

---

\* Elizabeth de  
Fatima Gazeta  
Ardito

---

\*\* José de Assis  
Fonseca Faria

---

\*\*\* Thomas  
Urbanik

---

## Desempenho do Papelão Ondulado em Diferentes Condições de Umidade Relativa

Performance of the corrugated Fibreboard in Different Conditions Of Relative Moisture/  
*Desempeño del cartón ondulado en diferentes condiciones de humedad relativa*

**Palavras-chave:** papelão ondulado, umidade cíclica, compressão, flexão, taxa de fluência, higroexpansão

### 1. Introdução

O desempenho do papelão ondulado tem sido avaliado por meio de ensaios padronizados, em condições constantes de temperatura e umidade relativas. Vários trabalhos realizados indicam que esses ensaios podem prever, com segurança, o desempenho do papelão ondulado quando exposto a ambientes com 50% de umidade relativa (McKEE et al. 1963, JOHNSON & URBANIK, 1989).

Entretanto, os ensaios realizados em condições padronizadas de temperatura e umidade relativas não são adequados para avaliar o desempenho do papelão ondulado quando submetido às condições de umidade cíclica que ocorrem naturalmente no sistema de distribuição, pelas mudanças climáticas ou entrada e saída de produtos de câmaras frigoríficas (SYMPOSIUM, 1992, JÖNSON, 1999).

Sabe-se que em ambientes com alta umidade relativa o papelão ondulado absorve água e perde resistência. Essa perda é muito mais acentuada, se o papelão ondulado for exposto a condições de umidade relativa cíclica. O ganho e perda de umidade, em condições de umidade relativa cíclica, levam o papelão a colapsar muito mais rapidamente, mesmo que o conteúdo de umidade médio seja menor do que em condições de umidade relativa alta (BYRD, 1972, MARCONDES, 1994).

The objective of this study was to determine the corrugated board performance at cyclic environment in order to obtain a relationship between relative humidity and the strength loss of corrugated board materials.

The studied materials were two types of linerboards and mediums (virgin and recycled) made into five combined boards. The combined boards were subjected to bending and Compression tests at standard relative humidity and high relative humidity conditions. Creep rate of boards was measured in a cyclic relative humidity as was top-to-bottom creep of tubes made from the combined boards.

Results of cyclic creep tests on combined board made with recycled components exhibited higher hygroexpansive strain, higher creep rates and more creep failure. Material hygroexpansivity was directly related with material creep rate. Combined board made from all recycled components (RRR) had the highest minimum creep rates along with the largest hygroexpansive amplitudes. Conversely, combined board made from all virgin components (VVV) had the lowest minimum creep rates and the smallest hygroexpansive amplitudes. The static compression strength tests detected no statistical difference ( $p \leq 0,05$ ) in performance of two vastly different combined board (VVV) and (RRR). One test that did show a distinction between the two extreme materials was the bending test. A strongest relationship was obtained between creep rate and a stiffness property characterized by the universal slenderness of the panels of corrugated tubes.

---

\* DOUTORANDO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS DA UNICAMP; \*\*PROF. DR. DA FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS DA UNICAMP; \*\*\*PESQUISADOR DO FOREST PRODUCTS LABORATORY - MADISON - WI - EUA.

No caso de materiais reciclados a deterioração das fibras, com oscilações da umidade relativa, é significativamente maior (MARCONDES, 1994).

A falta de conhecimento do comportamento do papelão ondulado em ambiente com umidade cíclica, principalmente dos materiais reciclados, tem levado a indústria a usar fatores de segurança muito elevados, aumentando o uso de fibras e, conseqüentemente, o custo do material, ou a especificar embalagens inadequadas.

Torna-se necessário, portanto, aprofundar o conhecimento dos fatores que influenciam o desempenho das embalagens de papelão ondulado quando expostas a ambientes com variações de umidade relativa, principalmente, as com componentes reciclados.

Os resultados deste estudo permitirão implantar técnicas analíticas que traduzam melhor o desempenho das caixas de papelão ondulado no sistema de distribuição, com conseqüente especificação de embalagens mais adequadas.

## 2. Materials

Foram utilizadas no estudo cinco estruturas de papelão ondulado de parede simples, onda C, com as seguintes composições:

**Estrutura I** - capa externa e interna de papel *kraft* de 205 g/m<sup>2</sup> e miolo semiquímico de 127 g/m<sup>2</sup>, codificada com VVV; **Estrutura II** - capa externa e interna de papel reciclado de 205 g/m<sup>2</sup> e miolo de papel reciclado de 127 g/m<sup>2</sup>, codificada como RRR, **Estrutura III** - capa externa de papel reciclado de 205 g/m<sup>2</sup>, capa interna de papel *kraft* de 205 g/m<sup>2</sup> e miolo semiquímico de 127 g/m<sup>2</sup>, codificada com RVV; **Estrutura IV** - capa externa de papel *kraft* de 205 g/m<sup>2</sup>, capa interna de papel reciclado de 205 g/m<sup>2</sup> e miolo semiquímico de 127 g/m<sup>2</sup>, codificada como VVR, e **Estrutura V** - capa externa de papel *kraft* de 205 g/m<sup>2</sup>, capa interna de papel reciclado de 205 g/m<sup>2</sup> e miolo de papel reciclado de 127 g/m<sup>2</sup>, codificada como VRR.

