

INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE CERA DE ABELHA E TWEEN80 NA SOLUBILIDADE DE FILMES DE ÁGAR

Nadson Naelyson Alves de Holanda¹, Ricardo Henrique de Lima Leite²

Resumo: O uso de materiais oriundos de fontes fósseis e que levam centenas de anos para se degradar na fabricação em larga escala de objetos descartáveis como as embalagens alimentícias não é razoável. Por isso, diversos pesquisadores têm focado sua atenção no desenvolvimento de plásticos biodegradáveis e/ou *biobased*, estes têm sido chamados de bioplásticos. Polissacarídeos oriundos de algas – como o ágar – podem ser uma alternativa na obtenção desse tipo de material, mas seu uso esbarra dentre outras coisas na sua alta solubilidade em água. Aditivos como lipídeos e surfactantes podem alterar a solubilidade em água dos bioplásticos a base de ágar. Este trabalho teve como objetivo estabelecer o efeito da adição de cera de abelha e do surfactante tween80 na solubilidade em água de filmes a base de ágar. Utilizou-se um Planejamento Central Composto (CCD) e Metodologia de Superfícies de Resposta (SRM) para a obtenção de um modelo empírico capaz de descrever a variação da solubilidade dos filmes contendo ágar, cera de abelha, tween80 e glicerol. As solubilidades dos filmes de ágar aditivados com 10% de glicerol (plastificante), cera de abelha e tween80 variaram entre 19,5% e 30,1% a 25°C. O modelo empírico obtido foi capaz de descrever 88,5% da variação da solubilidade observada como função das concentrações de cera e tensoativo. Foi identificado um mínimo na solubilidade correspondente a 18,9% para filmes de ágar contendo 6,48% de tween80 e 47,74% de cera de abelha.

Palavras-chave: Bioplásticos. Ágar-ágar. Planejamento experimental. Biopolímeros. Hidrocoloides.

1. INTRODUÇÃO

A poluição causada pelo descarte excessivo de plásticos convencionais derivados do petróleo e não biodegradáveis é um problema global que tem alcançado relevância atualmente e vem sendo pauta de muitos debates e discussões. A preocupação e a necessidade de combater esse problema demanda alternativas que possam controlar ou eliminar esse tipo de resíduo, que afeta diversos ecossistemas no nosso planeta [1].

Nessa perspectiva, um caminho que vem obtendo resultados promissores é a produção de bioplásticos compostos de elementos à base de matérias primas naturais [2]. Normalmente produzidos por meio do emprego de biopolímeros, como as proteínas e os polissacarídeos, os bioplásticos apresentam vantagens em relação aos plásticos convencionais: são biodegradáveis e possuem um ciclo de vida mais curto quando comparados com os plásticos de origens fósseis; se decompõem em dióxido de carbono, metano e água, sendo a degradação das macromoléculas contidas nos bioplásticos resultante da ação de microrganismos de ocorrência natural, como bactérias, fungos e algas, em ambientes microbiologicamente ativos, como solos, usinas de compostagem, aterros sanitários etc. [2,3]. Além disso, os bioplásticos são oriundo de fontes renováveis e não poluidoras, reduzindo o emprego de matérias primas fósseis como o petróleo.

Características importantes que biopolímeros naturais como os polissacarídeos e as proteínas apresentam, desde as altas taxas de degradação a partir da ação de microrganismos, a formação de matriz para produção de filmes com boa solidificação, exibir abundância de fonte renovável, ser economicamente viável, possuir boas propriedades de barreira a gases, capacidade de redução da perda de água, e boa estabilidade física, química e térmica, nos levam a olhar para a escolha de materiais poliméricos dessa natureza [4,5].

Um biopolímero promissor é o ágar-ágar, ou simplesmente ágar, extraído de diversos gêneros e espécies de algas marinhas vermelhas, da classe Rodophyta. Tais algas que contêm o ágar são classificadas como agarófitas e o teor de ágar presente nelas pode variar de acordo com as condições do mar: temperatura da água, intensidade de radiação solar, tensão de oxigênio e concentração de dióxido de carbono [7]. O ágar é uma mistura heterogênea de dois tipos de polissacarídeos: a agarose, um polímero neutro, e a agarpectina, um polímero com carga sulfatado. A agarose, fração gelificante, é uma molécula linear neutra, essencialmente livre de sulfatos, formada de cadeias repetidas de unidades alternadas β -1,3 D-galactose e α -1,4 3,6-anidro-L-galactose [4-6]. A agarpectina, fração não-gelificante, é um polissacarídeo sulfatado composto de agarose e porcentagens variadas de éster sulfato, ácido D-glucurônico e pequenas quantidades de ácido pirúvico. A agarose é o componente principal, representando cerca de 70% do total. Em relação as suas propriedades, o ágar-ágar é insolúvel em água fria, mas se dissolve

rapidamente em água quente. O ágar-ágar em pó seco é solúvel em água e outros solventes entre temperaturas de 95°C a 100°C [7]. A fração gelificante do ágar-ágar possui uma estrutura de dupla hélice. Esta estrutura agrega-se para formar uma estrutura tridimensional que retém moléculas de água nos seus interstícios, formando assim géis termorreversíveis. A viscosidade de uma solução de ágar-ágar é influenciada e dependente da fonte da matéria-prima, em temperaturas acima do seu ponto de gelificação é relativamente constante em pH de 4,5 a 9,0 à temperatura e concentração constantes é uma função direta do peso molecular médio do polímero. Uma solução de ágar-ágar possui uma carga levemente negativa. A sua estabilidade depende de dois fatores: carga elétrica e hidratação [6,7].

