FILME BIOPOLIMÉRICO DE AMIDO E PECTINA COM JABUTICABA E BARBATIMÃO PARA MONITORAR O PH DE CARNES.

Lara Nascimento Aquino, Giovanna Cardoso Delfino, Luísa Camargo da Fonseca, Kemer Neves Zuri, Matheus Luiz Moreira do Amaral.

Fundação Vale Paraibana de Ensino – Unidade Centro / Química, Rua Paraibuna, 75, Jardim São Dimas – 12245-020 – São José dos Campos – SP, Brasil, lara.nasicmentoa02@gmail.com, giovannacardosodelfino@gmail.com, luisacamfonseca@gmail.com, kemerzuri@gmail.com, matheusluizmoreiraa@gmail.com.

Resumo
Este trabalho teve como objetivo estruturar uma proposta de filme biopolimérico bicamada para indicação de variações de pH, visando futura aplicação no monitoramento do frescor de produtos cárneos. A matriz proposta é composta por amido de milho e pectina, com glicerol como plastificante, extrato de casca de jabuticaba como componente indicador e extrato de barbatimão como componente ativo. A metodologia, definida com base em literatura científica, compreende a extração dos compostos vegetais, o preparo das soluções filmogênicas, a formação da bicamada por casting sequencial e posteriores análises colorimétricas, mecânicas e microbiológicas. Como resultado, foi estabelecida uma rota experimental fundamentada em métodos publicados, ainda sujeita à validação em laboratório. Conclui-se que a proposta apresenta fundamentação teórica para investigação experimental. Inicialmente, o filme será avaliado como indicador de variações de pH; sua aplicação como indicador de frescor dependerá da futura correlação entre a resposta colorimétrica e parâmetros de deterioração da carne, enquanto a possível atividade antimicrobiana deverá ser confirmada experimentalmente.
Palavras-chave: Filme biopolimérico. Antocianinas. Barbatimão. Indicador de pH. Carne

Área do Conhecimento: Técnico em Química

Introdução

O ponto de partida do projeto foi pensar em uma embalagem que pudesse ir além de apenas envolver a carne. Durante as pesquisas iniciais, o grupo buscou materiais biodegradáveis que pudessem formar um filme e, ao mesmo tempo, receber componentes capazes de indicar alterações no alimento. O amido e a pectina apareceram como opções por sua capacidade de formar matrizes filmogênicas, enquanto o glicerol foi considerado como plastificante. A literatura mostra que o glicerol pode reduzir a rigidez de filmes à base de amido, embora sua quantidade também interfira na resistência, na permeabilidade e na absorção de água (Abotbina et al., 2021; Pooja et al., 2024). A escolha do indicador surgiu depois de compararmos diferentes fontes naturais sensíveis ao pH. O repolho roxo chegou a ser considerado, mas a jabuticaba chamou mais a atenção do grupo por unir duas ideias que interessavam ao projeto: a presença de antocianinas e o aproveitamento da casca, normalmente descartada após o consumo e o processamento do fruto. Assim, além da função indicadora, o uso da casca permite aproximar o projeto de uma proposta de aproveitamento de resíduos e economia circular. Rodrigues et al. (2015) demonstraram a extração de fenólicos e antocianinas da casca de jabuticaba, enquanto Silva-Pereira et al. (2015), Lei et al. (2023) e Tahir et al. (2022) mostram o potencial de pigmentos naturais sensíveis ao pH em sistemas de monitoramento de alimentos. Nesta etapa, portanto, as antocianinas serão tratadas inicialmente como indicadoras de variações de pH. A eventual aplicação do filme como indicador de frescor dependerá de correlacionar a mudança de cor com parâmetros de deterioração da carne em ensaios posteriores.

Depois de definir a função indicadora, o grupo buscou um componente vegetal que pudesse acrescentar uma segunda função ao material. A pesquisa inicial em literatura sobre plantas naturais levou ao barbatimão (Stryphnodendronadstringens), espécie associada à presença de taninos e outros compostos fenólicos. Essa escolha fez sentido para o projeto porque, além da resposta colorimétrica ao pH, o grupo pretende investigar se a segunda camada poderá apresentar atividade antimicrobiana. Estudos experimentais demonstram atividade antimicrobiana de componentes do barbatimão em condições específicas e contra determinados microrganismos, como Candida spp. (Freitas et al., 2018)

e Staphylococcus aureus (Trevisan et al., 2020).Esses resultados justificam a investigação, mas não comprovam atividade contra microrganismos relacionados à deterioração da carne nem permitem afirmar que o filme produzido pelo grupo terá o mesmo efeito.

