

DESENVOLVIMENTO DE FILMES POLIMÉRICOS ANTIMICROBIANO PARA EMBALAGENS DE ALIMENTOS UTILIZANDO COMO PRINCÍPIO ATIVO VIDROS BASEADOS EM FOSFATOS

Luana Yukari Arai Scharff¹, Ricardo Schneider², Gabrielle Caroline Peiter³

RESUMO: A indústria de alimentos enfrenta o desafio de prevenir o crescimento de microrganismos patogênicos. A incorporação de substâncias ativas em filmes poliméricos têm atraído crescente interesse devido ao seu potencial em diversas aplicações, como embalagens e revestimentos antimicrobianos. Este estudo teve como objetivo desenvolver filmes à base de amido e sorbitol, incorporando vidro polifosfato como agente ativo, e avaliar sua eficácia antimicrobiana. A metodologia envolveu a preparação de uma solução filmogênica com 5% de vidro polifosfato, onde os componentes foram dispersos em água destilada, aquecidos e agitados. A solução resultante foi vertida em placas de Petri e seca em estufa a 40°C por 24 horas. Os resultados mostraram que os filmes apresentaram uma superfície lisa e transparente, no entanto, apresentaram suscetibilidade à absorção de umidade após a secagem, o que pode comprometer sua estabilidade a longo prazo. Em termos de atividade antimicrobiana, os filmes controle-negativo não demonstraram qualquer ação, indicando que a matriz filmogênica em si não interfere na atividade antimicrobiana. Por outro lado, os filmes contendo vidro polifosfato exibiram um halo de inibição significativo contra *Staphylococcus aureus*, sugerindo uma eficácia promissora contra outras bactérias gram-positivas. Em contraste, a eficácia contra *Escherichia coli* foi limitada, evidenciando uma atividade antimicrobiana menor contra bactérias gram-negativas. Há necessidade de realizar testes adicionais com diferentes microrganismos e em condições variáveis para confirmar as propriedades antimicrobianas desses filmes. Além disso, investigações complementares são necessárias para otimizar a formulação e explorar o potencial desses filmes em aplicações práticas, especialmente em embalagens alimentares e revestimentos antimicrobianos, onde a durabilidade e eficácia contra uma gama mais ampla de patógenos são essenciais.

Palavras-chave: filmes poliméricos; vidros antimicrobianos; revestimentos.

1 INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos enfrenta o desafio constante de evitar a contaminação por microrganismos patogênicos (FERREIRA; FERRAZ; POLLO, 2013), que afetam a qualidade nutricional e sensorial dos produtos. Métodos tradicionais de preservação,

¹ Graduanda, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia. 85902-490, Toledo, PR, Brasil. E-mail: luanascharff@alunos.utfpr.edu.br

² Docente, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Programa de Pós-graduação em Processos Químicos e Biotecnológicos, Group of Polymers and Nanostructures, 85902-490, Toledo, PR, Brasil. E-mail: rschneider@utfpr.edu.br

³ Pós-doutoranda, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Programa de Pós-graduação em Processos Químicos e Biotecnológicos, Group of Polymers and Nanostructures, 85902-490, Toledo, PR, Brasil. E-mail: peitergabrielle@gmail.com

como processamento térmico e refrigeração, não são sempre aplicáveis a todos os alimentos, especialmente carnes frescas e produtos prontos para consumo (QUINTAVALLA; VICINI, 2002).

O uso de filmes de embalagem contendo agentes antimicrobianos permite uma migração lenta dos agentes do material de embalagem para a superfície do produto, ajudando assim a manter altas concentrações onde são necessárias (QUINTAVALLA; VICINI, 2002). Nesse contexto, os filmes poliméricos, devido ao seu potencial de revestimento, têm atraído crescente interesse na incorporação em embalagens de alimentos (BRODY; STRUPINSKY; KLINE, 2001)

Substâncias antimicrobianas em materiais de embalagem podem controlar a contaminação microbiana, reduzindo a taxa de crescimento e a população máxima, ou estendendo a fase de latência do microrganismo alvo, além de inativá-los por contato. (QUINTAVALLA; VICINI, 2002). O vidro tem sido estudado no controle de microrganismos. Iago Assis (2022) sintetizou matrizes vítreas de borato, fosfato e borofosfato, que demonstraram eficácia antimicrobiana, indicando bom potencial para controle de microrganismos (ASSIS, 2022).