Os dois tipos de papéis capa (*kraft* e reciclado) e os dois tipos de papéis miolo (semiquímico e reciclado) foram fornecidos pela CKPG - *Containerboard and Kraft Paper Group*, Washington, DC, EUA, sendo papéis comercialmente disponíveis.

As estruturas de papelão ondulado foram produzidas em uma planta piloto do *Institute of Paper Science and Technology* (IPST) - Atlanta- GA, EUA. A cola-gem das capas e ondas foi efetuada com adesivo comum à base de amido na quantidade de 10g/m<sup>2</sup>.

O estudo foi conduzido nos laboratórios do *Forest Products Laboratory* - Madison - WI- EUA.

## 3. Metodologia

O estudo foi conduzido em três condições de umidade relativa: (1) condição de umidade relativa constante, padronizada pela Norma TAPPI Tom-93, de 23°C/50%UR; (2) condição de umidade relativa alta constante de 23°C/90%UR; e (3) condição de umidade relativa cíclica, com variações senoidais entre 50 e 90%UR, com o tempo de um ciclo completo igual a 12 horas (URBANIK & LEE, 1994).

Nas condições de umidade relativa constante (23°C/50%UR e 23°C/90%UR) as estruturas de papelão ondulado foram avaliadas quanto a resistência à compressão de coluna (TAPPI T 811 om-88 *Edgewise compressive strength of corrugated fiberboard - short column test*) e quanto a rigidez à flexão (TAPPI T820 cm-85 - *Flexural stiffness of corrugated board*). Tubos, construídos com cada uma das cinco estruturas, medindo 203,2 x 203,2 x 203,3 mm, foram submetidos ao ensaio de compressão na condição padronizada de 23°C/50%UR (TAPPI T 804 om-89 *Compression test of fiberboard shipping container*).

Na condição de umidade cíclica as estruturas de papelão ondulado foram avaliadas quanto à taxa de fluência da estrutura (ECT creep test) e taxa de fluência da embalagem (*top-to-bottom compressive creep test*). A determinação da taxa de fluência

da estrutura de papelão ondulado foi realizada, utilizando-se um equipamento desenvolvido no *Forest Products Laboratory* por GUNDERSON & LAUFENBERG (1994), denominado XY-Table.

A dimensão e o formato do corpo-de-prova usados no ensaio são semelhantes aos especificados no ensaio de resistência à compressão de coluna, de acordo com a Norma TAPPI T811 om-88 *Edgewise compressive strength of corrugated fiberboard - short column test*, sendo, portanto, denominado *ECT Creep Test*. A carga utilizada no ensaio foi de 78.4N. Este valor foi determinado com base nos dados obtidos no ensaio de resistência à compressão de coluna realizado a 23°C/50%UR, procurando-se um tempo de falha igual a sete dias, conforme sugerido por CONSIDINE et al. (1992).

A taxa de fluência da embalagem foi determinada, utilizando-se tubos, iguais aos usados no ensaio de compressão, cheios com grãos de soja contidos em um saco plástico, conforme sugerido por LEAKE (1988), para simular a condição real caixa + conteúdo. Os tubos foram submetidos a uma força constante igual a aproximadamente 30% do valor de resistência à compressão de cada tubo determinada pela Norma TAPPI T 804 om-89 *Compression test of fiberboard shipping container*. A força usada para todos os tubos foi igual a 578 Newtons.

O cálculo da menor taxa de fluência (*minimum creep rate*) e da amplitude de histerese das estruturas de papelão ondulado e dos tubos foi efetuado, utilizando-se o modelo matemático descrito em URBANIK (1994).

Os resultados dos ensaios foram comparados estatisticamente por meio de análise de variância (ANOVA) e comparação múltipla de Bonferroni. Os resultados da análise estatística foram incorporados a gráficos de barra na forma de uma linha sólida. As barras unidas por uma mesma linha indicam as estruturas que não diferem estatisticamente ao nível de 5% de erro.

#### 4. Resultados e discussão

Os dados de resistência à compressão de coluna das estruturas de papelão ondulado obtidos para as condições constantes de umidade relativa padronizada (23°C/50%UR) e de umidade relativa alta (23°C/90%UR), são apresentados na Figural.

