



13º CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS



NATAL - RN  
18 a 22 de outubro de 2015

## **Influência da Estocagem em Diferentes Condições de Umidade nas Propriedades Físicas e Mecânicas de Embalagens Expandidas Biodegradáveis de Amido de: Batata, Mandioca e Milho**

**Mariana O. Engel (IC)<sup>1\*</sup>, Bruno F. Bergel (M)<sup>1</sup>, Ruth M. C. Santana<sup>1</sup>**

*1 – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre – RS, marianaoliveiraengel@gmail.com*

**Resumo:** O poliestireno expandido (EPS) é utilizado em uma variedade de embalagens alimentares, que têm por característica o uso único e portanto, são descartadas em grande quantidade. Polímeros de Amido Termoplástico (TPS) são substitutos potenciais ao EPS. No entanto, para que embalagens TPS sejam consideradas substitutos viáveis, devem ser investigados mecanismos que aperfeiçoem suas propriedades físicas e mecânicas, principalmente a característica higroscópica. Este estudo descreve a cinética de absorção de umidade de espumas TPS de três fontes amilaseas, condicionadas a distintas umidades relativas e as alterações em suas propriedades mecânicas advindas desta estocagem. O modelo de Peleg descreveu satisfatoriamente a cinética de absorção. Evidenciou-se que a estocagem a umidades relativas intermediárias (57%) preserva as propriedades das espumas TPS e ainda, que o teor de amilose das distintas fontes botânicas de amido influencia o desempenho mecânico e físico de embalagens TPS.

*Palavra chave: Amido Termoplástico, Cinética de Absorção, Propriedades Mecânicas*

### ***Influence of Storage in Different Conditions of humidity in the Physical and Mechanical Properties of Expanded Biodegradable Packaging Made of Potato, Cassava and Corn Starch***

**Abstract:** Expanded polystyrene (EPS) is used in a variety of food packaging, which have the characteristic single use and therefore are discarded in large quantities. Thermoplastic Starch polymers (TPS) are potential substitutes for EPS. However, for TPS packages to be considered as feasible substitutes, mechanisms should be investigated to improve their physical and mechanical properties, especially their hygroscopic character. This study describes the TPS foam moisture absorption kinetics of three sources of starch, conditioned to different relative humidities and the changes in their mechanical properties resulting from this storage. The Peleg's model described satisfactory the moisture absorption kinetics. It was funded that the storage at intermediate humidities (57%) preserves the properties of TPS foams and also that the amylose content of the different botanical sources influence the mechanical and physical performance of TPS packaging.

*key-words : Thermoplastic Starch, Moisture Absorption Kinetics, Mechanical Properties*

### **Introdução**

O acúmulo de resíduos poliméricos sintéticos derivados de petróleo, principalmente nas grandes aglomerações, gera custos e aumenta o volume de materiais depositados em aterros sanitários. Fator que acarreta problemas ambientais e de saúde pública. Assim impõe-se a necessidade de serem investigados materiais compatíveis mecânica e fisicamente, porém derivados de fontes renováveis não poluentes. Polímeros biodegradáveis são materiais emergentes oriundos de uma fonte de baixo custo, vantajosos ambiental, socialmente e economicamente [1]. O poliestireno expandido (EPS) é um polímero utilizado em bandejas para armazenar frutas, em copos descartáveis para café, e em uma variedade de outras embalagens alimentares. Tais embalagens são descartadas em grande quantidade, uma vez que são concebidas como embalagens de uso único [1]. Polímeros de Amido Termoplástico (TPS) são substitutos potenciais para embalagens EPS [2].

No entanto, devem ser investigados mecanismos que aperfeiçoem suas propriedades físicas, principalmente a característica higroscópica [3 ; 4]. O desempenho mecânico de embalagens TPS é afetado pela absorção de umidade, o que pode comprometer sua aplicação [4]. Embalagens TPS vêm sendo produzidas a partir de diversas fontes de amidos. Todo amido proveniente de distinta fonte botânica possui características próprias, tal como o teor de amilose [5]. Autores correlacionaram o teor de amilose presente no amido com o desempenho mecânico e físico final de embalagens TPS [4, 6].

