

## **INFLUÊNCIA DA ESTOCAGEM E DO TIPO DE PRODUTO NA RESISTÊNCIA À DELAMINAÇÃO DE EMBALAGENS PLÁSTICAS LAMINADAS**

THAIS FUJIWARA<sup>1</sup>; FÁBIO G. TEIXEIRA<sup>2</sup>; LÉA M. OLIVEIRA<sup>3</sup>; ALESSANDRO S. ROCHA<sup>4</sup>

Nº 11252

### **RESUMO**

Neste projeto estudamos a resistência à delaminação entre as camadas de estruturas de embalagens plásticas laminadas utilizadas no acondicionamento de diferentes categorias de produtos, usando como referência estruturas e produtos acondicionados em embalagens laminadas que são utilizadas em maior proporção nos mercados de alimentos e produtos de limpeza. O foco é a verificação da influência das condições de umidade relativa, temperatura e tempo de estocagem, assim como a influência do tipo de produto acondicionado na resistência à delaminação.

Os filmes plásticos laminados, utilizados como matéria-prima na confecção das embalagens, receberam os produtos e foram estocados em diferentes condições: 23°C / 70% U.R. ou 25°C / 75% U.R. e 30°C / 90% U.R, por seis meses.

Devido a diversos contratempos, como o atraso na aquisição das estruturas, problemas de manutenção das câmaras de estocagem e da manutenção das condições climáticas, umidade relativa e temperatura, do laboratório onde se realizam os ensaios de propriedades físico-mecânicas previstos neste projeto, o cronograma previsto inicialmente não foi cumprido. Contudo, houve aumento da quantidade de amostras a serem estudadas, que passou de duas para oito.

Atualmente, estão sendo realizados os ensaios de resistência à delaminação nas estruturas com produto envasado e sem produto, sendo que cada amostra se apresenta em uma época diferente de análise conforme a data de estocagem.

### **ABSTRACT**

In this project, are being studied the peel resistance of eight different laminated plastic packaging. The main objective of this project is to determinate the influence of some parameters as humidity, temperature and storage time conditions and also the

<sup>1</sup> Bolsista CNPq: Graduação em Engenharia Química, Unicamp, Campinas-SP, thaisfujiwara@gmail.com.

<sup>2</sup> Orientadora: Pesquisador, CETEA/ITAL, Campinas-SP.

<sup>3</sup> Co-orientadora: Pesquisadora, CETEA/ITAL, Campinas-SP.

<sup>4</sup> Colaborador: Técnico, GEPC/ITAL, Campinas-SP.

type of packaged product. The environmental conditions studied are: 23 °C / 70% R.H. or 25°C / 75% R.H. and 30°C / 90% R.H., for a period of six months.

Some problems as an increase from two to eight samples, the acquisition of structures, maintenance problems of storage chambers and the maintenance of the climatic conditions, relative humidity and temperature, of the laboratory where the analysis are made resulted in a delay in the execution schedule of this work.

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os avanços tecnológicos na área de embalagens plásticas levaram ao aparecimento de polímeros que buscam melhor performance e menor custo, uma das tecnologias que se destacam para o atendimento destes objetivos é a laminação, adesão de dois ou mais materiais através da aplicação de um adesivo, processo que permite a combinação de propriedades de diferentes tipos de materiais plásticos. A utilização deste tipo de estrutura tem sido cada vez mais explorada pelas empresas fabricantes e usuárias de embalagens plásticas flexíveis e, dentro deste segmento de embalagens, destacam-se as embalagens tipo *stand up pouch*, que são embalagens flexíveis que possuem uma estruturação e *design* que as permitem uma sustentação vertical, o que traz a estas embalagens uma vantagem econômica e mercadológica do ponto de vista de exposição nos pontos de venda.

No primeiro semestre de 2010, o CETEA/ITAL realizou um levantamento de algumas estruturas utilizadas em *stand up pouch* e constatou que todas estas embalagens utilizavam materiais plásticos laminados em sua estrutura.

Contudo, as propriedades mecânicas, de barreira, a integridade, a aparência, a vida útil deste tipo de embalagem são comprometidas quando ocorre a delaminação, separação das camadas da estrutura multicamada (BICHLER *et al.*, 1998).

