

AVALIAÇÃO DA PERMEABILIDADE DO VAPOR DE ÁGUA DE FILMES BIOATIVOS DE *Clitoria ternatea L.*

LETÍCIA T. PEREIRA^{1*}
JEFFERSON P. DE SOUSA¹
LEOMARA F. RIBEIRO²

Os filmes bioativos podem ser produzidos a partir de compostos bioativos que podem influenciar nas características de barreira dos filmes, como a permeabilidade ao vapor de água, por exemplo. Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar as propriedades de barreiras dos filmes com extrato da *Clitoria ternatea L.*, por meio da análise da permeabilidade ao vapor de água (PVA). Para elaboração dos filmes, utilizou-se o delineamento experimental Box-Behnken com variações nas massas de extrato de *Clitoria ternatea L.* (10 %, 20 % e 30 %) e de glicerol (4 %, 6 % e 8 %), totalizando 9 ensaios. A determinação da permeabilidade dos filmes foi realizada segundo o método gravimétrico, com soluções saturadas de cloreto de sódio (NaCl – 75 %) e cloreto de potássio (KCl – 85 %), separadamente, em duplicita. Para cada ensaio, os filmes apresentaram comportamentos diferentes ao longo do período avaliado, em torno de 8 a 18 dias, devido a quantidade de extrato e de glicerol, e da umidade relativa avaliada. Os valores de PVA variaram de 0,033 a 0,050 g mm/m² dia kPa para KCl (85 %), enquanto para NaCl (75 %), os valores foram de 0,024 a 0,046 g mm/m² dia kPa. Os filmes submetidos a solução de NaCl (75% UR) apresentaram maior estabilidade do que os submetidos a solução de KCl (85% UR). De acordo com resultados, os filmes 2 e 4 são considerados filmes com boa barreira. Conclui-se que os filmes bioativos de *Clitoria ternatea L.* tem potencial de aplicação nas embalagens dos produtos alimentícios.

PALAVRAS-CHAVE: PANC; propriedade de barreira; delineamento experimental.

¹Estudante, Engenharia de Alimentos/Universidade Federal do Paraná *Campus Jandaia do Sul*

²Professora, Engenharia de Alimentos/Universidade Federal do Paraná *Campus Jandaia do Sul*

*E-mail para correspondência: leticia.teragi@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

As plantas alimentícias não convencionais (PANC) são definidas como plantas que não são tradicionalmente consumidas pela população, muitas vezes sendo classificadas como ervas daninhas devido ao seu crescimento espontâneo. No entanto, esses tipos de plantas também podem ser cultivados (TERRA, FERREIRA, 2020). Um exemplo é a *Clitoria ternatea L.*, uma planta leguminosa considerada como PANC, que apresenta quantidades significativas de compostos bioativos em suas flores, sendo as antocianinas sua principal classe de compostos bioativos (NASCIMENTO et al., 2021).

Os filmes bioativos podem ser produzidos a partir dos compostos bioativos que estão presentes em algumas plantas, como nas PANCs. Portanto, além dos filmes bioativos fornecerem uma barreira protetora, eles também podem desempenhar diversas funções devido a ação desses compostos, como o controle da entrada de oxigênio (O_2), eliminação da absorção de umidade e geração de dióxido de carbono, ação antimicrobiana e aumento da vida útil dos alimentos (QUEIROZ et al., 2021; ROSSETTO et al., 2021).

Além disso, os filmes podem ser produzidos a partir da interação entre as moléculas de amilose e amilopectina encontradas no amido, juntamente com o glicerol, um plastificante que auxilia a interromper a formação de dupla hélice da amilose com parte da amilopectina, fornecendo maior flexibilidade para o filme. Ademais, o plastificante tem a função de reduzir o número de ligações de hidrogênio entre as cadeias dos polímeros e interfere no espaço molecular. Assim, a permeabilidade dos filmes ao vapor d'água é reduzida com o plastificante (MATTA JR. et al., 2011).