O ágar é um material polimérico que absorve uma quantidade de água cerca de até vinte vezes o seu próprio peso, isso se dá pelo seu alto índice de hidrofiliidade, característica que proteínas, polissacarídeos e plastificantes possuem. Essa condição pode afetar diretamente propriedades como a solubilidade e a sorção de umidade dos filmes produzidos através dessa fonte, que por causa da sua grande afinidade com a água oferecem fraca barreira ao vapor. Para contornar essas adversidades, componentes hidrofóbicos naturais como as ceras podem ser adicionados à matriz biopolimérica [8].

Quando uma fase lipídica é adicionada ao componente biopolimérico, expande a distância de transferência das moléculas de água, pois as moléculas de água migram mais rapidamente na matriz hidrofílica do que na fase lipídica, isso diminui a capacidade de absorção e a taxa de transferência de umidade. A cera de abelha é um lipídio comercialmente conhecido e que tem sido muito utilizado em diversos ramos da indústria de cosméticos, farmacêutica e de alimentos. Devido à sua alta hidrofobicidade e excelente resistência à umidade, a cera de abelha é um constituinte favorável para a preparação de filmes comestíveis em combinação com polissacarídeos ou proteínas [9]. O processo direto de homogeneização entre materiais hidrofóbicos em uma matriz hidrofílica não pode ser realizado com bons rendimentos pois estamos lidando com polaridades diferentes, o que leva à adição de um tensoativo auxiliar na formação e estabilização dessas misturas [9,10].

Tensoativos, ou surfactantes, são compostos conhecidos por serem anfifílicos, isto é, apresentam uma parte lipofílica, apolar, e parte hidrofílica, polar. Esses compostos apresentam atividade na superfície da interface entre duas fases, tais como ar-água, óleo-água, e na superfície de sólidos. Como os componentes da solução filmogênica possuem diferentes polaridades, os tensoativos são utilizados frequentemente no melhoramento da estabilidade dos lipídios na matriz polimérica, pois sua utilização promove a formação de uma mistura estável onde os compostos lipídicos são efetivamente incorporados à matriz filmogênica [10,11].

O polissorbato 80, conhecido como tween80 (TW) (polioxietileno sorbitano monooleato), é um surfactante, não iônico, que apresenta em sua estrutura um ácido graxo monoinsaturado. Os polissorbatos não apresentam uma forte interação com outros agentes, o que tem tornado estes surfactantes muito utilizados na indústria de alimentos nas últimas duas décadas [11]. A solubilidade em água é uma das mais significativas propriedades dos filmes comestíveis, tanto nas suas aplicações, quanto na proteção dos alimentos com elevada atividade de água, ou ainda quando os filmes entram em contato com a água em todo o percurso da comercialização e distribuição dos alimentos, uma vez que eles já estejam embalados. A solubilidade acaba também influenciando outras propriedades de barreira, como a permeabilidade ao vapor de água, porque para obter baixa transferência de vapor dentro de ambientes com faixa de umidade relativa alta faz-se necessário a utilização de material com baixo índice de solubilidade, com o propósito de garantir a integridade do produto, boa propriedade de barreira à umidade e consequentemente maior vida de prateleira [12,13].

Uma questão que surge é como a adição de matérias hidrofóbicas como a cera de abelha e surfactantes como o tween80 influencia propriedades como a solubilidade de filmes biopoliméricos. Conhecer a solubilidade em água é importante para a aplicação deste tipo de filme em embalagens e coberturas em alimentos. Neste trabalho utilizou-se um planejamento central composto (CCD) e metodologia de superfícies de respostas (SRM) para estabelecer um modelo empírico capaz de descrever a solubilidade dos filmes em função das concentrações de cera de abelha e tween80 utilizadas nas misturas filmogênicas precursoras de filmes de ágar-cera de abelha-tween80-glicerol.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. MATERIAIS

Os materiais usados neste estudo são foram o ágar-ágar em pó (grau alimentício) NCM: 1302.3100, fabricado e envasado por AGARGEL Indústria e Comércio, o surfatante tween 80 P.S (polissorbato 80), número de hidroxilas 65-80, valor de saponificação 45-55, a glicerina (glicerol) P.A. ACS $C_3H_5(OH)_3$, e a cera de mel de abelha como lipídio fornecida pela associação de apicultores locais do município de Mossoró/RN-Brasil.