Portanto, este estudo teve como objetivo desenvolver filmes à base de amido e sorbitol, com base na metodologia proposta por Peralta *et al.* (2019b) incorporando vidro polifosfato como agente ativo, e avaliar sua eficácia antimicrobiana.

2 METODOLOGIA

Filmes poliméricos a base de amido e sorbitol foram desenvolvidos, baseando-se na metodologia proposta por Peralta *et al.* (2019b), a qual foi adaptada para a utilização do vidro polifosfato como princípio ativo. Também foram realizados testes antimicrobianos avaliando a sua ação bactericida contra *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*.

2.1 Produção dos filmes poliméricos de amido e sorbitol

Para a produção dos filmes, foi utilizado uma solução vítrea a 5% de vidro polifosfato (400°C a 90 min) como princípio ativo, além de um controle negativo. A princípio os componentes da dispersão filmogênica foram pesados proporcionais a 40g totais de solução, tanto para o filme vítreo, como observado na tabela 1, quanto para o controle negativo, na tabela 2.

Tabela 1. Componentes para a produção da solução filmogênica a base de amido e sorbitol, utilizando o vidro poli a 5% como princípio ativo.

Componentes		Massa correspondente (g)
Amido		0,8
Água destilada		30,8
Sorbitol		0,4
Solução vítrea	Água destilada	7,6
	Vidro Poli	0,4

Fonte: Adaptado de Peralta *et al.* (2019b).

Tabela 2. Componentes para a produção da solução filmogênica a base de amido e sorbitol, controle negativo.

Componentes		Massa correspondente (g)
Amido		0,8
Água destilada		38,8
Sorbitol		0,4

Fonte: Adaptado de Peralta *et al.* (2019b).

A solução vítrea remete-se à proporção de vidro solubilizado em água destilada, tal proporção foi calculada em termos de massa de acordo com o percentual de 5% de vidro polifosfato. O amido foi disperso em água destilada e posto em agitação magnética à temperatura ambiente ($25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) por cerca de 10 min. Em seguida, a dispersão foi mantida a 90°C durante 10 min em banho-maria. Seguidamente, a solução vítrea e o sorbitol foram adicionados à dispersão, sob agitação magnética por 2 min. Logo, a dispersão filmogênica foi vertida em placas de petri e levadas à estufa a 40°C por 24h. O mesmo procedimento foi feito para o controle negativo, com exceção da adição da solução vítrea.

2.2 Teste microbiológico

Os testes microbiológicos foram feitos por meio da técnica de disco-difusão, para as bactérias *Staphylococcus aureus* 6538 e *Escherichia coli* 25922, ambas cepas ATCC (*American Type Culture Collection*).

Colônias puras de *S. aureus* foram ativadas em caldo Mueller-Hinton, e ajustadas utilizando um espectrofotômetro regulado para 625 nm, com a absorbância (ABS) visando um intervalo de 0,08 a 0,1, correspondente a uma turbidez de 0,5 na escala de McFarland. Após o ajuste, foi feito o plaqueamento em ágar Mueller-Hinton, com o auxílio de um swab estéril, e adicionado discos provenientes dos filmes vítreos, em triplicata. O mesmo foi feito para os filmes controle-negativo. Todo o processo foi

repetido para *E. coli*. As placas foram levadas para a incubação em uma estufa microbiológica em uma temperatura de 37°C por 18 a 24 horas. Após o período de incubação, foi realizada a fotografia de cada placa e medição dos halos de inibição por meio de um software de imagem (*ImageJ*)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização dos filmes

A formação de um filme polimérico é satisfatória, como visto na figura 1. Ambos apresentaram aspecto liso, transparente e relativamente resistente. Entretanto, após a retirada da estufa, ambos os filmes demonstraram ser suscetíveis a umidade, atribuindo-lhes um aspecto molhado.

