

CARTÃO: GRAMATURA OU RIGIDEZ?

Anna Lúcia Mourad

A escolha de um determinado tipo de cartão sempre esteve relacionada à gramatura do cartão, que sem dúvida é um importante parâmetro relacionado à qualidade do mesmo.

O padrão britânico de 1967, o BS 1133 indicava um gráfico correlacionando o peso bruto da embalagem e a espessura do cartão. As faixas de espessura são indicadas por S para pequenos volumes ($V < 0,44L$) e por L para volumes até 2,7 L. As faixas marcadas por A podem ter volumes maiores que 2,7 L.

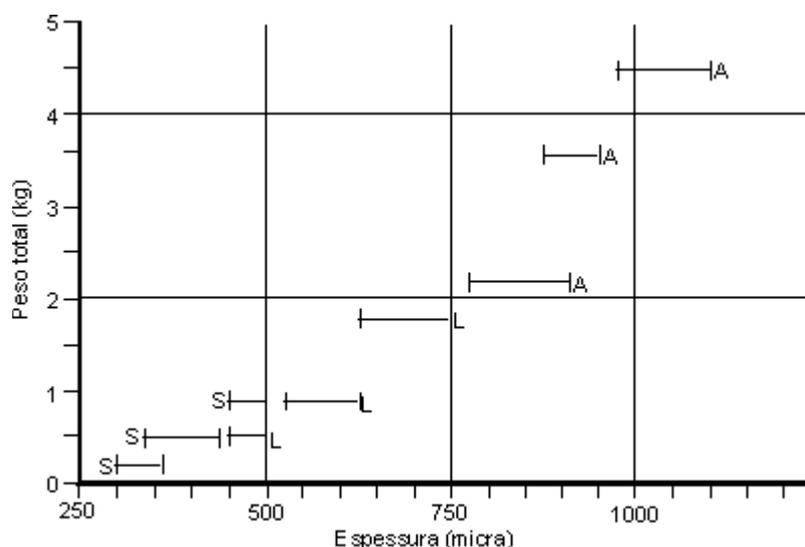


FIGURA 1. Espessuras sugeridas para cartões por volume e peso total da embalagem.

Esta abordagem simples dá uma boa indicação do nível de qualidade necessário para determinado conteúdo líquido, porém não permite otimizações de material e não dá maior segurança da adequação do material escolhido à finalidade à que se destina. Em 1986, o BS 1133 substituiu a espessura pela rigidez do cartão. Para comprar rigidez de maneira economicamente eficaz deve-se saber qual o nível de rigidez requerida para dar a resistência ao cartão necessária em função de seu design e qual fornecedor oferece um cartão à um menor preço, expresso como custo por unidade de área.

A importância da correlação da performance à rigidez na máquina de cartão reflete-se no grande número de estudos já publicados. Os últimos estudos tem demonstrado que a rigidez é influenciada pela construção da máquina de cartão, pela forma como as camadas de polpa são formadas e pela espessura e arranjo das camadas de cartão. As propriedades normalmente desejadas reúnem boa superfície de impressão com alta rigidez, alta espessura e baixa gramatura e custo por área unitária. A maioria destes estudos demonstraram que as propriedades desejadas estão interrelacionadas e dependentes da máquina de cartão e que, não é possível mudar apenas um fator sem

afetar as demais propriedades. A velocidade de produção, por exemplo, influencia nas propriedades mecânicas na direção de fabricação (DF) e na direção transversal (DT). Os equipamentos mais recentes tem sido projetados para reduzir as diferenças de propriedades nas duas direções.

Compressão vs Rigidez do Cartucho

Para discutir estes parâmetros dois aspectos são fundamentais:

- A resistência à compressão deve ser adequada ao peso a ser suportado.

A relação entre o peso a ser suportado e a resistência à compressão de caixas é bastante conhecida e praticada no mercado. O peso a ser suportado é o peso que o cartucho inferior de uma pilha tem que resistir. Considerando-se os fatores de perda de resistência à compressão de materiais celulósicos estima-se a resistência à compressão necessária para a embalagem.

- Tamanho e geometria do cartucho e sua orientação em relação à compressão.

A primeira consideração é decidir que rigidez do cartão seria necessária para resistir à distribuição e estocagem de forma a garantir a integridade da embalagem até chegar ao consumidor final. Tem-se assim que:

Rigidez é função de: resistência à compressão(R_c), dimensões (D) e orientação do cartucho (O).

$$R = f(R_c).(D).(O)$$

Sabe-se também que gramatura é função da rigidez:

$$G = f(R)$$

e ainda que o custo por área unitária(C/A) é função da gramatura (G)e preço por tonelada(P/t).

$$C/A = f(G).(P/t)$$

Resistência à compressão, dimensões, rigidez, são valores facilmente determináveis por metodologia padronizada. O problema está em definir as funções exatas que as relacionam.