É importante notar que, para o ensaio realizado na condição de 23°C/50%UR, a resistência à compressão de coluna da estrutura I (VVV), com todos os componentes virgens, não diferiu significativamente, ao nível de 5% de erro, da resistência à compressão de coluna da estrutura II (RRR), com todos os componen-

Para a condição de 90% UR, a estrutura I (VVV) apresentou resistência à compressão de coluna estatisticamente superior que a estrutura II (RRR) embora, para todas as estruturas estudadas, os valores de compressão de coluna não tenham sido muito diferentes entre si.

Os resultados obtidos na determinação da rigidez à flexão das estruturas de papelão ondulado, nas direções DF (direção de fabricação) e DT (direção transversal fabricação), para a condição padronizada de 23°C/50%UR e para a condição de umidade relativa alta (23°C/90%UR), são apresentados nas figuras 2 e 3, respectivamente.

Pelos dados das figuras 2 e 3 verifica-se que, para as duas condições de umidade relativa, a estrutura II (RRR), com todos os componentes reciclados, apresentou rigidez à flexão estatisticamente inferior às demais estruturas, ao nível de 5% de erro.

Os dados obtidos na determinação da resistência à compressão dos tubos, realizada a 23°C/50%UR, são apresentados na figura 4. Pelos dados da figura 4 nota-se que a resistência à compressão de tubos fabricados com as estruturas I (VVV) e II (RRR) não apresentou diferença significativa entre si. Esse mesmo comportamento foi observado na determinação da resistência à compressão de coluna dessas estruturas a 23°C/50%UR, confor-

Figura 1. Resistência à compressão de coluna das estruturas de papelão ondulado, a 23°C/50%UR e a 23°C/90%UR

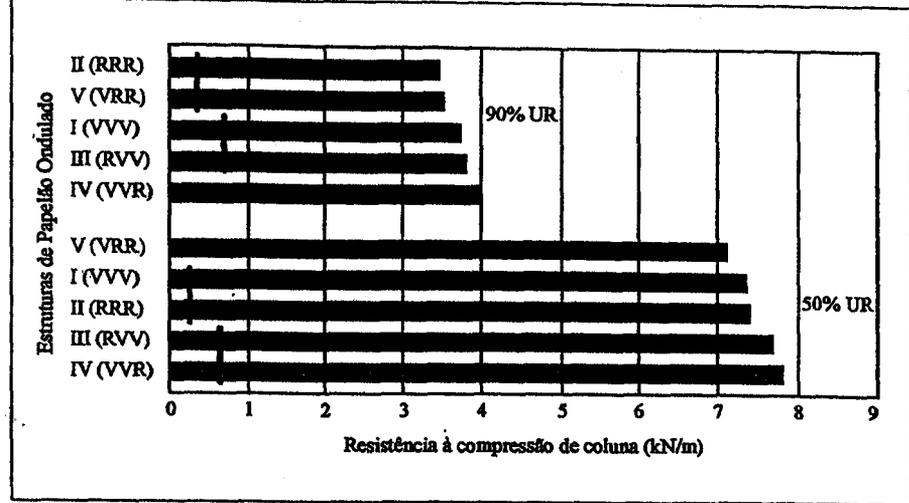


Figura 2. Rigidez à flexão das estruturas de papelão ondulado, nas direções DF e DT, a 23°C/50%UR

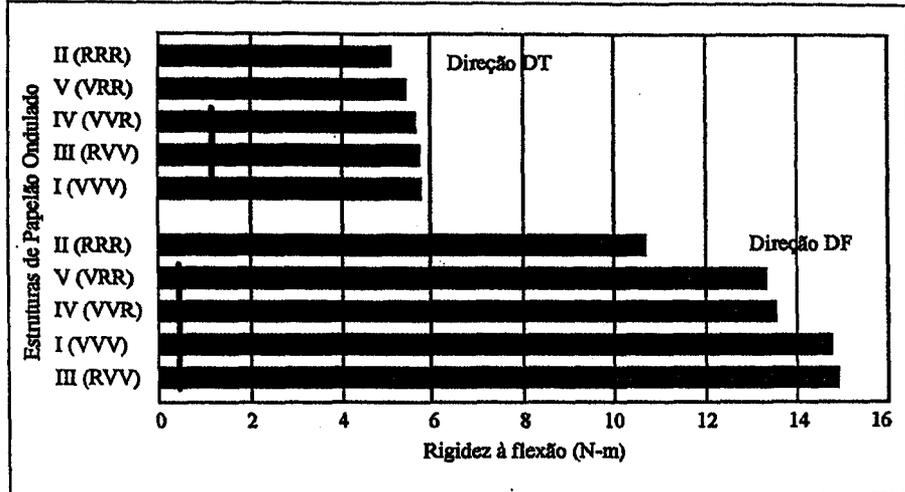


Figura 3. Rigidez à flexão das estruturas de papelão ondulado, nas direções DF e DT, a 23°C/90%UR