Neste estudo, objetivou-se caracterizar o comportamento mecânico e físico de embalagens TPS condicionadas em distintas condições de umidade relativa. Foram empregadas três fontes de amido (Batata, Mandioca e Milho), e buscou ainda relacionar o teor de amilose com a capacidade de absorção de umidade e o desempenho mecânico das embalagens TPS. O bom desempenho mecânico das embalagens TPS é essencial para que possam ser indicadas como substitutos potenciais as embalagens de EPS.

## Experimental

### Materiais

Para confecção das espumas TPS utilizou-se água destilada, amido de batata (TPS-BAT) comercial (Giro Verde), amido de milho (TPS-MIL) comercial (Unilever) e amido de mandioca (TPS-MAN) comercial (Amafil). Como plastificante álcool polivinílico (PVA), Neon comercial. O padrão foram bandejas de EPS, destinadas ao armazenamento de frutas.

### Métodos

*Preparo da pasta e processo de termoexpansão das TPS* : As pastas de amido foram obtidas a partir da mistura de quatro componentes (PVA, água e amido em duas formas, gelatinizado e seco). Para obtenção do amido gelatinizado, 20g de amido foram adicionadas a 100 mL de água à 70 °C. As misturas foram realizadas por misturador mecânico dupla rosca. Após, a pasta preenche um molde de dimensões 15 cm x 15 cm em prensa hidráulica modelo Solar SL11, segue processo de compressão e termoexpansão com parâmetros de 240 segundos, à 180°C e 2,5 toneladas. As espumas possuem a formulação indicada na Tabela 1, com teor de sólidos de 40%. O teor de amilose das fontes de amido [5] utilizadas no estudo também é descrito na Tabela 1.

**Tabela 1 – Formulação das embalagens TPS e Teores de Amilose das distintas fontes botânicas [6]**

Amostra	Formulação embalagens TPS				Teor de Amilose [5]	
	Amido g	Gel g	PVA g	Água ml	Variedade Botânica	Amilose (%)
TPS-BAT	47,0	47,0	6,0	50,0	Batata	20,0
TPS-MAN	47,0	47,0	6,0	50,0	Mandioca	17,0
TPS-MIL	47,0	47,0	6,0	50,0	Milho	28,0

*Propriedades Cinéticas* : Corpos de prova, com dimensões de 2,5 x 10,0 cm, foram condicionados em estufa à 25±2 °C em recipientes hermeticamente fechados com diferentes condições de umidade (35%, 57% e 88%). As distintas umidades foram asseguradas por soluções de ácido sulfúrico com concentrações 20%, 40% e 50% p.p<sup>-1</sup>, correspondendo às respectivas umidades relativas de 35%, 57% e 88%. A análise segue com a pesagem das amostras nos tempos de 2, 4, 24, 48 e 60 horas.

Os dados de absorção de umidade foram ajustados segundo o modelo matemático sugerido por Peleg [7]. Segue a equação do modelo(Eq. 1),