2.2. OBTENÇÃO DO BIOFILME

Os filmes constituídos de ágar, glicerol, tween80, cera de abelha e água foram preparados usando metodologias

adaptadas de estudos anteriores [14-16]. O percentual de matéria seca (glicerol, ágar, cera e tween80) foi fixado em 3% da mistura filmogênica, sendo o restante (97%) constituído do solvente (água). O glicerol foi utilizado como plastificante constituindo 10% do total de matéria seca em todos os filmes. Um sistema foi montado com dois aquecedores postos lado a lado, onde foram colocados os béqueres para serem aquecidos em banho de areia. No primeiro béquer, a porção hidrofílica composta por uma mistura de ágar, água e glicerol, previamente pesados em uma balança analítica (Shimadzu AY-220, Marte – Brasil), foi deixada em agitação constante com o auxílio de um agitador magnético até completa dissolução na temperatura de 100°C. O aquecimento dos demais constituintes que compõem o biofilme (cera e tween 80) foi realizado até a fusão da cera – a aproximadamente 70°C, também sob agitação constante. Em seguida transferimos aos poucos a solução hidrofílica para o béquer contendo a cera e o tween80, que permaneceu sob agitação por mais 10 minutos até total incorporação da cera de abelha na solução filmogênica, sempre medindo as temperaturas através do uso de termômetro digital de forma a mantê-la a 70°C.

Finalizado o processo de mistura, aguardou-se que a mistura atingisse 55°C e então esta foi transferida para placas moldes de acrílico (15cm x 15cm) identificadas de acordo com as formulações desenvolvidas no estudo. As misturas permaneceram em repouso durante 24h em temperatura ambiente de 25°C, aproximadamente. Em seguida, os moldes foram levados à estufa com renovação de ar (TE-394/2, Tecnal – Brasil) com temperatura mantida a 45° até a formação dos filmes biopoliméricos.

2.3. DETERMINAÇÃO DA SOLUBILIDADE EM ÁGUA

A determinação da solubilidade dos filmes de ágar foi realizada segundo metodologia descrita por Menezes *et al.* (2021) e Oliveira *et al.* (2018) [14,15]. Neste procedimento, pequenos quadrados (4cm x 4cm) dos filmes foram cortados e usados como amostras. As amostras foram secas a uma temperatura de 105°C, por 1 hora, em estufa (TE-394/2, Tecnal – Brasil). Em seguida foram dispostas em dessecador até atingir a temperatura ambiente (25°C) para então serem pesadas, fornecendo assim os valores correspondentes à massa inicial. Uma vez determinada a massa inicial das amostras, foi realizada a imersão destas em 50 mL de água destilada, sob agitação de 200 rpm, por 24 horas, a 25°C, utilizando uma mesa agitadora (TE-1401, Tecnal – Brasil), após esse tempo os filmes não solubilizados foram retirados e secos nas mesmas condições usadas na determinação da massa inicial, para então serem pesados para a obtenção da massa final não solubilizada.

A solubilidade dos filmes em água foi calculada através da Equação 01.

$$S = \left(\frac{m_i - m_f}{m_i} \right) \times 100 \quad (1)$$

Onde S é a solubilidade em água em %, m_i é a massa inicial do filme em g, e m_f é a massa final do filme em g.

2.4 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

O planejamento das composições dos filmes para este estudo foi feito através de um planejamento central composto com dois fatores (X_1 = % cera e X_2 = % tween80) e uma variável de resposta (Y = solubilidade em água - %). Foram utilizados quatro pontos em fatorial, quatro pontos axiais (em estrela) e três repetições no ponto central, perfazendo um total de onze pontos experimentais. As repetições no ponto central foram utilizadas na estimação da variância e considerou-se a homoscedasticidade ao longo do domínio experimental. A Figura 1 mostra uma representação do planejamento experimental utilizado no estudo da influência da adição de diferentes concentrações de cera de abelha e tween80 na solubilidade de filmes de ágar. Os resultados experimentais para a solubilidade dos filmes de ágar produzidos foram ajustados a um modelo empírico polinomial quadrático do tipo: $Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2$, onde b_0 é o intercepto, b_1 e b_2 são os coeficientes lineares, b_{11} e b_{22} os coeficientes quadráticos e b_{12} o coeficiente de interação entre os fatores. O modelo ajustado foi utilizado na obtenção de uma superfície de isoresposta representativa da variação da solubilidade dos filmes de ágar em função das concentrações de cera de abelha e tween80 empregadas na preparação das misturas filmogênicas. A análise estatística e as curvas de isorespostas foram plotadas com auxílio do programa Statística 13.2 (TIBCO Inc., USA).