A permeabilidade do vapor de água de filmes bioativos é definida como a quantidade de vapor que atravessa os filmes por unidade de tempo e área (BARROSO, 2009). Portanto, é desejável que os filmes apresentem uma baixa permeabilidade ao vapor de água, assim obtendo uma melhor conservação dos alimentos (VILLADIEGO, 2005). Com intuito de verificar a qualidade do filme bioativo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades de barreiras dos filmes obtidos através do extrato da *Clitoria ternatea L.*, por meio da análise da permeabilidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

As amostras das *Clitoria ternatea L.* desidratadas foram obtidas do produtor Flor Fada Azul da cidade de Corguinho, Mato Grosso do Sul. As flores foram desidratadas em processo combinado de secagem natural a sombra e em estufa a 45°C. Posteriormente, moeu-se as flores até obter um pó fino e, em seguida, foram acondicionadas em uma embalagem de plástico selada a vácuo, ao abrigo da luz e armazenadas no freezer.

Para extração dos compostos da *Clitoria ternatea L.*, as amostras foram previamente descongeladas. Em seguida, foram pesados 0,8 g das amostras e colocados em erlenmeyers de 250 mL com 100 mL de água

destilada. Depois os erlenmeyers foram colocados em banho dubbnoff (MATOLI) para extração a 80 °C por 5 minutos. Após a extração, os extratos foram filtrados sob vácuo e armazenado em frasco âmbar no freezer.

2.2 Procedimento experimental

Os filmes foram elaborados utilizando a técnica de *Casting*, segundo delineamento experimental Box-Behnken (Tabela 1). Misturou-se o extrato de *Clitoria ternatea L.*, amido e água destilada em um bêquer e solubilizado em banho-maria previamente aquecida a 80°C. Em seguida, quando a solução filmogênica atingiu a temperatura de 60°C, foi adicionado glicerol.

TABELA 1 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL BOX-BEHNKEN DOS FILMES BIOATIVOS DE *Clitoria ternatea L.*

Ensaios	Glicerol (g)	Extrato (g)
1	4,00	10,00
2	4,00	20,00
3	4,00	30,00
4	6,00	10,00
5	6,00	20,00
6	6,00	30,00
7	8,00	10,00
8	8,00	20,00
9	8,00	30,00

Após ser observado a completa dissolução dos componentes e a ausência de bolhas de ar incorporadas na solução filmogênica, foram pesados 20 g da solução em placas de Petri e espalhadas para obter um filme com espessura homogênea. Em seguida, os filmes foram levados para estufa BOD (Caltech) a 25 °C por 18 h 30 min para secagem.

A determinação da permeabilidade dos filmes foi realizada segundo o método gravimétrico adaptado da normativa E 96-95 da ASTM (1995), em duplicata. Os filmes foram mantidos em ambiente controlado até atingir o equilíbrio em BOD a 25 °C, com soluções saturadas de NaCl (75 % UR) e KCl (85 % UR), separadamente. A permeabilidade ao vapor de água (PVA) foi expressa em $\text{g mm m}^{-2}\text{dia}^{-1} \text{kPa}^{-1}$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 é possível observar os resultados para a PVA nos diferentes filmes desenvolvidos (1 a 9) e sob duas condições avaliadas, nas soluções saturadas de KCl (85 % UR) e de NaCl (75 % UR).

Segundo Cruz (2014), os filmes podem ser classificados em barreira fraca para permeabilidade de vapor de água quando os valores de PVA está entre 9,6 e 100,8 $\text{g mm/m}^2 \text{ dia kPa}$, barreira moderada para valores de PVA entre 0,096 e 9,6 $\text{g mm/m}^2 \text{ dia kPa}$ e boa barreira quando o valor de PVA está entre 0,0096 e 0,096 $\text{g mm/m}^2 \text{ dia kPa}$.

TABELA 2 – RESULTADOS DE PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA

Ensaios	PVA KCl (85 % UR) (g mm/m ² dia kPa)	PVA NaCl (75 % UR) (g mm/m ² dia kPa)
1	0,045	0,034
2	0,033	0,024
3	0,043	0,035
4	0,036	0,030
5	0,035	0,035
6	0,048	0,042
7	0,040	0,037
8	0,050	0,046
9	0,049	0,041

Analisando os resultados, percebe-se que os valores de PVA caracterizaram todos os filmes como barreira boa. No entanto, para cada ensaio (1 a 9), os filmes apresentaram comportamentos diferentes ao longo dos dias avaliados devido a quantidade de extrato e glicerol inseridos nas formulações. Além disso, pode-se observar que a umidade relativa influenciou no comportamento da permeabilidade dos filmes, visto que os filmes submetidos a solução saturada com NaCl foram mais estáveis quando comparados aos submetidos a solução saturada com KCl, como pode ser analisado nas Figuras 1, 2 e 3.