A ideia inicial era produzir um bioplástico de pectina contendo barbatimão, sem a função indicadora. Com o avanço das pesquisas, a jabuticaba foi incorporada ao projeto e surgiu a necessidade de manter as duas funções separadas. Em vez de misturar os extratos em uma única matriz, optou-se por uma estrutura bicamada: uma camada destinada à resposta colorimétrica e outra à investigação da atividade antimicrobiana. Como as duas soluções serão depositadas sequencialmente por casting para formar uma única película constituída por duas camadas funcionais aderidas entre si, o conceito de filme bicamada se ajusta melhor à proposta do que o de duplo revestimento. Estudos com filmes funcionais em duas camadas, como Huang et al. (2023), dão suporte a essa estratégia geral. A separação foi escolhida para permitir que cada função seja estudada individualmente e para verificar, na prática, se uma interfere na outra. O objetivo deste trabalho é, portanto, desenvolver a base teórica e metodológica de uma proposta de filme biopolimérico bicamada, com extrato de jabuticaba na camada indicadora e extrato de barbatimão na camada ativa, avaliando inicialmente sua resposta a variações de pH e, futuramente, sua possível relação com o frescor da carne, além da investigação da atividade antimicrobiana.

Metodologia

O projeto ainda está na fase de planejamento da formulação específica. Antes de trabalhar com pectina, jabuticaba e barbatimão, o grupo produziu em laboratório um bioplástico simples, sem esses três componentes, com a finalidade de compreender na prática etapas básicas de preparo e formação de um filme. Esse teste não é considerado resultado do material proposto neste artigo, pois corresponde a outra formulação. A próxima etapa começará pela extração dos compostos da jabuticaba e do barbatimão e pelo preparo do filme-base de pectina e amido; só depois serão iniciados os ensaios de caracterização.

A casca de jabuticaba será utilizada como fonte de antocianinas. Como ponto de partida, será considerado o procedimento de Rodrigues et al. (2015): razão de 1 g de casca seca e triturada para 20 mL de solução etanol/água a 46% (v/v), acidificada até pH 1, com extração assistida por ultrassom durante 10 min a 30 °C. Esses valores foram selecionados porque aparecem no estudo citado para a recuperação de fenólicos e antocianinas da casca de jabuticaba. Antes da execução, o grupo ainda precisará confirmar se o equipamento necessário para reproduzir a etapa de ultrassom estará acessível; frequência e potência não serão registradas no protocolo enquanto o equipamento não estiver definido.

Para o barbatimão, o planejamento toma como referência Brito et al. (2022), que empregaram 15 g de casca pulverizada em 150 mL de solução hidroalcoólica a 65% (v/v), mantendo o material por 30 min em banho ultrassônico. A escolha desse caminho não parte da ideia de que qualquer extrato de barbatimão terá o mesmo comportamento, mas da necessidade de começar com uma condição já descrita para a obtenção de compostos fenólicos da casca. Essa referência é utilizada aqui para orientar a etapa de extração, e não como comprovação de atividade antimicrobiana. Após a extração, o material será filtrado. Outras etapas, como concentração do extrato, serão definidas apenas depois de verificar os equipamentos disponíveis e a quantidade de extrato obtida.

A composição da matriz também mudou durante o planejamento. A primeira ideia do grupo era trabalhar somente com pectina, porque se pretendia que ela fosse a base do bioplástico. Essa proposta precisou ser revista ao considerar a quantidade de pectina que seria necessária e as limitações do laboratório da escola para obtê-la em escala suficiente. Por isso, o amido de milho foi acrescentado à formulação como parte da matriz. O glicerol permanece como plastificante. A literatura sobre filmes de amido sustenta o uso de casting e mostra a influência do glicerol nas propriedades do material (Abotbina et al., 2021; Pooja et al., 2024).

No rascunho inicial foram considerados 2,0% (m/v) de amido, 1,0% (m/v) de pectina e glicerol correspondente a 25-30% da massa seca dos polímeros, valores levantados durante a pesquisa bibliográfica. Nesta versão, eles não são apresentados como formulação final porque o grupo ainda precisa conferir qual fonte sustenta cada proporção para a mistura que será efetivamente produzida e testar se ela funciona nas condições do laboratório. A formulação escolhida para a prática será registrada com as massas, volumes e concentração de glicerol realmente utilizados.