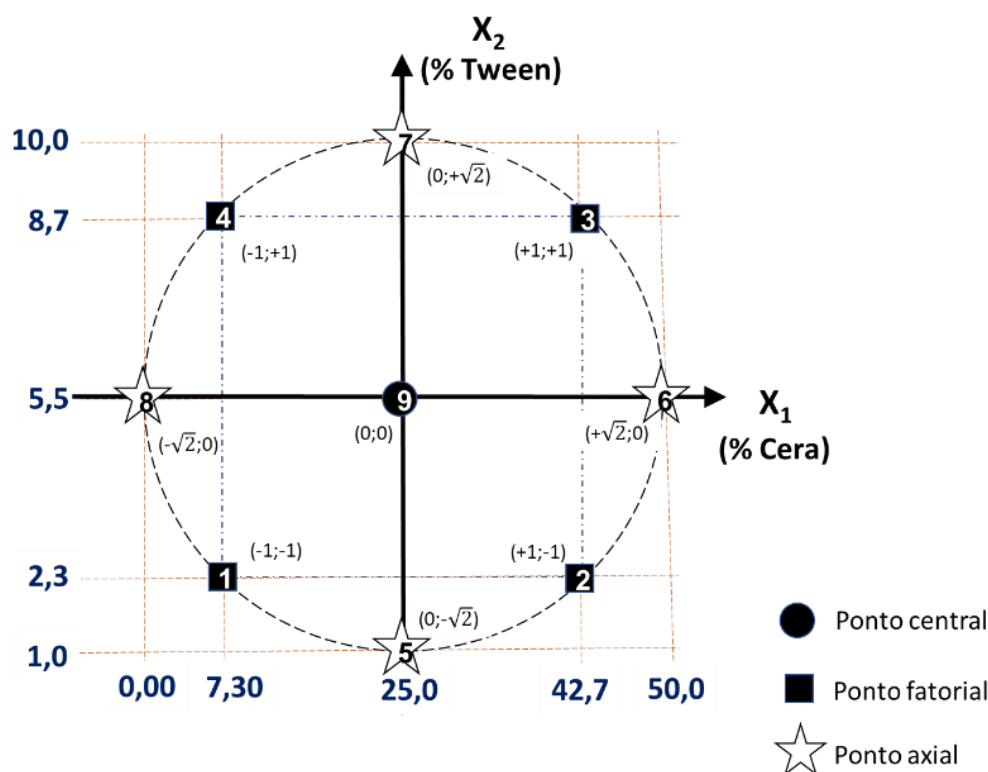


Figura 1. Planejamento central composto utilizado no estudo da solubilidade dos filmes de ágar (CCD) (autoria própria)

3. RESULTADO E DISCUSSÕES

A Tabela 1 mostra os valores codificados e reais assumidos pelos fatores no planejamento experimental, com os respectivos valores encontrados para a variável de resposta (solubilidade dos filmes) para cada formulação das misturas filmogênicas utilizadas na obtenção dos filmes de ágar. Analisando a Tabela 1, é possível perceber que a solubilidade dos filmes variou entre 19,45% e 30,91%, tendo-se obtido a menor solubilidade na formulação 6 - contendo 50% de cera e 5,5% de tween80, e a maior solubilidade na formulação 5 – contendo 25% de cera e 1% de tween80.

Tabela 1. Valores dos fatores (codificados e reais) e respectivos valores da variável de resposta (solubilidade) para as formulações empregadas nas misturas filmogênicas usadas para a obtenção de filmes de ágar.

Formulação Nº	Fatores (valores codificados)		Fatores (valores reais)		Y Solubilidade (%)
	X_1	X_2	X_1 (% Cera)	X_2 (% Tween80)	
1	-1	-1	7,3	2,3	26,99 ± 4,89
2	+1	-1	42,7	2,3	22,72 ± 8,55
3	+1	+1	42,7	8,7	21,44 ± 5,79
4	-1	+1	7,3	8,7	26,93 ± 3,14
5	0	-1,41	25	1	30,91 ± 6,24
6	+1,41	0	50	5,5	19,45 ± 2,40
7	0	+1,41	25	10	23,00 ± 1,38
8	-1,41	0	0	5,5	27,35 ± 1,61
9.1	0	0	25	5,5	21,89 ± 1,32
9.2	0	0	25	5,5	19,77 ± 0,21
9.3	0	0	25	5,5	19,82 ± 0,48

Nota: em todas as formulações o percentual de glicerol (plastificante) foi fixado em 10% da matéria seca total.

O ajuste de um modelo quadrático completo com interação entre os fatores ($Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2$) aos dados experimentais demonstrou que os maiores efeitos são encontrados para o termo linear do fator X_1 (concentração de cera de abelha) e para o termo quadrático do fator X_2 (concentração de tween80). O menor efeito foi encontrado para o termo de interação entre os fatores. A Figura 2 mostra um gráfico de Pareto

com os efeitos padronizados para os termos do modelo completo.

