

## **Determinação de parâmetros de qualidade de embalagens metalizadas flexíveis para alimentos**

### **Determination of quality parameters of flexible metallized packaging for food**

DOI:10.34117/bjdv9n3-018

Recebimento dos originais: 01/02/2023

Aceitação para publicação: 01/03/2023

#### **João Vitor Souza Soares**

Graduado em Engenharia de Alimentos

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. General Rodrigo Octavio, 1200, Coroado I, Manaus - AM,

CEP: 69067-005

E-mail: vitorjoaosoares18@gmail.com

#### **Wanessa Campos Prado**

Graduada em Tecnologia em Processos Químicos

Instituição: Instituto Federal do Amazonas

Endereço: Av. Sete de Setembro, 1975, Centro, Manaus - AM, CEP: 69020-120

E-mail: wanessacampos22@gmail.com

#### **Ana Caroline Pascareli da Costa**

Graduada em Engenharia de Alimentos

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. General Rodrigo Octavio, 1200, Coroado I, Manaus - AM, 69067-005

E-mail: pascareli19@gmail.com

#### **Amanda Kezia da Silva e Silva**

Graduada em Engenharia de Alimentos

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. General Rodrigo Octavio, 1200, Coroado I, Manaus - AM,

CEP: 69067-005

E-mail: amandakeziadasilva@gmail.com

#### **Carlos Victor Lamarão Pereira**

Doutor em Biotecnologia

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. General Rodrigo Octavio, 1200, Coroado I, Manaus - AM,

CEP: 69067-005

E-mail: victorlamarao@ufam.edu.br

#### **Jhonny de Araújo Bonatto**

Bacharel em Direito

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. General Rodrigo Octavio, 1200, Coroado I, Manaus - AM,

CEP: 69067-005

E-mail: jhonnybonatto@hotmail.com

**Maria das Graças Gomes Saraiva**

Mestre em Doenças Tropicais e Infecciosas

Instituição: Universidade Nilton Lins

Endereço: Parque das Laranjeiras, Av. Prof. Nilton Lins, 3259, Flores, Manaus - AM,

CEP: 69058-030

E-mail: gracag.saraiva@gmail.com

**Eyde Cristianne Saraiva Bonatto**

Doutora em Planejamento de Sistemas Energéticos

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. General Rodrigo Octavio, 1200, Coroado I, Manaus - AM,

CEP: 69067-005

E-mail: eydesaraiva@ufam.edu.br

**RESUMO**

Os filmes de Polipropileno Biorientado (BOPP) são produtos amplamente consumido para fins de confecção de embalagens flexíveis para alimentos, além disso, possuem resistência mecânica, propriedades de barreira e custo benefício que permitem sua extensa utilização no mercado. Entretanto, a forma de produção, processamento e armazenamento interferem na qualidade do produto. Considerando a importância desse tipo de embalagem, mercado e benefícios que esse tipo de embalagem pode fornecer ao consumidor final, como por exemplo a conservação adequada de certos tipos de alimentos, o objetivo da pesquisa foi analisar a qualidade de embalagens flexíveis de filmes metalizados, através de estudos, diferenciando e verificar os parâmetros de qualidade determinados pela legislação das embalagens flexíveis de BOPP metalizadas comercializadas no ramo alimentício, que foi realizada por meio de análise física. Para tanto, a metodologia utilizada consistiu na caracterização física e na determinação de propriedades gerais e de barreira. Para a caracterização foram realizadas as análises de coeficiente de fricção, resistência à tração, alongação à ruptura e módulo Young. Já para a determinação de propriedades gerais foram realizadas às análises de gramatura, força de delaminação, densidade ótica, testes de espessura e estabilidade dimensional. As propriedades de barreiras foram mensuradas de acordo com a permeabilidade ao Vapor de Água a 90% UR e permeabilidade ao Oxigênio OTR a 23°C. Nos dias de hoje, as embalagens adquiriram diante de todos, intenso prestígio, não só pelos serviços que prestam, como pela estreita intimidade que com elas mantemos, através de sua presença constante e de sua funcionalidade. Pode-se dizer que a dupla embalagem confere maior barreira a gases e ao vapor d'água e proteção mecânica ao produto. Além disso, as embalagens individuais também podem ser impressas, permitindo que a marca do produto permaneça por mais tempo em contato com o consumidor. Diante do exposto conclui-se ainda que o controle de qualidade é de fundamental importância para a obtenção de um produto bem-acabado, livres de defeitos que possam prejudicar a sua aparência e comercialização.