$$M(t) = M_0 + (t / (K_1 + K_2t)) \quad (1)$$

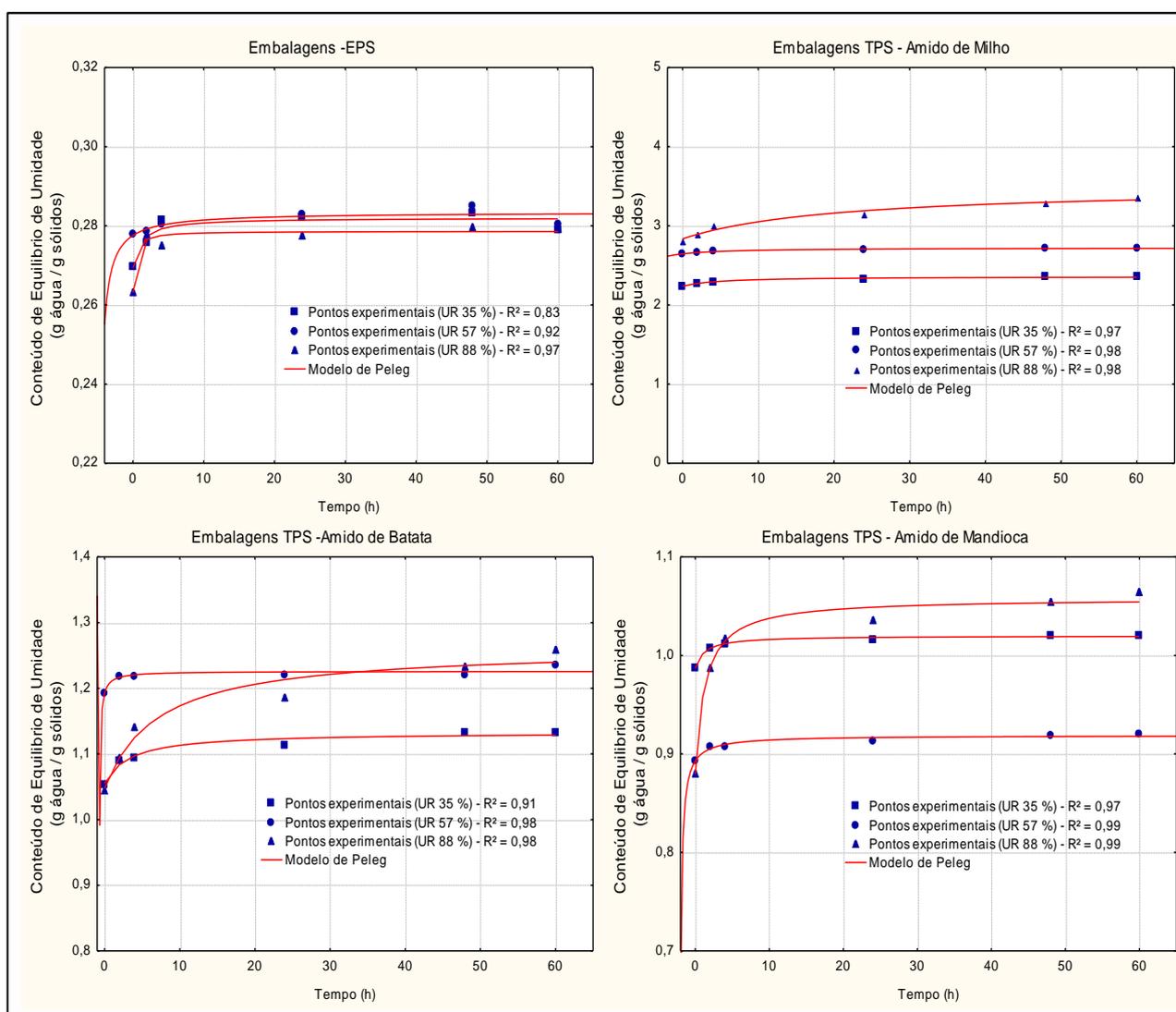
onde  $M(t)$  é a umidade no tempo,  $M_0$  é a umidade inicial,  $K_1$  é a constante de fluxo de Peleg (h/(g água / g sólidos)) e  $K_2$  é a constante de capacidade de Peleg (g sólidos / g água)[8]. O software Statistica Statsoft for Windows 10.0 foi o programa de estatística empregado. O experimento foi realizado em triplicata para cada condição de umidade e formulação.

**Propriedades Mecânicas :** Após condicionamento de 60h (ensaio cinético), as mesmas amostras foram submetidas a ensaio de tração de acordo com a norma ASTM D638 com velocidade de ensaio de 3 mm/min em máquina de ensaios universal INSTRON 3382.