Os filmes 1, 2 e 3 apresentaram diferentes concentrações de extrato (10 g, 20 g e 30 g) adicionadas à mesma quantidade de glicerol (4 g). Nos ensaios realizados com KCl (85 % UR), o filme 1 demonstrou maior permeabilidade e o filme 3 teve um perfil similar ao do filme 1 após o período 4, ou seja, 4 dias, conforme pode ser observado na Figura 1.

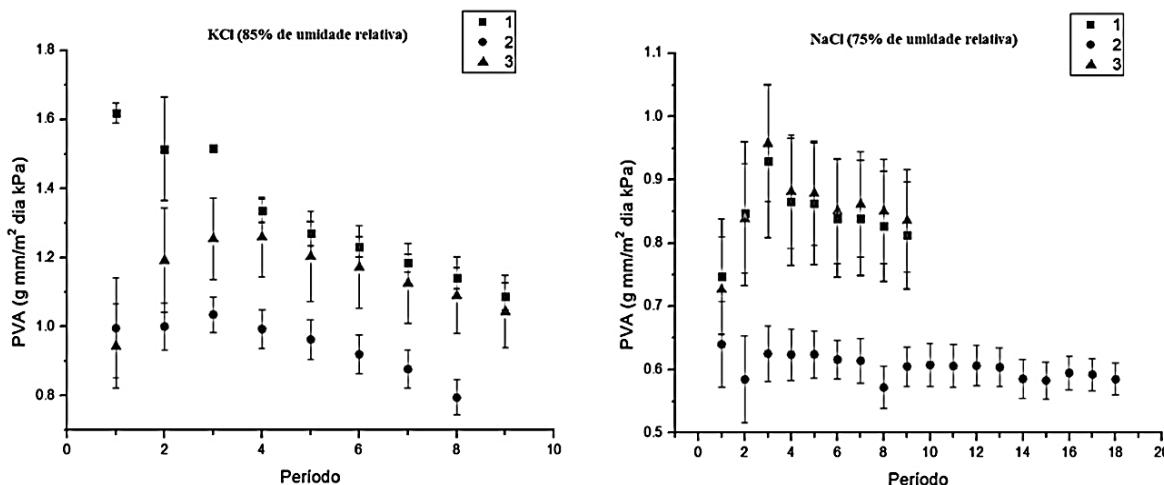


FIGURA 1 – PERMEABILIDADE DE VAPOR DE ÁGUA NOS FILMES 1, 2 E 3 EM SOLUÇÕES SATURADAS DE KCL (85 % UR) E NACL (75 % UR)

No caso do NaCl (75 % UR), o filme 2 manteve-se constante ao longo do tempo e o filme 3 exibiu maior permeabilidade, ademais os filmes 1 e 3 apresentaram perfis semelhantes. Os gráficos demonstraram resultados similares para ambos os sais, com o filme 2 apresentando menor permeabilidade e os filmes 1 e 3 exibindo perfis semelhantes no mesmo período, sendo que a PVA diminuiu após 4 dias de exposição com término da análise. Já para os filmes 4, 5 e 6, o comportamento pode ser visualizado na Figura 2.