**Palavras-chave:** plástico, propriedade de barreira, conservação.

**ABSTRACT**

Bioriented Polypropylene (BOPP) films are products widely consumed for the purpose of making flexible packaging for food, in addition, they have mechanical resistance, barrier properties and cost-effectiveness that allow their extensive use in the market. However, the form of production, processing and storage interfere with the quality of the

product. Considering the importance of this type of packaging, market and benefits that this type of packaging can provide to the final consumer, such as the adequate conservation of certain types of food, the objective of the research was to analyze the quality of flexible packaging of metallic films, through of studies, differentiating and verifying the quality parameters determined by the legislation of flexible metallic BOPP packaging marketed in the food industry, which was carried out through physical analysis. Therefore, the methodology used consisted of physical characterization and determination of general and barrier properties. For characterization, analyzes of coefficient of friction, tensile strength, elongation at break and Young modulus were performed. For the determination of general properties, analyzes of grammage, delamination strength, optical density, thickness tests and dimensional stability were carried out. Barrier properties were measured according to Water Vapor permeability at 90% RH and OTR Oxygen permeability at 23°C. Nowadays, packages have acquired an intense prestige before everyone, not only for the services they provide, but also for the close intimacy we maintain with them, through their constant presence and functionality. It can be said that double packaging provides greater barrier to gases and water vapor and mechanical protection to the product. In addition, individual packages can also be printed, allowing the product brand to remain in contact with the consumer for a longer time. In view of the above, it is also concluded that quality control is of fundamental importance for obtaining a well-finished product, free of defects that may impair its appearance and commercialization.

**Keywords:** plastic, barrier property, conservation.

## 1 INTRODUÇÃO

A embalagem pode ser definida como todo acondicionante que exerça funções de proteção do alimento in natura, da matéria-prima alimentar ou do produto alimentício, temporária ou permanente, no decorrer de suas fases de obtenção, elaboração e armazenamento (MOTA, 2004).

A velocidade com que as alterações químicas que levam à oxidação dos alimentos ocorrem dependendo do seu teor de umidade, que definem a qualidade inicial do produto, além da temperatura e umidade do ambiente de estocagem e das características de barreira da embalagem ao oxigênio e ao vapor d'água, que determinam a manutenção das características iniciais do produto (MIGUEL et al., 2003; Instituto de Embalagens, 2019).

O desenvolvimento dinâmico de embalagens flexíveis em todas as suas formas levou a um ressurgimento do interesse em papéis e filmes metalizados como materiais de barreira - e incentivou um avanço significativo da tecnologia, em benefício da indústria de embalagens e etiquetas em geral.

Filmes de BOPP - polipropileno biorientado e de PET – poli (tereftalato de etileno) metalizados apresentam boas propriedades mecânicas e de barreira a gases e a

umidade e, portanto, são excelentes opções para conferir propriedades de barreira a materiais laminados com espessura total reduzida (DIAS et al., 2008; LIN, HILTNER & BAER, 2010).

Desde a última década, o filme metalizado é o meio mais popular, com BOPP e PET ocupando 55% e 38% do mercado, respectivamente. Assim, o mercado de materiais metalizados é dominado por aplicações de embalagens. Parte das embalagens metalizadas possuem preferências regionais e aplicações de nicho em rotulagem, papel de embrulho, filmes decorativos, linhas têxteis e em telas sensíveis ao toque, antenas e outras funções técnicas, mas a maior parte do uso de filmes metalizados é em embalagens flexíveis, principalmente para alimentos, o que inquestionavelmente sustenta o crescimento geral (REARDEN, 2006).

As embalagens flexíveis possuem como vantagens um baixo custo, sua praticidade e disponibilidade de diferentes resinas no mercado, além de proporcionar rapidez no processo de envase e facilitar o transporte. Elas são bastante utilizadas em indústria de alimentos, pois adquirem a forma do produto, oferecem excelente barreira ao vapor d'água e a gordura, e permitem uma boa maquinabilidade (NNAMDI, 2009). Em meio a este crescente mercado, torna-se importante a aplicação do controle de qualidade em todas as etapas de produção para evitar desperdícios e garantir a qualidade do produto (MOTA, 2004).

De acordo com Mueller e Weisser (2002a), a metalização, que consiste basicamente na deposição de alumínio evaporado sobre o substrato, na forma de uma fina camada (40 a 100 nm), aumenta em 20 a 100 vezes as propriedades de barreira do material. Além disto, filmes de BOPP e de PET são considerados substratos ideais para a metalização, devido às suas propriedades superficiais para receber e ancorar a camada de metal e à sua estabilidade dimensional (MUELLER E WEISSER, 2002b).