## Resultados e Discussão

### Propriedades Cinéticas:

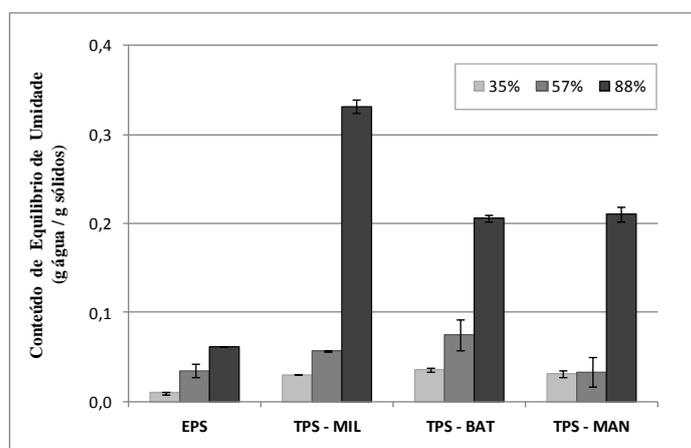
A Figura 1 mostra as curvas de absorção de umidade com os pontos experimentais e o modelo de Peleg. O modelo de Peleg mostra ser adequado para prever os resultados de absorção, obtendo coeficientes de determinação ( $R^2$ ) entre 0,8 e 0,99, como já observado [4].



**Figura 1 –Cinética de absorção de umidade para embalagens EPS, TPS-MIL, TPS-BAT e TPS-MAN, respectivamente. As linhas predizem o comportamento cinético e são derivadas do modelo de Peleg.**

As amostras TPS expostas a condições de umidade relativa (UR) mais importantes obtiveram maiores valores de absorção. O padrão EPS apresentou comportamento estável mesmo quando condicionado as diferentes condições de UR. Esse resultado confirma a estabilidade dimensional deste material quando condicionado em ambientes úmidos. A amostra TPS-MIL foi a que apresentou maiores valores de absorção, atingindo no período avaliado o valor de 3,4 g/g para UR de 88%. Este resultado pode estar relacionado ao maior conteúdo de amilose desta amostra em relação as demais [6]. As bandejas de TPS-MAN são as de composição química com o menor teor de amilose e, por sua vez, foram as que apresentaram os menores valores de absorção de umidade (absorção máxima de 1,05 g/g UR 88%).

A Figura 2 traz os valores inteiros finais de absorção de umidade, para melhor visualização da influência da UR, em 60h de exposição, nos três ambientes úmidos. Observa-se que o EPS apresenta valores de absorção final que variam pouco entre as três exposições de umidade. Nota-se que, na UR de 35%, as amostras de TPS tiveram absorção final parecida. Para as outras condições de umidade observou-se comportamentos distintos para as amostras de TPS.



**Figura 2: Absorção de umidade em função das umidades relativas de estocagem das espumas de EPS, TPS-MIL, TPS-BAT e TPS-MAN, respectivamente**

A Tabela 2 apresenta as constantes de Peleg.  $K_1$  representa a transferência de massa, quanto menor  $K_1$ , maior é a taxa de absorção inicial. Por sua vez,  $K_2$  representa a máxima capacidade de absorção, quanto menor  $K_2$  maior é a capacidade de absorção [4]. Exceto por TPS-BAT, todas as amostras apresentam taxas de absorção ( $K_1$ ) maiores de acordo com a elevação da UR de condicionamento. A capacidade de absorção de umidade ( $K_2$ ) das amostras segue o mesmo fenômeno, a capacidade de absorção segue a elevação do conteúdo de umidade ambiente. A amostra TPS-MIL, apresentou as maiores capacidades de absorção em todas as condições de umidade, o que correlaciona-se com o maior conteúdo de amilose presente nesta amostra.