A resistência à delaminação, ou seja, a força necessária para separar as camadas de uma estrutura, deve-se principalmente à capacidade de adesão das duas superfícies que são laminadas (ASTM F 904-98, 2008).

Diversos fatores têm influência na resistência à delaminação de uma estrutura destacando-se: tipo, gramatura e grau de cura do adesivo; migração de aditivos para a superfície do substrato, a exemplo dos deslizantes; presença de impressão, natureza das tintas; homogeneização dos componentes do adesivo; condições de temperatura e pressão de aplicação do adesivo. No caso de estruturas metalizadas também influem na força de adesão das camadas, o grau de adesão, ancoragem do metal ao

substrato e o tipo e a quantidade de tratamentos superficiais aplicados aos substratos (HERNANDEZ, *et al.*, 2000 e BIRON, M., 2008).

Alguns componentes do produto acondicionado também são agressivos ao material de embalagem, a exemplo de óleos e gorduras, ácidos e componentes do aroma, os quais permeiam a camada interna da embalagem, passando a atuar sobre o adesivo. Além disso, os esforços e as condições às quais a embalagem é submetida durante transporte, distribuição e comercialização do produto também contribuem para a delaminação do filme (OLAFSSON *et al.*, 1995).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Determinação da resistência à delaminação em plásticos laminados

A resistência à delaminação entre as camadas da estrutura foi determinada em uma máquina universal de ensaios Instron, modelo 5500R, operando com célula de carga de 10 N, a uma velocidade de 280 mm/min, de acordo com metodologia adaptada da norma ASTM D 1876-08 (2008). Corpos-de-prova com 15 mm de largura foram inicialmente delaminados manualmente, com o auxílio de solventes apropriados. Mediu-se a força necessária para a separação das camadas em 50 mm das amostras (quando possível). Foi necessária aplicação de fita adesiva com baixa flexibilidade sobre a camada externa das amostras, a fim de se minimizar o efeito de rasgamento desta camada durante o ensaio. O ensaio foi conduzido em ambiente a  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $(50 \pm 3)\%$  de umidade relativa, após condicionamento dos corpos-de-prova nesse mesmo ambiente, por um período mínimo de 48 horas.

### Materiais utilizados

Os produtos acondicionados nas embalagens em estudo são: produto de caráter básico (amaciante), produto de caráter ácido (extrato de tomate) e produto gorduroso (*pet food*).

As estruturas utilizadas no estudo são:

- **Amostra 1** – Filme plástico laminado não impresso, pigmentado de branco identificado como BOPP/coexPE.
- **Amostra 2** – Filme plástico laminado impresso chapado em vermelho, pigmentado de branco identificado como BOPP/impressão/ coexPE.
- **Amostra 3** – Filme plástico laminado não impresso, metalizado identificado como BOPP/metalização/ coexPE.
- **Amostra 4** – Filme plástico laminado não impresso, pigmentado de branco identificado como PET/ coexPE.

- **Amostra 5** – Filme plástico laminado impresso chapado em vermelho, pigmentado de branco identificado como PET/impressão/ coexPE.
- **Amostra 6** – Filme plástico laminado não impresso metalizado identificado como PET/metalização/ coexPE.
- **Amostra 7** – Filme plástico laminado impresso predominantemente em amarelo e branco identificado como PET/PE impresso amarelo e branco.
- **Amostra 8** – Filme plástico laminado impresso predominantemente em vinho identificado como PET/PE impresso vinho.

### Ensaio Experimentais:

Estas embalagens foram estocadas em duas condições ambientais distintas: **Amostras 1 a 6:** 25°C / 75% U.R. e 35 °C / 90% U.R e **Amostras 7 e 8:** 23 °C / 70% U.R. e 35 °C / 90% U.R.