Os materiais plásticos vêm revolucionando o conceito de embalagens a nível mundial. Há uma diversidade de tipos diferentes de materiais, e um contínuo desenvolvimento de matérias-primas para estes tipos de indústrias, que oferecem inúmeras opções de embalagens, satisfazendo necessidades como a redução de custos, conveniência, marketing, transparência, proteção e manutenção das propriedades físico-químicas (DANTAS, 2007).

Com tantas opções, as especificações corretas da embalagem se tornam cada vez mais importantes para determinar com precisão a vida útil do produto e suas necessidades de proteção. O Nível de Qualidade Aceitável (NQA) e os critérios de aceitação e rejeição

para cada tipo de defeito são variáveis em função do tipo de embalagem e sua aplicação. Em muitos casos, estes parâmetros são estabelecidos em comum acordo entre o fornecedor e o usuário (SARANTÓPOULOS et al., 2002b).

A embalagem deve apresentar algumas propriedades para poder controlar todos os fatores ambientais: o produto e a embalagem devem ser compatíveis para não apresentar reações indesejáveis, assegurando a característica e a qualidade do alimento; a embalagem deve conter um nível baixo de permeabilidade preservando, assim, os gases específicos injetados na hora do envase; a velocidade de oxidação e atividade de água; a deterioração oxidativa pode ser controlada diminuindo o oxigênio no interior da embalagem; e a velocidade de oxidação abaixa com a diminuição da pressão parcial do oxigênio (ANDRADE, 2003).

A degradação de lipídios pode ser ocasionada por oxidação e é a mais frequente causa de deterioração de produtos biológicos muito importantes dos alimentos, que alteram propriedades como qualidade sensorial, valor nutricional, funcionalidade e toxicidade. Nos alimentos, o efeito oxidativo mais comum, se dá pelo contato com o oxigênio por furos rasgos ou até mesmo falhas nas soldas das embalagens (POUZADA; ANDRADE, 2003).

Portanto, o estudo das propriedades mecânicas das embalagens nos possibilita criar uma alternativa no processo de extensão de vida útil do produto, uma vez que um determinado produto ao ser envasado, se deteriora mais facilmente que outro, sob as mesmas condições de armazenamento. Podem-se desenvolver combinações de materiais com propriedades distintas que atendam cada caso, definindo a quantidade quase exata de cada material, evitando o excesso de embalagem e garantindo a proteção do alimento (LINO E LINO, 2015).

As consequências de filmes poliméricos pouco resistentes podem ocasionar avarias nas embalagens comprometendo os produtos embalados, acarretando em devoluções. Caso a avaria ocorra no estabelecimento de revenda, o produto pode ser rejeitado pelos consumidores, gerando desperdício podendo prejudicar a imagem da empresa (LINO E LINO, 2015).

As propriedades mecânicas do filme como, por exemplo, resistência à propagação do rasgo e à queda, tração no escoamento e na ruptura estão relacionadas com a resistência ao abuso do manuseio: quanto maiores forem às propriedades mecânicas do filme, mais resistente será a embalagem (LINO E LINO, 2015). As propriedades de tração são úteis para identificação e caracterização de filmes flexíveis, com aplicação no

desenvolvimento, na especificação e na avaliação da qualidade desses materiais (ASTM, 2012).

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo estudar, diferenciar e verificar os parâmetros de qualidade determinados pela legislação das embalagens flexíveis para alimentos por meio de análises físicas.

## 2 METODOLOGIA

**COLETA E PREPARAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA:** trata-se de um estudo descritivo de embalagens plásticas flexíveis metalizadas comercializado em diferentes regiões da cidade de Manaus por meio de análises de caracterização física. As amostras de embalagens foram coletadas em diferentes regiões da cidade de Manaus e armazenadas para análises (Figura 1). No comércio formal, as embalagens foram escolhidas aleatoriamente diminuindo, assim, o risco de haver qualquer tipo de interferência estatística na amostragem adquirindo-se diferentes marcas.

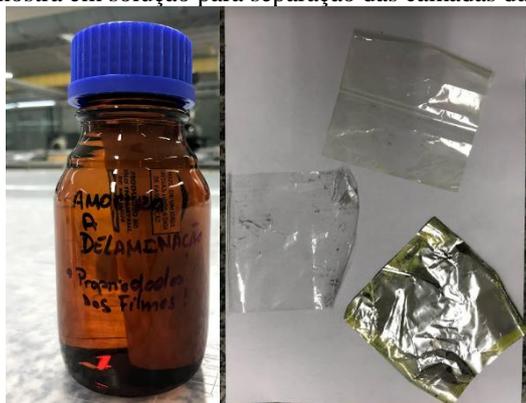
**CHARACTERIZAÇÃO FÍSICA:** As análises físicas foram realizadas seguindo a metodologia descrita nas normas internacionais (ASTM, 2012). Coeficiente de Fricção: (ASTM D 1894); Resistência à Tração: (ASTM D 882); Elongação à Ruptura (ASTM D 882) e Módulo Young (ASTM E 1876-09) (Figura 3).