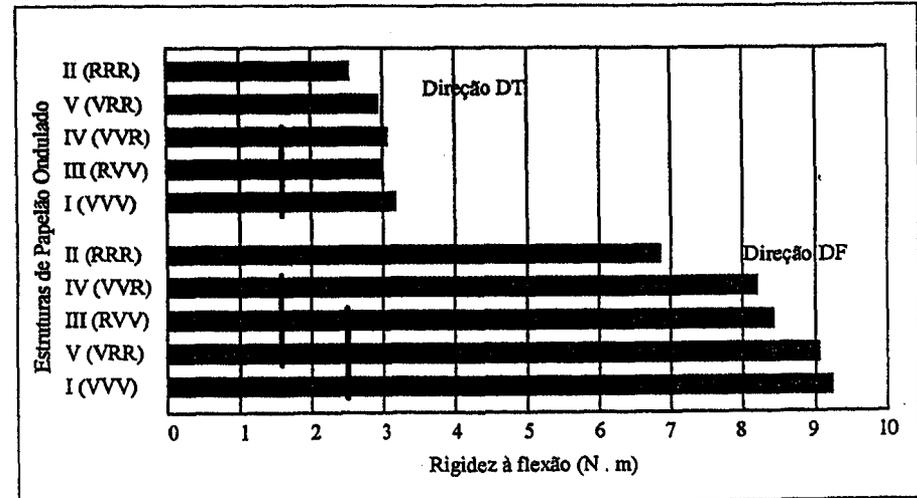


Figura 4. Resistência à compressão dos tubos de papelão ondulado na condição de 23°C/50%UR

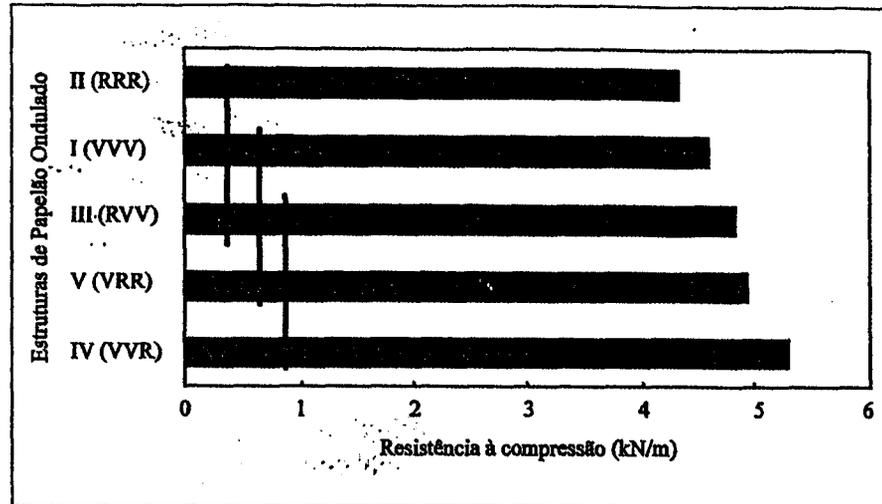


Figura 5. Taxa de fluência das estruturas de papelão ondulado

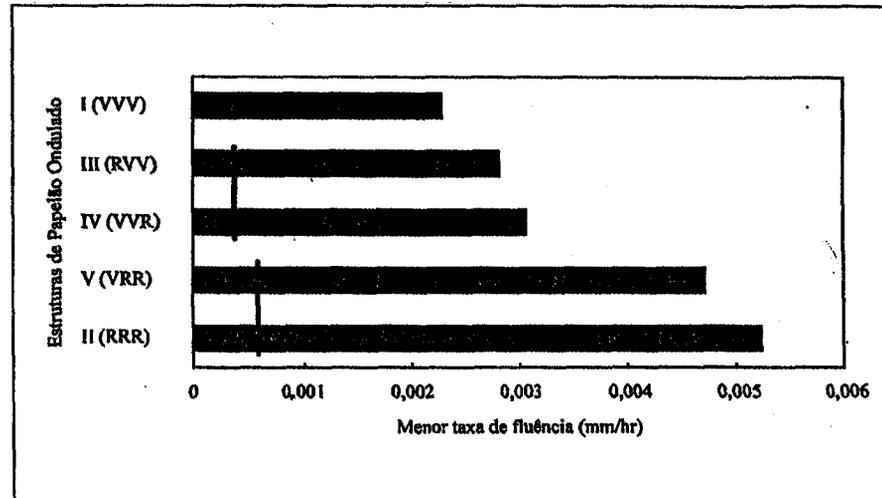
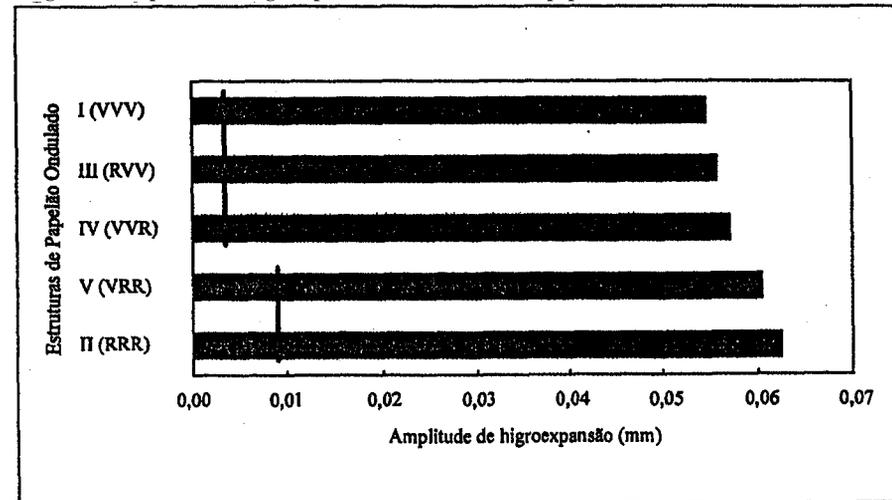