O preparo do filme-base será realizado com os equipamentos já disponíveis no laboratório, entre eles balança analítica, agitador magnético, estufa e pHmetro. O amido e a pectina serão dispersos em água e aquecidos sob agitação para formar a matriz. Temperatura, tempo de aquecimento e rotação do

agitador ainda não foram fixados, porque o grupo pretende defini-los a partir da formulação selecionada e do primeiro teste-piloto. Registrar esses valores durante a prática será importante para que o procedimento possa ser repetido e comparado entre as tentativas.

Depois de obtida uma matriz que forme um filme estável, serão preparadas as duas porções funcionais. Uma receberá o extrato de jabuticaba e a outra o extrato de barbatimão. O filme bicamada será produzido por deposições sucessivas pela técnica de casting. A escolha por manter os extratos separados nasceu da função atribuída a cada um: a jabuticaba será estudada como indicador colorimétrico de variações de pH e o barbatimão como componente ativo. A hipótese do grupo é que a separação facilite a preservação e a avaliação de cada função; isso ainda precisa ser confirmado experimentalmente. Estudos com materiais funcionais em duas camadas, como Huang et al. (2023), dão suporte à estratégia geral, embora utilizem composição diferente da proposta aqui.

Volume de solução por área, tamanho do molde, tempo entre as duas deposições, temperatura e duração da secagem serão definidos nos testes-piloto e anotados no caderno de laboratório. A intenção é começar com a produção do filme de pectina e amido e observar formação, retirada do molde, flexibilidade e união entre as camadas antes de incorporar conclusões sobre desempenho. Caso seja necessário modificar a formulação, cada mudança será acompanhada do motivo e do efeito observado.

Quando o filme bicamada puder ser produzido de maneira reprodutível, a resposta da camada contendo jabuticaba será inicialmente testada em meios de pH conhecido com auxílio do pHmetro. A mudança de cor será registrada pelos parâmetros L*, a* e b* e pela diferença total de cor (ΔE), desde que o grupo tenha acesso ao equipamento adequado para a leitura. Essa etapa permitirá avaliar a sensibilidade do filme a variações de pH, sem interpretar a mudança de cor, isoladamente, como indicação de frescor. A avaliação em carne será uma etapa posterior e deverá relacionar a resposta visual a parâmetros de deterioração; somente a partir dessa correlação poderá ser discutida sua aplicação como indicador de frescor.

Tabela 1 – Planejamento metodológico.

Etapa	Parâmetro proposto	Base	Situação
Jabuticaba	1 g : 20 mL; etanol/água 46% (v/v); pH 1; 30 °C; 10 min de ultrassom	Rodrigues et al. (2015)	Definido por referência
Barbatimão	15 g : 150 mL; etanol 65% (v/v); 30 min em banho ultrassônico	Brito et al. (2022)	Definido por referência
Matriz	Amido + pectina + glicerol	Abotbina et al. (2021); Pooja et al. (2024)	Composição definida; proporções pendentes
Bicamada	Casting sequencial de duas soluções	Huang et al. (2023)	Estratégia definida; volumes/secagem pendentes
Colorimetria	L*, a*, b* e ΔE em diferentes pH	Lei et al. (2023); Tahir et al. (2022)	Método definido; equipamento pendente
Antimicrobiano	Filme com barbatimão versus controle sem extrato	Freitas et al. (2018); Trevisan et al. (2020)	Desenho definido; cepa/condições pendentes

Fonte: elaborado pelos autores (2026).

A atividade antimicrobiana será investigada separadamente, comparando o material contendo barbatimão com um controle sem o extrato. Os estudos de Freitas et al. (2018) e Trevisan et al. (2020) são utilizados apenas para justificar a investigação do potencial antimicrobiano de componentes do barbatimão em condições e contra microrganismos específicos; eles não comprovam ação sobre a microbiota de deterioração da carne. Microrganismo, meio de cultura, temperatura, tempo de incubação e método de leitura ainda não foram escolhidos e, por isso, não são antecipados neste artigo. O mesmo vale para resistência à tração e alongamento: esses ensaios serão incluídos se houver acesso ao equipamento necessário. Essa forma de apresentar o método mantém separados os procedimentos já planejados daqueles que ainda precisam ser definidos pelo grupo.