**PROPRIEDADES GERAIS E DE BARREIRA:** Algumas das propriedades gerais foram realizadas seguindo a metodologia descrita nas normas internacionais (ASTM, 2012). Gramatura: (ASTM D 1505); Força de delaminação: A resistência à delaminação entre as camadas da estrutura será determinada em uma máquina LRXPlus com sistema ideal para aplicações de teste de material de até 5 kN (1124 lbf), de acordo com metodologia adaptada da norma (ASTM D 1876-08) (Figura 1). Foram utilizados Corpos de prova com 15 mm de largura que foram inicialmente delaminados manualmente, com o auxílio de solventes apropriados. Densidade ótica: As leituras densitométricas foram efetuadas com densitômetro (301 X-rite) (Figura 2). Testes de espessura: As leituras de espessura foram efetuadas com especímetro (VL-50B Litematic 0.01N). Estabilidade dimensional: As amostras foram cortadas com o auxílio do gabarito de estabilidade 13 x 13 cm e em seguida foram levadas para a estufa a 120+2°C. Foi feito um risco nas amostras nos pontos demarcados no gabarito (distâncias de 100mm) na DM (Direção da Máquina) e na DT (Direção Transversal) com caneta escrita fina, após 5 min foram retiradas e medidas com auxílio de paquímetro a distância entre as linhas demarcadas na DM e DT. Ademais, as análises de propriedades de barreira foram realizadas seguindo a

metodologia descrita nas normas internacionais (ASTM, 2012). Permeabilidade ao Vapor de Água a 90% UR, 38°C WVTR at 38°C 90% RH (ASTM F 1249); Permeabilidade ao Oxigênio OTR at 23°C, 0% RH (ASTM D 3985).

ANÁLISE ESTATÍSTICA: o experimento será conduzido com cinco repetições para cada tipo de amostra, os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e o as médias comparadas pelo Teste de Tukey à 5% de probabilidade (BARROS, 2008).

Figura 1: Amostra em solução para separação das camadas das embalagens



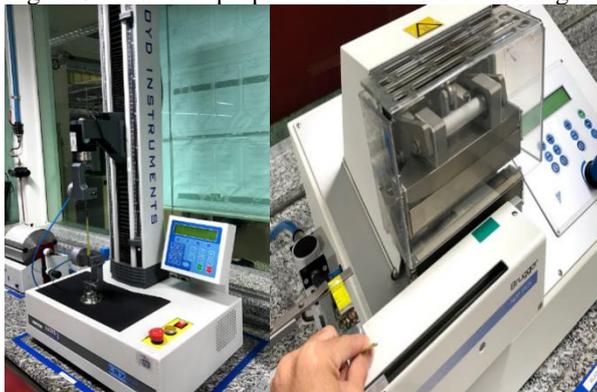
Fonte: Dados da pesquisa, 2021

Figura 2: Amostra em solução para realização do teste de força de delaminação



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

Figura 3: Testes de propriedades físicas das embalagens



Fonte: Dados da pesquisa, 2021

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estabilidade da maioria dos alimentos decresce à medida que ocorre o seu contato com o oxigênio atmosférico, que causa oxidação de aroma/sabor e de lipídeos, cuja velocidade é acelerada pelo aumento de temperatura e pela presença de umidade. Alimentos secos não se deterioram do ponto de vista microbiológico com facilidade, porém grande parte é altamente susceptível à oxidação de substâncias responsáveis pelo aroma e sabor do produto, desenvolvendo odores e sabores desagradáveis na sua matéria gordurosa (Instituto de Embalagens, 2019).

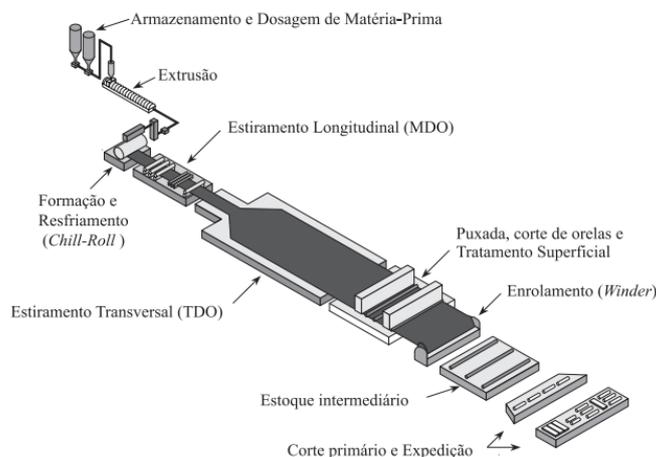
Este envelhecimento dos alimentos processados pode ser causado por perda ou alterações químicas dos componentes voláteis do sabor e aroma por causa de reações dependentes do oxigênio absorvido pelo produto e do teor de umidade. Visto à perda de qualidade pela exposição ao oxigênio do ambiente, intensificada pela absorção de umidade, recomenda-se o uso de embalagens com baixa permeabilidade ao oxigênio e ao vapor d'água (Instituto de Embalagens, 2019).