Figura 6. Amplitude de higroexpansão das estruturas de papelão ondulado



me visto na figura 1. Este fato é muito preocupante, uma vez que a indústria específica as caixas de papelão apenas com base nos resultados desses dois ensaios.

Os resultados médios obtidos na determinação da menor taxa de fluência (*minimum creep rate*) e da amplitude da higroexpansão das cinco estruturas estudadas, para a condição cíclica de 50 a 90%UR, com variação senoidal a cada 12 horas, são apresentados nas figuras 5 e 6, respectivamente.

Pela análise das figuras 5 e 6, verifica-se que as estruturas II (RRR) e V (VRR), que apresentaram maior valor de amplitude de higroexpansão, também apresentaram taxa de fluência mais alta, indicando haver uma forte correlação entre a taxa de fluência e a amplitude de higroexpansão dos materiais. NISKANEN et al.(1994) também encontraram uma boa correlação entre a taxa de fluência e a amplitude de higroexpansão de papéis tipo *kraft*.

Os dados obtidos na determinação da taxa de fluência e amplitude de higroexpansão das embalagens (tubos) de papelão ondulado, na condição de umidade relativa cíclica com variações senoidais entre 50 e 90% UR, a cada 12 horas, são apresentadas nas figuras 7 e 8, respectivamente.

Pelos dados apresentados nessas figuras, verifica-se que os tubos da estrutura I (VVV) apresentaram menor taxa de fluência e menor amplitude de higroexpansão, e os da estrutura II (RRR), maior taxa de fluência e maior amplitude de higroexpansão, conforme encontrado no ensaio de fluência das estruturas.

Para os tubos, também, a ordem de aumento da taxa de fluência foi semelhante à ordem de aumento da amplitude de higroexpansão, invertendo a ordem entre a terceira e a quarta posição para as estruturas IV(VVR) e III (VRR), observando-se uma forte correlação entre a taxa de fluência e a amplitude de higroexpansão.

Durante os ensaios o maior número das

falhas (colapso) ocorreu para as embalagens com maior número de componentes reciclados. A embalagem I (VVV) teve duas falhas em 11 ensaios, e a embalagem II (RRR), oito falhas em 11 testes.

As estruturas compostas apenas com papéis virgens apresentaram valores mais baixos de higroexpansão e, conseqüentemente, melhor desempenho em compressão, enquanto que as com todos os componentes reciclados apresentaram maior valor de higroexpansão e pior desempenho em compressão.

De acordo com URBANIK (1996b), o alto grau de refinação necessário durante a fabricação dos papéis reciclados aumenta sua higroexpansividade. De acordo com o dados obtidos neste estudo, estruturas com alta amplitude de higroexpansão colapsam mais rapidamente quando expostas a esforços em ambientes com umidade cíclica.

Pelos dados das figuras 1 e 4 verifica-se que os ensaios convencionais de resistência à compressão de coluna e resistência à compressão da caixa, realizados em condições padronizadas de temperatura e umidade relativa, não traduzem o desempenho do papelão ondulado em umidade cíclica, uma vez que, para a condição de 23°C/50%UR, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre a estrutura com todos os componentes reciclados II (RRR) e a estrutura com todos os componentes virgens I (VVV).

A determinação de uma relação entre resultados de ensaios realizados em condições padronizadas de temperatura e umidade relativas e resultados de ensaios realizados em condições de umidade cíclica seria bastante útil para a indústria, pois seria possível prever rapidamente o comportamento de papelão ondulado em umidade cíclica, a partir de um ensaio realizado em condições padronizadas, utilizando equipamentos disponíveis no mercado.

Comparando-se os dados obtidos no ensaio de rigidez à flexão da estrutura de

papelão ondulado, realizado em condição padronizada de 23°C/50%UR (figura 2), com os dados de taxa de fluência e amplitude de higroexpansão dos tubos (figuras 7 e 8), realizados em condição de umidade cíclica, nota-se que existe uma relação inversa entre a rigidez à flexão da estrutura e a taxa de fluência e higroexpansão da embalagem.