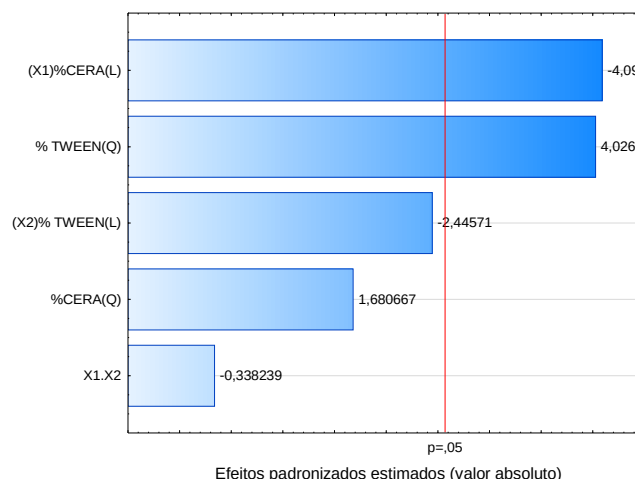


Figura 2 – Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados para os termos do modelo quadrático completo ajustado (autoria própria)

Eliminando-se os termos de baixa contribuição para o ajuste do modelo aos dados experimentais encontrou-se o modelo que maximiza o valor de R^2_{ajustado} , ou seja, estabeleceu-se o modelo com o menor número de termos que permite à descrição adequada da variável de resposta em função dos fatores experimentais. A Tabela 2 apresenta o modelo proposto para a descrição da solubilidade dos filmes e os dados da ANOVA encontrados para a regressão.

Tabela 2 – Modelo final proposto para descrição da solubilidade dos filmes de ágar e ANOVA para a regressão

Equação do modelo		R ²	R ² _{ajustado}	F _{calculado}	F _{crítico}
Y = 38,564 - 3,521x10 ⁻¹ X ₁ – 3,807X ₂ + 4,085x10 ⁻³ X ₁ ² +3,016x10 ⁻¹ X ₂ ²		0,885	0,808	12,25	4,53
Fonte de variação	Soma quadrática	Nº de graus de liberdade		Média Quadrática	
Regressão	136,5	4		34,12	
Resíduos	16,71	6		2,785	
Falta de ajuste	13,78	4		3,445	
Erro puro	2,931	2		1,465	
Total	153,19	10			
% de variação explicada	88,5%				
% de variação explicável	97,1%				

O modelo obtido foi capaz de explicar 88,5% da variação observada para a solubilidade dos filmes em função dos fatores experimentais. Além disso, o modelo pode ser considerado descritivo para o fenômeno observado considerando que o valor de $F_{\text{calculado}}$ foi superior ao valor de $F_{\text{crítico}}$. A Figura 3 apresenta a relação entre os valores de solubilidade dos filmes de ágar calculados pelo modelo proposto e os valores observados experimentalmente. Pode-se notar uma concordância razoável entre estes valores, o que é outro indicativo da adequação do modelo proposto. Na Figura 4, uma análise dos resíduos da regressão denota a inexistência de padrão, ou seja, a distribuição dos resíduos é aleatória em relação aos valores estimados pelo modelo, mostrando que o erro não apresenta viés ou tendência específica, outra demonstração da adequação do modelo empírico proposto.

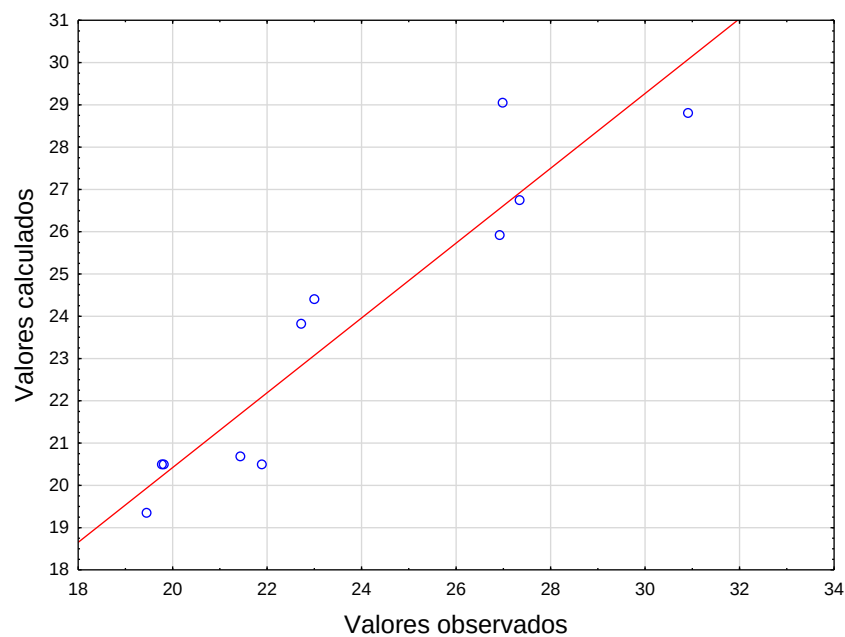


Figura 3 – Valores calculados versus valores observados experimentalmente para a solubilidade dos filmes de ágar. (autoria própria)