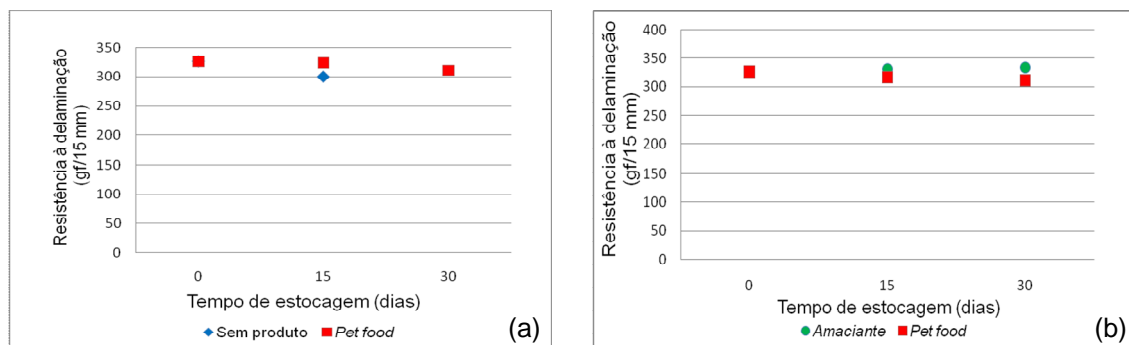
A resistência à delaminação dos materiais das embalagens está sendo avaliada periodicamente, em cada uma das condições de estocagem. A periodicidade dos ensaios prevista inicialmente foi: inicial, 15, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias de estocagem.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

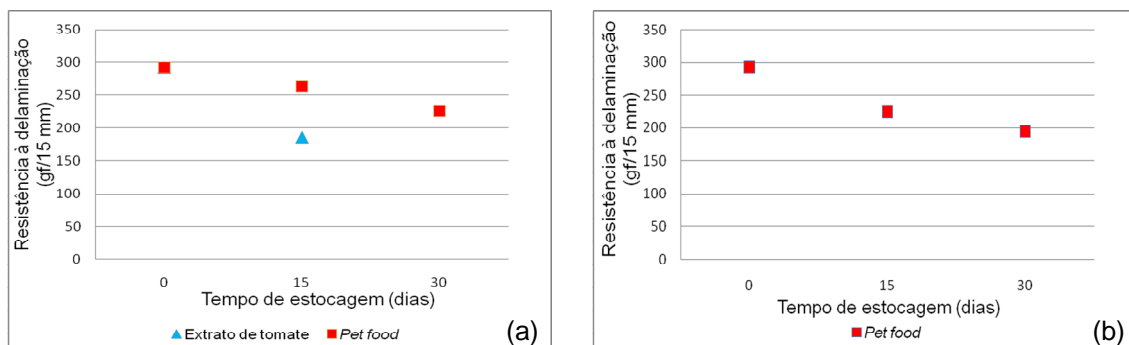
Cada amostra encontra-se em uma diferente época do estudo conforme sua data de início de estocagem.

A **Amostra 1**, estocada à 25 °C / 75% U.R. e à 35 °C / 90% U.R., não pode ser analisada, pois sua resistência à delaminação se mostrou muito alta, não sendo possível inclusive determinar a resistência à delaminação inicial.

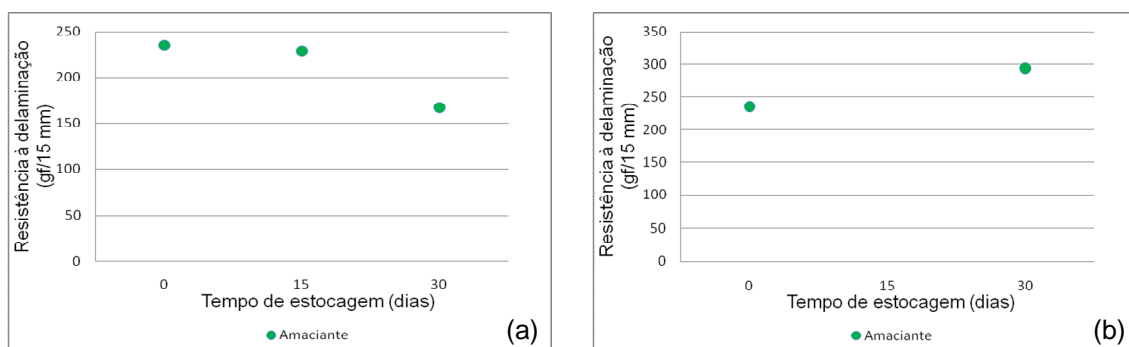
A evolução da resistência à delaminação das demais amostras está representada nas Figuras 1 a 7.