Uma das principais aplicações do PP (Polipropileno) é na forma de filmes biorientados (BOPP) (CARVALHO, 2008). Orientação de filmes se trata de um processo físico de orientação de cadeias moleculares do polímero que permite a obtenção de filmes muito finos, mas com propriedades adequadas à conservação e ao manuseio, pois promove um aumento na resistência à tração e na rigidez do material, melhora na transparência, brilho e lisura e, para polímeros cristalinos como o propileno, significativo efeito de redução da permeabilidade de gases e ao vapor d'água, da ordem de 50%, dependendo do grau de temperatura de orientação (LUPKE, 2004; SPINACÉ, 2004; SARANTÓPOULOS et al., 2002a).

Para compatibilidade com as propriedades de barreira da embalagem, as selagens devem ser herméticas, caso contrário, o produto perde compostos aroma e há livre entrada de oxigênio e vapor d'água pelas descontinuidades da selagem (Instituto de Embalagens, 2019). Quanto menor a permeabilidade dos materiais de embalagem, mais relevante a contribuição da termosoldagem na manutenção da hermeticidade da embalagem, bem como contribui para os melhores resultados microbiológicos e reduzem a oxidação lipídica dos alimentos (Instituto de Embalagens, 2019; SOARES et al., 2023). As estruturas comuns para as embalagens flexíveis de alimentos são: PET + AL + PEBD; PAPEL + AL + PEBD; PET + MPET + PEBD; PET + MBOPP + PEBD e BOPP + AL + PEBD (TAMURA, OHTA E KANAI, 2012; Instituto de Embalagens, 2019).

Os filmes de flexíveis passam por vários processos até que tomem forma de embalagem. Na figura 4 é possível identificarmos o processo de extrusão de um filme de BOPP. É importante destacarmos que para a confecção de uma embalagem de alimentos, por exemplo, é necessário mais de um tipo de filme, como dito anteriormente e esses filmes passam por um processo chamado laminação.