A rigidez à flexão da estrutura é um dos parâmetros usados por URBANIK (1996b) para determinar a propensão dos painéis das caixas de papelão ondulado à flambagem ou tenuidade dos painéis. A tenuidade dos painéis da caix

xa é função da rigidez à flexão da estrutura, da resistência à compressão de coluna do papelão ondulado e da geometria do painel da caixa, conforme apresentado na Equação I.

$$U = \sqrt{\frac{P_u}{P_{cr}}} \quad (I)$$

onde: U = tenuidade do painel  
 P<sub>u</sub> = resistência à compressão de coluna (kgf/cm)  
 P<sub>cr</sub> = carga crítica de flambagem (kgf/cm)

Figura 7. Menor taxa de fluência das embalagens de papelão ondulado

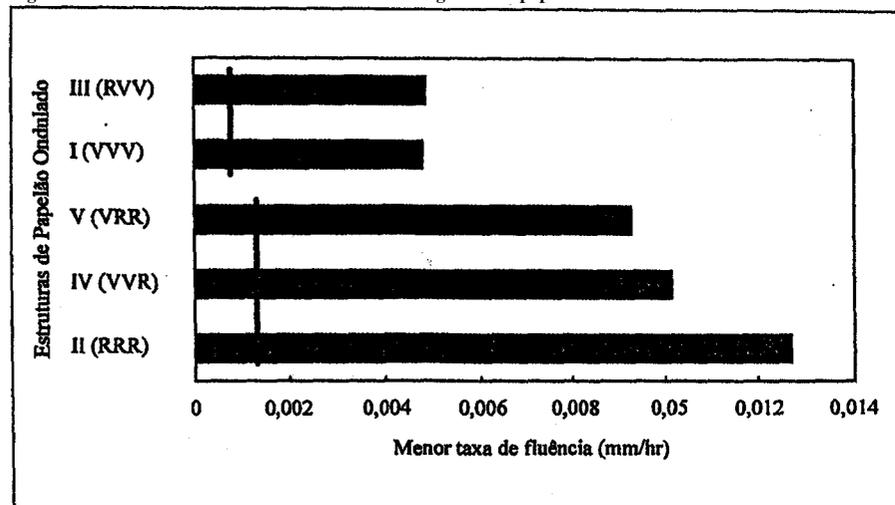
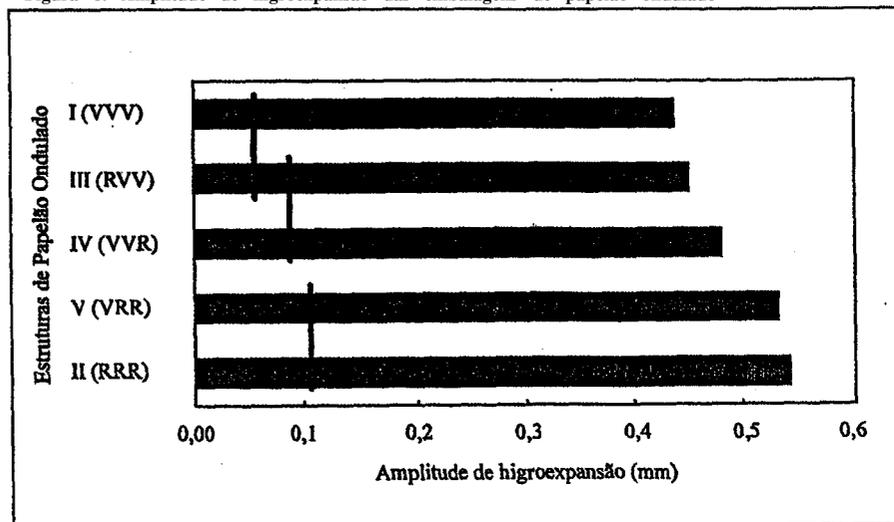


Figura 8. Amplitude de higroexpansão das embalagens de papelão ondulado



A carga crítica de flambagem do painel é calculada pela Equação II (URBANIK, 1996b):

$$P_{cr} = \frac{4\pi^2 \sqrt{D_x D_y}}{l^2} \quad (II)$$

onde: **D<sub>x</sub>** = rigidez à flexão na direção DF (N.m)  
**D<sub>y</sub>** = rigidez à flexão na direção DT (N.m)  
**l** = largura do painel (m)

A relação entre o valor de U e os valores obtidos para a menor taxa de fluência das embalagens de papelão estudadas são apresentados na figura 9. Pela análise dessa figura observa-se que existe uma correlação entre a tenuidade do painel (U) e a taxa de fluência da caixa ( $r^2 = 0,917$ ). Em outras palavras, a taxa de fluência parece ser o resultado direto do mecanismo pelo qual a energia de deformação, gerada com a compressão da caixa, distribui-se nos painéis, provocando a sua flambagem. Essa energia é função da tenuidade do painel.