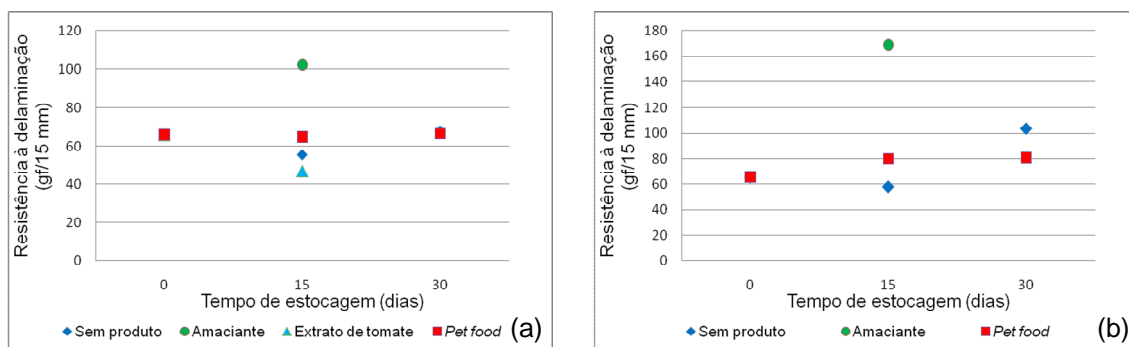
**FIGURA 1.** Evolução da resistência à delaminação da **Amostra 2** em função da estocagem à 25 °C / 75% U.R. (a) e 35 °C / 90% U.R. (b).



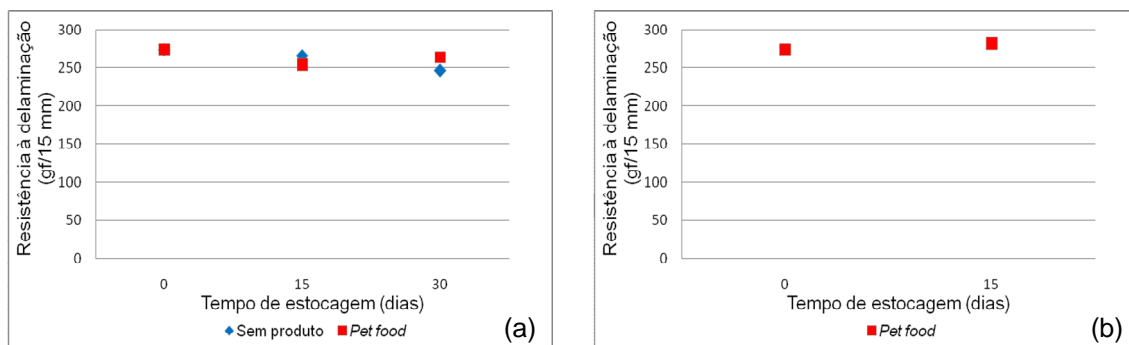
**FIGURA 2.** Evolução da resistência à delaminação da **Amostra 3** em função da estocagem à 25 °C / 75% U.R. (a) e 35 °C / 90% U.R. (b).



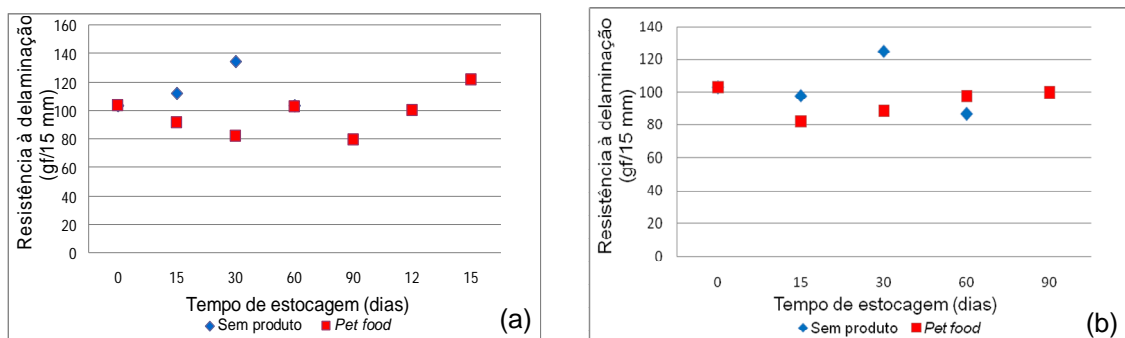
**FIGURA 3.** Evolução da resistência à delaminação da **Amostra 4** em função da estocagem à 25 °C / 75% U.R. (a) e 35 °C / 90% U.R. (b).