Figura 4: Processo de produção BOPP



Fonte: Instituto de Embalagens, 2019

TABELA 1 – Resultados dos testes das Embalagens Metalizadas Flexíveis

TESTES	<u>AMOSTRAS</u>			
	Embalagem (A)	Embalagem (B)	Embalagem (C)	Embalagem (D)
Espessura	60,80±0,54 <sup>a</sup>	85,02±0,05 <sup>b</sup>	83,92±0,58 <sup>b</sup>	104,67±0,47 <sup>c</sup>
Gramatura	70,22±0,06 <sup>a</sup>	87,87±1,01 <sup>b</sup>	85,23±0,89 <sup>c</sup>	115,88±0,50 <sup>d</sup>
COF (Coeficiente de Fricção) - DINÂMICO EXT/EXT	0,14±0,02 <sup>a</sup>	0,24±0,01 <sup>b</sup>	0,25±0,01 <sup>b</sup>	0,24±0,02 <sup>b</sup>
COF (Coeficiente de Fricção) - DINÂMICO INT/INT	0,18±0,01 <sup>a</sup>	0,13±0,01 <sup>b</sup>	0,14±0,01 <sup>b</sup>	0,14±0,01 <sup>b</sup>
COF (Coeficiente de Fricção) - ESTÁTICO EXT/EXT	0,13±0,02 <sup>a</sup>	0,29±0,01 <sup>b</sup>	0,30±0,01 <sup>b</sup>	0,30±0,01 <sup>b</sup>
COF (Coeficiente de Fricção) - ESTÁTICO INT/INT	0,21±0,01 <sup>a</sup>	0,22±0,01 <sup>a</sup>	0,23±0,01 <sup>a</sup>	0,22±0,02 <sup>a</sup>
Resistência à tração (DT)	98,6±0,7 <sup>a</sup>	35,0±0,7 <sup>b</sup>	33,8±0,9 <sup>b</sup>	0,25±0,01 <sup>c</sup>
Resistência à tração (DM)	92,6±0,3 <sup>a</sup>	41,7±0,8 <sup>b</sup>	42,9±0,6 <sup>b</sup>	32,0±0,7 <sup>c</sup>
Elongação a Ruptura (DM)	105,6±1,1 <sup>a</sup>	65,3±1,1 <sup>b</sup>	62,7±1,4 <sup>b</sup>	102,1±0,7 <sup>a</sup>
Elongação a Ruptura (DT)	113,2±1,9 <sup>a</sup>	105,0±1,0 <sup>a</sup>	89,1±0,5 <sup>b</sup>	77,4±0,8 <sup>c</sup>
Módulo Young (DM)	1743±0,4 <sup>a</sup>	861±1,0 <sup>b</sup>	920±0,5 <sup>c</sup>	780±0,6 <sup>d</sup>
Força de Selagem T/T (130°)	22±1,0 <sup>a</sup>	26±1,0 <sup>b</sup>	28±0,02 <sup>b</sup>	35,4±0,7 <sup>c</sup>
Força de Selagem NT/NT (110°)	6,8±0,1 <sup>a</sup>	22,2±0,5 <sup>b</sup>	20,6±0,2 <sup>b</sup>	1,3±0,3 <sup>c</sup>
Temperatura Inicial de Selagem (SIT)	107±0,00 <sup>a</sup>	109±0,00 <sup>a</sup>	102±0,00 <sup>b</sup>	109±0,00 <sup>a</sup>
Estab. Dimencional (DM)	1,24±0,03 <sup>ab</sup>	1,37±0,07 <sup>a</sup>	1,16±0,02 <sup>b</sup>	1,82±0,04 <sup>c</sup>
Estab. Dimencional (DT)	0,12±0,02 <sup>a</sup>	0,60±0,02 <sup>b</sup>	0,15±0,02 <sup>a</sup>	0,80±0,08 <sup>b</sup>
Densidade Ótica	2,48±0,04 <sup>a</sup>	2,07±0,09 <sup>b</sup>	2,38±0,04 <sup>a</sup>	2,10±0,01 <sup>b</sup>
Força de Delaminação	0,20±0,03 <sup>a</sup>	0,76±0,05 <sup>b</sup>	0,92±0,10 <sup>c</sup>	1,01±0,08 <sup>d</sup>
Permeabilidade ao Oxigênio	2,86±0,01 <sup>a</sup>	2,66±0,01 <sup>b</sup>	2,93±0,06 <sup>ab</sup>	3,04±0,03 <sup>c</sup>
Permeabilidade ao Vapor de Água	0,79±0,02 <sup>a</sup>	0,66±0,03 <sup>b</sup>	0,81±0,01 <sup>a</sup>	2,39±0,07 <sup>c</sup>

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si nas linhas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O conhecimento das propriedades de atrito e deslizamento de filmes flexíveis tem grande importância na sua aplicação em embalagem. O atrito é a força de resistência que surge quando duas superfícies deslizam ou tentam deslizar uma sobre a outra, ou seja, é uma medida da dificuldade relativa do deslizamento entre duas superfícies. Essas superfícies podem ser ambas plásticas ou uma metálica e uma plástica ou outras. O atrito entre duas superfícies depende de inúmeros fatores como, por exemplo, a lisura, a afinidade entre as superfícies, a composição do material plástico (deslizantes, agentes antibloqueio, pigmentos), a carga estática, os tratamentos superficiais, as condições de estocagem, a velocidade relativa do movimento, a idade do material, o processo de fabricação do filme, a direção ensaiada, a tendência de bloqueio, etc. A determinação do coeficiente de atrito (COF) é muito útil na avaliação, controle de qualidade e especificação de materiais de embalagem, desde que seja estabelecida previamente a

correlação desse parâmetro com o desempenho real do material em máquina e/ou no empilhamento. O entanto deve-se lembrar que a reprodutibilidade do ensaio depende de todos os fatores que influenciam essa propriedade, bem como do método e das condições em que é feita a determinação (BIRON, 2008).

A gramatura de filmes plásticos é definida como a massa de uma determinada área do material, sendo expressa normalmente em gramas por metro quadrado ( $\text{g/m}^2$ ). Essa característica está diretamente relacionada com as propriedades de resistência mecânica e barreira, uma vez que para determinado material, uma maior gramatura oferece uma melhor resistência mecânica e na maioria das vezes uma melhora na barreira a gases e ao vapor de água do material. É uma determinação útil para avaliação e controle de qualidade, pois permite obter-se rapidamente informações sobre o desempenho de um material de embalagem. É utilizada para conhecimento das propriedades de uma estrutura laminada, quando a separação das camadas não permite uma determinação adequada da espessura dos materiais que compõem a estrutura. É também importante quando é necessário o conhecimento da massa de um material, em uma estrutura composta, para determinação da concentração, por exemplo, de adesivos. Ainda através da gramatura pode-se conhecer o rendimento de uma bobina.