**Tabela 2. Constantes de Peleg e Propriedade mecânica de Tração**

Amostra	Constantes de Peleg						Tensão na Carga Máxima (KPa)			
	$K_1$		$K_2$		$K_1$		$K_2$			
	UR	0,35%	57%	88%	35%	57%	88%			
EPS		858,4	170,1	90,4	79,2	19,6	64,9	697,0	778,0	730,0
TPS-MAN		84,9	38,3	39,6	30,6	7,3	5,6	1101,0	1034,0	722,0
TPS-BAT		23,6	30,4	44,1	12,9	33,0	4,7	1170,0	1141,0	902,0
TPS-MIL		92,9	13,0	38,4	8,1	31,2	1,5	1500,0	1878,0	578,0

### *Propriedades Mecânicas:*

A Tabela 2 traz os valores da propriedade mecânica de tensão. O condicionamento a UR intermediária de 57% foi o que obteve os maiores valores de resistência a tração. As amostras TPS em contato com a UR de 88% mostram menor resistência, decaimento que incida que o teor de umidade absorvido pelas amostras atua como plastificante. Amostras condicionadas a UR de 35%, também obtiveram menores valores de resistência, uma vez que tornaram-se excessivamente frágeis. O padrão EPS manteve suas propriedades mecânicas mesmo quando condicionado as distintas UR. Nota-se que os TPS mostraram-se mais duros e com maior resistência a tração na ruptura quando comparados ao EPS. Salvo para a umidade de 88%, a resistência a tração aumentou proporcionalmente ao teor de amilose (UR 57% : TPS-MIL (28% amilose) 1878,0 KPa ; TPS-BAT (20% amilose) 1141,0 KPa ; TPS-MAN (17% amilose) 1034,0 KPa), como já observado [6].

### **Conclusões**

O modelo de Peleg descreve corretamente o fenômeno de absorção de umidade em espumas de base amilasea. As distintas condições de umidade relativa e os distintos teores de amilose modificam consideravelmente a cinética de absorção e as propriedades mecânicas de espumas TPS. O padrão EPS mostrou maior estabilidade e teve suas propriedades mecânicas pouco impactadas pelas condições de estocagem à distintas umidades relativas. A umidade relativa intermediária de 57% mostrou-se adequada ao condicionamento das embalagens TPS, obtendo bons valores de resistência e taxa absorção e capacidade de absorção intermediárias. O amido de mandioca forneceu as embalagens com as propriedades mais próximas ao padrão EPS. Mesmo mostrando-se mais susceptível as condições do ambiente externo, embalagens TPS seguem como uma alternativa vantajosa à aplicação de polímeros de origem fóssil.

### **Referências Bibliográficas**

1. Davis, G.; Song, J.H. Biodegradable packing based on raw materials from crops and their impact in waste management. *Industrial Crops and Products*, v. 23, p. 147 - 161, 2006.
2. Fomin, V. A., & Guzeev, V. V.. Biodegradable Polymers, their present state and future prospects. *Progress in Rubber and Plastics Technology*, v. 17(3), p. 186–204, 2001.
3. Salgado, P. R., Schmidt, V. C., Ortiz, S. E. M., Mauri, A. N., & Laurindo J. B.. Biodegradable foams based on cassava starch, sunflower proteins and cellulose fiber obtained by baking process. *Journal of Food Engineering*, v. 85, p. 435-443, 2008.
4. Mello, L.R.P.F.; Mali, Suzana. Use of malt bagasse to produce biodegradable baked foams made from cassava starch. *Industrial Crops and Products*, v.55, p.187-193, 2014
5. Bicudo, S. C. W.. Caracterização de amidos nativos de diferentes fontes botânicas através de técnicas temoanalíticas e teor de amilose. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2008.
6. Carvalho A. J. F., Curvelo A. A. S. & Mattoso L. H. C.. Estudo Comparativo de Amidos Termoplásticos Derivados do Milho com Diferentes Teores de Amilose. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 15, n° 4, p. 268-273, 2005.
7. Peleg, M., 1988. An empirical model for the description of moisture sorption curves. *Journal of Food Science*. v. 53, p. 1216 - 1217.