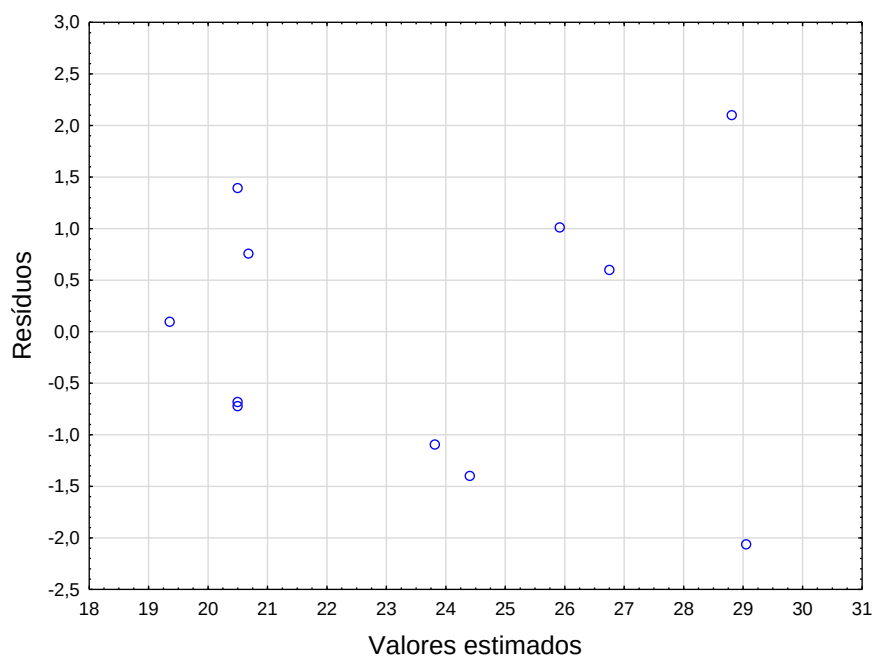


Figura 4 – Distribuição dos resíduos do modelo. (autoria própria)

A confirmação da adequação do modelo empírico na descrição da solubilidade dos filmes ágar permite a obtenção de uma superfície de isorespostas (Figura 5) que pode facilitar a compreensão da variação desta propriedade em função das concentrações de cera de abelha e tween80 utilizadas na mistura filmogênica.

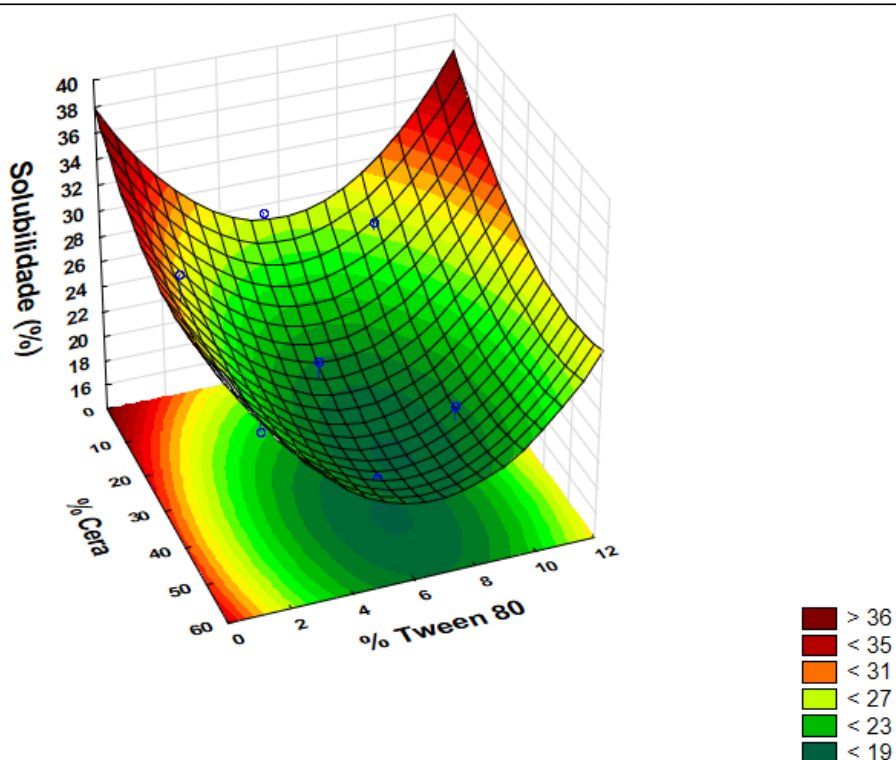


Figura 5 – Superfície de iso-respostas representativa da variação da solubilidade dos filmes de ágar como função das concentrações de cera de abelha e tween80. (autoria própria)