Resultados

A formulação específica do filme bicamada ainda não foi produzida e, portanto, não existem resultados de desempenho para apresentar. O único contato prático do grupo com a produção de filmes foi um teste anterior com um bioplástico simples, sem pectina, jabuticaba ou barbatimão. Esse teste serviu para familiarização com o processo, mas não permite concluir nada sobre o material estudado neste artigo.

O avanço concreto desta etapa foi a mudança do desenho do projeto. A proposta começou como um bioplástico de pectina com barbatimão; durante a pesquisa, o grupo considerou o uso de repolho roxo como indicador, escolheu posteriormente a jabuticaba e acrescentou a função colorimétrica. A ideia de utilizar apenas pectina também foi revista quando se percebeu que a obtenção da quantidade necessária seria difícil com a estrutura do laboratório escolar. A inclusão do amido surgiu dessa limitação prática e passou a fazer parte do planejamento da matriz.

A literatura consultada sustenta a continuidade dessas escolhas, mas não substitui os ensaios. Há base para investigar as antocianinas da casca de jabuticaba como indicador sensível ao pH (Rodrigues et al., 2015; Silva-Pereira et al., 2015) e os compostos do barbatimão como candidatos à função antimicrobiana em condições experimentais específicas (Freitas et al., 2018; Trevisan et al., 2020). Esses achados não comprovam atividade contra microrganismos associados à deterioraçãoda carne. Da mesma forma, a resposta das antocianinas ao pH não será considerada, por si só, prova de frescor. O próximo resultado relevante deverá vir dos testes de extração e da formação do filme de pectina e amido, quando será possível registrar o que funcionou, o que precisou ser alterado e por quê.

Pesquisa de percepção

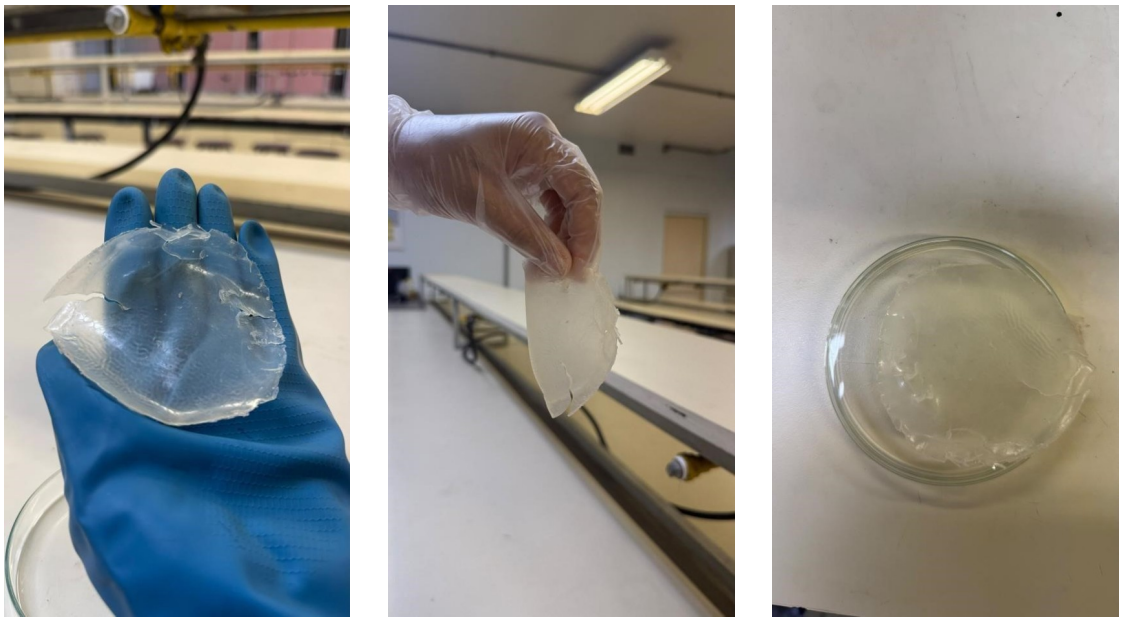
Como complemento aos resultados experimentais preliminares, foi realizado um levantamento de percepção com 113 participantes. Os dados foram utilizados para observar a percepção do público sobre alterações na qualidade dos alimentos e sobre a proposta de uma embalagem com indicação visual.