O maior valor de U para a estrutura IV (VVR) em relação à estrutura III (RVV) pode ser atribuído ao uso de papel reciclado para a capa interna da estrutura IV. Durante a flambagem do painel, antes do colapso da caixa, a capa interna da estrutura é submetida à compressão, e a capa externa, à tração. Portanto, o papel capa reciclado, colocado no lado interno da estrutura, resulta em pior desempenho. Após o componente interno falhar em compressão, ocorrerá a delaminação da estrutura seguida de seu colapso (DE RUVO et al., 1978).

A estrutura V (VRR), além de apresentar o papel capa reciclado como capa interna, apresenta, também, o papel miolo reciclado, o que levaria a concluir que a estrutura V (VRR) teria um desempenho pior que a estrutura IV (VVR), conforme verificado por meio dos resultados obtidos para os ensaios de compressão de coluna e compressão da caixa.

Entretanto, pela análise da figura 9, verifica-se que a taxa de fluência e o valor de U da estrutura V (VRR) foram menores que a taxa de fluência da estrutura IV (VVR). Este fato pode ser explicado pelo princípio de divisão de carga entre os componentes da estrutura de papelão ondulado (KONING, 1978, URBANIK, 1981 e JOHNSON & URBANIK, 1987). Quando a estrutura de papelão ondulado é submetida à compressão, ocorrem falhas localizadas entre a capa e o miolo, o que dá ao material a aparência de "enrugado" antes de colapsar.

As ondulações do papel miolo retardam a instabilidade da estrutura, tornando-a mais rígida. Em ambientes de umidade cíclica, à medida que o papel capa ganha umidade e se torna menos rígido, passa a depender mais da rigidez do papel miolo. De acordo com JOHNSON & URBANIK (1987 e 1989) e URBANIK (1996a) a resistência do papel capa sob compressão na direção DT pode ser "aumentada" em até 1,75 vezes, dependendo da rigidez oferecida pelo papel miolo. Entretanto, quando aumentamos a rigidez do papel miolo, sem alterar os outros elementos da estrutura, este passa a contribuir mais na divisão da força de compressão com os papéis capa e,

conseqüentemente, na resistência total da estrutura.

De acordo com URBANIK (1981), aumentar a rigidez do componente mais fraco da estrutura, aumentando sua contribuição na divisão de força de compressão, resultará em um menor valor da resistência da estrutura.

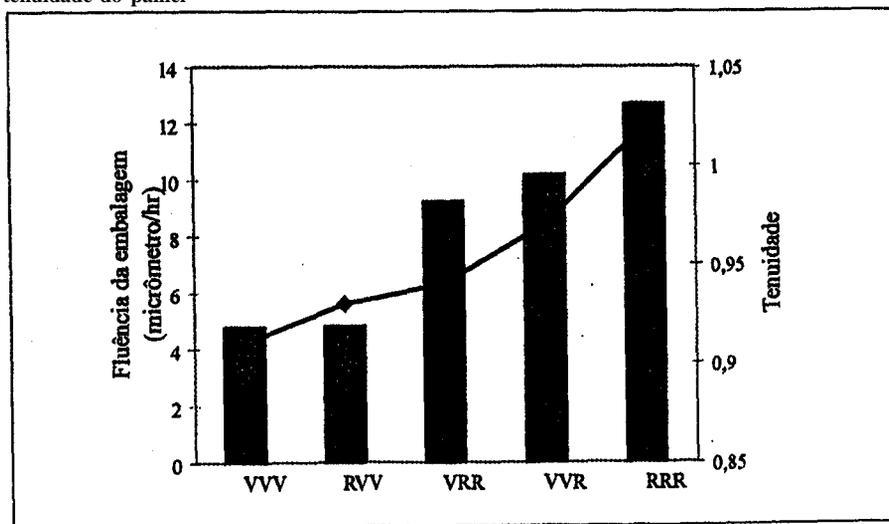
## Conclusões

Com base nos dados obtidos neste estudo, pode-se concluir que:

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão de coluna e resistência à compressão da caixa, realizados em condições padronizadas de 50% UR, não se correlacionam com o desempenho das caixas de papelão ondulado em umidade cíclica. Este fato é bastante preocupante para a indústria, uma vez que a especificação de caixas de papelão ondulado, que serão submetidas a esforços de empilhamento, é feita apenas com base nesses dois parâmetros;

Existe uma relação direta entre a amplitude de higroexpansão dos componentes da estrutura de papelão ondulado e a taxa de fluência das caixas de papelão ondulado. Quanto menor a amplitude de higroexpansão dos papéis capa e miolo, maior o tempo para ocorrer o colapso da

Figura 9. Correlação entre a menor taxa de fluência das embalagens de papelão ondulado e tenuidade do painel



caixa. A amplitude de higroexpansão dos componentes da estrutura de papelão ondulado pode ser usada para prever o desempenho de caixas submetidas à umidade cíclica;

. Existe uma relação inversa entre a taxa de fluência e a rigidez do papelão ondulado. A rigidez da estrutura de papelão ondulado está relacionada com a propensão dos painéis da caixa à flambagem (tenacidade do painel);

. Quanto maior a tenacidade do painel da caixa, maior será a taxa de fluência das caixas de papelão ondulado em umidade cíclica ( $r^2 = 0,917$ ). A tenacidade do painel da caixa é determinada facilmente com o uso de equipamentos convencionais.