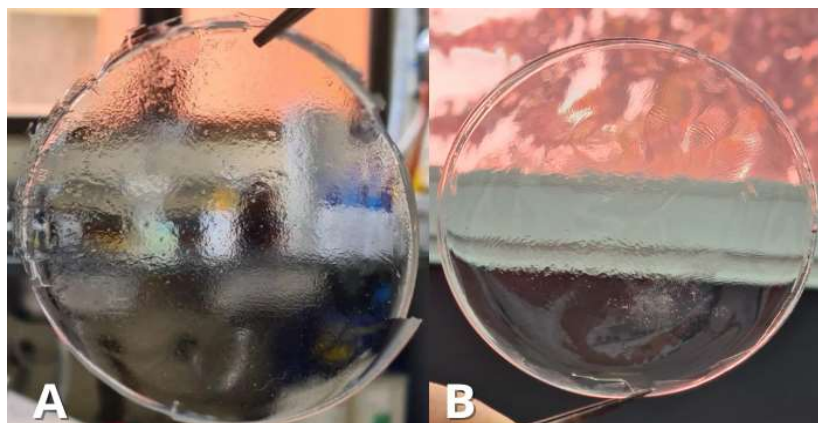


Figura 1: Aparência dos filmes de amido e sorbitol. (A) Incorporação do vidro. (B) Controle negativo. Fonte: Autoria própria.

3.2 Atividade antimicrobiana dos filmes

O Teste antimicrobiano por disco-difusão apresentou resultados distintos para a *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* se tratando dos discos feitos a partir dos filmes a base de amido e sorbitol com vidro polifosfato a 5%, apresentados na figura 2.

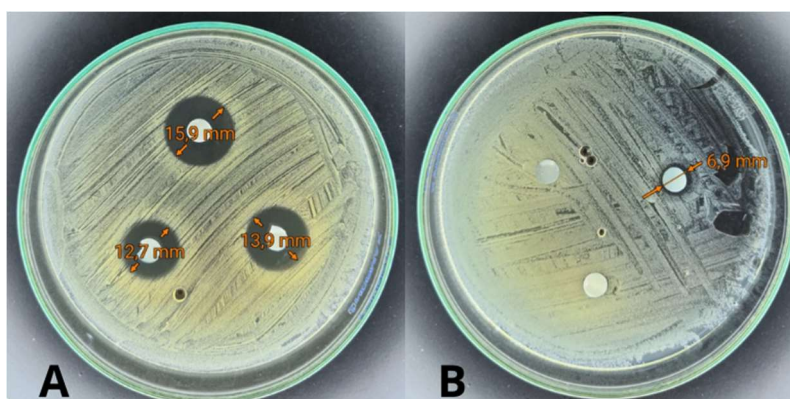


Figura 2. Teste microbiológico utilizando o filme a base de amido e sorbitol, vidro poli a 5%. Diâmetro do disco: 5,8 mm. (A) *Staphylococcus aureus*; (B) *Escherichia coli*. Fonte: Autoria própria.

O teste microbiológico feito com a bactéria gram-positiva *Staphylococcus aureus*, constatado na figura 2-A, apresentou um halo de inibição significativo (Diâmetro $\approx 14,17$ mm). O filme vítreo apresenta características antimicrobianas promissoras para as gram-positivas.

Já o teste antimicrobiano feito com a bactéria gram-negativa *Escherichia coli*, verificado na figura 2-B, apresentou apenas um halo de inibição e com medida inferior (Diâmetro $\approx 6,9$ mm) comparado ao da *S. Aureus*. A formação de halo menor pode indicar maior resistência das gram-negativas. Ademais, o estudo apresentado por Assis (2019) evidencia que matrizes vítreas compostas unicamente por fosfato reduzem a atividade antimicrobiana do vidro para *E. coli*. O teste antimicrobiano do controle negativo para *Staphylococcus aureus*, observado na figura 3-A, e *Escherichia coli*, constatado na figura 3-B, não mostrou halos de inibição, indicando que a matriz filmogênica não possui propriedades antimicrobianas e não interfere na atividade do princípio ativo.