Tabela 2 – Resultados das pesquisas de percepção do consumidor (n=113). Ques

	Aspecto avaliado	**Resposta mais frequente**	**n (%)**
1	Faixa etária	45 anos ou mais	65 (57,52%)
2	Atenção à validade e às condições do alimento	Sempre	67 (59,29%)
3	Dúvida sobre a condição do alimento dentro da validade	Sim	98 (86,73%)
4	Já tinha ouvido falar em alterações na qualidade dos alimentos?	Não	79 (69,91%)
5	Sabia que algumas substâncias naturais podem apresentar alteração de cor dependendo do pH?	Não	46 (40,71%)
6	Já tinha ouvido falar em filmes ou embalagens com materiais naturais, como pectina?	Não	57 (50,44%)
7	Influência de uma mudança de cor da embalagem diante de alterações na qualidade	Sim, muito	103 (91,15%)
8	Característica mais importante para uma embalagem	Indicar visualmente alterações na qualidade de alimentos	59 (52,21%)

Fonte: elaborado pelos autores (2026).

Observou-se que 98 participantes (86,73%) relataram já ter tido dúvida sobre a condição de um alimento mesmo dentro do prazo de validade. Além disso, 103 participantes (91,15%) indicaram que uma mudança de cor da embalagem influenciaria muito sua decisão de consumo. Entre as características avaliadas, a indicação visual de alterações na qualidade foi a mais escolhida, com 59 respostas (52,21%). Esses dados apontam interesse do público pela possibilidade de uma indicação visual, sem constituírem evidência de desempenho do filme proposto.



(a) (b) (c)

Figura 1 – Registro fotográfico do teste preliminar de obtenção do bioplástico simples à base de amido e limão: (a) material sobre luva, (b) manuseio do filme e (c) material em placa de Petri.

As imagens documentam exclusivamente o teste preliminar realizado com amido e limão, desenvolvido para familiarização com a formação e o manuseio do material. Esse teste não corresponde à formulação bicamada proposta neste trabalho.

Fonte: dados da pesquisa realizada pelo grupo e registro fotográfico do teste preliminar.

Discussão

O caminho percorrido pelo grupo ajuda a explicar por que o material chegou à configuração atual. A proposta não nasceu pronta como um filme bicamada. Primeiro havia a intenção de produzir um bioplástico de pectina com barbatimão. A busca por uma forma de indicar alterações no alimento levou à comparação de indicadores naturais e, entre as possibilidades consideradas, a jabuticaba foi escolhida pela presença de antocianinas e pelo interesse em aproveitar sua casca. Com duas funções diferentes no mesmo projeto, separar os componentes em duas camadas pareceu mais coerente do que simplesmente misturá-los.

Essa separação, no entanto, ainda é uma hipótese de projeto. Não se sabe se as camadas irão aderir adequadamente, se a cor da jabuticaba permanecerá estável ou se os compostos do barbatimão conservarão atividade após a formação do filme. É justamente essa incerteza que orienta os primeiros testes. A literatura ajuda a escolher um ponto de partida, mas as respostas sobre a combinação específica de materiais terão de vir dos experimentos do próprio grupo. Da mesma forma, uma mudança de cor causada por variações de pH somente poderá ser relacionada ao frescor da carne se os ensaios futuros demonstrarem correlação com parâmetros de deterioração.

A mudança de uma matriz somente de pectina para uma mistura de pectina e amido também mostra como as condições reais do laboratório interferem no desenho da pesquisa. Manter apenas a pectina seria mais próximo da ideia inicial, mas exigiria uma quantidade que o grupo não consegue obter com facilidade na estrutura escolar. A entrada do amido procura tornar a produção viável sem abandonar a pectina. O primeiro teste do filme-base será importante para saber se essa escolha produz uma película manipulável e para definir, com dados do próprio laboratório, as proporções que seguirão para as etapas seguintes.

A partir do início da prática, o caderno de laboratório terá papel central. Se um filme quebrar, ficar pegajoso, não se desprender do molde, apresentar separação entre as camadas ou perder cor, a ocorrência será registrada junto com a formulação e as condições utilizadas. O mesmo será feito quando uma mudança melhorar o material. Esses registros permitirão que a versão final do artigo mostre não apenas a formulação que funcionou, mas também o raciocínio que levou o grupo até ela.