A Figura 5 demonstra que o aumento da concentração de cera de abelha provoca uma diminuição da solubilidade dos filmes de ágar em água. Essa diminuição está relacionada com a natureza hidrofóbica da cera, que é adicionada justamente com a intenção de diminuir a solubilidade dos biofilmes, com o objetivo de tornar os filmes mais resistentes quando em ambientes úmidos [17-19]. Porém, a adição de cera sem a adição de um tensoativo pode não ser eficaz devido à desestruturação da matriz biopolimérica quando da adição de um material hidrofóbico que tende a formar aglomerados no interior da estrutura [17]. A Figura 5 mostra também que a adição do surfactante tween80 até uma quantidade adequada reduz a solubilidade dos filmes de ágar, porém, quando se adiciona um excesso do surfactante ocorre um aumento da solubilidade dos filmes. Uma possível explicação para este comportamento é que em baixas concentrações as moléculas anfifílicas do tensoativo auxiliam na dispersão da cera hidrofóbica na matriz hidrofílica do polímero e estabilizam a estrutura, porém, um excesso do tensoativo tende a facilitar a solubilização da cera quando em contato com a água. Convém lembrar também que a molécula do tensoativo possui grupos hidrofílicos que podem também contribuir com o aumento da hidrofilicidade do material biopolimérico. A superfície de iso-resposta apresenta um ponto de mínimo de solubilidade para concentrações de cera e tween80 iguais a 47,74% e 6,48%, respectivamente. Neste ponto a solubilidade do filme atinge um valor mínimo de 18,9%. A Tabela 3 compara os valores obtidos para a solubilidade de filmes de ágar obtidos neste trabalho com outros filmes descritos na literatura.

Tabela 3 – Comparação da solubilidade de filmes de ágar com resultados obtidos por outros estudos. (autoria própria)

Condições do ensaio	% Glicerol	Solubilidade (%)	Referência
25 °C, sem agitação, 24h, volume de água não informado	0	9,8	[20]
	15	17,8	[20]
	30	20,1	[20]
22°C, sem agitação, 16h, 40 mL de água.	66	24,1	[21]
22 °C, sem agitação, 15 mL de água, 24h	30	22,0	[22]
25°C, 200 rpm, 50 mL de água, 24h	10	19,5 – 30,1	Presente estudo

Os dados da Tabela 3 mostram que as solubilidades dos filmes obtidos neste estudo são da mesma ordem de

grandeza de outros obtidos na literatura. Esperava-se que a solubilidade dos filmes contendo cera de abelha estivesse abaixo dos valores dos filmes de ágar da literatura. Contudo, as condições utilizadas nos ensaios de solubilização dos filmes no presente estudo foram mais severas – agitação, temperatura mais elevada e maior volume de solvente utilizados.

4. CONCLUSÕES

A partir da produção dos filmes, e posteriormente a análise da solubilidade em água, foi possível perceber a redução dos valores desta propriedade com a incorporação da cera de abelha/tween80 em filmes de ágar, constatando que o aumento da % de cera diminuiu significativamente a solubilidade em água dos filmes.

No entanto, as concentrações de surfactante influenciaram na solubilidade quando adicionados em concentrações adequadas diminui a solubilidade dos filmes, porém, altas concentrações podem aumentar a solubilidade dos filmes. Recomenda-se a utilização de uma concentração de tween80 de 6,48% na mistura filmogênica para a obtenção de menores valores de solubilidade.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GARRIDO, M.A. et al., Filmes biodegradáveis de gelatina incorporados com argila bentonita ionicamente modificada. **Revista Verde**, Pombal, Paraíba, Brasil, v. 16, n.2, abr.-jun, p.182-188, 2021.
- [2] LEITE, I.S.; PINTO Jr., W. R.; SILVA L. A.. Biofilme a partir de gelatina e glicerol com a adição de íons de prata como agente antimicrobiano. **Latin American Journal of Energy Research**, 6, 2, pp. 1-11, 2020.
- [3] TONETTO, M. L. et al. Desenvolvimento e caracterização de bioplásticos de amido de milho contendo farinha de subproduto de broto. **Revista Brasileira de Tecnologia de Alimentos**, vol. 23, pp. 1–13, 2020.
- [4] HOFFMANN, F. Z., SIGUEL, F. **Produção de filmes biodegradáveis a base de lignina, ágar e nanocelulose**. 2018. 46p. trabalho de conclusão de curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- [5] CORREIA, M. F. **Produção e caracterização físico-química de filmes a base de colágeno bovino, ágar-ágar e agarose**. 2016. 47p. trabalho de conclusão de curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- [6] FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Gelificante natural com múltiplas aplicações**. revista-fi.com.br. L N° 41 – 2017.
- [7] MOSTAFAVI, F. S.; ZAEIM, D. Agar-based edible films for food packaging applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, vol. 159, 15, pp. 1165-1176, 2020.
- [8] BRANDELERO, R. P. H.; GROSSMANN, M. V.; YAMASHITA, F. Hidrofilicidade de filmes de amido/poli(butileno adipato co-tereftalato) (PBAT) adicionados de tween80 e óleo de soja, **Polímeros**, vol. 23, n. 2, p. 270-275, 2013.
- [9] OLIVEIRA, V. R. R. **Avaliação da incorporação de cera de abelha na hidrofobização de filmes biopoliméricos e seu efeito como cobertura na conservação pós-colheita da goiaba**. 2017. 109p. Dissertação (Mestrado). pós-graduação em ciência e engenharia de materiais - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, 11 maio 2017.
- [10] MINCHENG, guangming zeng. et al, Advantages and challenges of Tween80 surfactant-enhanced technologies for the remediation of soils contaminated with hydrophobic organic compounds, **Chemical Engineering Journal**, Vol. 314, 15, pp. 98-113, 2017.
- [11] MOTTA, Caroline. **Incorporação do antioxidante natural α -tocoferol em filmes de carboximetilcelulose**. 2012. 85p. Dissertação (Mestrado). pós-graduação em química - Universidade Federal de Santa Catarina. 27 julho 2012.
- [12] GOUDARZI, V.; SHAHABI-GHAHFARROKHI, I. Development of photo-modified starch/kefir/TiO₂ bio-nanocomposite as an environmentally-friendly food packaging material. **International Journal of Biological Macromolecules**, Vol. 116, pp. 1082-1088, 2018.
- [13] TONGDEESOONTORN, W. et al. Effect of carboxymethyl cellulose concentration on physical properties of biodegradable cassava starch-based films. **Chemistry Central Journal**, 5(6), 2011.