Ademais, segundo Fagundes et al. (2021) a dupla camada de uma embalagem flexível favorece a conservação do alimento, ou seja, favorece a vida de prateleira.

Espessura é a distância perpendicular entre as duas superfícies principais de um material, sendo este um parâmetro utilizado como referência na área de embalagens plásticas. Conhecendo-se a espessura de um material e a sua natureza química é possível obter informações teóricas sobre as suas propriedades mecânicas e de barreira a gases e ao vapor d'água, bem como fazer estimativas sobre a vida útil de alguns alimentos acondicionados neste material e o desempenho mecânico da embalagem, desde que sejam conhecidos alguns dados como, por exemplo, as dimensões e a capacidade da embalagem e o sistema de distribuição (CASTRO, 2003).

Para as funções de conter e proteger um produto sejam eficientemente desempenhadas pela embalagem flexível, esta deve apresentar dimensões uniformes e adequadas à aplicação. Existem diversas maneiras adequadas de se determinar as dimensões de uma embalagem. Entretanto é necessário que o fabricante e o cliente estejam de acordo quanto às dimensões a serem avaliadas e à forma de medição. De acordo com a tabela 1, podemos inferir que a embalagem a diferiu significativamente das demais na maioria das análises feitas. Isso se deve principalmente pela forma como a

embalagem é finalizada. Pois, os filmes flexíveis passam por diversos processos até a hora de embalar um determinado produto.

A embalagem “d” se mostrou a menos resistente do que as demais, portanto, conserva menos o produto. O principal fator que contribui para essa afirmação, é o fato do resultado do alto índice de permeabilidade de humidade e oxigênio que essa amostra apresenta. Portanto, conforme o aumento da humidade do ambiente em que a embalagem esteja inserida a tendência é que essa embalagem seja mais vulnerável. A permeabilidade aumenta com o aumento da umidade no polímero hidrofílico, porque a água absorvida pelo polímero age como um plastificante, diminuindo a energia de ativação para a difusão, “afrouxando” a estrutura, permitindo, assim, um aumento no coeficiente de difusão, o que favorece a permeação. A embalagem “b” foi a que apresentou maior conformidade perante os padrões esperados para embalagens de alimentos. Sendo, assim, a mais resistente a vapor de água e oxigênio. Sendo assim, a que conservará o alimento por mais tempo. As amostras “a” e “c” se destacaram no teste de ótica, o que indica que elas foram as embalagens que mais protegem o produto da incidência de luz.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nos dias de hoje, as embalagens adquiriram diante de todos, intenso prestígio, não só pelos serviços que prestam, como pela estreita intimidade que com elas mantemos, através de sua presença constante e de sua funcionalidade. Pode-se dizer que a dupla embalagem confere maior barreira a gases e ao vapor d’água e proteção mecânica ao produto.

Além disso, as embalagens individuais também podem ser impressas, permitindo que a marca do produto permaneça por mais tempo em contato com o consumidor. Diante do exposto conclui-se ainda que o controle de qualidade é de fundamental importância para a obtenção de um produto bem-acabado, livres de defeitos que possam prejudicar a sua aparência e comercialização.

Outro fator importante que influencia diretamente na estabilidade das embalagens e conseqüentemente na estabilidade do produto, é a quantidade de processos que o filme pode passar até o momento de envase do alimento. A forma como essa embalagem é selada também é um fator que influencia no desgaste desse plástico.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. - “ASTM F 904-98 - Standard Test Method for Comparison of Bond Strength or Ply Adhesion of Similar Laminates Made from Flexible Materials”, ASTM, Philadelphia (2012).

ANDRADE, I. N. **A embalagem e a sua evolução na indústria alimentar.** In: CASTRO, A. G.; POUZADA, A.S. Embalagens para indústria alimentar. 1ª ed. Lisboa: Piaget, 2003. p. 17-27.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. “NBR ISO 17555 - Plásticos - Filme e revestimento - Filme de polipropileno (PP) biorientado”. ABNT, Rio de Janeiro (2009).

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.

BARROS, C. B. **Validação de métodos analíticos.** Metrologia em química. Módulo 2. São Paulo (2008).

BIRON, M. - **Enhancing polymer adhesion thanks to functionalized materials and surface treatments.** Polymer Additives & colors (2008). Disponível em: <<http://www.specialchem4.polymers.com>>. Acesso em: 22/06/2022.