Conclusão

O planejamento do projeto passou por mudanças que ajudaram a definir sua proposta atual. A ideia inicial de um bioplástico de pectina com barbatimão foi ampliada com a escolha da jabuticaba como fonte de antocianinas e com a decisão de separar as funções em um filme bicamada. A inclusão do amido ocorreu depois que o grupo considerou as limitações para obter a quantidade de pectina necessária no laboratório escolar. Essas escolhas mostram que a formulação resulta tanto da literatura consultada quanto das condições reais em que a pesquisa será desenvolvida.

Ainda não é possível afirmar que o material indicará o frescor da carne, terá atividade antimicrobiana ou apresentará propriedades mecânicas adequadas. A próxima etapa será extrair os compostos da jabuticaba e do barbatimão e produzir o filme-base de pectina e amido. A resposta colorimétrica da camada com jabuticaba será inicialmente avaliada frente a variações conhecidas de pH. Somente em etapa posterior, após correlacionar essa resposta com parâmetros de deterioração da carne, poderá ser avaliada sua aplicação como indicador de frescor. Paralelamente, será investigada experimentalmente a possível ação antimicrobiana da camada com barbatimão. A partir desses testes, o grupo poderá definir as condições de preparo, registrar dificuldades e ajustes e avaliar separadamente as duas funções propostas para o filme bicamada.

Referências

ABOTBINA, W.; SAPUAN, S. M.; SULTAN, M. T. H.; ALKBIR, M. F. Development and characterization of corn starchbased bioplastics packaging film using a combination of different plasticizers. **Polymers**, v. 13, n. 20, 3487, 2021. DOI: 10.3390/polym13203487.

BRITO, V. P.; RIBEIRO, M. M. S.; VIGANÓ, J.; MORAES, M. A.; VEGGI, P. C. Silk fibro in hydrogels incorporated with the antioxidant extract of Stryphnodendron adstringens bark. **Polymers**, v. 14, n. 22, 4806, 2022. DOI: 10.3390/polym14224806.

FREITAS, A. L. D. et al. Proanthocyanid in polymeric tannins from Stryphnodendron adstringens are effective against Candida spp. Isolates and for vaginal candidiasis treatment. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 216, p. 184190, 2018. DOI: 10.1016/j.jep.2018.01.008.

HUANG, X. et al. Preparation of a dual-functional active film based on bilayer hydrogel and red cabbage anthocyanin for maintaining and monitoring pork freshness. **Foods**, v. 12, n. 24, 4520, 2023. DOI: 10.3390/foods12244520. LEI, Y.; YAO, Q.; JIN, Z.; WANG, Y.-C. Intelligent films based on pectin, sodium, alginate, cellulose nanocrystals, and anthocyanins for monitoring food freshness. **FoodChemistry**, v. 404, 134528, 2023. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.134528.

POOJA, N. et al. Comparative analysis of biopolymer films derived from corn and potatos tarch with insights in tomorphological, structural and thermalproperties. **DiscoverSustainability**, v. 5, 467, 2024. DOI: 10.1007/s43621024-00626-3.

RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. N.; BRITO, E. S.; SOUSA, A. D.; NARAIN, N. Ultra sound extraction of phenolics and anthocyanins from jabuticaba peel. **Industrial CropsandProducts**, v. 69, p. 400-407, 2015. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.02.059.

SILVA-PEREIRA, M. C. et al. Development of a colorimetric indicator film based on cassava s tarch and anthocyanin extract in lard and meats poilage. **FoodPackagingandShelf Life**, v. 6, p. 11-16, 2015. DOI: 10.1016/j.fpsl.2015.08.001.

TAHIR, H. E. et al. Smart films fabricated from natural pigments for measurement of total volatile basic nitrogen(TVBN) content of meat for freshness evaluation: a systematic review. **FoodChemistry**, v. 396, 133674, 2022. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.133674.

TREVISAN, D. A. C.; SILVA, P. V.; FARIAS, A. B. P.; CAMPANERUT-SÁ, P. A. Z.; RIBEIRO, T. D. V. R.; FARIA, D. R.; MENDONÇA, P. S. B.; MELLO, J. C. P.; SEIXAS, F. A. V.; MIKCHA, J. M. G. Antibacterial activity of Barbatimão (Stryphnodendron adstringens) against Staphylococcus aureus: in vitro and in silico studies. **Letters in AppliedMicrobiology**, v. 71, n. 3, p. 259-271, 2020. DOI: 10.1111/lam.13317.