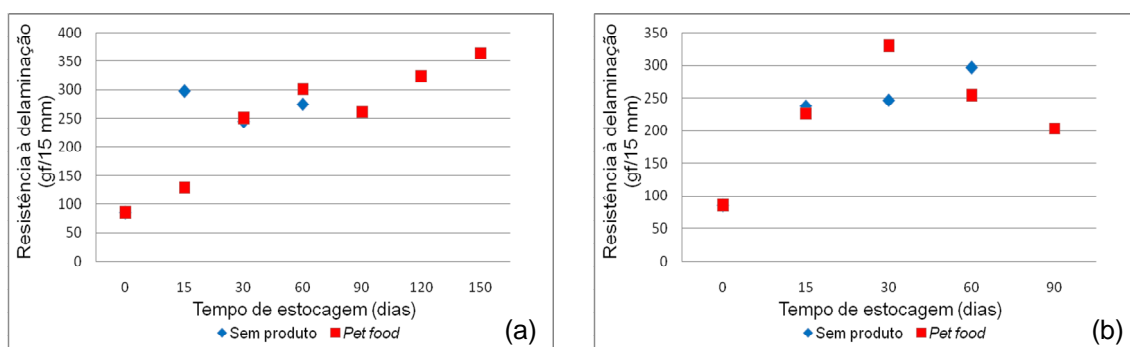
**FIGURA 4.** Evolução da resistência à delaminação da **Amostra 5** em função da estocagem à 25 °C / 75% U.R. (a) e 35 °C / 90% U.R. (b).



**FIGURA 5.** Evolução da resistência à delaminação da **Amostra 6** em função da estocagem à 25 °C / 75% U.R. (a) e 35 °C / 90% U.R. (b).



**FIGURA 6.** Evolução da resistência à delaminação da **Amostra 7** em função da estocagem à 25 °C / 75% U.R. (a) e 35 °C / 90% U.R. (b).



**FIGURA 7.** Evolução da resistência à delaminação da **Amostra 8** em função da estocagem à 25 °C / 75% U.R. (a) e 35 °C / 90% U.R. (b).

Observou-se durante as análises que a impressão ou a metalização presente nas amostras permanecem predominantemente na camada externa, e quanto a impressão ou a metalização permanecem na camada interna ou coextrusada, a resistência à delaminação tem valor maior para todas as amostras.

A **Amostra 2** condicionada à 25 °C / 75% U.R. tem apresentado pequena queda na resistência à delaminação e esta amostra à 35 °C / 90% U.R. que continha amaciante apresentou um pequeno aumento de resistência e com *pet food* apresentou diminuição de resistência.

A **Amostra 3** condicionada à 25°C / 75% U.R. tem apresentado queda na resistência à delaminação, tanto em contato com extrato de tomate como em contato com *pet food* e à 35 °C / 90% U.R. que estava em contato com *pet food*, apresentou crescente diminuição da resistência.

O contato com amaciante resultou em diminuição no valor da resistência à delaminação da **Amostra 4** durante estocagem a 25°C / 75% U.R. e à 35 °C / 90% U.R. com 30 dias de estocagem apresentou resistência maior que a inicial. Não foi avaliar a amostra com 15 dias de estocagem pois os corpos-de-prova rasgaram durante a delaminação inicial com auxílio de solvente.

A **Amostra 5** à 25 °C / 75% U.R. apresenta comportamento distinto em função do produto acondicionado. O material em contato com o amaciante foi analisado apenas após 15 dias de estocagem. Nesta época foi observado nos corpos-de-prova que a impressão ficava aderida à camada externa e que a força de adesão medida foi maior do que a determinada na análise inicial. A amostra com extrato de tomate também foi analisada somente com 15 dias e, ao contrário do observado com o amaciante, se verificou perda de resistência. As amostras sem contato com produto e em contato com *pet food* apresentaram pouca variação até o momento.