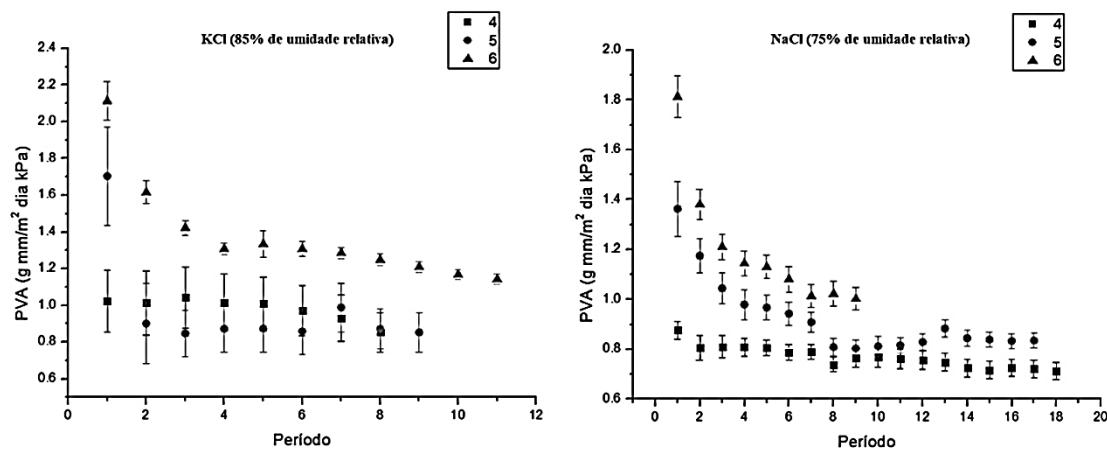


FIGURA 2 – PERMEABILIDADE DE VAPOR DE ÁGUA NOS FILMES 4, 5 E 6 EM SOLUÇÕES SATURADAS DE KCL (85 % UR) E NACL (75 % UR)

Os filmes 4, 5 e 6 com KCl (85 % UR) e NaCl (75 % UR) possuem a mesma quantidade de glicerol (6 g) e diferentes quantidades de extrato (10 g, 20 g e 30 g). Na Figura 2 para a solução de KCl (85 % UR), o filme 6 apresentou a maior permeabilidade e o filme 5 a menor. Já para a solução de NaCl (75 % UR), o filme 6 também possuiu a maior permeabilidade, porém o filme 4 que exibiu a menor permeabilidade. Ambos os gráficos mostram que os filmes 4 e 5 têm uma permeabilidade praticamente constante ao longo de todo o período avaliado e os filmes 5 e 6 mostram uma queda inicial brusca antes de se manter constante. O perfil dos filmes é semelhante em ambos os gráficos, mas os filmes submetidos a solução saturada de NaCl (75 % UR) apresentaram uma menor permeabilidade em comparação aos filmes submetidos a solução de KCl (85 % UR).

Na Figura 3, estão os perfis dos filmes 7, 8 e 9 que têm a mesma quantidade de glicerol (8 g) e diferentes quantidades de extrato (10 g, 20 g e 30 g).

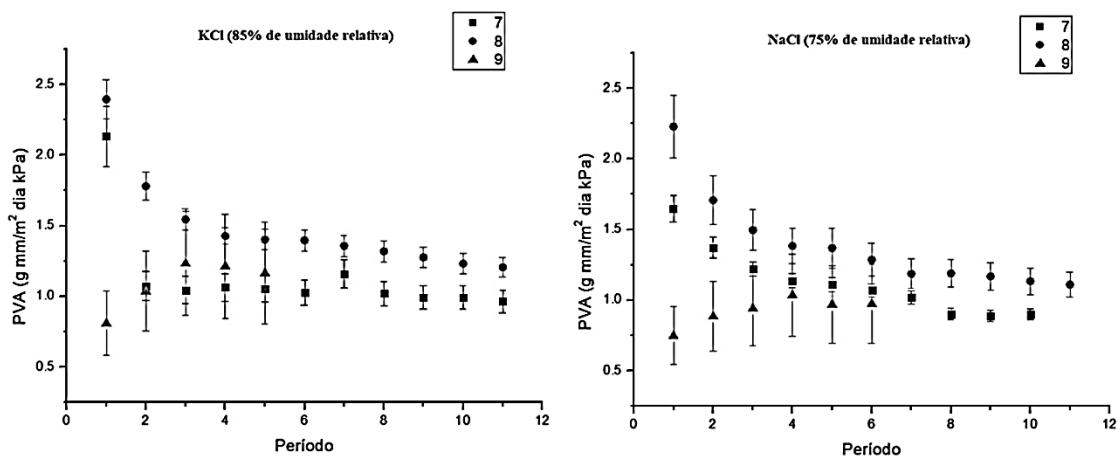


FIGURA 3 – PERMEABILIDADE DE VAPOR DE ÁGUA NOS FILMES 7, 8 E 9 EM SOLUÇÕES SATURADAS DE KCL (85 % UR) E NACL (75 % UR)

Em ambos os gráficos, o filme 8 apresentou a maior permeabilidade, enquanto os filmes 7 e 9 têm uma permeabilidade similar. Com relação a tendência dos gráficos, em ambos os casos, os filmes 7 e 8 mostram uma queda inicial na permeabilidade, enquanto o filme 9 demonstra um aumento. Portanto, o filme 8 é o mais permeável em ambas as situações, enquanto os filmes 7 e 9 têm comportamentos semelhantes com permeabilidade inferior.

4. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que todos os filmes com extrato de *Clitoria ternatea L.* apresentaram boa barreira a permeabilidade ao vapor d'água. Sendo que os filmes 2 e 4 apresentaram menor permeabilidade nas soluções saturadas de KCl (85 % UR) e NaCl (75 % UR). Assim pode-se inferir que os filmes de *Clitoria ternatea L.* têm potencial de aplicação nas embalagens dos produtos alimentícios.

EVALUATION OF WATER VAPOR PERMEABILITY OF BIOACTIVE FILMS *O Clitoria ternatea L.*

ABSTRACT: Bioactive films can be produced from bioactive compounds that can influence the barrier characteristics of the films, such as permeability to water vapor, for example. In this sense, the present study aimed to evaluate the barrier properties of films with *Clitoria ternatea L.* extract, through the analysis of water vapor permeability (PVA). To prepare the films, the Box-Behnken experimental design was used with variations in the masses of *Clitoria ternatea L.* extract (10 %, 20 % and 30 %) and glycerol (4 %, 6 % and 8 %), totaling 9 trials. The determination of the permeability of the films was carried out using the gravimetric method, with saturated solutions of sodium chloride (NaCl – 75 % RH) and potassium chloride (KCl – 85 % RH), separately, in duplicate. For each test, the films showed different behaviors throughout the evaluated period, around 8 to 18 days, due to the amount of extract and glycerol, and the relative humidity evaluated. PVA values ranged from 0.033 to 0.050 g mm/m² day kPa for KCl (85 %), while for NaCl (75 %), the values were from 0.024 to 0.046 g mm/m² day kPa.

mm/m² day kPa. Films subjected to NaCl solution (75 % RH) showed greater stability than those subjected to KCl solution (85 % RH). According to the results, films 2 and 4 are considered films with a good barrier. It is concluded that bioactive films from *Clitoria ternatea* L. have potential for application in the packaging of food products.

REFERÊNCIAS

- ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. - “E 96-95: Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Material”, in: Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, ASTM (1995).
- BARROSO, A. S. **Estudo da permeação de vapor em filmes biodegradáveis**. 2009. 40 f. Monografia (Graduação em Engenheiro Químico) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: Projeto_Final_Aandreza_Barroso (ufrj.br). Acesso em: 02 ago. 2023.
- MATTA JR., M. D.; SARMENTO, S. B. S.; SARANTÓPOULOS, C. G. L.; ZOCCHI, S. S. Propriedades de barreira e solubilidade de filmes de amido de ervilha associado com goma xantana e glicerol. **Polímeros**, vol. 21, nº 1, p. 67-72, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-14282011005000011>. Acesso em: 10 jul. 2023.
- NASCIMENTO, J. V.; GIULIANGELI, V. C.; KATO, T.; CALLIARI, C. M. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de extratos de flor de *Clitoria ternatea* L. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. 1-7, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19450>. Acesso em: 09 jul. 2023.
- QUEIROZ, E. L.; ARAÚJO, G. S.; ALMEIDA, T. B.; MARTINEZ, E. A.; SOUZA, S. M. A. Propriedades químicas e mecânicas de filme bioativo de amido de mandioca com adição de extrato de jamelão (*Syzygium cumini* L.). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.21620>. Acesso em: 09 jul. 2023.
- ROSSETTO, M.; RIGUETO, C. V. T.; DETTMER, A.; LOSS, R. A.; PIZZUTTI, I. R.; RICHARDS, N. S. P. S. Adição de compostos bioativos em embalagens alimentícias ativas e inteligentes: tendências, avanços e desafios. **Compostos bioativos e suas aplicações**, c. 12, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-7-4.c12>. Acesso em: 09 jul. 2023.
- TERRA, S. B.; FERREIRA, B. P. Conhecimento de plantas alimentícias não convencionais em assentamentos rurais. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, n. 2, p 221-228, 2020. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7509964>. Acesso em: 09 jul. 2023.

VILLADIEGO, A. M. D.; SOARES, N. F. F.; ANDRADE, N. J.; PUSCHMANN, R.; MINIM, V. P. R.; CRUZ, R. Filmes e revestimento comestíveis na conservação de produtos alimentícios. **Revista Ceres**, p 221-244, 2005. Disponível: <https://locus.ufv.br//handle/123456789/20629>. Acesso em: 02 ago. 2023.