A relação entre a gramatura e a rigidez pode ser determinada por uma representação gráfica destas duas grandezas para diversos materiais de diferentes fabricantes. A Figura 2 mostra uma representação destas correlações para as duas direções de fabricação do cartucho.

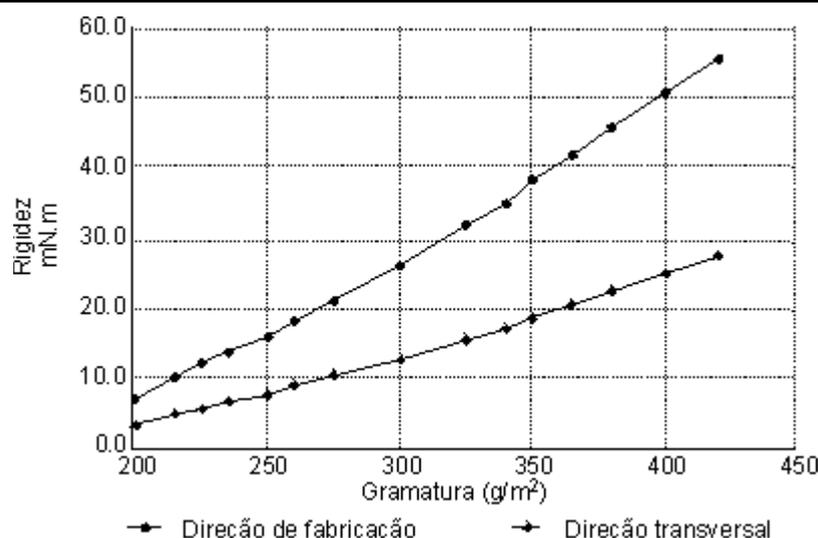


FIGURA 2. Variação da rigidez com a gramatura.

Utilizando-se técnicas de regressão encontrou-se a seguinte correlação das duas grandezas:

$$G = a(R)^b$$

A gramatura é expressa em g/m^2 e a rigidez em mNm , determinada no aparelho tipo Taber, à $23^\circ C$ e 50% UR.

As constantes a e b foram obtidas por regressão linear. No Quadro 1 podem ser vistos os resultados. A exatidão desta equação pode ser avaliada pela proximidade com a qual a equação prevê a gramatura original a partir dos valores de rigidez. Dois parâmetros de precisão são mostrados no Quadro 1. O erro da 1ª coluna dá o desvio máximo de qualquer valor de gramatura previsto e o da 2ª coluna o desvio médio para todos os pontos do cartão. Os desvios máximos da ordem de 5% e os valores médios ao redor de 1% são atribuídos à tolerância dada pelos fabricantes na variação das propriedades do cartão.

QUADRO 1. Coeficientes da regressão linear. Dados de gramatura e rigidez.

Cartão	Coeficientes DF		Coeficientes DT		Erro máximo	Erro médio	
	a	b	a	b		DF	DT
A	131.76	0.321	153.70	0.350	1.1	0.57	0.64
B	116.63	0.364	155.09	0.369	0.6	0.45	0.44
C	123.47	0.361	152.93	0.383	3.7	1.00	1.27
D	91.83	0.368	122.36	0.361	7.0	1.80	1.80
E	94.92	0.353	116.86	0.389	1.5	0.46	1.03
F	102.00	0.351	134.40	0.345	4.5	1.68	1.89
G	116.16	0.297	139.63	0.308	4.1	1.55	1.67
H	134.56	0.315	151.26	0.346	4.9	1.74	1.71
I	118.04	0.323	152.93	0.320	2.1	0.99	0.71

Cartões podem diferir em gramatura em até 10% do valor nominal e a rigidez em até 15%.

Se uma melhor aproximação é necessária, utilizando-se uma regressão polinomial chega-se à uma equação mais próxima à real. A equação tem a forma:

$$G = a + bR + cR^2 + dR^3$$

Este polinômio tem 4 constantes a, b, c e d e os valores para eles estão mostrados no Quadro 2.

QUADRO 2. Coeficientes da regressão polinomial. Dados de gramatura e rigidez.