A **Amostra 5** à 35 °C / 90% U.R. apresentou aumento de resistência à delaminação durante a estocagem para todas as situações analisadas. O maior aumento foi observado no material em contato com o amaciante.

A **Amostra 6** à 25 °C e 75% U.R. sem produto acondicionado e com *pet food* apresentaram pequena diminuição de resistência à delaminação. Devido ao curto período de estocagem (15 dias), ainda não é possível comentar o desempenho da **Amostra 6** à 35 °C / 90% U.R em contato com o *pet food*.

As **Amostras 7 e 8** tem apresentado variação no resultado, contudo todas as análises realizadas nestas amostras após o início de estocagem apresentaram resultados com valor acima da análise inicial.

A **Amostra 7** à 25 °C e 75% U.R. sem produto e com *pet food* apresentou instabilidade quanto aos resultados, sendo o último resultado analisado igual ao inicial. A mesma amostra à 35 °C / 90% U.R. apresentou aumento e diminuição de resistência durante o período estocado.

A **Amostra 8** à 25 °C / 75% U.R. apresentou aumento expressivo quanto à resistência à delaminação e à 35 °C / 90% U.R. foi analisada sem produto apresentando aumento de resistência enquanto aquelas com *pet food* apresentaram aumento até 30 dias e, a partir de então, uma tendência de diminuição.

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos durante o período de estudo não são conclusivos, porém de maneira geral, foram apresentadas decrescente resistência à delaminação nas estruturas de BOPP/impressão/coexPE, BOPP/metalização/coexPE, PET/coexPE sem impressão e sem metalização e PET/metalização/coexPE, enquanto as estruturas de PET/impressão/coexPE, PET/PE impressão amarelo e branco e PET/PE impressão vinho, apresentaram um incremento no valor da resistência à delaminação. A estrutura BOPP/coextrusado de PEBD/PELBD sem impressão e sem metalização não pode ser



analisada até o momento, pois não foi possível determinar a resistência à delaminação inicial. Contudo, caso haja diminuição da resistência à delaminação desta estrutura, futuramente será possível sua determinação.

De maneira geral, o produto mais nocivo às estruturas é o amaciante, seguido pelo extrato de tomate e *pet food*, o filme sem contato com os produtos apresentou menor variação quanto à resistência à delaminação se comparado as estruturas que continham produto envasado.

### AGRADECIMENTOS

Ao CNPq – PIBITI, pela bolsa concedida, ao CETEA – ITAL, pela oportunidade de estágio, à Mogiana Alimentos Ltda. e à Canguru S.A. Ind. Com. Produtos Plásticos, pelos filmes plásticos e/ou *pet food* fornecidos para execução deste trabalho.

### REFERÊNCIAS

ASTM INTERNATIONAL. **D 1876-08**: Standard test method for peel resistance of adhesives. Philadelphia, 2008, 3p.

ASTM INTERNATIONAL. **F 904-98**: standard test method for comparison of bond strength or ply adhesion of similar laminates made from flexible materials. Philadelphia, 2008.

BICHLER, C.; MAYER, K.; LANGOWSKI, H. C. & MOOSHEIMER, U. - “**Influence of Polymer Film Surfaces on Adhesion and Permeation Properties of Vacuum Web Coated High Barrier Films and Laminates: Results of a Cooperative Research Project**”, in: Proceedings of 41st Annual Technical Conference, p. 349. Philadelphia, 1998.

BIRON, M. **Enhancing polymer adhesion thanks to functionalized materials and surface treatments**. Polymer additives & colors, 2008. Disponível em: <http://www.specialchem4.polymers.com>.

HERNANDEZ, R., SELK, S.E.M. & CULTER, J.H.D. - “**Plastics Packaging - Properties, Processing, Applications and Regulations**”, Munich, Hanser, 2000.

OLAFSSON, G. & HILDINGSSON, I. - **J. Agric. Food Chem.**, **43**, p. 306, 1995.