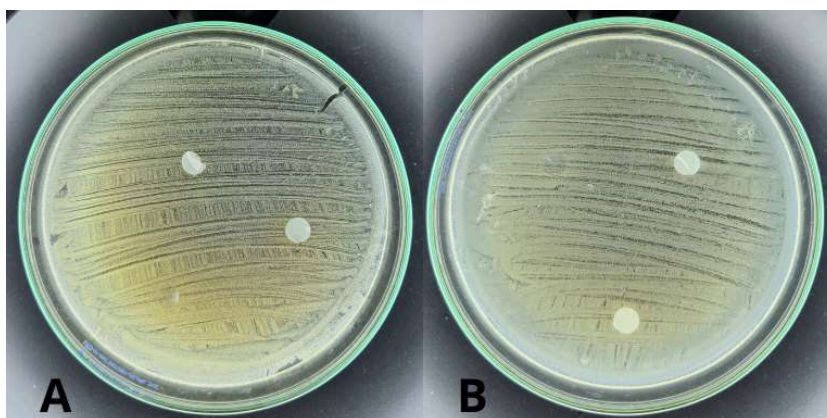


Figura 3. Teste antimicrobiano utilizando o filme a base de amido e sorbitol, controle negativo. Diâmetro do disco: 5,8 mm. (A) *Staphylococcus aureus*; (B) *Escherichia coli*. Fonte: Autoria própria.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os filmes apresentaram superfície lisa e transparente, mas foram suscetíveis à absorção de umidade após a secagem, comprometendo sua estabilidade a longo prazo. Os filmes controle-negativo não mostraram atividade antimicrobiana, indicando que a matriz filmogênica não interfere nessa atividade. Em contrapartida, os filmes com vidro polifosfato exibiram um halo de inibição significativo contra *S. aureus*, sugerindo eficácia contra bactérias gram-positivas, mas com atividade limitada contra *E. coli*. Os resultados indicam a necessidade de mais ensaios a fim de aprimorar os filmes, além de testes adicionais com outros microrganismos para confirmar os resultados.

AGRADECIMENTOS

O projeto voluntário contou com o auxílio de diversas pessoas e instituições, dentre as quais eu gostaria de agradecer:

A minha co-orientadora, Gabrielle Peiter, que me acompanhou em todo o projeto e me auxiliou em todas as etapas.

Ao meu orientador, Ricardo Schneider pela oportunidade que me foi dada e pela disponibilidade durante a elaboração do projeto.

Ao Laboratório Multiusuário Central Analítica - LABCA da UTFPR- Campus Toledo pelo espaço e equipamentos cedidos durante a pesquisa.

E por último, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, por apoiarem e permitirem a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASSIS, Iago César Martins de. **Síntese, avaliação das propriedades antimicrobianas, caracterização e aplicação de vidros borato, fosfato e borofosfatos**. Dissertação (Mestrado em Biociências) – Tecnologia em Biociências, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2022

BRODY, Aaron L.; STRUPINSKY, E. P.; KLINE, Lauri R. **Active packaging for food applications**. Boca Raton: CRC press, 2001. *E-book*. Disponível em: <https://intelliflex.org/wp-content/uploads/Active-packaging-for-food-applications.pdf>. Acesso em: 09 set. 2024.

FERREIRA, Beatriz TB; FERRAZ, Helen C.; POLLO, Liliane D. Produção De Filmes Poliméricos Antimicrobianos Para Uso Em Embalagens De Alimentos. In: Congresso de Brasileiro de Polímeros, 12, 2013, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: UFSC, 2013. Disponível em: <https://e-democracia.com.br/cbpol/anais/2013/pdf/6ENN.pdf>. Acesso em: 26 ago 2024.

PERALTA, J. *et al.* Aqueous hibiscus extract as a potential natural pH indicator incorporated in natural polymeric films. **Food Packaging and Shelf Life**, Amsterdam, v. 19, p. 47–55, 2019.

QUINTAVALLA, Stefania ; VICINI, Loredana. Antimicrobial food packaging in meat industry. **Meat Science**, v. 62, n. 3, p. 373–380, May. 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174002001213>. Acesso em: 9 set. 2024.