Cartão	Coeficientes na direção de fabricação				Coeficientes na direção transversal			
	a	b	c	d	a	b	c	d
A	157.7	14.8	-0.346	3.6×10^{-3}	150.0	29.8	-1.31	2.72×10^{-2}
B	152.6	14.0	-0.25	2.1×10^{-3}	147.8	32.7	-1.37	2.71×10^{-2}
C	176.1	12.3	-0.18	1.4×10^{-3}	141.1	34.8	-1.45	2.73×10^{-2}
D	153.2	6.8	-0.058	3.7×10^{-4}	155.4	13.9	-0.24	2.98×10^{-3}
E	121.0	11.2	-0.215	1.9×10^{-3}	140.1	18.8	-0.59	1.31×10^{-2}
F	153.3	8.2	-0.009	5.3×10^{-4}	157.5	16.1	-0.33	4.40×10^{-3}
G	163.1	6.5	-1.65	1.2×10^{-3}	159.2	15.1	-0.4	9.61×10^{-3}
H	134.6	22.1	-1.02	2.3×10^{-2}	122.1	40.3	-2.17	7.95×10^{-2}
I	148.3	12.1	-0.279	3.4×10^{-3}	149.8	26.0	-1.21	3.02×10^{-2}

A complexidade destas equações para obtenção dos gráficos pode parecer trabalhosa mas seu cálculo e uso traz algumas vantagens. Uma delas é que informações de muitos cartões podem ser sumarizados no formato de uma planilha como no Quadro 3. Dados adicionais das características dos cartões podem ser armazenados juntamente com estes coeficientes, tais como a espessura, a lisura e alvura.

Com estas equações torna-se possível entrar com a rigidez desejada e calcular-se a gramatura correspondente para cada tipo de cartão. Pode-se dar início então ao 3º estágio desta abordagem com relação ao custo e performance dos cartões. É necessário que o custo por tonelada de cada tipo de cartão seja conhecido. O Quadro 4 mostra a coluna de custo em branco como um valor que deve ser introduzido. Obtém-se assim o custo por m² de cada gramatura. Cartões D e G possuem a menor gramatura para um mesmo nível de rigidez, mas terão eles o mesmo preço? As últimas 4 colunas indicam características dos cartões associadas às propriedades de impressão, fornecendo dados adicionais para a seleção de um determinado tipo de cartão.

QUADRO 3. Comparação das propriedades de diferentes cartões.

Cartão	Custo (R\$/t)	Rigidez	Coeficientes DT		Gramatura calculada	Custo / m2	Método de impressão	Brilho	Lisura	Alvura
			a	b						
			153.70	0.350						
			155.09	0.369						
A	?	12	152.93	0.383	367	?	T,L	25	<50	79
B	?	12	122.36	0.361	388	?	T,L	45	<100	79
C	?	12	116.86	0.389	396	?	T,L,G	34	<100	79
D	?	12	134.40	0.345	300	?	T,L,G	40	<30	83
E	?	12	139.63	0.308	307	?	T,L,G	55	<35	83
F	?	12	151.26	0.346	317	?	T,L,G	45	<20	84
G	?	12	152.93	0.320	300	?	T,L,G	55	<50	83
H	?	12	152.93	0.320	357	?	T,L,G	30	20	94
I	?	12	151.26	0.346	339	?	T,L,G	35	-	86

Método de impressão:

T = tipografia

L = litografia

G = rotogravura

Este procedimento é sugerido para a seleção do cartão mais custo efetivo e funcional quando se tem uma determinada rigidez a ser alcançada.

Estudos complementares relacionando-se a rigidez à resistência à compressão e dimensões e orientação das fibras nos cartuchos foram realizados e obteve-se a seguinte equação através da técnica de regressão múltipla.

$$R_{f, DT} = \frac{0,551 \cdot (C)^{0,946} \cdot (A)^{0,025}}{(P)^{0,253}}$$

Onde:

Rf, DT=Rigidez na direção transversal à fabricação (mNm)

C= Resistência à compressão (N)

A=Altura do cartucho (mm)

P=Perímetro (mm)

A influência da altura na função é bastante significativa. Esta equação mostra, como esperado, a necessidade de maiores valores de RDT com o aumento da resistência à compressão e cai com o aumento do perímetro.

Embora estes estudos não terem ainda sido realizados par os cartões da indústria brasileira e portanto as constantes destas equações podem diferir do material nacional,

tem-se boas indicações de como estas importantes propriedades interrelacionam-se trazendo subsídios para processos de otimização e redução de custos tão necessários nos nossos trabalhos diários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HINE, D. **Cartons and Cartoning**, Surrey: PIRA, 1999. 382p.