-
- [14] MENEZES, F. L. G. *et al.*, TiO₂-enhanced chitosan/cassava starch biofilms for sustainable food packaging. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, Vol. 630, 5, e127661, 2021,.
- [15] OLIVEIRA, V.R.L. *et al.* Use of biopolymeric coating hydrophobized with beeswax in post-harvest conservation of guavas. **Food Chemistry**, 259, pp. 55–64, 2018.
- [16] ZHU, Z.; CAI, H.; SUN, D.W. Titanium dioxide (TiO₂) photocatalysis technology for nonthermal inactivation of microorganisms in foods. **Trends in Food Science and Technology**, 75, pp. 23–35, 2018.
- [17] KHANZADI, M.; JAFARI, S. M.; MIRZAEI, H.; CHEGINI, F. K.; MAGHSOUDLOU, Y.; DEHNAD, D. Physical and mechanical properties in biodegradable films of whey protein concentrate–pullulan by application of beeswax. **Carbohydrate Polymers**, 118, pp. 24–29, 2015.
- [18] CAZON, P.; VAZQUEZ, M. Mechanical and barrier properties of chitosan combined with other components as food packaging film. **Environmental Chemical Letters**, 18 (2) pp. 257–267, 2020.
- [19] SANTACRUZ, S.; RIVADENEIRA, C.; CASTRO M. Edible films based on starch and chitosan. Effect of starch source and concentration, plasticizer, surfactant's hydrophobic tail and mechanical treatment, **Food Hydrocolloids**, 49, pp. 89–94, 2015.
- [20] MADERA-SANTANA, T.J.; FREILE-PELEGRÍN, Y.; AZAMAR-BARRIOS, J.A. Physicochemical and morphological properties of plasticized poly(vinyl alcohol) – agar biodegradable films. **International Journal of Biological Macromolecules**, 69, pp. 176 -184, 2014.
- [21] GIMÉNEZ, B. *et al.* Release of active compounds from agar and agar-gelatin films with green tea extract. **Food Hydrocolloids**, 30, pp. 264-271, 2013.
- [22] DA ROCHA, M. *et al.* Effects of agar films incorporated with fish protein hydrolysate or clove essential oil on flounder (*Paralichthys orbignyanus*) fillets shelf-life. **Food Hydrocolloids**, 81, pp. 351-363, 2018.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA
Centro de Ciências Exatas e Naturais – CCEN

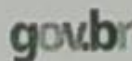
ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às nove horas e quarenta minutos do dia dezoito de junho de dois mil e vinte e dois, via plataforma Google Meet (meet.google.com/tzh-bbyg-zme) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, reuniu-se de forma remota a Banca Examinadora de defesa de trabalho de conclusão de curso de autoria do discente **Nadson Naelyson Alves de Holanda**, do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia desta universidade, N° de matrícula **2019022337**, com o título **"INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE CERA DE ABELHA E TWEEN 80 NA SOLUBILIDADE DE FILMES DE ÁGAR"**. A Banca Examinadora ficou assim constituída por três membros: Prof. Dr. Ricardo Henrique de Lima Leite, presidente da banca e orientador do Trabalho de Conclusão de Curso; Químico Ronison Inocêncio Nunes e Químico Ronnio Liniker da Silva e Souza, como membros. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, em reunião fechada, tendo o discente sido considerado **APROVADO** e para constar, eu, Ricardo Henrique de Lima Leite, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos.

Mossoró, 21 de junho de 2022.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.

Prof. Dr. Ricardo Henrique de Lima Leite – DET/CE/UFERSA
Presidente e orientador



Documento assinado digitalmente

RONISON INOCENCIO NUNES

Data: 21/06/2022 15:23:41 -0300

Verifique em <https://verificador.jti.br>

Ronison Inocêncio Nunes – PPGCEM/UFERSA
Primeiro Membro

Ronnio Liniker da Silva e Souza

Assinado de forma digital por Ronnio Liniker da Silva e Souza
Dados: 2022.06.21 11:32:55 -03'00'

Ronnio Liniker da Silva e Souza – PPGATS/UFERSA
Segundo Membro