CARVALHO, L. B. **Produção de polipropileno bi-orientado (BOPP): tecnologia e aplicações.** Instituto Politécnico de Bragança. Escola Superior de Tecnologia e de Gestão, 2008. Disponível em: <<http://hdl.dandle.net/10198/1990>>. Acesso em: 26/06/2022.

DANTAS, R. L.; LIMA, C. A. P. **Qualidade de embalagens flexíveis para alimentos.** Quality Of Flexible Packings For Foods. Anais do 9º Congresso Brasileiro de Polímeros, 2007. Disponível em: <<https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbpol/2007/PDF/622.pdf>>. Acesso em: 21/06/2020.

DIAS, P. et al. **Effect of chain architecture on biaxial orientation and oxygen permeability of polypropylene film: Effect of Polypropylene chain architecture.** Journal of Applied Polymer Science, v. 107, p. 1730-1736, 2008.

FAGUNDES, L. L.; MELEIRO, C. H. de A.; FIGUEIREDO, M. R.; MELEIRO, L. A. da C. Influência de embalagens poliméricas na vida útil de um pão de forma de fabricação artesanal / Influence of polymeric packaging on the shelf life of a loaf handmade bread. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 6, p. 55508–55527, 2021.

INSTITUTO DE EMBALAGENS LTDA. **Embalagens Plásticas: embalagem melhor: mundo melhor.** 1.ed. – Barueri/SP, 2019.

LIN, Y., HILTNER, A., & BAER, E. **Nanolayer enhancement of biaxially oriented polypropylene film for increased gas barrier.** *Polymer*, v. 51, p. 5807-5814, Oct. 2010.

LINO, G. C. L.; LINO, T. H. L. **Estudo comparativo de embalagens flexíveis laminadas versus coextrusadas.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, 2015. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5338/1/LD\\_COALM\\_2015\\_1\\_04.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5338/1/LD_COALM_2015_1_04.pdf)>. Acesso em: 26/06/2020.

LUPKE, T., DUNGER, S., SÄNZE, J., & RADUSCH, H.-J. **Sequential biaxial drawing of polypropylene films.** *Polymer*, v. 45, p. 6861-6872, Aug. 2004.

MIGUEL, P. A. C. et al. **Desdobramento da qualidade no desenvolvimento de filmes flexíveis para embalagem.** *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 13, nº 2, p. 87-94, 2003.

MOTA, L. R. **Controle de qualidade de embalagens flexíveis para biscoitos.** Universidade Católica de Goiás Departamento de Matemática e Física - Engenharia de alimentos, 2004. Disponível em: <<https://bit.ly/381YDJM>>. Acesso em: 23/06/2020.

MUELLER, K.; WEISSER, H. **Numerical simulation of permeation through vacuum-coated laminate films.** *Pack. Tech. Sci.*, 15, p.29 2002a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/pts.563>>. Acesso em: 24/06/2020.

MUELLER, K.; WEISSER, H. **Numerical simulation of permeation through vacuum-coated laminated films.** *Packaging Technology and Science*. West Sussex, v. 15, p. 29 – 39, 2002b.

NNAMDI, A. **Introduction to flexible packaging. Embalagens flexíveis / Nnamdi Anyadike.** tradução Rogério Henrique Jönck. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

REARDEN, C. M. **Metallized papers and films: a new focus for global growth.** 2006. Disponível em: <<https://www.pffc-online.com/ar/4417-metallized-papers-films-041906>>. Acesso em: 25/06/2020.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. *et al.* **Embalagens plásticas flexíveis: Principais polímeros e avaliação de propriedades.** Campinas: CETEA/ITAL, 2002a.

SARANTÓPOULOS, et al. **Embalagens Plásticas Flexíveis.** CETEA/ITAL, 2002b, 267p.

SIDERURGIA BRASIL. **Embalagens metalizadas de BOPP são recicláveis.** *Revista Siderurgia Brasil*, São Paulo, ed. 66, 2010.

SOARES, C. R. de S.; ANDRIGHETTO, C.; DA LUZ, P. A.; VIEIRA, N. C.; PIROLA, J. V. F.; SOUZA, Érica P.; ZANETTI, L. H. Características da carne bovina armazenada em diferentes tipos de embalagens e submetidas a diferentes fontes de luz. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 407–419, 2023.

SPINACÉ, M. A. **A Tecnologia de Reciclagem de Polímeros.** *Quim. Nova*, 2004 p. 65-72.

TAMURA, S.; OHTA, K.; KANAI, T. **Study of crater structure formation on the surface of biaxially oriented polypropylene film.** *Journal of Applied Polymer Science*, [s. l.], v. 124, n. 4, p. 2725-2735, 2012.