#### Referências Bibliográficas

1. BYRD, V.L. Effect of relative humidity changes on compressive creep response of paper. TAPPI, Atlanta, v.55, n.11, p.1612-1613, Nov. 1972;
2. CONSIDINE, J.M., STOKER, D.L. LAUFENBERG, T.L., EVANS, J.W. Compressive creep behavior of corrugating components as affected by humidity environment. Madison: Forest Products Laboratory, 1992. (Project 3686-1);
3. DERUVO, A., FELLERS, C., ENGMAN, C. The influence of raw material and design on the mechanical performance. v.81, n. 18, p. 557-566, 1978;
4. GUNDERSON, D. E., LAUFENBERG, T. L. Apparatus for evaluating stability of corrugated board under load in cyclic humidity environment. Experimental Techniques, v.18. n.1, p.27-31, Jan./Feb. 1994;
5. JÖNSSON, G. Corrugated board packaging. A Pira International Packaging Guide. 2a ed. Pira International. Leatherhead, 1999. 264 p;
6. JOHNSON JR, M.W., URBANIK, T.J. Analysis of the localized buckling in composite plate structures with applications to determining the strength of corrugated fiberboard. Journal of Composites Technology & Research V.11, n.4, p. 121-127. 1989;
7. JOHNSON JR., M. W., URBANIK T.J. Buckling of axially loaded, long rectangular paperboard plates. Wood and Fiber Science, v.19, n.2, p. 135-146 Apr. 1987;
8. KONING JR., J.W. Compressive properties of linerboard as related to corrugated fiberboard containers: theoretical model verification. TAPPI, Atlanta, v.61 n.8, p. 69-71, Aug. 1978;
9. LEAKE C.H. Measuring corrugated box performance TAPPI, Atlanta, v.71, n.10, p. 71-75, Oct. 1988;
10. MARCONDES J. An introduction to fibreboard packaging. Melbourne: Victoria University of Technology, 1994. 164 p;
11. MCKEE, R.C., GANDER, J.W., WACHUTA, J.R. Compression strength formula for corrugated boxes. Appleton: Institute of Paper, Chemistry, 1963. 12p. (Project nr. 1108-4 Report 79);
12. NISKANEN, K.J., KUSKOWSKI, S.J., BRONKHORST, C.A. Dynamics of higroexpansion In: CONFERENCE OF MOISTURE – INDUCED CREEP BEHAVIOR OF PAPER AND BOARD, 1994, Stockholm. Proceedings... Stockholm: STFI, 1994. p. 31;
13. SYMPOSIUM – CYCLIC HUMIDITY EFFECTS ON PAPERBOARD PACKAGING. 1992, Madison. Proceedings... Madison: Forest Products Laboratory, 1992. 171p;
14. URBANIK, T.J. The principle of load-sharing in corrugated fiberboard. Paperboard Packaging, Chicago, v.66, n.11, p. 122-128, Nov. 1981;
15. URBANIK, T.J. Hygroexpansion-creep model for corrugated fiberboard. Madison, Forest Products Laboratory, 1994. 14p;
16. URBANIK, T.J. Machine direction strength theory of corrugated fiberboard. Journal of Composites Technology & Research. JCTERE, v.18, n. 2, p.80-88, Apr. 1996;
17. URBANIK, T.J. Review of buckling mode and geometry effects on postbuckling strength of corrugated containers. In: ASME – INTERNATIONAL MECHANICAL ENGINEERING CONGRESS AND EXPOSITION: 1996, Atlanta. Proceedings... Atlanta: ASME, 1996b. p. 85-94;
18. URBANIK, T.J. LEE, S.K. Swept sine humidity schedule for testing cycle effects on creep. Wood and Fiber Science. V.26, n.4, p. 134 – 144, 1994.

---

*Nota:* este trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Pesquisa Tecnológica – CNPq.▲

**Fiber Processing and Paper Performance**

FPL-4710

---

**Problem 4**    **Increase knowledge in the relationship between fiber properties and paper performance.**

**FY2001    Research Attainments**

---

Publications

Extramural

Ardito, Elizabeth de Fatima Gazeta; Faria, Jose de Assis Fonseca; Urbanik, Thomas J. 2000.  
Performance of corrugated fiberboard In different conditions of relative humidity. O Papel. June(2000): 69-75: Portuguese only: Available in English by email: opapel@abtcp.com.br.