura, que indicam que o ensaio de RCT mede apenas de 30 a 60% da compressão real do material, dependendo da sua espessura.

Quando substituímos o ensaio de RCT pelo de CCT para o papel miolo, a compressão calculada pela soma da resistência dos componentes foi de 90% da obtida para a estrutura, indicando ser este método de ensaio mais adequado para avaliação da resistência do papel miolo.

Maiores detalhes deste trabalho podem ser obtidos junto ao CETEA .

ARDITO, E.F.G.